

東京電力株式会社 原子力発電所における  
チャンネルボックス上部（クリップ）の一部欠損について  
  
(最終報告)

平成 25 年 9 月

東京電力株式会社

## 目 次

1. はじめに	1
2. 指示事項	1
3. 指示事項に対する当社の対応状況	1
3.1 C/B上部（クリップ）の欠損に関わる点検状況	1
3.1.1 点検方法	2
3.1.2 号機別点検結果	2
3.1.3 ウォータ・ロッドに曲がりを確認した燃料集合体について	5
3.1.4 納入・製造者別欠損状況	6
3.2 C/B上部クリップ接合部に欠損の確認された燃料集合体の健全性 評価及び原子炉施設への影響評価	6
3.2.1 原子炉施設への影響評価（C/B機能への影響）	7
3.2.2 C/B上部クリップの機能への影響評価	7
3.3 C/B上部の欠損に関わる原因調査及び再発防止対策	7
3.3.1 原因調査	7
3.3.2 追加原因調査	9
3.3.3 推定原因	15
3.3.4 再発防止対策	17
3.4 C/B上部の欠損に伴い生じると考えられる金属片による原子炉施 設への影響の評価及び対策	18
4. 過去の類似事象確認時における当社の対応について	18
5. 上部に欠損を確認したC/Bの継続使用の可否について	19

## 1. はじめに

東北電力株式会社女川原子力発電所 3 号機において、平成 24 年 7 月 10 日に燃料体のチャンネルボックス（以下「C/B」という）上部のクリップ接合部に欠損が確認されたことが報告された。

当社では、当該事案を受けた過去事例の調査の結果、平成 9 年に柏崎刈羽原子力発電所 3 号機、5 号機にて、平成 20 年に柏崎刈羽原子力発電所 3 号機にてクリップ接合部の溶接端部の腐食による白色化と腐食物の剥離現象を確認していたことを確認し、当時の状況について取りまとめて平成 24 年 8 月 10 日に原子力安全・保安院へ報告を行い、原子力安全・保安院より同年 8 月 10 日に発出された指示文書「燃料集合体チャンネルボックス上部（クリップ）の一部欠損について（指示）」（20120810 原院第 2 号）に基づき、当社原子力発電所における燃料体の確認状況等について同年 9 月 10 日に中間報告を行った。

本報告書は、上記指示文書に基づき、実施してきた調査が全て完了したことから、その結果について報告するものである。

## 2. 指示事項

- (1) 炉内及び使用済燃料プールにある燃料集合体について、チャンネルボックス上部（クリップ）の欠損の確認  
(平成 24 年 9 月 10 日一部報告済み、今回報告)
- (2) (1)において確認された場合、チャンネルボックス上部（クリップ）の欠損を含む燃料集合体の損傷、変形等の確認  
(今回報告)
- (3) (1)又は(2)において確認された場合、燃料集合体の健全性の評価及び原子炉施設への影響の評価  
(今回報告)
- (4) (1)又は(2)において確認された事象に係る原因の究明及び再発防止策の策定  
(今回報告)
- (5) (1)又は(2)において確認された場合、チャンネルボックス上部（クリップ）の損傷に伴い生じると考えられる金属片による原子炉施設への影響の評価及び対策  
(今回報告)

## 3. 指示事項に対する当社の対応状況

### 3.1 C/B 上部（クリップ）の欠損に関わる点検状況（指示事項(1)および(2)）

柏崎刈羽原子力発電所 1～7 号機の、原子炉内および使用済燃料プール内の燃料集

合体に装着されたC/B18586本についてC/B上部外観点検を行い、162本のC/B上部クリップ接合部に欠損を確認したことから、これらのC/Bの外観点検並びにC/Bが装着されている燃料集合体の外観点検を行い、損傷、変形等のないことを確認した。なお、162体の燃料集合体のうち5号機の17体について、ウォータ・ロッドに曲がりを確認したが、当該事象はC/B装着作業によって過大な荷重がウォータ・ロッドに伝搬したことが原因となって発生したことが判明しており、後述するC/B欠損の推定メカニズムとは無関係に発生したものである<sup>\*1</sup>ことを確認している。

(別紙)

※1：『当社原子力発電所における燃料集合体ウォータ・ロッドの曲がりに係る調査結果について(最終報告)』にて、平成25年7月2日原子力規制委員会へ報告。

### 3.1.1 点検方法

#### (1) C/B上部外観点検

開放中の原子炉内または、使用済燃料プールに保管している燃料体<sup>\*2</sup>について、原子炉内に装荷または、使用済燃料プール貯蔵ラックに収納した状態で水中カメラによるC/B上部の外観点検を実施する。その後、C/B上部の外観点検により当該部に欠損の可能性がある<sup>と判断した燃料体について、燃料交換機で吊上げ、水中カメラによるC/B上部の詳細確認を実施し、欠損の有無を確認する。</sup>

※2：本報告書では燃料集合体にC/Bを取り付けた状態を「燃料体」と記す。

#### (2) C/B外観および燃料集合体外観点検

上記(1)のC/B上部外観点検においてC/B上部に欠損を確認した燃料体については、使用済燃料プール内のチャンネル着脱機へ移動し、C/B上部クリップ部以外にC/Bの損傷、変形のないことを確認するとともに、その後C/Bを燃料体より取外し、水中カメラにより燃料集合体に損傷、変形等のないことを確認する。

(添付資料-1,2)

### 3.1.2 号機別点検結果

#### (1) 柏崎刈羽原子力発電所1号機

##### ① 原子炉内

原子炉内に装荷している全燃料体764体について、水中カメラによるC/B上部の外観点検を実施した結果、C/B上部クリップ接合部に8体、最大21mmの欠損を確認した。

C/B上部クリップ接合部に欠損を確認した燃料集合体 8 体について、外観点検を実施した結果、損傷、変形等の異常はなかった。

② 使用済燃料プール内

使用済燃料プール内に貯蔵している全燃料体 1666 体について、水中カメラによるC/B上部の外観点検を実施した結果、欠損を確認した燃料体はなかった。(平成 24 年 9 月 10 日中間報告にて報告済み)

(添付資料-3)

(2) 柏崎刈羽原子力発電所 2 号機

① 原子炉内

燃料体は全て使用済燃料プール内に取出していることから、使用済燃料プール内の燃料体のみを対象として点検を実施した。

② 使用済燃料プール内

使用済燃料プール内に貯蔵している全燃料体 2538 体について、水中カメラによるC/B上部の外観点検を実施した結果、C/B上部クリップ接合部に 12 体、最大 29 mm の欠損を確認した。

C/B上部クリップ接合部に欠損を確認した燃料集合体 12 体について、外観点検を実施した結果、損傷、変形等の異常はなかった。

(添付資料-4)

(3) 柏崎刈羽原子力発電所 3 号機

① 原子炉内

原子炉内に装荷している全燃料体 764 体について、使用済燃料プールに燃料体を移動した後、水中カメラによるC/B上部の外観点検を実施した結果、C/B上部クリップ接合部に 5 体、最大 16 mm の欠損を確認した。

C/B上部クリップ接合部に欠損を確認した燃料集合体 5 体について、外観点検を実施した結果、損傷、変形等の異常はなかった。

② 使用済燃料プール内

使用済燃料プール内に貯蔵している全燃料体 1564 体について、水中カメラによるC/B上部の外観点検を実施した結果、C/B上部クリップ接合部に 18 体、最大 28 mm の欠損を確認した。

C/B上部クリップ接合部に欠損を確認した燃料集合体 18 体について、外観点検を実施した結果、損傷、変形等の異常はなかった。

(添付資料-5)

(4) 柏崎刈羽原子力発電所 4 号機

① 原子炉内

燃料体は全て使用済燃料プール内に取出していることから、使用済燃料プール内の燃料体のみを対象として点検を実施した。

② 使用済燃料プール内

使用済燃料プール内に貯蔵している全燃料体 2360 体について、水中カメラによる C/B 上部の外観点検を実施した結果、欠損を確認した燃料体はなかった。

なお、平成 24 年 9 月に報告した中間報告書では、C/B 上部外観点検の過程で当該部の白色化または欠損の可能性があるとして評価した燃料体は 10 体と報告していたが、その後の詳細点検の結果、欠損に至ったものはないと判断した。

(5) 柏崎刈羽原子力発電所 5 号機

① 原子炉内

原子炉内に装荷している全燃料体 764 体について、水中カメラによる C/B 上部の外観点検を実施した結果、C/B 上部クリップ接合部に 17 体、最大 17 mm の欠損を確認した。

C/B 上部クリップ接合部に欠損を確認した燃料集合体 17 体について、外観点検を実施した結果、損傷、変形等の異常はなかった。

② 使用済燃料プール内

使用済燃料プール内に貯蔵している全燃料体 1728 体について、水中カメラによる C/B 上部の外観点検を実施した結果、C/B 上部クリップ接合部に 33 体、最大 16 mm の欠損を確認した。

C/B 上部クリップ接合部に欠損を確認した燃料集合体 33 体について、外観点検を実施した結果、損傷、変形等の異常はなかった。なお、燃料集合体のうち 17 体について、ウォータ・ロッドに曲がりを確認したが、当該事象は C/B 装着作業によって過大な荷重がウォータ・ロッドに伝搬したことが原因となって発生したことが判明しており、後述する C/B 欠損の推定メカニズムとは無関係に発生したものであることを確認している。

(添付資料-6)

(6) 柏崎刈羽原子力発電所 6 号機

① 原子炉内

原子炉内に装荷している全燃料体 872 体について、水中カメラによる C/B 上部の外観点検を実施した結果、C/B 上部クリップ接合部に 26 体、最大 18 mm の欠損を確認した。

C/B 上部クリップ接合部に欠損を確認した燃料集合体 26 体について、外観点検を実施した結果、損傷、変形等の異常はなかった。

## ② 使用済燃料プール内

使用済燃料プール内に貯蔵している全燃料体 2358 体について、水中カメラによる C/B 上部の外観点検を実施した結果、C/B 上部クリップ接合部に 6 体、最大 13 mm の欠損を確認した。

C/B 上部クリップ接合部に欠損を確認した燃料集合体 6 体について、外観点検を実施した結果、損傷、変形等の異常はなかった。

(添付資料-7)

## (7) 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機

### ① 原子炉内

原子炉内に装荷している全燃料体 872 体について、水中カメラによる C/B 上部の外観点検を実施した結果、C/B 上部クリップ接合部に 12 体、最大 15 mm の欠損を確認した。

C/B 上部クリップ接合部に欠損を確認した燃料集合体 12 体について、外観点検を実施した結果、損傷、変形等の異常はなかった。

### ② 使用済燃料プール内

使用済燃料プール内に貯蔵している全燃料体 2336 体について、水中カメラによる C/B 上部の外観点検を実施した結果、平成 24 年 9 月に報告した中間報告書では、C/B 上部外観点検の過程で当該部の白色化または欠損の可能性があるとして評価した燃料体は 71 体と報告していたが、その後の詳細点検の結果、欠損に至っている燃料体は 25 体、最大 17 mm の欠損と判断した。

C/B 上部クリップ接合部に欠損を確認した燃料集合体 25 体について、外観点検を実施した結果、損傷、変形等の異常はなかった。

(添付資料-8)

### 3.1.3 ウォータ・ロッドに曲がりを確認した燃料集合体について

確認したウォータ・ロッド曲がりとは、「当社原子力発電所における燃料集合体ウォータ・ロッド曲がりに係る調査結果について（最終報告）（平成 25 年 7 月 2 日）」にて報告のとおり、柏崎刈羽原子力発電所 1 号機 6 体、2 号機 2 体、5 号機 18 体の合計 26 体確認され、平成 10 年以前に水中で新燃料時の C/B 装着作業を実施した際に過大な荷重をかけたために発生したものと推定した。

柏崎刈羽原子力発電所において C/B 上部クリップ接合部に欠損を確認した燃料体 162 体のうち、ウォータ・ロッド曲がりを確認した燃料集合体は 5 号機の 17 体であるが、当該事象は C/B 装着作業によって過大な荷重がウォータ・ロッドに伝搬したことが原因となって発生したことが判明しており、後述する C/B 欠損の推定メカニズムは異なるものであり、事象は個別に発生したものと推定した。

### 3.1.4 納入・製造者別欠損状況

柏崎刈羽原子力発電所においては、162本のC/B上部クリップ接合部に欠損を確認したが、株式会社東芝（以下「東芝」という）納入の株式会社神戸製鋼所（以下「神戸製鋼」という）、CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION（以下「Car Tech」という）、ASEA BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED（以下「ABB-ATOM」という）、並びに株式会社日立製作所（以下「日立」という）の4社のC/Bに欠損を確認した。

#### (1) 神戸製鋼製C/B

東芝が納入した神戸製鋼製C/Bは5917本あり、その内111本（1号機8本、2号機12本、3号機5本、5号機20本、6号機32本、7号機34本）のC/B上部クリップ接合部に欠損を確認した。

#### (2) Car Tech製C/B

東芝が納入したCar Tech製C/Bは1629本あり、その内5本（3号機5本）のC/B上部クリップ接合部に欠損を確認した。

#### (3) ABB-ATOM製C/B

東芝が納入したABB-ATOM製C/Bは270本あり、その内13本（3号機13本）のC/B上部クリップ接合部に欠損を確認した。

#### (4) 日立製C/B

日立が製造納入したC/Bは6491本あり、その内33本（5号機30本、7号機3本<sup>※3</sup>）のC/B上部クリップ接合部に欠損を確認した。

※3：7号機の3本については、5号機から号機間輸送された5号機のC/Bである。

### 3.2 C/B上部クリップ接合部に欠損の確認された燃料集合体の健全性評価及び原子炉施設への影響評価（指示事項(3)）

3.1.2章の(1)から(7)項に示したとおり、柏崎刈羽原子力発電所においてC/B上部クリップ接合部に欠損を確認して、燃料集合体の外観点検を実施した162体全数にC/B上部クリップ接合部の欠損に起因する損傷、変形等の異常はなかった。

なお、5号機において17体にウォータ・ロッド曲がりを確認したが、当該事象は3.1.3章に記載のとおり、水中で新燃料時のC/B装着作業を実施した際に過大な荷重をかけたために発生したものと判明しており、C/B上部クリップ接合部の欠損とは別のメカニズムで発生したものと推定した。

以上を考慮して、C/B上部クリップ接合部の欠損による影響評価を実施した結果、以下のとおり、燃料体の健全性および原子炉施設に影響を与えるものではないことを確認した。

### 3.2.1 原子炉施設への影響評価（C/B機能への影響）

確認した欠損は、燃料集合体にC/Bを着脱するための治具を取り付けるクリップ接合部のみであり、C/Bの当該部欠損以外に損傷等の異常はなかったことから、C/Bに要求される機能（原子炉冷却材流路確保および制御棒ガイド機能）への影響はない。

（添付資料－9）

### 3.2.2 C/B上部クリップの機能への影響評価

確認した欠損は、最大約 29 mm だったのに対し、C/Bに取り付けたクリップが2箇所とも接合部の溶接長さの半分程度（39 mm）にわたって欠損しているという保守的な条件でクリップ強度を評価した。評価の結果、クリップの許容最大荷重は約 1000 kg 以上であり、C/B上部クリップ部に考え得る最大の荷重である燃料集合体とC/Bの合計重量（約 300 kg）が加わったとしても、評価結果に対して十分余裕があることからC/B上部クリップの機能への影響はない。

（添付資料－10）

## 3.3 C/B上部の欠損に関わる原因調査及び再発防止対策（指示事項(4)）

### 3.3.1 原因調査

C/B上部クリップ接合部の欠損が発生した原因について、要因分析に基づき以下のとおり調査を行った。

（添付資料－11）

#### 3.3.1.1 設計調査

C/Bの設計状況について調査を行った。

C/Bは燃料集合体に装着し、C/Bクリップ部は燃料集合体上部タイププレートにおいてチャンネルファスナにより燃料集合体と結合しているが、燃料集合体とC/Bの中性子照射による軸方向の伸び差が発生することを考慮してC/B下端部と燃料集合体下部タイププレートが干渉することのない全長設計となっており、問題はない。

#### 3.3.1.2 製造調査

欠損を確認したC/Bについて、製造時の材料記録、外観・寸法記録、溶接施工記録を確認した結果、製造に起因する問題はなかった。

(添付資料-12)

なお、当社では平成9年に柏崎刈羽原子力発電所3号機、5号機にて類似の事象を確認しており、これは溶接時のバックパージガスの供給不足等に起因したものと評価した。このような溶接施工記録に明確に残らない溶接時の不具合に起因して本事象が発生している可能性については別途3.3.2.1章以降にて検討する。

#### 3.3.1.3 腐食による損傷

水質変化による腐食に伴い欠損が生じた可能性について、原子炉冷却材および使用済燃料プールの過去の水質記録を確認した。その結果、調査期間において全て基準値内に含まれていることを確認した。

(添付資料-13)

#### 3.3.1.4 接触による損傷

C/Bが燃料体や炉内構造物等と接触することで欠損が生じた可能性について、燃料移動時の燃料体や機器および構造物等との位置関係により確認した。その結果、接触による損傷の可能性がないことを確認した。なお、柏崎刈羽原子力発電所6、7号機については、公称寸法上炉内構造物である上部格子板と接触する可能性もあるが、欠損はその他のプラントでも発生していること、欠損の形態も他のプラントや他電力で確認されている状況と同様であることなどから、上部格子板との接触により欠損が発生したものではない。

また、燃料検査やC/Bハンドリング時に欠損が生じた可能性について、検査装置との位置関係やC/B着脱時の作業記録を確認した結果、接触による損傷の可能性がないことを確認した。

(添付資料-14)

#### 3.3.1.5 地震による損傷

柏崎刈羽原子力発電所は平成19年7月16日に新潟県中越沖地震に被災した。しかしながら、3.3.1.4章の調査結果により、1～5号機については、C/B上部クリップ接合部は上部格子板上面より上部にあり、直接接触することはないことから、地震によりC/B上部クリップ接合部が変形、または構造物に衝突し損傷しないことを確認した。

なお、6、7号機については、公称寸法上接触する可能性もあるが、平成9年に3号機、5号機にて類似の事象を確認しており、地震の影響とは関係なく本事象が発

生しうることを確認している。このことから、地震による損傷ではない。

### 3.3.2 追加原因調査

#### 3.3.2.1 溶接不良の可能性調査

指示文書に基づく平成 24 年 9 月 10 日の中間報告書にて、C/B 上部クリップ接合部の欠損または欠損の可能性があると判断した C/B は他社 BWR プラントでも確認されている。これらの製造者とその製造時期を整理したものを図 3.3.2.1 に示す。

当初、東北電力株式会社女川原子力発電所 3 号機で当該事象が確認された C/B の製造者は、神戸製鋼であったが、他の製造者についても発生していることがわかる。また、神戸製鋼以外の製造者については、過去の特定の年代に製造されたものに集中しているのに対して、神戸製鋼においては現在まで継続的に発生している傾向が見られる。特にクリップ部の溶接方法を手動から自動に変更して納入が行われた平成 10 年（1998 年）以降、発生が顕著である。

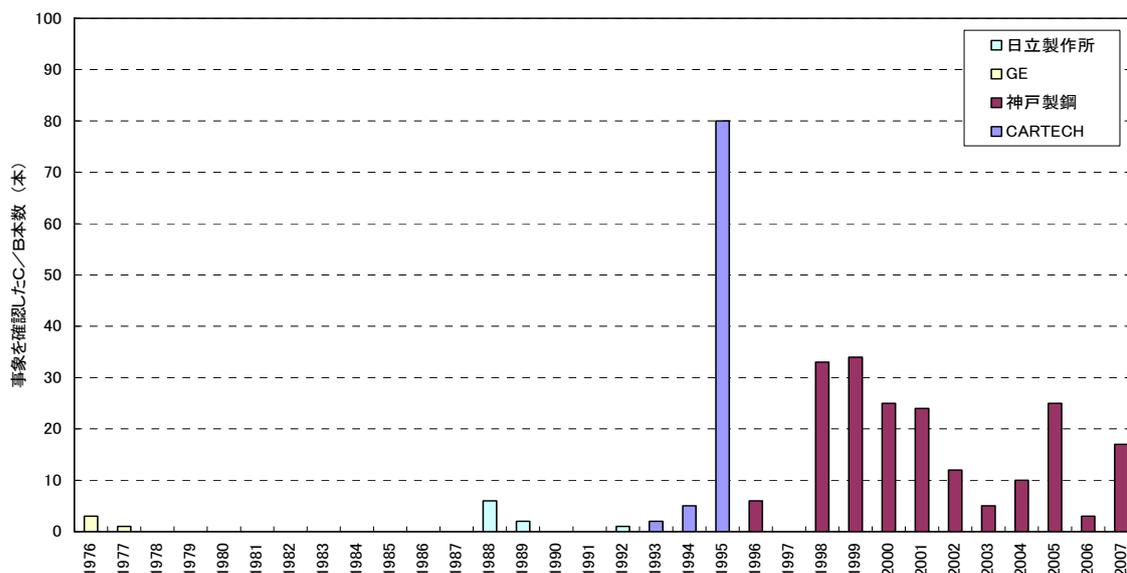


図 3.3.2.1 製造メーカー別事象確認の年代別の傾向(他社 BWR プラントで確認されたものを含む)

- \* 1 平成 24 年 9 月 10 日に各 BWR 電力事業者が作成した報告書による。
- \* 2 平成 9 年に当社柏崎刈羽原子力発電所 3 号機で確認した類似事象は平成 4 年(1992 年)に製造された ABB-ATOM 製であった。

このことから、現在も継続的に発生していると考えられる神戸製鋼製の C/B は、自動化された溶接プロセスに原因があると考えられる。これは、BWR 電力事業者共通の事案であるため、調査は BWR 電力事業者共同で実施した。

### 3.3.2.2 神戸製鋼製C/Bに関する調査

(添付資料-15)

#### (1) 神戸製鋼におけるクリップ溶接方法

クリップ部の溶接は、アルゴンガスを流すことでアルゴンガス雰囲気としたチャンバ内に、クリップ部を本体部に仮溶接したものをに入れて実施する。自動溶接する際には、裏面の溶接形状を維持し、欠陥なく溶接するための当て板金として、クリップにタンタル板をつける。なお、手動溶接の際にはタンタル板は用いられていなかった。

溶接時は、C/Bの各面ともクリップ端部からコーナー部へ自動で溶接トーチが移動する。クリップ端部の溶接開始時にはタンタル板を予熱するため、十数秒程度アークを出した状態で溶接トーチを保持する。

#### (2) 調査項目

C/B上部クリップ接合部の欠損について、溶接不良という観点から考えられる要因としてこれまでの知見により以下のものが考えられる。

- ・ C/Bの材料であるジルコニウム合金（ジルカロイ-4）に空気（酸素および窒素）が混入した場合、耐食性が低下する。また、溶接時の雰囲気中の湿度が増加した場合も、ジルコニウム合金の耐食性は低下する。
- ・ ジルコニウム合金に添加されている鉄およびクロムの濃度が低下すると耐食性が低下する。溶接時に大きな入熱があった場合においては、ジルコニウム合金中の針状組織の結晶粒径が大きくなり粒界に鉄およびクロムが偏析し耐食性が低下する可能性がある。なお、耐食性に対する影響についてはクロムよりも鉄のほうが顕著である。
- ・ 一般的に、溶接における接合部では溶接後の熱収縮による熱ひずみで硬化することにより脆化する可能性がある。
- ・ ジルコニウム合金に添加されているスズの濃度が低下すると耐食性が低下する。スズは低融点金属であり、溶接時の大きな入熱により揮発する可能性がある。
- ・ ジルコニウム合金においては、物質内の水素の拡散挙動に残留応力が影響を及ぼす可能性がある。また、ジルコニウム合金は水素を含むと脆化する特性がある。

以上のことから、製造欠陥（溶接不良）の要因としては、「酸素および窒素の混入」、「湿度による影響」、「溶接時の大きな入熱」および「溶接時の残留応力」が考えられる。そこで、神戸製鋼において通常のC/Bを製作する場合と同じ手順で未照射のC/B試験片を製作し、上記要因を絞り込むために調査を実施した。

なお、調査項目によっては通常のC/Bを製作する場合の溶接条件を変更して製作した試験片も用いて比較検討を実施した。

調査項目は以下のとおりである。

a. 外観観察

溶接後の試験片の外観を観察し、製造時点での傷や変色の状況を確認する。

b. 組織観察

欠損が確認されたクリップ端部とそれ以外の部位では溶接入熱が異なることから、結晶組織の相違の有無を確認するため、接合部の断面組織観察および側面組織観察を行う。

また、比較のため、欠損が確認されていないC/Bの本体接合部についても組織観察を行う。

c. 硬さ測定

接合部では溶接後の熱収縮による熱ひずみで材料が硬化することにより、脆性破壊が起こる可能性がある。断面、側面の表面、および、欠損発生部に相当する位置の硬さ分布を測定し、欠損が確認された部位とそれ以外の部位の硬さを比較することで脆化の可能性を検討する。

d. 残留応力測定

物質内の水素の拡散挙動に残留応力が影響を及ぼす可能性があることが知られている。クリップ端部近傍の残留応力分布と欠損部との相関性を調べることを目的として溶着部、熱影響部および熱影響部近傍の母材部の残留応力を測定する。測定にはひずみゲージを用いる。

e. 元素分析

ジルコニウム合金は溶接時に酸素および窒素の取り込みが起こることにより耐食性が低下することが知られている。また、ジルコニウム合金に含まれるスズが欠乏することによっても耐食性が劣化することが知られている。これらの元素の有無を確認することを目的として元素分析（成分分析）を行う。また、自動溶接から採用しているクリップ溶接時の当て板金としてタンタルを使用していることから、タンタルの有無についても分析する。さらに、クリップ端部近傍の元素を分析することを目的として、電界放出型電子線マイクロアナライザ<sup>※4</sup>（FE-EPMA）分析を行う。比較として本体接合部のFE-EPMA分析も行う。

※4：対象物に電子線を照射することで発生する特性エックス線を分析することで対象物の元素の種類や量を測定する装置。

f. 腐食試験

C/B上部クリップ接合部の欠損部の再現性を確認することを目的として、高温水蒸気環境下での腐食試験を行う。また、溶接パラメータが欠損発生部に及ぼす影響を定性的に評価するため、溶接条件を変更して製作した試験片についても

試験を行う。

(3) 調査結果

a. 外観観察

溶接後のC/B試験片の外観を観察した結果、傷や実機で見られたような変色は確認されなかった。

b. 組織観察

クリップの溶着部から熱影響部にかけて、針状の組織が観察され、その周辺では粒界に沿って析出物が生成していることがわかった。針状組織の幅は溶着部から熱影響部にかけて広がる傾向が見られた。

c. 硬さ測定

硬さ測定においてばらつきは見られたものの、欠損発生部での硬化は確認されず、要因とはならないと考えられる。

d. 残留応力測定

残留応力測定において、欠損発生部においては低い値を示していたことから、溶接時の残留応力によるひずみに起因する水素脆化は要因とはならないと考えられる。

e. 元素分析

元素分析（成分分析）において酸素および窒素ならびにスズはミルシートと同程度の値であり、酸素および窒素の取り込みやスズの揮発は確認されなかった。また、元素分析（FE-EPMA分析）において、組織観察で見られた析出物が鉄およびクロムであることが確認された。

f. 腐食試験

通常のC/Bを製作する場合と同じ手順で製作した試験片の一部については小さな斑点状の模様が確認されたが、実機で見られたような腐食は確認されなかった。

また、空気混入を想定した試験片の一部およびチャンバ内の湿分を増加して溶接を行った試験片について腐食が見られたが、実機で見られた接合部の様相とは異なるものであった。溶接時の大きな入熱を模擬した試験片については、実機で見られた接合部の様相を再現することはできなかった。

(4) 調査結果に対する考察

元素分析（成分分析およびFE-EPMA分析）結果および空気混入を想定した試験片の腐食試験の結果から「酸素および窒素の混入」は要因とはならないと考えられる。残留応力の測定結果から「溶接時の残留応力」も要因とはならないと考えられる。また、腐食試験の結果から「湿度による影響」も要因とはならないと

考えられる。

一方、組織観察および元素分析（FE-EPMA 分析）において鉄およびクロムが結晶粒界に析出していることが判明した。

先に述べたとおり、ジルコニウム合金は耐食性を向上させるため、鉄やクロム等の元素を添加している。特に鉄は耐食性に対する影響が大きく、ジルコニウム合金に満遍なく存在していれば耐食性は向上するが、析出物として偏析した場合には、逆にこれら鉄の存在しない領域が増えることにより、耐食性が低下することになる。

ジルコニウム合金の結晶構造は温度が上昇すると $\alpha$ 相から $\beta$ 相に変態する。溶接時は高温のため $\beta$ 相であり、冷却される際に $\beta$ 相から $\alpha$ 相に変態する。この変態時に、溶接後に急冷した場合には、鉄およびクロムが分散して存在している状態で安定するが、溶接時に入熱量が大きく冷却速度が低下した場合、徐々に粒径が粗大化し（針状組織の粗大化という）、針状組織（ $\alpha$ 相）には鉄およびクロムがほとんど固溶しないため粒界に鉄およびクロムが移行することから、偏析が生じる。その結果、鉄およびクロムの欠乏領域が増加し耐食性が低下することとなる。

クリップ溶接時に当て板金のタンタル板を予熱するため、クリップ端部の入熱量は他の溶接部位と比較して約3~10倍となる。入熱量が大きく冷却速度が低下した結果、組織観察において針状組織の粗大化が確認されたと考えられる。その結果、FE-EPMA 分析で確認されたようにクリップ端部では鉄が結晶粒界に偏析した結果、鉄の欠乏領域が増えて耐食性が低下し腐食した可能性が考えられる。

しかし、欠損は全てのC/Bに発生しているわけではなく発生確率が低いこと、また、欠損が特定の面で発生する傾向があることから他にも要因がある可能性がある。そこで、溶接時に使用しているタンタル板に注目して追加の調査を行った。

### 3.3.2.3 追加調査（当て板金：タンタル板の影響）

#### (1) 調査項目

針状組織の粗大化は溶接後の冷却速度と関連があることがわかっている。冷却速度に影響するものとして、クリップ部を溶接する際に当て板金として使用しているタンタル板が考えられる。タンタル板はクリップ部にボルトで固定するが、このボルトを締める際にタンタル板がボルトの回転とともにずれて片側がC/Bから離れる可能性がある。そこでタンタル板をC/B両面に密着させた場合（以下「両面密着」という）と、タンタル板をC/Bの片側面のみ密着（以下「密着面」という）させ、もう一方の面（以下「非密着面」という）にすき間がある状態（以下「片面密着」という）においてクリップ部の溶接を行い、温度を測定し、

冷却速度を評価する。また、当該試験片について組織観察および元素分析（FE-EPMA 分析）により鉄の相対濃度分析を行う。

## (2) 調査結果

タンタル板を両面密着させた場合、冷却速度は両面とも大きな差は無かった。一方、片面密着の場合、密着面の冷却速度は非密着面の 1/2 以下となる箇所が確認された。組織観察においては、片面密着では密着面の方が非密着面と比較して針状組織の粗大化が進んでいる様子が観察されている。また、鉄の相対濃度については片面密着では密着面の方が非密着面より低下していることがわかった。両面密着の場合、針状組織の様子や鉄の相対濃度について両面で大きな差異はない。

### 3.3.2.4 神戸製鋼製以外の C/B に関する調査について

神戸製鋼製以外に、日立、Car Tech、ABB-ATOM で製造された C/B クリップ部に欠損を確認した。

以下にそれぞれの製造者に関する調査状況を記す。

#### (1) 日立製 C/B

日立におけるリップ部の溶接は、溶接部近傍にアルゴンガスを吹きつけることでアルゴンガス雰囲気を作って実施する。アルゴンガスの吹きつけは溶接トーチ側（トーチガス）と裏側（バックパージガス）の両面から行っている。また、溶接時に当て板金は使用していない。

日立では平成 14 年に溶接設備の変更を実施しており、それ以降に製造した C/B では欠損を確認していない。なお、平成 9 年に柏崎刈羽原子力発電所 5 号機で類似事象を日立製 C/B で確認している。（製造時期は昭和 63 年～平成元年）

当時実施した状況確認や再現試験等により

- ・初装荷燃料向けの C/B 770 本のうち 103 本に欠損もしくは白色化事象を確認したが、それらの溶接施工記録を確認したところ、溶接施工時期がほぼ同じ時期に集中していることを確認。
- ・溶接施工条件を変えた再現試験により、バックパージガスの供給不足が生じた場合に同様な事象を再現。

したことにより、溶接施工時にバックパージガスの供給不足が生じて事象が発生したものと推定した。平成 14 年の溶接設備の変更は、平成 9 年に確認した事象の対策を反映して行っており、その後の日立製 C/B では欠損を確認していないことから、原因は平成 9 年に実施した調査結果の推定どおりと考えている。

（添付資料-16）

なお、平成 14 年の設備変更時の同事象への対応等として現行溶接設備では、以下の対策を実施している。

- ・ トーチガス供給不足対策として、供給範囲を広げるためにノズル径を拡大。
- ・ バックパージガス流量が低下した場合でも溶着部全体にガスが供給されるようにバックパージガスの供給口を増加。
- ・ トーチガス、バックパージガスの供給不足が発生しないように流量計を設置し、流量の確認を確実に実施するよう作業管理を実施。

今回の調査の中では、現行設備等の妥当性を確認するために溶接条件を変えた試験片を作成して腐食試験を実施し、平成 9 年の調査時との比較を実施した。この結果、バックパージガスの供給不足では 48 時間の腐食試験では腐食は再現せず、トーチガスの供給不足では平成 9 年当時と同じ 24 時間腐食試験では事象が再現しなかったものの 48 時間腐食試験では腐食の再現が確認される結果となった。この試験結果から、溶接環境により腐食が改善されることがわかる結果を得ることができた。

## (2) Car Tech 製 C/B

平成 7 年(1995 年)以前の特定時期に製造された Car Tech 製 C/B に欠損を確認した。欠損の形態は日立製 C/B で確認した空気混入によるものと同様の様相を観察した。C/B 納入者による溶接プロセスの調査によると、Car Tech においては、日立と同様にパージガス雰囲気での溶接を行っていた。当て板金は使用していなかったものの、欠損を確認した当時の C/B 製造方法は入熱量が大きいものであったことを確認した。なお、平成 9 年(1997 年)に溶接設備を変更した結果、溶接時の入熱量の低減と空気の混入防止策が実施されていた。

## (3) ABB-ATOM 製 C/B

平成 4 年(1992 年)頃に製造された ABB-ATOM 製 C/B に欠損を確認した。点検結果からは神戸製鋼製 C/B に見られる特徴が確認されている。ABB-ATOM では神戸製鋼と同様に専用チャンバ内で溶接を行う工程であることから、空気が混入することは想定できない。この様相は過大入熱（冷却速度低下に伴う耐食性の劣化等）による事象と考えられる。なお、ABB-ATOM では現在、日本で使用している燃料集合体へ装着する C/B の製作は行っていない。

### 3.3.3 推定原因

#### 3.3.3.1 神戸製鋼製 C/B

上記調査の結果、以下のことがわかった。

- ・クリップ接合部の組織観察および FE-EPMA 分析の結果より、針状組織が粗大化し、鉄およびクロムが粒界へ析出していることを確認した。これにより耐食性が低下している可能性がある。
- ・針状組織の粗大化は溶接時の入熱量によって影響を受けるが、クリップ端部の入熱量は他の接合部と比較して大きく、実機ではクリップ端部以外の接合部において欠損が見られていない現象と一致する。
- ・実機で確認されたクリップ部の欠損は、発生確率が低く、また、特定の面で発生する傾向がある。今回の調査ではクリップ部を溶接する際に使用しているタンタル板の C/B への取り付け状況のばらつきにより、タンタル板の密着面のみ冷却速度が低下する可能性があることを確認した。
- ・元素分析、残留応力測定等の結果より、「酸素および窒素の混入」、「湿度による影響」および「溶接時の残留応力」は要因とはならないと考えられる。

以上より、推定原因は以下のとおりである。

- ・クリップ接合部端部は溶接時の入熱量が多いことから針状組織が粗大化して鉄の欠乏領域が発生する。
- ・さらに、クリップ溶接時に使用するタンタル板の C/B への取り付け状況のばらつきにより、溶接時の冷却速度が有意に低下することがある。
- ・よって、タンタル板の取り付けの影響により、クリップ接合部端部において鉄およびクロムの欠乏領域が極端に増えて、耐食性が低下し、腐食が発生して欠損に至ったものと推定した。

### 3.3.3.2 神戸製鋼製以外の C/B について

#### (1) 日立製 C/B

平成 9 年の調査結果から日立製 C/B の推定原因は、バックパージガスの供給不足によって溶接部に空気が混入したことにより溶接部の耐食性が低下し、腐食が発生して欠損に至ったものと推定した。

#### (2) Car Tech 製 C/B

平成 7 年（1995 年）に製造した Car Tech 製 C/B 5 本に欠損を確認しているが、点検結果からは日立製 C/B で確認したものと同様の様相を観察したこと、また C/B 納入者による調査の結果、当時の溶接設備ではクリップ溶接時に過大な入熱が行われていたことを確認したことから、入熱量および空気の混入の両者が原因となり耐食性が低下し、腐食が発生して欠損に至ったものと推定した。

### (3) ABB-ATOM 製 C/B

ABB-ATOM 製の C/B については、平成 4 年（1992 年）に製造した C/B 13 本に欠損を確認したが、現在、日本で使用している燃料集合体へ装着する C/B の製造を行っておらず、詳細を確認することができなかった。点検結果からは神戸製鋼製に見られる特徴を確認しており、神戸製鋼製の事象と同じ原因により欠損に至ったものと推定した。

## 3.3.4 再発防止対策

### 3.3.4.1 神戸製鋼製 C/B

5.章に後述するが、欠損があった C/B の継続使用は安全上問題ないが、当該 C/B 製造者においては品質の更なる向上の観点で、上述した推定原因に基づき、新たな溶接機を導入して溶接時の入熱量を下げ、タンタル板を使用しない溶接方法とする。

また、他社において過去に、酸素および窒素の混入による腐食が確認されていることから、合わせて酸素および窒素混入の対策も求めていくこととする。

具体的な対策は以下のとおりとする。

- ・タンタル板の使用廃止による溶接手順の改善。
- ・入熱量を低下させるための電源装置、コントローラ等の溶接機の変更。
- ・空気混入防止のための溶接装置上部開口部低減のための改良。
- ・溶接装置内酸素濃度測定による監視機能の強化。

これらの対策を反映していない C/B の使用にあたっては、5.にて後述する継続使用時に実施する管理を行いながら使用していくこととする。

### 3.3.4.2 神戸製鋼製以外の C/B について

#### (1) 日立製 C/B

欠損を確認した日立製 C/B を製造した溶接設備は、平成 14 年に新規溶接設備に更新し空気混入を防止するための対策を施しており、この溶接設備で製造した C/B には欠損を確認していない。このことから、現在までの対策は有効であり新たな対策は不要と考えるが、今回の調査でトーチガス供給不足時に腐食が再現することを確認していることから、メーカーへは引き続き、トーチガスおよびバックパージガスの供給管理を求めていくこととする。

#### (2) Car Tech 製 C/B

Car Tech では、平成 9 年（1997 年）に溶接設備の全面更新を行い、入熱量の低減および空気の混入防止対策が図られている。他電力においては平成 10 年

(1998年)以降に納入されたものについて欠損は確認されていない。しかしながら、当社では平成10年以降の納入品の使用量が少数に留まり、十分な実績を確認できていないことから、使用する場合には5.にて後述する継続使用時に実施する管理を行いながら使用していくこととする。

### (3) ABB-ATOM製C/B

現行ABB-ATOMでは日本で使用している燃料集合体へ装着するC/Bの製造を行っていない。当社としては今後ABB-ATOM製C/Bの調達を実施せず、使用しないこととし対策は対象外とする。

## 3.4 C/B上部の欠損に伴い生じると考えられる金属片による原子炉施設への影響の評価及び対策(指示事項(5))

中国電力株式会社島根原子力発電所においては、神戸製鋼製C/Bおよび日立製C/Bに一部欠損が確認されている。BWR電力事業者は共同で本事象の原因究明を実施しており、その一環として島根原子力発電所において両社で製造されたC/Bの欠損部の試料を採取し分析を実施した。その結果、欠損部はジルコニウムの腐食生成物と推定した。また、試料採取の際に採取治具にて当該部をこすったところ細かい粉体となった。

また、過去の燃料集合体炉内配置検査の映像記録を確認した結果から、欠損が運転サイクル中に大きく進展し続けることはないと考えられ、クリップ溶接部の欠損状況を管理していくことにより、溶接部が完全に損なわれてクリップ自体が脱落するような事態は防止しうると考える。

これらのことから、大きな金属片がルースパーツとして発生することは考えがたく、燃料集合体や炉内構造物等の安全性に影響を与えるものではない。

## 4. 過去の類似事象確認時における当社の対応について

平成9年5月に柏崎刈羽原子力発電所5号機において日立製C/Bの白色化事象を確認した。当時、原因究明のためにモックアップを含む調査を実施するとともに、確認した事象がC/Bの強度や設備の健全性に影響を及ぼすものではないことを確認した。そのため、当社として当該事象はトラブル事象ではないと判断し、規制当局への報告や対外的な公表を行わなかった。また、同年11月および平成20年3月に3号機において同様な白色化事象を確認した。先に確認した5号機的事象と同様、当社として当該事象はC/Bの強度や設備の健全性に影響を及ぼすものではないと判断し、規制当局への報告や対外的な公表を行わなかった。

当社が現在の不適合管理の運用を開始したのは平成15年であり、平成9年当時、トラブル事象未満の事象の取り扱いは所管箇所任されていた。また、原子力施設情

報公開ライブラリ(NUCIA)や BWR 事業者協会(JBOG)等、事業者間で情報を共有する仕組みも未整備であった。このため、規制当局や事業者間の事例や知見の共有を図っていなかった。現在、原子力施設情報公開ライブラリ(NUCIA)や BWR 事業者協会(JBOG)等、事業者間で情報共有を図る仕組みが構築されるとともに、当社においては不適合管理を厳格に実施することで、事象の取り扱いが所管箇所に留まらずに共有される仕組みを構築している。

## 5. 上部に欠損を確認したC/Bの継続使用の可否について

### (1) C/B機能への影響

C/Bに欠損を確認した燃料体は第1サイクルのみ照射されたものから使用済燃料に至るまで幅広いが、欠損部はクリップ接合部の熱影響部に限られている。また、C/B試験片による組織観察においても、耐食性悪化をもたらす組織が確認されているのは熱影響部に限定されており、母材部においては耐食性低下の要因となる組織は確認されていない。従って欠損する可能性がある範囲は限定されているため、C/Bの機能（原子炉冷却材流路確保および制御棒ガイド機能）には影響ない。

### (2) プラントへの影響

3.4章で示したように欠損部はジルコニウムの腐食生成物であることを確認している。試料採取の際に細かい粉体となったことからもわかるとおり、ジルコニウムの腐食生成物は非常に脆く、大きな金属片がルースパーツとして発生することも考えがたいことから、機器やシステムの安全性に影響を与えることはない。

以上より、欠損を確認したC/Bは継続使用可能である。

なお、継続使用について影響ないものの、柏崎刈羽原子力発電所では欠損部の状況および新たな欠損の有無を確認するため、強度評価で仮定した欠損長さ 39mm をC/Bの継続使用を可能と判断する基準とし、これを超える欠損を確認した場合にはC/Bを交換することとし、当面の間、定期検査時にC/B上部クリップ接合部の状況を確認していくこととする。

また、福島第一原子力発電所および福島第二原子力発電所については、今後必要に応じてC/Bの欠損状況を確認していくこととする。

以 上

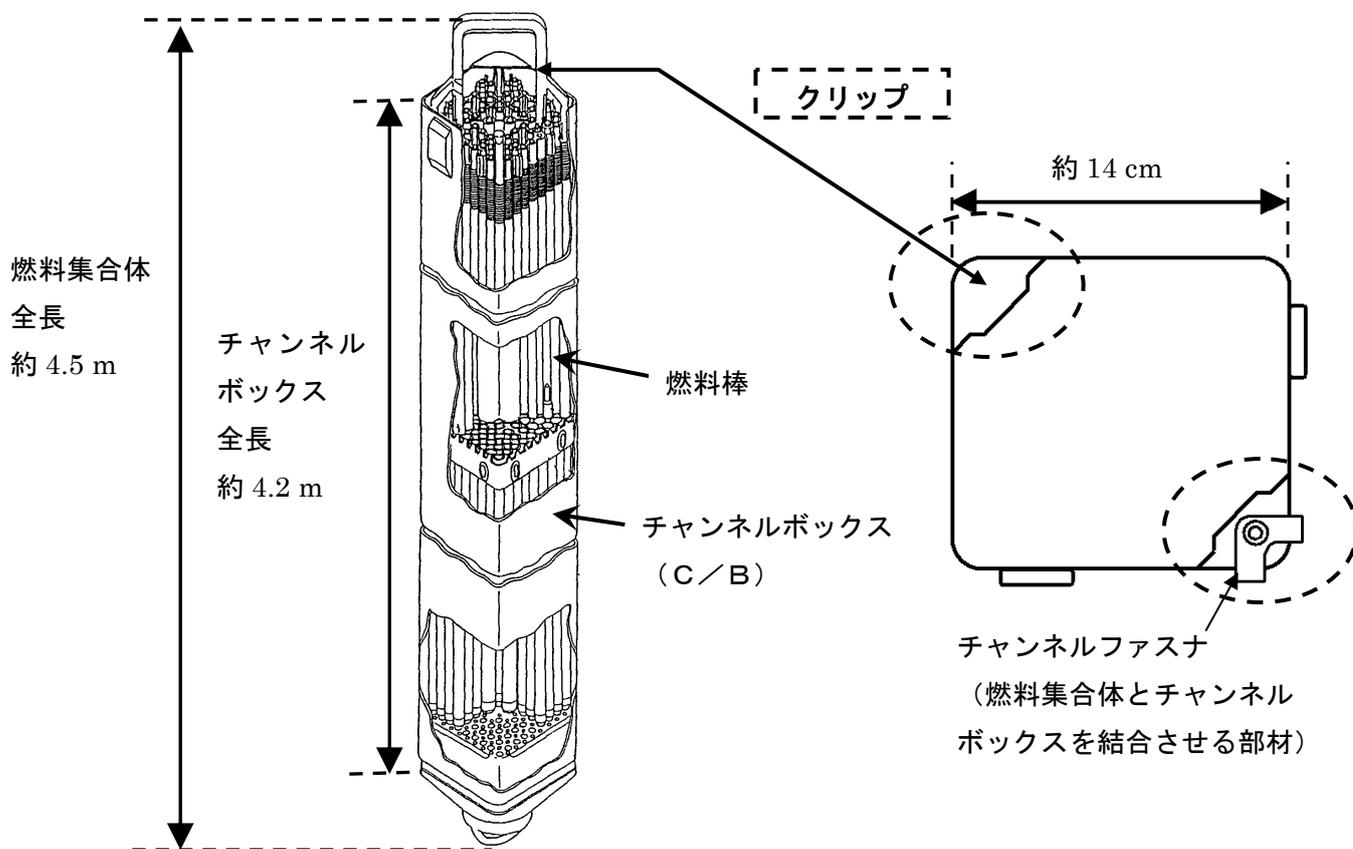
## 添付資料目次

別紙	柏崎刈羽原子力発電所C/B欠損に係る点検結果
添付資料-1	C/B上部クリップの概要図
添付資料-2	C/B上部クリップおよび燃料集合体外観点検概要図
添付資料-3	柏崎刈羽原子力発電所1号機点検結果
添付資料-4	柏崎刈羽原子力発電所2号機点検結果
添付資料-5	柏崎刈羽原子力発電所3号機点検結果
添付資料-6	柏崎刈羽原子力発電所5号機点検結果
添付資料-7	柏崎刈羽原子力発電所6号機点検結果
添付資料-8	柏崎刈羽原子力発電所7号機点検結果
添付資料-9	原子炉施設への影響評価（C/B機能への影響）
添付資料-10	C/B上部クリップの機能への影響評価
添付資料-11	C/B上部クリップ接合部一部欠損発生の要因分析
添付資料-12	C/B製造時の材料記録、外観・寸法記録、溶接施工記録確認結果
添付資料-13	原子炉および使用済燃料プール水質記録調査結果
添付資料-14	構造物等との接触に関する調査結果について
添付資料-15	製造欠陥に関する調査結果について
添付資料-16	平成9年に柏崎刈羽原子力発電所5号機において確認した事象に関して実施した調査について

柏崎刈羽原子力発電所 C/B欠損に係る点検結果

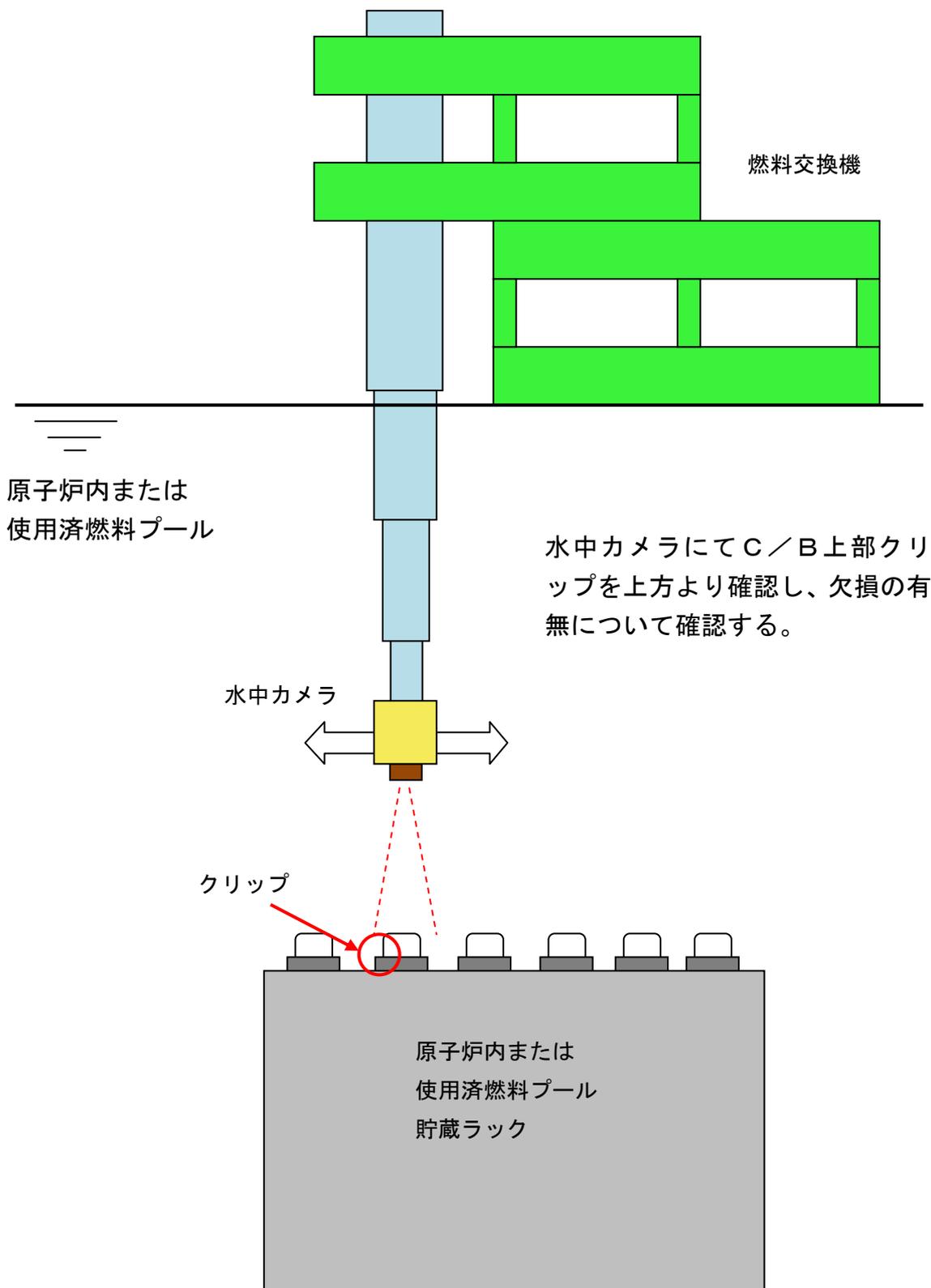
号機	今回報告内容																
	中間報告書報告内容								燃料集合体外観点検指示事項(2)								
	C/B欠損調査指示事項(1)				C/B欠損調査指示事項(1)				原子炉				原子炉				
	使用済燃料プール		使用済燃料プール		欠損本数		欠損本数		調査本数		調査本数		調査本数		調査本数		調査本数
	調査本数	白色化または欠損の可能性がある本数	調査本数	欠損本数	調査本数	欠損本数	調査本数	欠損本数	調査本数	欠損本数	調査本数	欠損本数	調査本数	欠損本数	調査本数	欠損本数	調査本数
1号機	1,666	0	1,666	0	764	8	2,430	8	2,430	0	—	8	—	8	—	8	8
2号機	—	—	2,538 ※1	12	—	—	2,538	12	2,538	12	良	—	—	—	—	12	12
3号機	—	—	1,564	18	764	5	2,328	23	2,328	18	良	良	良	5	良	23	23
4号機	2,360 ※1	10 ※2	2,360 ※1	0 ※2	—	—	2,360	0	2,360	0	—	—	—	—	—	0	0
5号機	—	—	1,728	33	764	17	2,492	50	2,492	33	良 ※4	良 ※4	良	17	良	50	良 ※4
6号機	—	—	2,358	6	872	26	3,230	32	3,230	6	良	良	良	26	良	32	良
7号機	2,336	71 ※3	2,336	25 ※3	872	12	3,208	37	3,208	25	良 ※5	良 ※5	良	12	良	37	良 ※5
合計	6,362	81	14,550	94	4,036	68	18,586	162	18,586	94	—	—	68	—	—	162	—

※1 次サイクル装荷予定の燃料体含む。  
 ※2 中間報告書報告内容の10本については、詳細調査の結果C/B欠損はなかった。  
 ※3 中間報告書報告内容の71本については、詳細調査の結果C/B欠損を25本確認した。  
 ※4 17体の燃料集合体にウォータ・ロッド曲がりを確認した。  
 ※5 5号機から号機間輸送された3体を含む。

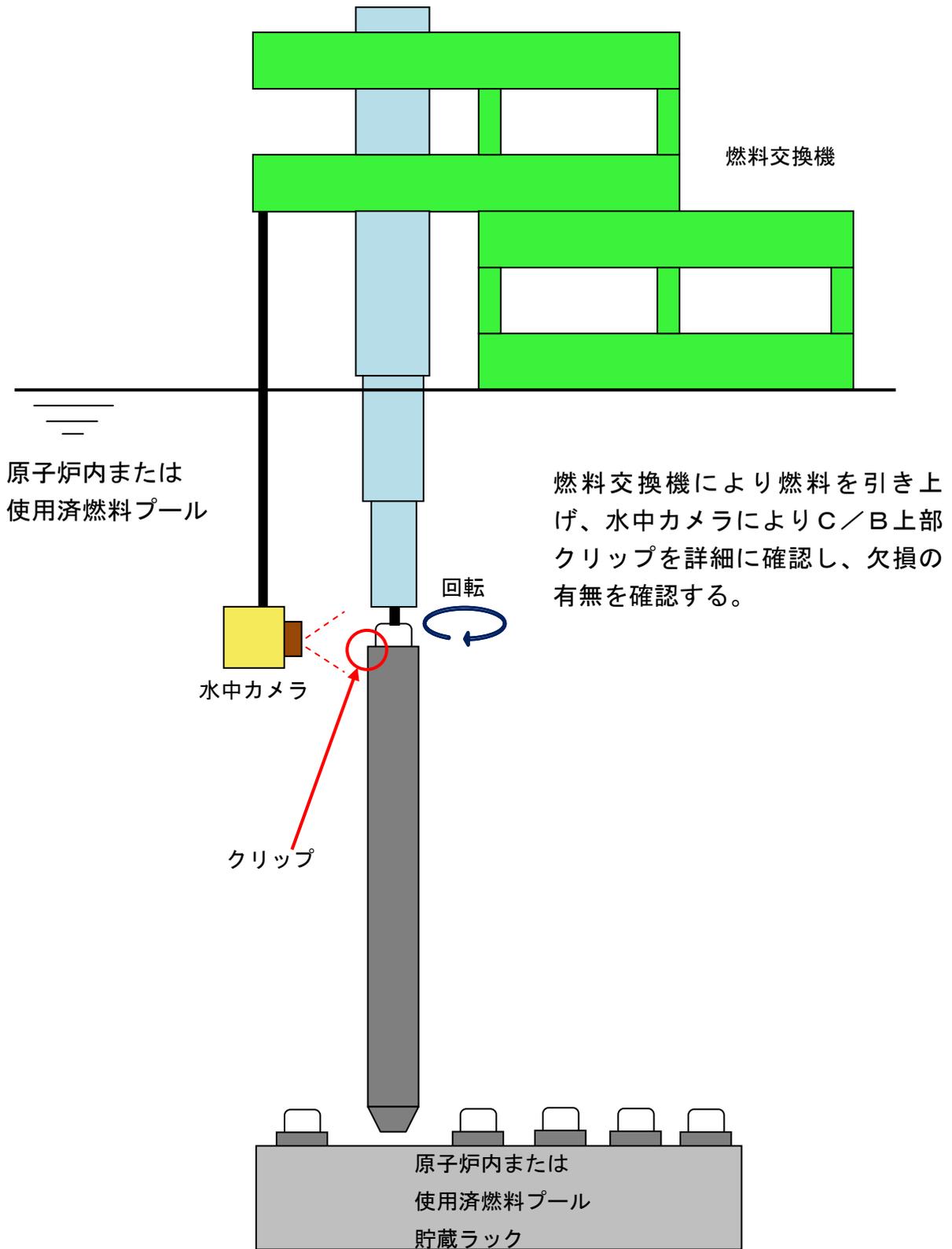


燃料集合体 (9 × 9 燃料 (A型)) [例]

C/B上部クリップの概要図

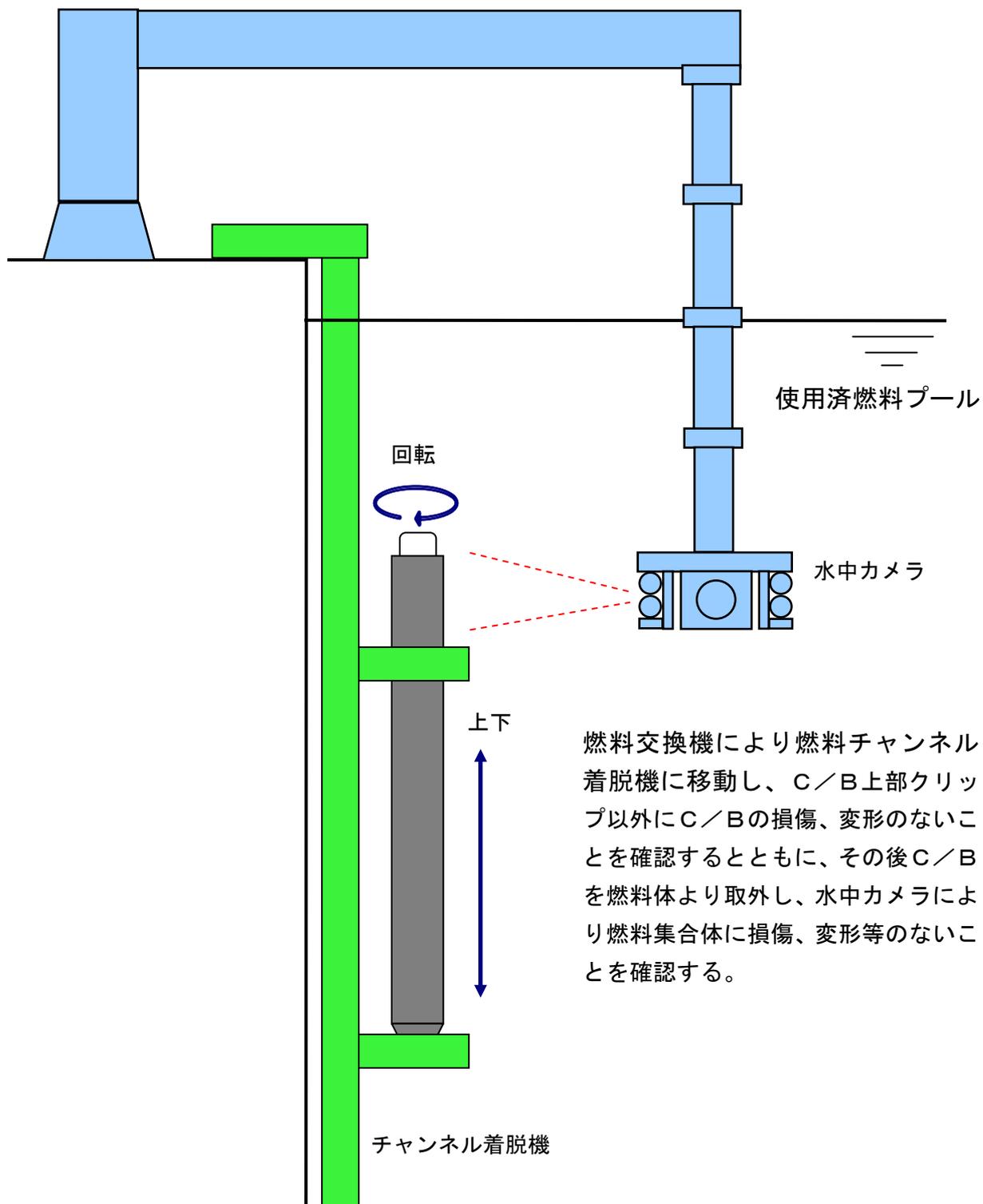


C/B上部クリップおよび燃料集合体外観点検概要図



燃料交換機により燃料を引き上げ、水中カメラによりC/B上部クリップを詳細に確認し、欠損の有無を確認する。

C/B上部クリップおよび燃料集合体外観点検概要図  
(欠損の可能性があると判断したC/Bについて実施)



C/B上部クリップおよび燃料集合体外観点検概要図  
(欠損を確認したC/Bについて実施)

# 柏崎刈羽原子力発電所1号機 点検結果 (点検結果一覧)

No.	C/B番号	チャンネルボックスデータ					装着燃料集合体データ					ステータス※2	備考					
		装荷サイクル	装荷年月	取出手サイクル	炉内滞在サイクル	取出手年月	製造時期※1	製造者	燃焼度(MWd/t)	欠損部長さ(mm)	外観点検結果			燃料型式	製造者	燃焼度(MWd/t)	製造者	燃焼度(MWd/t)
1	KKR01K015	14	2003.11	-	3	-	2001.3	神戸	34.117	約15	異常なし	GNF-J	9×9A	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-3-1
2	KKR01K077	15	2005.10	-	2	-	2001.3 ~ 2001.4	神戸	25.008	約12	異常なし	GNF-J	9×9A	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-3-2
3	KKR01K147	14	2003.11	-	3	-	2001.4	神戸	33.979	約19	異常なし	GNF-J	9×9A	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-3-3
4	KKR06K029	16	2009.12	-	1	-	2006.6	神戸	13.746	約18	異常なし	NFI	9×9B	NFI	9×9B	異常なし	再使用予定	添付資料-3-4
5	KKR06K046	16	2009.12	-	1	-	2006.6	神戸	12.652	約21	異常なし	NFI	9×9B	NFI	9×9B	異常なし	再使用予定	添付資料-3-5
6	KKR06K054	16	2009.12	-	1	-	2006.6	神戸	12.865	約15	異常なし	NFI	9×9B	NFI	9×9B	異常なし	再使用予定	添付資料-3-6
7	KKR06K059	16	2009.12	-	1	-	2006.6	神戸	10.945	約17	異常なし	NFI	9×9B	NFI	9×9B	異常なし	再使用予定	添付資料-3-7
8	KKR06K101	16	2009.12	-	1	-	2006.6	神戸	14.182	約14	異常なし	GNF-J	9×9A	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-3-8

略語	用語
8×8RJ	新型8×8燃料
8×8BJ	新型8×8ジルコニウムライナ燃料
高燃焼度8×8	高燃焼度8×8燃料
9×9A	9×9燃料(A型)
9×9B	9×9燃料(B型)
JNF	日本ニュークリア・フュエル(現グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)
GNF-J	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
NFI	原子燃料工業
日立	日立製作所又は日立・GEニュークリアエナジー
神戸	神戸製鋼所
A-A	ASEA-ATOM
ABB-ATOM	ASEA BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED
Car Tech	CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION

※1 製造時期はクリップ溶接時期を記載

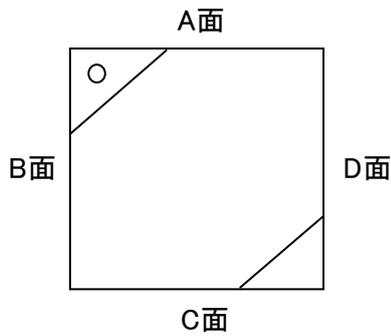
※2 点検開始時、装荷・貯蔵場所

再使用予定: 原子炉内、使用済; 使用済燃料プール内

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKR01K015
燃料集合体番号	K1N15

チャンネルボックス欠損状況

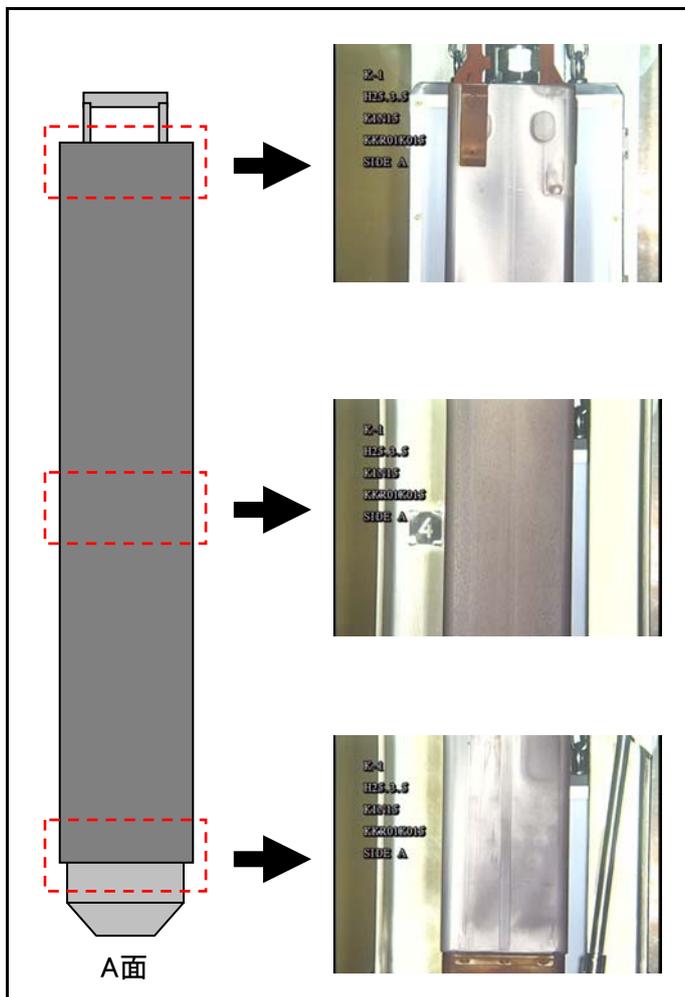


【D面】 欠損部長さ: 約15mm



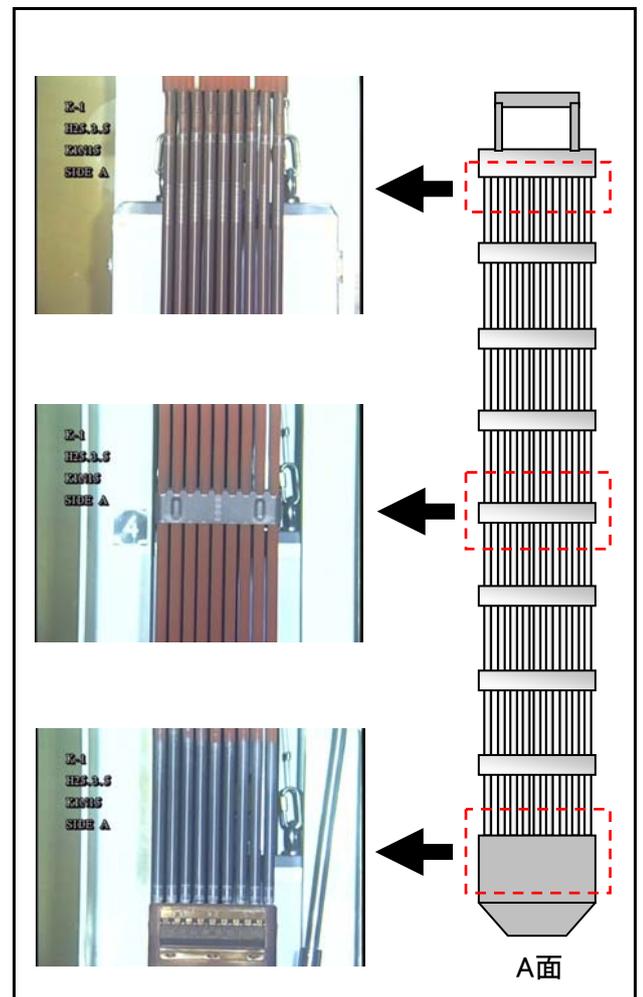
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

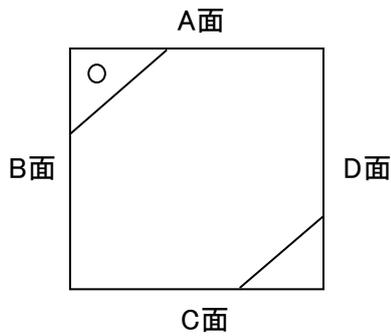
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKR01K077
燃料集合体番号	K1N77

チャンネルボックス欠損状況

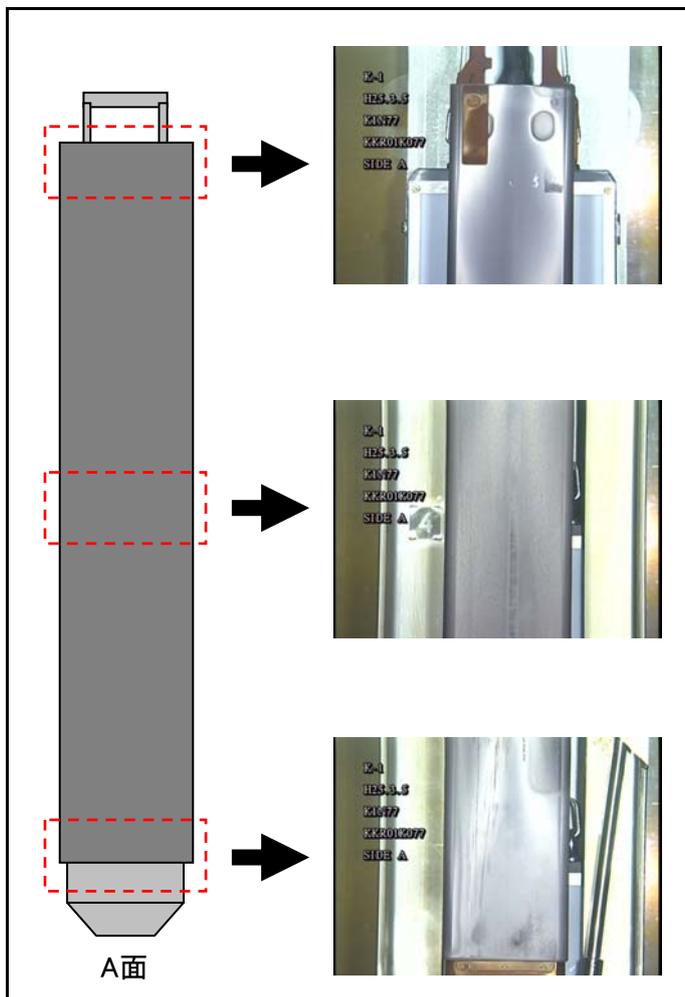


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



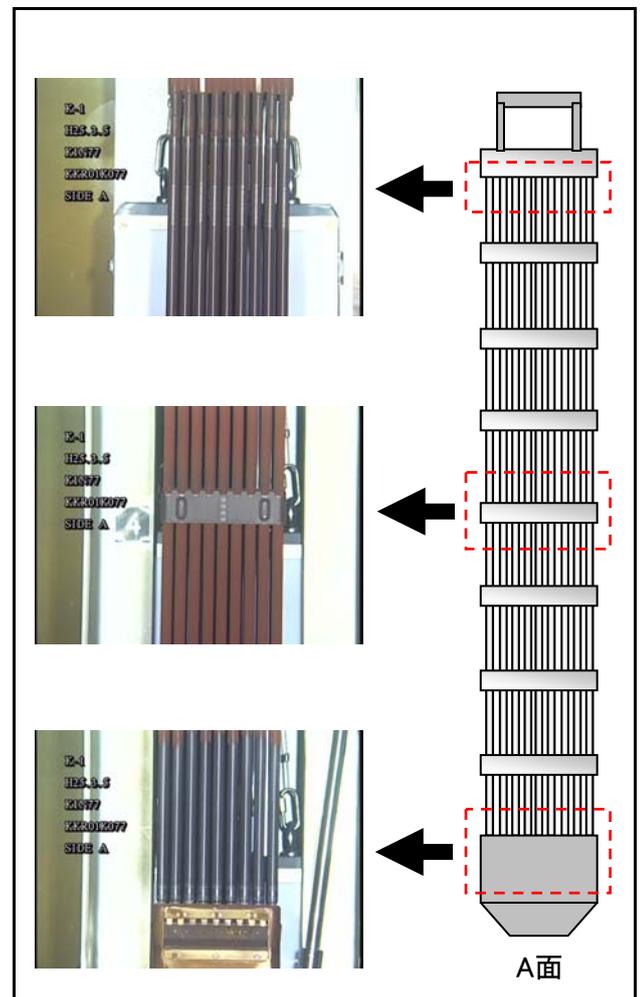
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

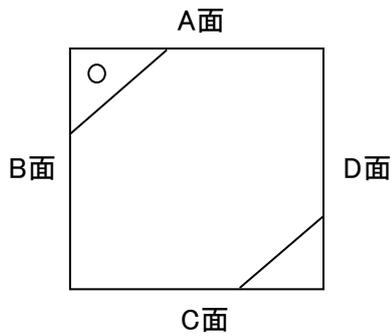
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKR01K147
燃料集合体番号	K1N147

チャンネルボックス欠損状況

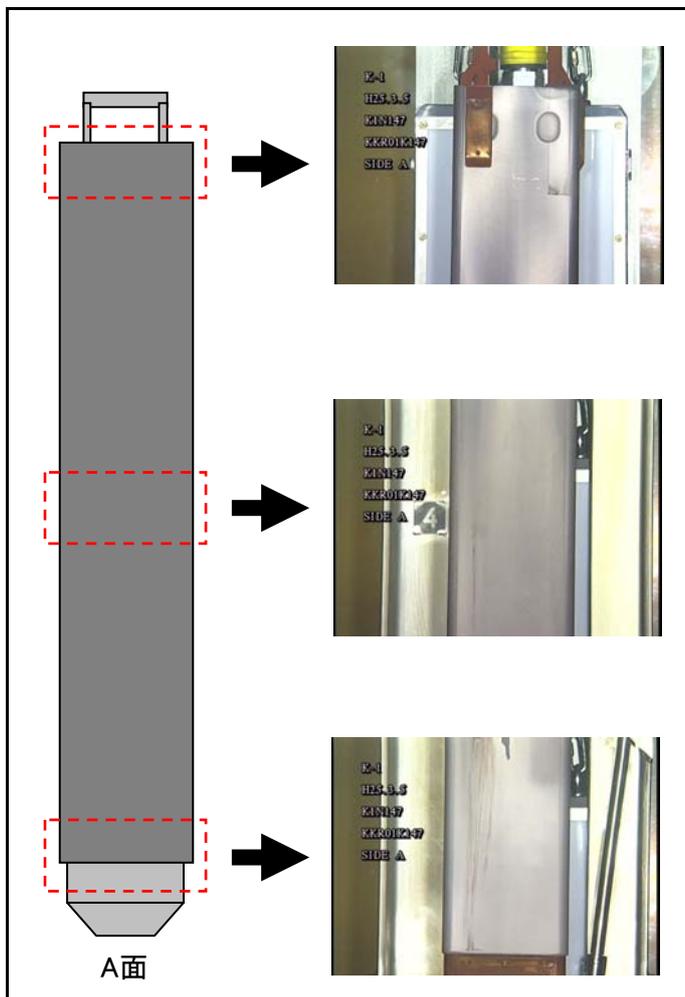


【D面】 欠損部長さ: 約19mm



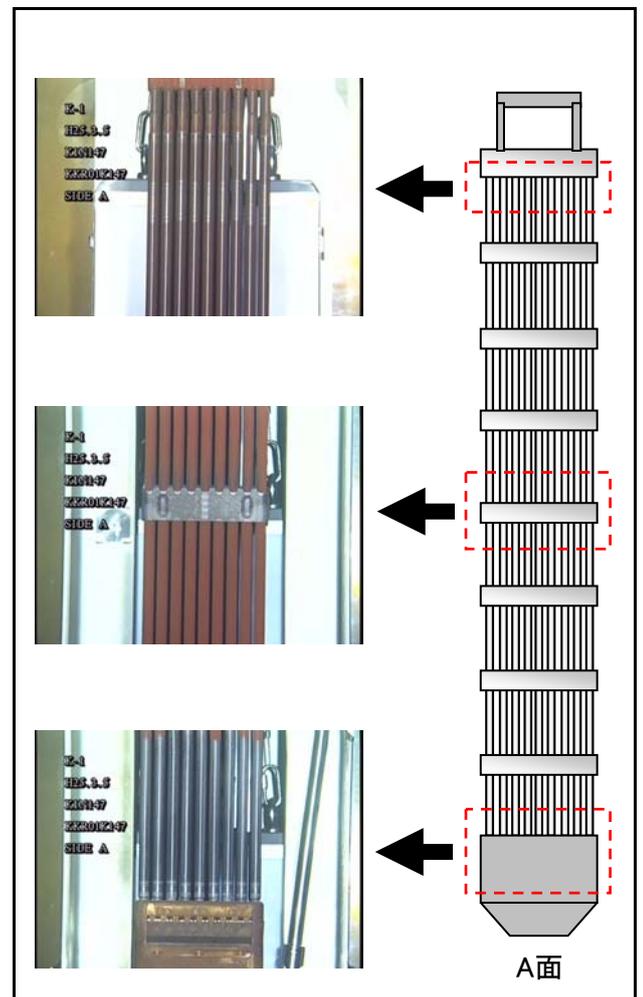
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

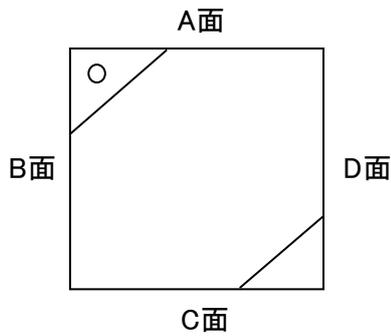
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKR06K029
燃料集合体番号	K1RN29

チャンネルボックス欠損状況

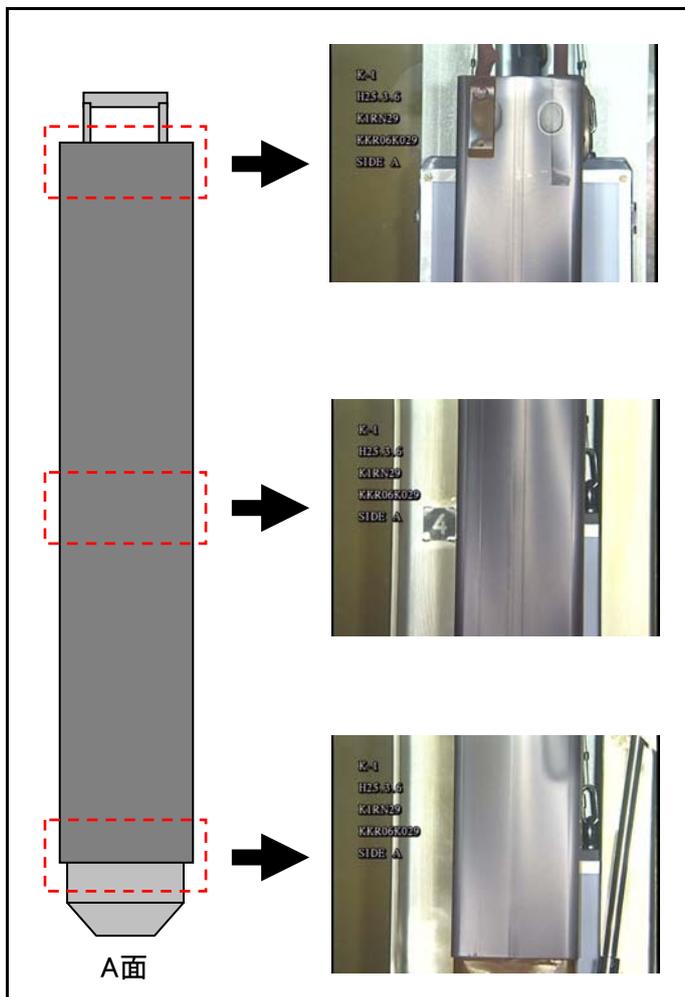


【D面】 欠損部長さ: 約18mm



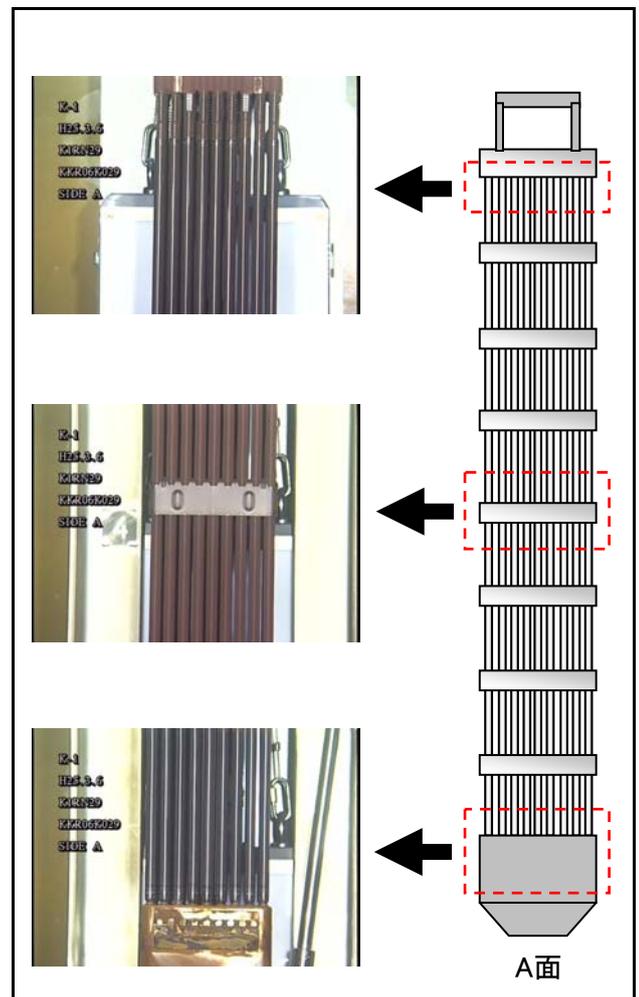
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

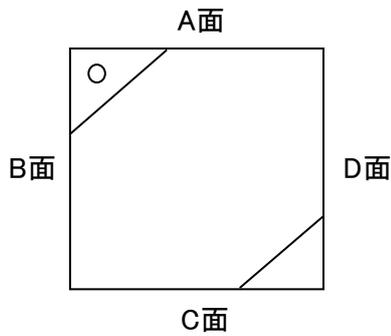
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKR06K046
燃料集合体番号	K1RN46

チャンネルボックス欠損状況

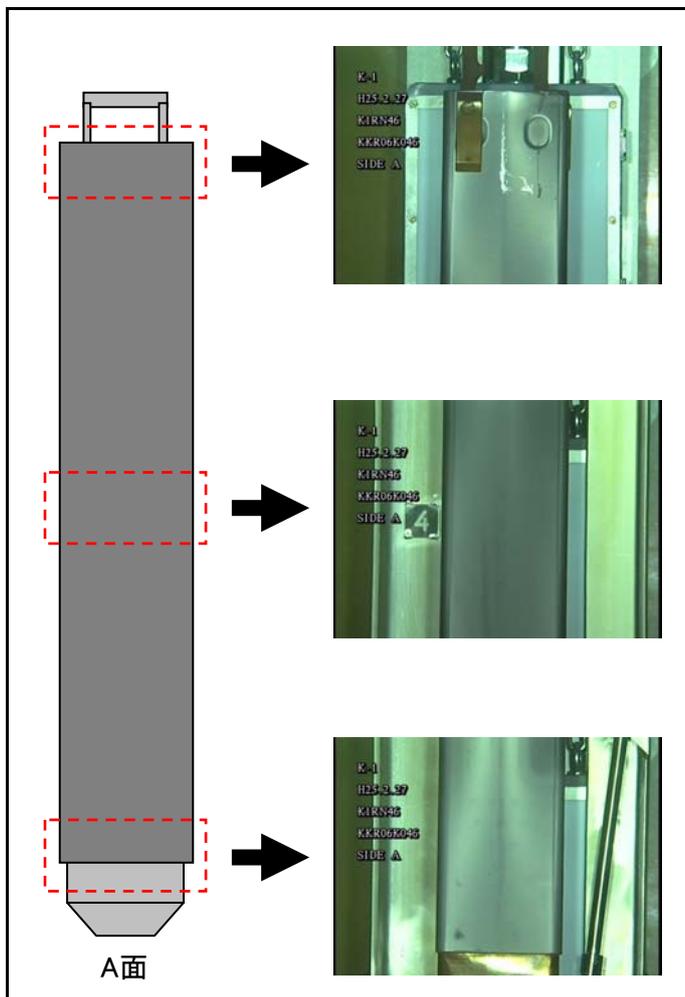


【D面】 欠損部長さ: 約21mm



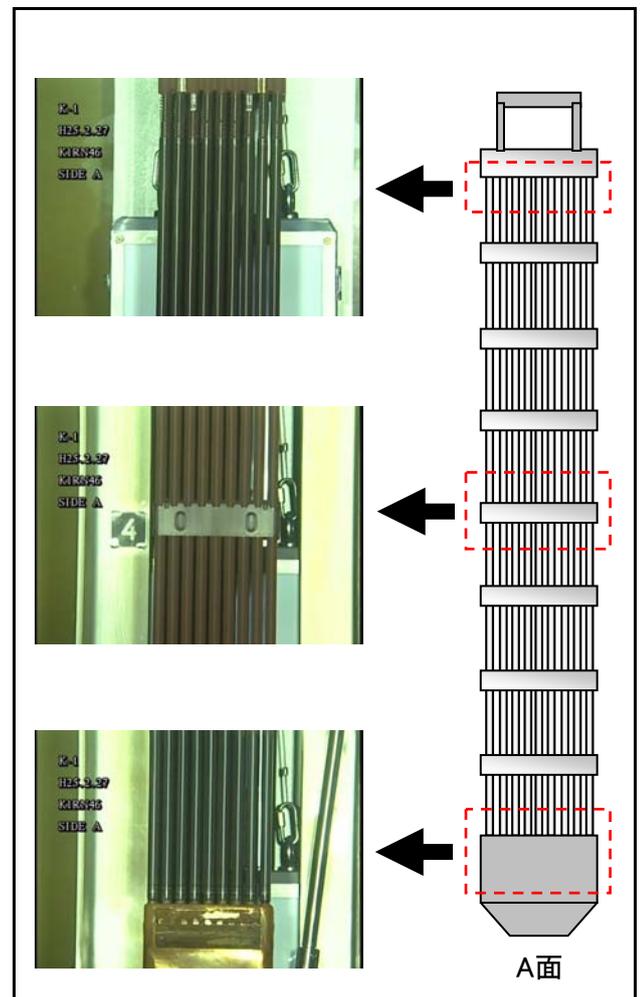
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

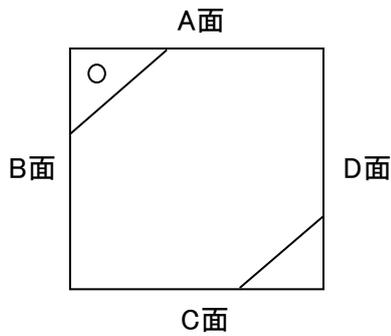
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKR06K054
燃料集合体番号	K1RN54

チャンネルボックス欠損状況

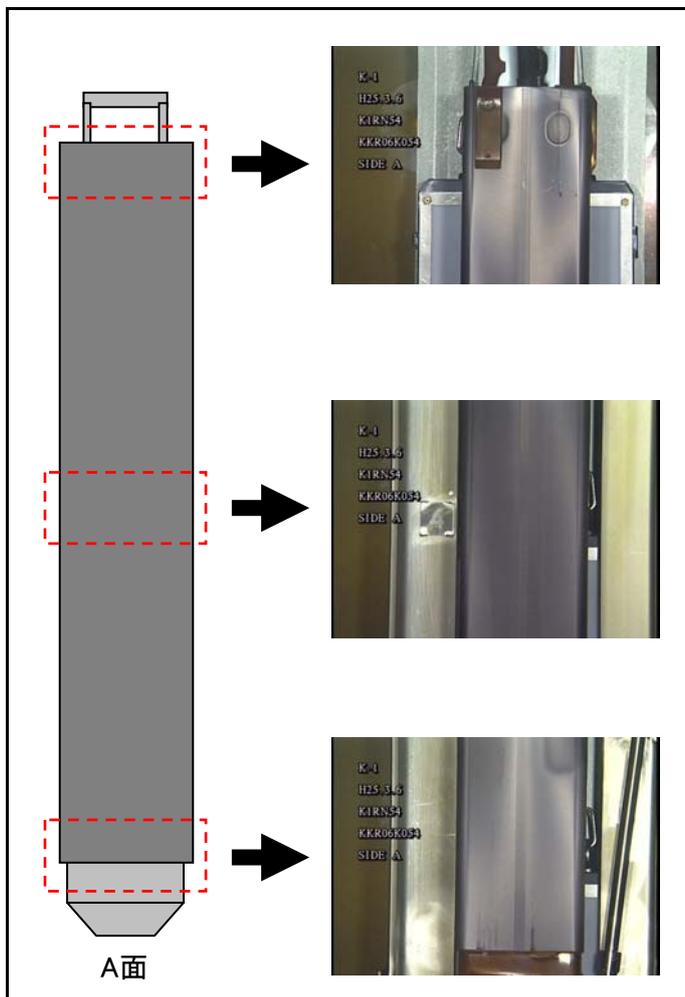


【D面】 欠損部長さ: 約15mm



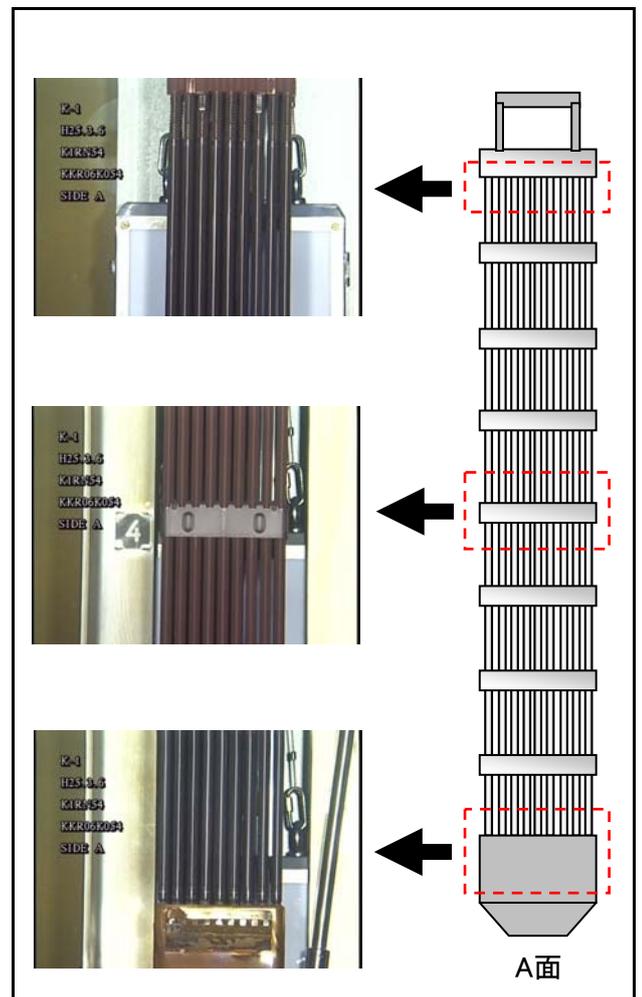
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

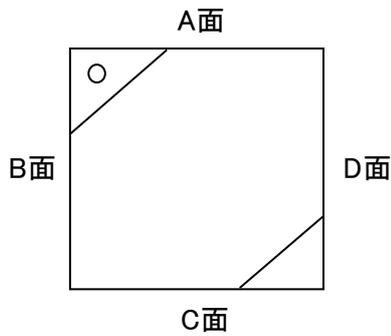
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKR06K059
燃料集合体番号	K1RN59

チャンネルボックス欠損状況

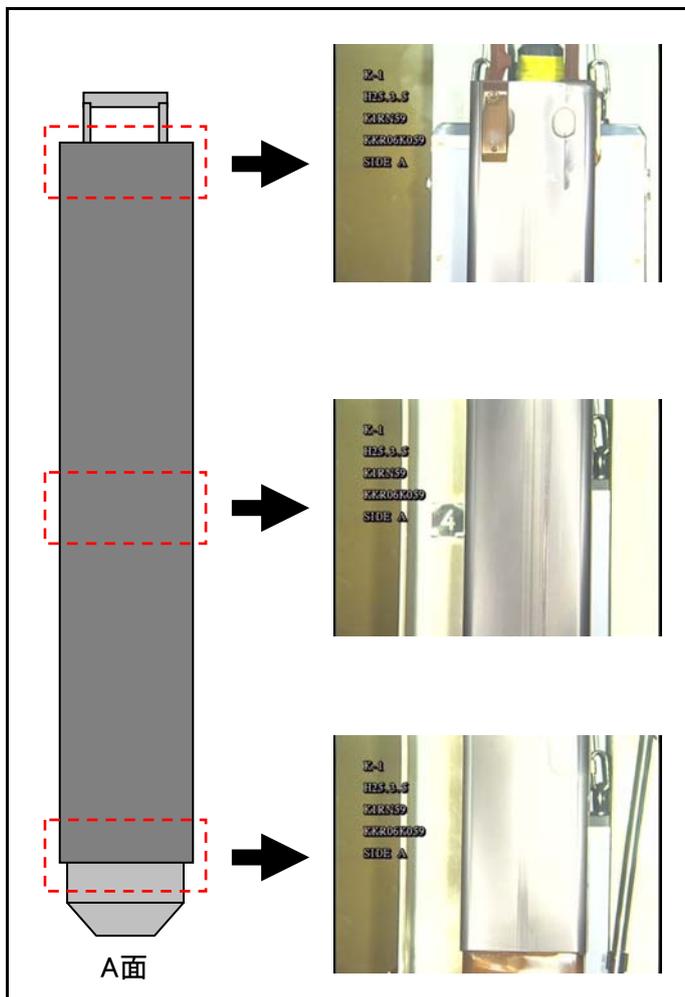


【D面】 欠損部長さ: 約17mm



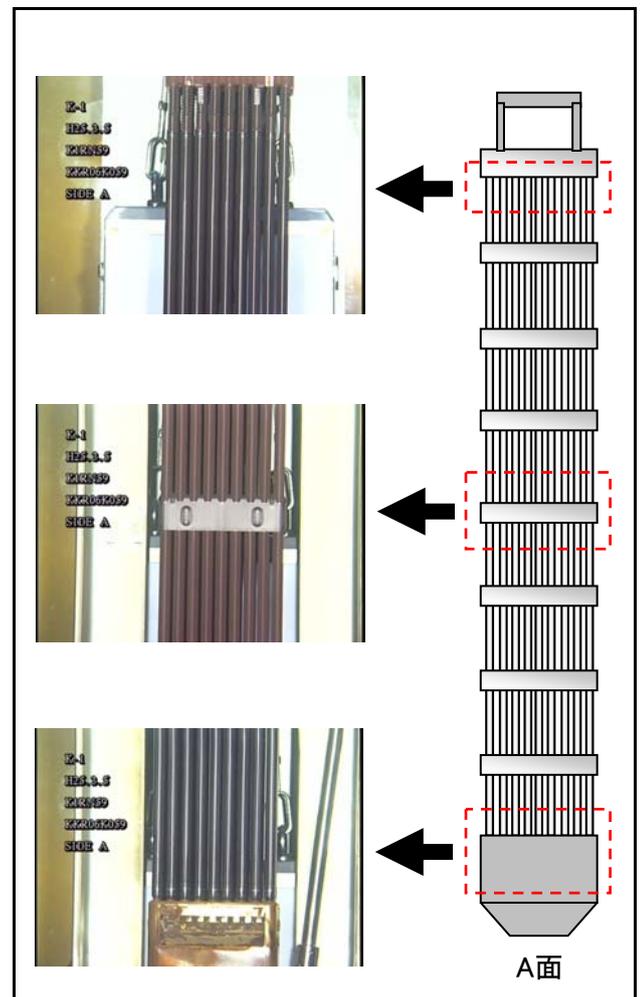
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

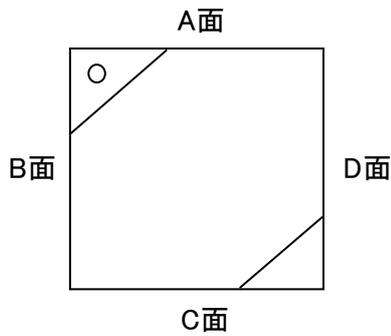
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKR06K101
燃料集合体番号	K1R5

チャンネルボックス欠損状況

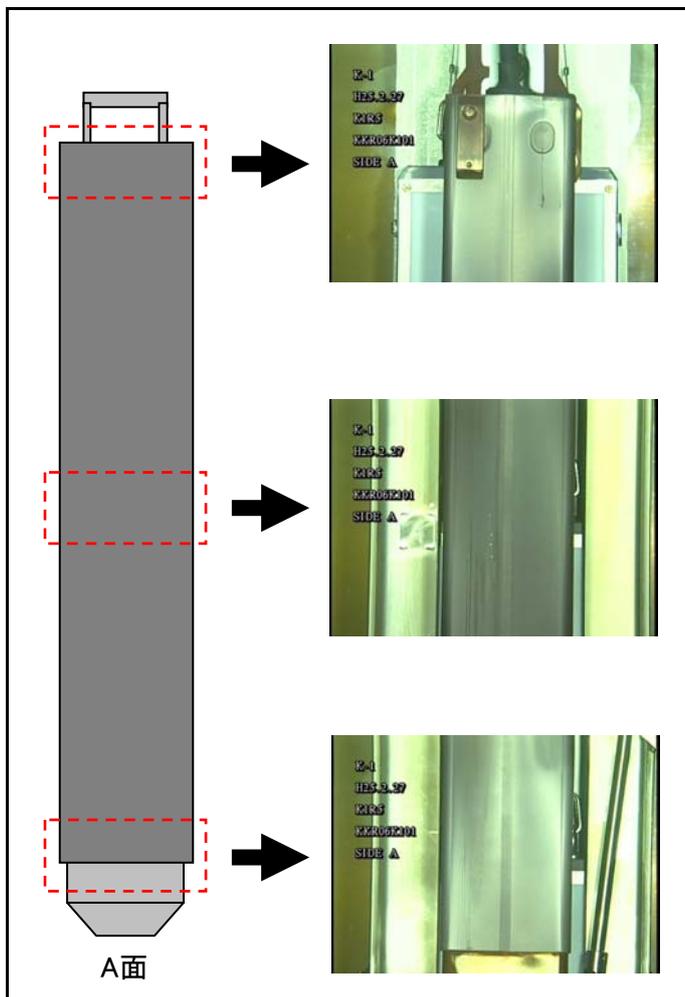


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



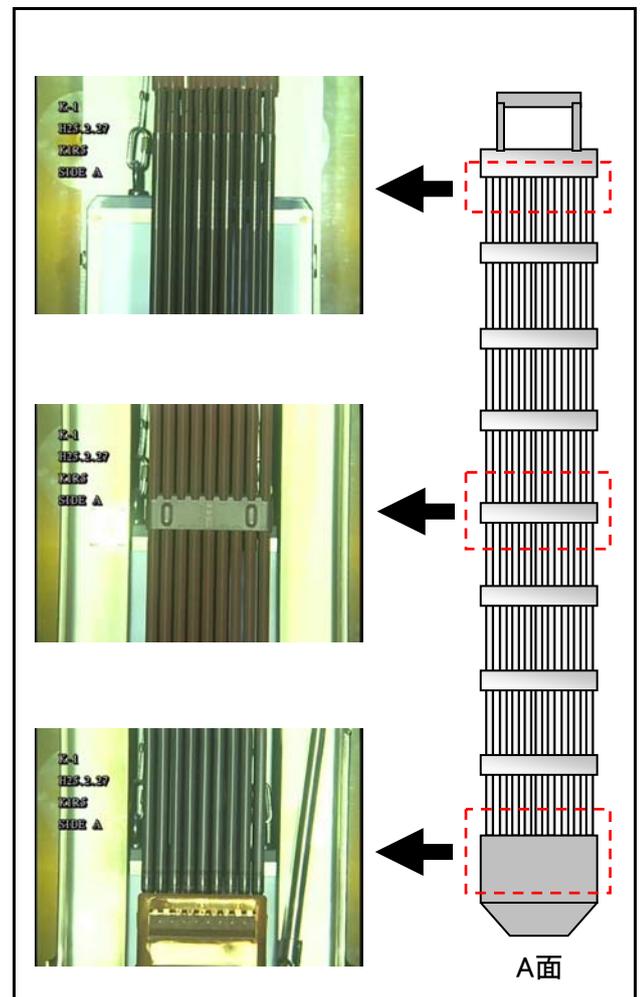
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし
------	------



# 柏崎刈羽原子力発電所2号機 点検結果 (点検結果一覧)

No.	C/番号	チャンネルボックスデータ					装着燃料集合体データ					備考			
		出荷 サイクル	出荷 年月	炉内滞在 サイクル	製造時期※1	製造者	燃焼度 (MWd/t)	欠損長さ (mm)	外観点検 結果	燃料型式	燃料番号		製造者	燃焼度	外観点検 結果
1	S98K044	8	1999.9	6	1997.12 ~ 1998.3	神戸	38,555	約13	異常なし	K2G44	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	再使用予定	添付資料-4-1
2	S98K103	8	1999.9	5	2007.2	神戸	44,756	約14	異常なし	K2G103	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-4-2
3	S98K149	8	1999.9	4	2005.9	神戸	41,038	約12	異常なし	K2G149	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-4-3
4	KKS00K001	9	2001.2	5	1999.12 ~ 2000.1	神戸	42,681	約10	異常なし	K2H1	JNF	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-4-4
5	KKS00K024	9	2001.2	5		神戸	38,147	約12	異常なし	K2H24	JNF	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-4-5
6	KKS00K048	9	2001.2	5		神戸	42,009	約22	異常なし	K2H48	JNF	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-4-6
7	KKS00K129	9	2001.2	5		神戸	41,781	約13	異常なし	K2H129	JNF	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-4-7
8	KKS00K140	9	2001.2	5		神戸	37,179	約27.約12	異常なし	K2H140	JNF	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-4-8
9	KKS00K143	9	2001.2	5		神戸	35,011	約15.約16	異常なし	K2H143	JNF	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-4-9
10	KKS00K160	10	2002.4	4	神戸	28,471	約29	異常なし	K2H160	JNF	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-4-10	
11	KKS01K103	10	2002.4	4	2001.4 ~ 2001.5	神戸	33,225	約11	異常なし	K2J103	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-4-11
12	KKS02K033	11	2004.3	3	2002.3 ~ 2002.4	神戸	26,665	約15	異常なし	K2KN33	NFI	9×9B	異常なし	再使用予定	添付資料-4-12

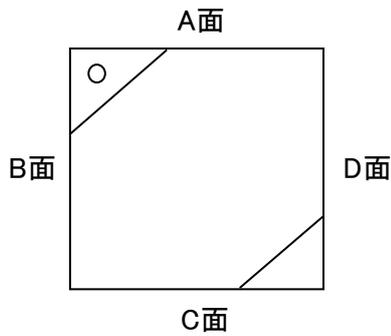
略語	用語
8×8RJ	新型8×8燃料
8×8BJ	新型8×8ジルコニウムライナ燃料
高燃焼度8×8	高燃焼度8×8燃料
9×9A	9×9燃料(A型)
9×9B	9×9燃料(B型)
JNF	日本ニュークリア・フュエル(現グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)
GNF-J	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
NFI	原子燃料工業
日立	日立製作所又は日立・GEニュークリアエナジー
神戸	神戸製鋼所
A・A	ASEA-ATOM
ABB ATOM	ASEA BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED
Car Tech	CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION

※1 製造時期はクリップ溶接時期を記載  
 ※2 点検開始時、貯蔵場所は全て使用済燃料プール内

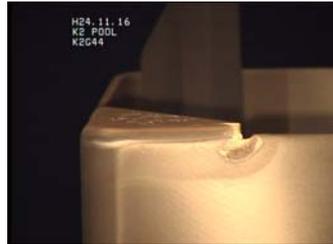
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	S98K044
燃料集合体番号	K2G44

チャンネルボックス欠損状況

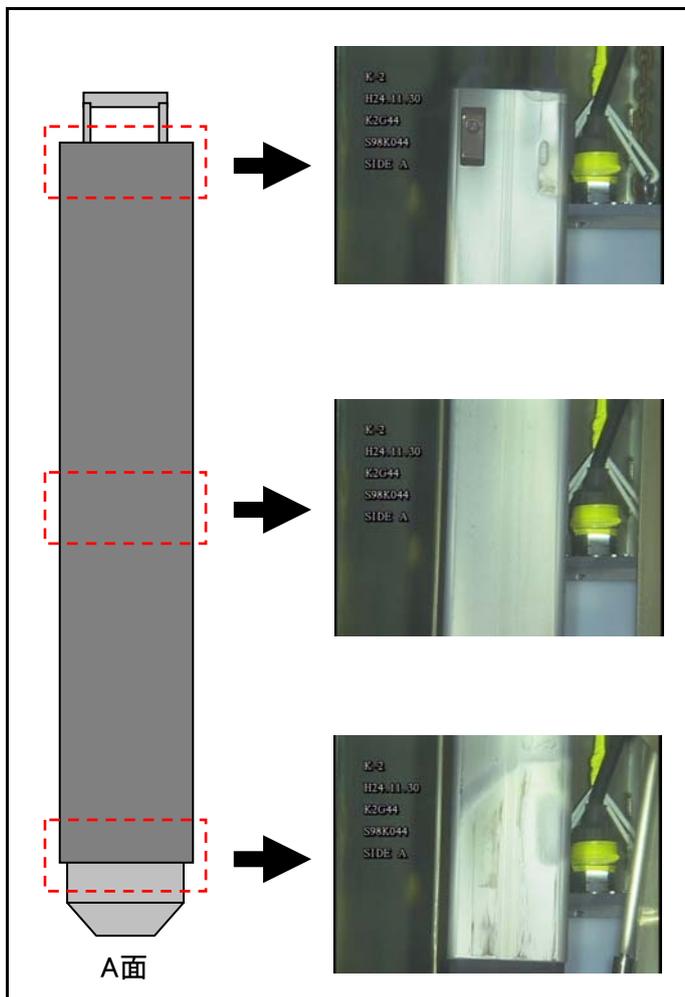


【D面】 欠損部長さ: 約13mm



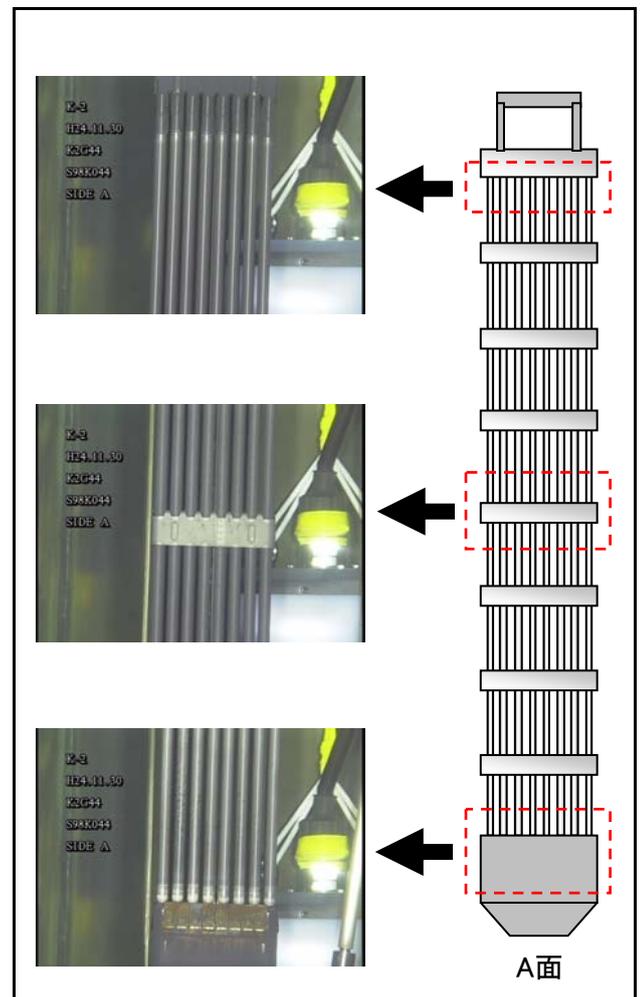
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

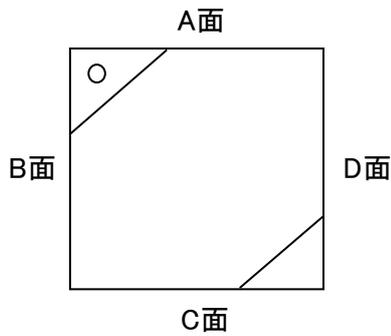
点検結果	異常なし
------	------



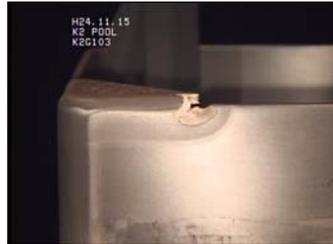
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	S98K103
燃料集合体番号	K2G103

チャンネルボックス欠損状況

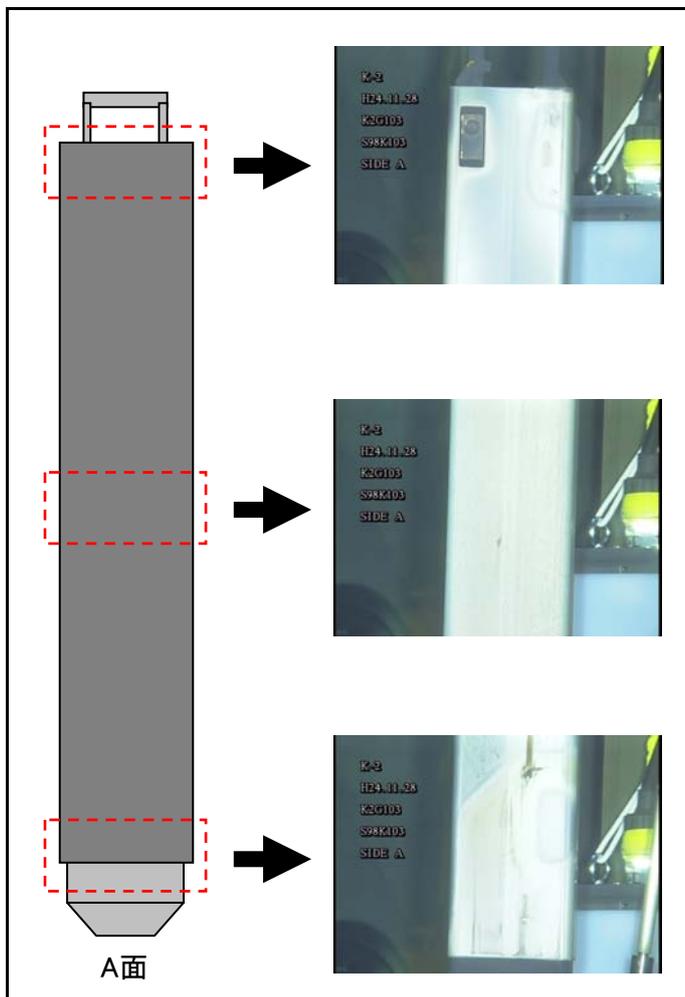


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



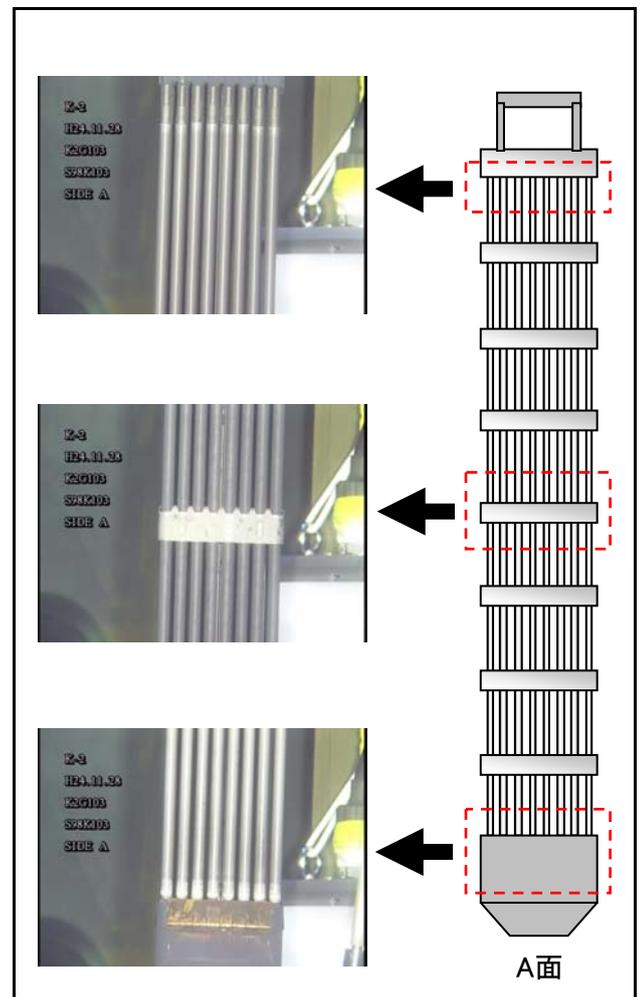
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

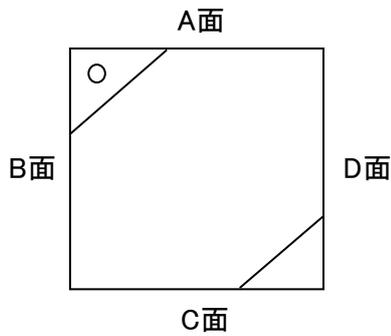
点検結果	異常なし
------	------



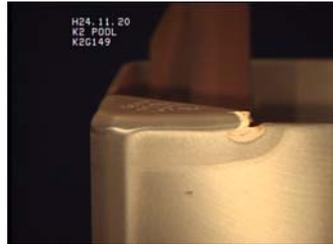
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	S98K149
燃料集合体番号	K2G149

チャンネルボックス欠損状況

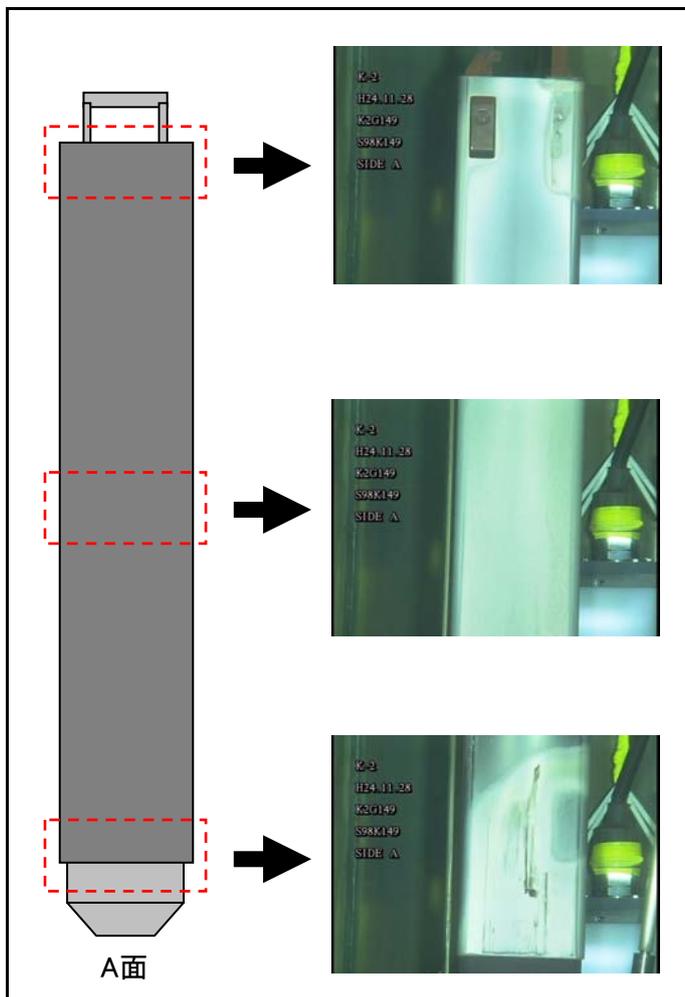


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



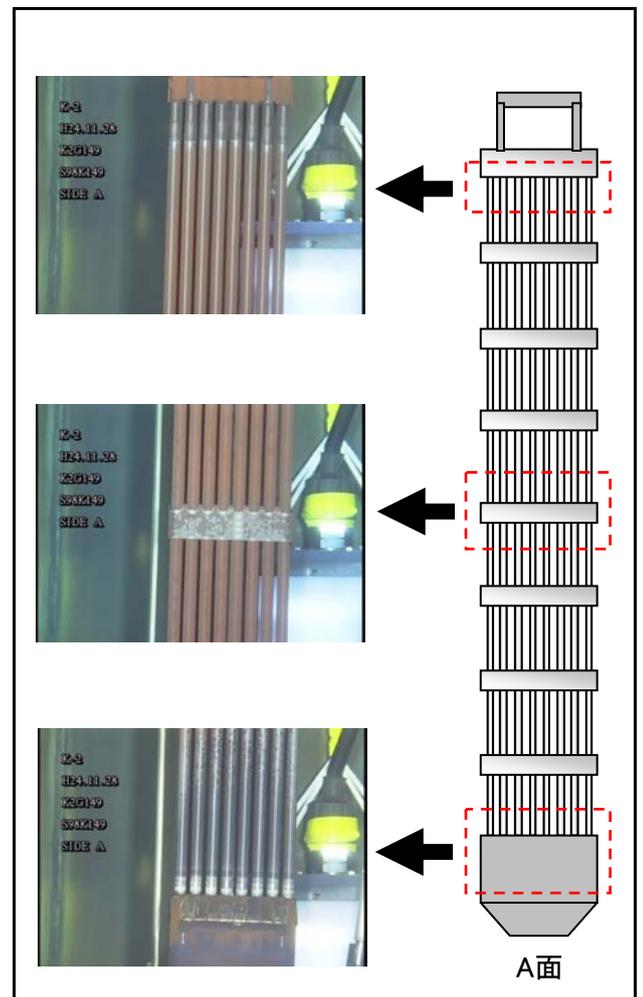
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

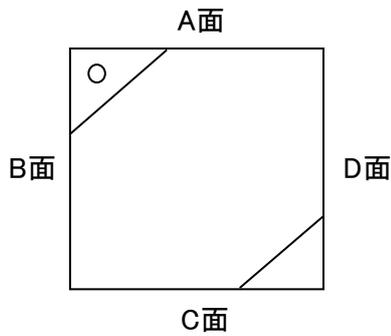
点検結果	異常なし
------	------



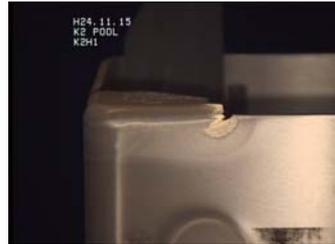
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKS00K001
燃料集合体番号	K2H1

チャンネルボックス欠損状況

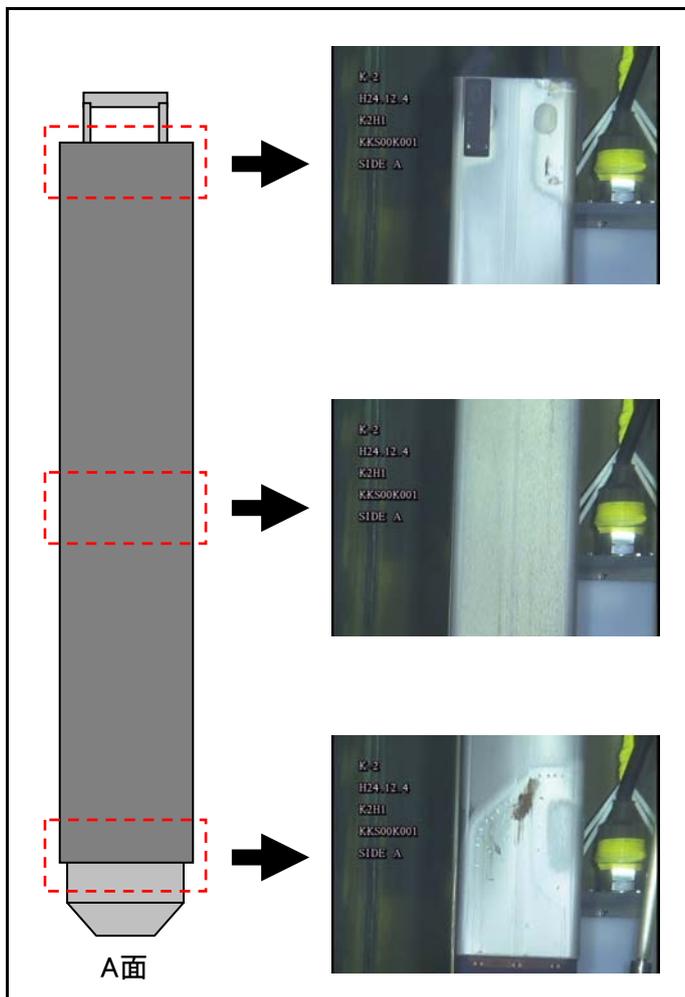


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



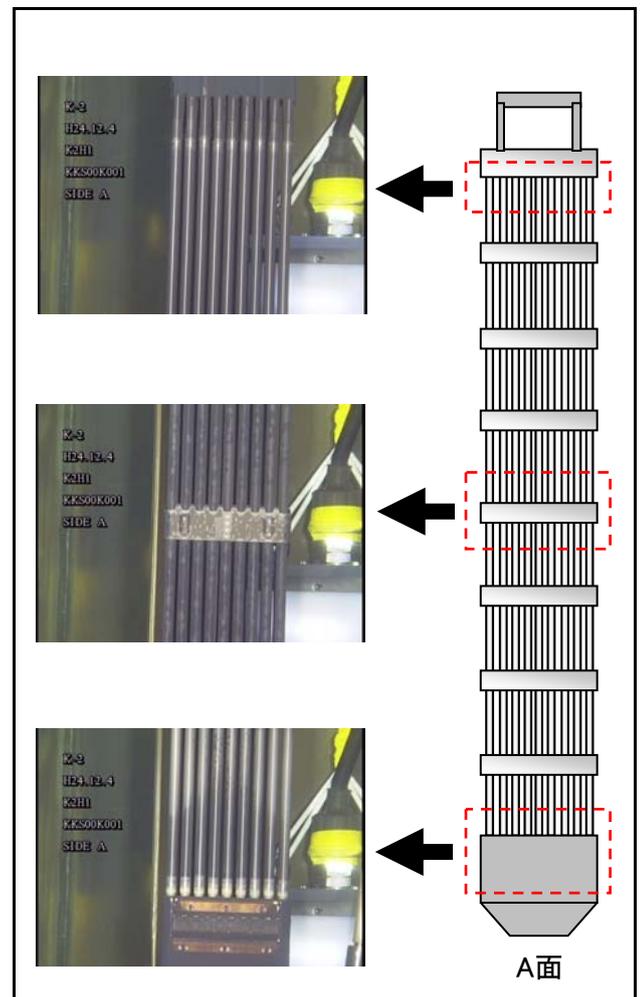
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

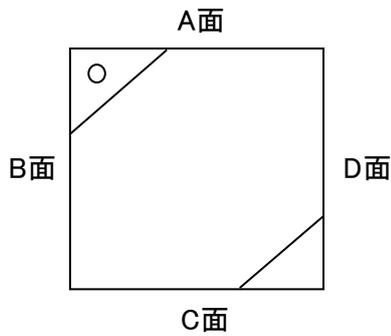
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKS00K024
燃料集合体番号	K2H24

チャンネルボックス欠損状況

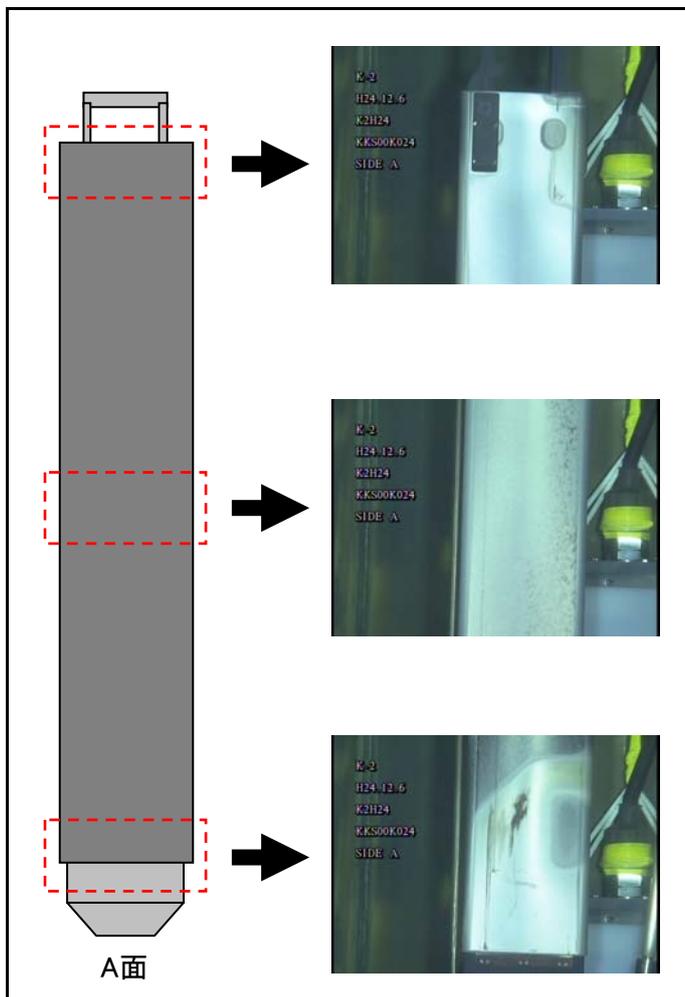


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



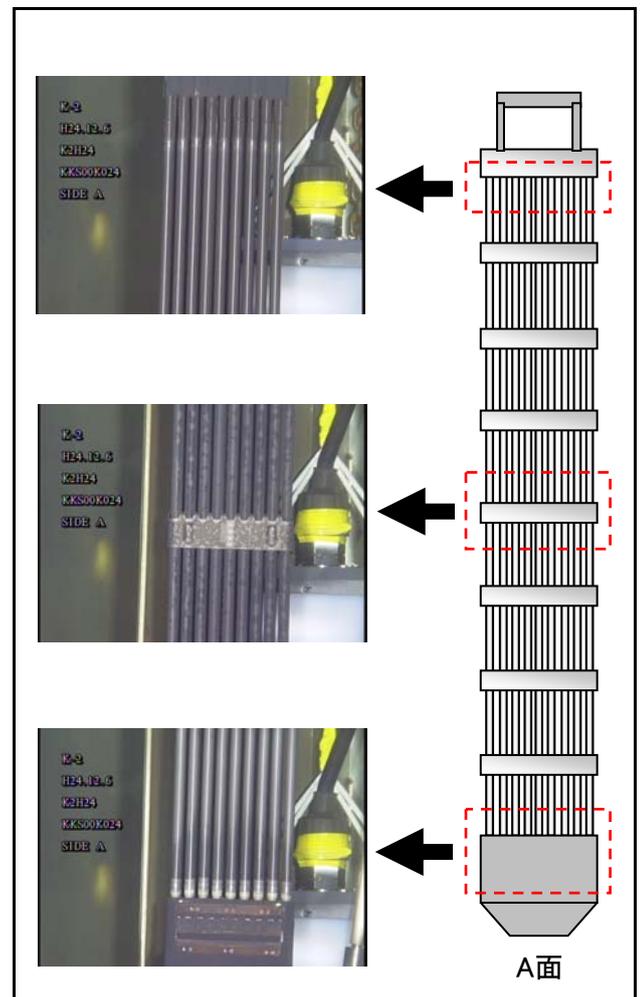
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし
------	------

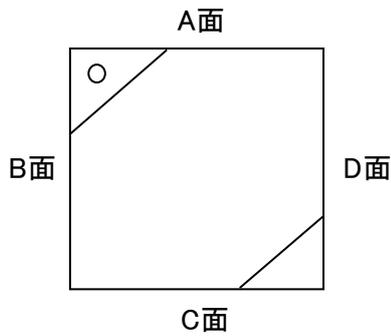


## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKS00K048
燃料集合体番号	K2H48

【A面】 欠損部長さ: 約22mm  
チャンネルファスナ取外後

チャンネルボックス欠損状況



チャンネルファスナ取外前



チャンネルボックス外観

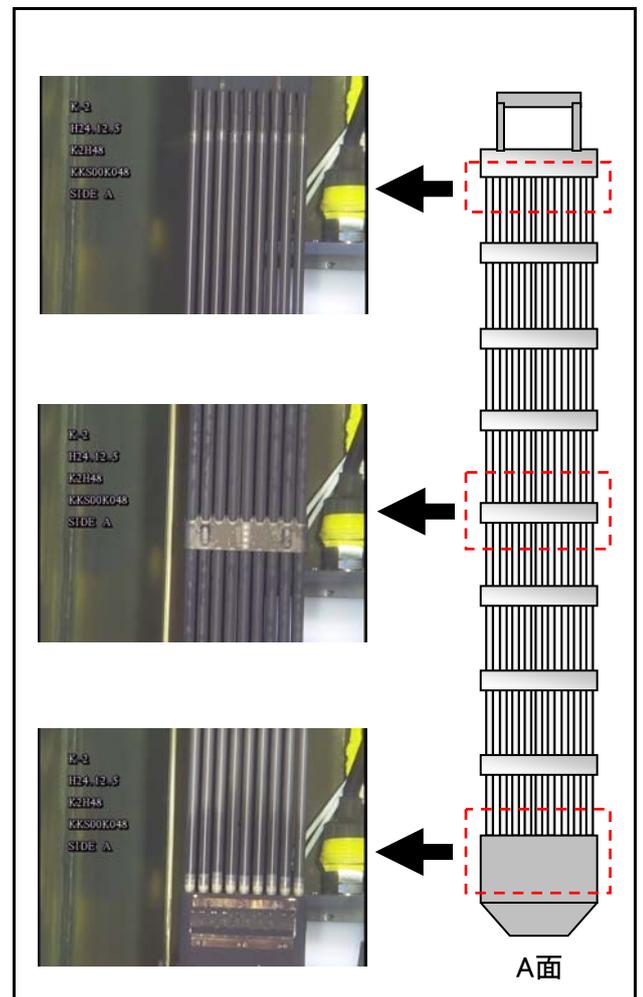
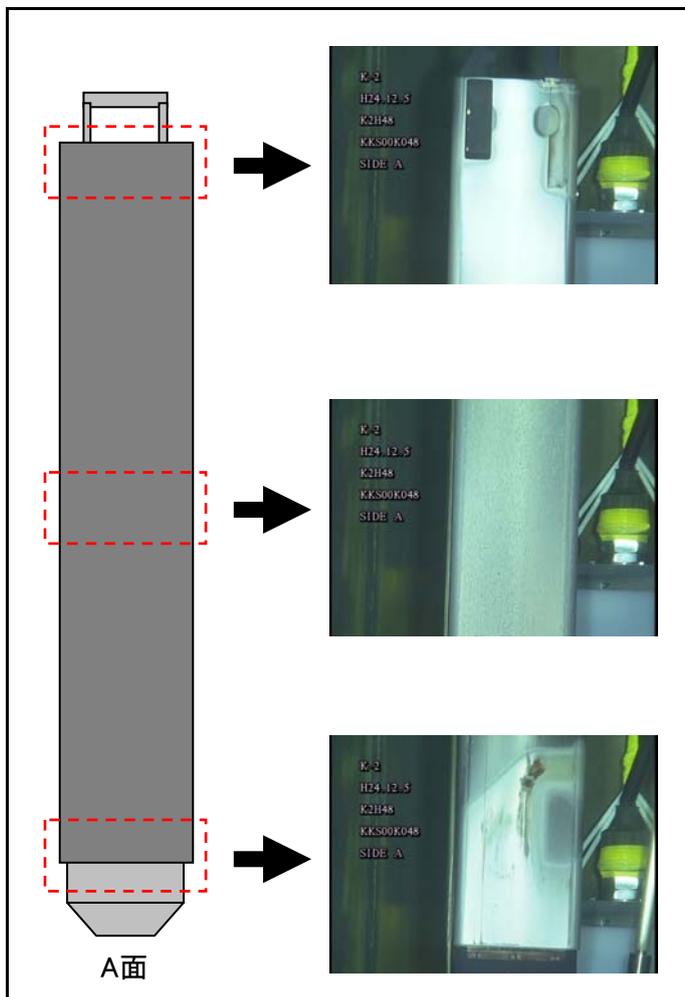
点検  
結果

異常なし

燃料集合体外観

点検  
結果

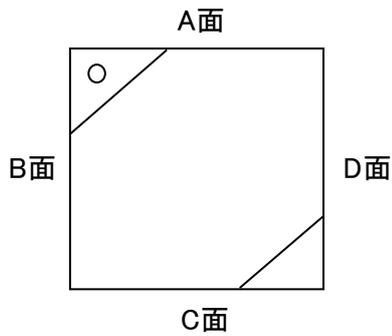
異常なし



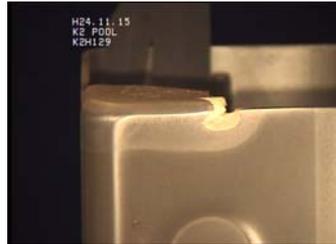
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKS00K129
燃料集合体番号	K2H129

チャンネルボックス欠損状況



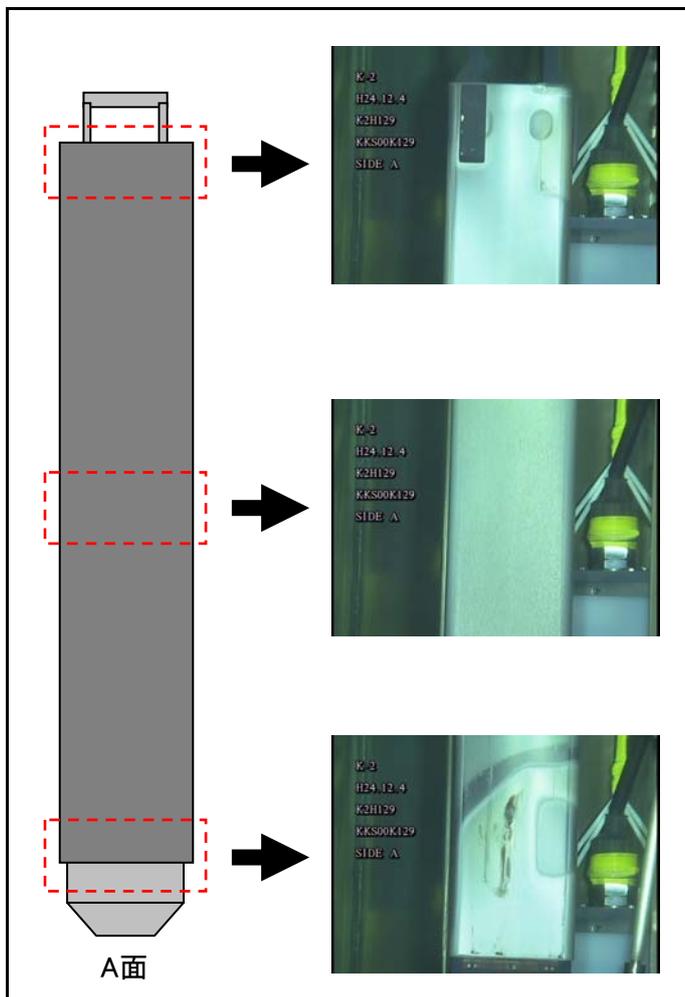
【D面】 欠損部長さ: 約13mm



チャンネルボックス外観

点検  
結果

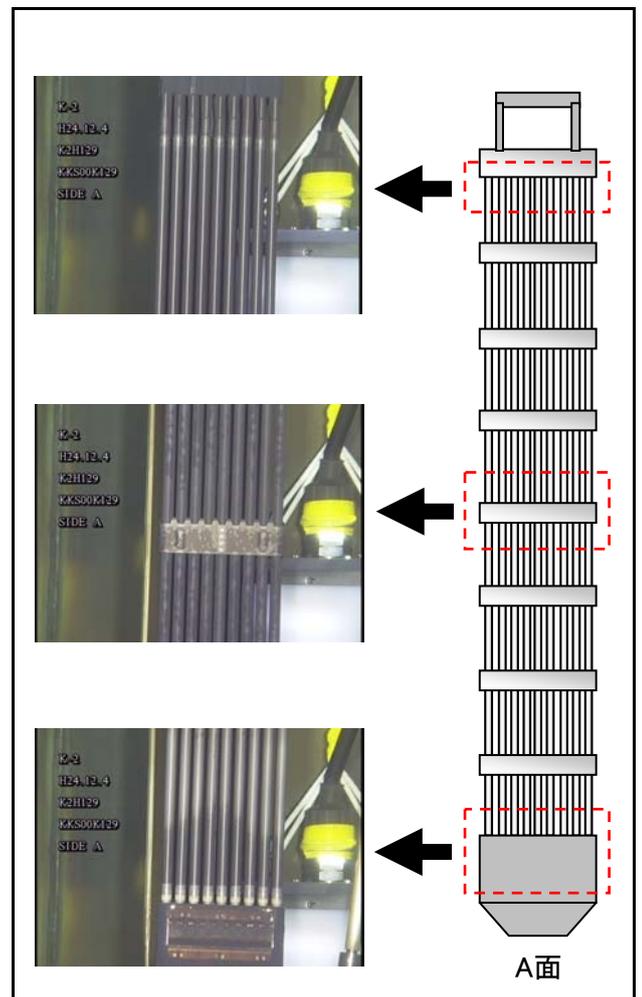
異常なし



燃料集合体外観

点検  
結果

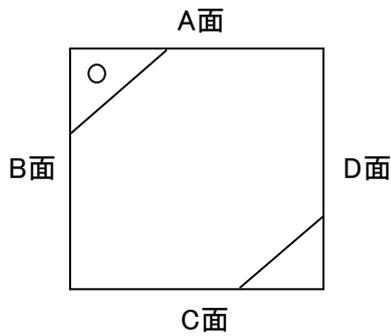
異常なし



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKS00K140
燃料集合体番号	K2H140

チャンネルボックス欠損状況



【A面】 欠損部長さ: 約27mm  
チャンネルファスナ取外後



チャンネルファスナ取外前

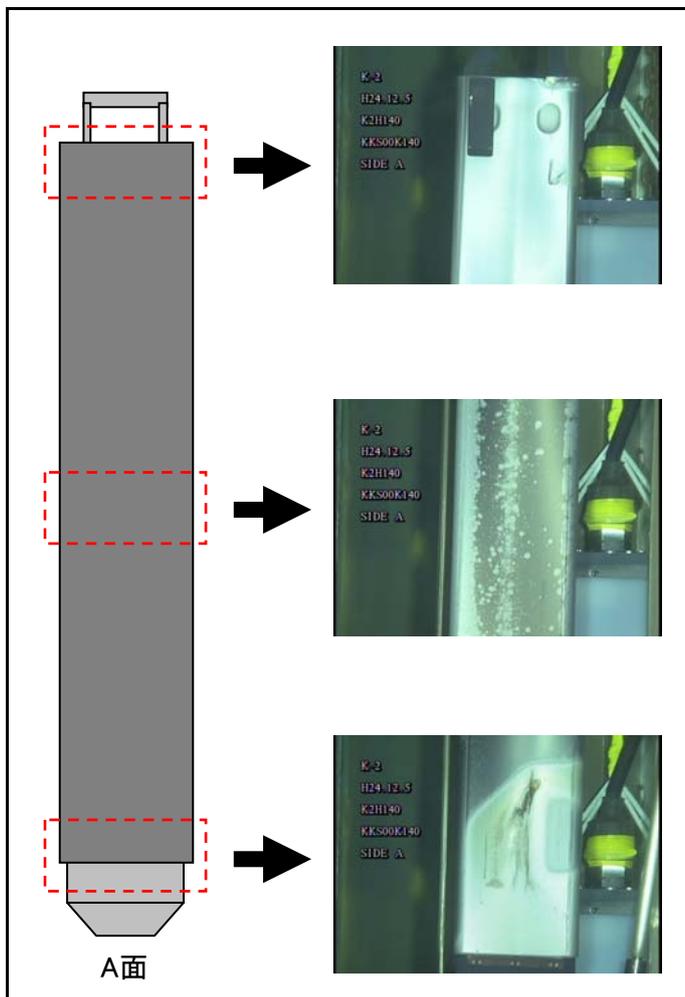


【C面】 欠損部長さ: 約12mm



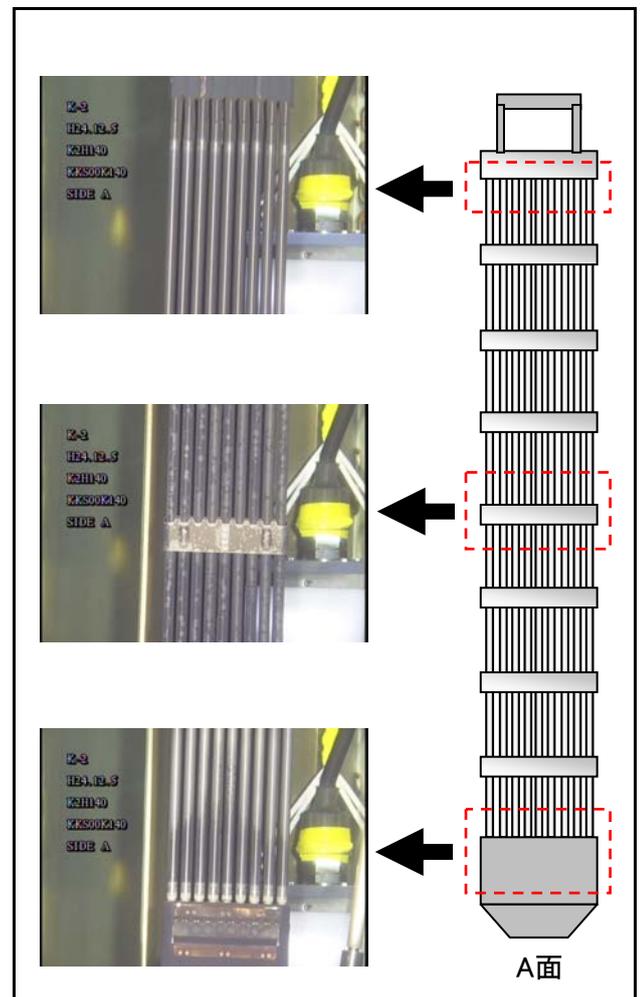
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

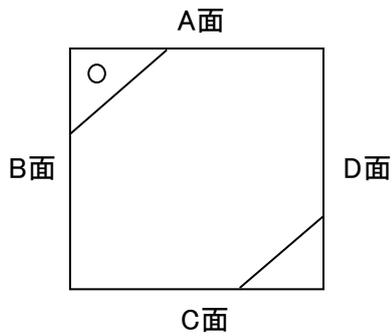
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKS00K143
燃料集合体番号	K2H143

チャンネルボックス欠損状況



【A面】欠損部長さ:約15mm  
チャンネルファスナ取外後



チャンネルファスナ取外前



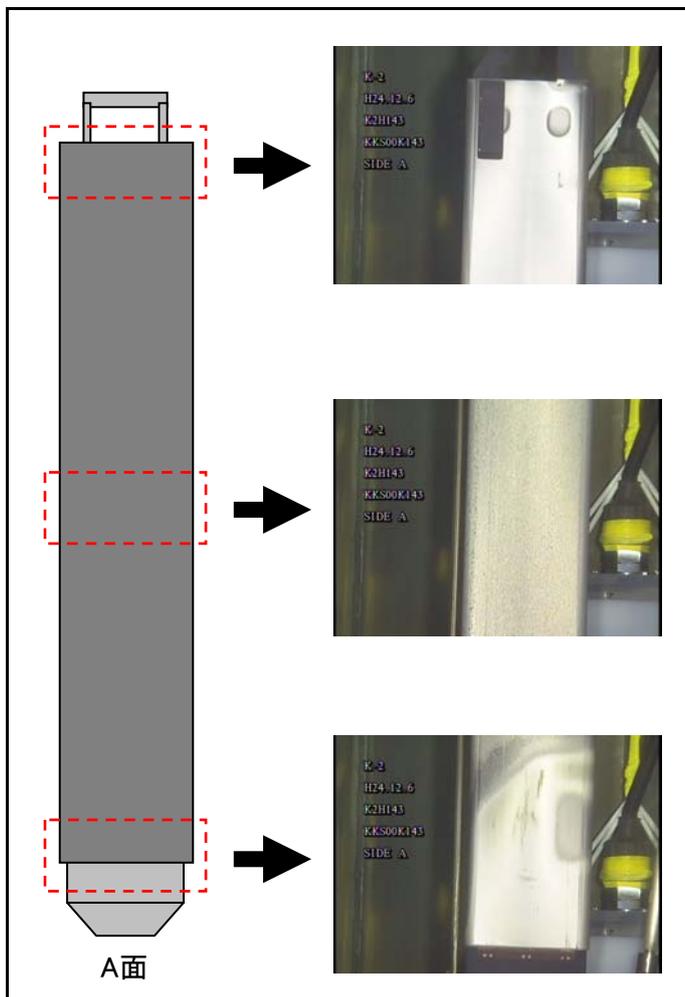
【C面】欠損部長さ:約16mm



チャンネルボックス外観

点検  
結果

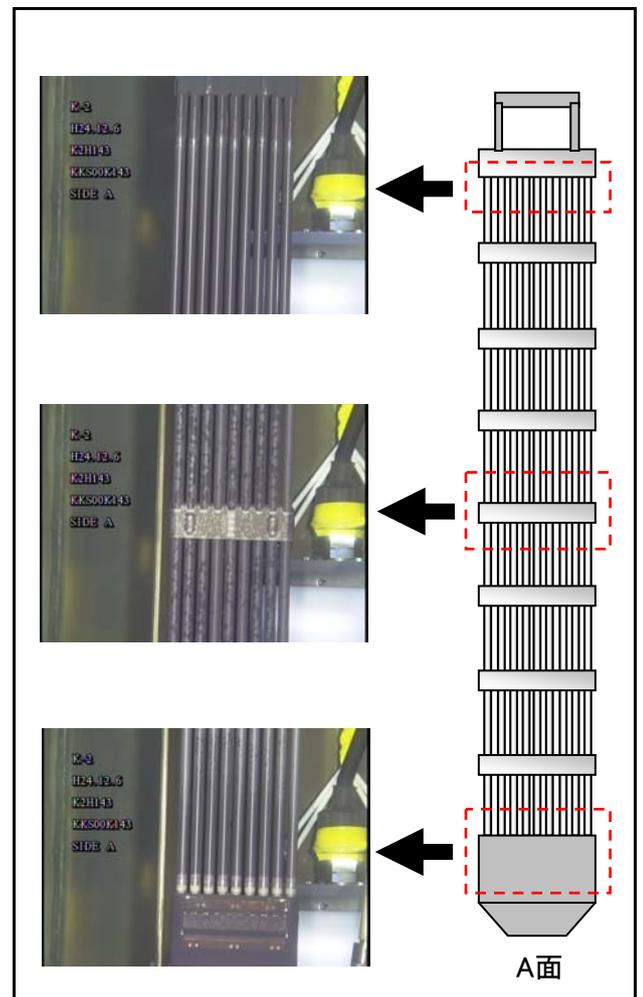
異常なし



燃料集合体外観

点検  
結果

異常なし

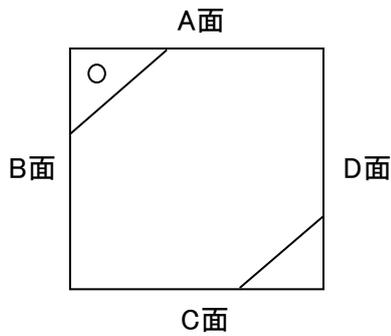


## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKS00K160
燃料集合体番号	K2H160

【A面】 欠損部長さ: 約29mm  
チャンネルファスナ取外後

チャンネルボックス欠損状況



チャンネルファスナ取外前



チャンネルボックス外観

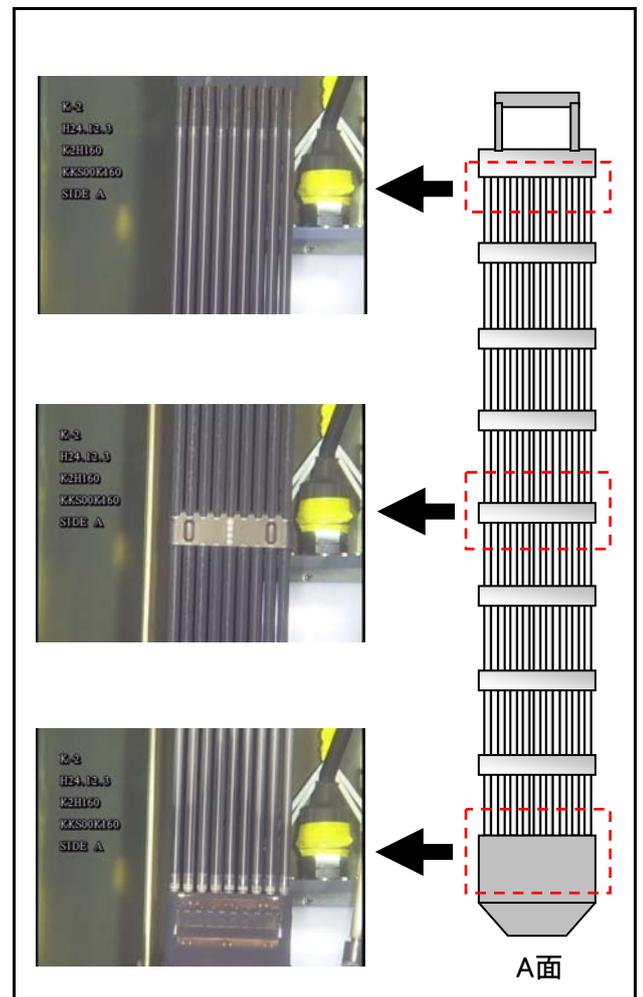
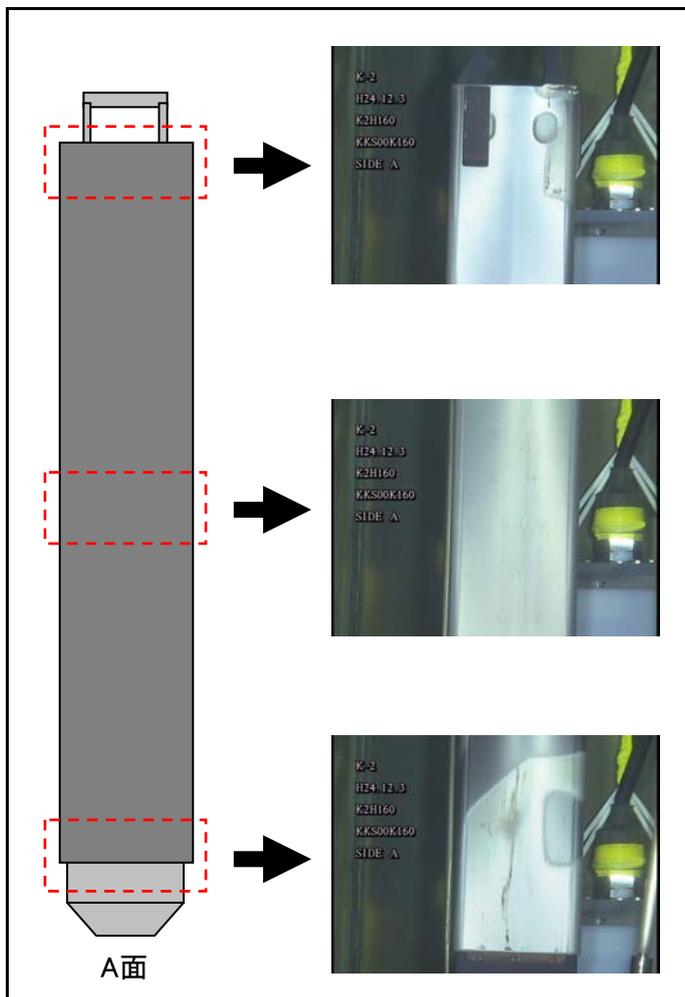
点検  
結果

異常なし

燃料集合体外観

点検  
結果

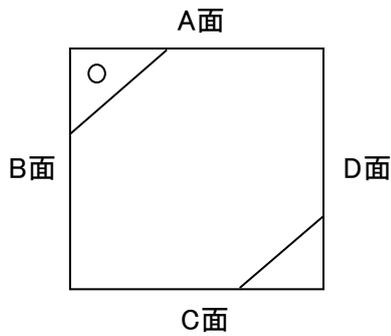
異常なし



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKS01K103
燃料集合体番号	K2J103

チャンネルボックス欠損状況

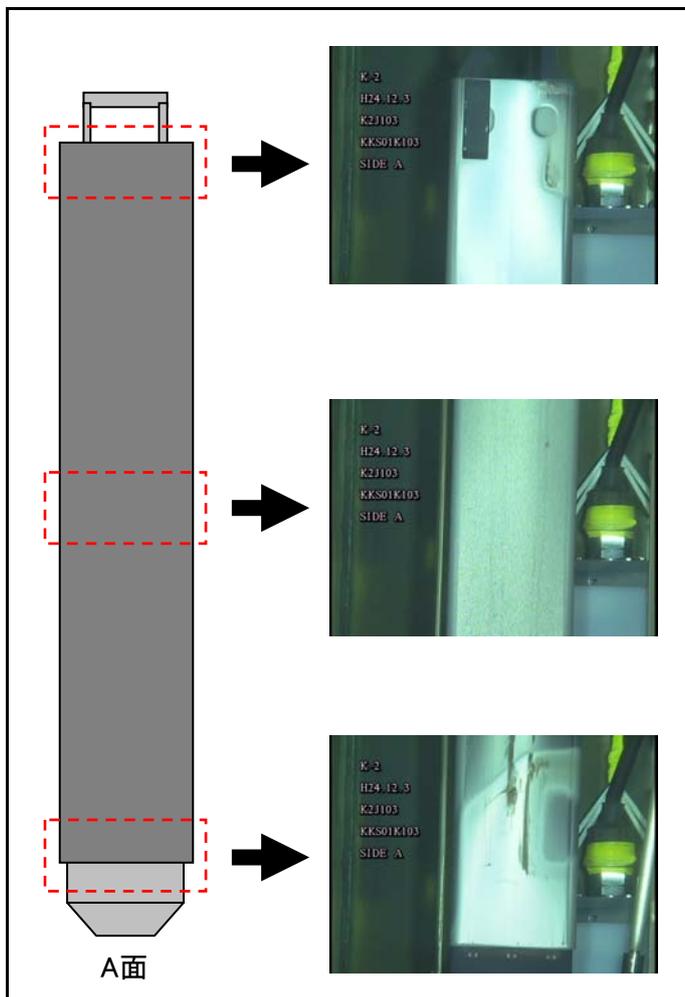


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



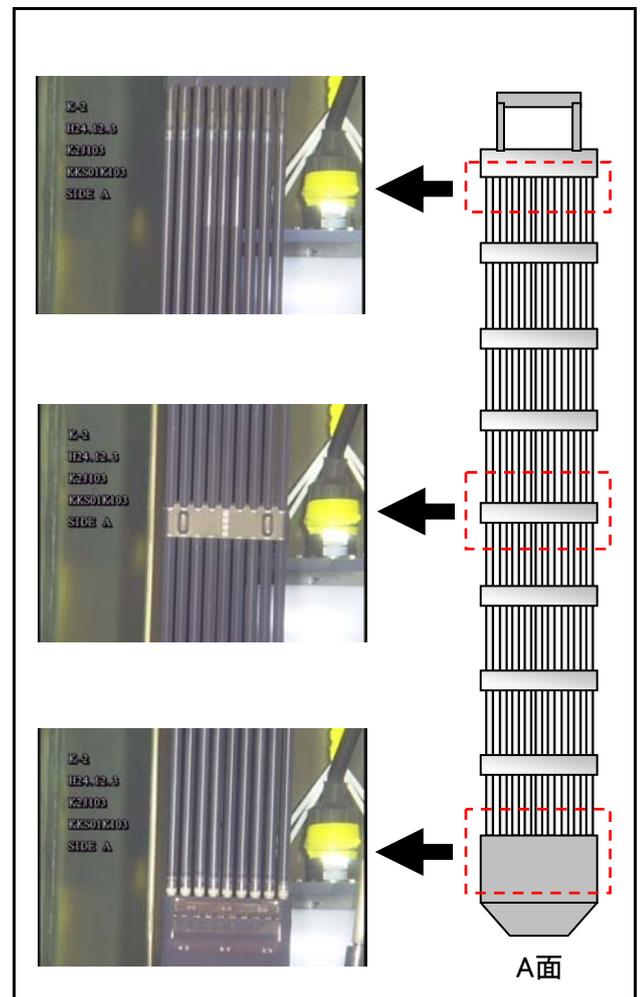
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

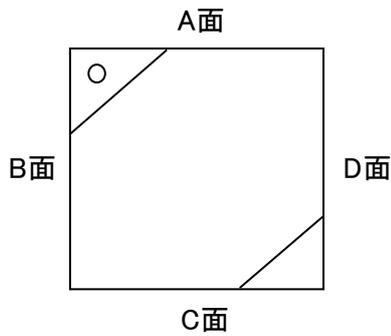
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKS02K033
燃料集合体番号	K2KN33

チャンネルボックス欠損状況

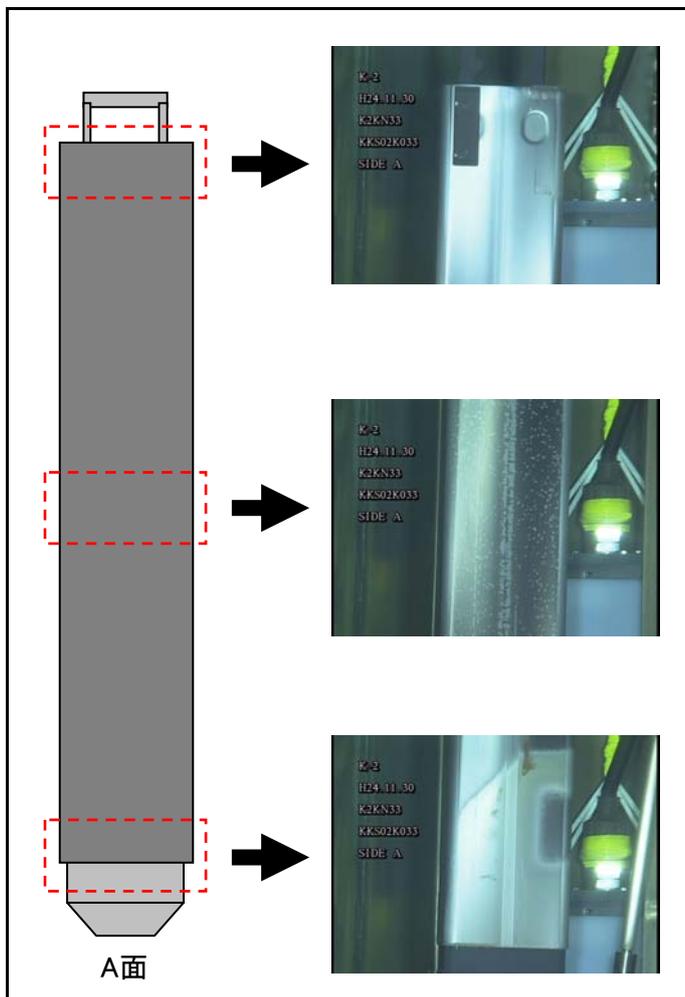


【D面】 欠損部長さ: 約15mm



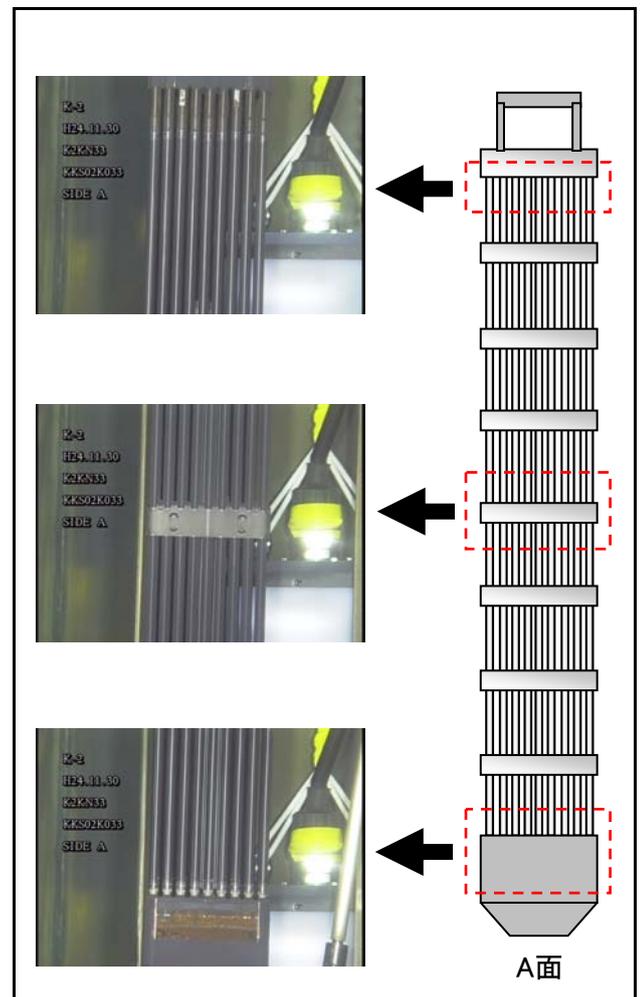
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし
------	------



# 柏崎刈羽原子力発電所3号機 点検結果 (点検結果一覧)

No.	C/B番号	チャンネルボックスデータ				装着燃料集合体データ				燃料番号	製造者	燃料型式	外観点検結果	ステータス※2	備考	
		出荷年月	炉内滞在サイクル	取出サイクル	装荷年月	製造時期※1	製造者	燃焼度 (MWd/t)	欠損部長さ (mm)							外観点検結果
1	T92A009	1	1992.9	8	5	2005.1	ABB ATOM	50.507	約12	異常なし	K3D1	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-1
2	T92A030	1	1992.9	9	6	2006.5	ABB ATOM	56.013	約10	異常なし	K3D22	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-2 H9年 白色化確認
3	T92A043	1	1992.10	9	6	2006.6	ABB ATOM	53.633	約12	異常なし	K3D47	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-3
4	T92A057	1	1992.10	9	6	2006.6	ABB ATOM	53.136	約12	異常なし	K3DN76	NFI	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-4 H9年 白色化確認
5	T92A083	1	1992.10	8	5	2005.1	ABB ATOM	50.490	約13	異常なし	K3DN89	NFI	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-5 H9年 白色化確認
6	T92A183	1	1992.10	2	2	1996.2	ABB ATOM	11.063	約12	異常なし	K3X183	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-6
7	T92A194	1	1992.10	2	2	1996.2	ABB ATOM	9.685	約14	異常なし	K3X194	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-7
8	T92A205	1	1992.10	9	4	2006.5	ABB ATOM	20.017	約14	異常なし	K3D69	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-8
9	T92A214	1	1992.10	2	2	1996.1	ABB ATOM	10.830	約11	異常なし	K3X214	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-9
10	T92A218	1	1992.10	2	2	1996.2	ABB ATOM	10.827	約13	異常なし	K3X218	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-10
11	T92A228	1	1992.10	8	5	2005.1	ABB ATOM	34.067	約16	異常なし	K3X125	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-11 H9年 白色化確認
12	T92A241	1	1992.9	2	2	1996.2	ABB ATOM	24.882	約13	異常なし	K3Y3	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-12
13	T92A245	1	1992.9	9	7	2006.6	ABB ATOM	65.897	約13	異常なし	K3D81	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-13
14	T95C018	3	1996.1	7	5	2002.9	Car Tech	42.177	約20	異常なし	K3B24	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-14
15	T95C053	3	1996.1	6	4	2001.4	Car Tech	38.254	約17	異常なし	K3X198	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-15
16	T95C113	3	1996.1	6	4	2001.4	Car Tech	39.793	約15	異常なし	K3B119	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-16
17	T95C181	3	1996.2	6	4	2001.4	Car Tech	40.106	約28	異常なし	K3B187	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-17

略語	用語
8×8RJ	新型8×8燃料
8×8BJ	新型8×8ジルコニウムライナ燃料
高燃焼度8×8	高燃焼度8×8燃料
9×9A	9×9燃料(A型)
9×9B	9×9燃料(B型)
JNF	日本エネルギー・フエエル(現グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)
GNF-J	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
NFI	原子燃料工業
日立	日立製作所又は日立・GEニュークリアエナジー
神戸	神戸製鋼所
A-A	ASEA-ATOM
ABB ATOM	ASEA BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED
Car Tech	CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION

※1 製造時期はクリップ溶接時期を記載  
 ※2 点検開始時、装荷・貯蔵場所  
 再使用予定：原子炉内(ただし、使用済燃料プールに移動後点検を実施)  
 使用済：使用済燃料プール内

# 柏崎刈羽原子力発電所3号機 点検結果 (点検結果一覧)

No.	C/B番号	チャンネルボックスデータ				装着燃料集合体データ				ステータス※2	備考						
		出荷年月	炉内滞在サイクル	取出サイクル	製造時期※1	製造者	燃焼度 (MWd/t)	欠損部長さ (mm)	外観点検結果			燃料型式	外観点検結果				
18	T95C201	3	1996.2	6	4	2001.4	1995.3 ~ 1995.4	Car Tech	39,784	約15	異常なし	K3B207	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-5-18
19	KKT01K003	8	2004.1	-	3	-	-	神戸	27,804	約15	異常なし	K3G3	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-5-19
20	KKT01K041	8	2004.1	-	3	-	2001.6 ~	神戸	26,615	約16	異常なし	K3G41	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-5-20
21	KKT01K054	8	2004.1	-	3	-	-	神戸	29,978	約14	異常なし	K3G54	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-5-21
22	KKT01K091	8	2004.1	-	3	-	2001.7	神戸	31,957	約15	異常なし	K3G91	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-5-22 H20年 白色化確認
23	KKT01K102	8	2004.1	-	3	-	-	神戸	27,910	約13	異常なし	K3G102	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-5-23

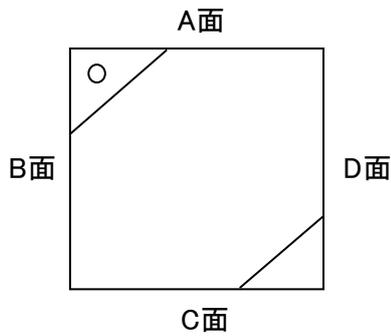
略語	用語
8×8RJ	新型8×8燃料
8×8BJ	新型8×8シムコニウムライナ燃料
高燃焼度8×8	高燃焼度8×8燃料
9×9A	9×9燃料(A型)
9×9B	9×9燃料(B型)
JNF	日本ニュークリア・フュエル(現グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)
GNF-J	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
NFI	原子燃料工業
日立	日立製作所又は日立・GEニュークリアエナジー
神戸	神戸製鋼所
A・A	ASEA-ATOM
ABB ATOM	ASEA BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED
Car Tech	CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION

※1 製造時期はクリップ溶接時期を記載  
点検開始時、装荷・貯蔵場所  
※2 再使用予定：原子炉内(ただし、使用済燃料プールに移動後点検を実施)  
使用済：使用済燃料プール内

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A009
燃料集合体番号	K3D1

チャンネルボックス欠損状況

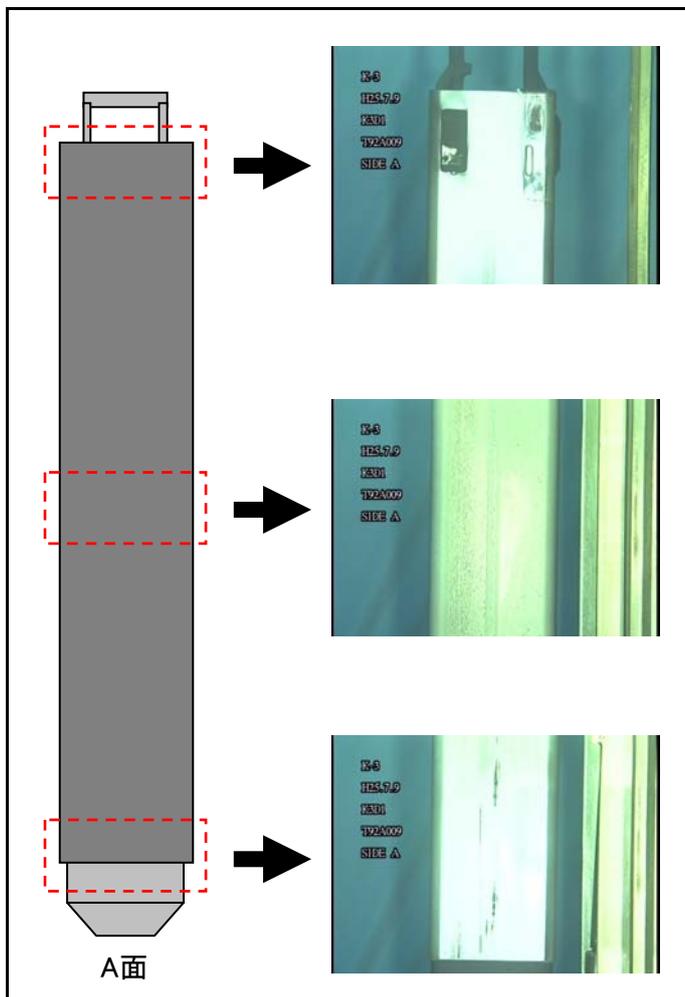


【A面】 欠損部長さ: 約12mm



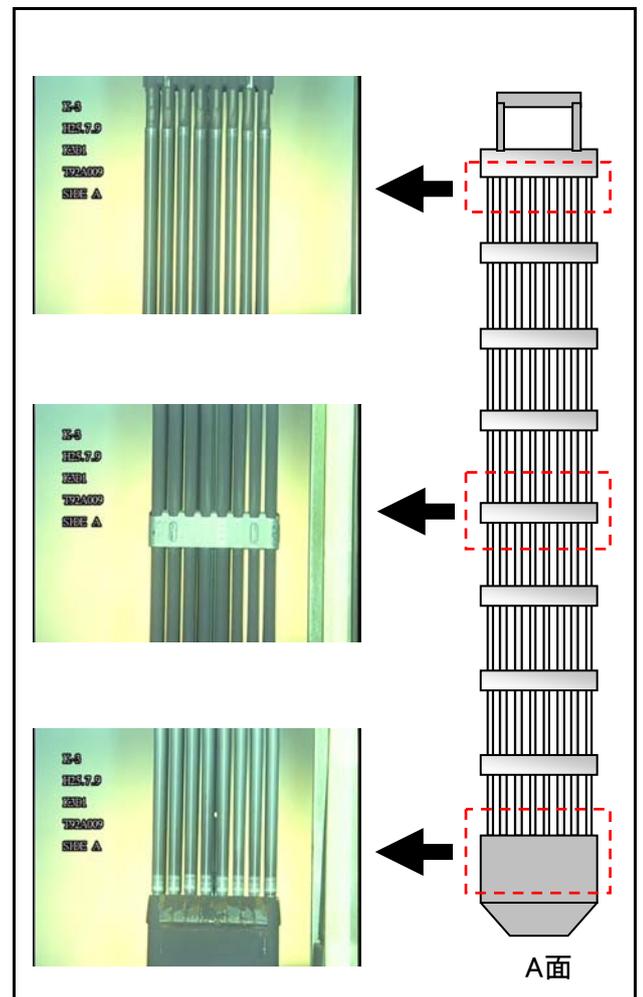
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし
------	------

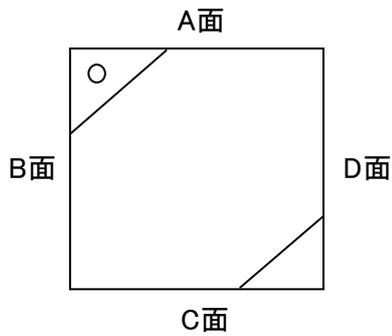


## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A030
燃料集合体番号	K3D22

【A面】 欠損部長さ: 約10mm  
チャンネルファスナ取外後

チャンネルボックス欠損状況



チャンネルファスナ取外前



チャンネルボックス外観

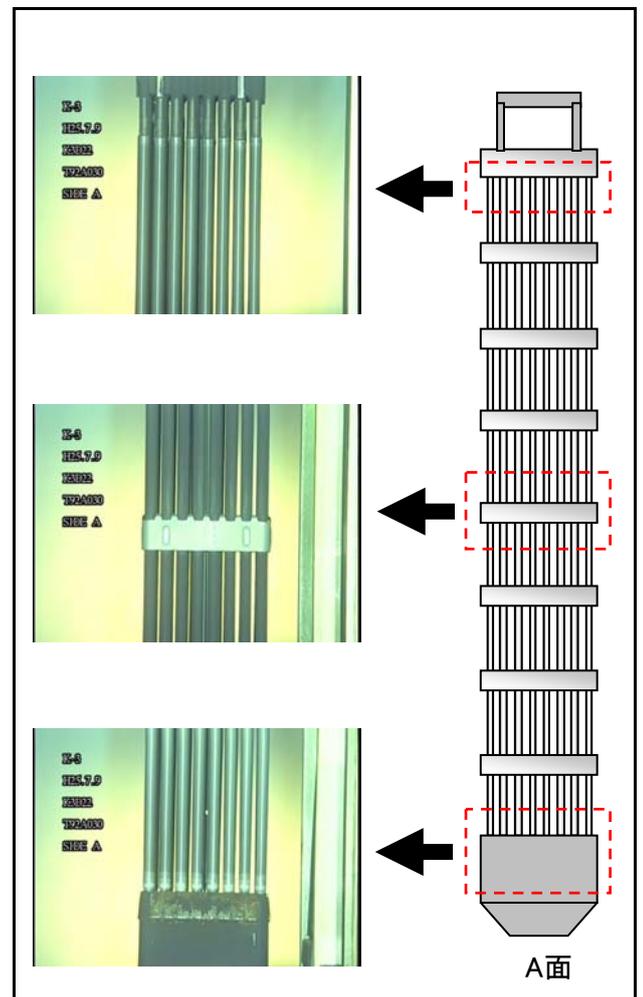
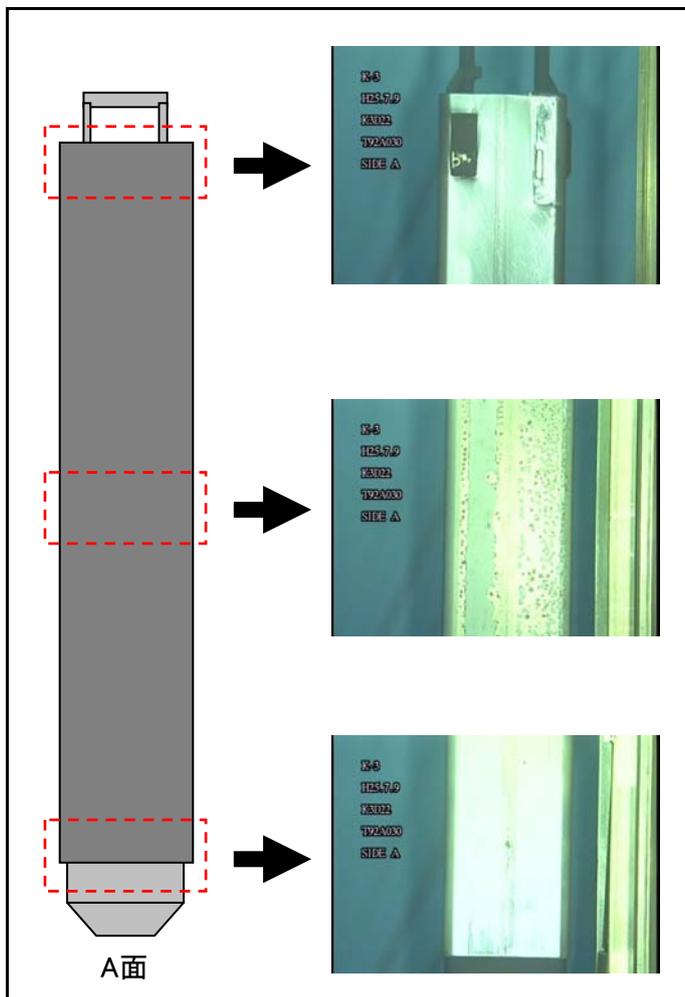
点検  
結果

異常なし

燃料集合体外観

点検  
結果

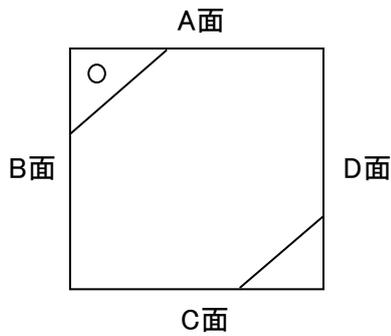
異常なし



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A043
燃料集合体番号	K3D47

チャンネルボックス欠損状況

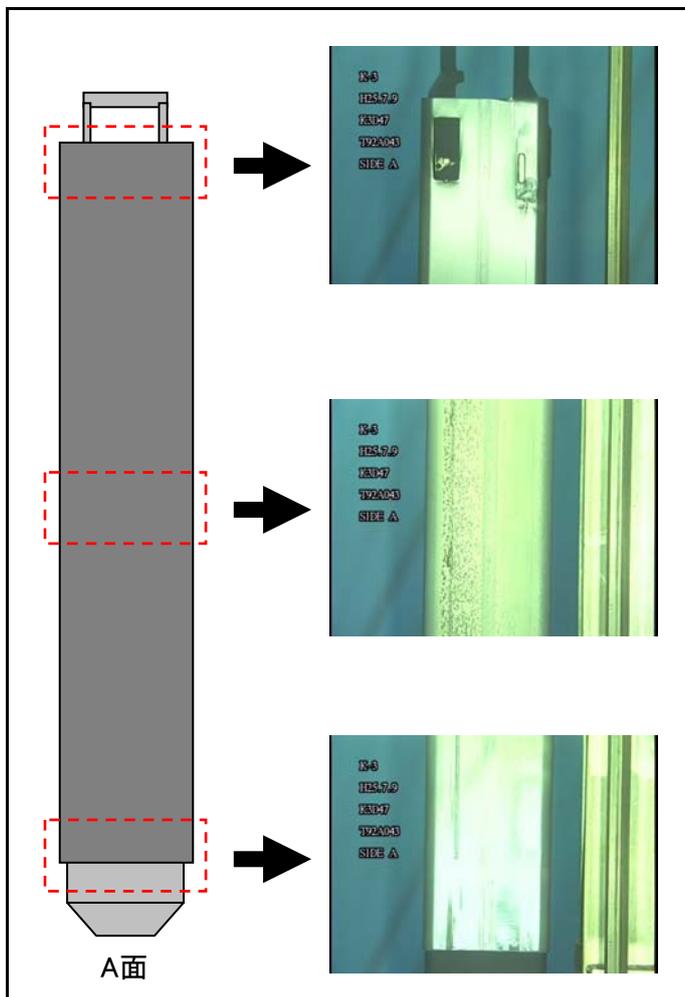


【A面】 欠損部長さ: 約12mm



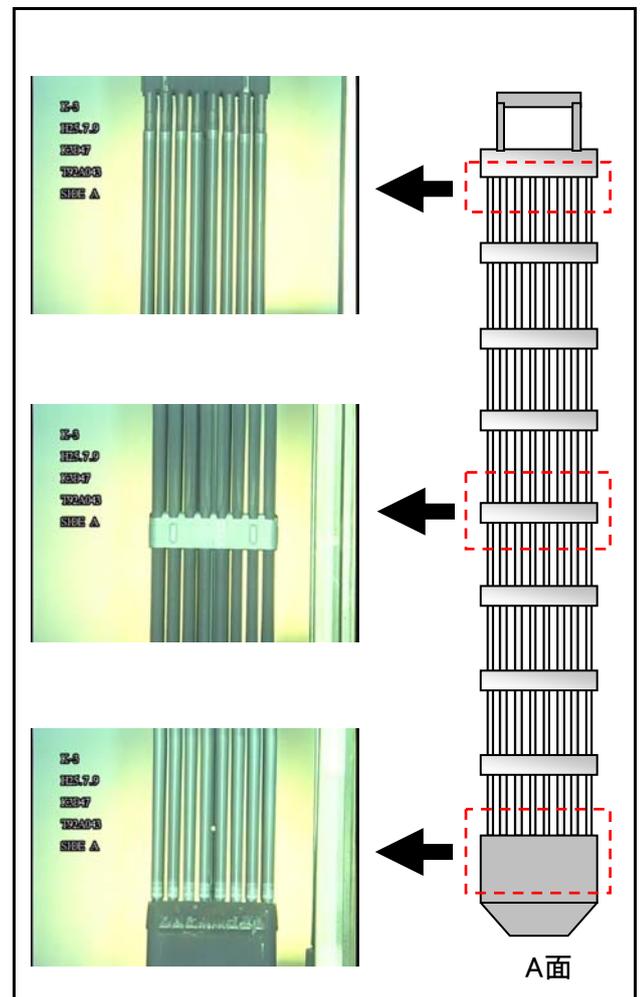
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

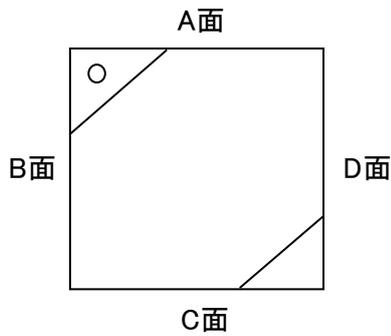
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A057
燃料集合体番号	K3DN76

チャンネルボックス欠損状況

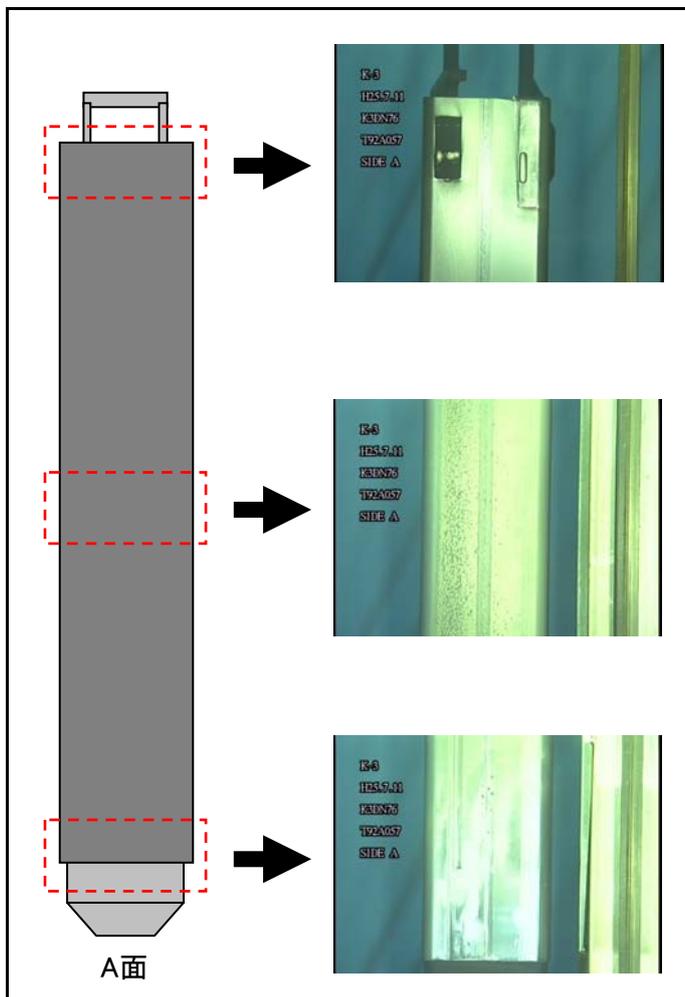


【A面】 欠損部長さ: 約12mm



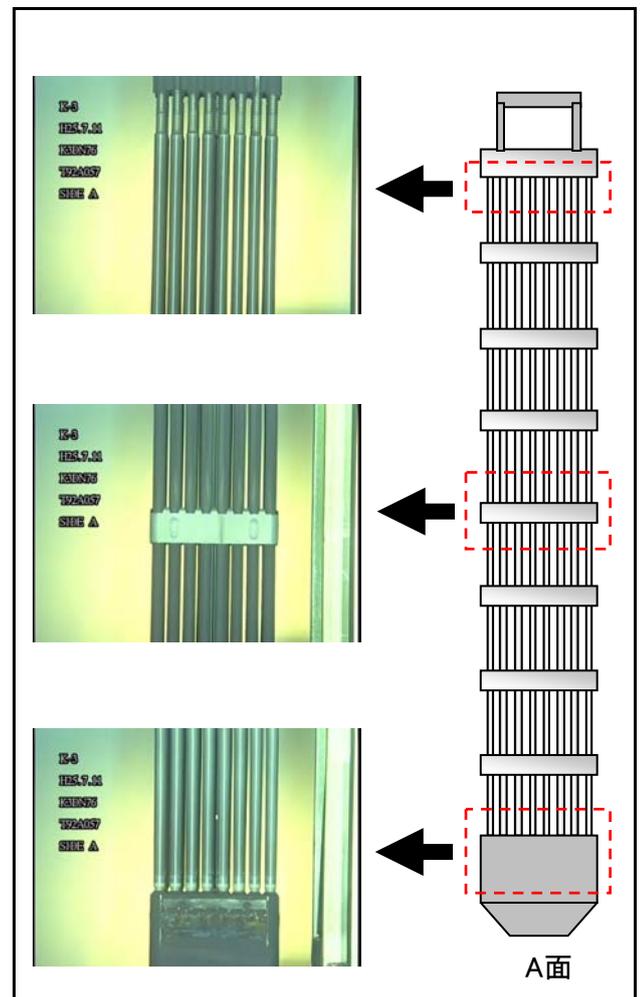
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

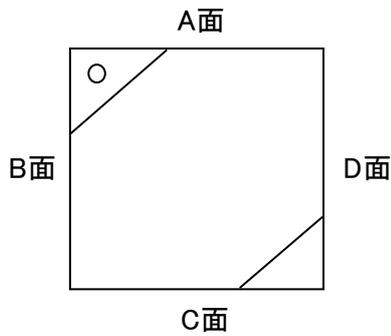
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A083
燃料集合体番号	K3DN89

チャンネルボックス欠損状況

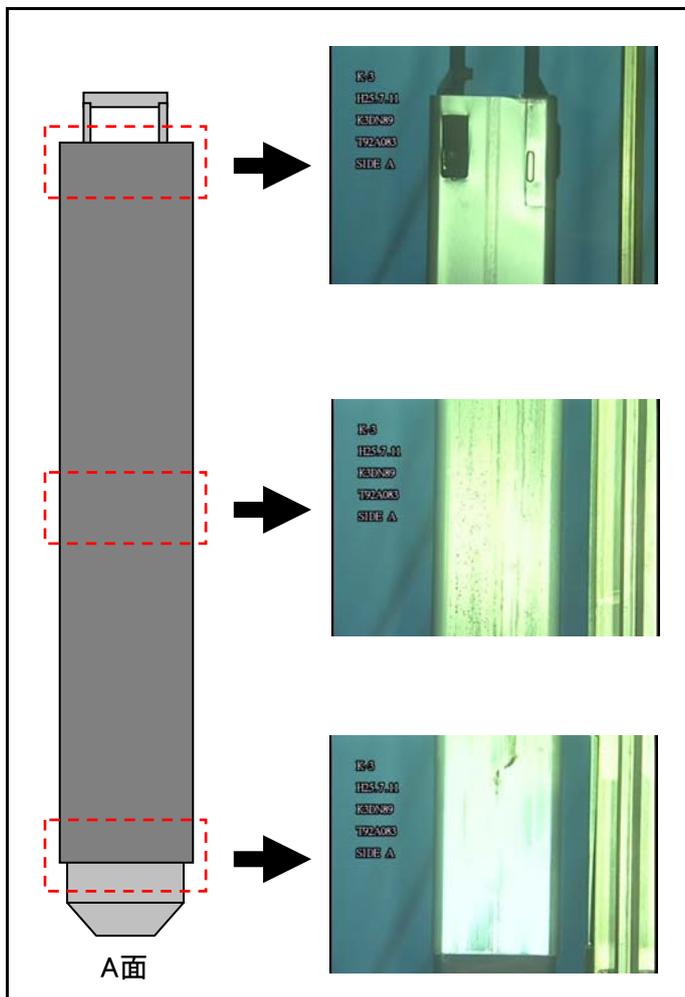


【A面】 欠損部長さ: 約13mm



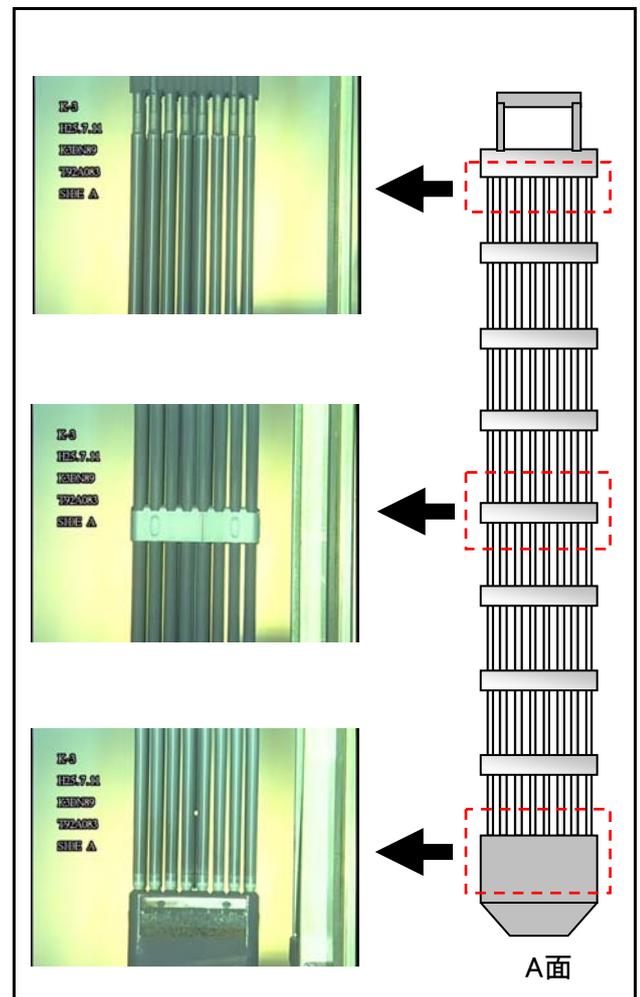
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

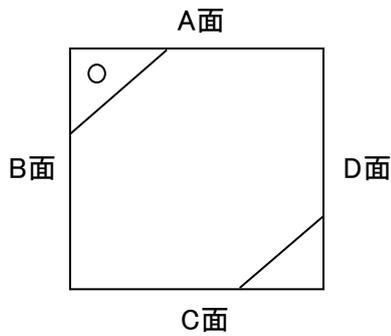
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A183
燃料集合体番号	K3X183

チャンネルボックス欠損状況

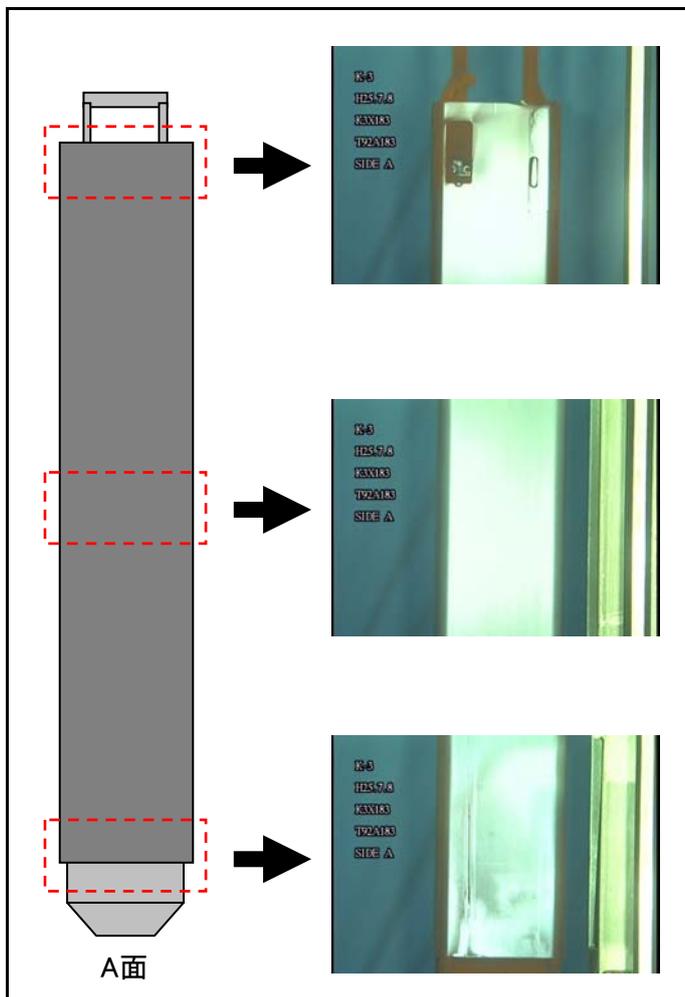


【A面】 欠損部長さ: 約12mm



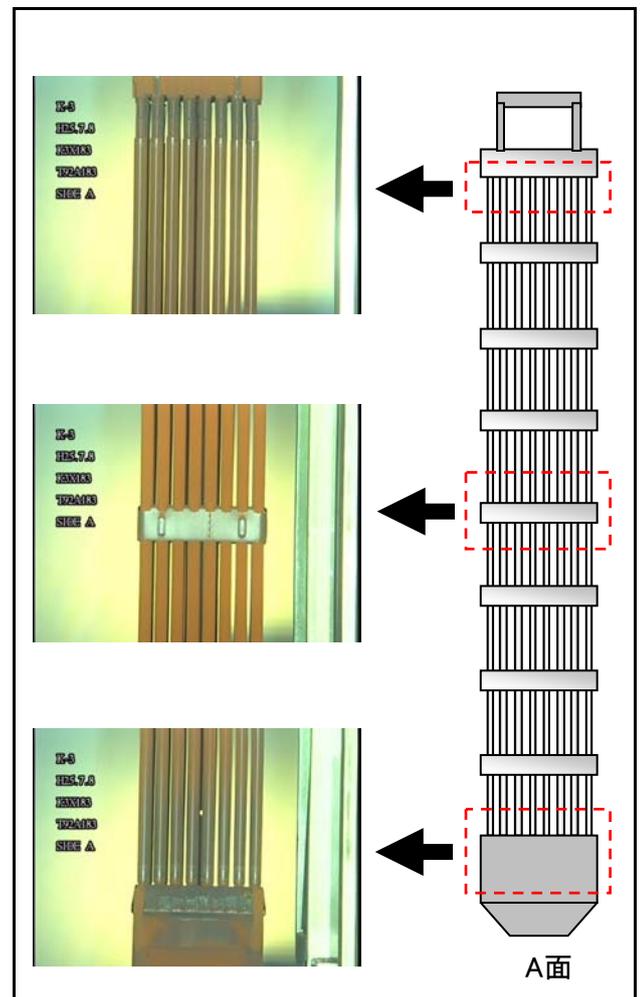
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし
------	------

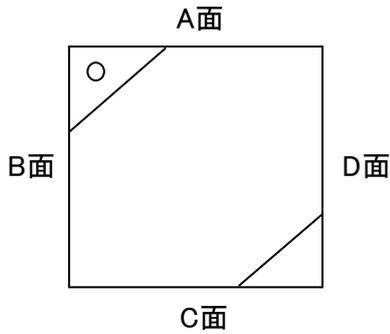


## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A194
燃料集合体番号	K3X194

【A面】 欠損部長さ: 約14mm  
チャンネルファスナ取外後

チャンネルボックス欠損状況



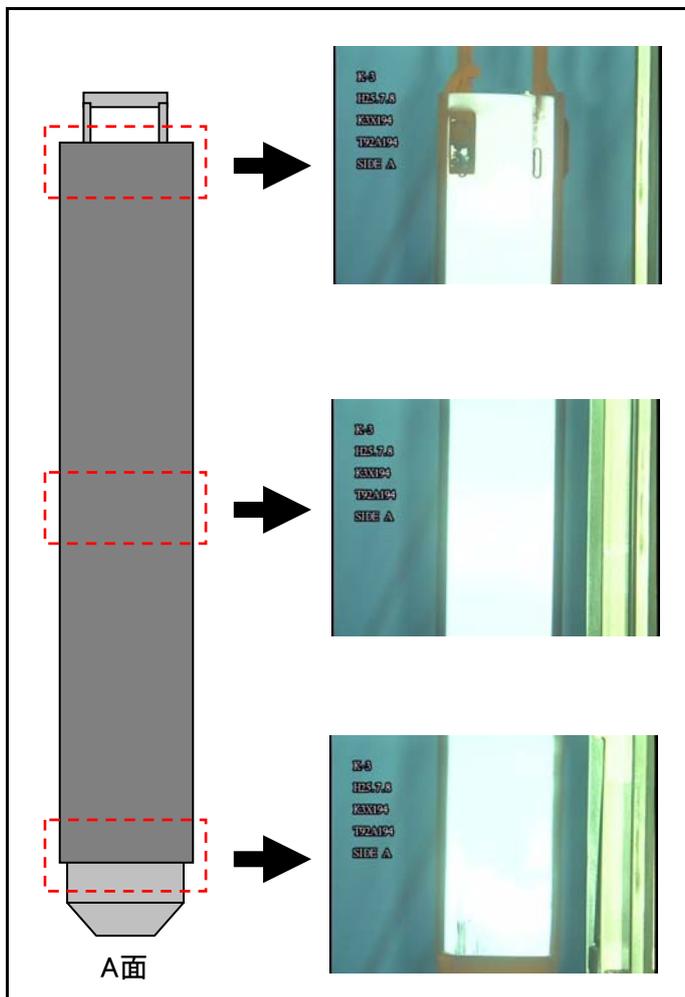
チャンネルファスナ取外前



チャンネルボックス外観

点検  
結果

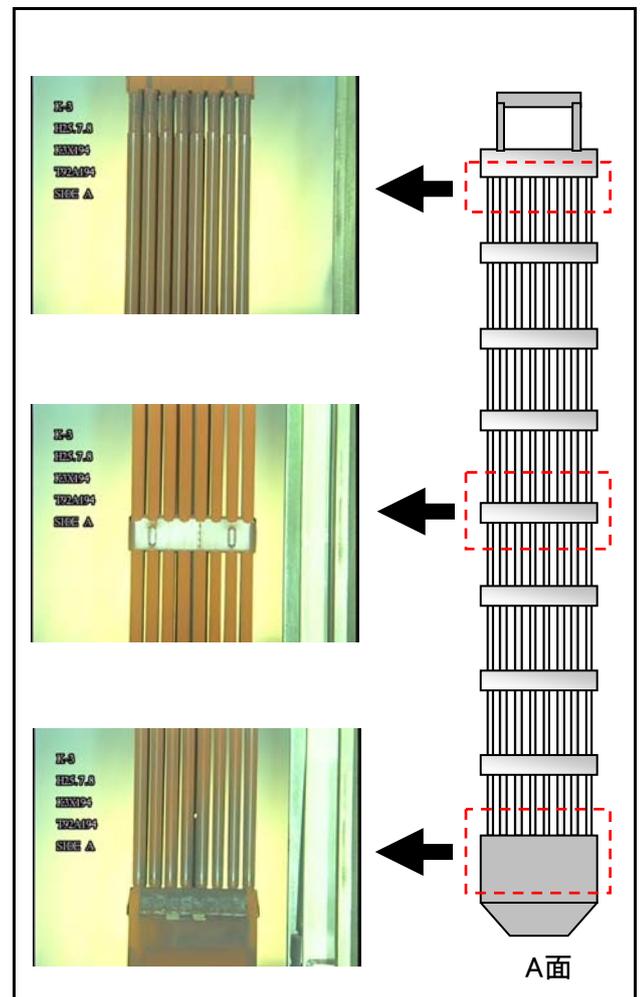
異常なし



燃料集合体外観

点検  
結果

異常なし

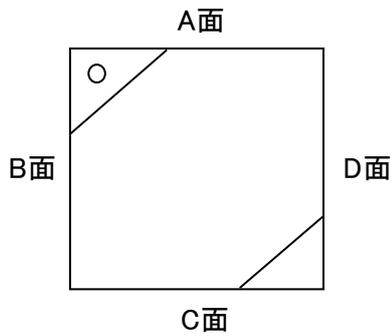


## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A205
燃料集合体番号	K3D69

【A面】 欠損部長さ: 約14mm  
チャンネルファスナ取外後

チャンネルボックス欠損状況



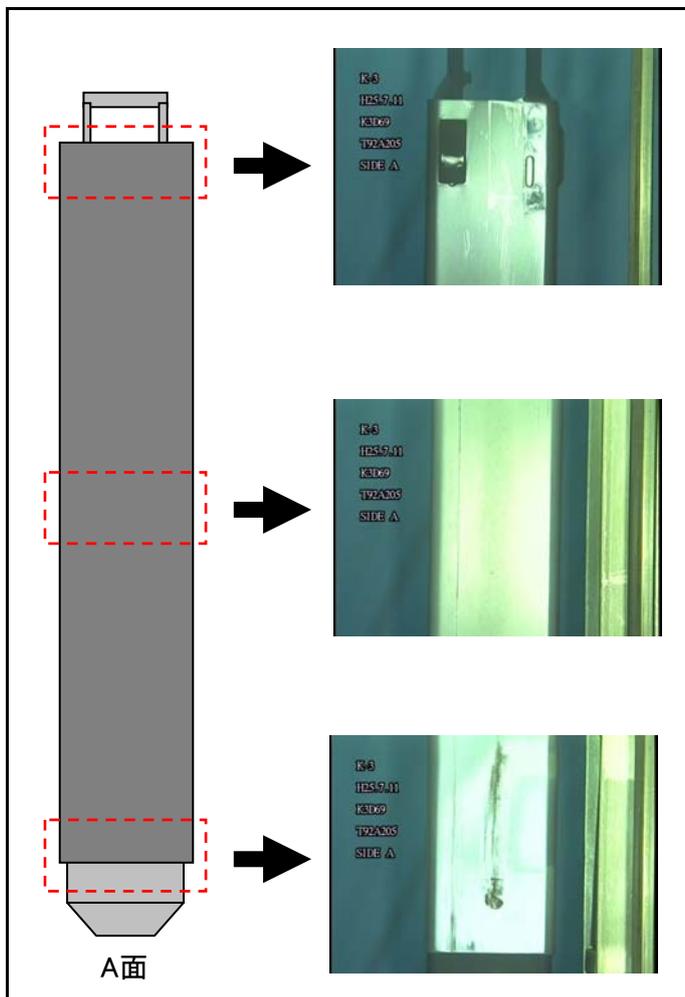
チャンネルファスナ取外前



チャンネルボックス外観

点検  
結果

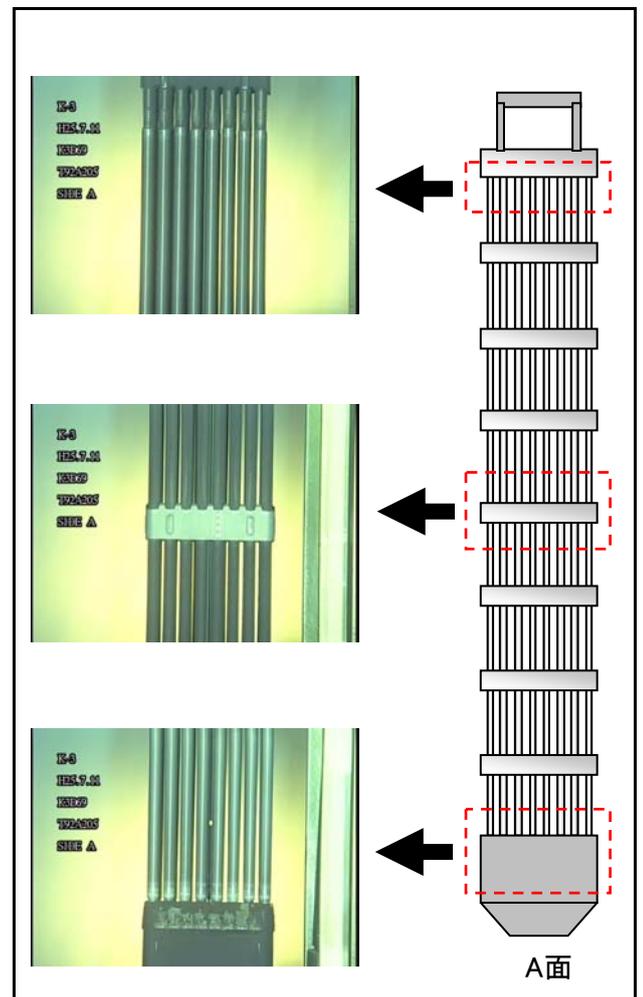
異常なし



燃料集合体外観

点検  
結果

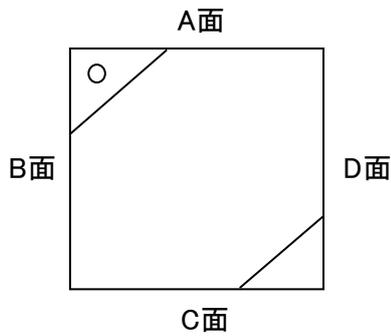
異常なし



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A214
燃料集合体番号	K3X214

チャンネルボックス欠損状況

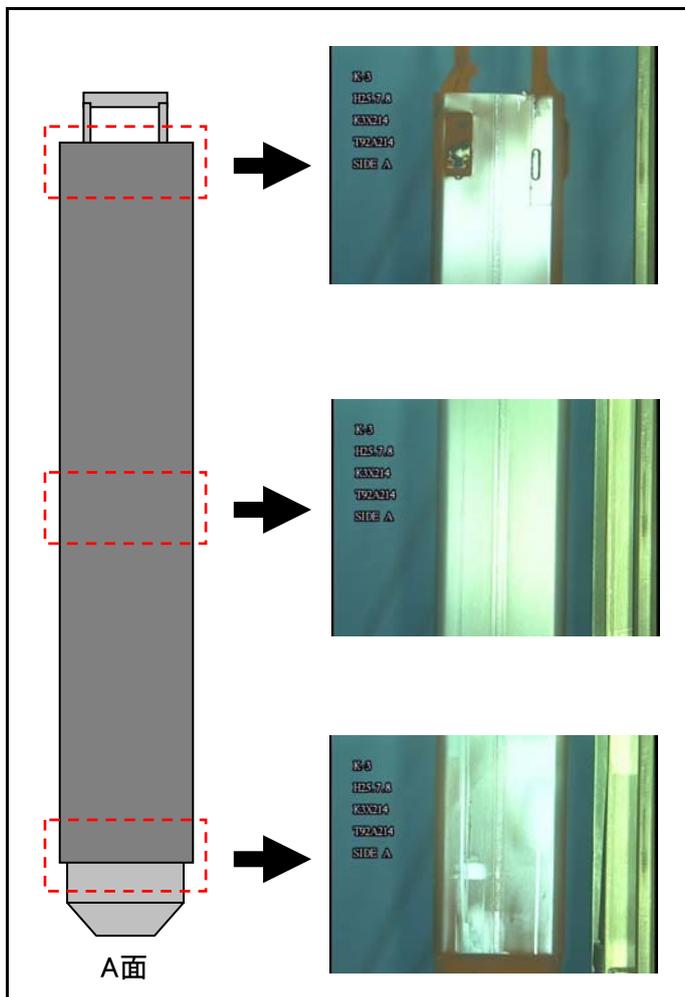


【A面】 欠損部長さ: 約11mm



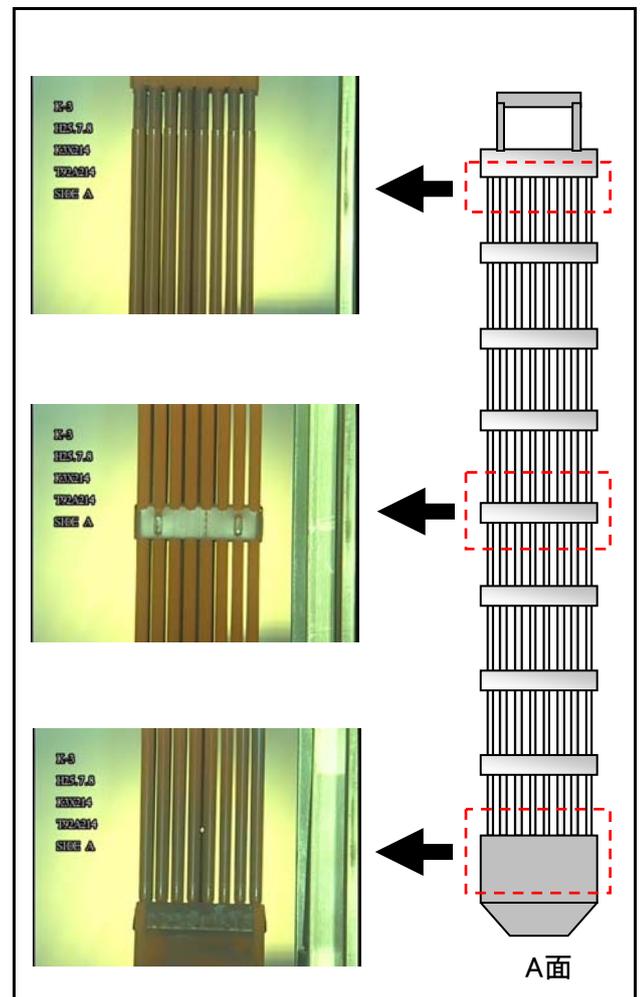
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

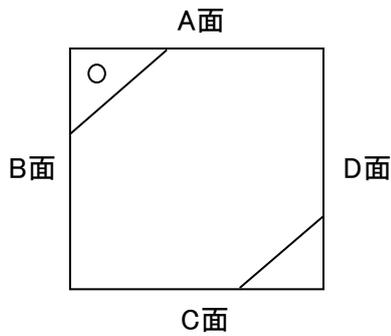
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A218
燃料集合体番号	K3X218

チャンネルボックス欠損状況

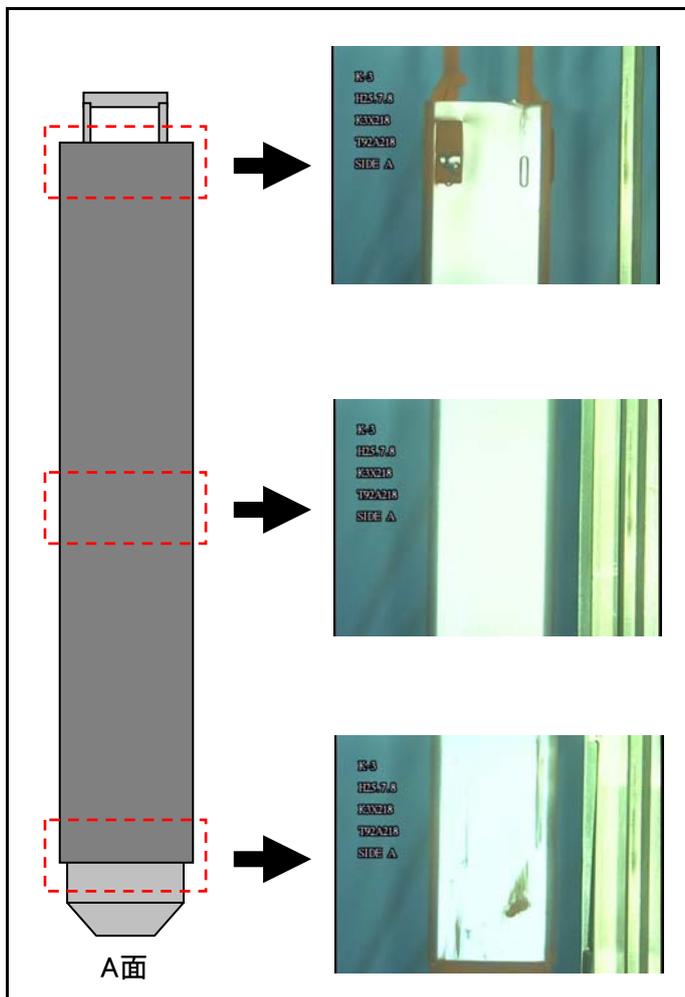


【A面】 欠損部長さ: 約13mm



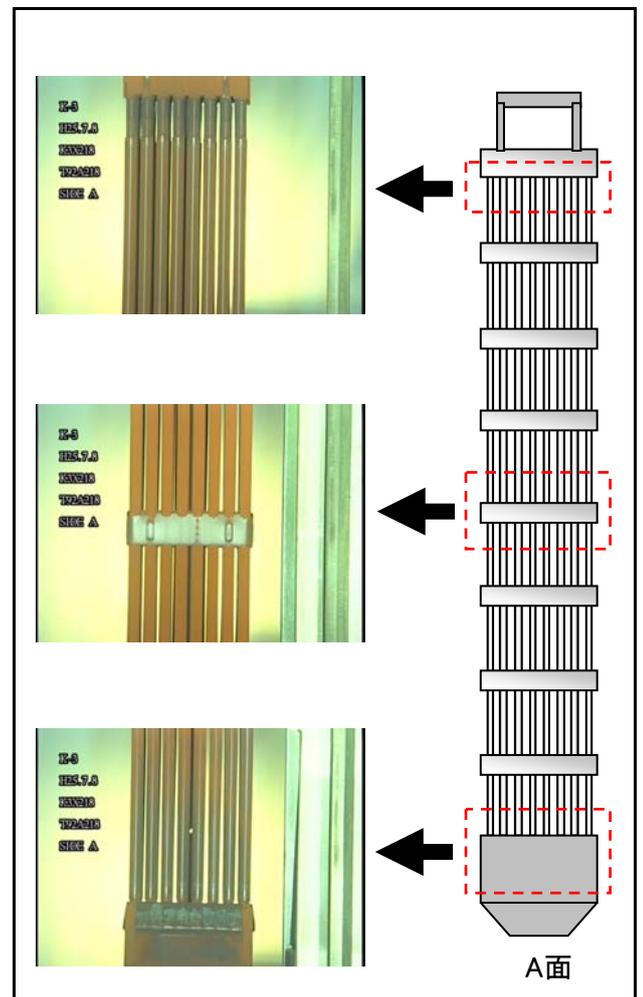
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

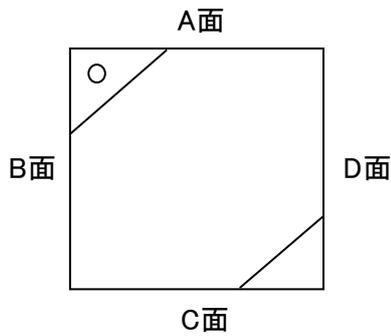
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A228
燃料集合体番号	K3X125

チャンネルボックス欠損状況

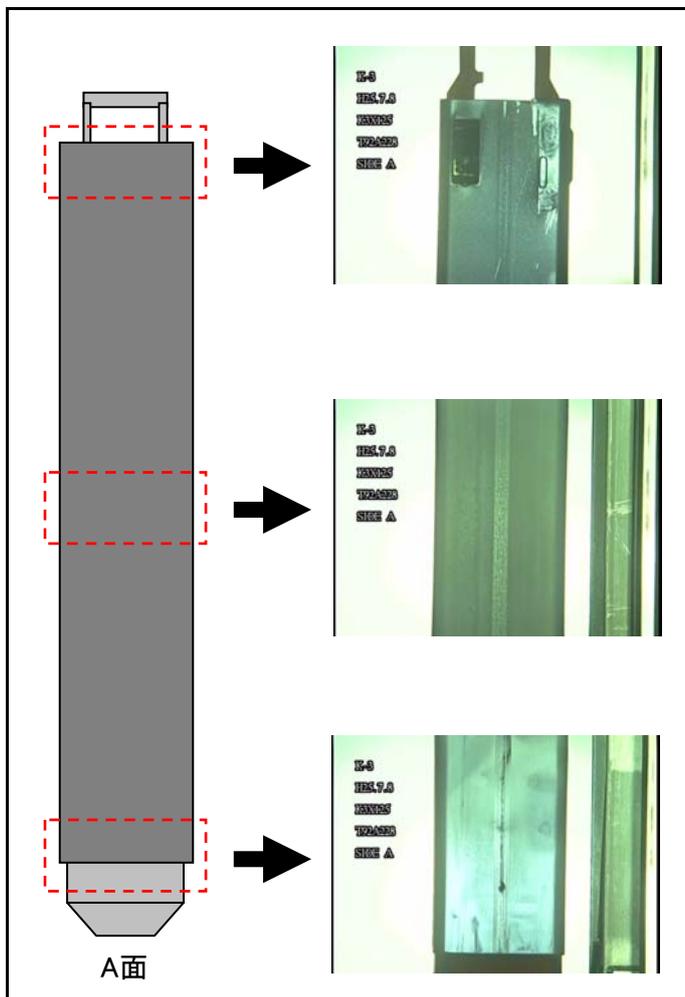


【A面】 欠損部長さ: 約16mm



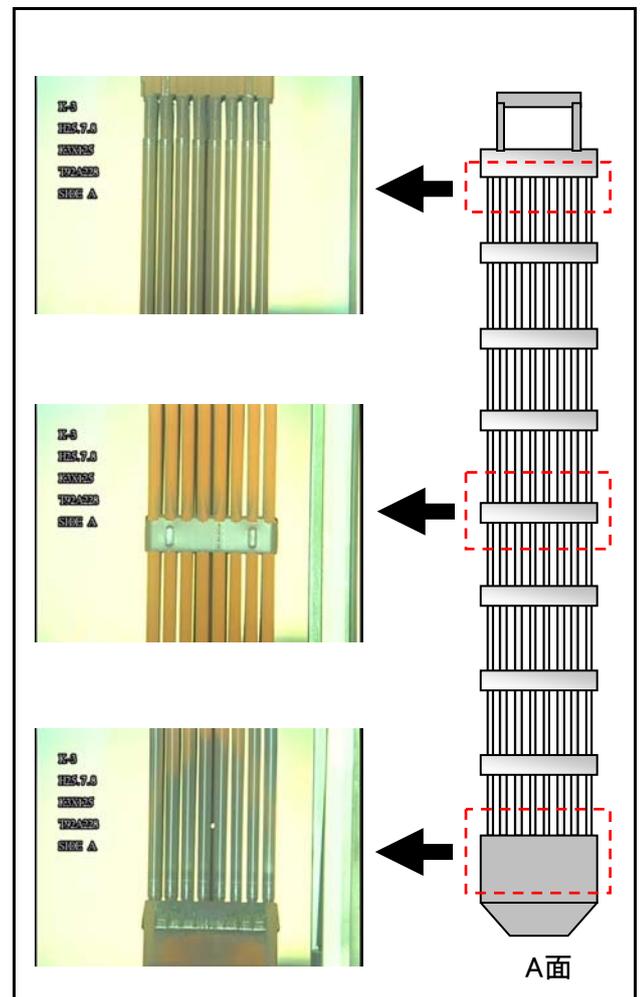
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし
------	------

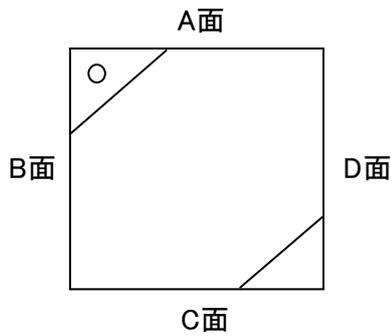


## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A241
燃料集合体番号	K3Y3

【A面】 欠損部長さ: 約13mm  
チャンネルファスナ取外後

チャンネルボックス欠損状況

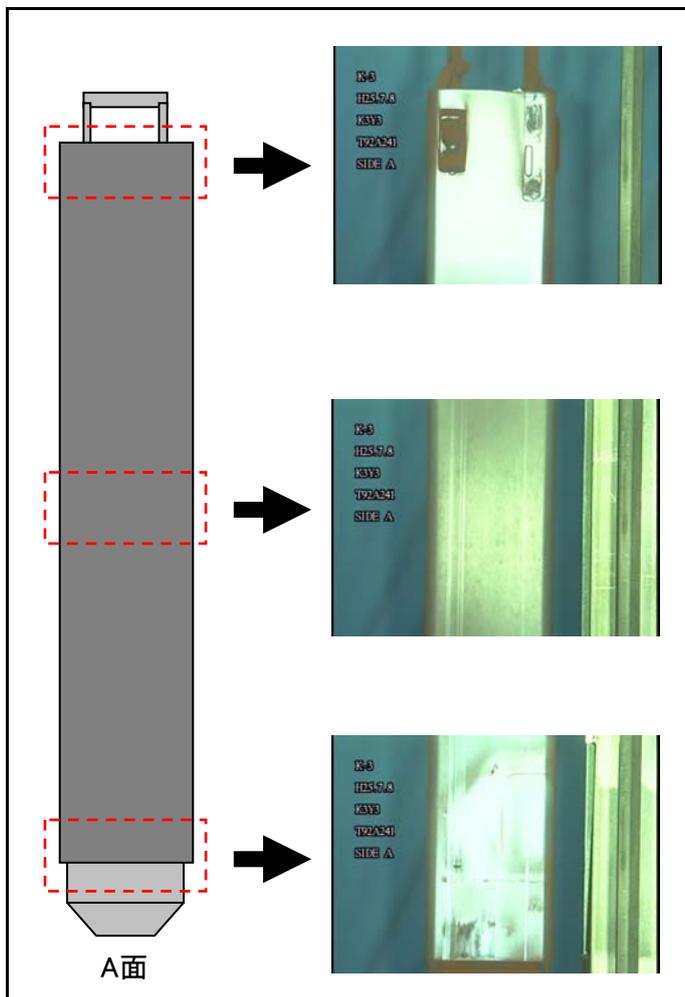


チャンネルファスナ取外前



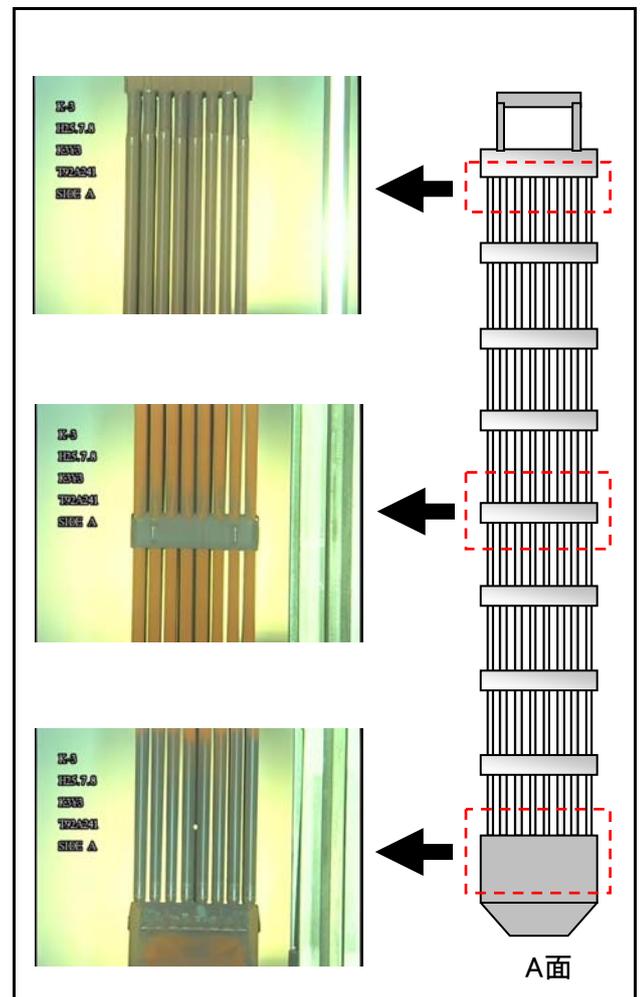
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

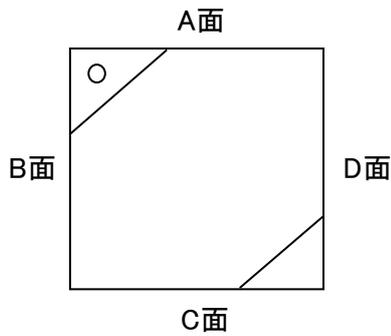
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T92A245
燃料集合体番号	K3D81

チャンネルボックス欠損状況

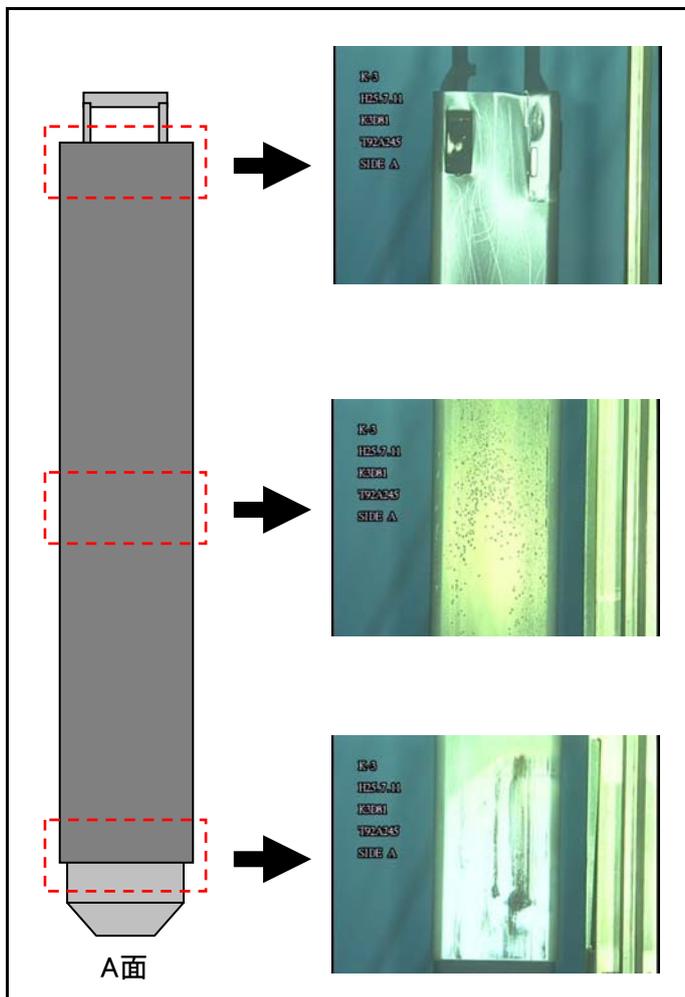


【A面】 欠損部長さ: 約13mm



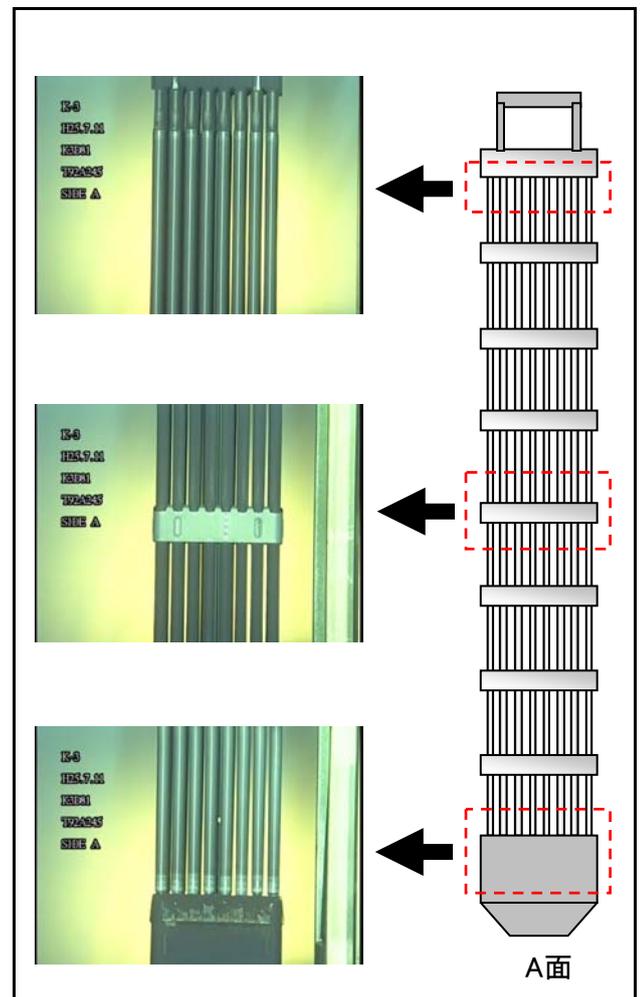
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

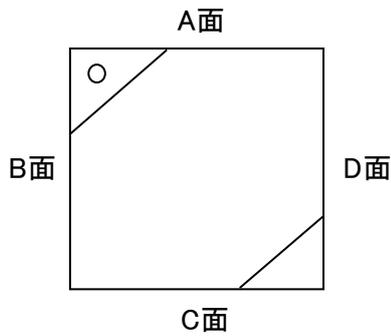
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T95C018
燃料集合体番号	K3B24

チャンネルボックス欠損状況

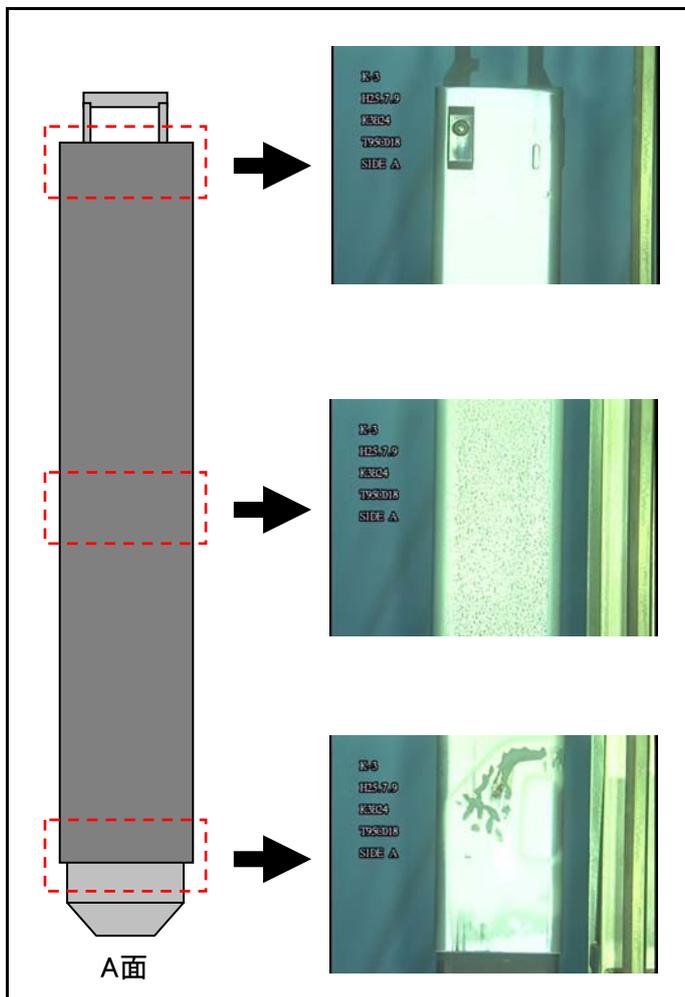


【C面】 欠損部長さ: 約20mm



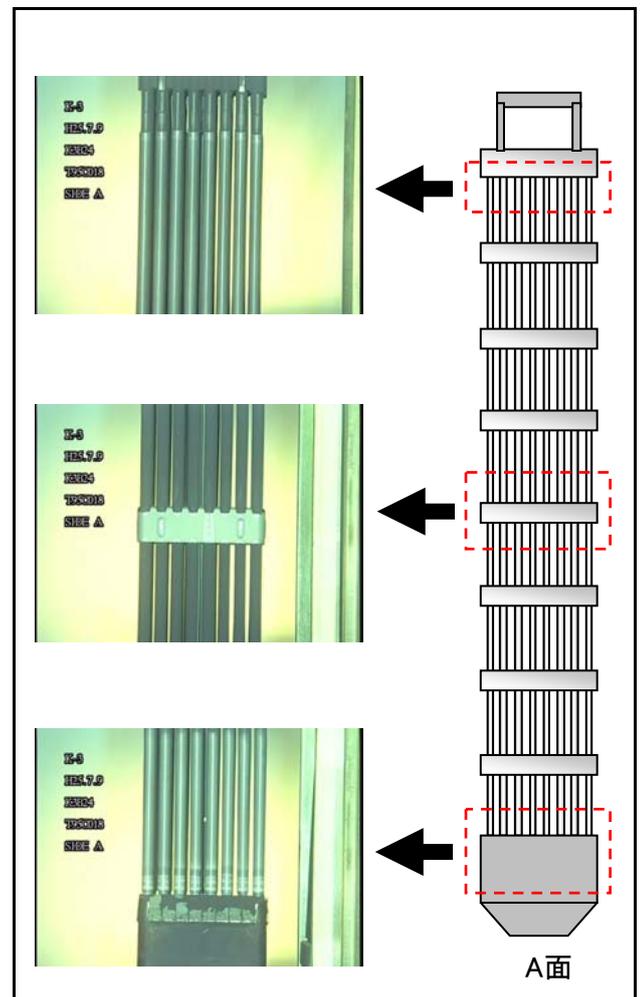
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

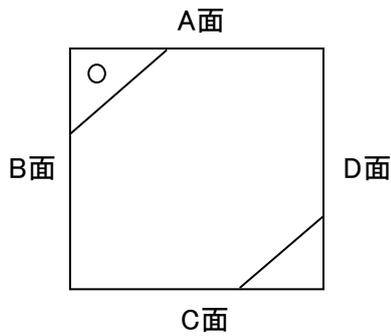
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T95C053
燃料集合体番号	K3X198

チャンネルボックス欠損状況

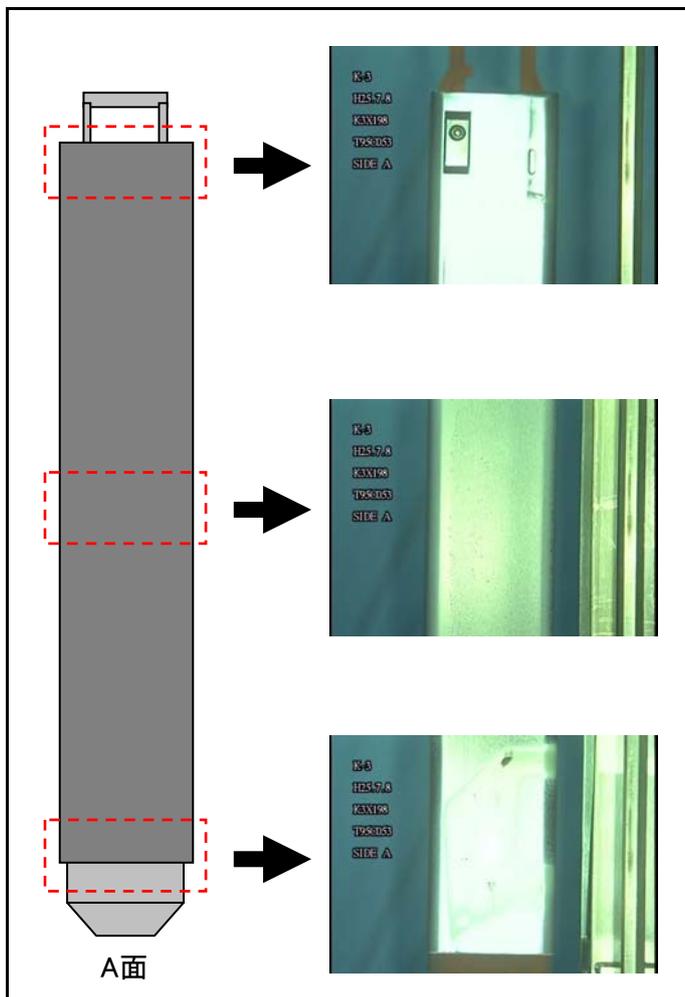


【C面】 欠損部長さ: 約17mm



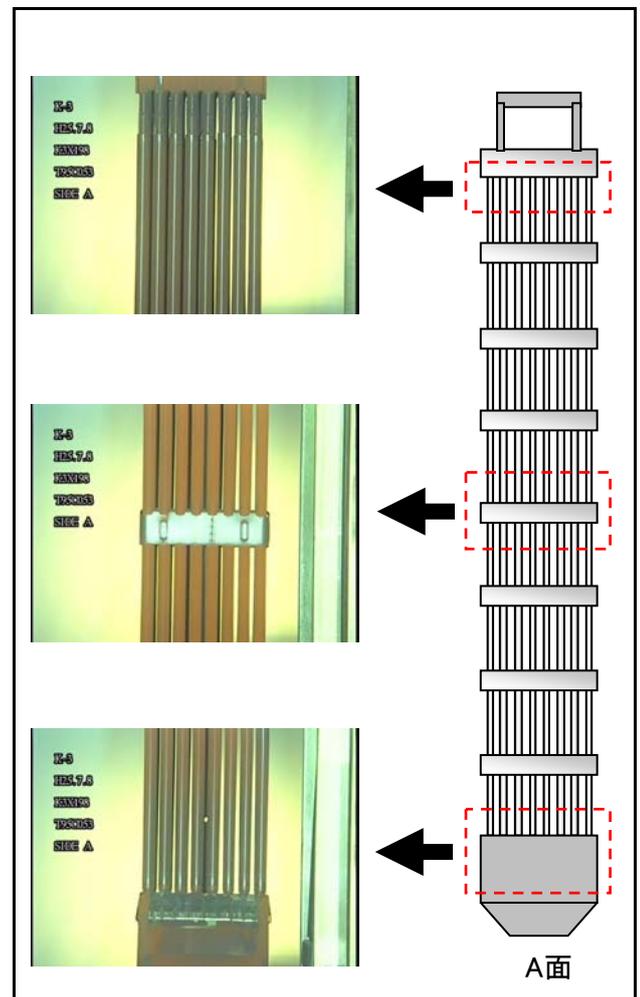
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

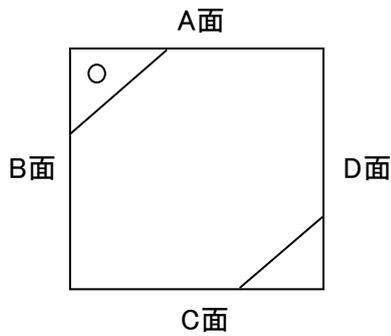
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T95C113
燃料集合体番号	K3B119

チャンネルボックス欠損状況

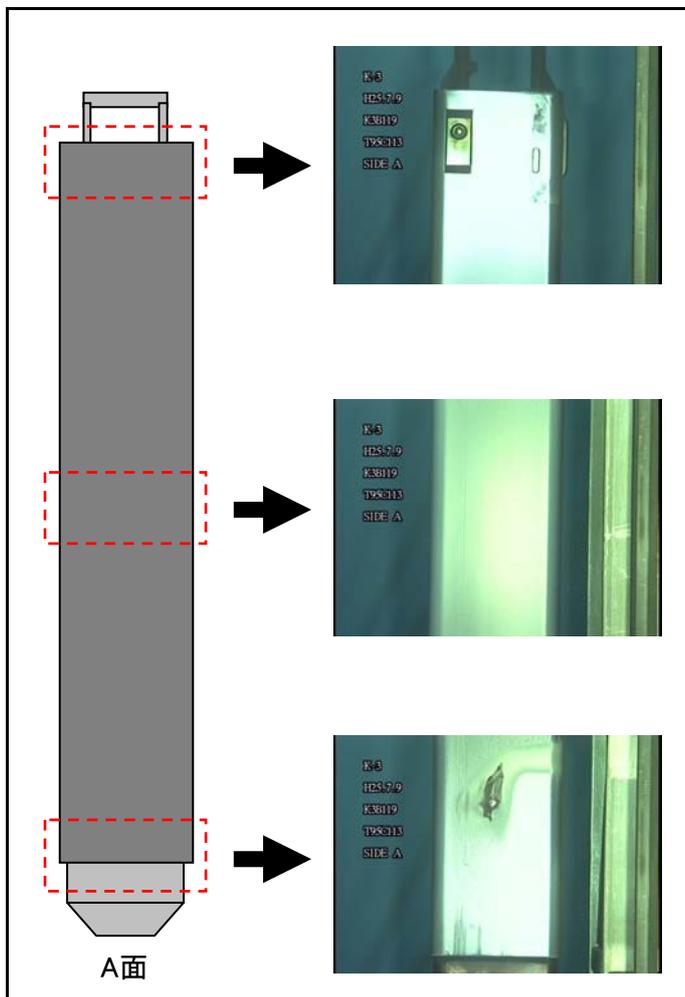


【C面】 欠損部長さ: 約15mm



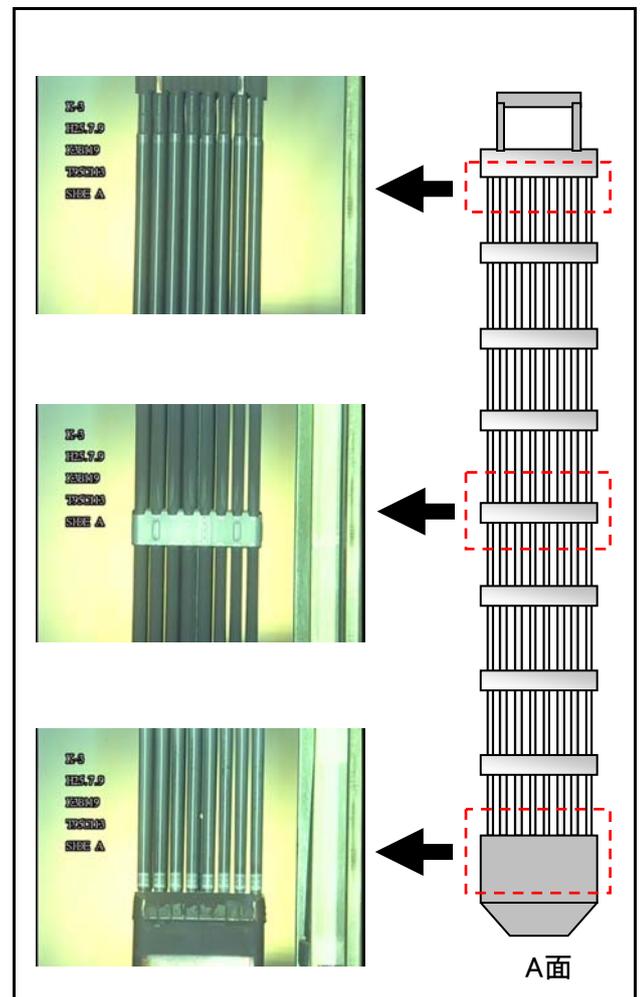
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

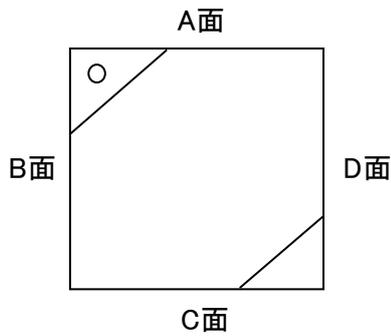
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T95C181
燃料集合体番号	K3B187

チャンネルボックス欠損状況

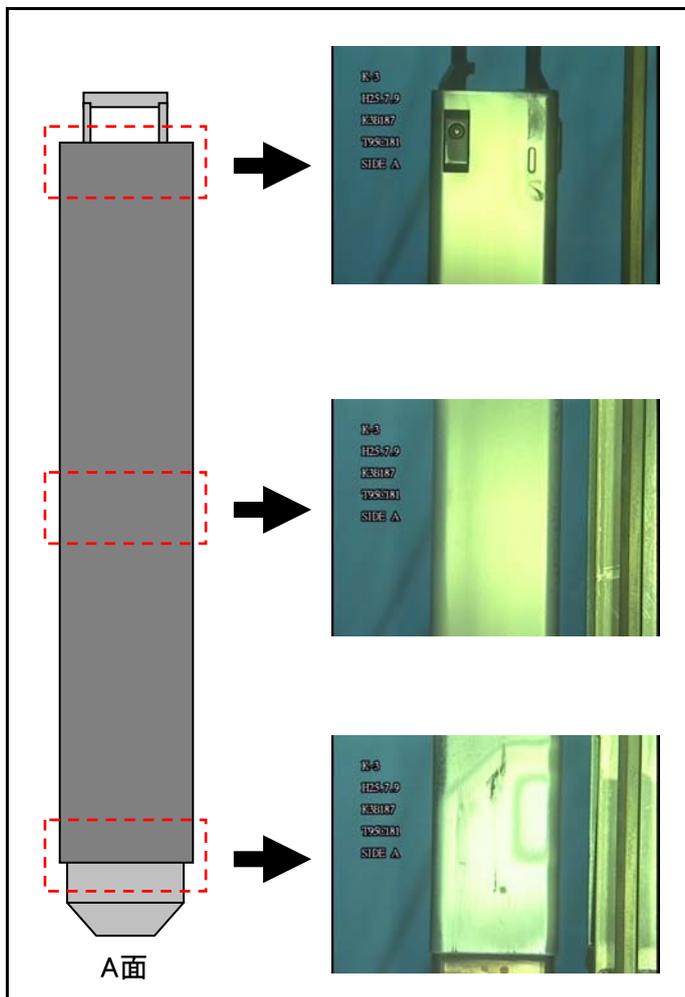


【C面】 欠損部長さ: 約28mm



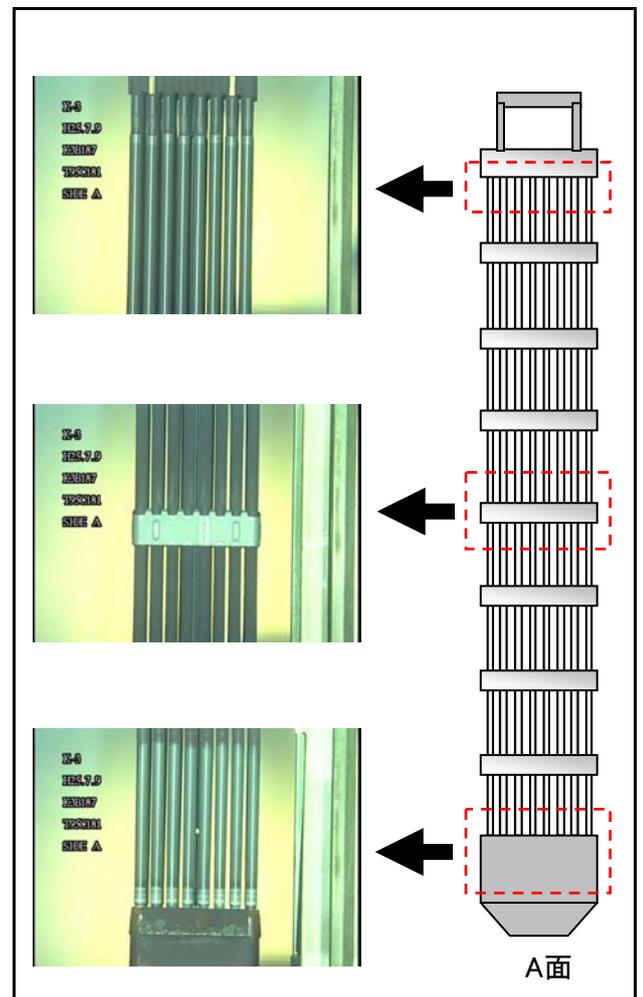
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

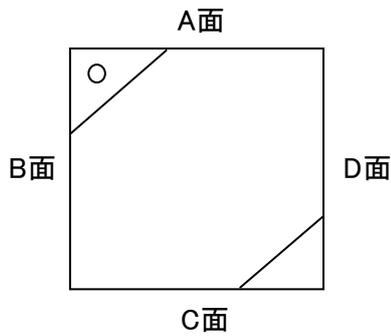
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	T95C201
燃料集合体番号	K3B207

チャンネルボックス欠損状況

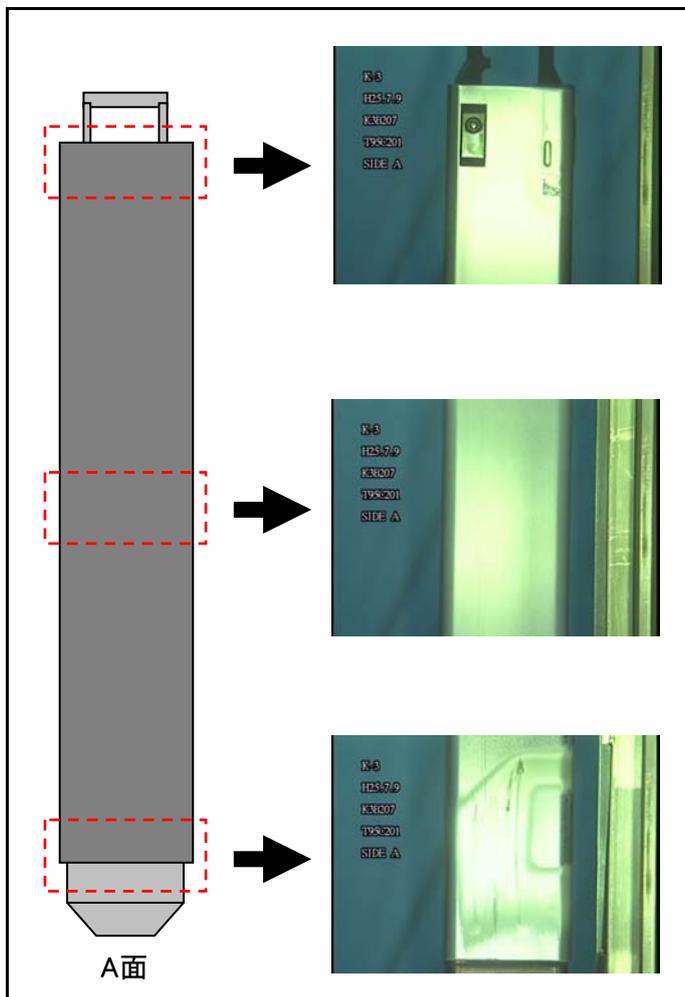


【C面】 欠損部長さ: 約15mm



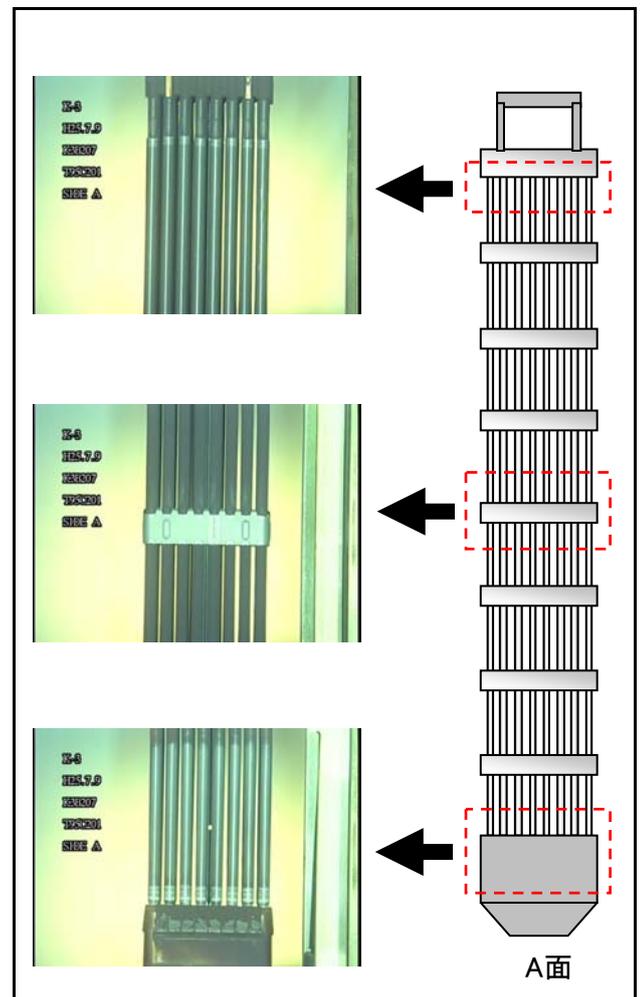
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

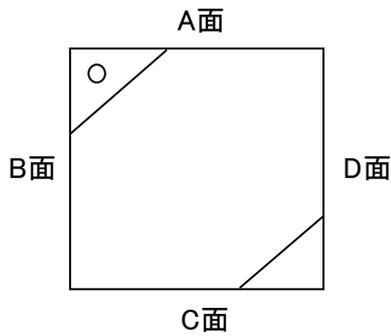
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKT01K003
燃料集合体番号	K3G3

チャンネルボックス欠損状況

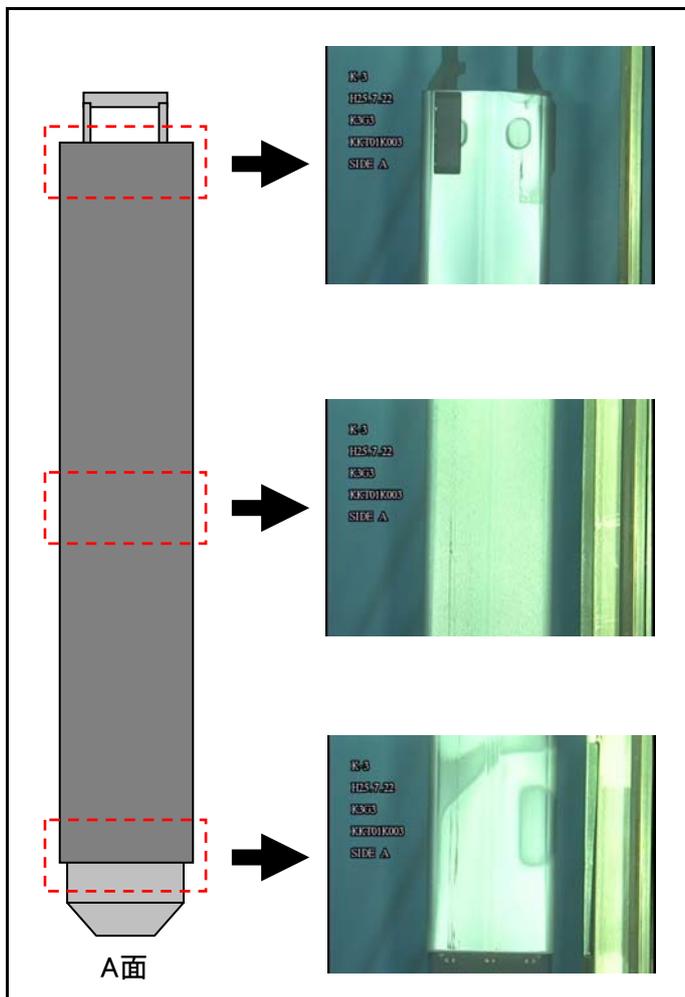


【D面】 欠損部長さ: 約15mm



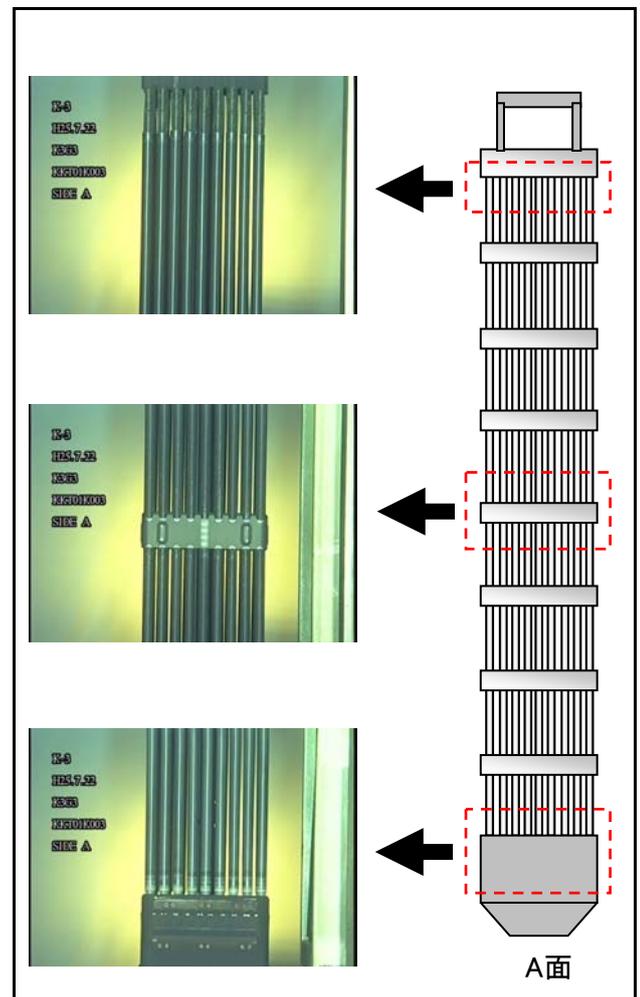
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

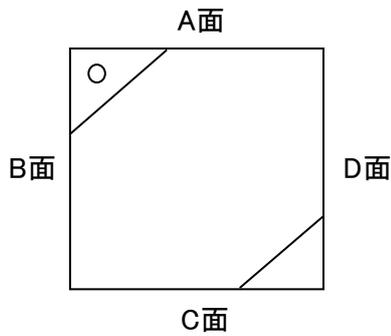
点検結果	異常なし
------	------



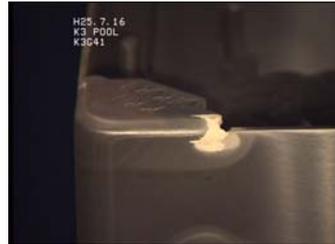
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKT01K041
燃料集合体番号	K3G41

チャンネルボックス欠損状況

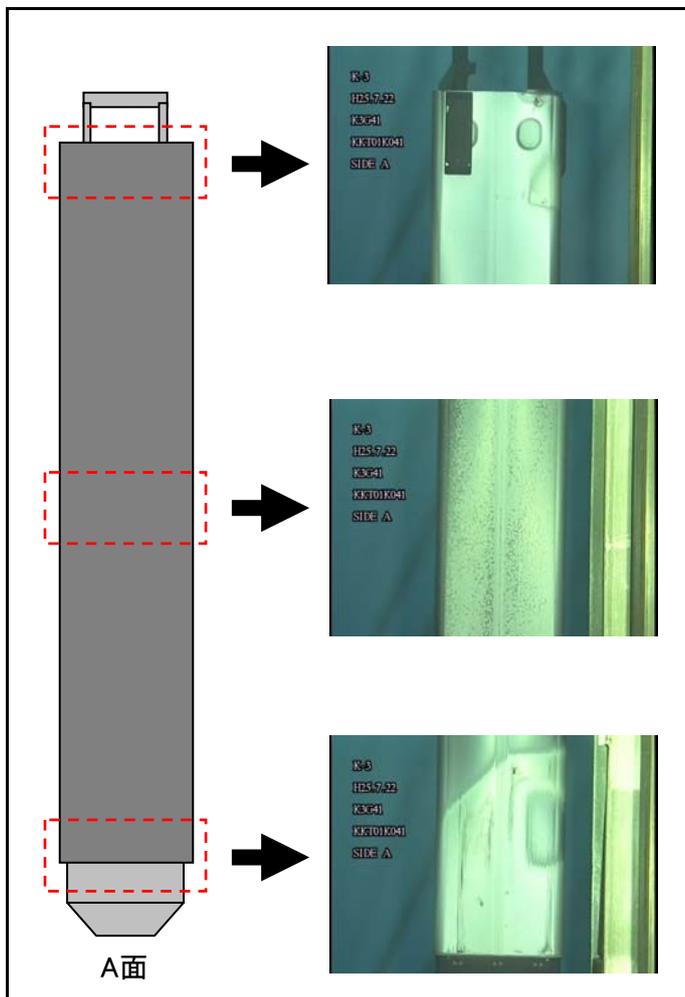


【D面】 欠損部長さ: 約16mm



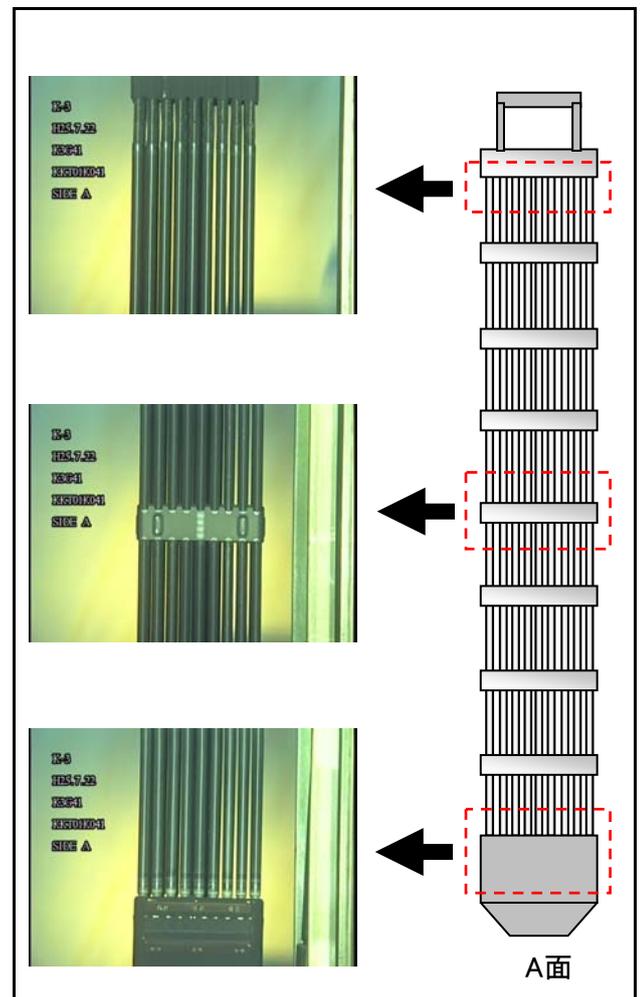
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

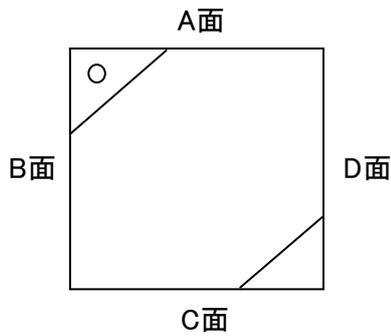
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKT01K054
燃料集合体番号	K3G54

チャンネルボックス欠損状況

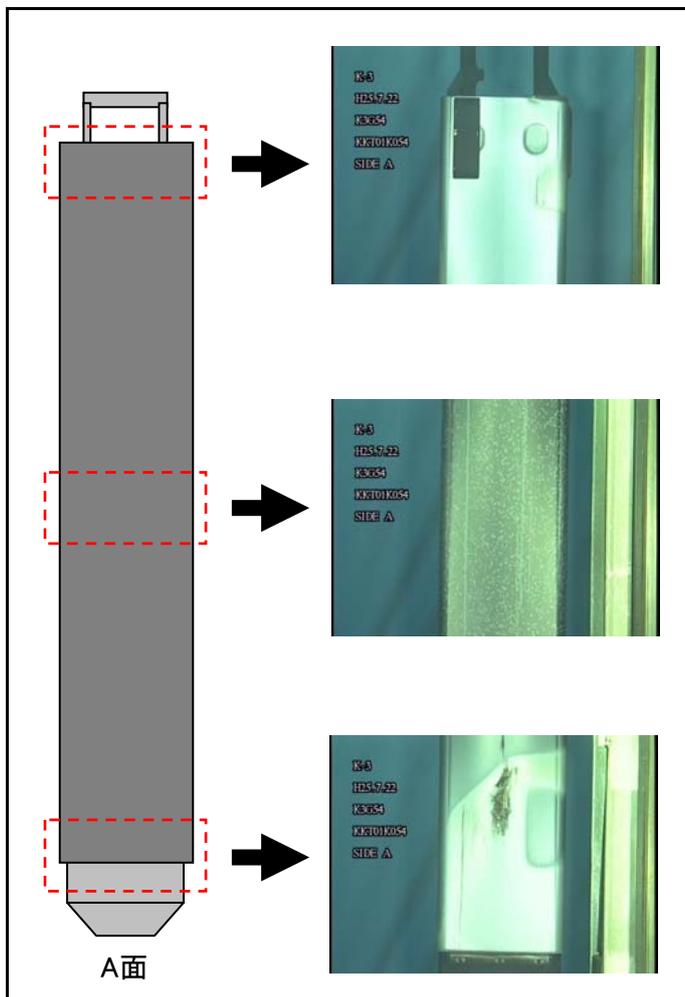


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



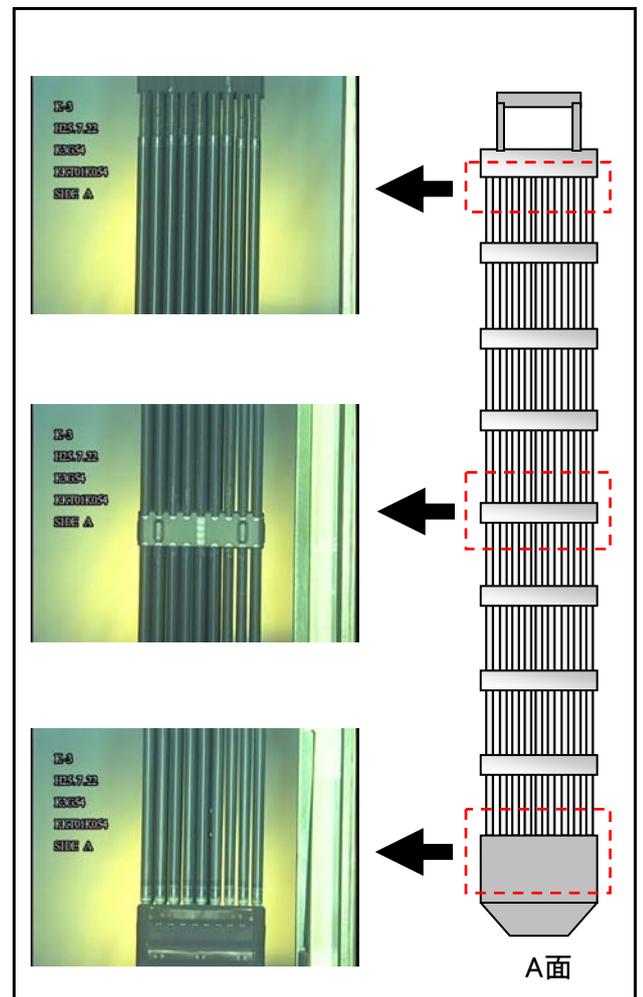
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

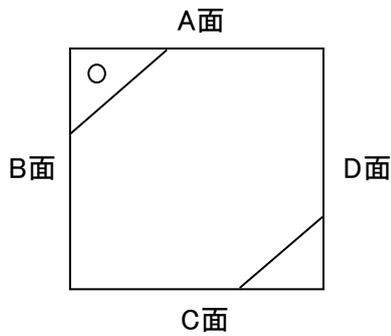
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKT01K091
燃料集合体番号	K3G91

チャンネルボックス欠損状況

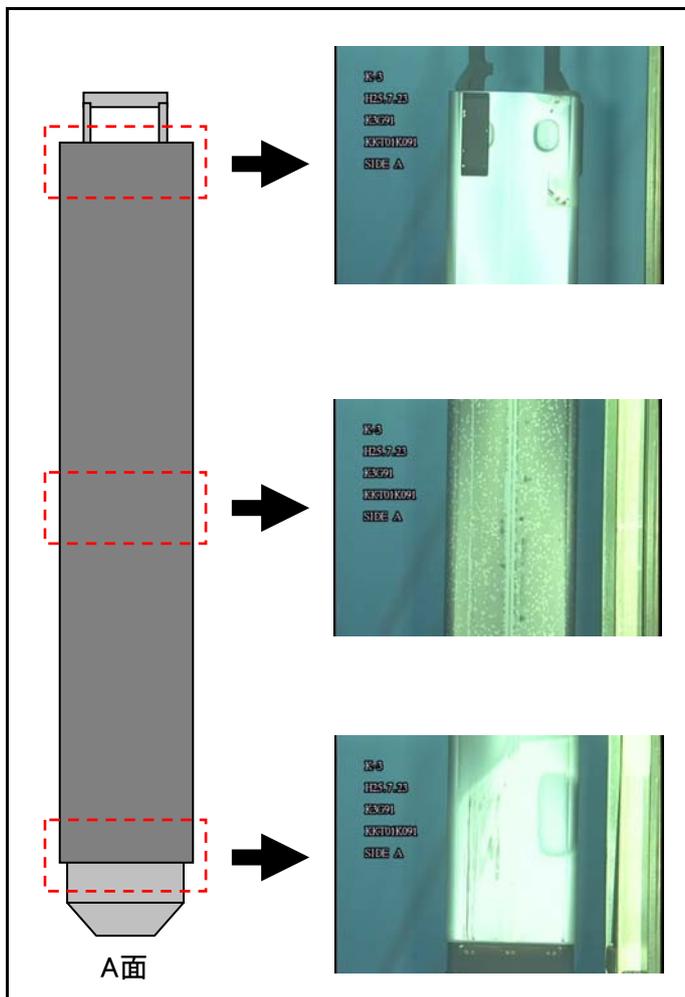


【D面】 欠損部長さ: 約15mm



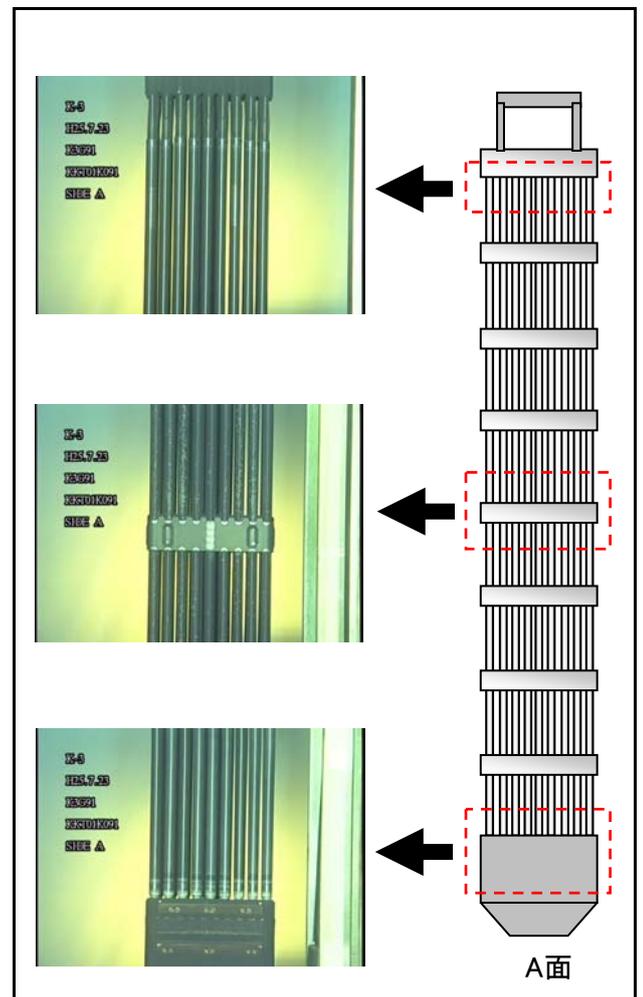
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし
------	------

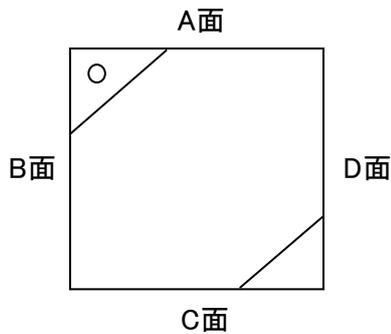


## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKT01K102
燃料集合体番号	K3G102

【A面】 欠損部長さ: 約13mm  
チャンネルファスナ取外後

チャンネルボックス欠損状況



チャンネルファスナ取外前



チャンネルボックス外観

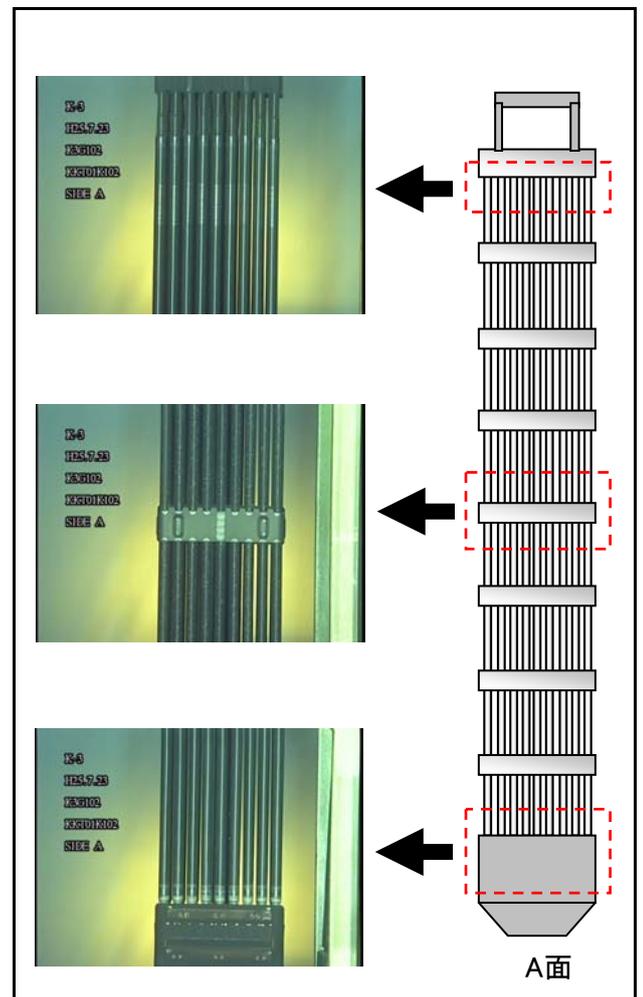
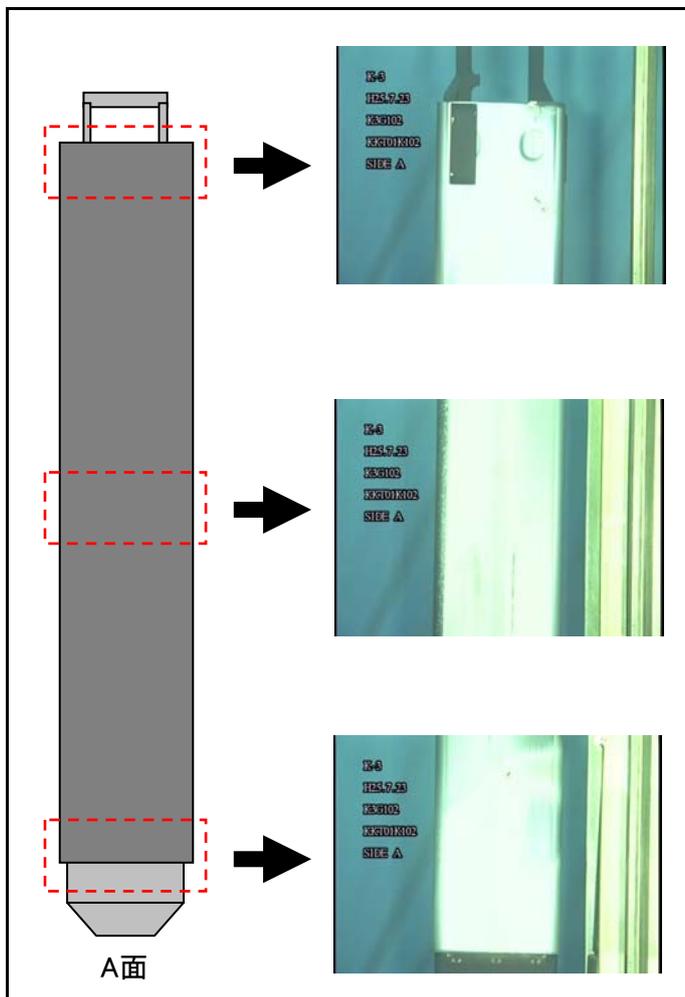
点検  
結果

異常なし

燃料集合体外観

点検  
結果

異常なし



# 柏崎刈羽原子力発電所5号機 点検結果 (点検結果一覧)

No.	C/番号	チャンネルボックスデータ				表着燃料集合体データ				燃料型式	外観点検結果	ステータス※2	備考			
		出荷年月	炉内滞在サイクル	取出サイクル	出荷年月	製造時期※1	製造者	燃焼度 (MWd/t)	欠損部長さ (mm)					外観点検結果		
1	V89H559	1	1989.7	12	6	2006.12	日立	49,140	約12	異常なし	K5GN134	NFI	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-6-1 H9年 白色化確認
2	V89H562	1	1989.7	11	6	2005.7	日立	48,745	約10	異常なし	K5G13	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-6-2 H9年 白色化確認
3	V89H564	1	1989.7	12	7	2006.11	日立	50,357	約11	異常なし	K5G6	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-6-3 H9年 白色化確認
4	V89H566	1	1989.7	9	6	2002.2	日立	53,306	約11	異常なし	K5E13	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし※3	使用済	添付資料-6-4 H9年 白色化確認
5	V89H568	1	1989.7	12	6	2006.12	日立	47,527	約10	異常なし	K5GN122	NFI	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-6-5 H9年 白色化確認
6	V89H569	1	1989.7	12	6	2006.12	日立	51,702	約12	異常なし	K5GN116	NFI	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-6-6 H9年 白色化確認
7	V89H570	1	1989.7	12	6	2006.12	日立	52,059	約8	異常なし	K5GN125	NFI	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-6-7 H9年 白色化確認
8	V89H572	1	1989.7	6	3	1997.12	日立	19,798	約14	異常なし	K5Y218	JNF	8×8BJ	異常なし	使用済	添付資料-6-8 H9年 白色化確認
9	V89H579	1	1989.7	12	6	2006.12	日立	47,869	約12	異常なし	K5GN129	NFI	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-6-9 H9年 白色化確認
10	V89H590	1	1989.7	8	5	2000.8	日立	50,635	約12	異常なし	K5D20	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし※3	使用済	添付資料-6-10 H9年 白色化確認
11	V89H593	1	1989.7	7	5	1999.5	日立	46,875	約12	異常なし	K5C11	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-6-11 H9年 白色化確認
12	V89H594	1	1989.7	7	4	1999.5	日立	44,969	約11,約12	異常なし	K5D2	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-6-12 H9年 白色化確認
13	V89H595	1	1989.7	8	4	2000.8	日立	48,175	約10,約16	異常なし	K5E24	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし※3	使用済	添付資料-6-13 H9年 白色化確認
14	V89H597	1	1989.7	9	5	2002.2	日立	54,622	約12	異常なし	K5E51	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし※3	使用済	添付資料-6-14 H9年 白色化確認
15	V89H636	1	1989.7	8	5	2000.8	日立	57,081	約8	異常なし	K5D28	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし※3	使用済	添付資料-6-15 H9年 白色化確認
16	V89H637	1	1989.7	7	5	1999.5	日立	55,611	約9	異常なし	K5C149	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-6-16
17	V89H639	1	1989.7	8	4	2000.9	日立	48,852	約12	異常なし	K5E34	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし※3	使用済	添付資料-6-17 H9年 白色化確認

略語	用語
8×8RJ	新型8×8燃料
8×8BJ	新型8×8シムコニウムライナ燃料
高燃焼度8×8	高燃焼度8×8燃料
9×9A	9×9燃料(A型)
9×9B	9×9燃料(B型)
JNF	日本ニュークリア・フュエル(現グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)
GNF-J	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
NFI	原子燃料工業
日立	日立製作所又は日立・GEニュークリアエナジー
神戸	神戸製鋼所
A-A	ASEA-ATOM
ABB ATOM	ABB ATOM
Car Tech	CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION

※1 製造時期はクリップ溶接時期を記載  
 ※2 点検開始時、装荷・貯蔵場所  
 再使用予定：原子炉内、使用済；使用済燃料プール内  
 ※3 欠損による異常なし、ただしWR曲がりを確認

# 柏崎刈羽原子力発電所5号機 点検結果 (点検結果一覧)

No.	C/B番号	チャンネルボックスデータ				装着燃料集合体データ				燃料型式	外観点検結果	ステータス※2	備考
		出荷年月	炉内滞在サイクル	取出サイクル	出荷年月	製造時期※1	製造者	燃焼度 (MWd/t)	欠損部長さ (mm)				
18	V89H640	1	1989.7	8	5	2000.9	日立	51.505	約11	異常なし	異常なし※3	使用済	添付資料-6-18 H9年 白色化確認
19	V89H642	1	1989.7	9	5	2002.2	日立	56.709	約14	異常なし	異常なし※3	使用済	添付資料-6-19 H9年 白色化確認
20	V89H676	1	1989.7	8	4	2000.9	日立	45.932	約12	異常なし	異常なし※3	使用済	添付資料-6-20 H9年 白色化確認
21	V89H682	1	1989.7	8	4	2000.9	日立	46.252	約11	異常なし	異常なし※3	使用済	添付資料-6-21 H9年 白色化確認
22	V89H683	1	1989.7	7	4	1999.5	日立	45.235	約12	異常なし	異常なし※3	使用済	添付資料-6-22 H9年 白色化確認
23	V89H692	1	1989.7	8	5	2000.9	日立	56.914	約11	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-6-23 H9年 白色化確認
24	V89H709	1	1989.7	10	6	2003.3	日立	50.096	約10	異常なし	異常なし※3	使用済	添付資料-6-24 H9年 白色化確認
25	V89H714	1	1989.6	7	4	1999.6	日立	45.508	約15	異常なし	異常なし※3	使用済	添付資料-6-25 H9年 白色化確認
26	V89H722	1	1989.6	7	5	1999.5	日立	49.802	約10	異常なし	異常なし※3	使用済	添付資料-6-26 H9年 白色化確認
27	V89H737	1	1989.6	8	5	2000.9	日立	48.853	約12	異常なし	異常なし※3	使用済	添付資料-6-27 H9年 白色化確認
28	V89H748	1	1989.6	8	4	2000.9	日立	46.831	約11	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-6-28 H9年 白色化確認
29	V89H757	1	1989.6	8	5	2000.9	日立	50.783	約8.約15	異常なし	異常なし※3	使用済	添付資料-6-29 H9年 白色化確認
30	V89H760	1	1989.6	9	5	2002.1	日立	57.784	約11	異常なし	異常なし※3	使用済	添付資料-6-30 H9年 白色化確認
31	V98K034	8	1999.5	12	5	2006.12	神戸	41.989	約11	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-6-31
32	V98K060	8	1999.5	11	4	2005.7	神戸	45.293	約13	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-6-32
33	V98K109	9	2000.10	12	4	2006.12	神戸	43.744	約13	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-6-33

略語	用語
8×8RJ	新型8×8燃料
8×8BJ	新型8×8シングルウラムライナ燃料
高燃焼度8×8	高燃焼度8×8燃料
9×9A	9×9燃料(A型)
9×9B	9×9燃料(B型)
JNF	日本ニュークリア・フュエル(現グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)
GNF-J	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
NFI	原子燃料工業
日立	日立製作所又は日立・GEニュークリアエナジー
神戸	神戸製鋼所
A・A	ASEA-ATOM
ABB ATOM	ABB BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED
Car Tech	CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION

※1 製造時期はクリップ溶接時期を記載  
 ※2 点検開始時、装荷・貯蔵場所  
 再使用予定：原子炉内、使用済；使用済燃料プール内  
 ※3 欠損による異常なし、ただしWVR曲かりを確認

# 柏崎刈羽原子力発電所5号機 点検結果 (点検結果一覧)

No.	C/番号	チャンネルボックスデータ				装着燃料集合体データ										備考
		装荷サイクル	装荷年月	取出サイクル	炉内滞在サイクル	取出年月	製造時期※1	製造者	燃焼度 (MWd/t)	欠損部長さ (mm)	外観点検結果	燃料番号	製造者	燃料型式	外観点検結果	
34	KKV02K018	11	2004.1	-	3	-	神戸	35.577	約11	異常なし	K5K18	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-34
35	KKV02K048	11	2004.2	-	3	-	神戸	36.976	約12	異常なし	K5K48	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-35
36	KKV02K055	11	2004.2	-	3	-	神戸	38.988	約14	異常なし	K5K55	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-36
37	KKV02K080	11	2004.2	-	3	-	神戸	32.142	約12	異常なし	K5K80	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-37
38	KKV02K132	11	2004.2	-	3	-	神戸	33.180	約10	異常なし	K5K132	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-38
39	KKV06K001	13A	2007.5	-	1	-	神戸	13.911	約17	異常なし	K5M1	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-39
40	KKV06K004	13A	2007.5	-	1	-	神戸	13.733	約10	異常なし	K5M4	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-40
41	KKV06K009	13A	2007.5	-	1	-	神戸	13.549	約16	異常なし	K5M9	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-41
42	KKV06K026	13A	2007.5	-	1	-	神戸	13.889	約17	異常なし	K5M26	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-42
43	KKV06K036	13A	2007.5	-	1	-	神戸	14.390	約11	異常なし	K5M36	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-43
44	KKV06K054	13A	2007.5	-	1	-	神戸	14.471	約17	異常なし	K5M54	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-44
45	KKV06K080	13A	2007.5	-	1	-	神戸	13.978	約15	異常なし	K5M90	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-45
46	KKV06K108	13A	2007.5	-	1	-	神戸	12.503	約15	異常なし	K5M108	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-46
47	KKV06K110	13B	2010.1	-	1	-	神戸	13.164	約14	異常なし	K5M110	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-47
48	KKV06K117	13A	2007.5	-	1	-	神戸	13.425	約12	異常なし	K5M117	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-48
49	KKV06K128	13A	2007.5	-	1	-	神戸	13.896	約13	異常なし	K5M128	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-49
50	KKV06K135	13A	2007.5	-	1	-	神戸	13.502	約15	異常なし	K5M135	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-6-50

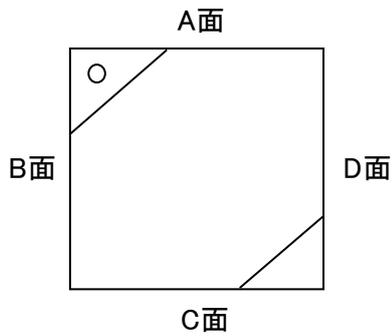
略語	用語
8×8RJ	新型8×8燃料
8×8BJ	新型8×8ジルコニウムライナ燃料
高燃焼度8×8	高燃焼度8×8燃料
9×9A	9×9燃料(A型)
9×9B	9×9燃料(B型)
JNF	日本ニュークリア・フュエル(現グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)
GNF-J	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
NFI	原子燃料工業
日立	日立製作所又は日立・GEニュークリアエナジー
神戸	神戸製鋼所
A・A	ASEA-ATOM
ABB ATOM	ABB BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED
Car Tech	CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION

- ※1 製造時期はクリップ溶接時期を記載
- ※2 点検開始時、装荷、貯蔵場所
- ※3 再使用予定: 原子炉内、使用済; 使用済燃料プール内
- ※3 欠損による異常なし、ただしWR曲がりを確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H559
燃料集合体番号	K5GN134

チャンネルボックス欠損状況

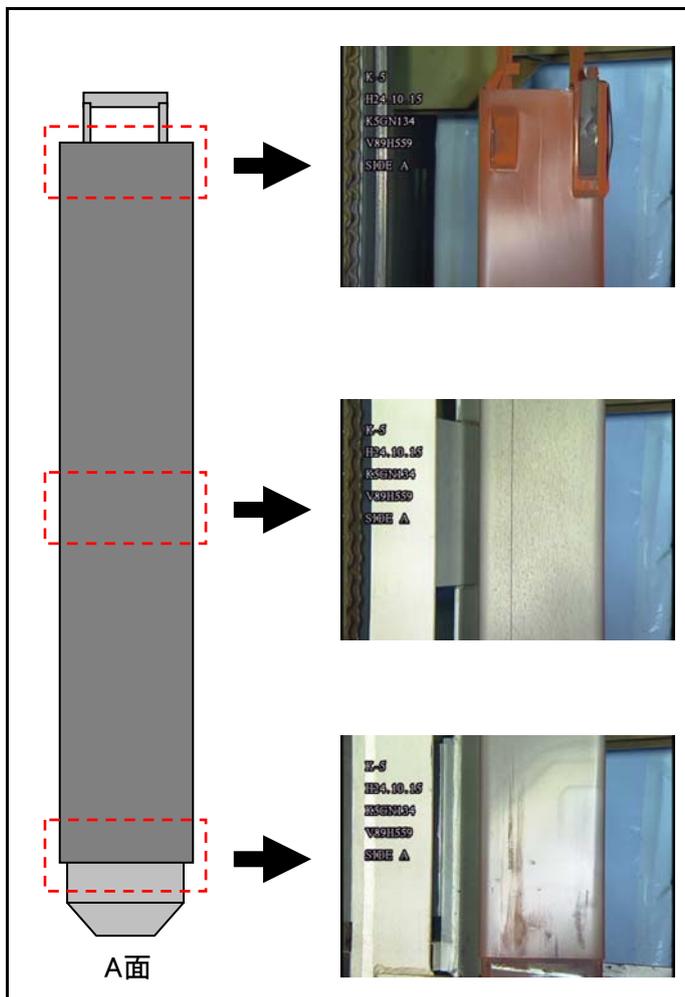


【A面】 欠損部長さ: 約12mm



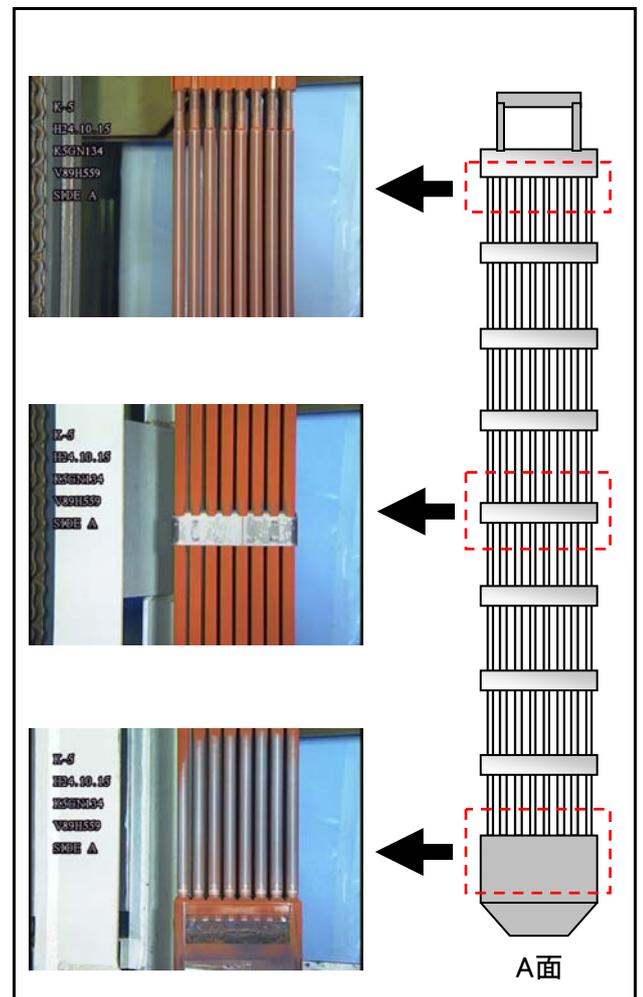
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

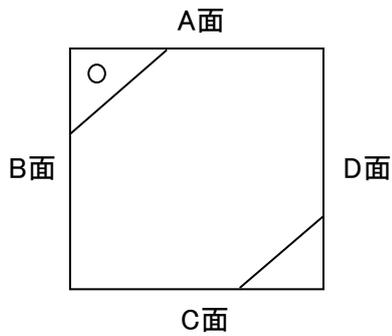
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H562
燃料集合体番号	K5G13

チャンネルボックス欠損状況

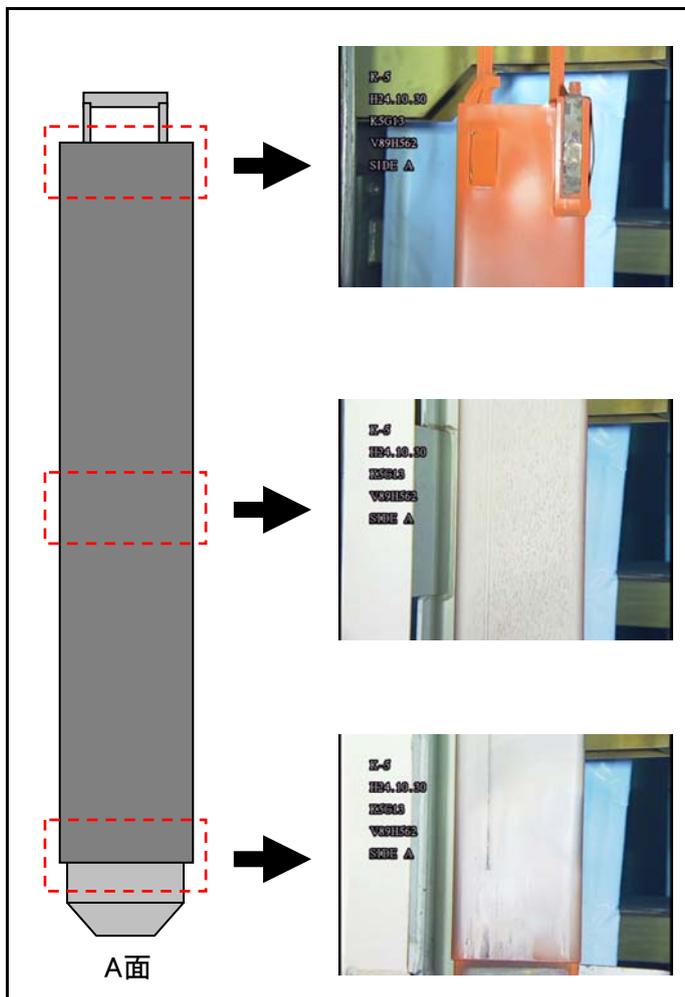


【A面】 欠損部長さ: 約10mm



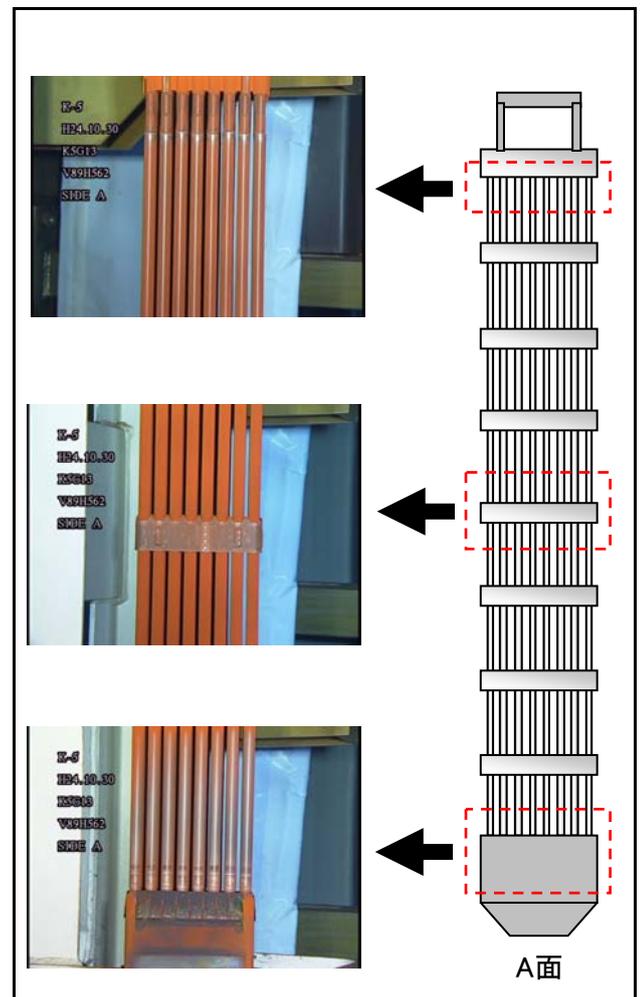
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

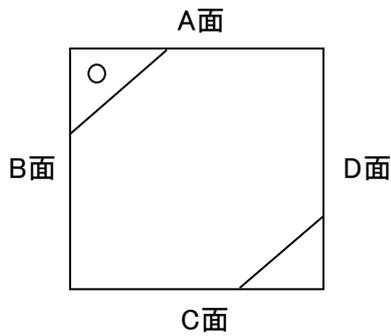
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H564
燃料集合体番号	K5G6

チャンネルボックス欠損状況

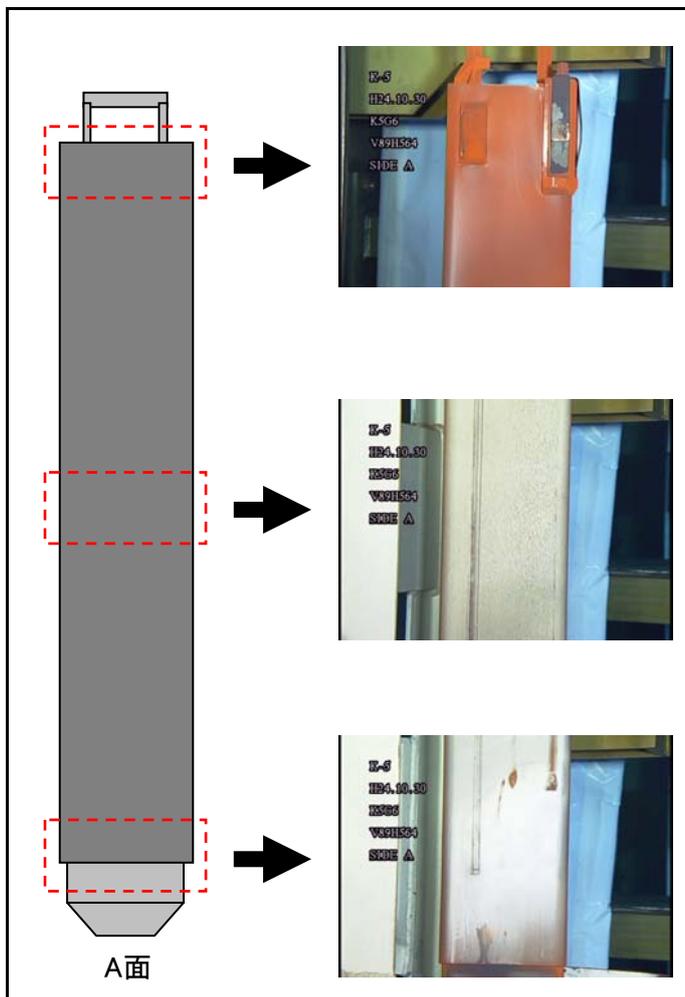


【A面】 欠損部長さ: 約11mm



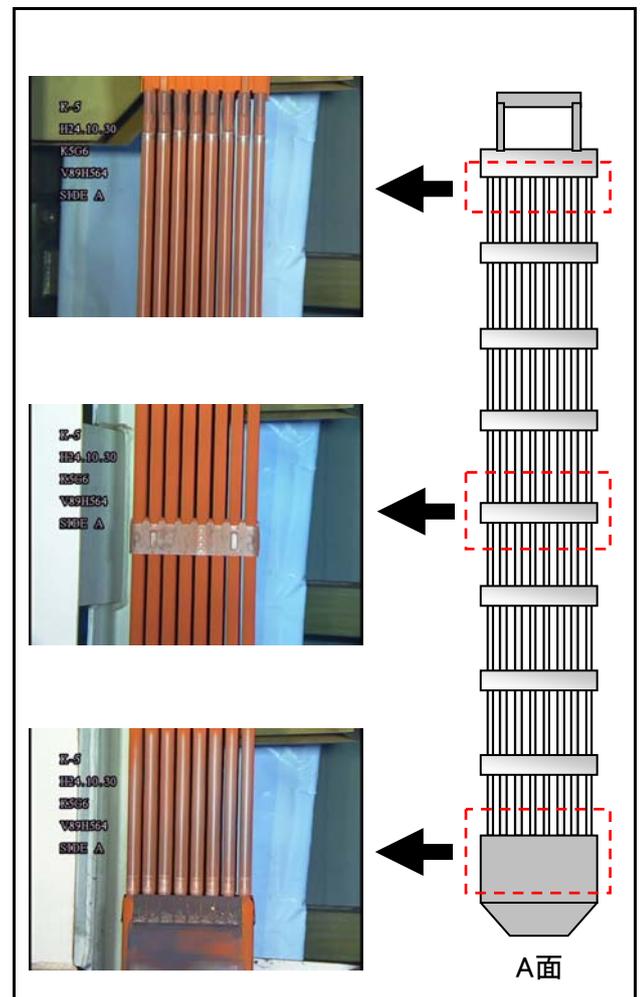
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

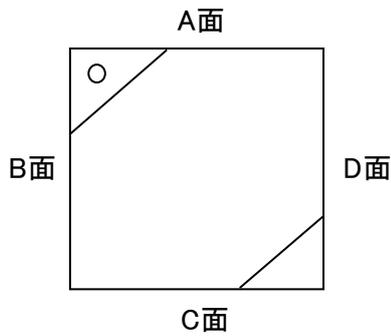
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H566
燃料集合体番号	K5E13

チャンネルボックス欠損状況

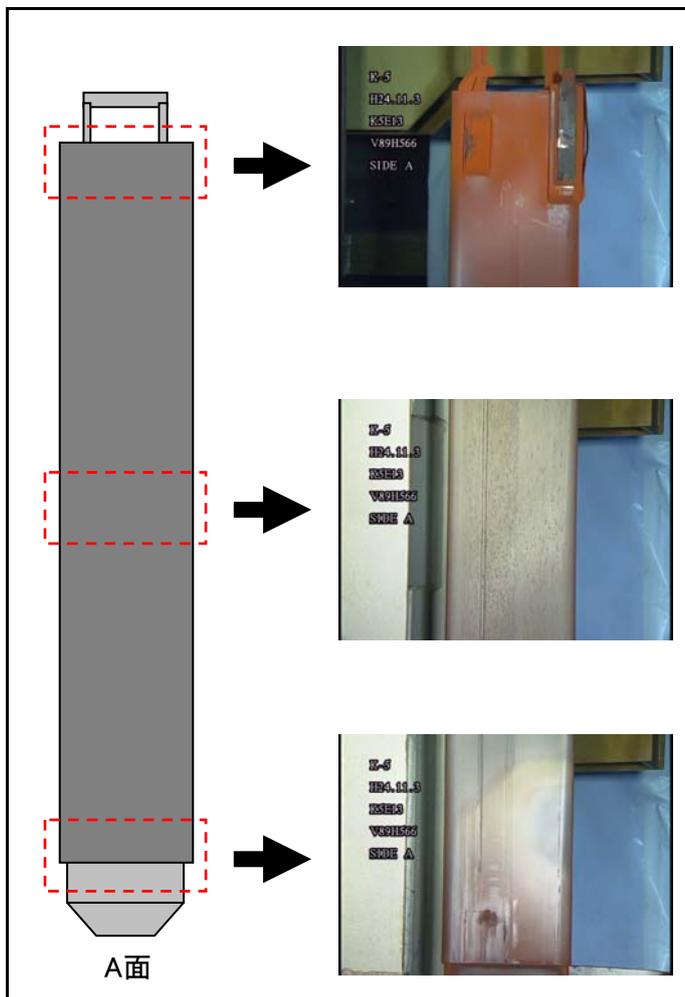


【C面】 欠損部長さ: 約11mm



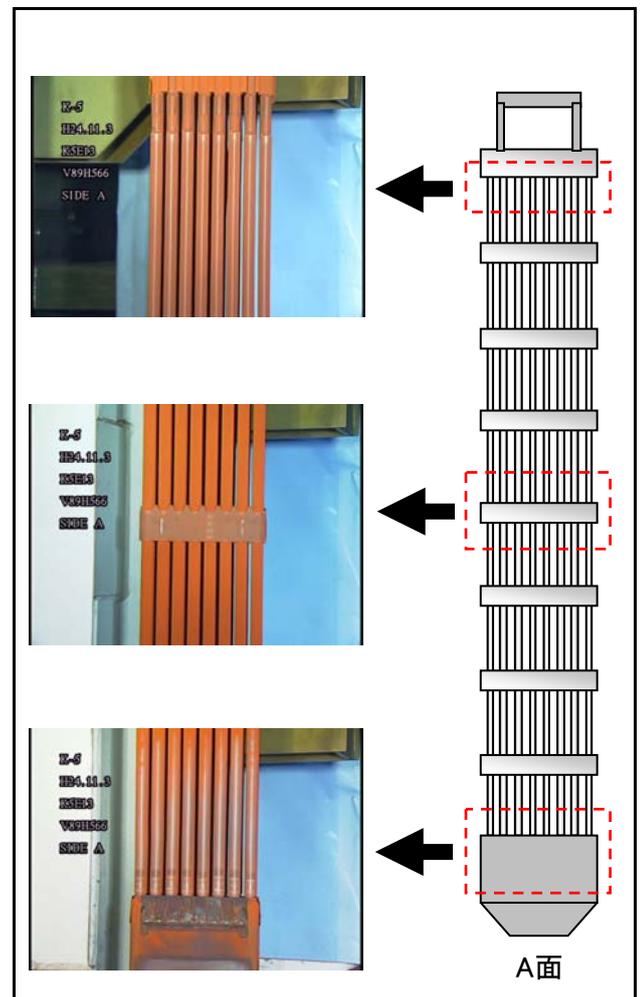
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

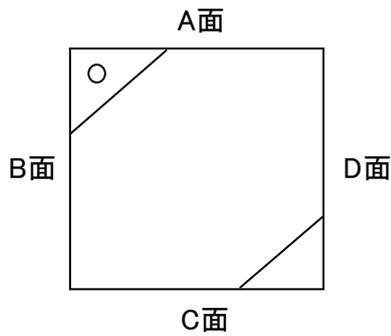


※ウォータ・ロッド上、下部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H568
燃料集合体番号	K5GN122

チャンネルボックス欠損状況

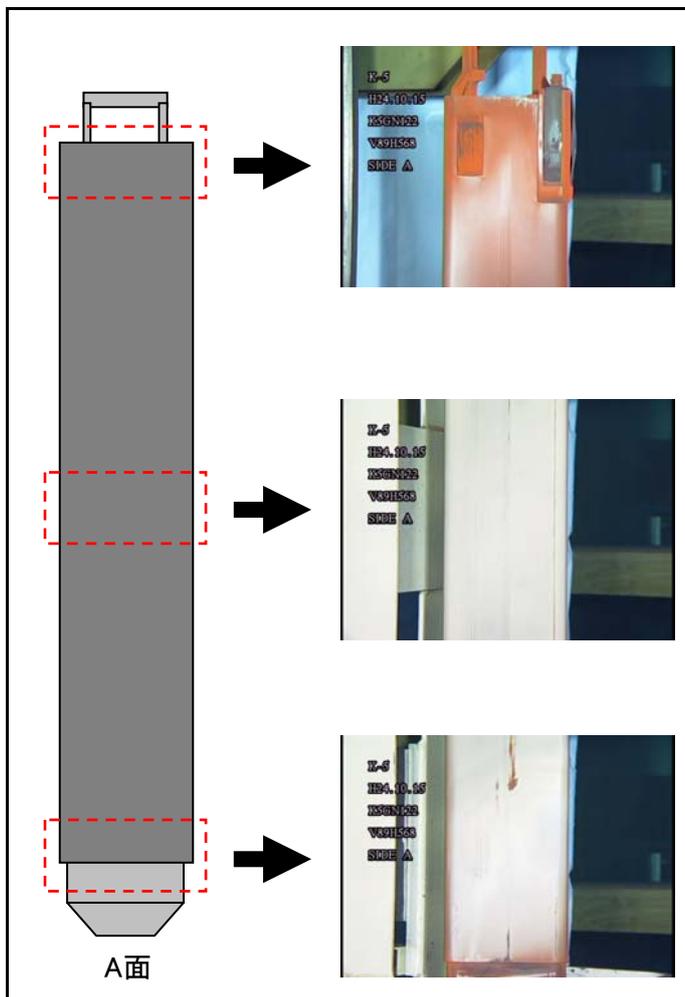


【C面】 欠損部長さ: 約10mm



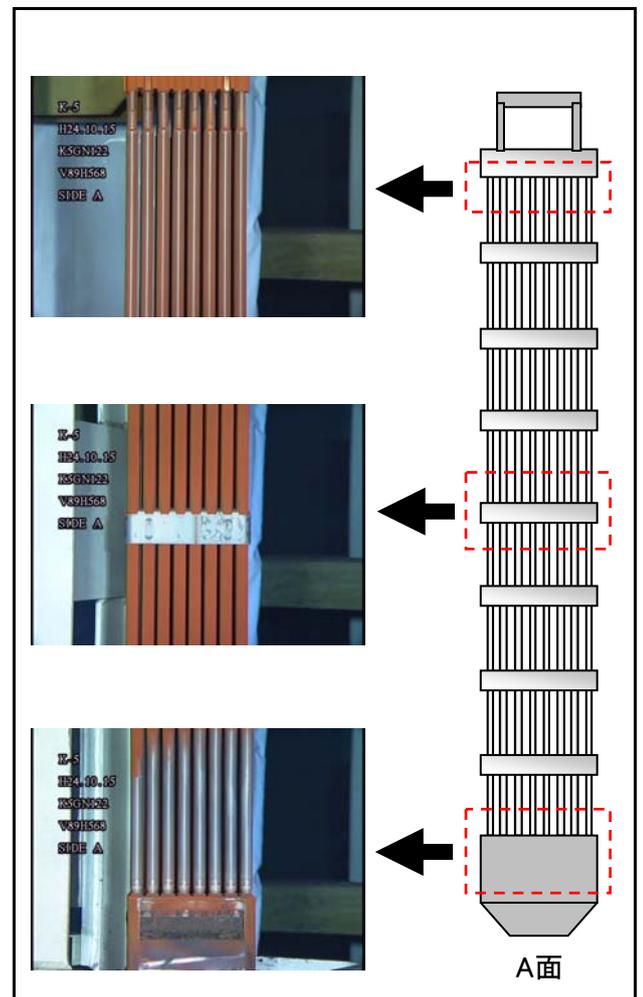
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

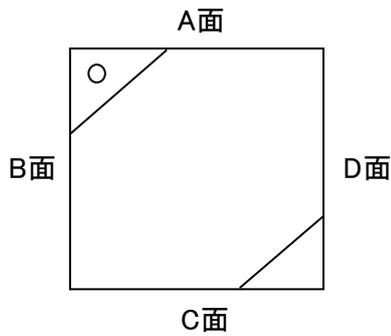
点検結果	異常なし
------	------



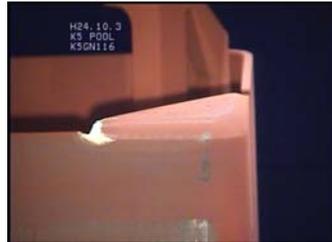
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H569
燃料集合体番号	K5GN116

チャンネルボックス欠損状況

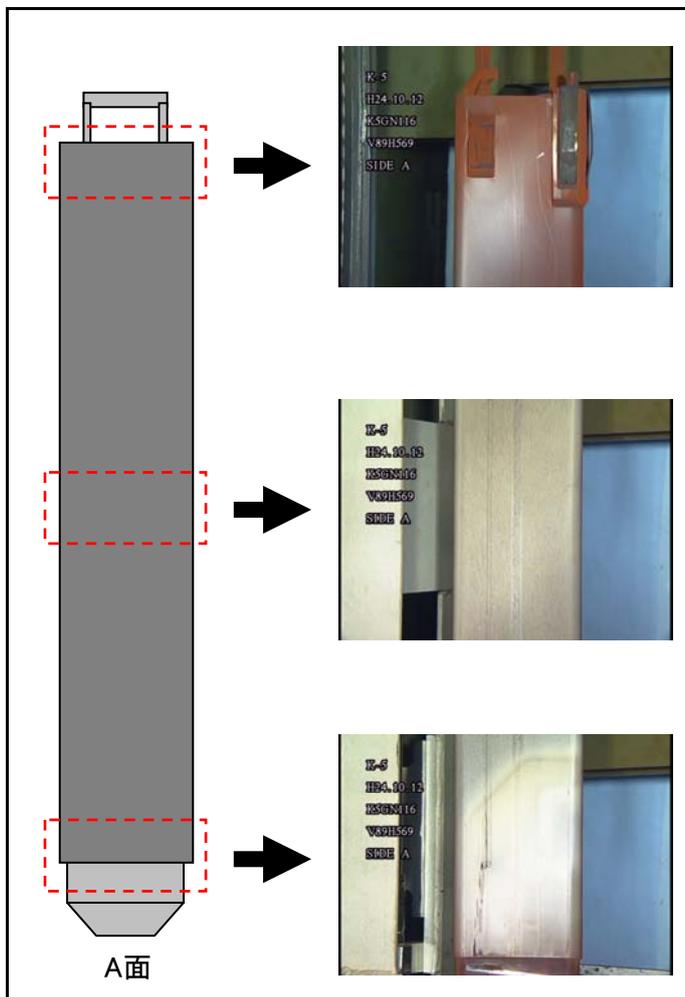


【C面】 欠損部長さ: 約12mm



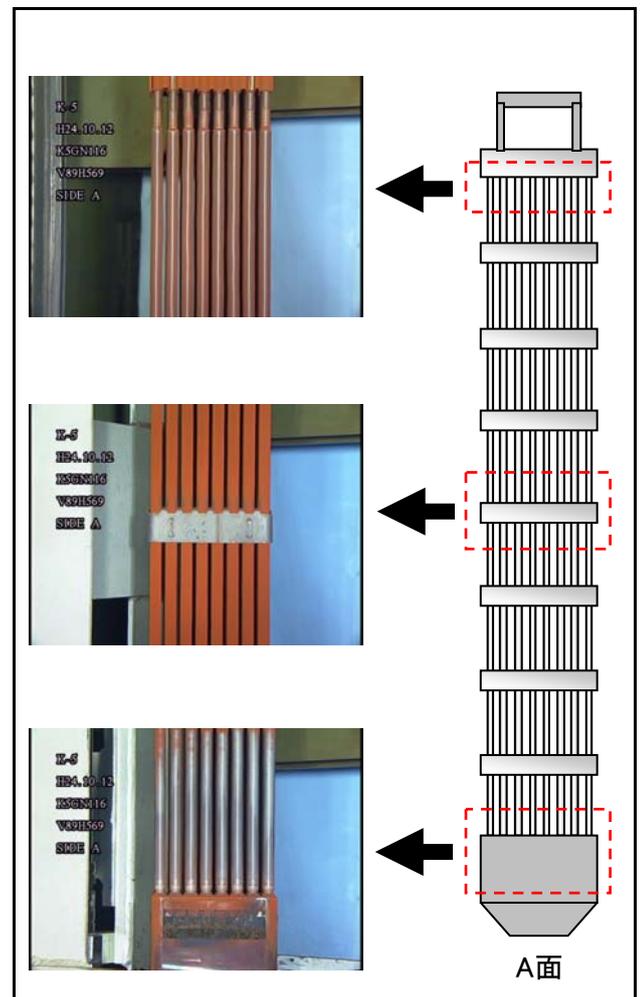
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

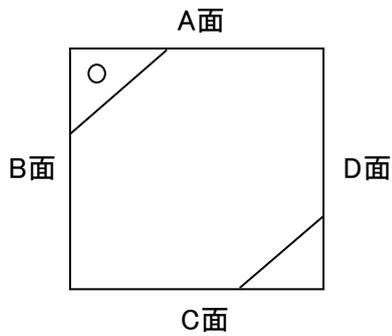
点検結果	異常なし
------	------



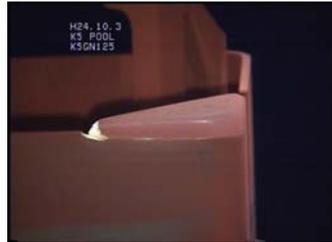
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H570
燃料集合体番号	K5GN125

チャンネルボックス欠損状況

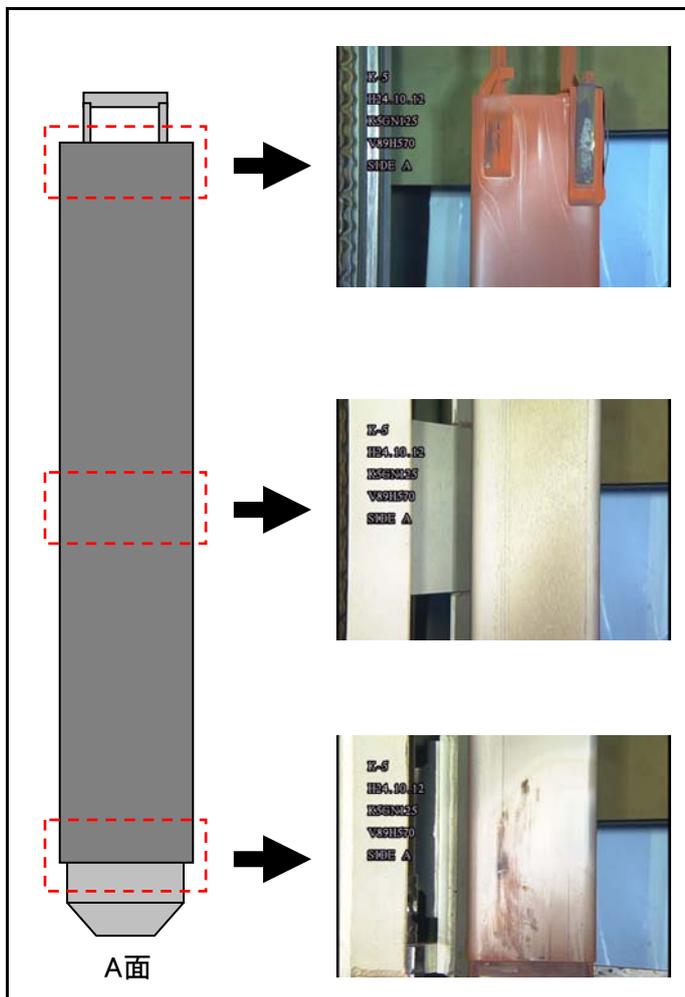


【C面】 欠損部長さ: 約8mm



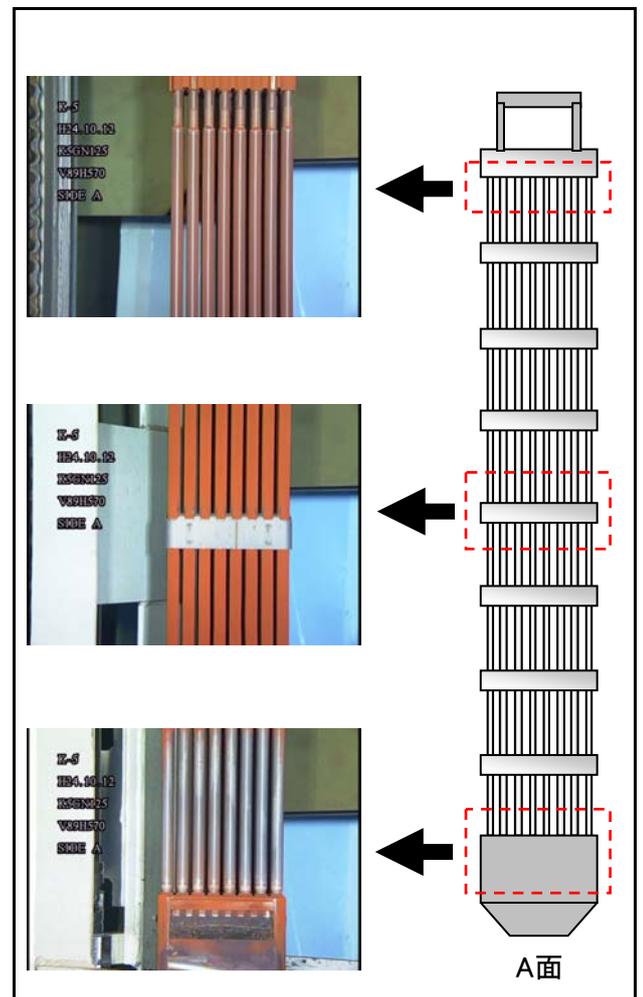
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

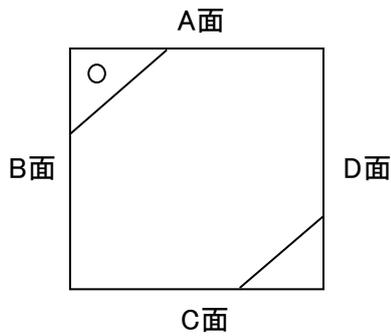
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H572
燃料集合体番号	K5Y218

チャンネルボックス欠損状況

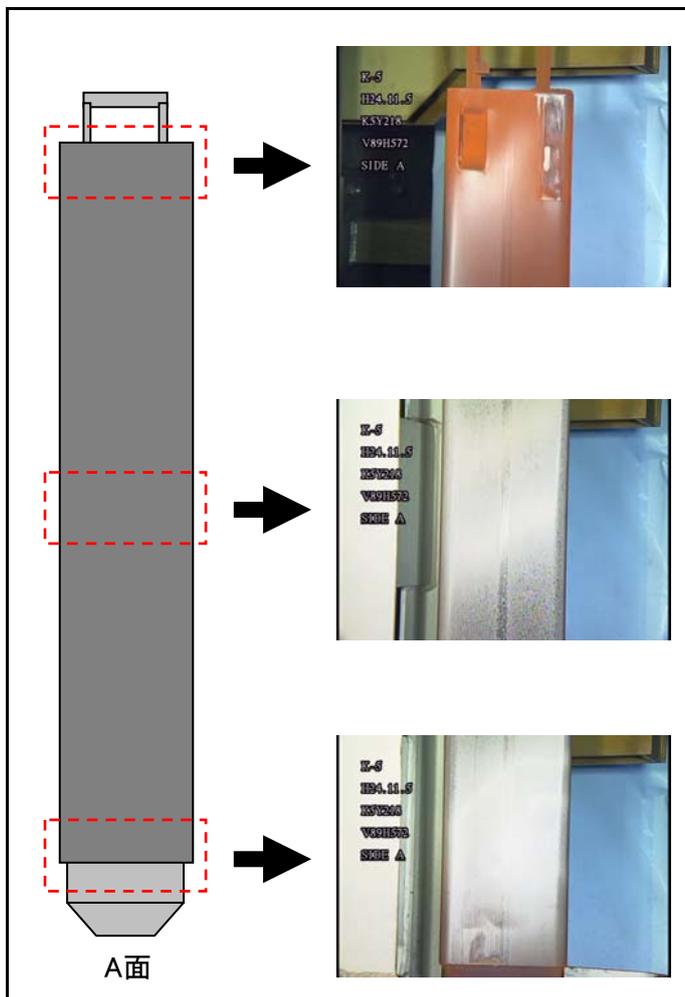


【C面】 欠損部長さ: 約14mm



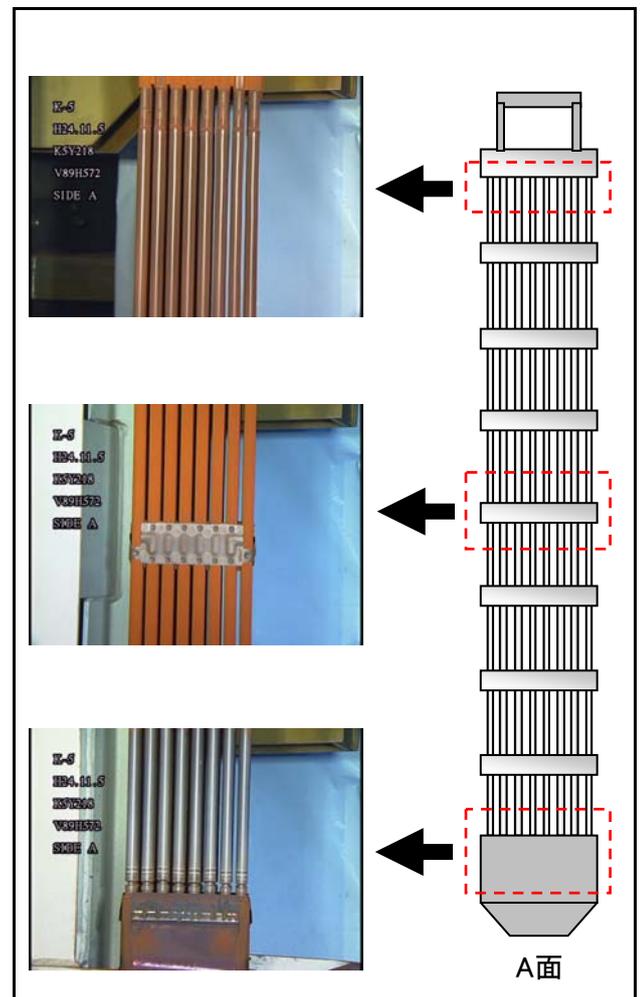
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

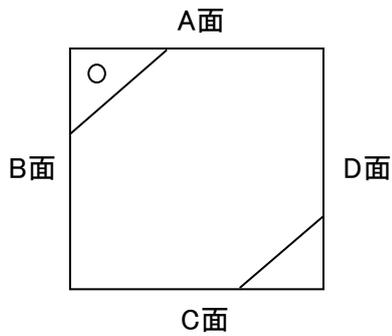
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H579
燃料集合体番号	K5GN129

チャンネルボックス欠損状況

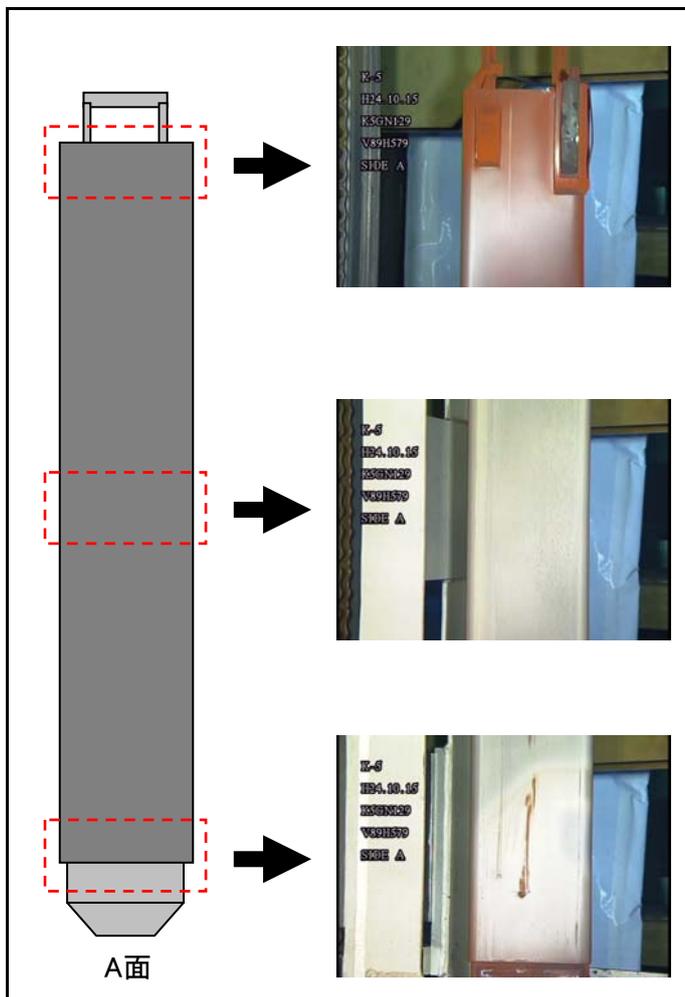


【A面】 欠損部長さ: 約12mm



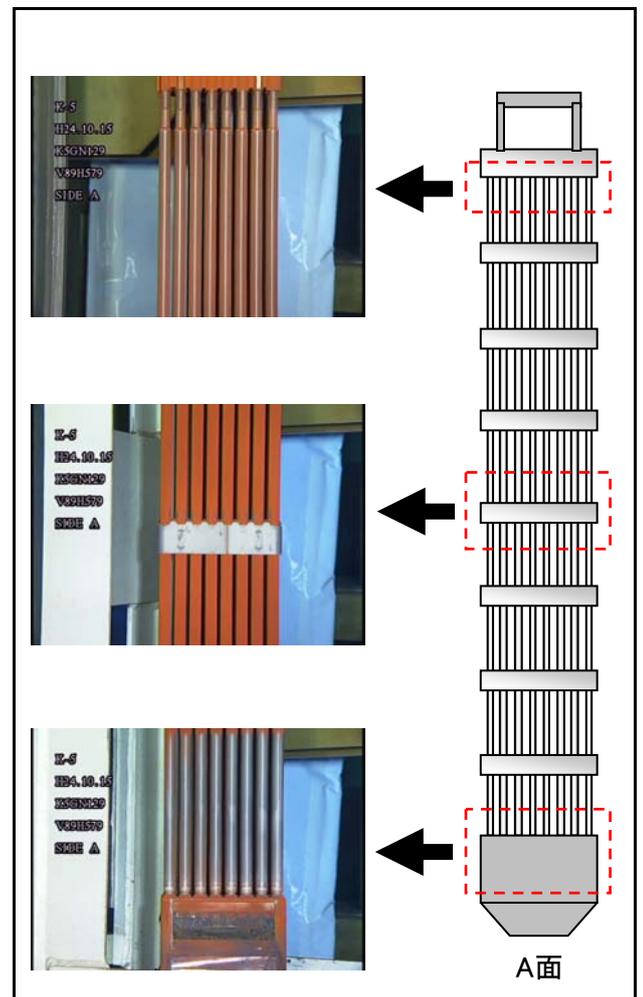
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

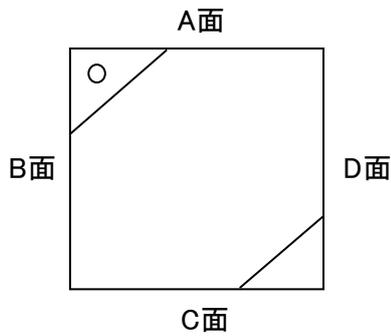
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H590
燃料集合体番号	K5D20

チャンネルボックス欠損状況

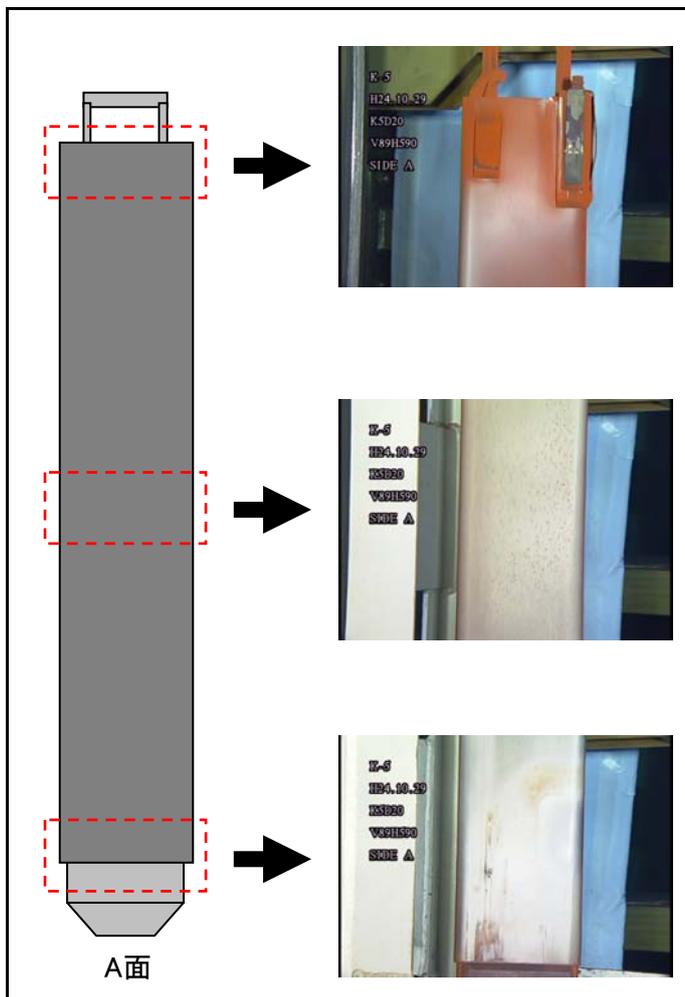


【A面】欠損部長さ:約12mm



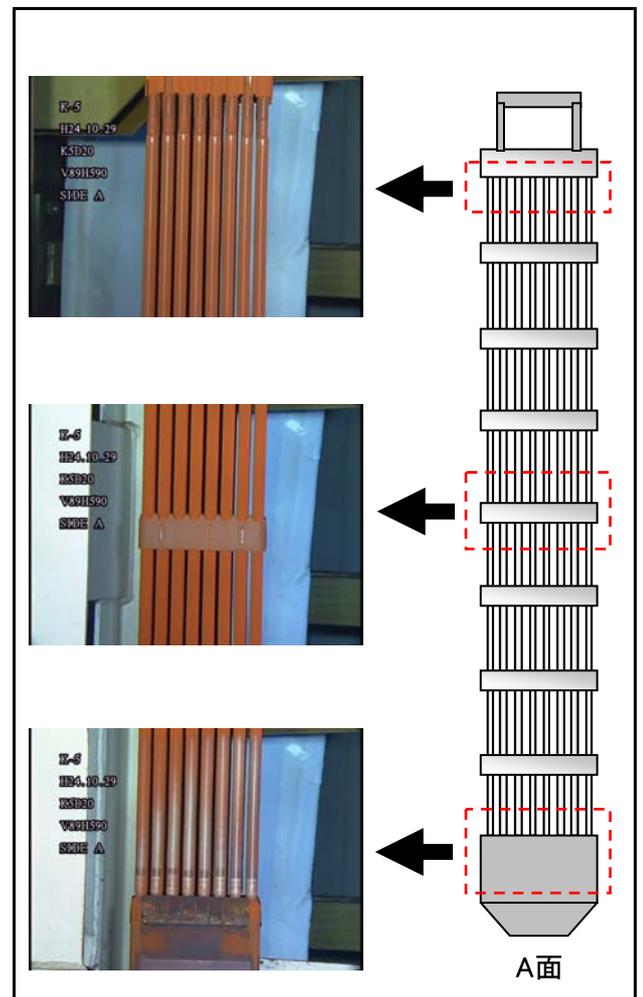
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

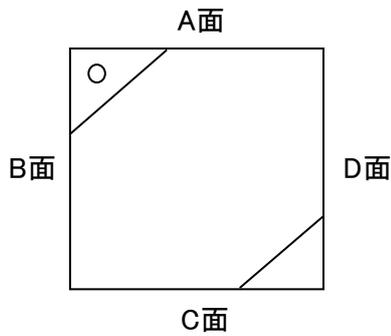


※ウォータ・ロッド上部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H593
燃料集合体番号	K5C11

チャンネルボックス欠損状況

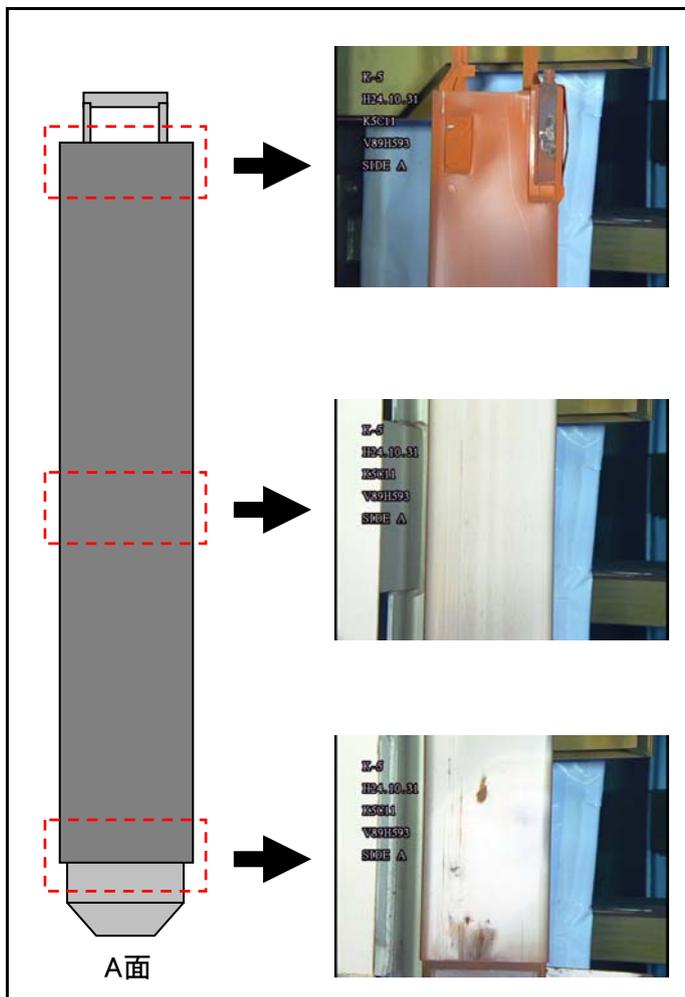


【C面】 欠損部長さ: 約12mm



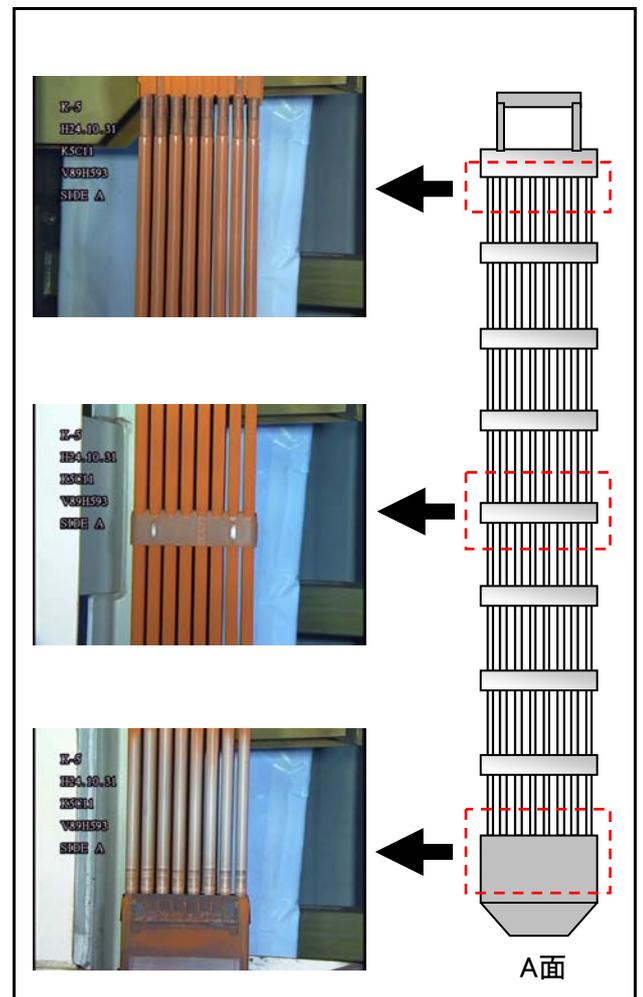
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

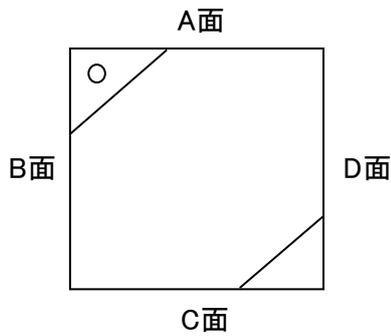
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H594
燃料集合体番号	K5D2

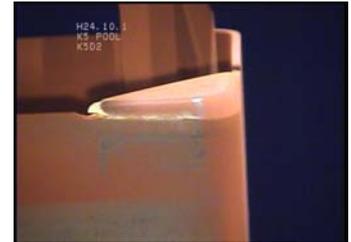
チャンネルボックス欠損状況



【A面】 欠損部長さ: 約11mm

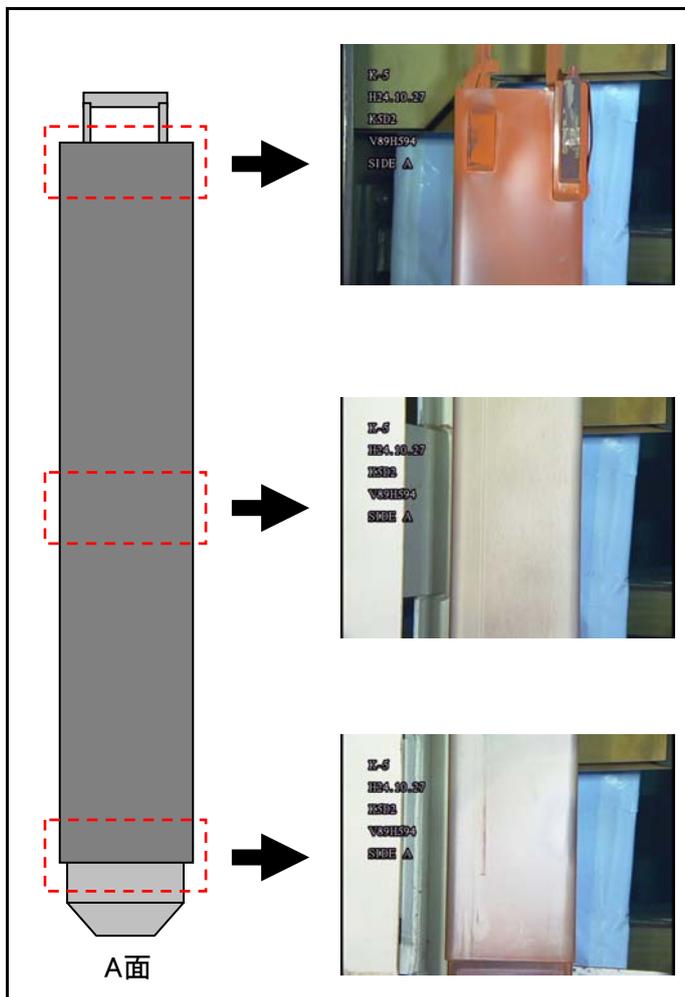


【C面】 欠損部長さ: 約12mm



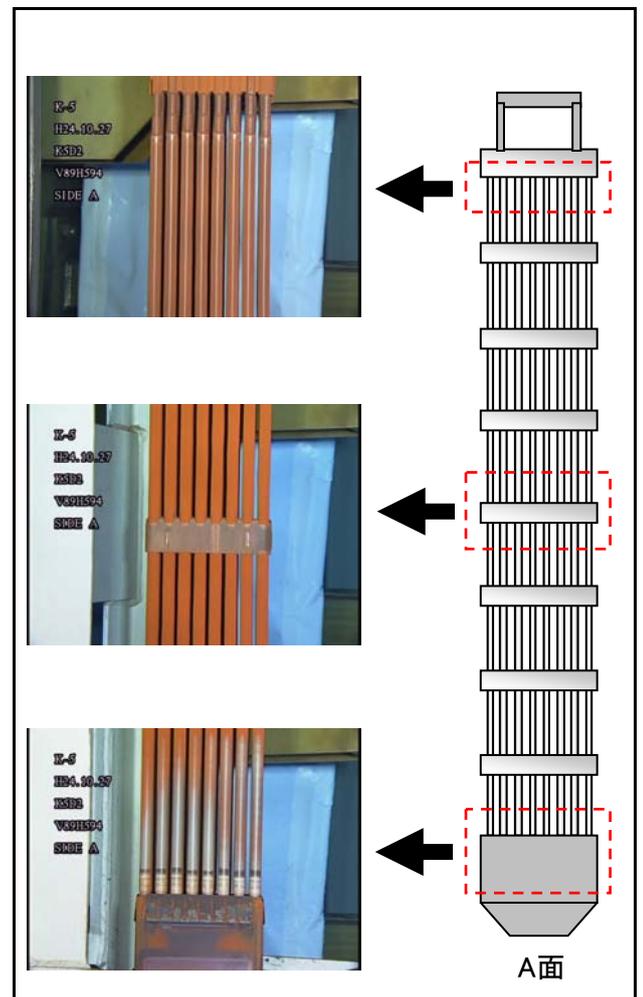
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

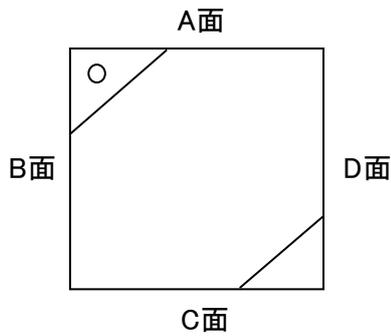
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H595
燃料集合体番号	K5E24

チャンネルボックス欠損状況



【A面】 欠損部長さ: 約10mm

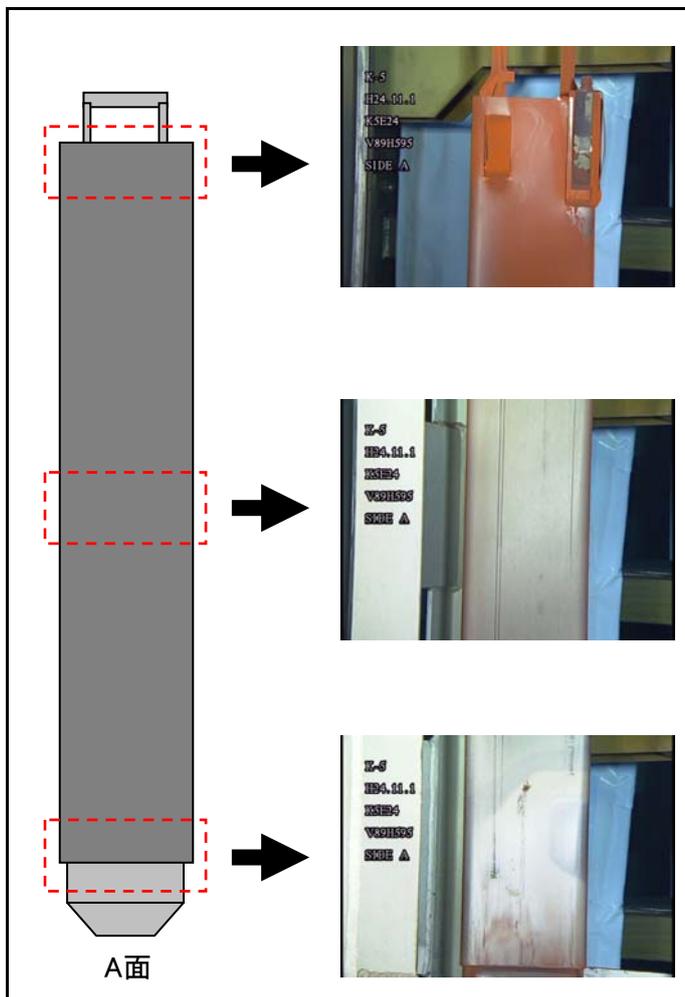


【C面】 欠損部長さ: 約16mm



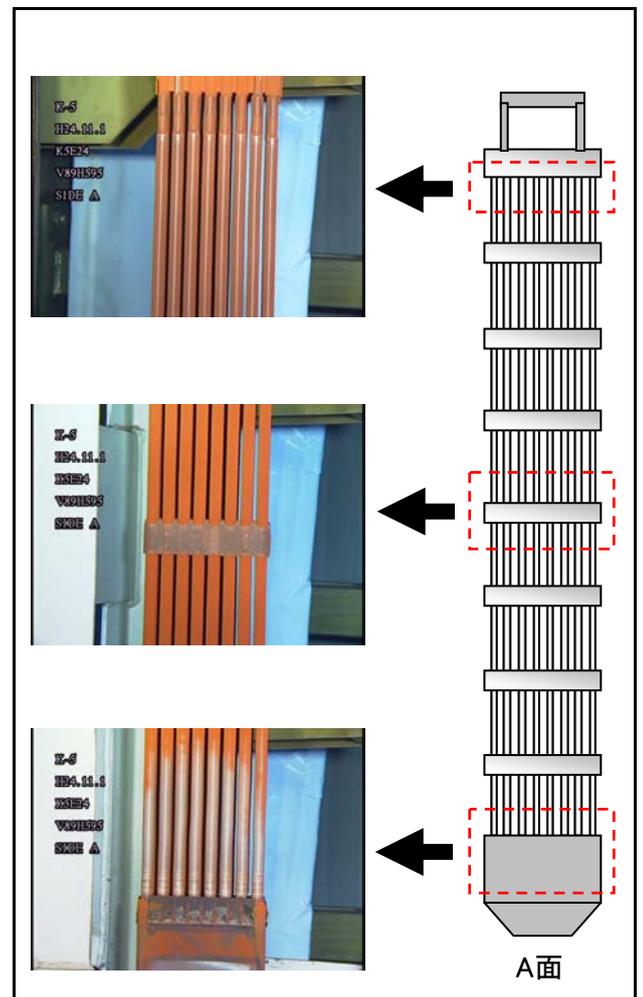
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

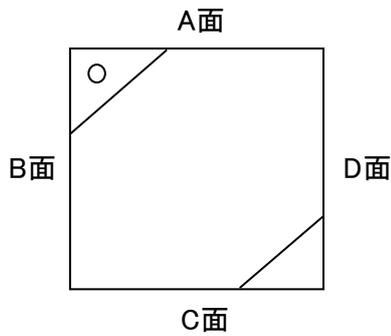


※ウォータ・ロッド上、下部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H597
燃料集合体番号	K5E51

チャンネルボックス欠損状況

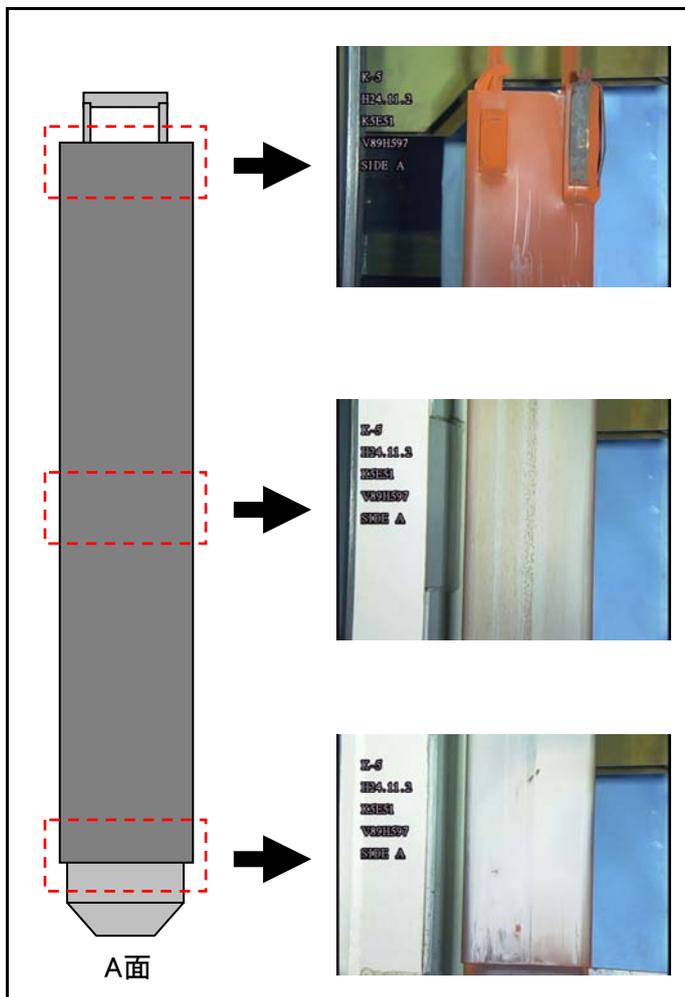


【A面】 欠損部長さ: 約12mm



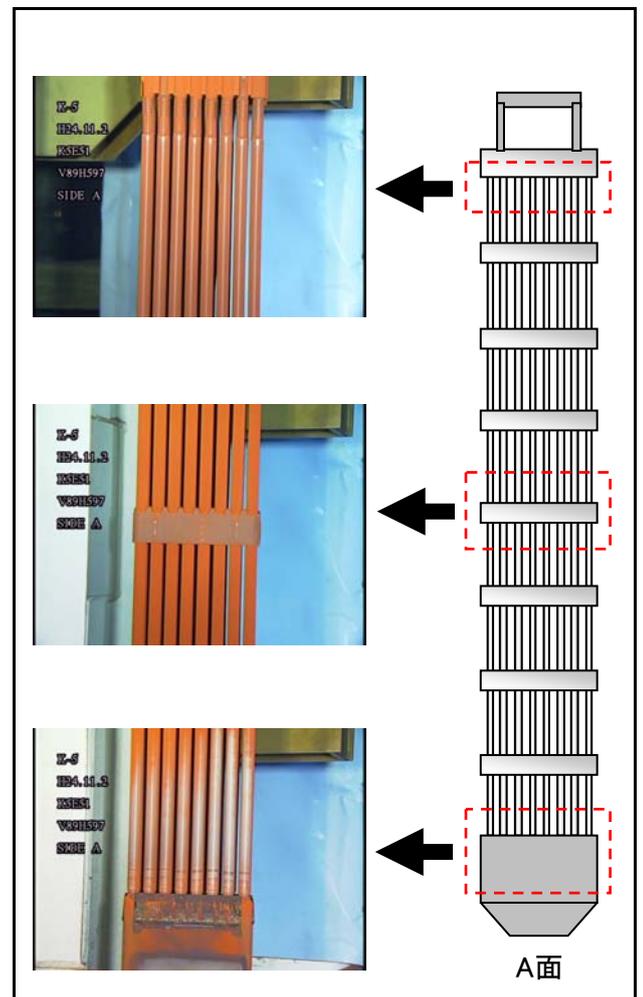
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

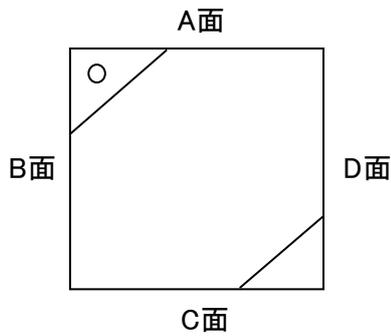


※ウォーター・ロッド上、下部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H636
燃料集合体番号	K5D28

チャンネルボックス欠損状況

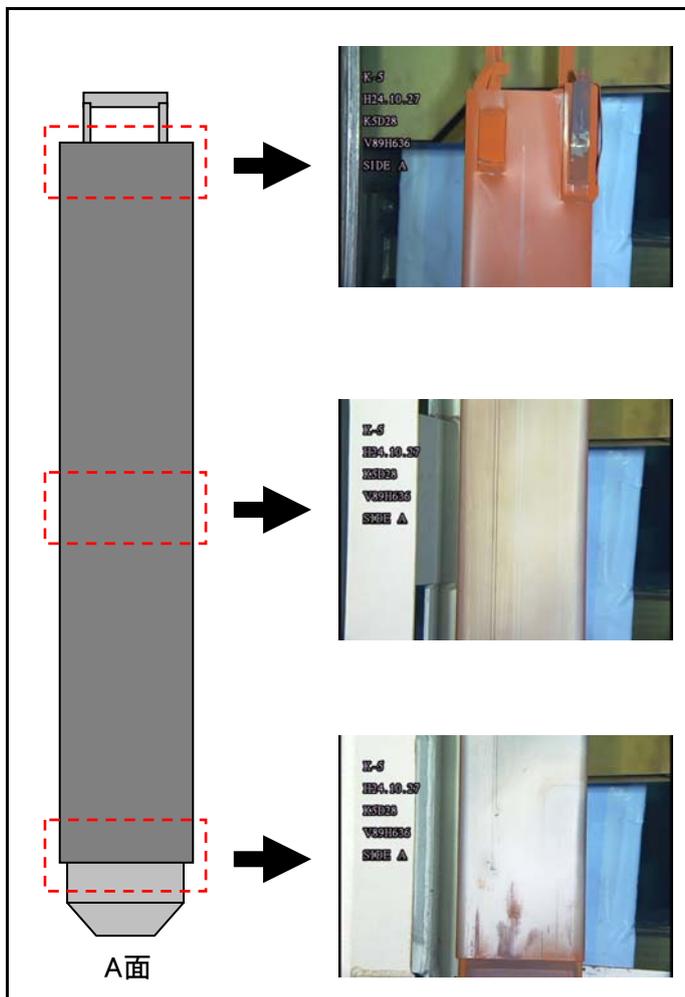


【D面】 欠損部長さ: 約8mm



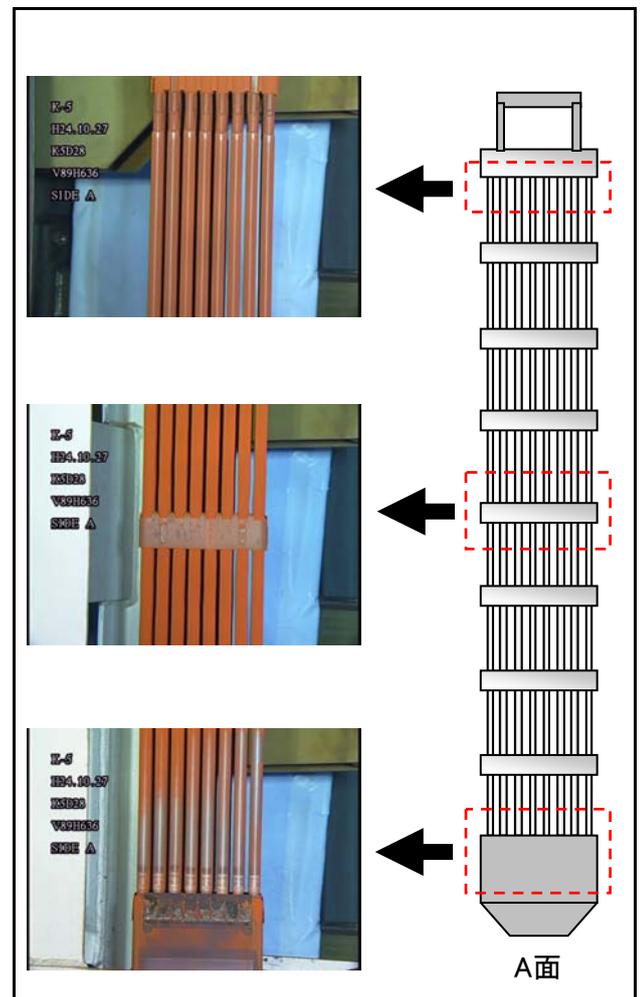
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

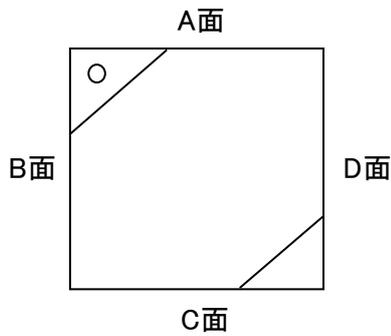


※ウォータ・ロッド上部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H637
燃料集合体番号	K5C149

チャンネルボックス欠損状況

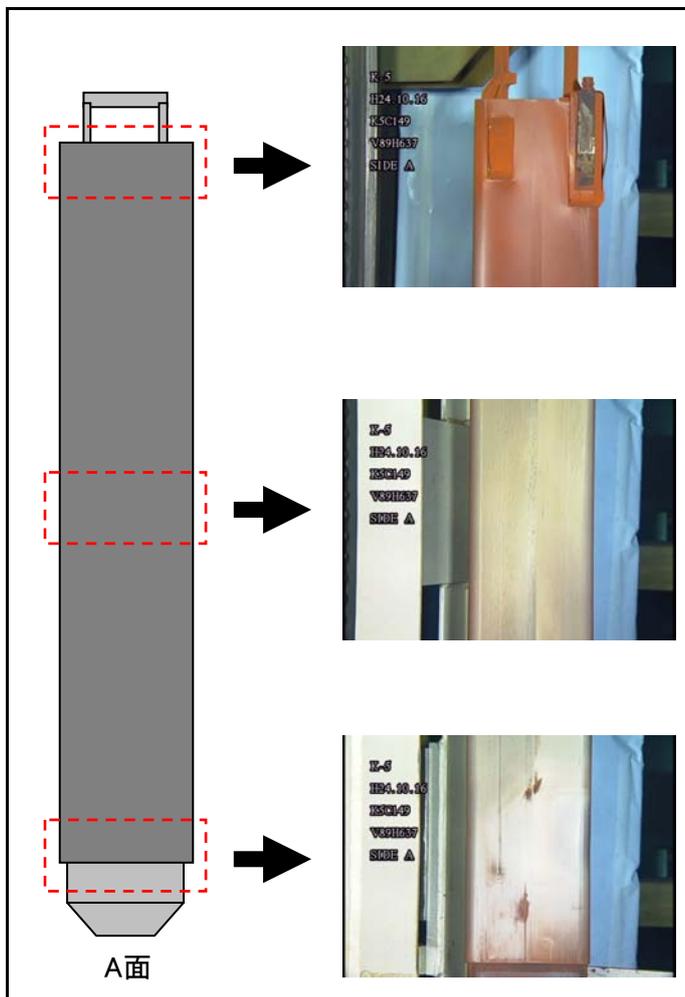


【C面】 欠損部長さ: 約9mm



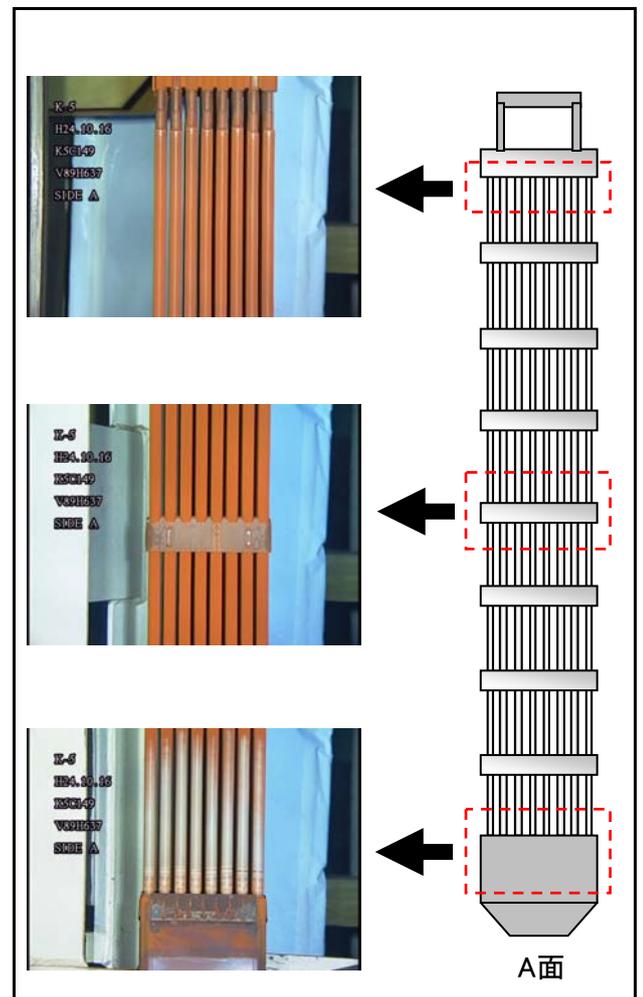
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

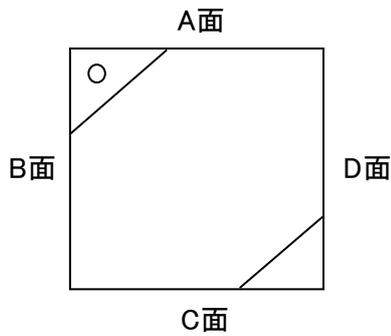
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H639
燃料集合体番号	K5E34

チャンネルボックス欠損状況

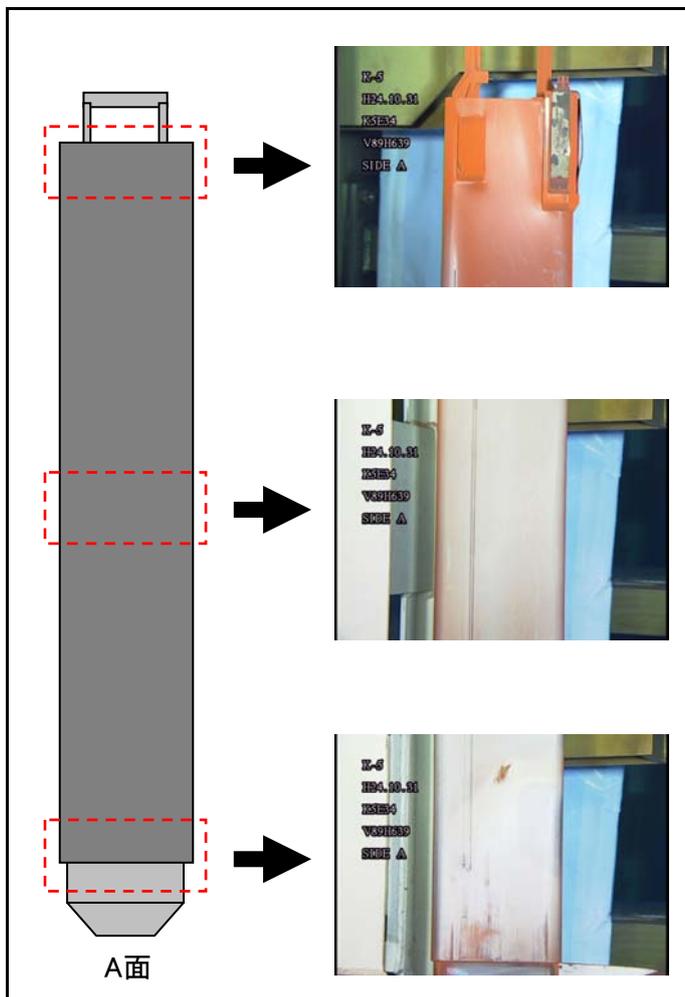


【B面】 欠損部長さ: 約12mm



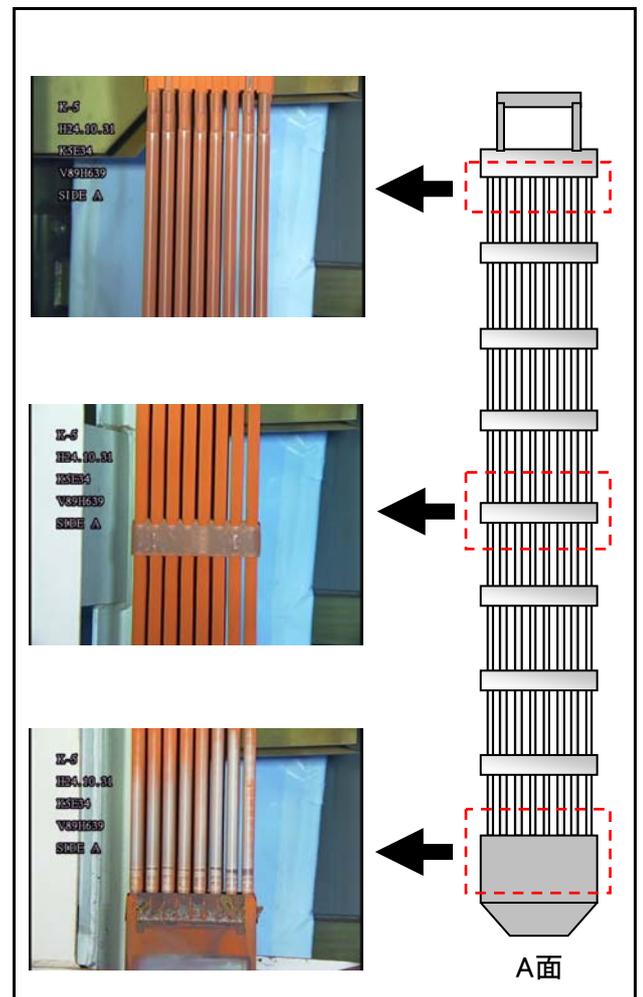
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

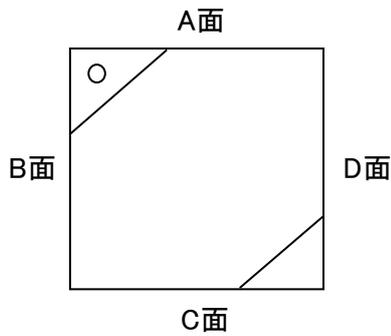


※ウォータ・ロッド下部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H640
燃料集合体番号	K5D108

チャンネルボックス欠損状況

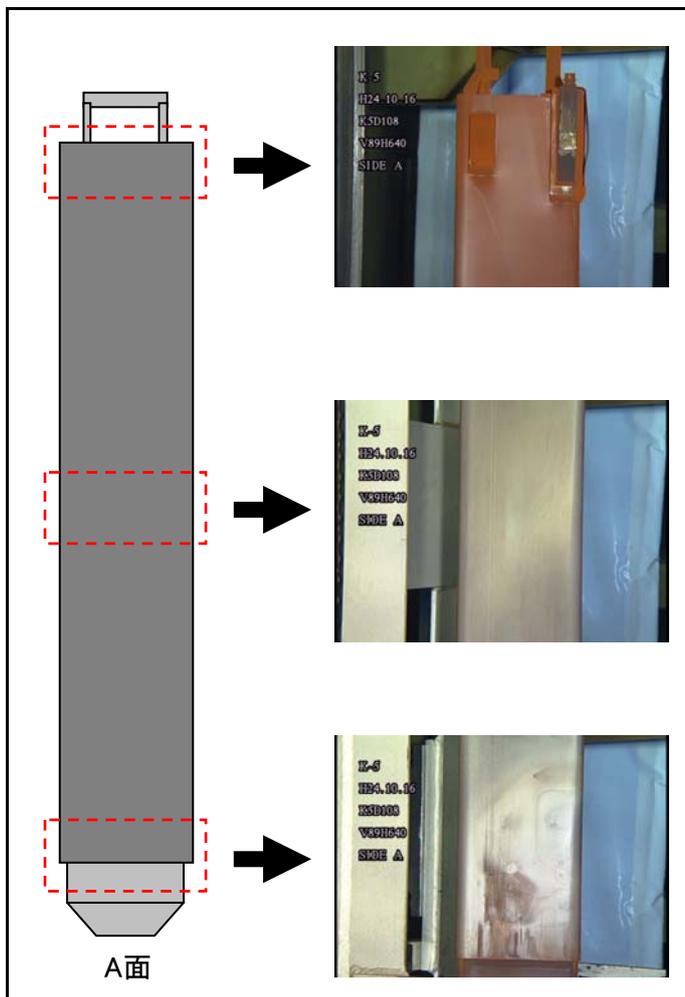


【C面】欠損部長さ:約11mm



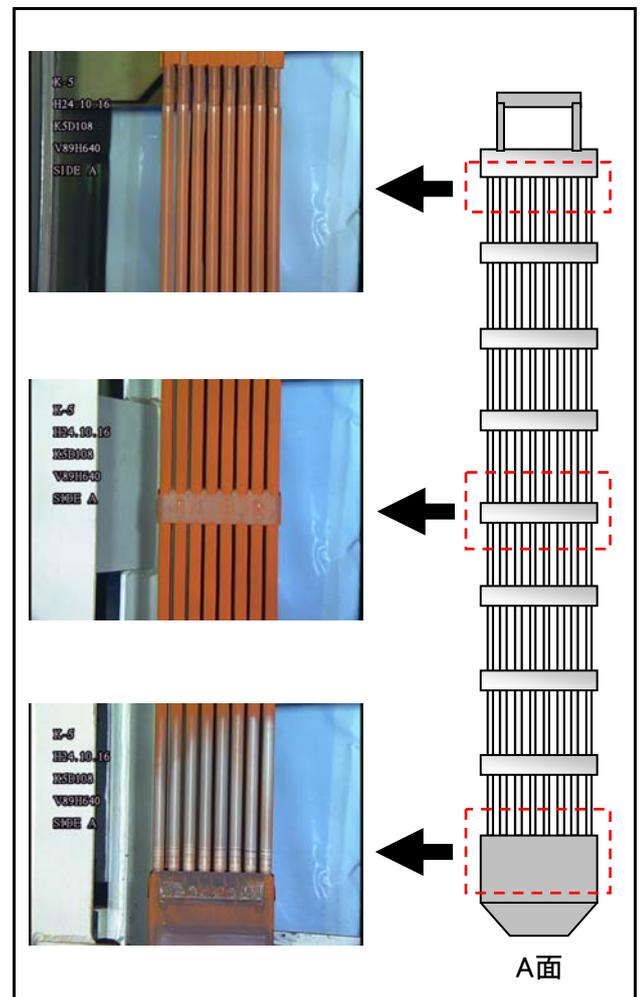
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

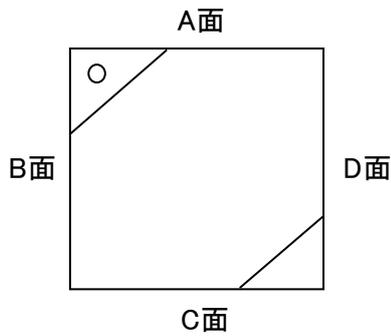


※ウォータ・ロッド上部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H642
燃料集合体番号	K5E39

チャンネルボックス欠損状況

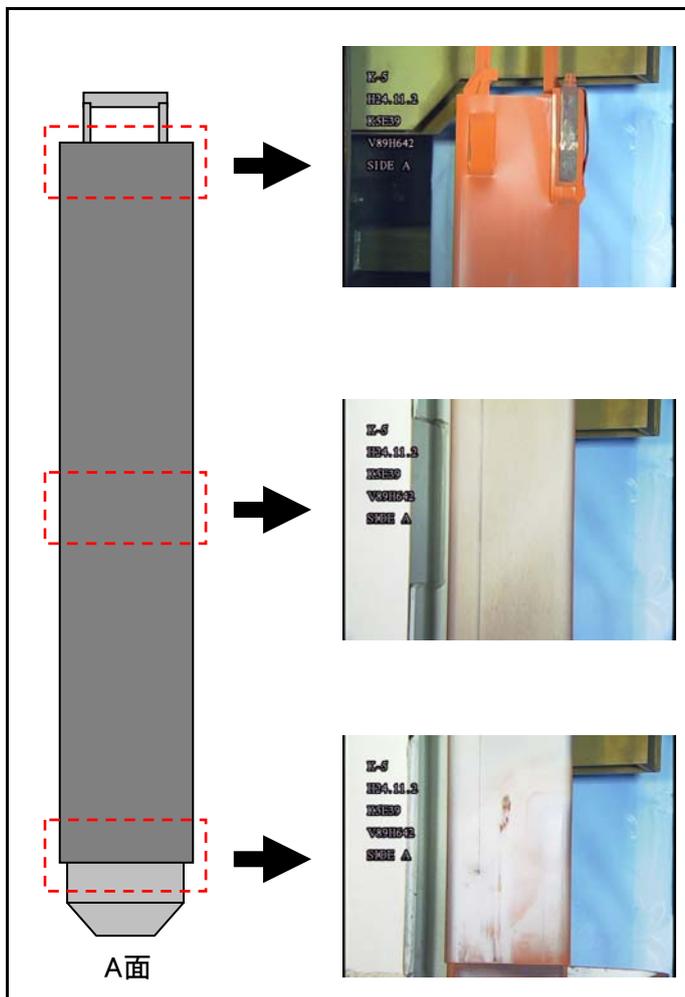


【B面】 欠損部長さ: 約14mm



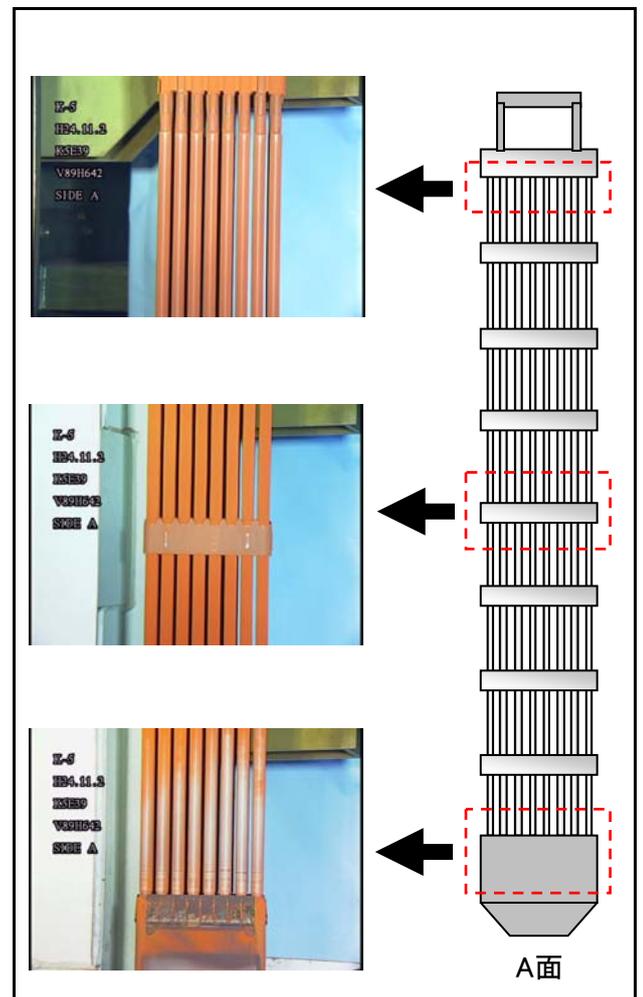
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

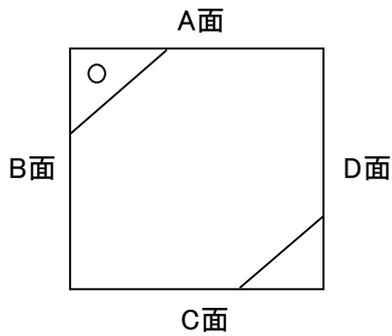


※ウォータ・ロッド上、下部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H676
燃料集合体番号	K5E31

チャンネルボックス欠損状況

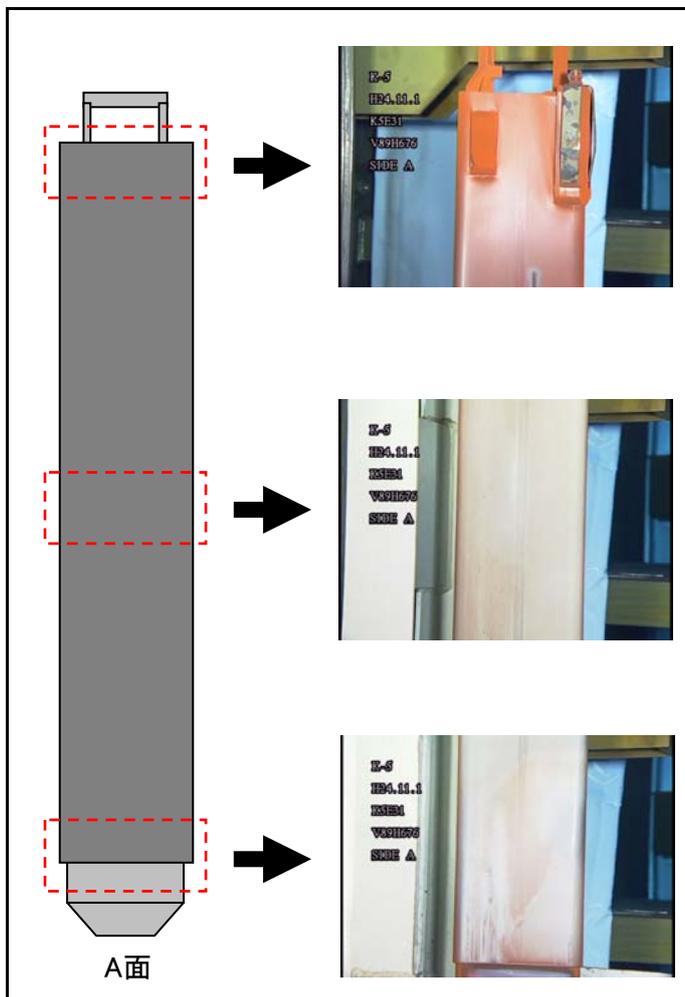


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



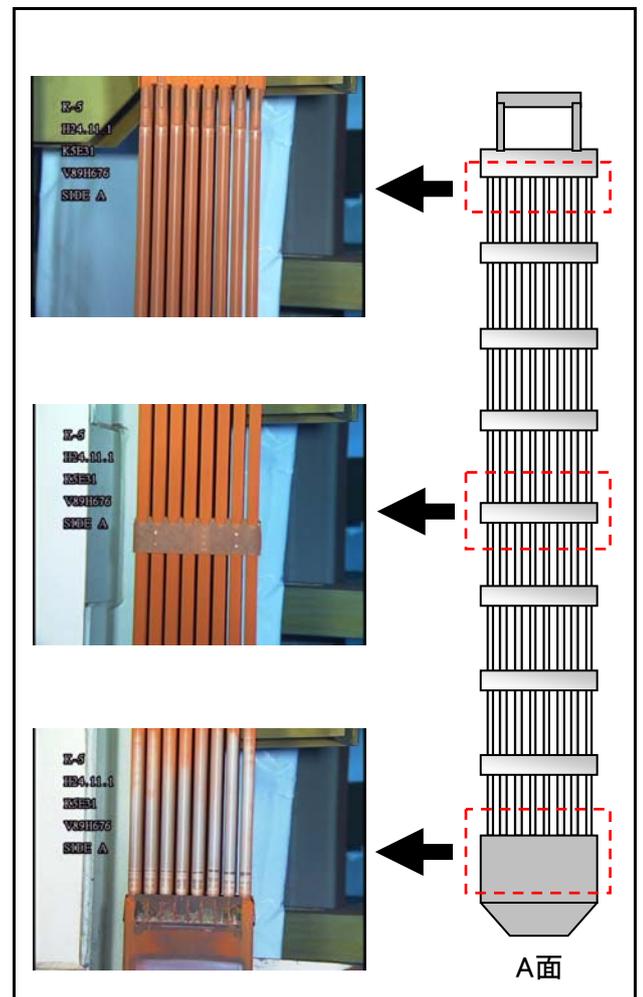
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

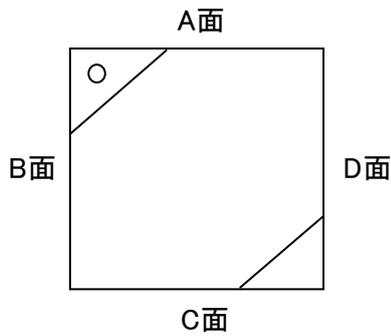


※ウォーター・ロッド下部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H682
燃料集合体番号	K5E55

チャンネルボックス欠損状況

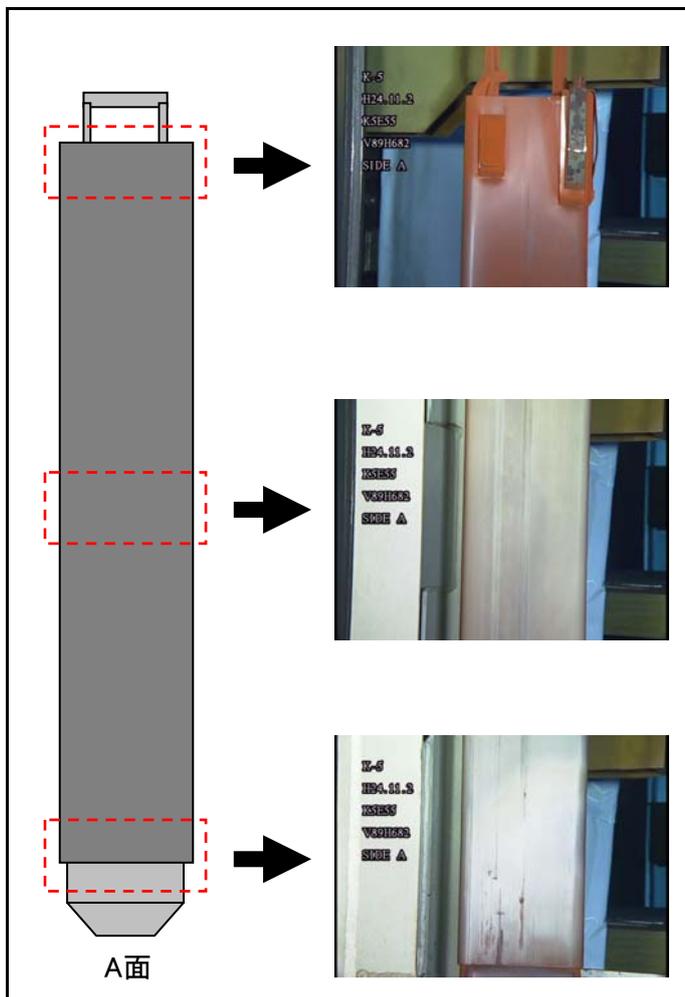


【B面】 欠損部長さ: 約11mm



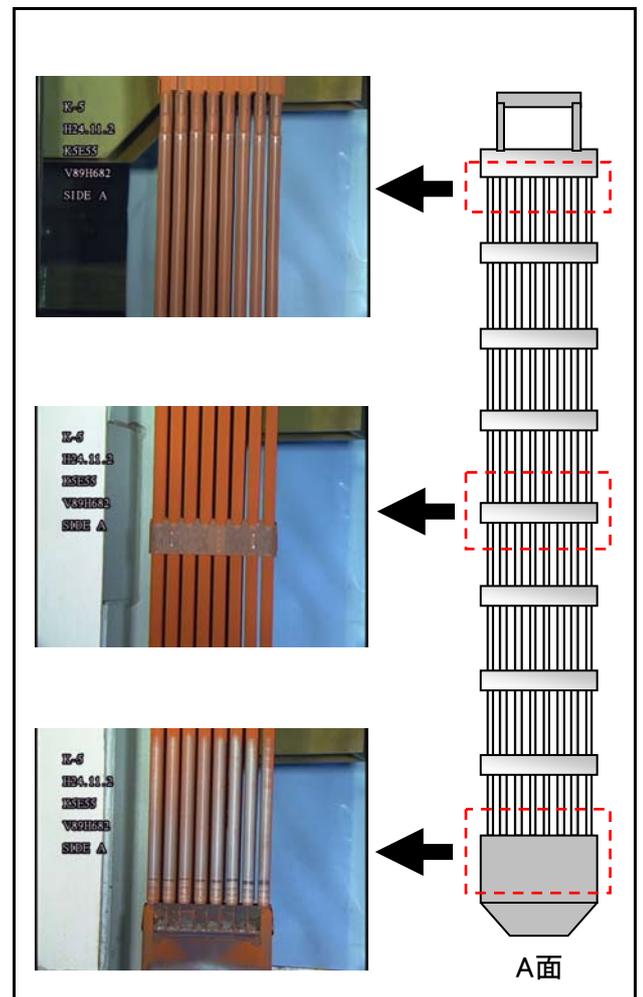
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

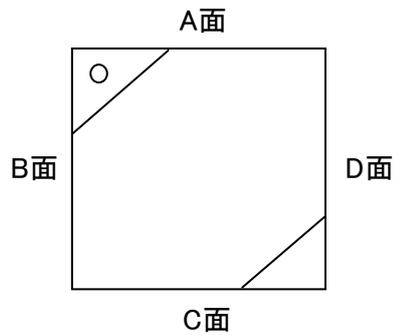


※ウォータ・ロッド下部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H683
燃料集合体番号	K5D14

チャンネルボックス欠損状況

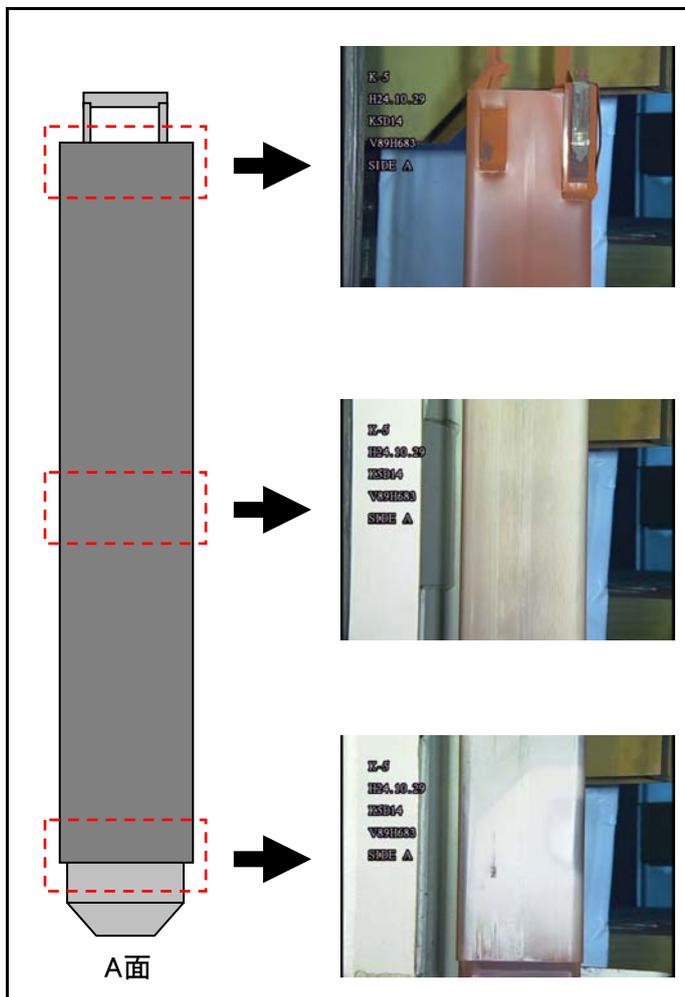


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



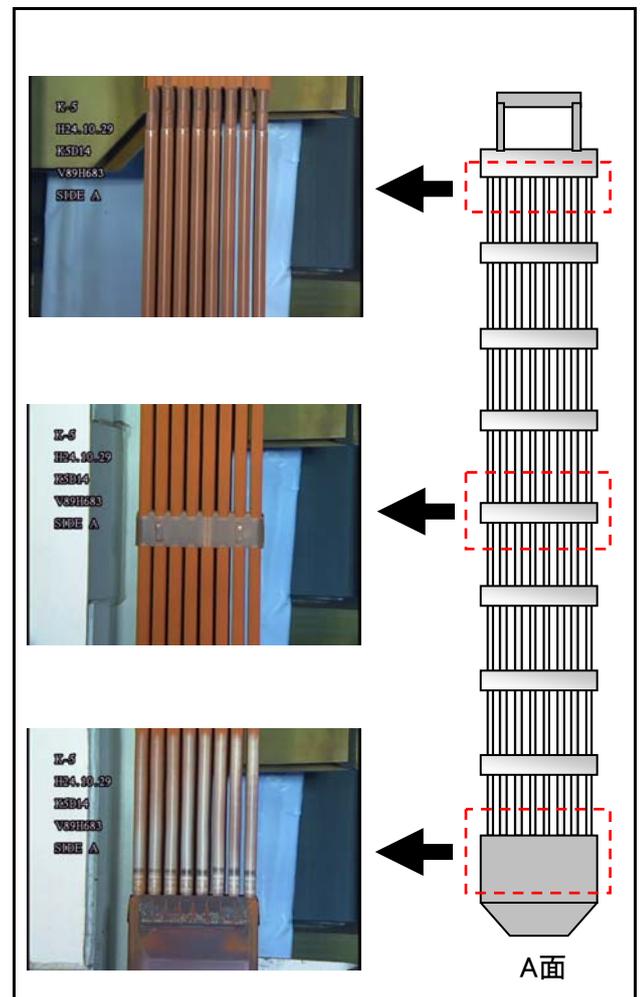
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

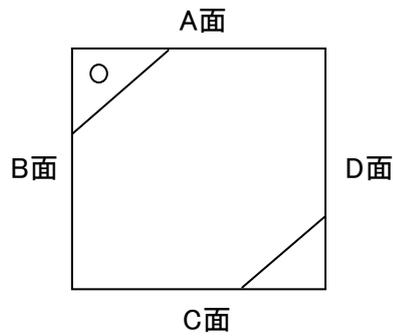


※ウォータ・ロッド上部に曲がり確認

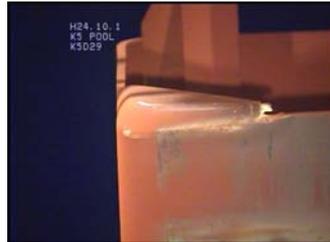
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H692
燃料集合体番号	K5D29

チャンネルボックス欠損状況

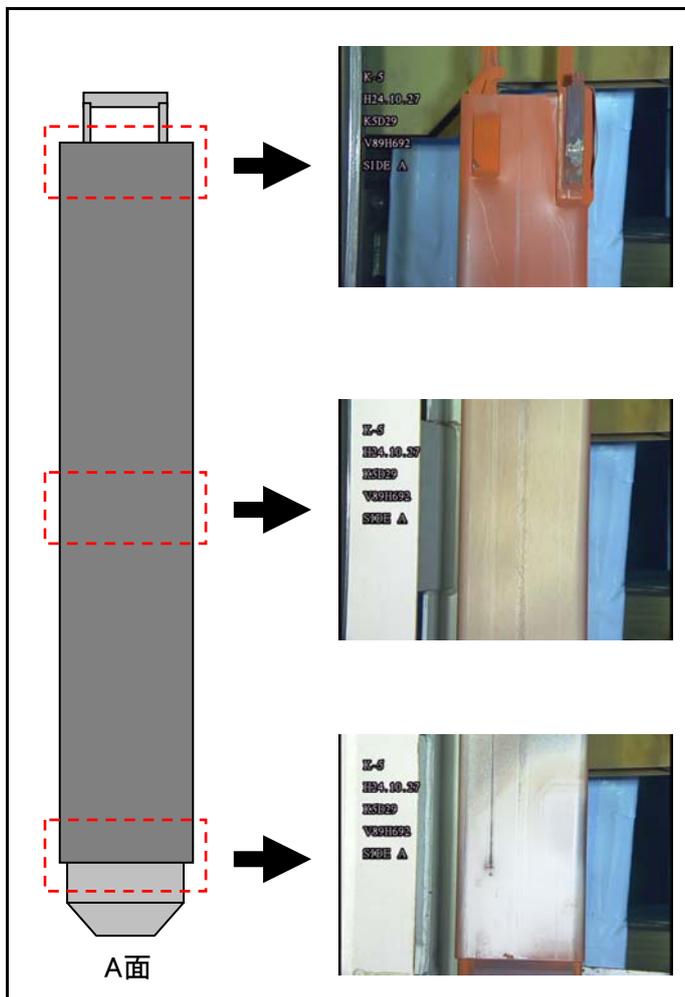


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



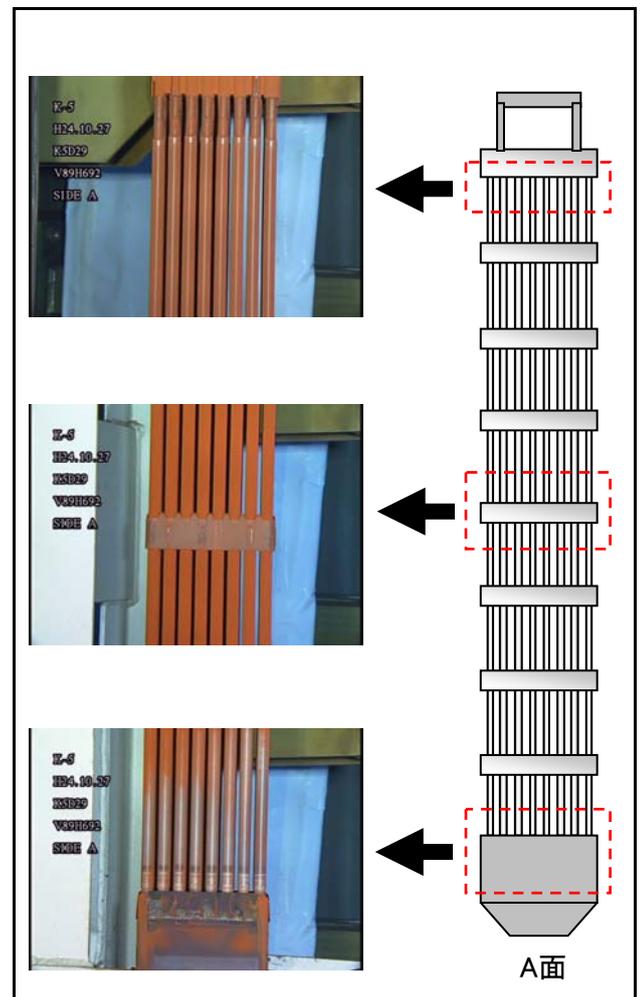
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

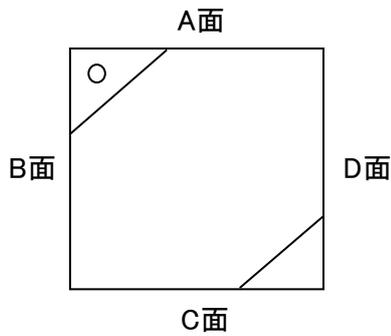
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H709
燃料集合体番号	K5E57

チャンネルボックス欠損状況

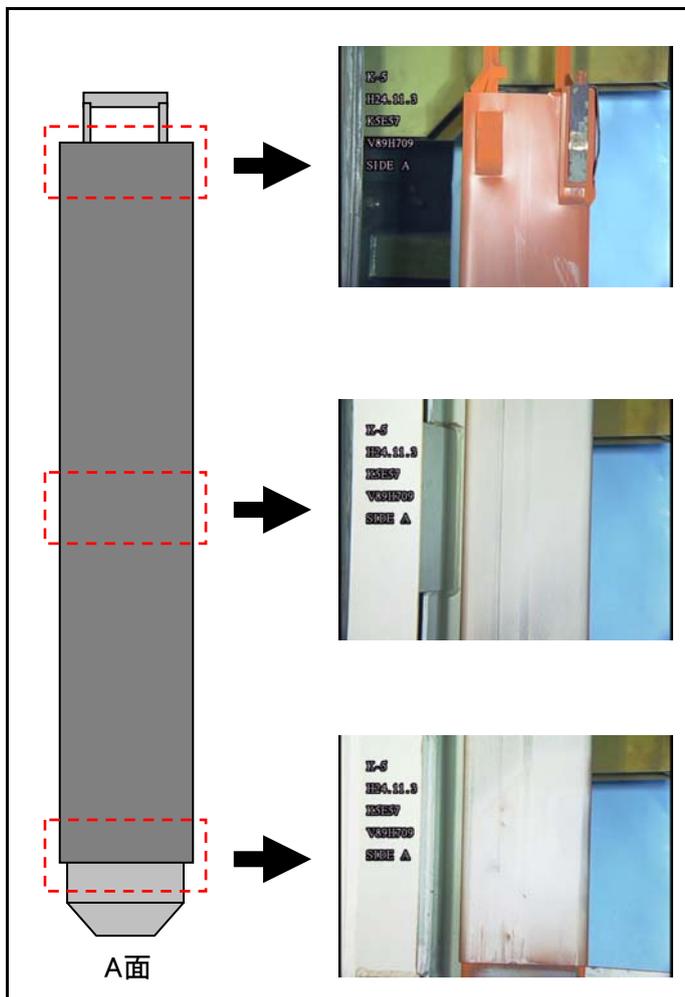


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



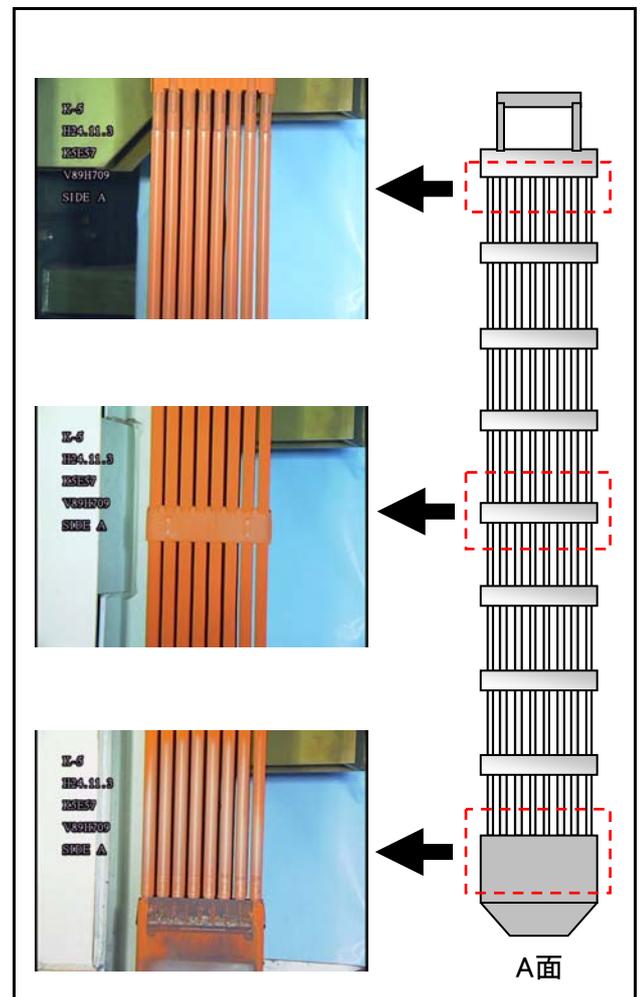
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

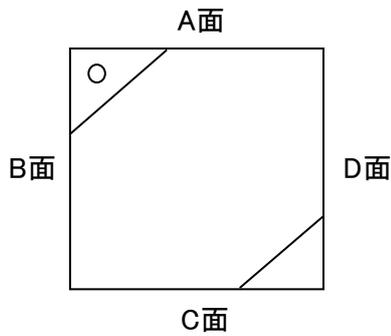


※ウォータ・ロッド上、下部に曲がり確認

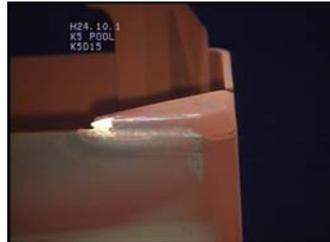
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H714
燃料集合体番号	K5D15

チャンネルボックス欠損状況

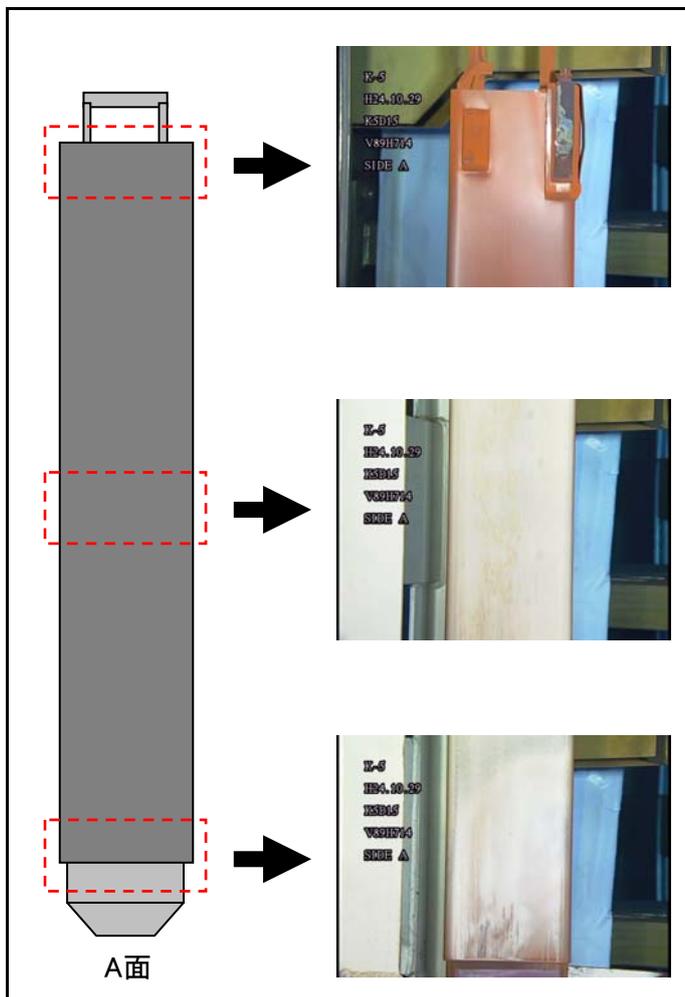


【C面】 欠損部長さ: 約15mm



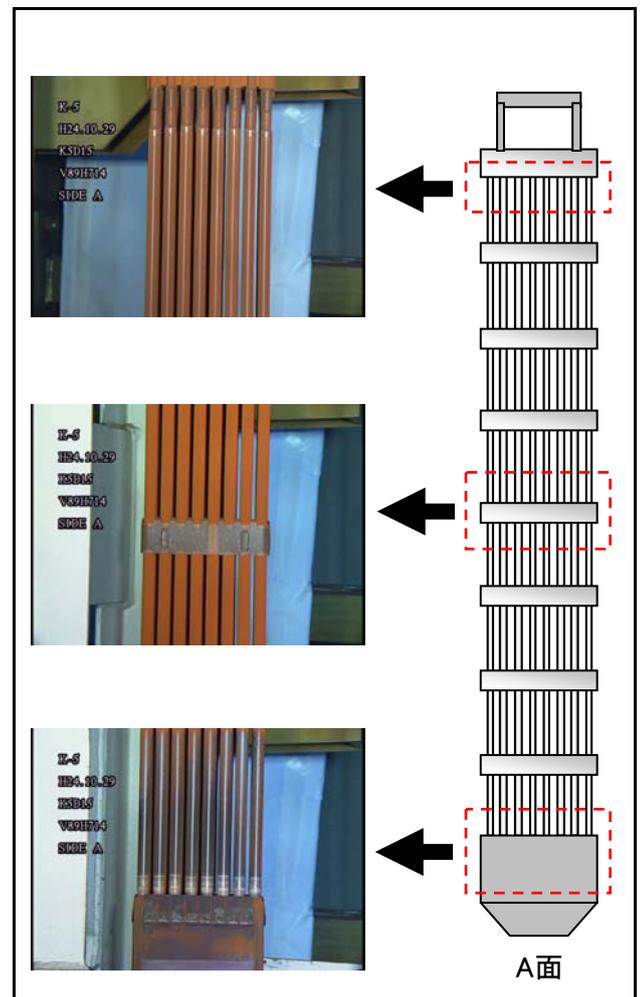
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

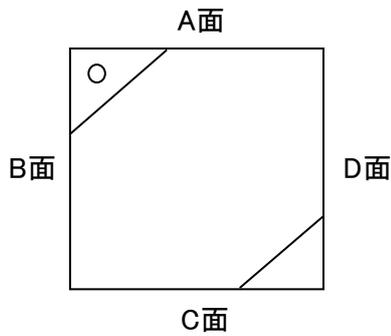


※ウォータ・ロッド上部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H722
燃料集合体番号	K5C135

チャンネルボックス欠損状況

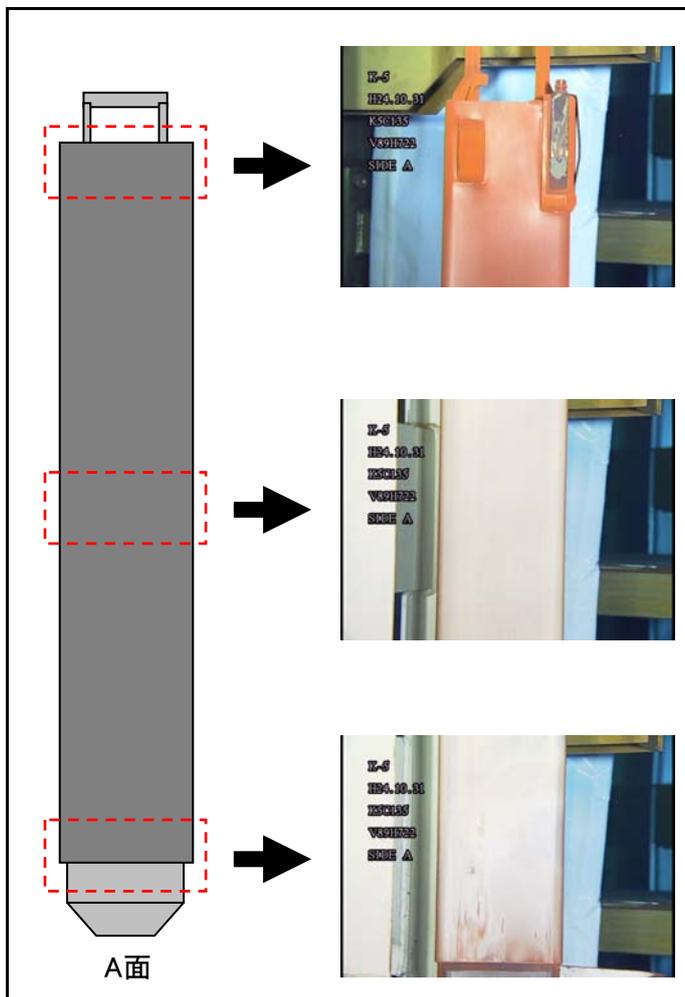


【C面】 欠損部長さ: 約10mm



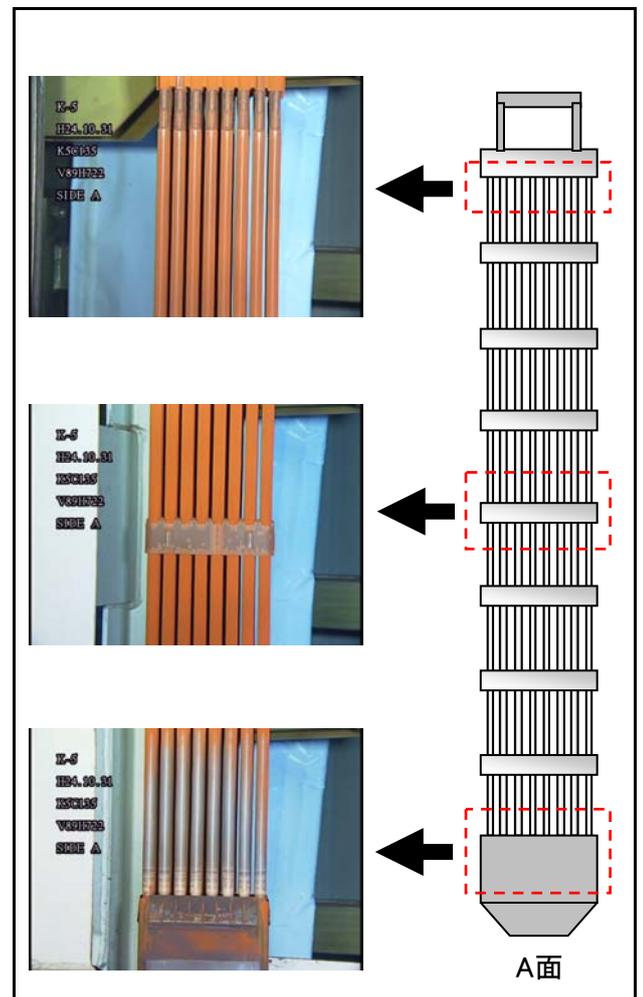
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

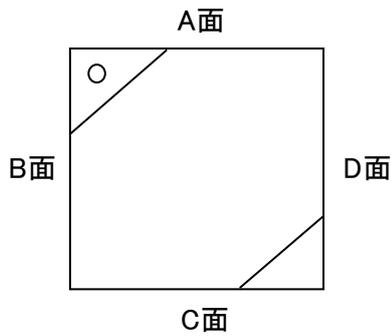


※ウォータ・ロッド上部に曲がり確認

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H737
燃料集合体番号	K5D22

チャンネルボックス欠損状況

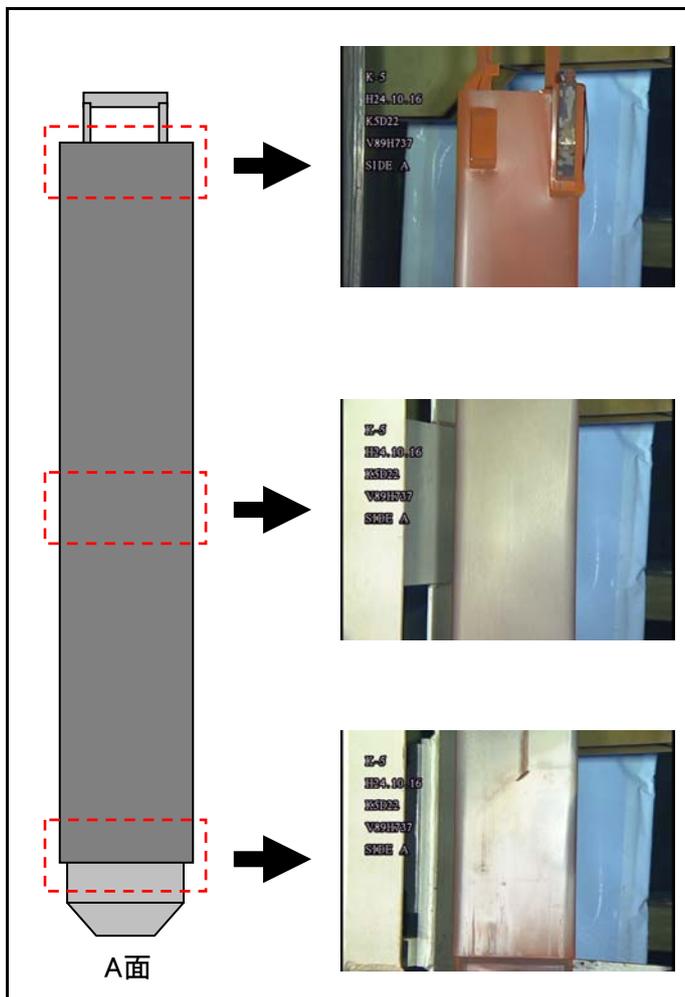


【C面】 欠損部長さ: 約12mm



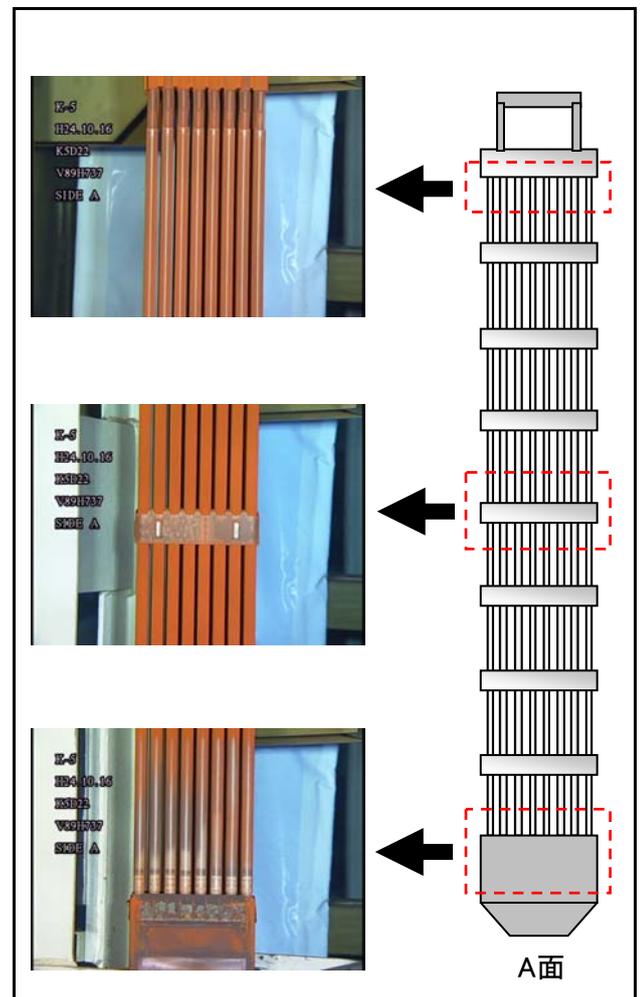
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

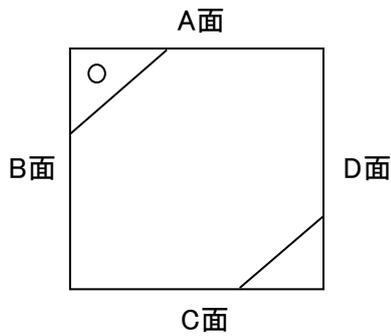


※ウォータ・ロッド下部に曲がり確認

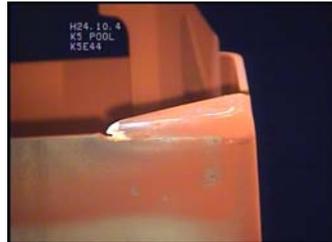
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H748
燃料集合体番号	K5E44

チャンネルボックス欠損状況

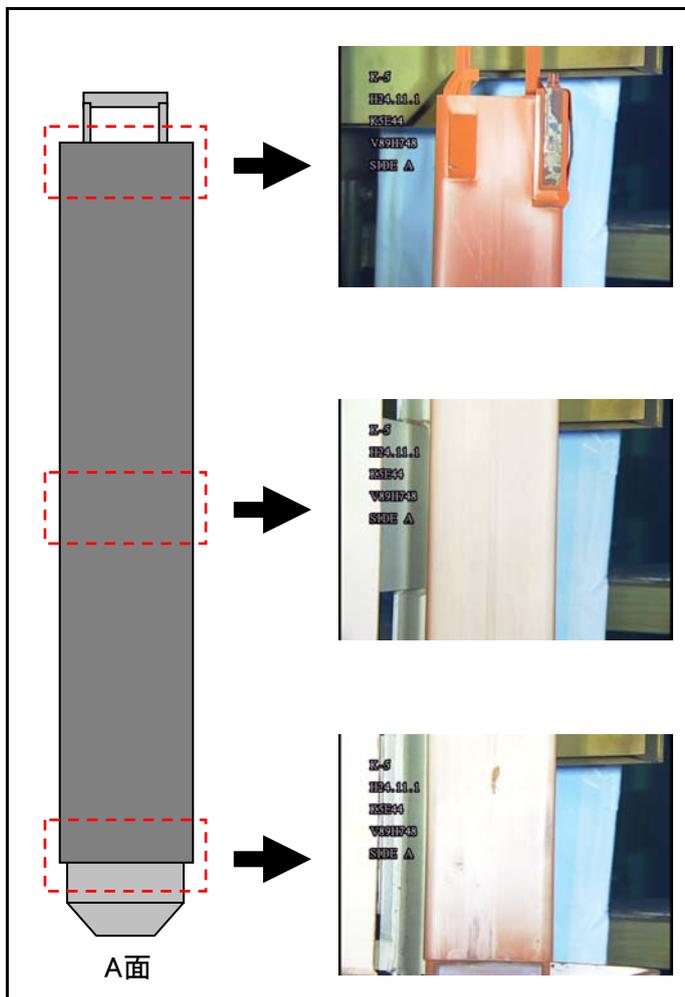


【C面】 欠損部長さ: 約11mm



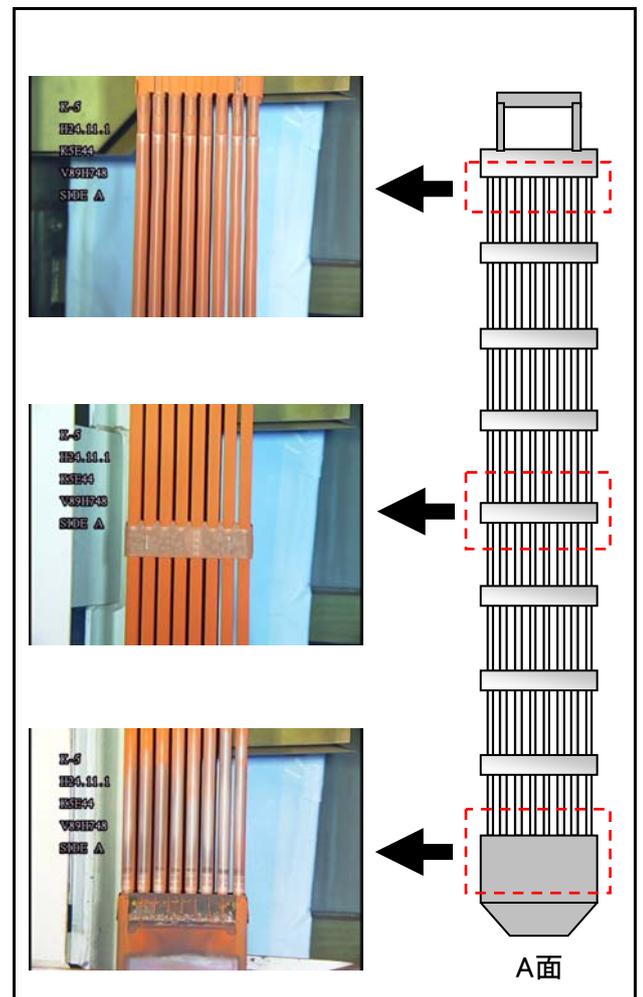
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

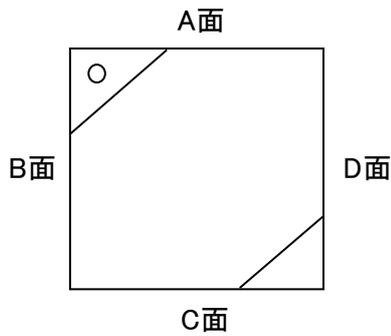
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H757
燃料集合体番号	K5D34

チャンネルボックス欠損状況



【B面】 欠損部長さ: 約8mm

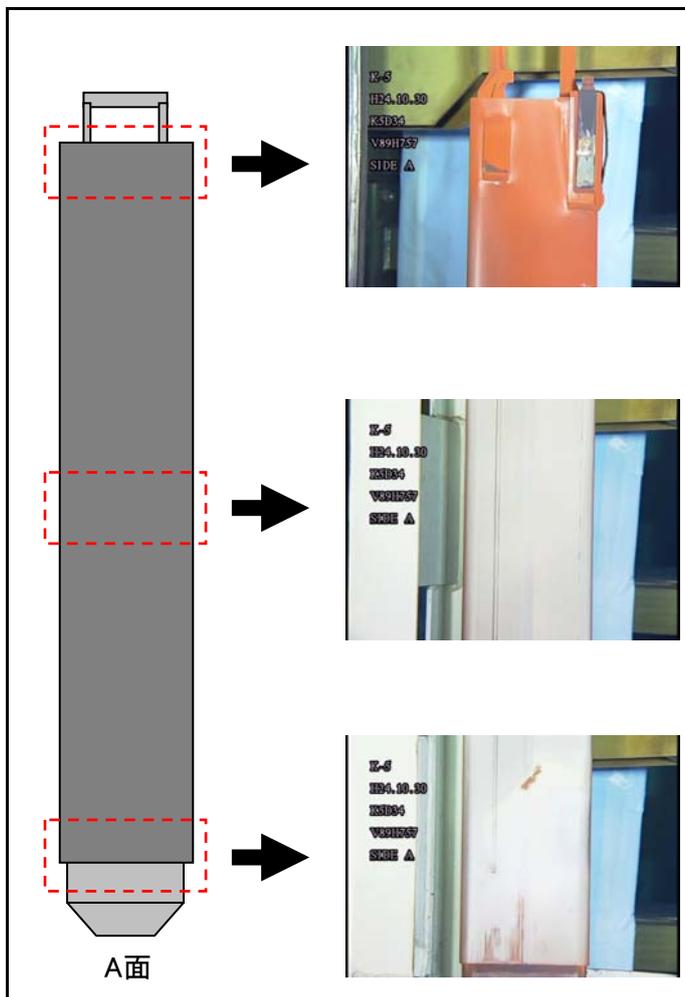


【C面】 欠損部長さ: 約15mm



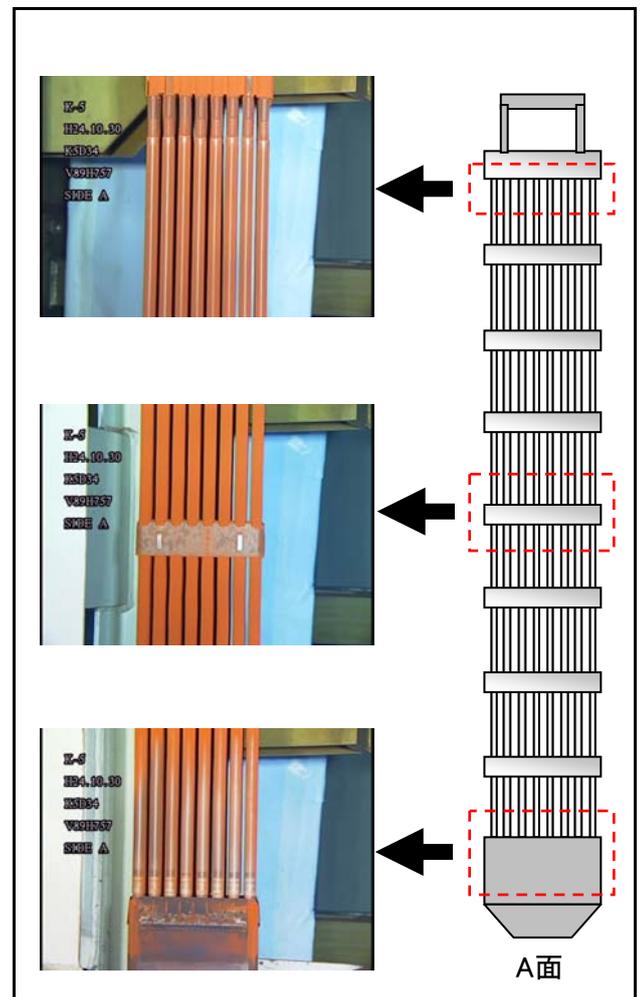
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

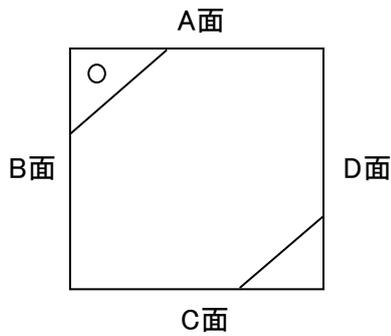


※ウォーター・ロッド上、下部に曲がり確認

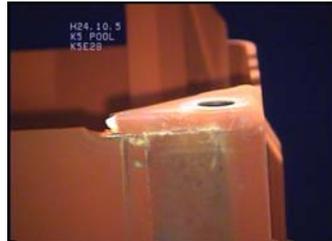
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H760
燃料集合体番号	K5E28

チャンネルボックス欠損状況

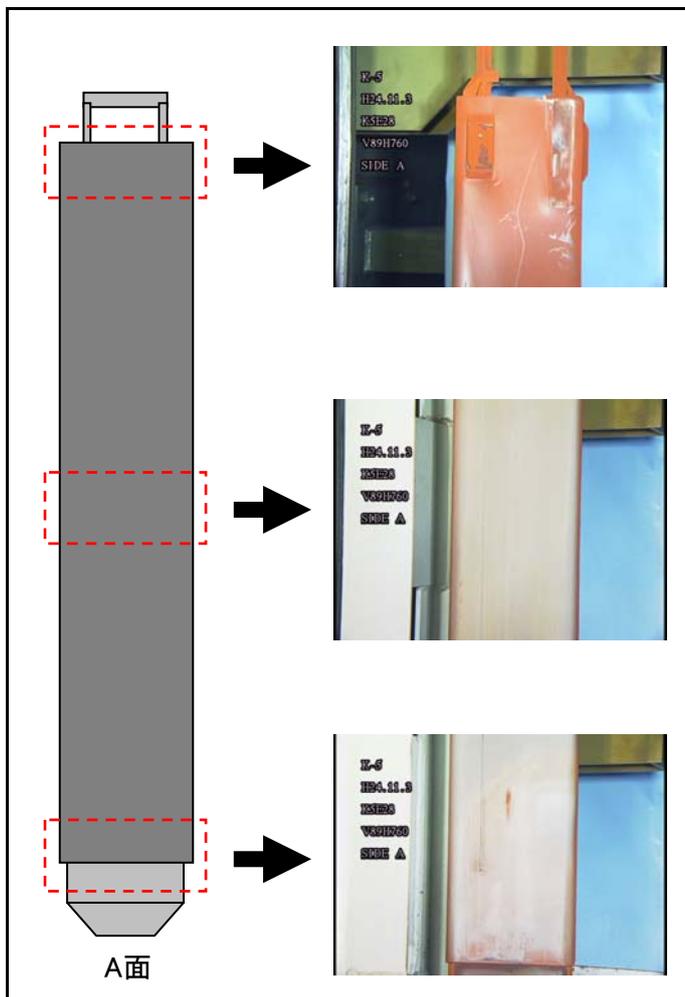


【A面】 欠損部長さ: 約11mm



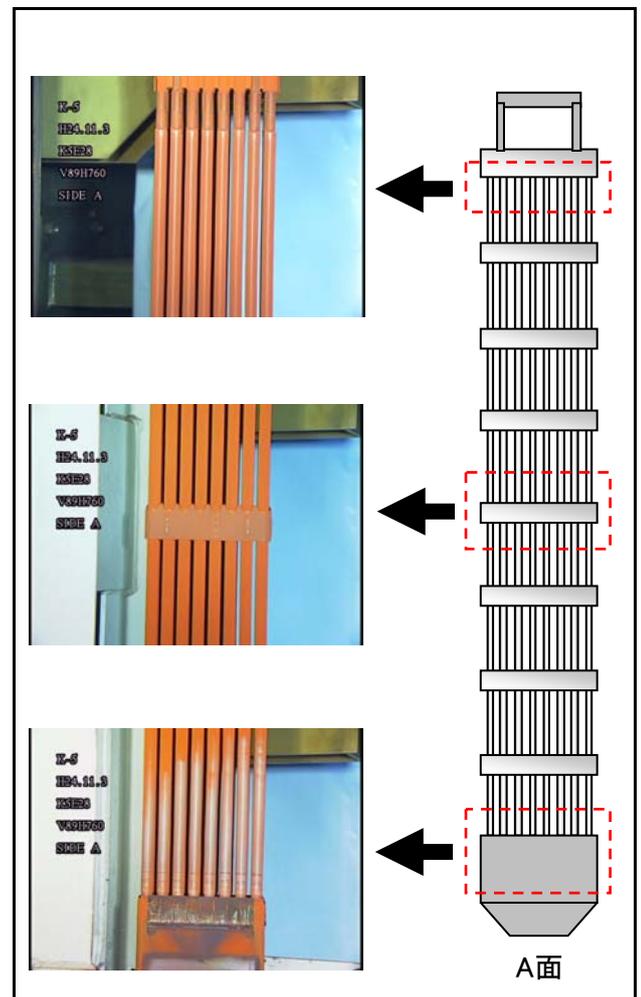
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし※
------	-------

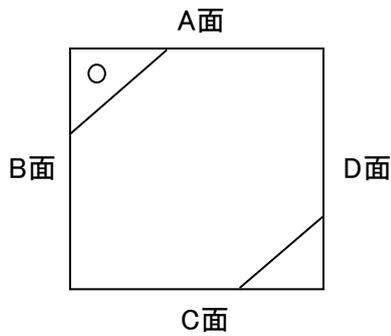


※ウォーター・ロッド上、下部に曲がり確認

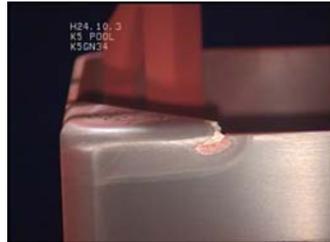
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V98K034
燃料集合体番号	K5GN34

チャンネルボックス欠損状況

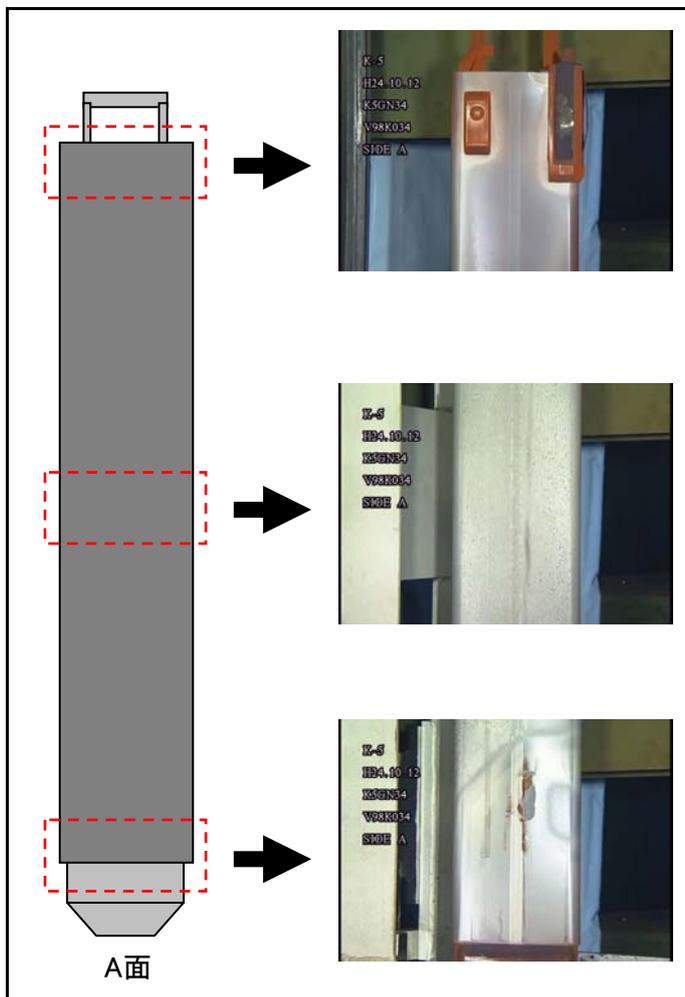


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



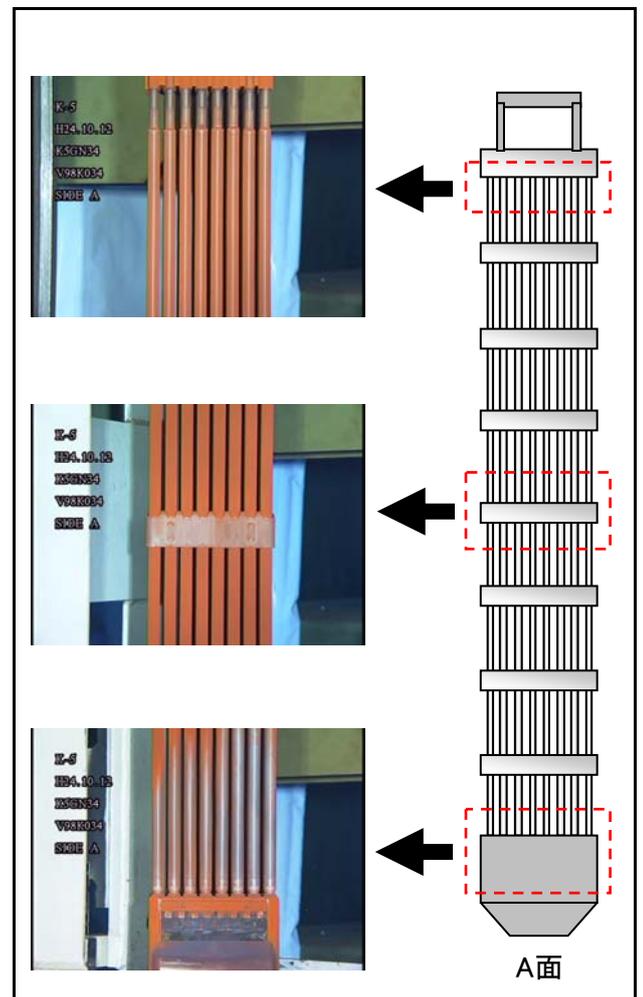
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

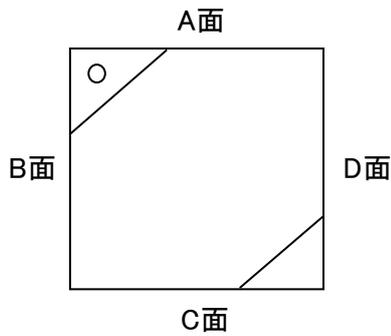
点検結果	異常なし
------	------



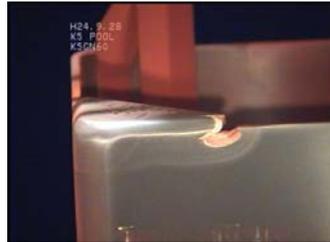
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V98K060
燃料集合体番号	K5GN60

チャンネルボックス欠損状況

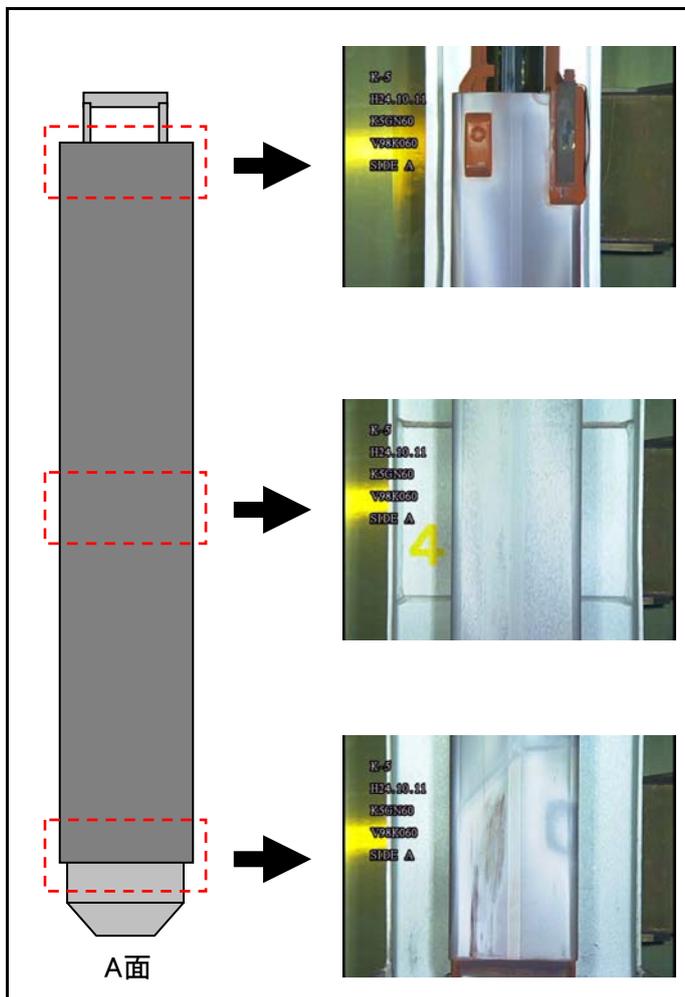


【D面】 欠損部長さ: 約13mm



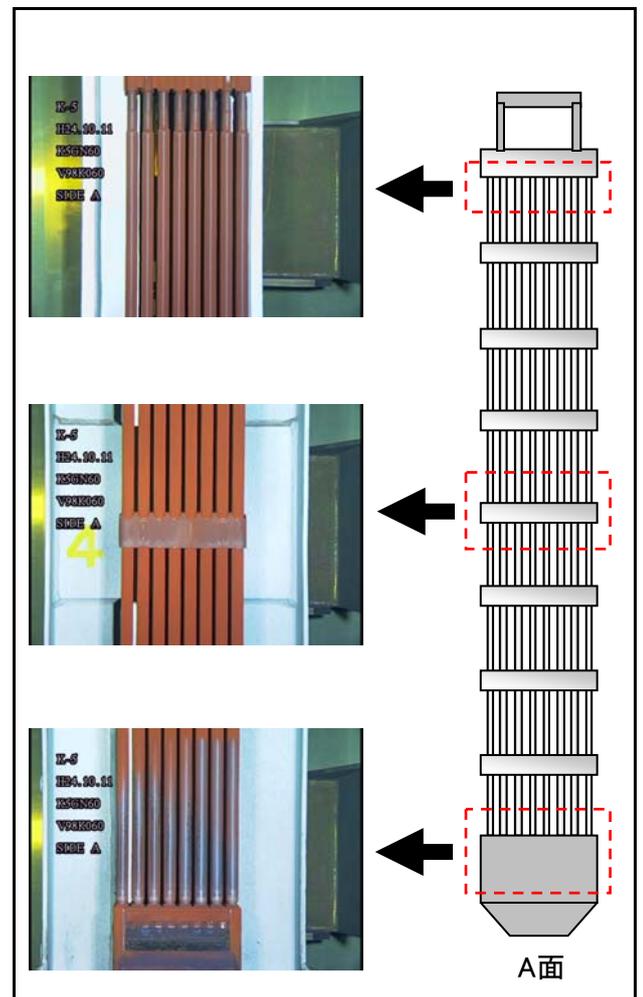
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

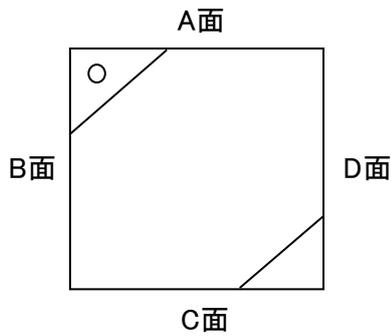
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V98K109
燃料集合体番号	K5GN109

チャンネルボックス欠損状況

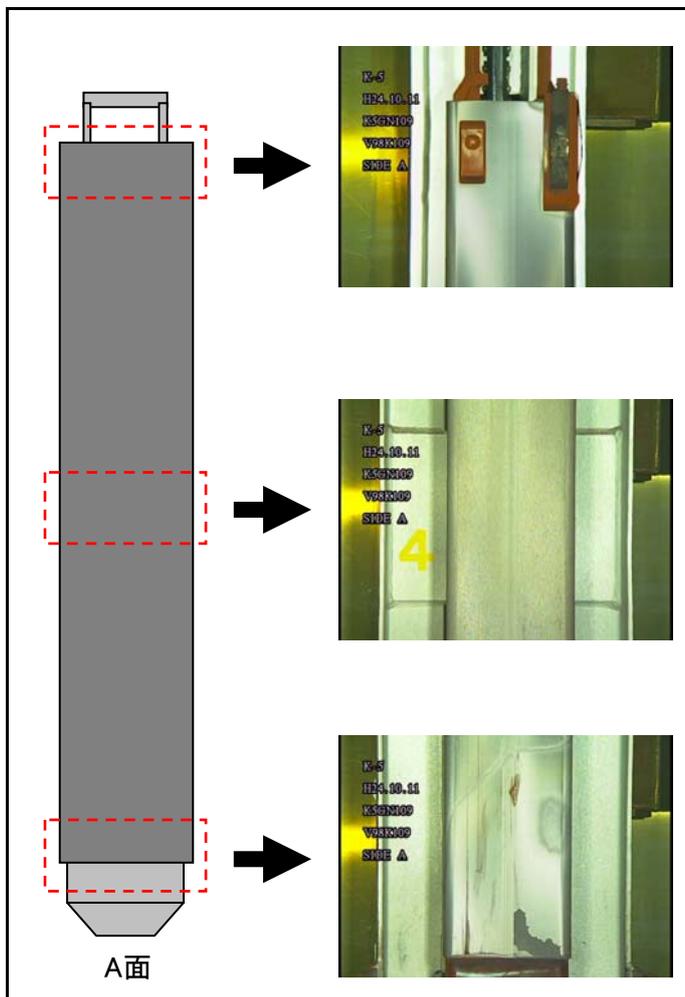


【D面】 欠損部長さ: 約13mm



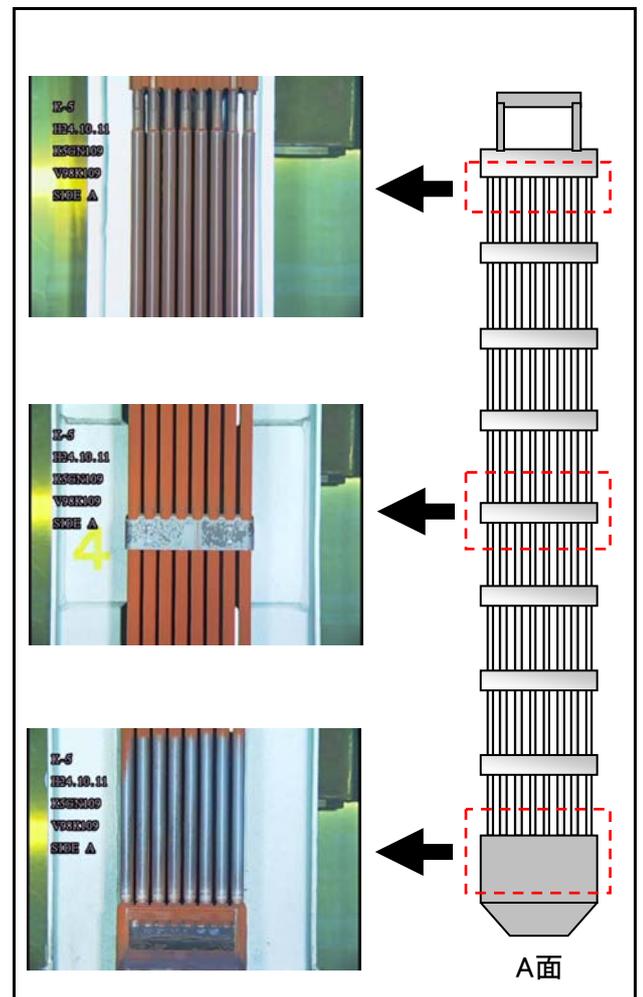
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

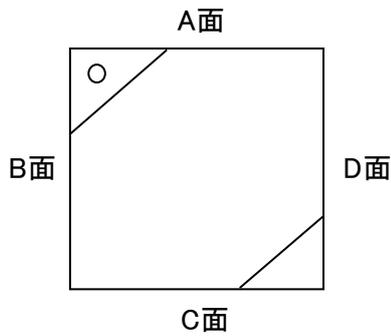
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV02K018
燃料集合体番号	K5K18

チャンネルボックス欠損状況

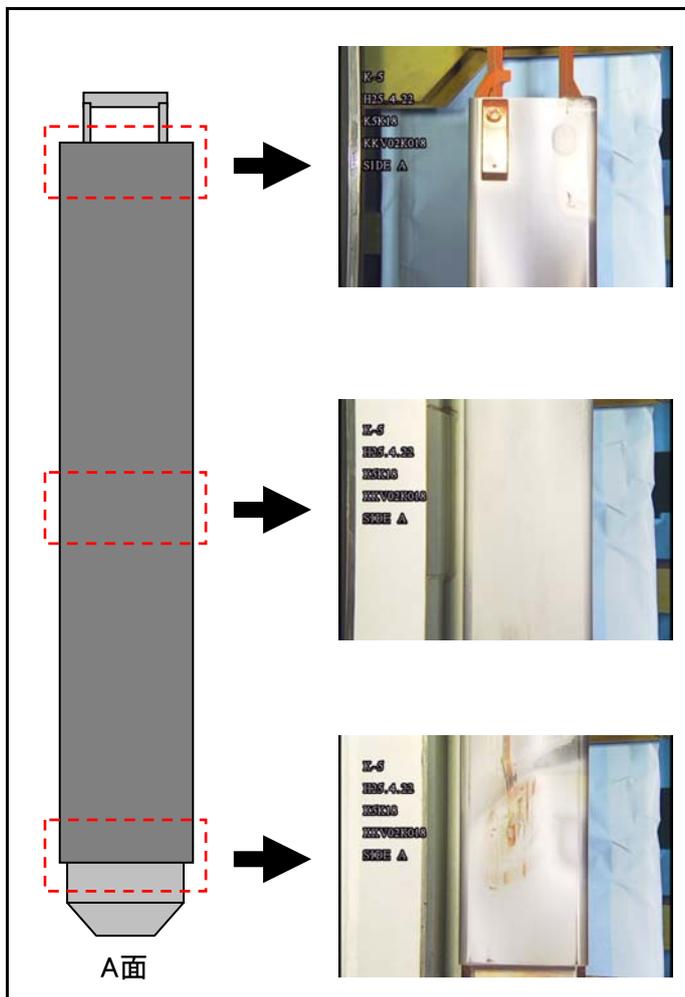


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



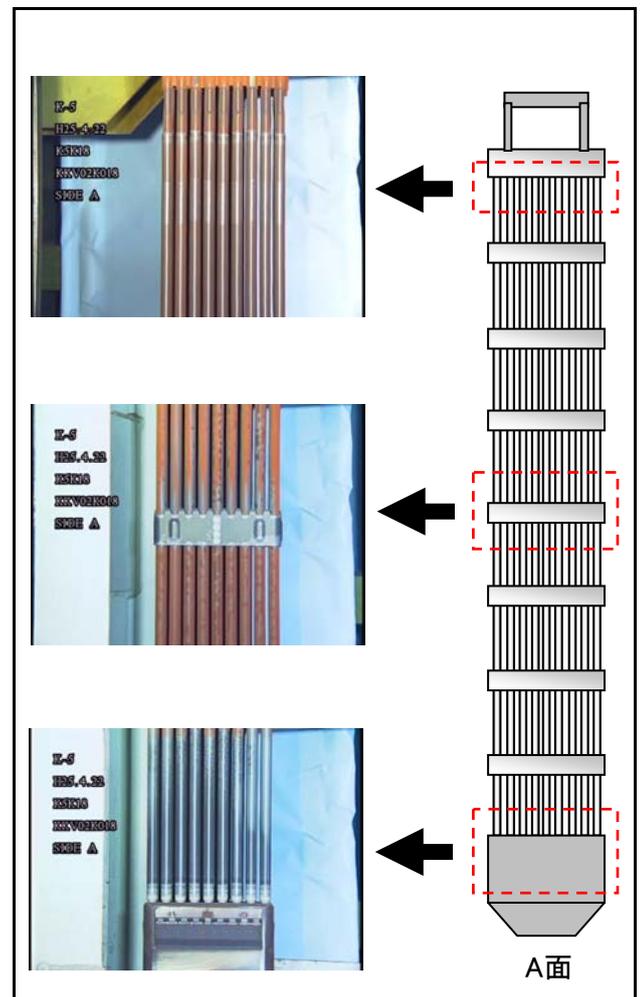
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

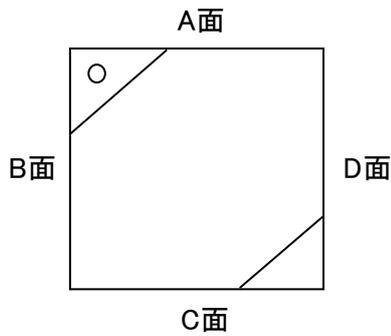
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV02K048
燃料集合体番号	K5K48

チャンネルボックス欠損状況

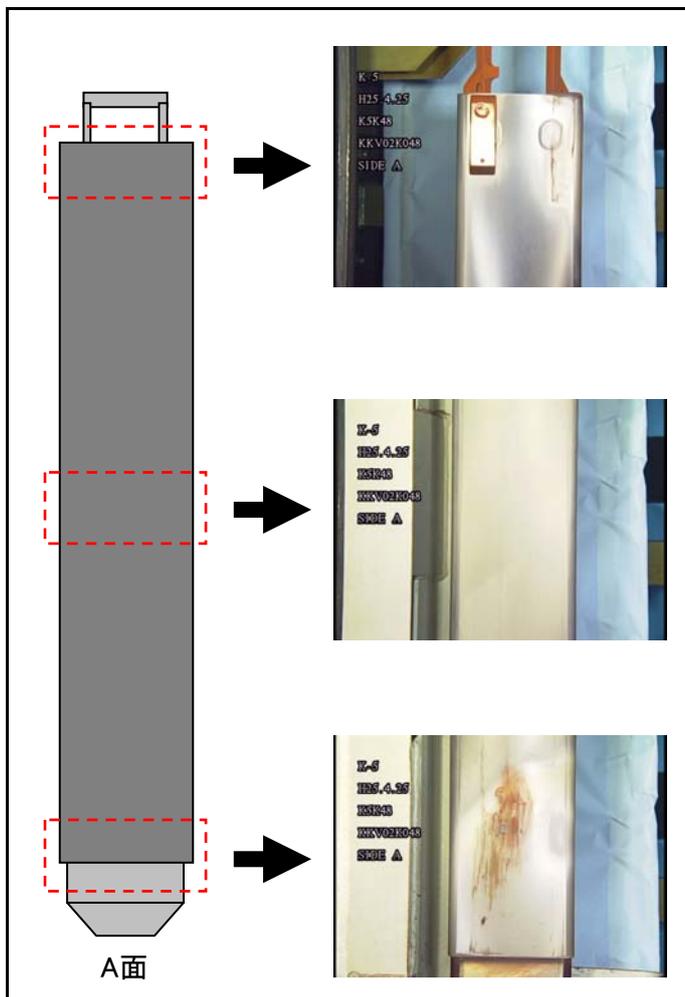


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



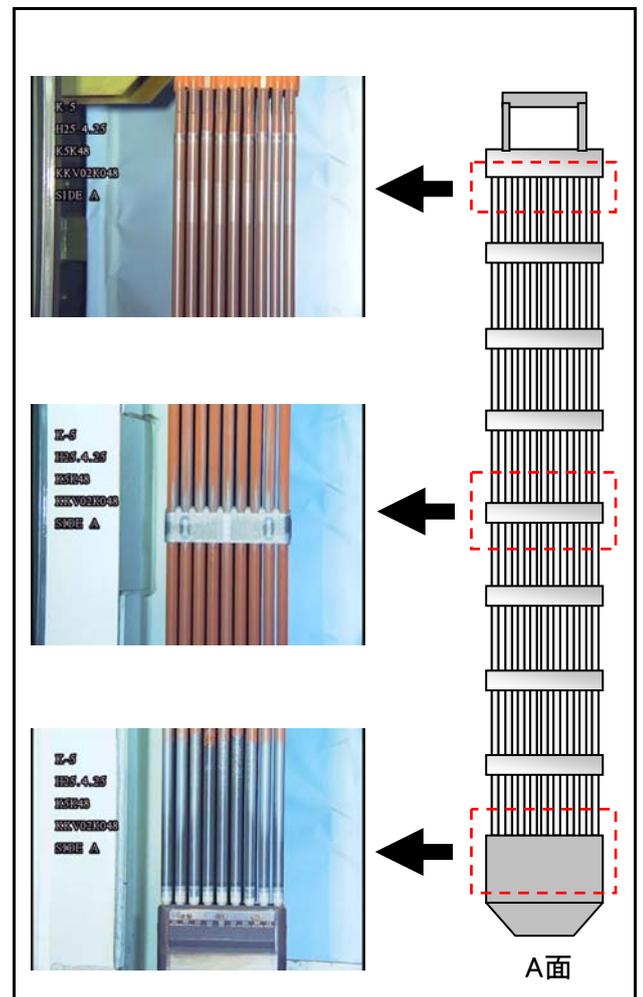
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

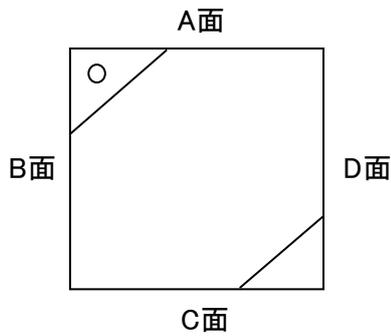
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV02K055
燃料集合体番号	K5K55

チャンネルボックス欠損状況

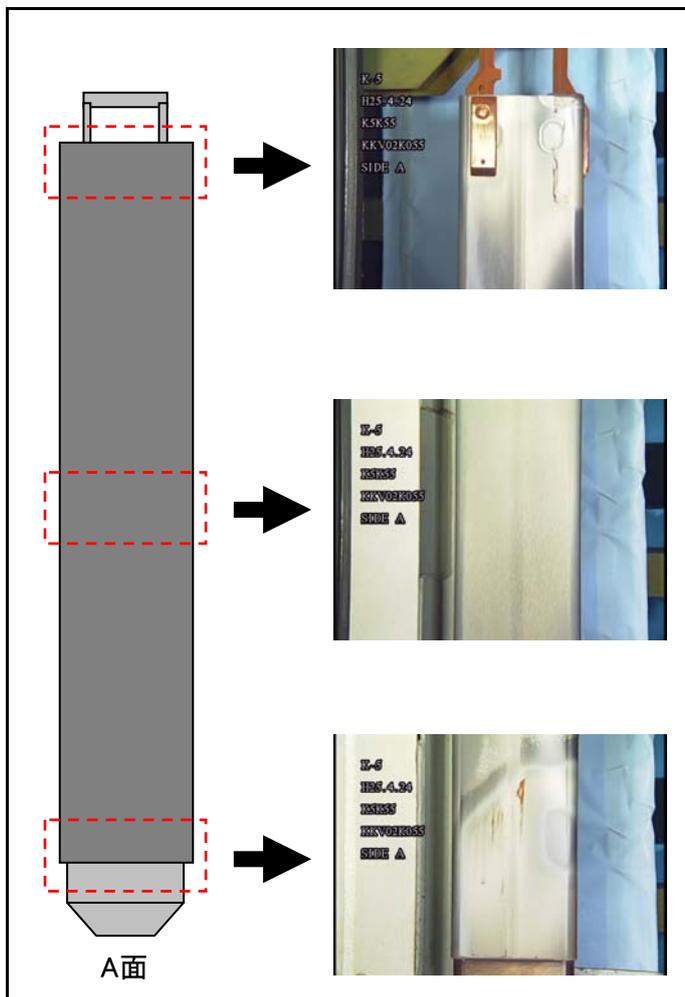


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



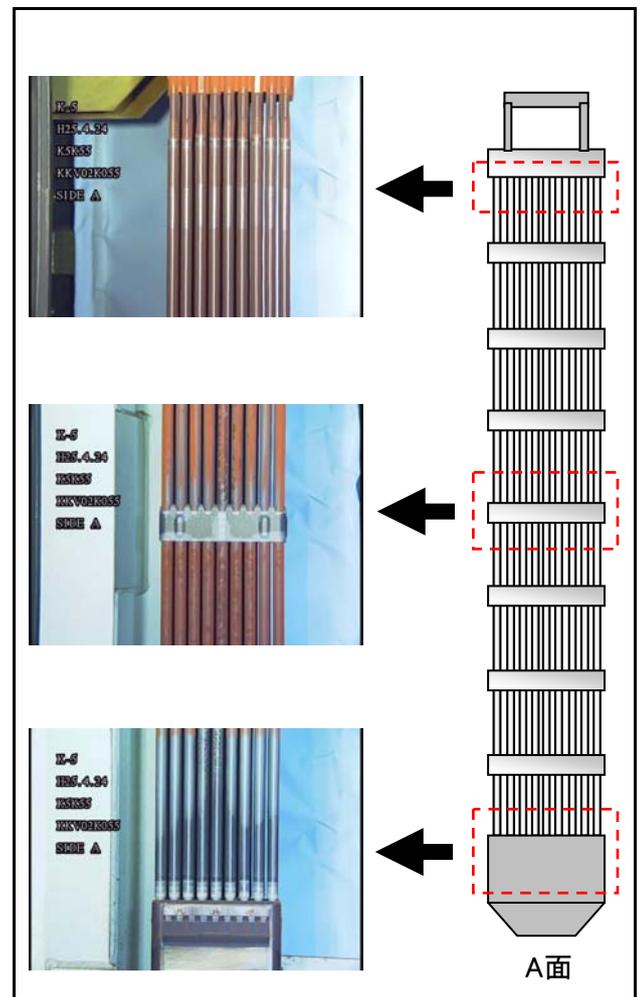
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

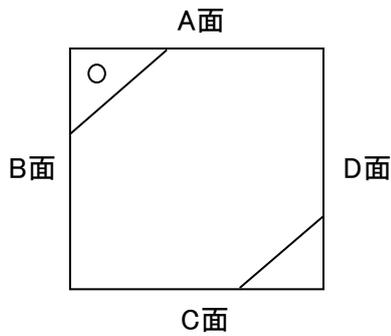
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV02K080
燃料集合体番号	K5K80

チャンネルボックス欠損状況

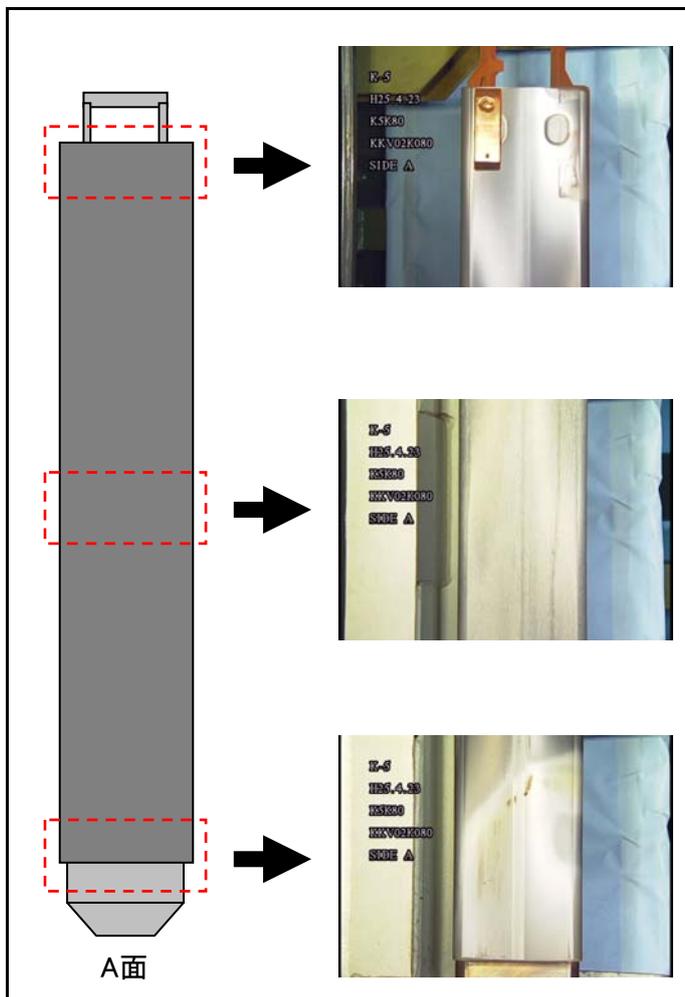


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



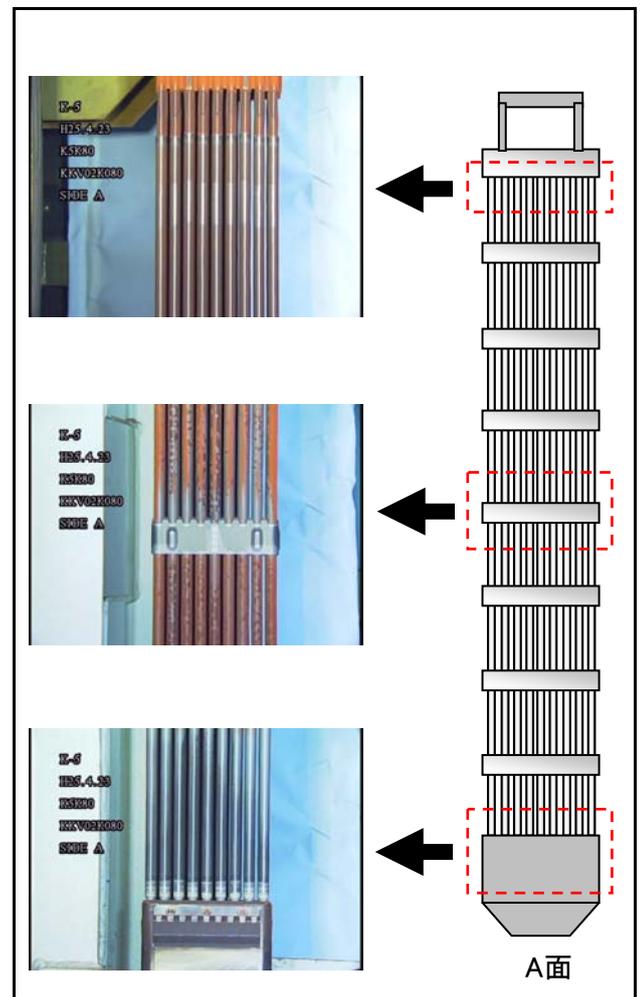
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

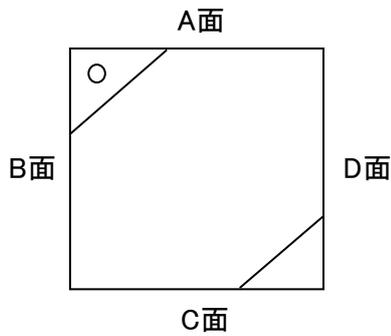
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV02K132
燃料集合体番号	K5K132

チャンネルボックス欠損状況

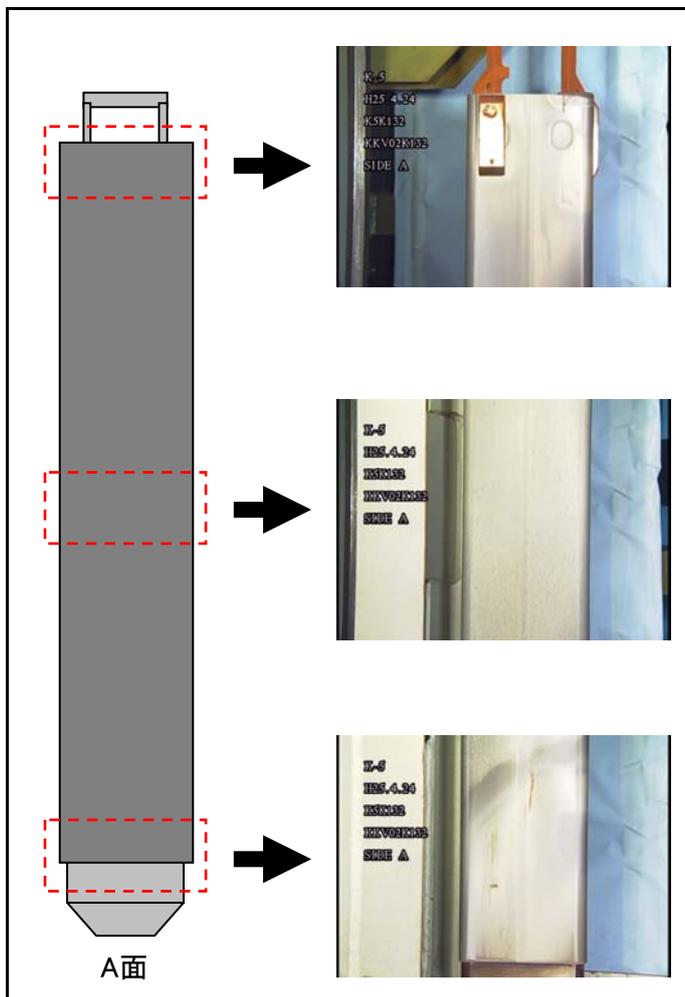


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



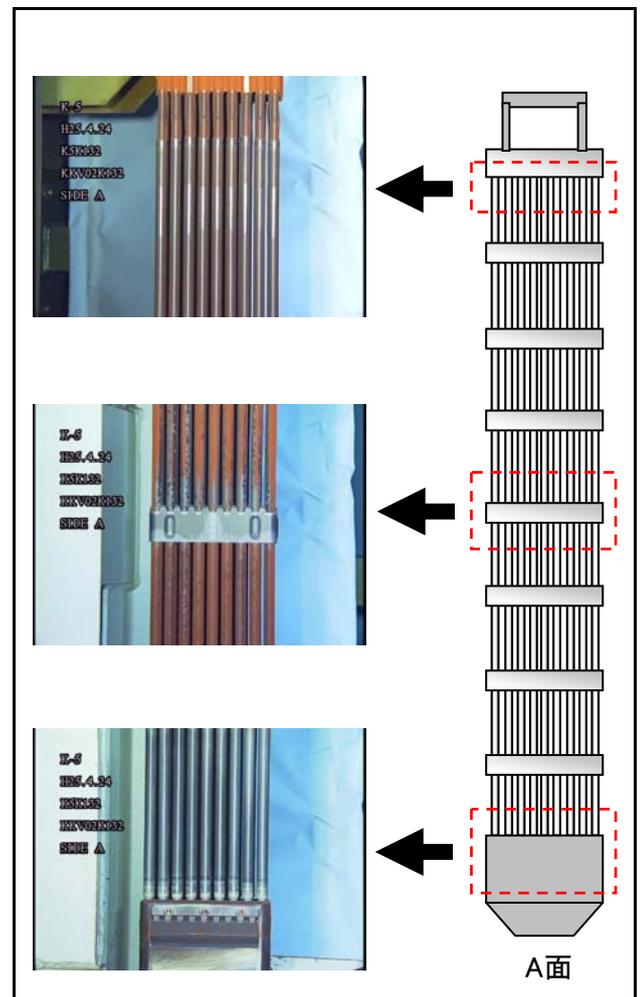
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

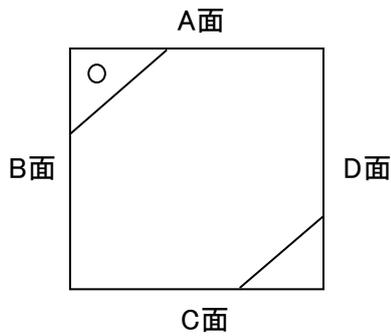
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K001
燃料集合体番号	K5M1

チャンネルボックス欠損状況

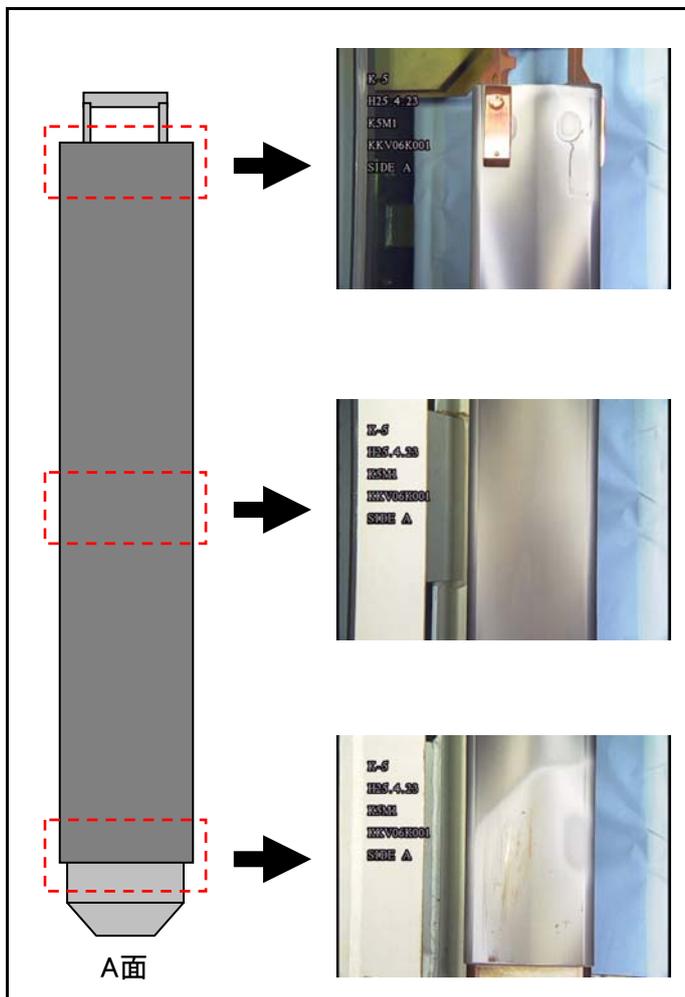


【D面】 欠損部長さ: 約17mm



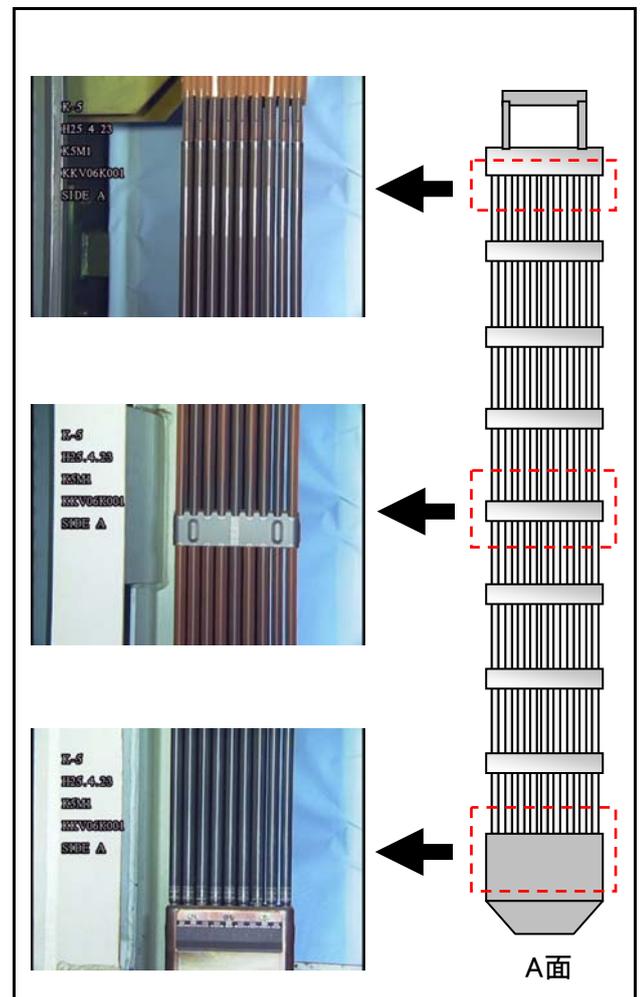
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

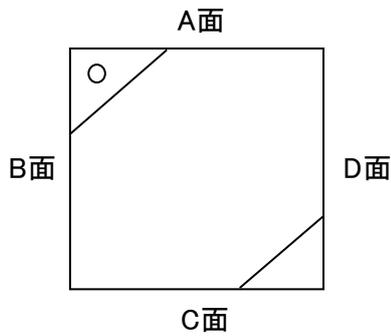
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K004
燃料集合体番号	K5M4

チャンネルボックス欠損状況

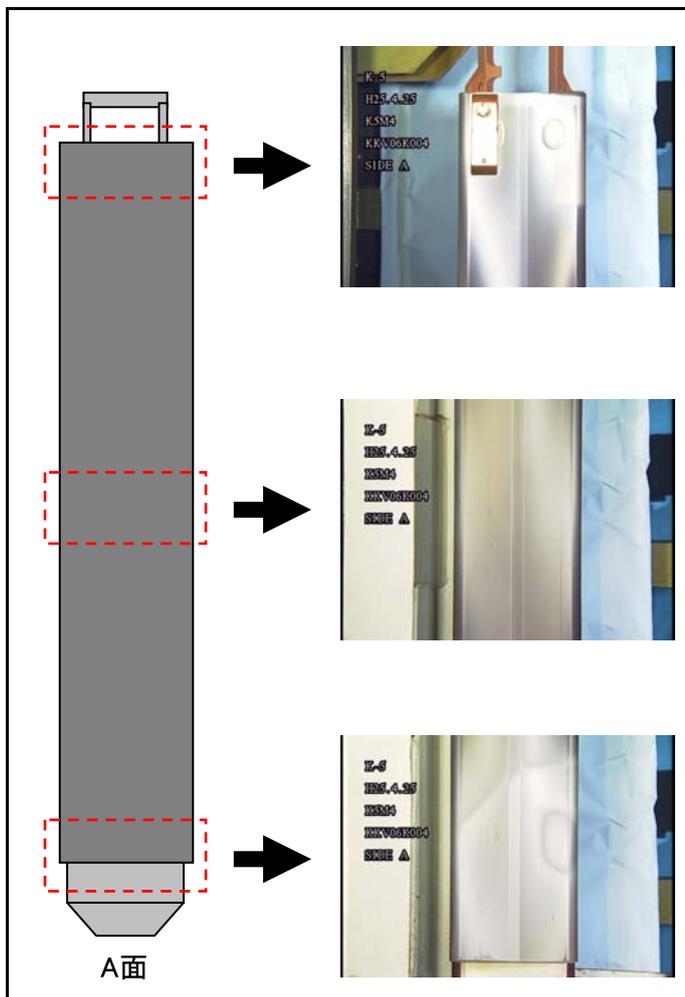


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



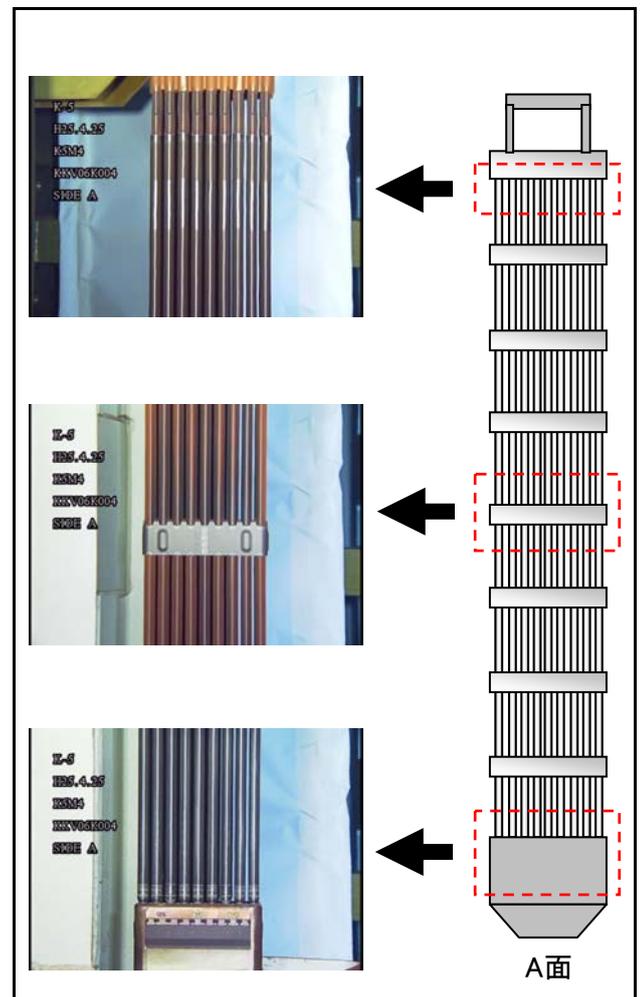
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

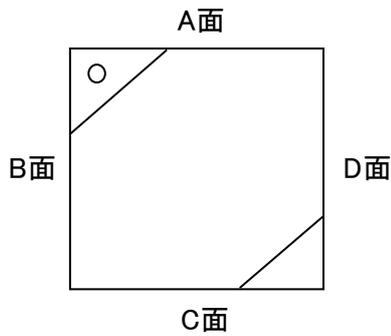
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K009
燃料集合体番号	K5M9

チャンネルボックス欠損状況

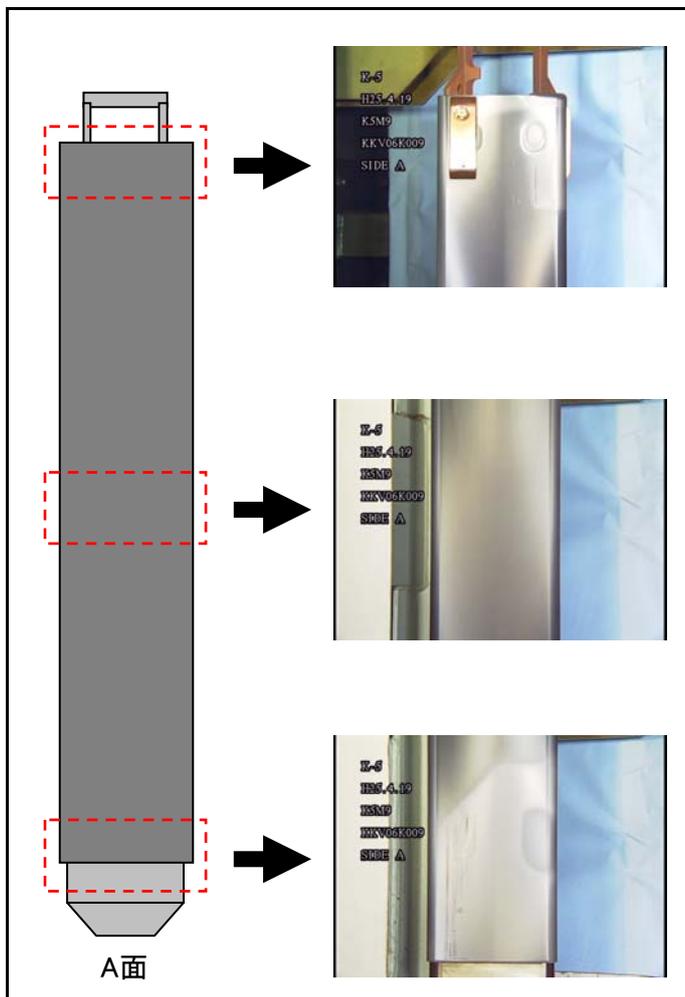


【D面】 欠損部長さ: 約16mm



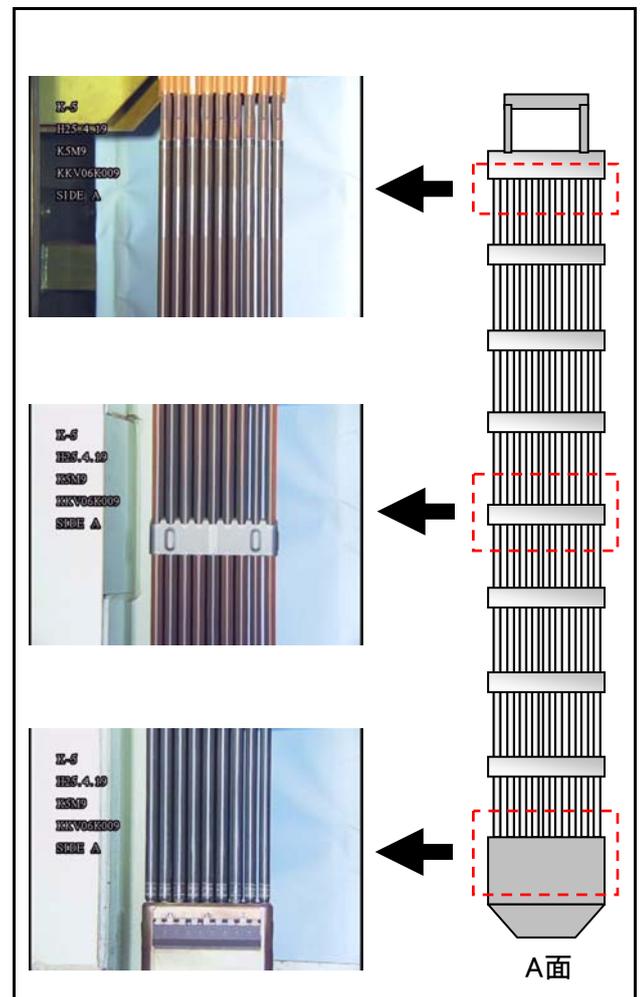
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

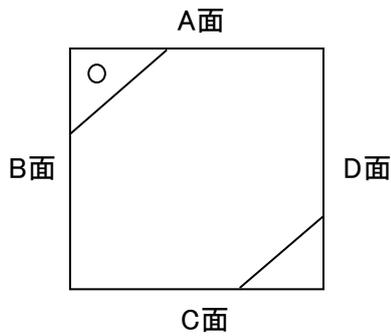
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K026
燃料集合体番号	K5M26

チャンネルボックス欠損状況

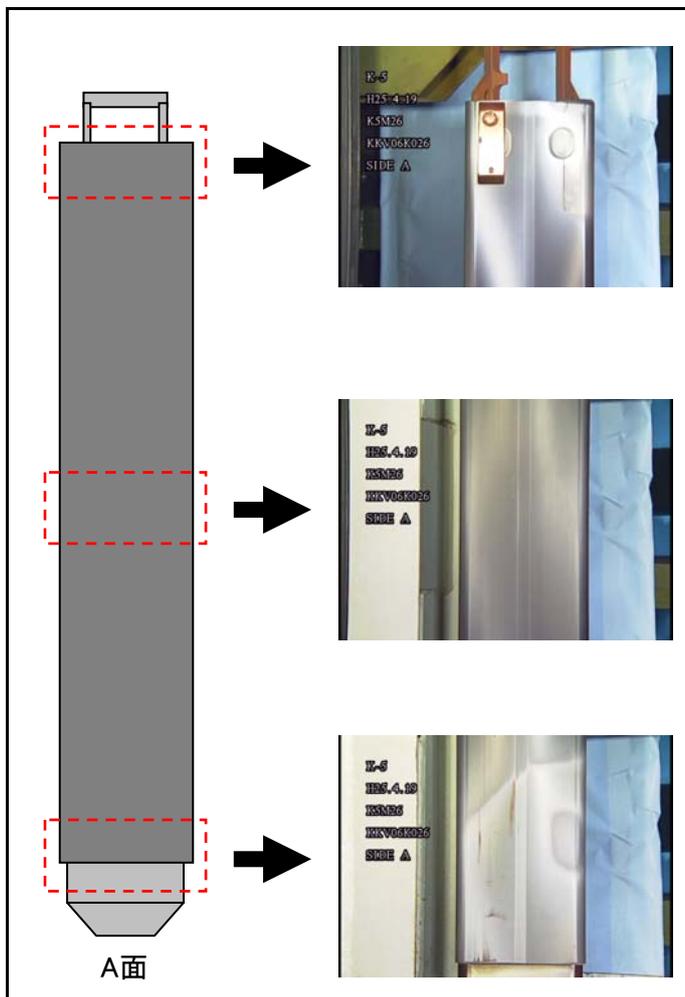


【D面】 欠損部長さ: 約17mm



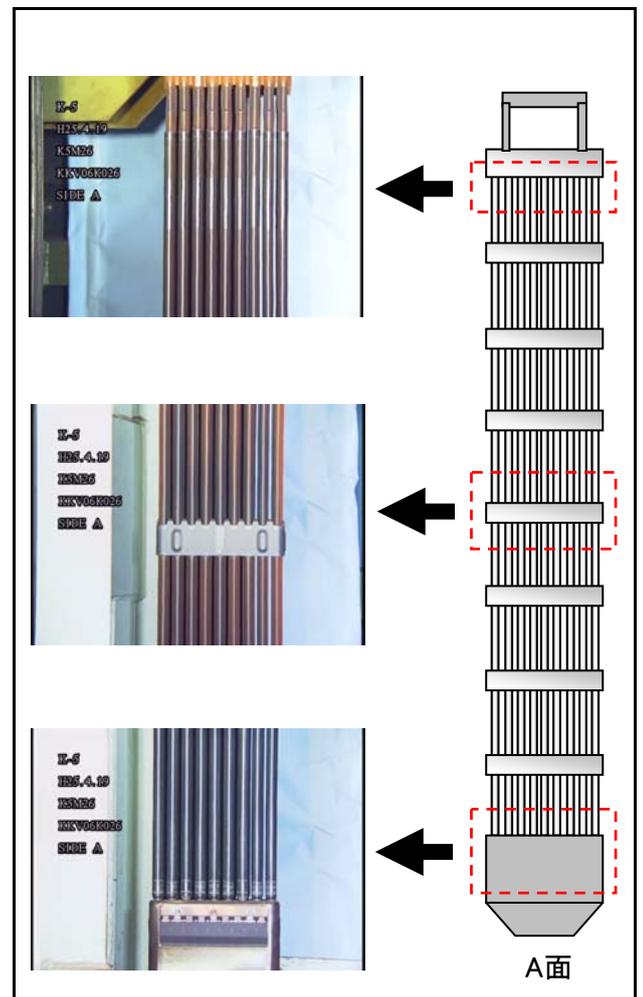
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

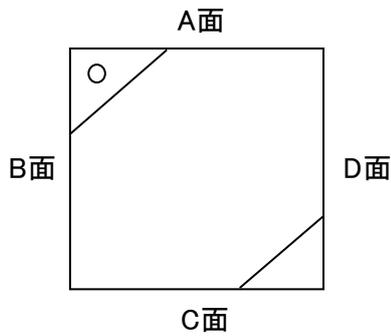
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K036
燃料集合体番号	K5M36

チャンネルボックス欠損状況

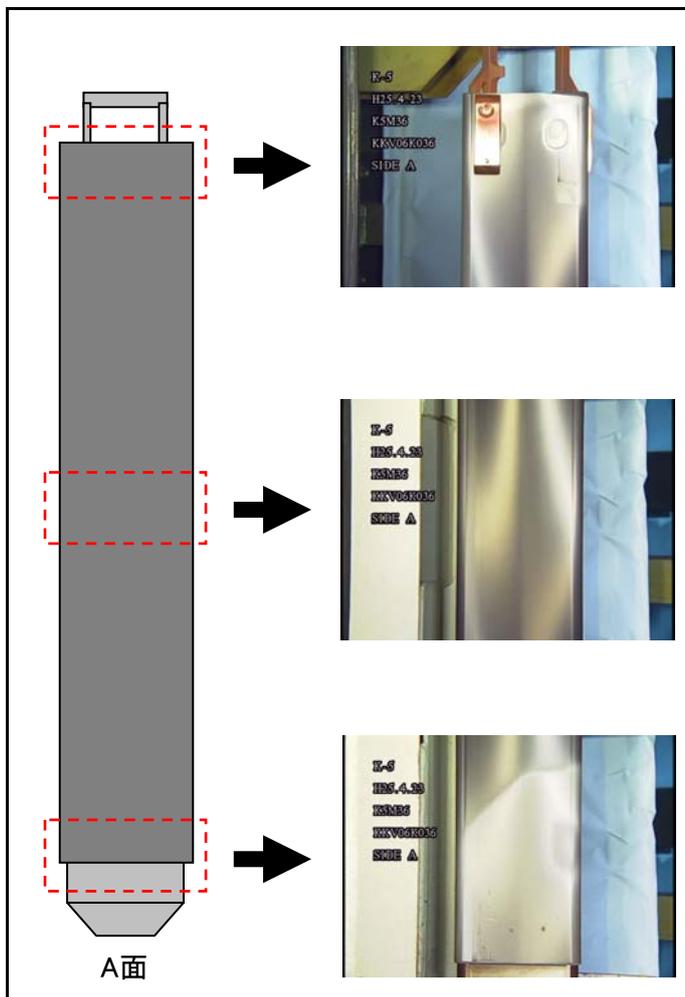


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



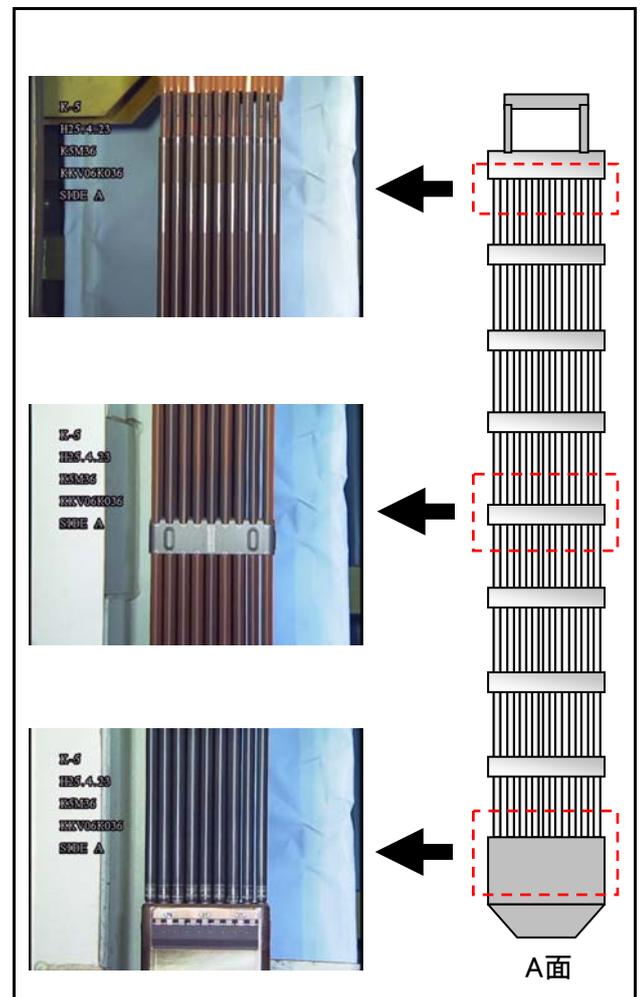
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

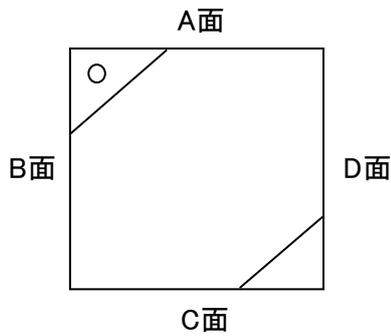
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K054
燃料集合体番号	K5M54

チャンネルボックス欠損状況

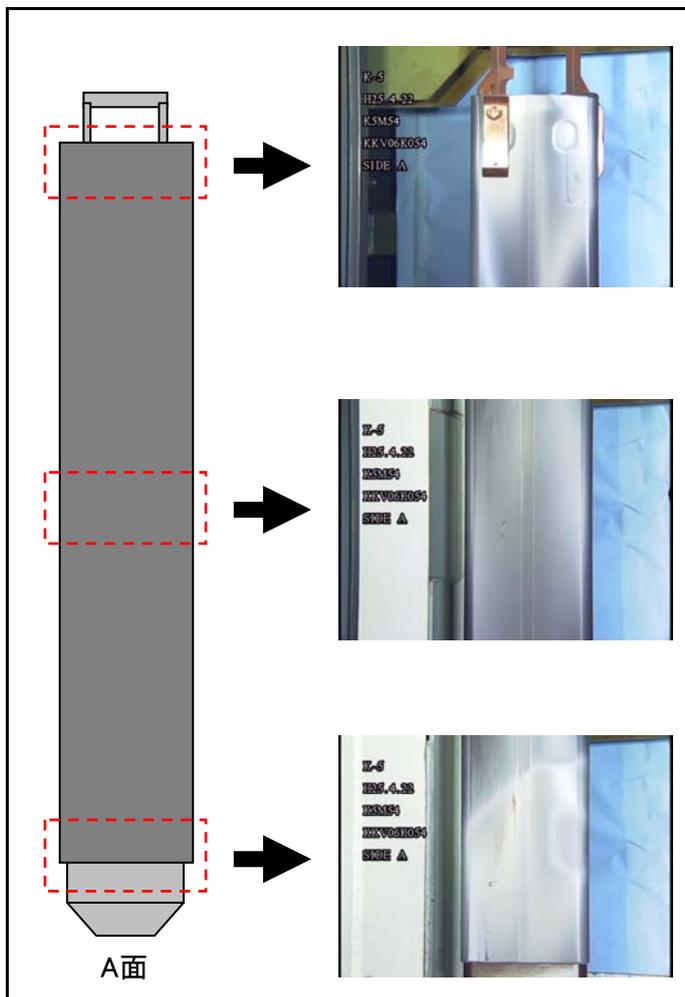


【D面】 欠損部長さ: 約17mm



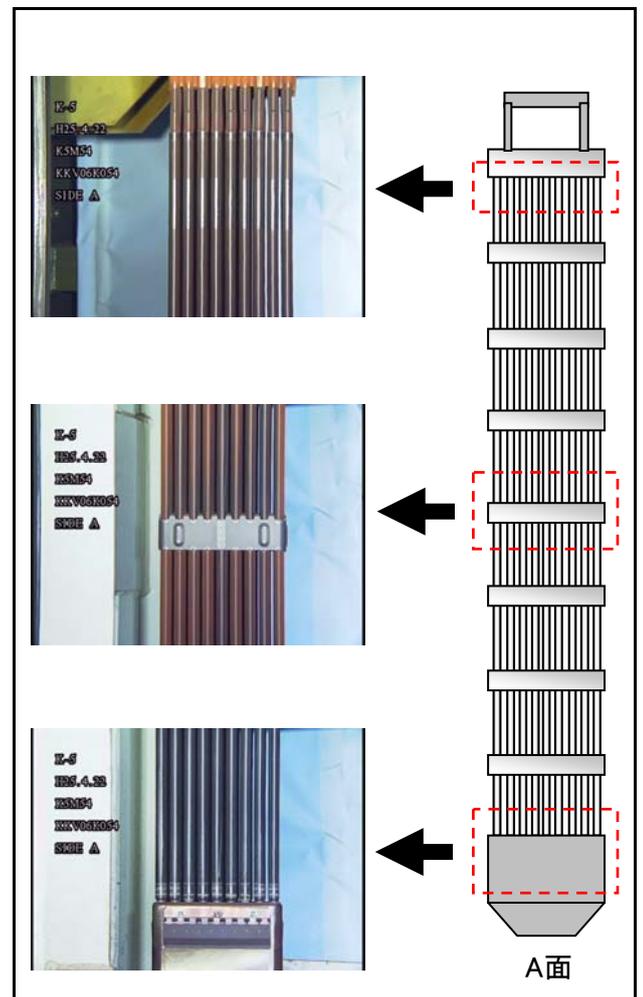
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

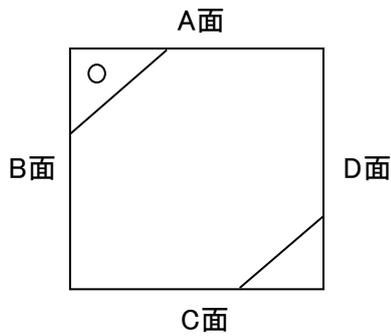
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K090
燃料集合体番号	K5M90

チャンネルボックス欠損状況

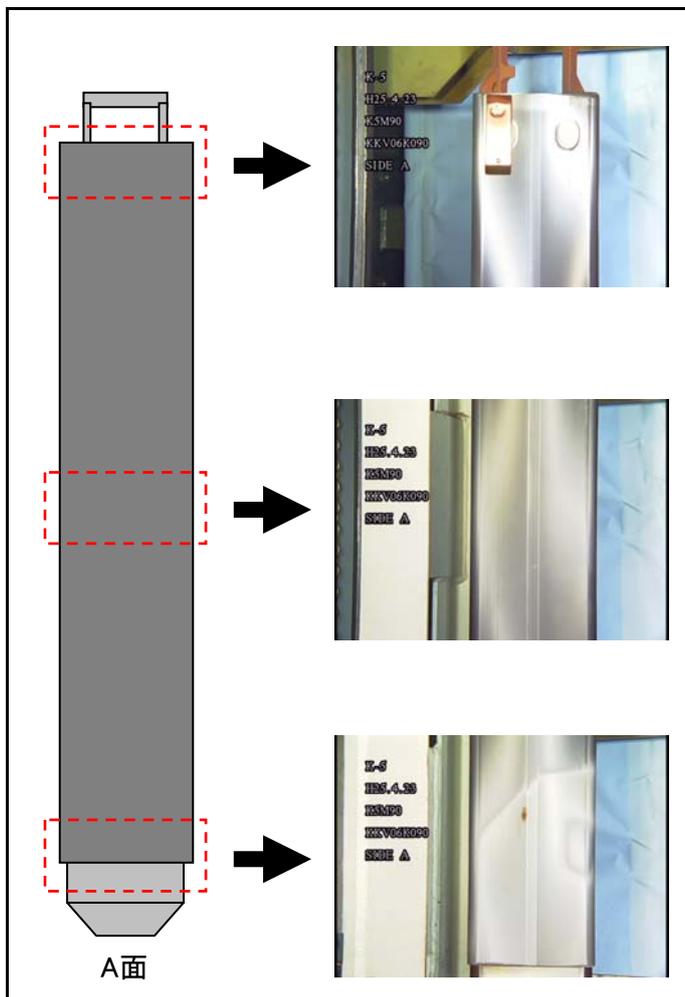


【D面】 欠損部長さ: 約15mm



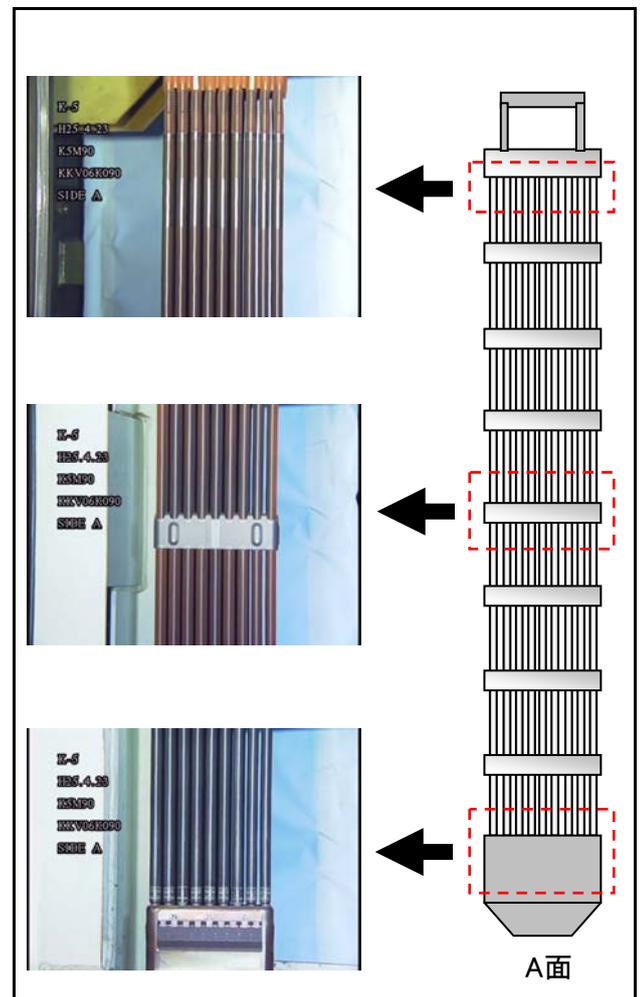
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

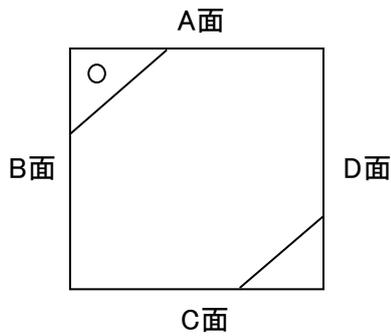
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K108
燃料集合体番号	K5M108

チャンネルボックス欠損状況

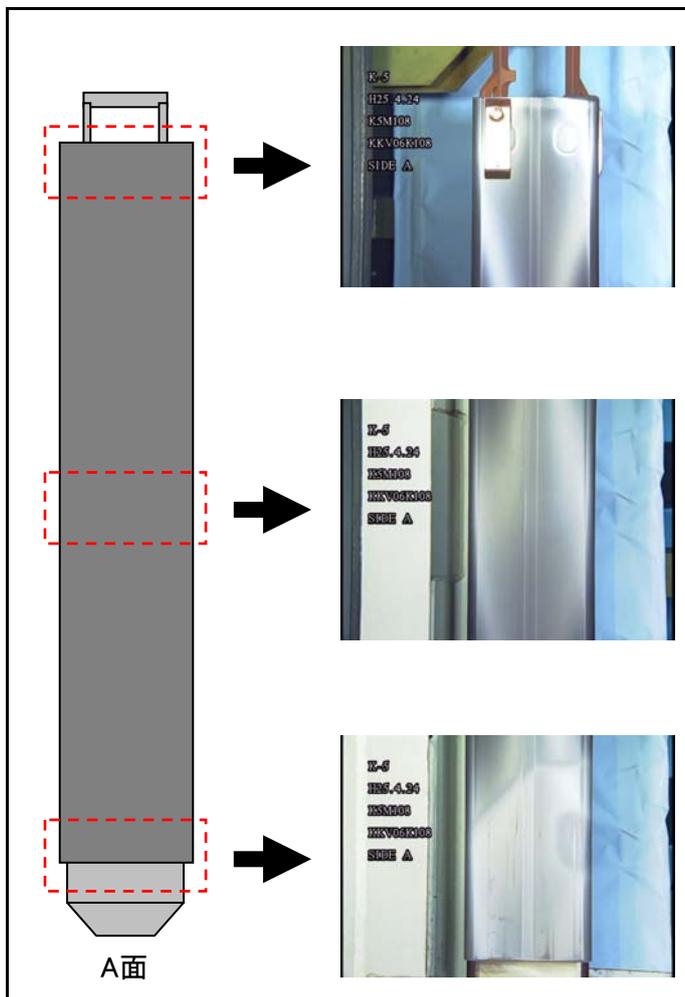


【D面】 欠損部長さ: 約15mm



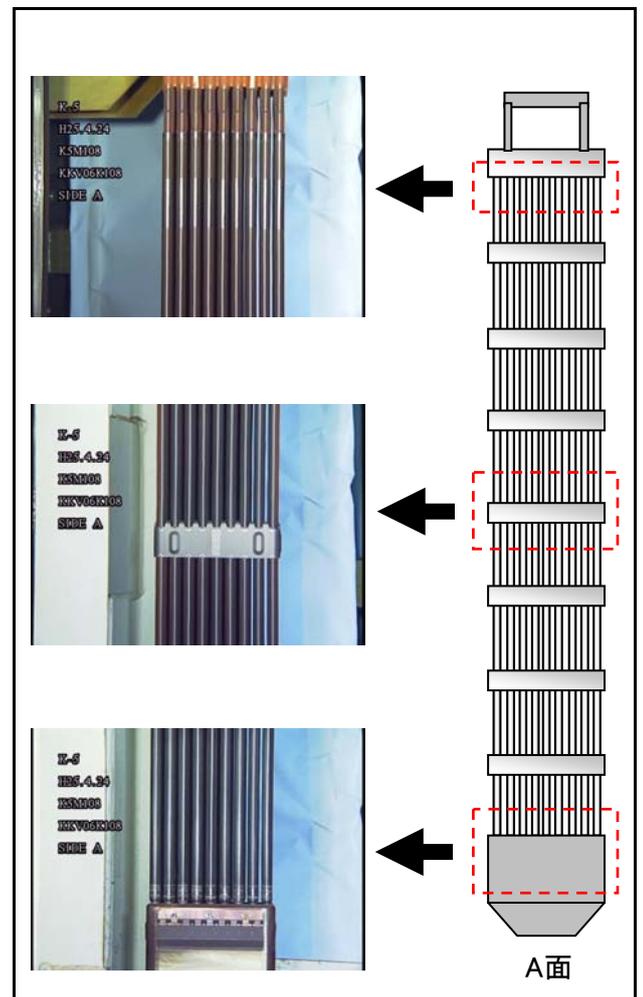
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

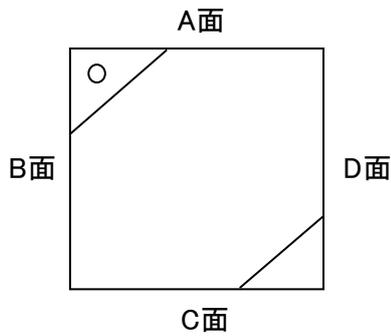
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K110
燃料集合体番号	K5M110

チャンネルボックス欠損状況

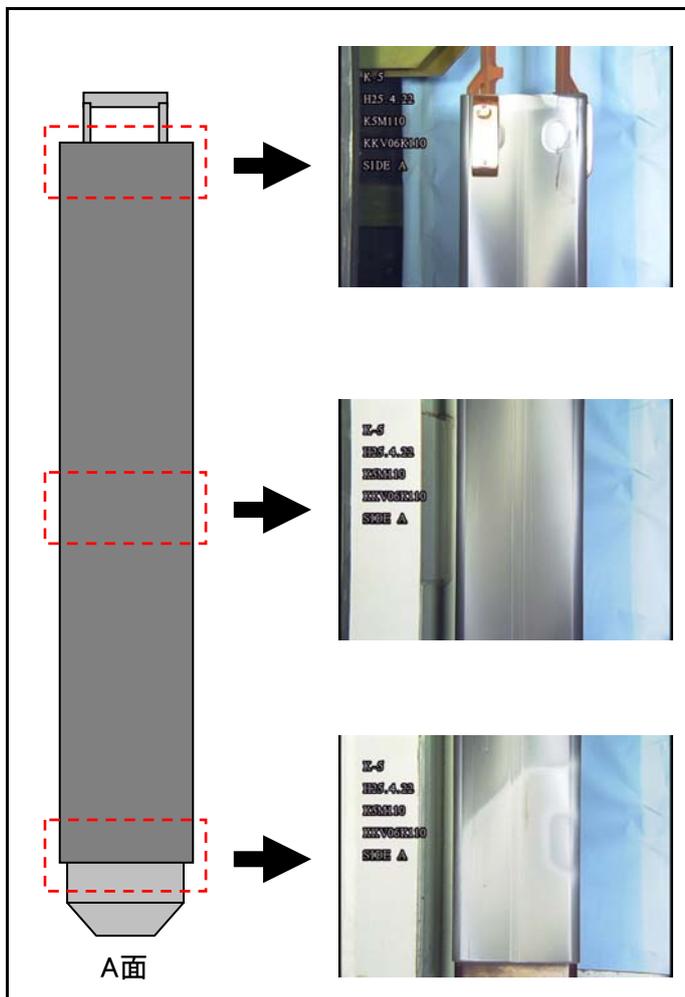


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



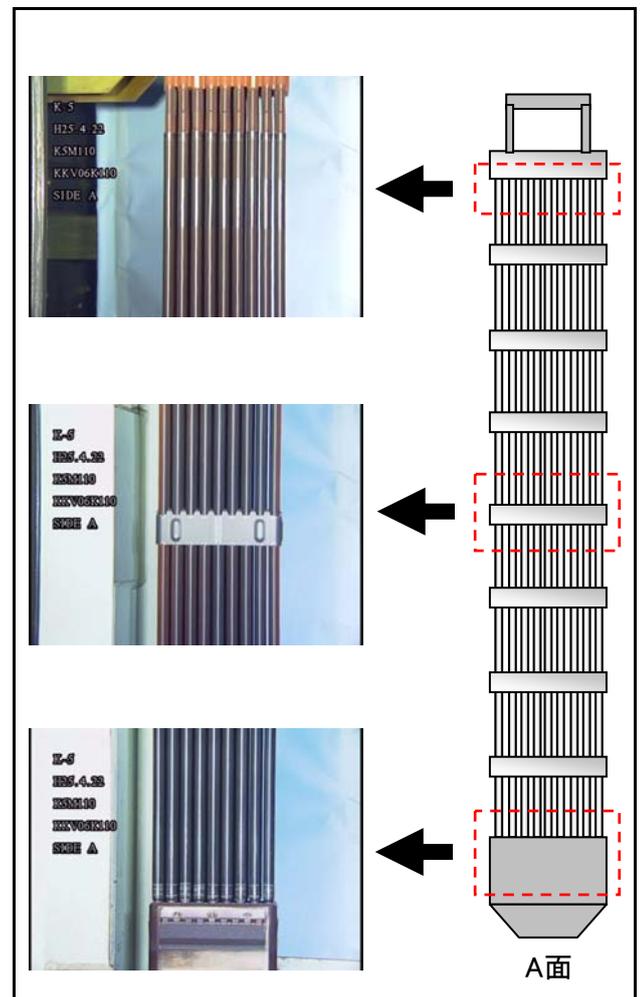
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

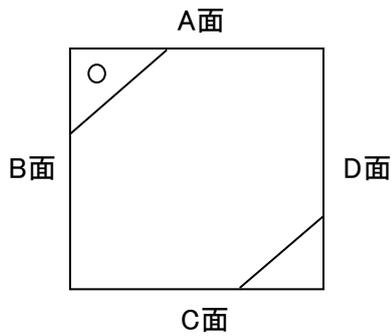
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K117
燃料集合体番号	K5M117

チャンネルボックス欠損状況

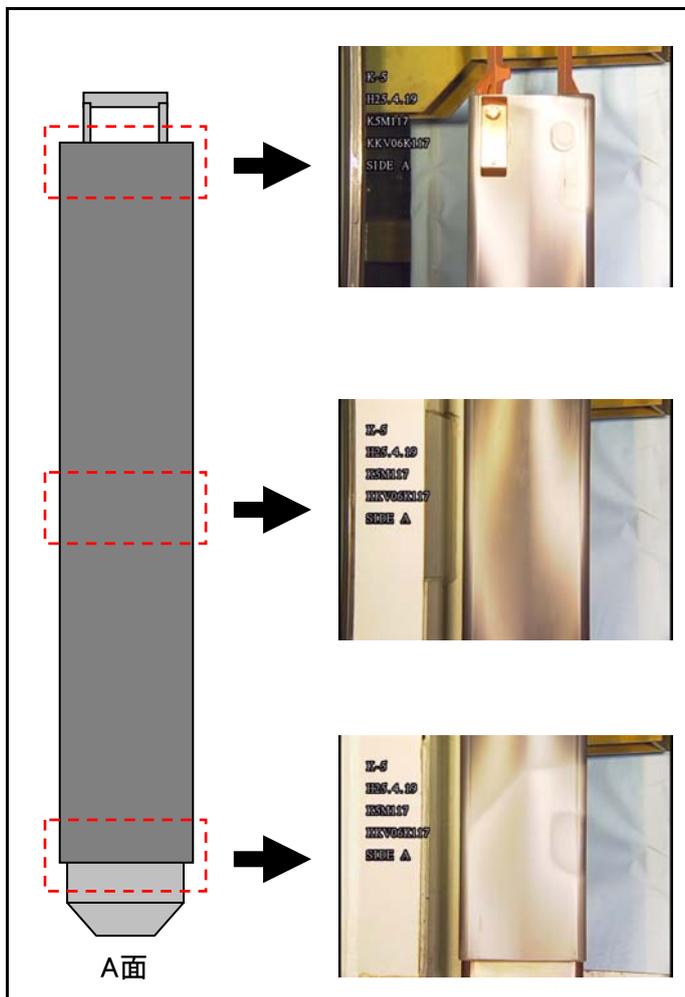


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



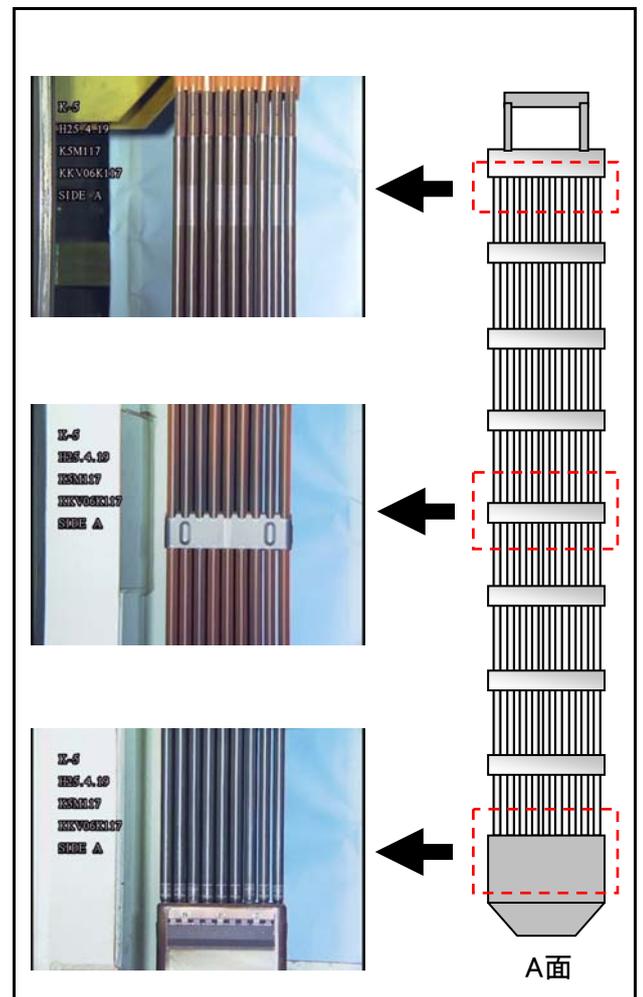
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

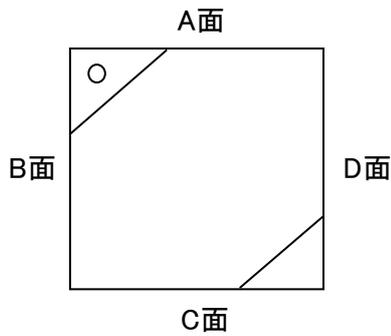
点検結果	異常なし
------	------



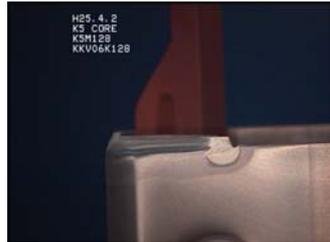
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K128
燃料集合体番号	K5M128

チャンネルボックス欠損状況

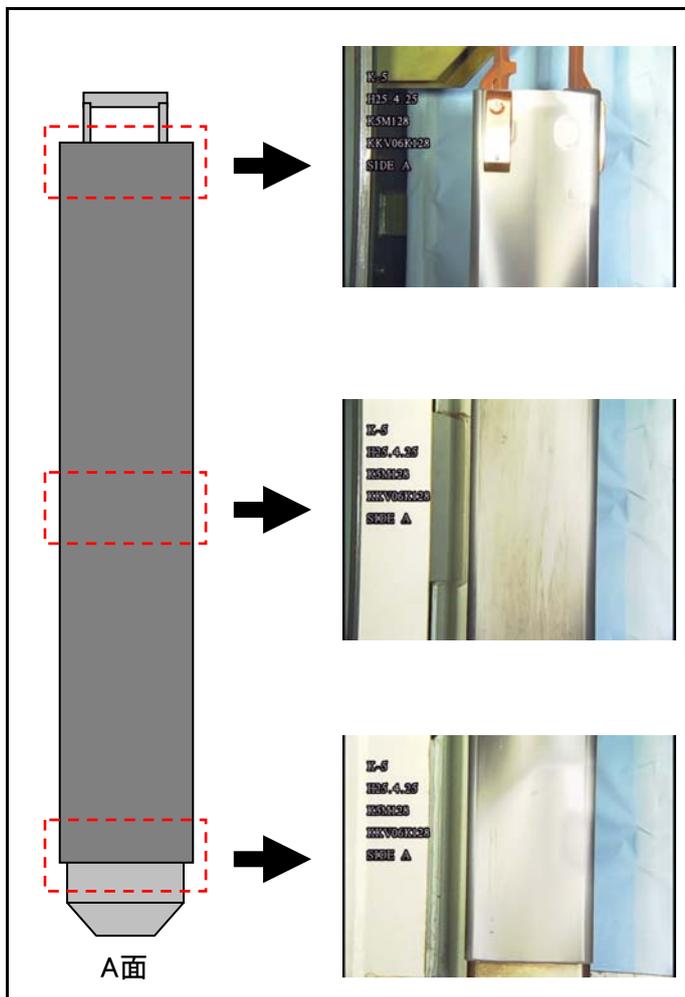


【D面】 欠損部長さ: 約13mm



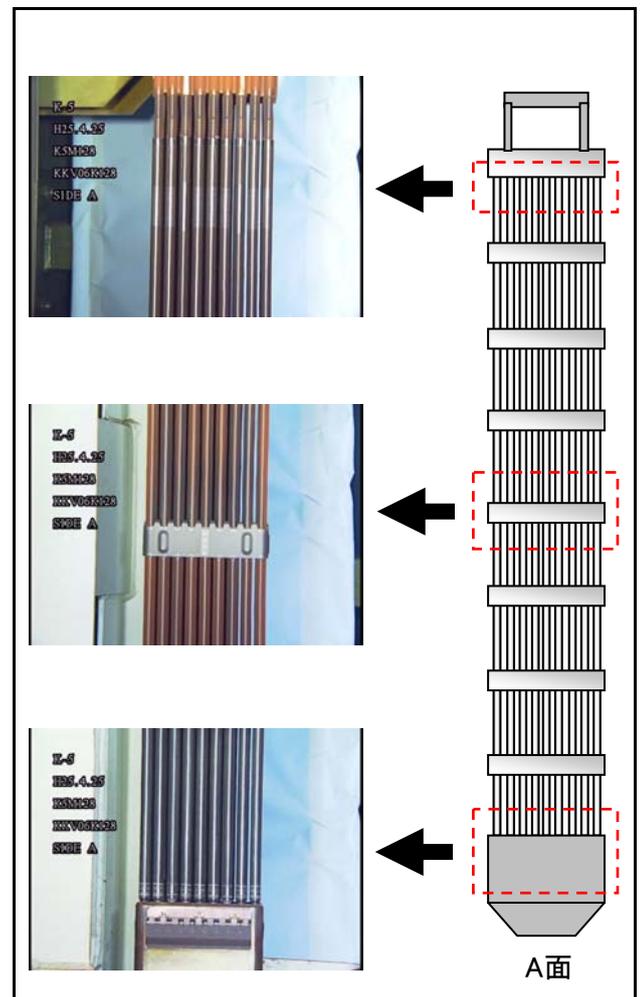
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

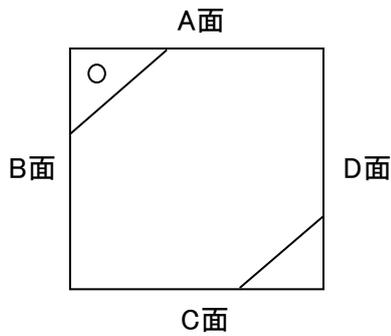
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKV06K135
燃料集合体番号	K5M135

チャンネルボックス欠損状況

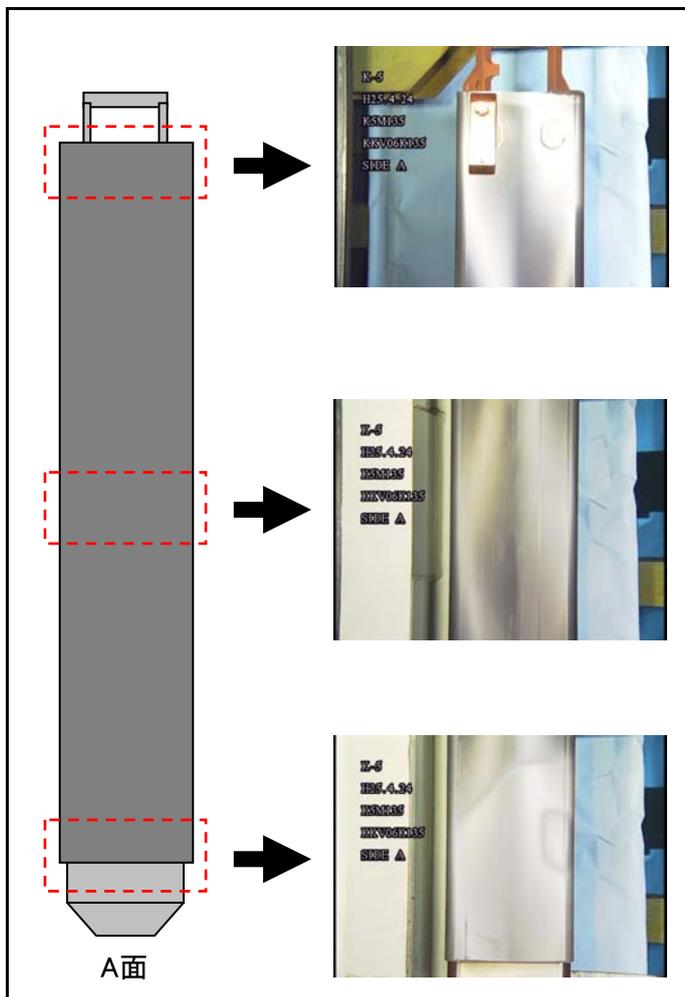


【D面】 欠損部長さ: 約15mm



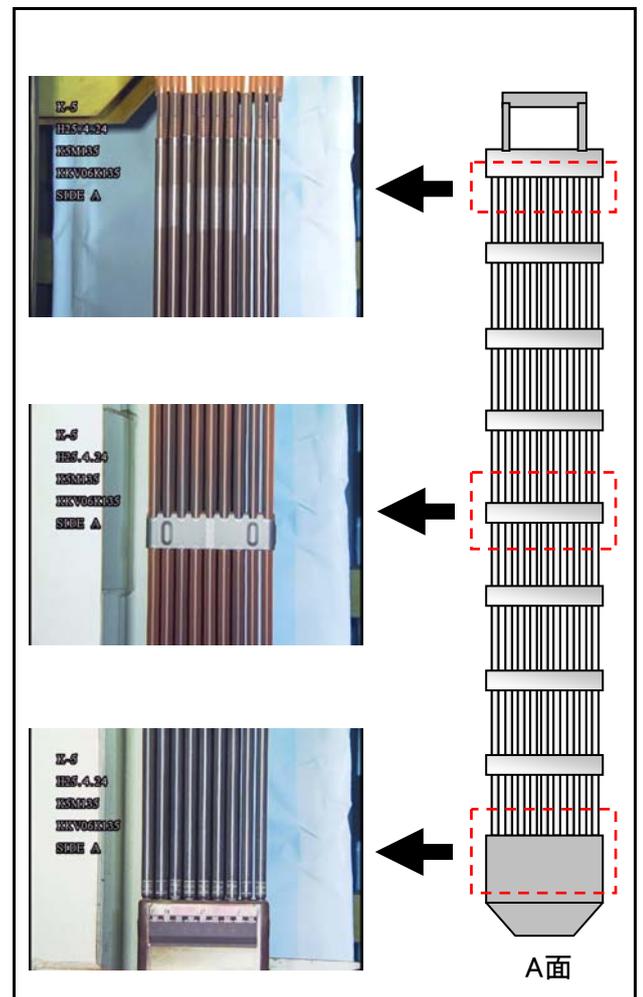
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし
------	------



# 柏崎刈羽原子力発電所6号機 点検結果 (点検結果一覧)

No.	C/番号	チャンネルボックスデータ				表着燃料集合体データ				燃料型式	外観点検結果	ステータス※2	備考			
		出荷年月	炉内滞在サイクル	取出口サイクル	製造時期※1	製造者	燃焼度 (MWd/t)	欠損部長さ (mm)	外観点検結果					燃料番号	製造者	燃焼度
1	A98K023	3	1999.3	6	4	2004.7	神戸	45.052	約11	異常なし	K6BN23	NFI	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-7-1
2	A98K064	3	1999.3	7	5	2005.12	神戸	40.844	約9	異常なし	K6BN64	NFI	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-7-2
3	A98K082	3	1999.4	6	4	2004.7	神戸	42.293	約9	異常なし	K6BN82	NFI	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-7-3
4	A98K105	3	1999.4	6	4	2004.7	神戸	46.032	約8	異常なし	K6BN105	NFI	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-7-4
5	A98K185	3	1999.3	6	4	2004.7	神戸	40.240	約13	異常なし	K6B69	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-7-5
6	A98K201	3	1999.4	7	5	2005.12	神戸	43.789	約9	異常なし	K6B85	JNF	高燃焼度 8×8	異常なし	使用済	添付資料-7-6
7	KKA05K035	8	2006.3	-	3	-	神戸	35.860	約8	異常なし	K6G35	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-7
8	KKA05K082	8	2006.3	-	3	-	神戸	37.899	約12	異常なし	K6G62	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-8
9	KKA05K133	8	2006.3	-	3	-	神戸	35.981	約12	異常なし	K6G133	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-9
10	KKA05K148	8	2006.3	-	3	-	神戸	38.923	約18	異常なし	K6G148	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-10
11	KKA05K156	8	2006.3	-	3	-	神戸	36.037	約17	異常なし	K6G156	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-11
12	KKA05K166	8	2006.3	-	3	-	神戸	34.948	約14	異常なし	K6G166	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-12
13	KKA05K189	8	2006.3	-	3	-	神戸	36.228	約18	異常なし	K6G189	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-13
14	KKA05K195	8	2006.3	-	3	-	神戸	37.096	約8	異常なし	K6G195	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-14
15	KKA06K002	9A	2007.7	-	2	-	神戸	25.088	約14	異常なし	K6H2	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-15
16	KKA06K014	9A	2007.7	-	2	-	神戸	28.782	約14	異常なし	K6H14	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-16
17	KKA06K024	9A	2007.7	-	2	-	神戸	28.069	約11	異常なし	K6H24	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-17
18	KKA06K031	9A	2007.6	-	2	-	神戸	28.375	約13	異常なし	K6H31	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-18
19	KKA06K054	9A	2007.7	-	2	-	神戸	25.159	約13	異常なし	K6H54	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-19
20	KKA06K056	9A	2007.6	-	2	-	神戸	25.135	約14	異常なし	K6H56	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-20
21	KKA06K077	9A	2007.6	-	2	-	神戸	28.968	約9	異常なし	K6H77	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-21
22	KKA06K086	9A	2007.7	-	2	-	神戸	26.443	約12	異常なし	K6H86	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-22
23	KKA06K096	9A	2007.6	-	2	-	神戸	22.884	約14	異常なし	K6H96	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-23
24	KKA06K104	9A	2007.6	-	2	-	神戸	23.391	約14	異常なし	K6H104	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-24
25	KKA06K113	9A	2007.6	-	2	-	神戸	27.923	約9	異常なし	K6H113	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-25
26	KKA06K131	9A	2007.7	-	2	-	神戸	24.278	約12	異常なし	K6H131	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-26
27	KKA06K138	9A	2007.6	-	2	-	神戸	27.689	約9	異常なし	K6H138	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-27
28	KKA06K142	9A	2007.7	-	2	-	神戸	24.282	約18	異常なし	K6H142	GNF-J	9×9A	異常なし	再使用予定	添付資料-7-28

略語	用語
8×8RJ	新型8×8燃料
8×8BJ	新型8×8ジルコニウムライナ燃料
高燃焼度8×8	高燃焼度8×8燃料
9×9A	9×9燃料(A型)
9×9B	9×9燃料(B型)
JNF	日本エネルギー・フュエル(現グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)
GNF-J	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
NFI	原子燃料工業
日立	日立製作所又は日立・GEニュークリアエナジー
神戸	神戸製鋼所
A-A	ASEA-ATOM
ABB ATOM	ASEA BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED
Car Tech	CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION

※1 製造時期はクリップ溶接時期を記載  
 ※2 点検開始時、装荷・貯蔵場所  
 再使用予定: 原子炉内、使用済: 使用済燃料プール内

# 柏崎刈羽原子力発電所6号機 点検結果 (点検結果一覧)

No.	C/B番号	チャンネルボックスデータ					装着燃料集合体データ					備考								
		装荷サイクル	装荷年月	取出サイクル	炉内滞在サイクル	取出年月	製造時期※1	製造者	燃焼度(MWd/t)	欠損部長さ(mm)	外観点検結果		燃料型式	製造者	燃焼度(MWd/t)	欠損部長さ(mm)	外観点検結果	燃料型式	製造者	燃焼度(MWd/t)
29	KKA06K153	9A	2007.7	-	2	-	2006.3	神戸	26.702	約8	異常なし	GNF-J	9×9A	再使用予定	添付資料-7-29					
30	KKA06K165	9A	2007.7	-	2	-	2006.4	神戸	27.549	約14	異常なし	GNF-J	9×9A	再使用予定	添付資料-7-30					
31	KKA06K181	9A	2007.6	-	2	-	2006.4	神戸	28.153	約11	異常なし	GNF-J	9×9A	再使用予定	添付資料-7-31					
32	KKA06K185	9A	2007.7	-	2	-	2006.4	神戸	25.438	約17	異常なし	GNF-J	9×9A	再使用予定	添付資料-7-32					

略語	用語
8×8RJ	新型8×8燃料
8×8BJ	新型8×8シムコムライオン燃料
高燃焼度8×8	高燃焼度8×8燃料
9×9A	9×9燃料(A型)
9×9B	9×9燃料(B型)
JNF	日本ニュークリア・フュエル(現グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)
GNF-J	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
NFI	原子燃料工業
日立	日立製作所又は日立・GEニュークリアエナジー
神戸	神戸製鋼所
A・A	ASEA-ATOM
ABB ATOM	ASEA BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED
Car Tech	CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION

※1 製造時期はクリップ溶接時期を記載

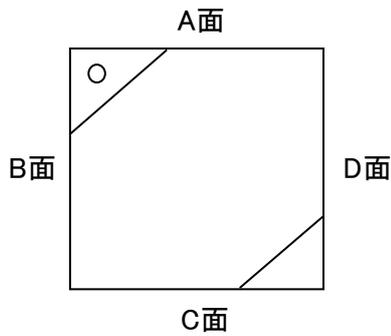
※2 点検開始時、装荷・貯蔵場所

再使用予定：原子炉内、使用済：使用済燃料プール内

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	A98K023
燃料集合体番号	K6BN23

チャンネルボックス欠損状況

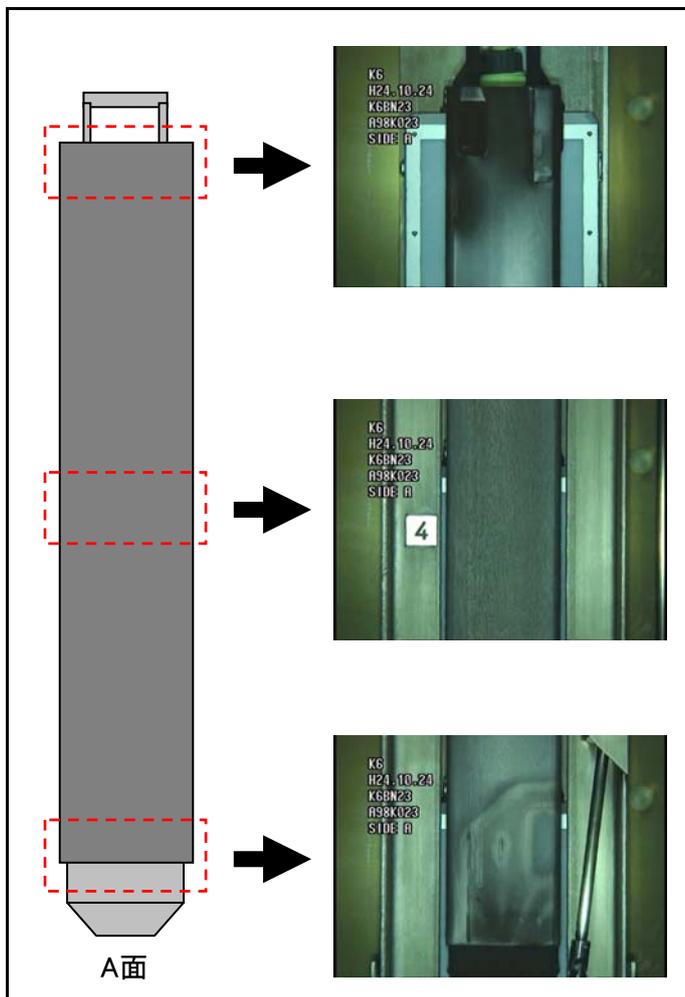


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



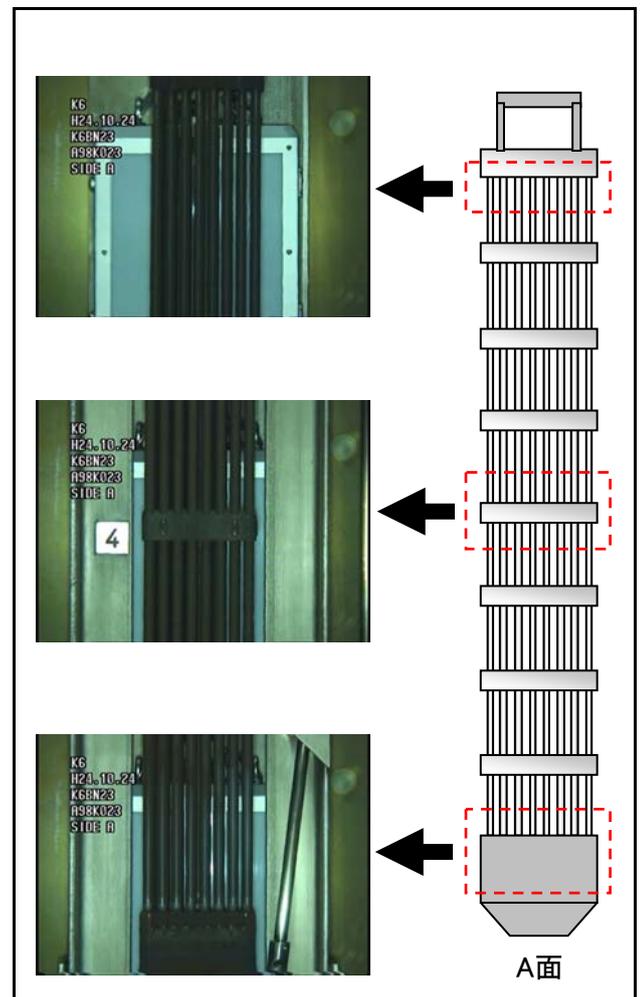
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

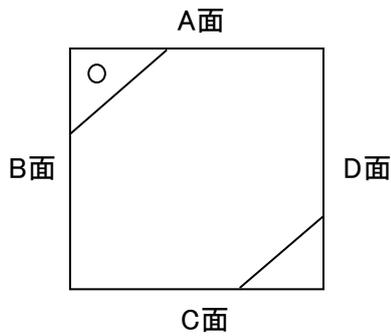
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	A98K064
燃料集合体番号	K6BN64

チャンネルボックス欠損状況

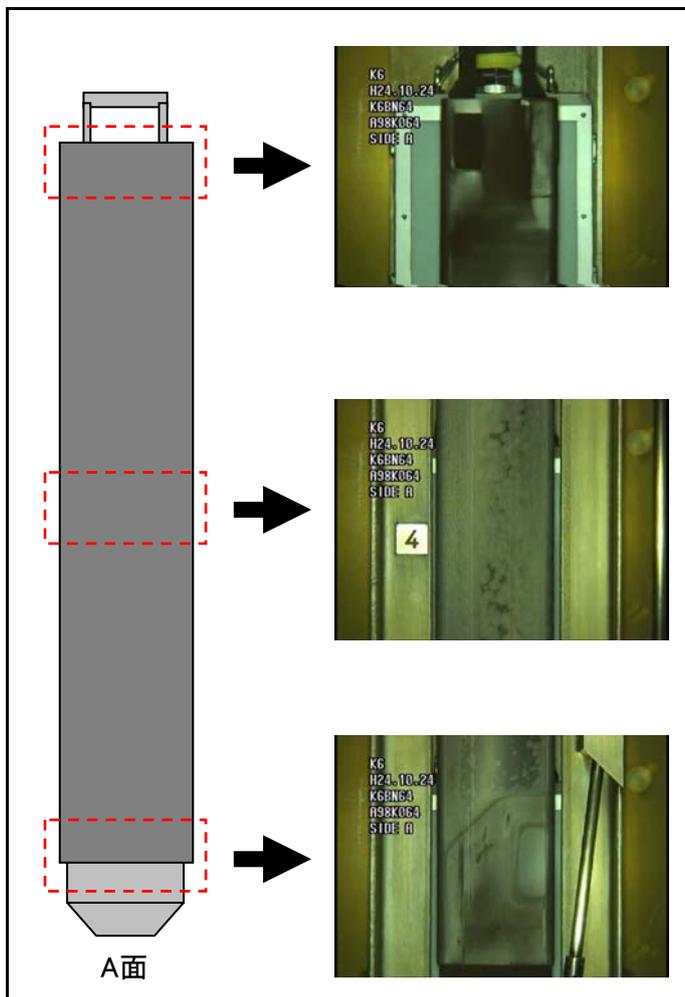


【D面】 欠損部長さ: 約9mm



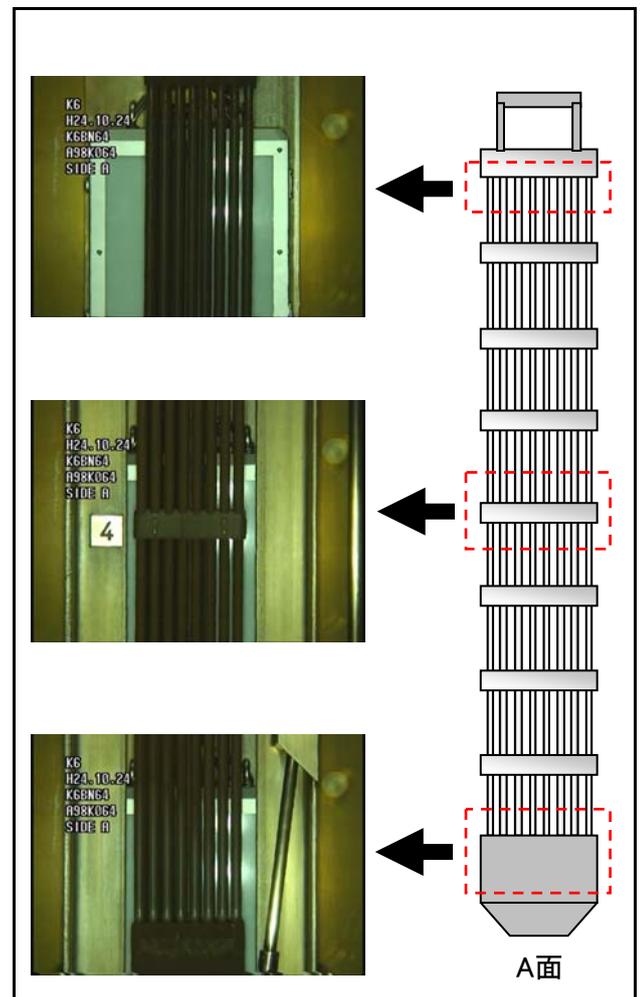
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

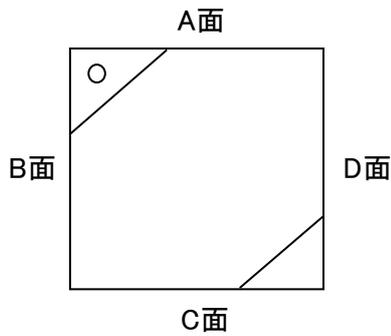
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	A98K082
燃料集合体番号	K6BN82

チャンネルボックス欠損状況

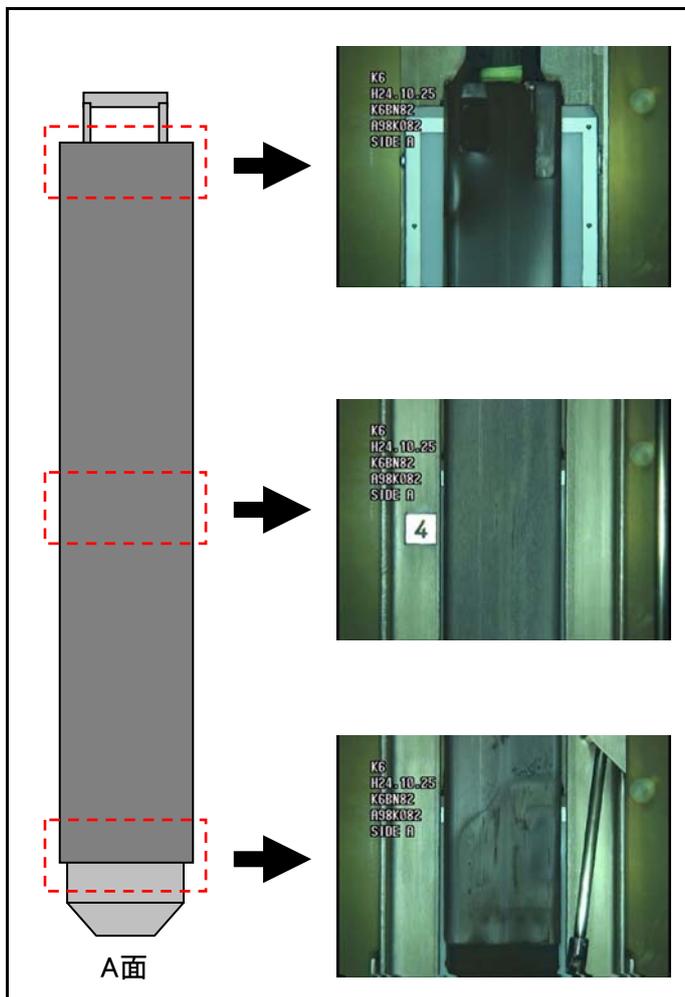


【A面】 欠損部長さ: 約9mm



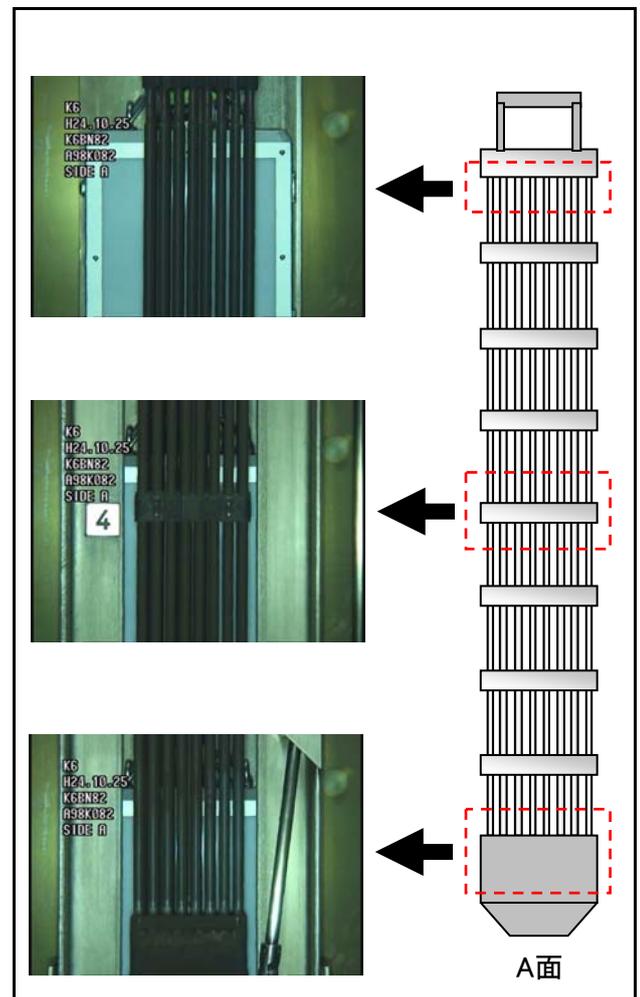
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

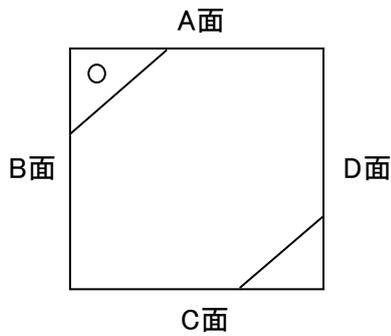
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	A98K105
燃料集合体番号	K6BN105

チャンネルボックス欠損状況

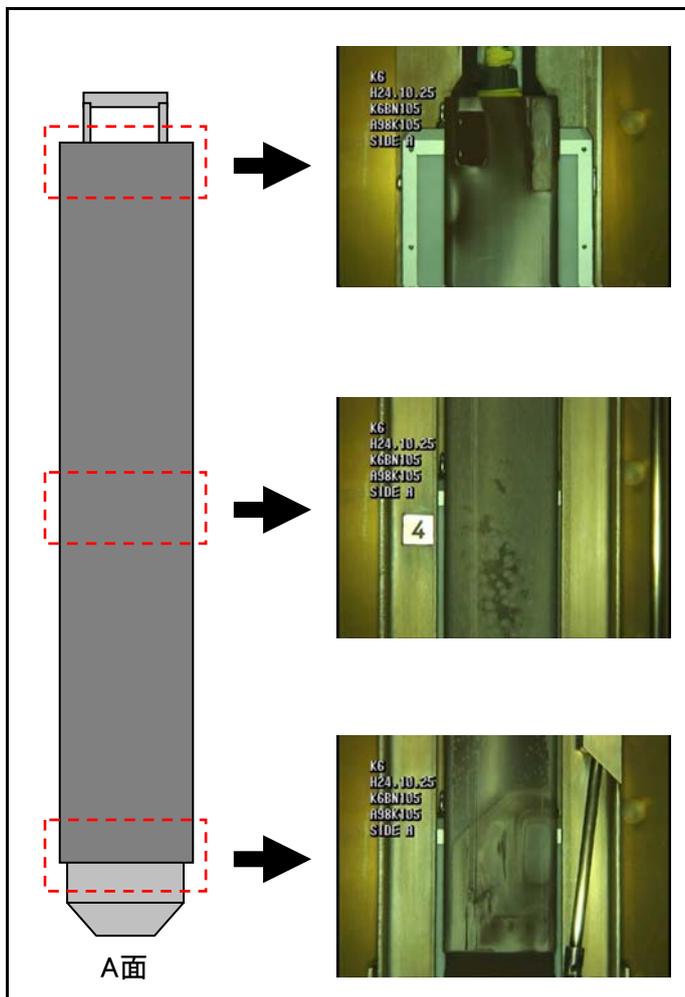


【D面】 欠損部長さ: 約8mm



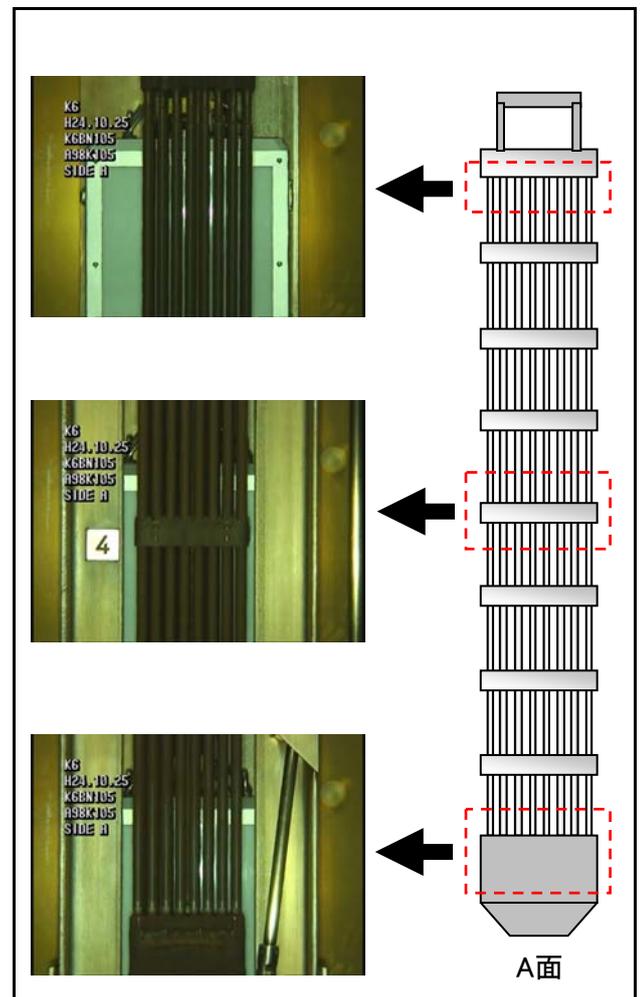
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

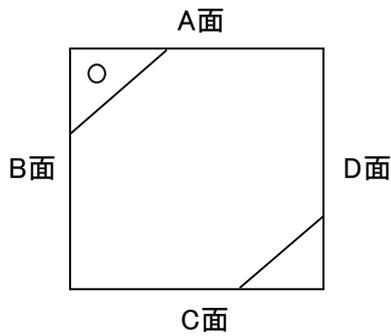
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	A98K185
燃料集合体番号	K6B69

チャンネルボックス欠損状況

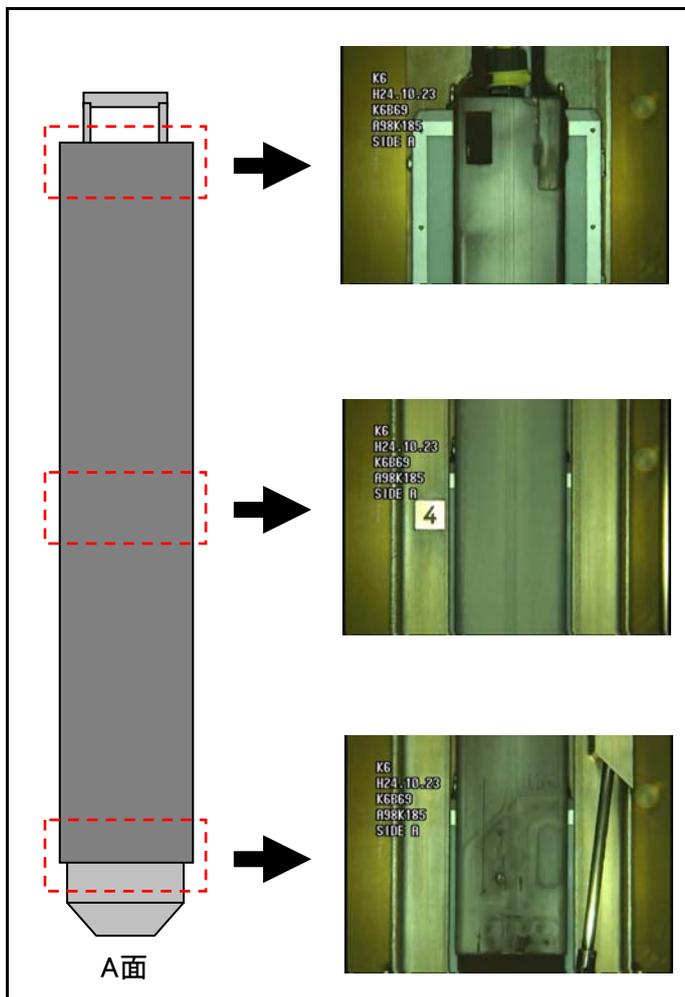


【D面】 欠損部長さ: 約13mm



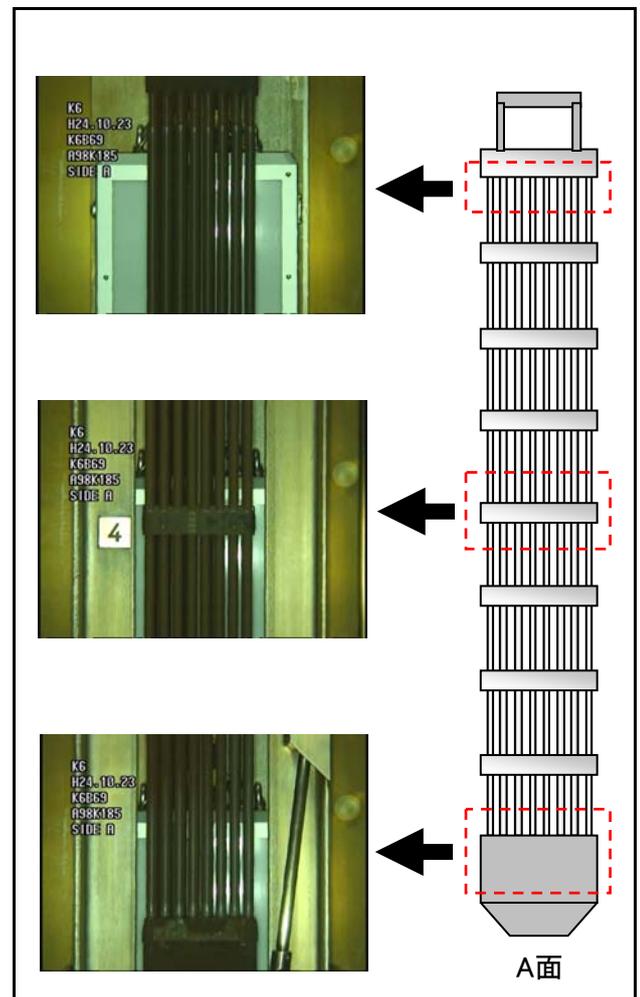
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

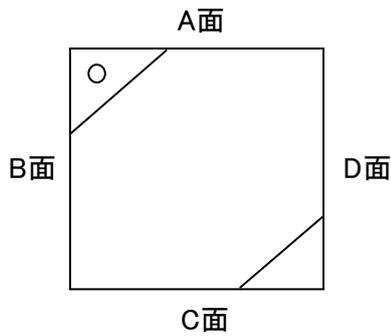
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	A98K201
燃料集合体番号	K6B85

チャンネルボックス欠損状況

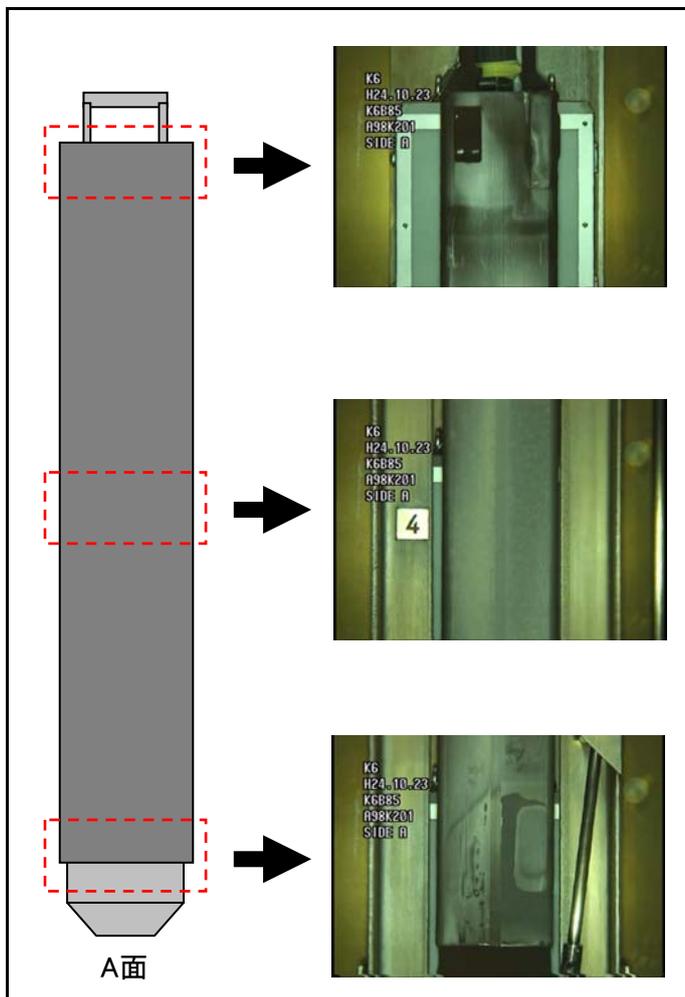


【D面】 欠損部長さ: 約9mm



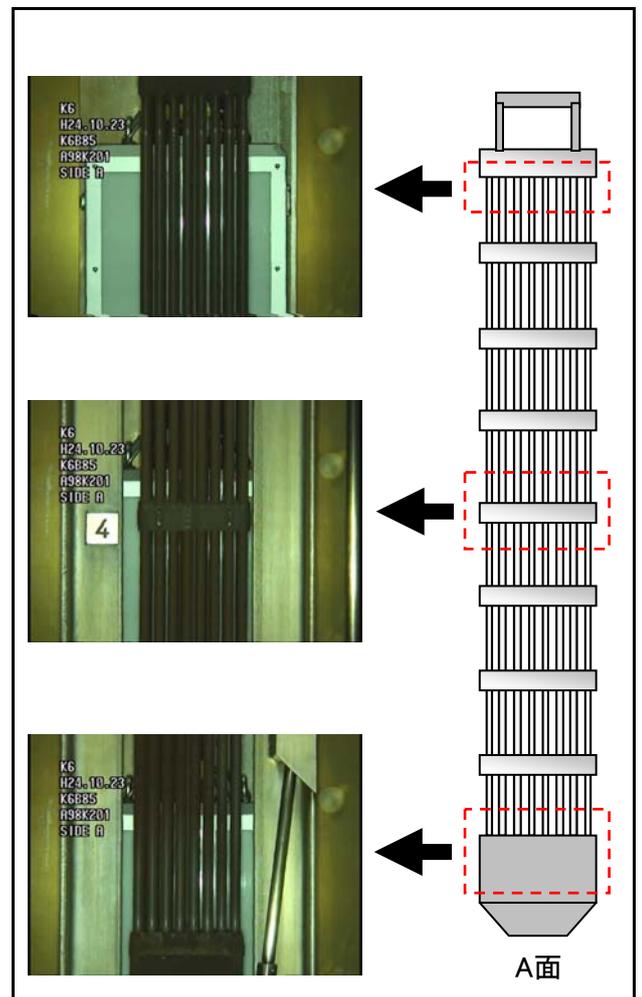
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

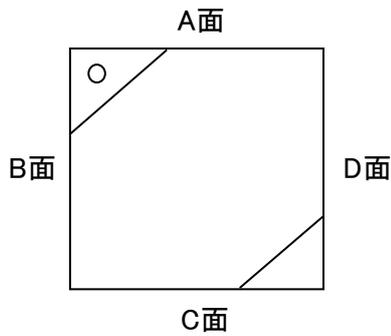
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA05K035
燃料集合体番号	K6G35

チャンネルボックス欠損状況

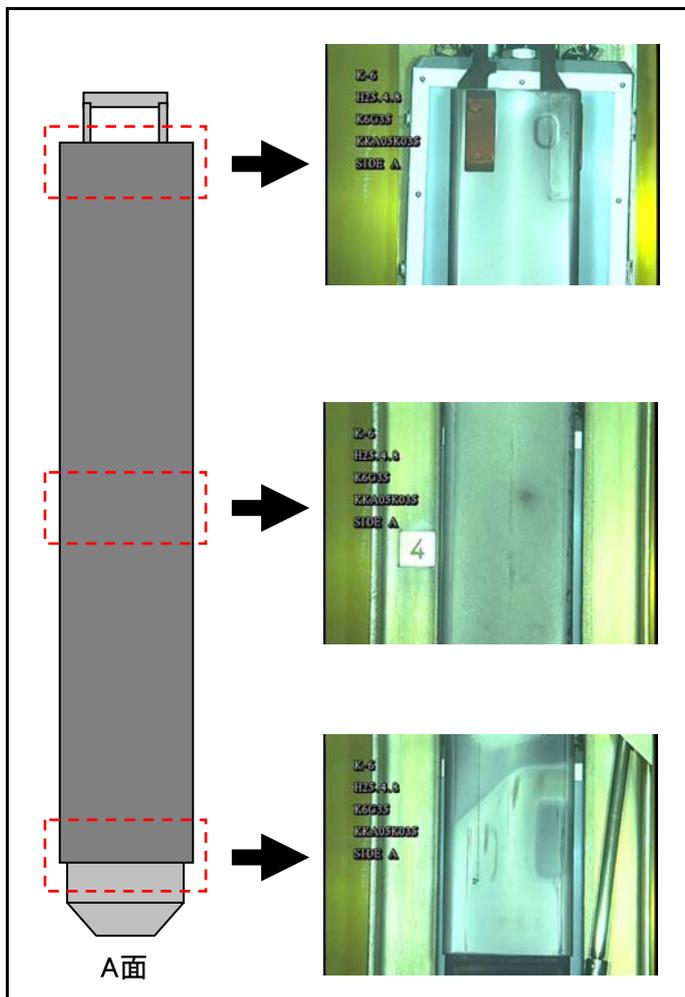


【D面】 欠損部長さ: 約8mm



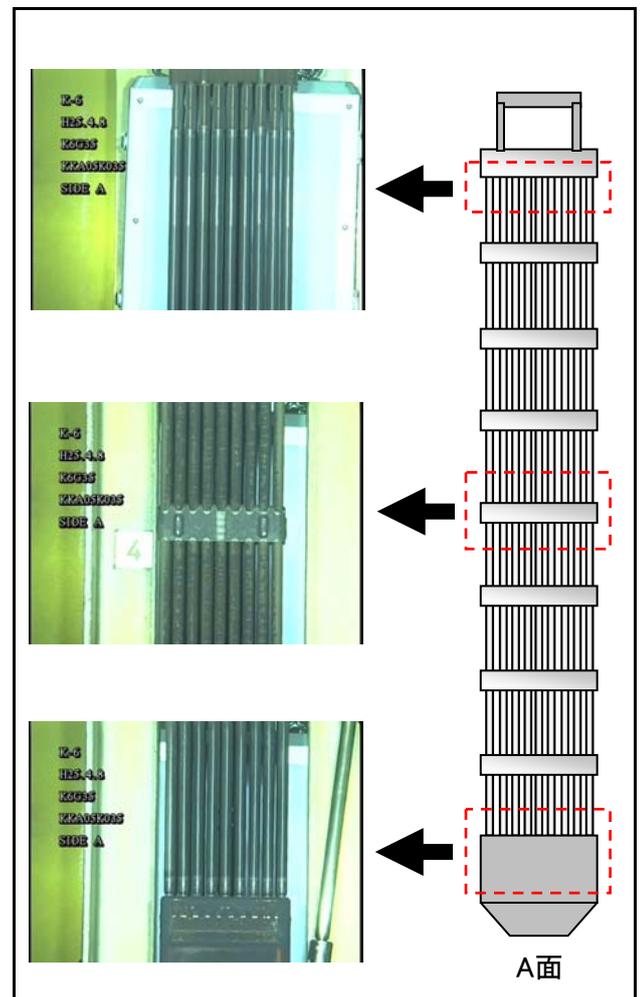
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

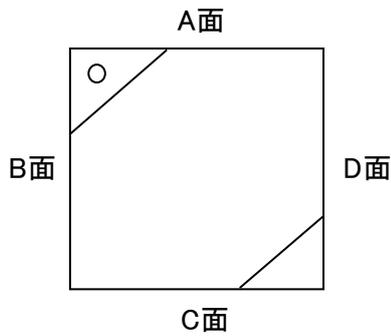
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA05K062
燃料集合体番号	K6G62

チャンネルボックス欠損状況

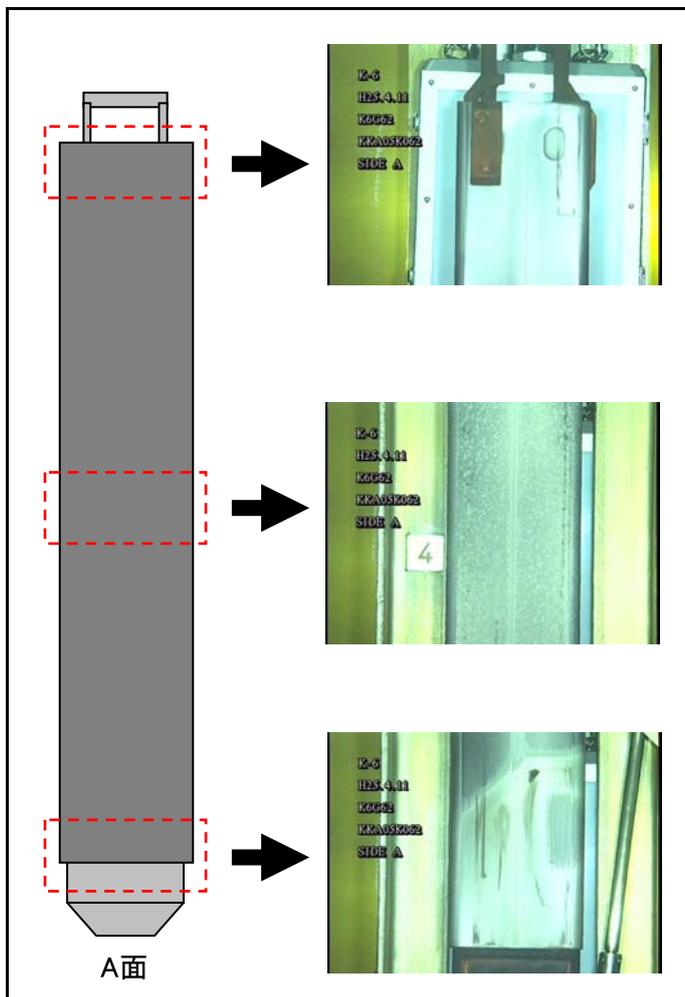


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



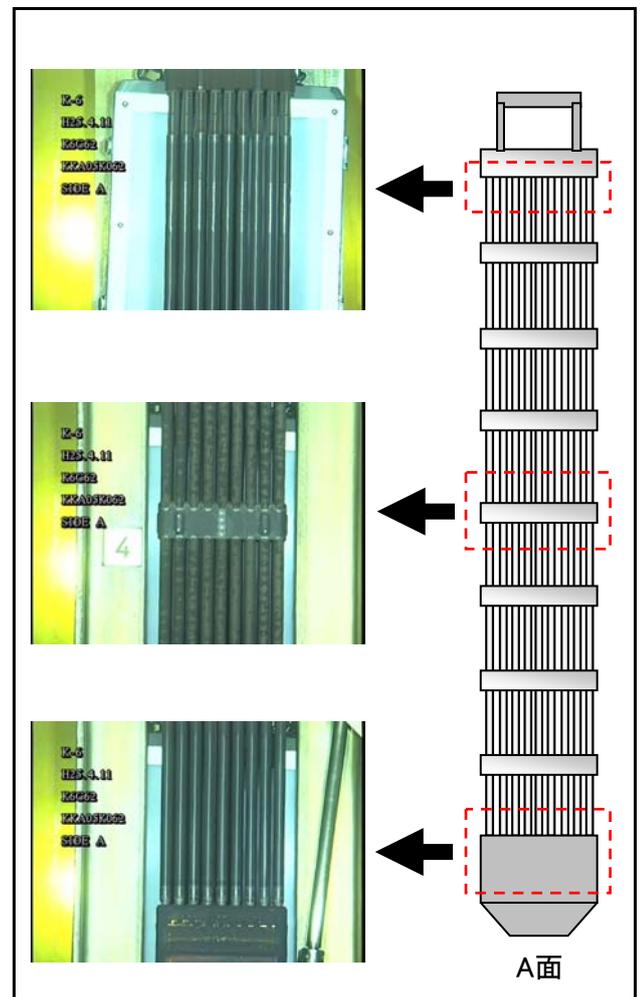
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

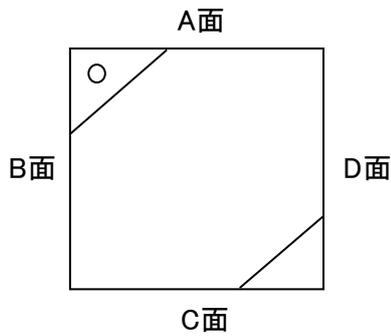
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA05K133
燃料集合体番号	K6G133

チャンネルボックス欠損状況

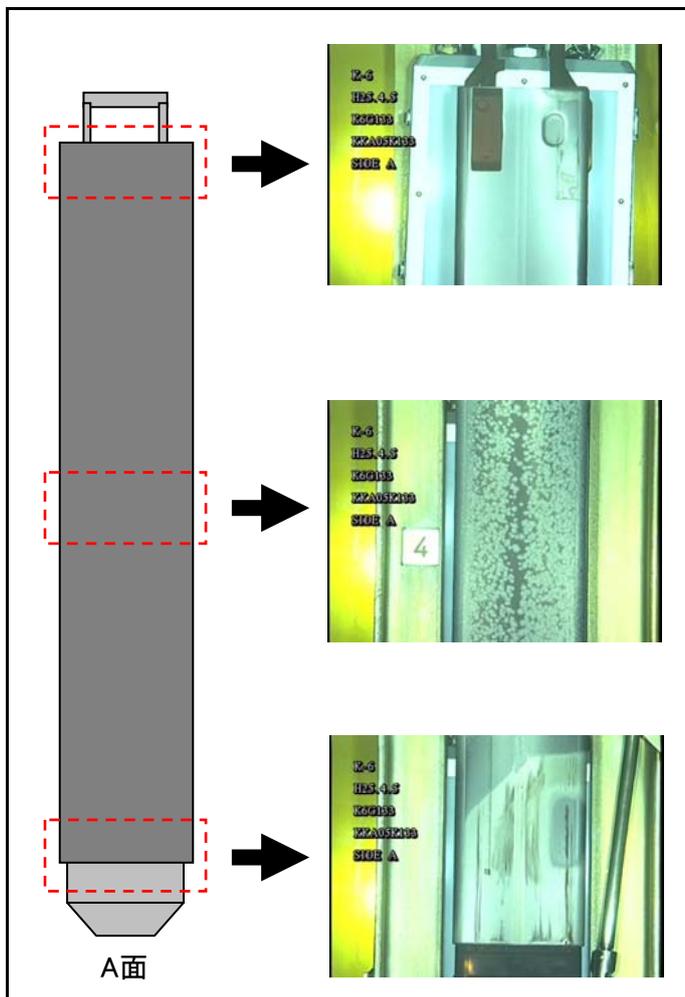


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



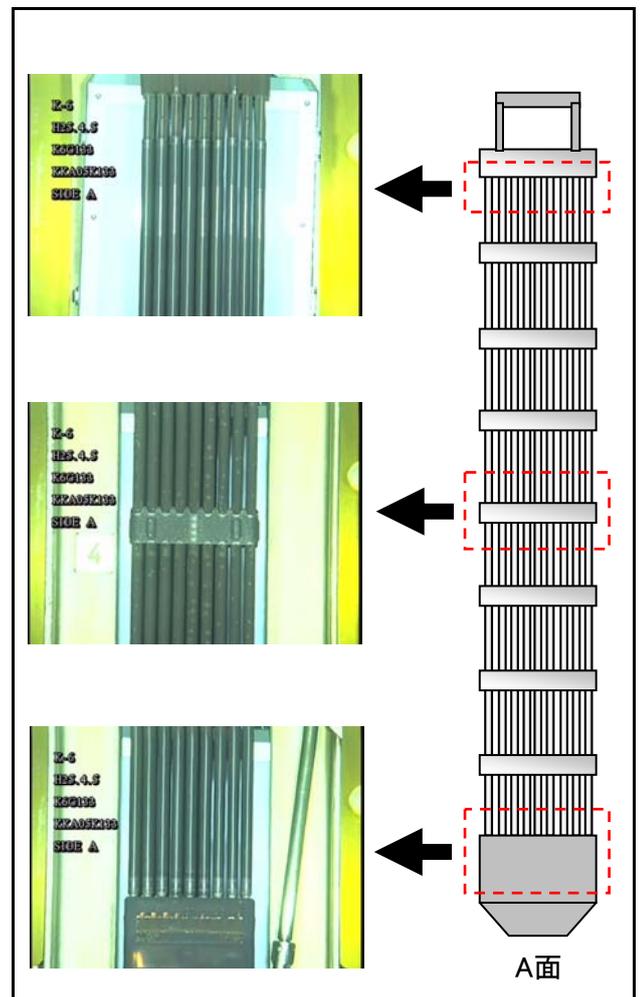
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

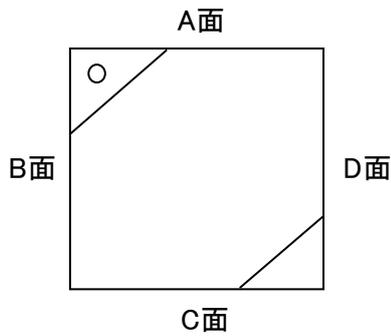
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA05K148
燃料集合体番号	K6G148

チャンネルボックス欠損状況

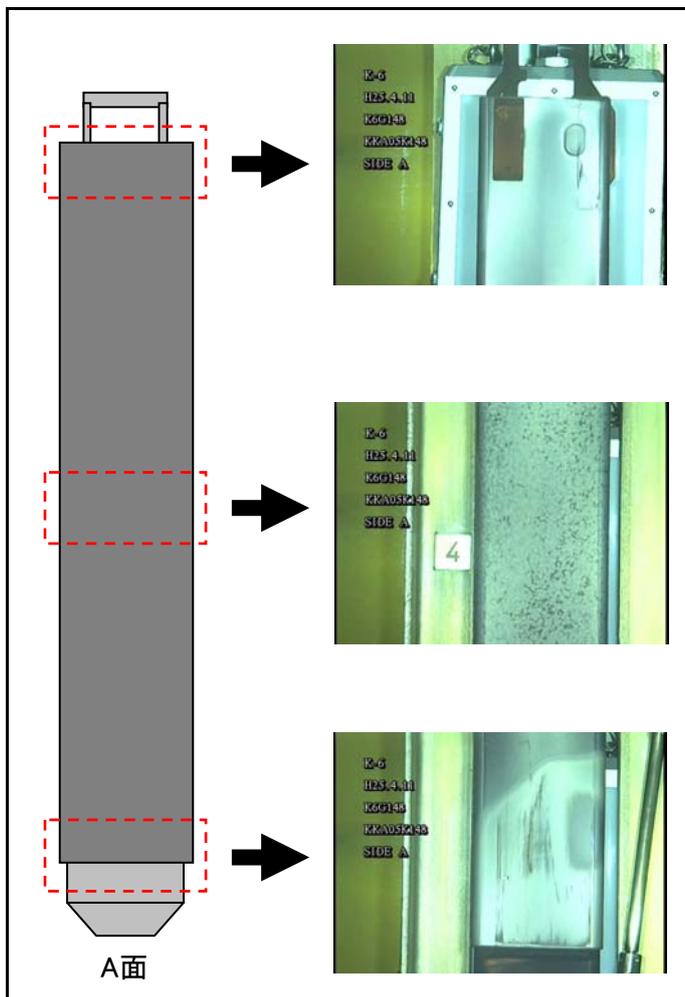


【D面】 欠損部長さ: 約18mm



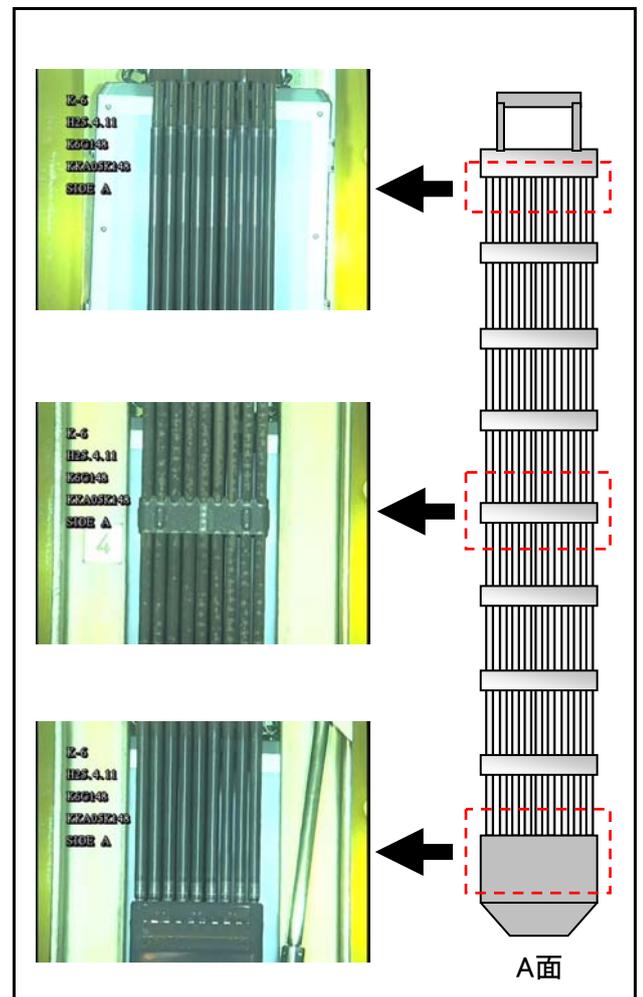
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

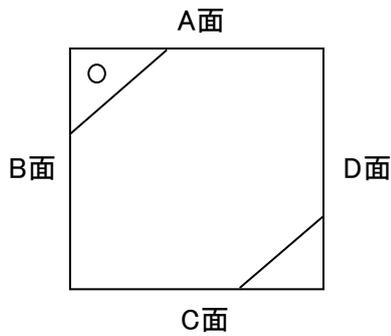
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA05K156
燃料集合体番号	K6G156

チャンネルボックス欠損状況

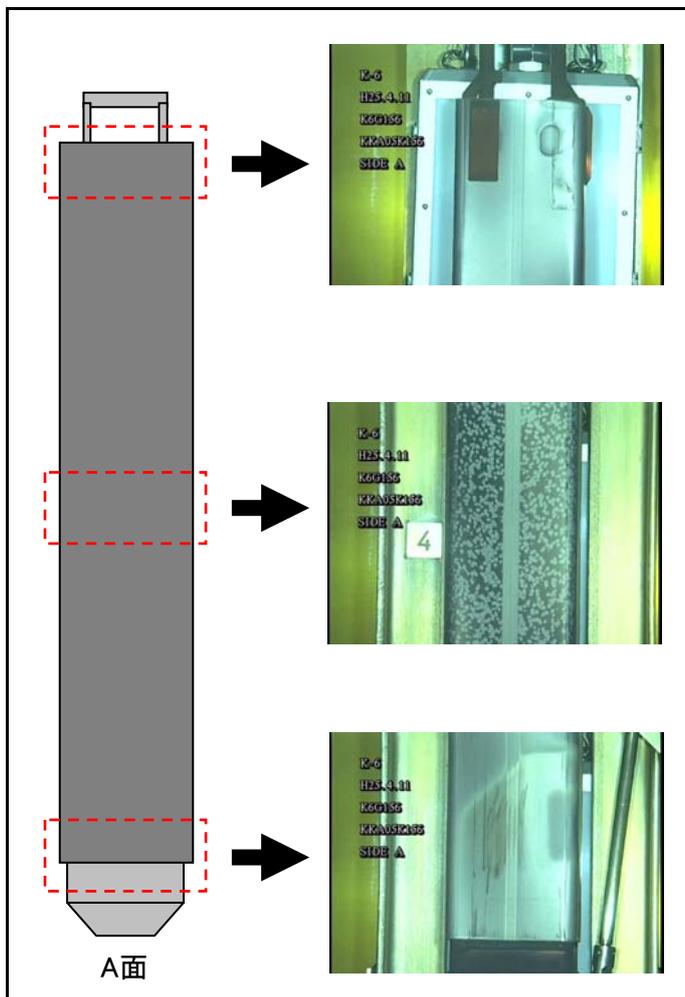


【D面】 欠損部長さ: 約17mm



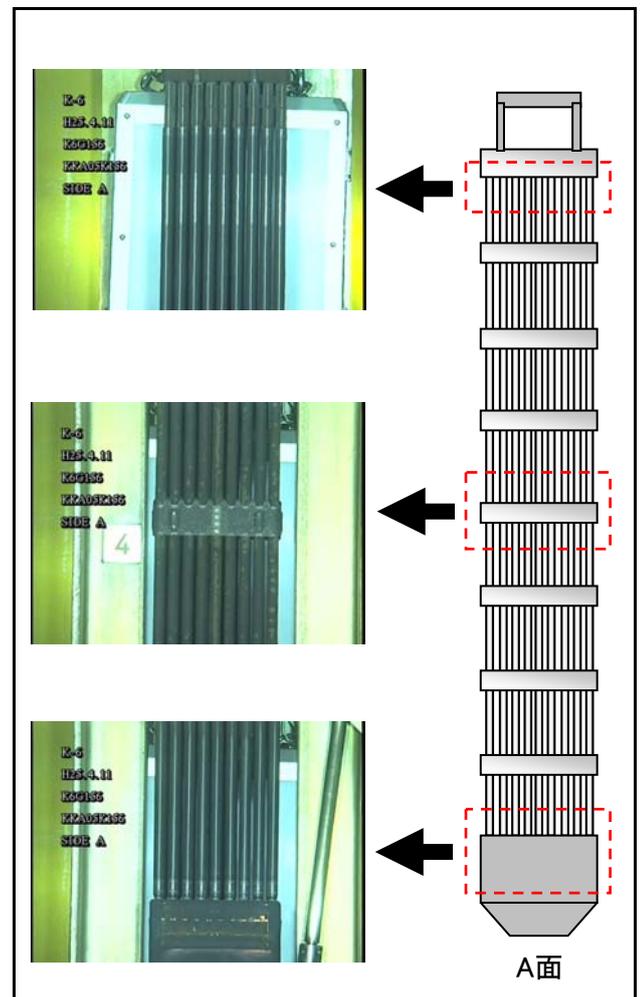
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

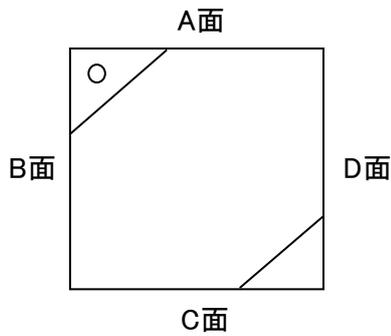
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA05K166
燃料集合体番号	K6G166

チャンネルボックス欠損状況

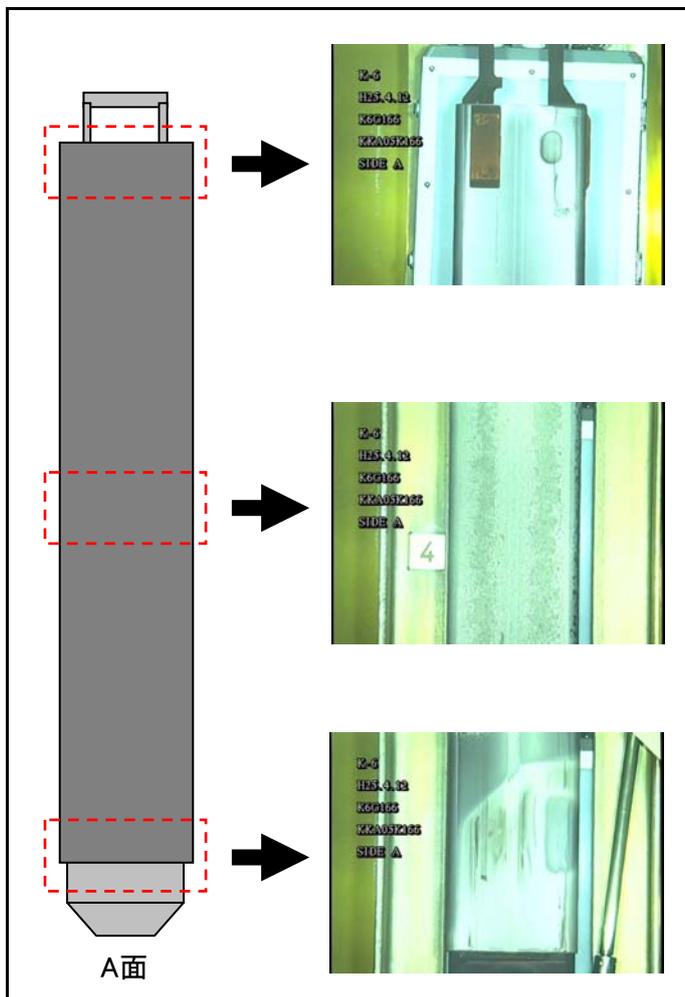


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



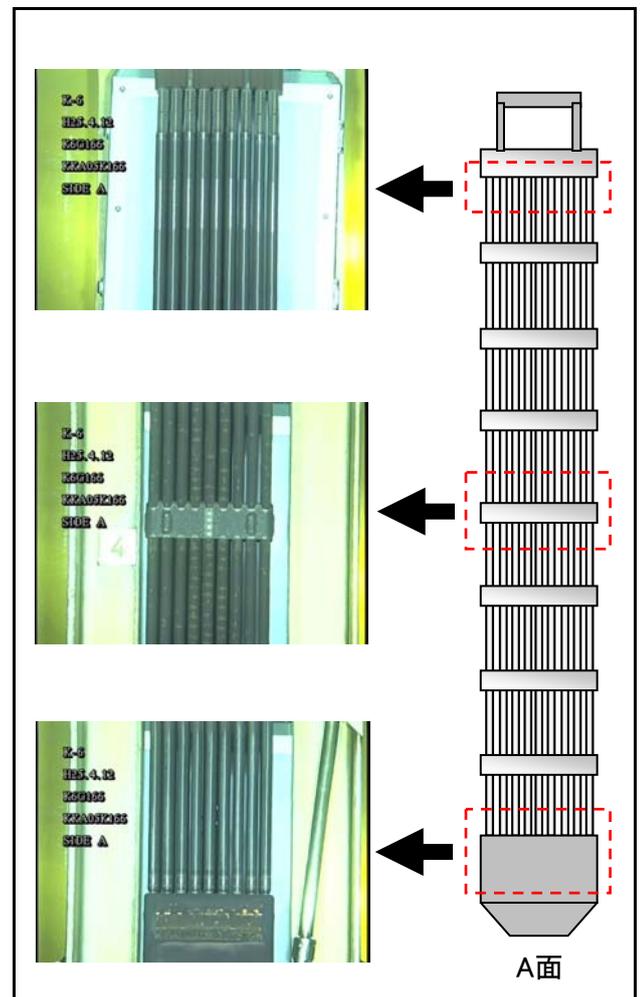
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

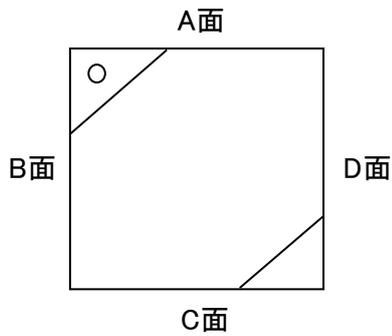
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA05K189
燃料集合体番号	K6G189

チャンネルボックス欠損状況

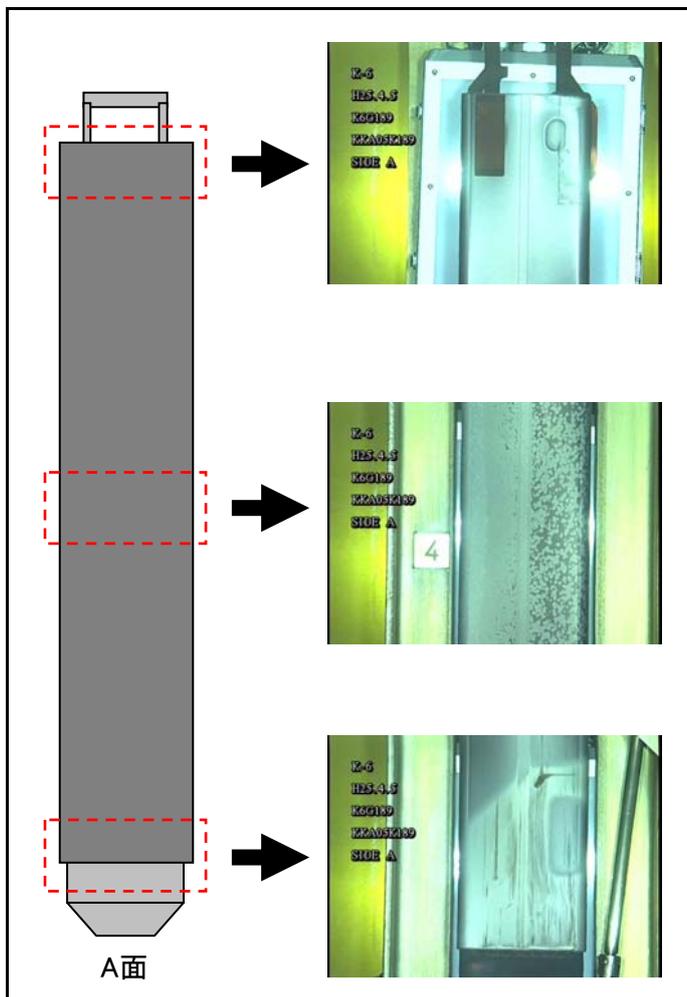


【D面】 欠損部長さ: 約18mm



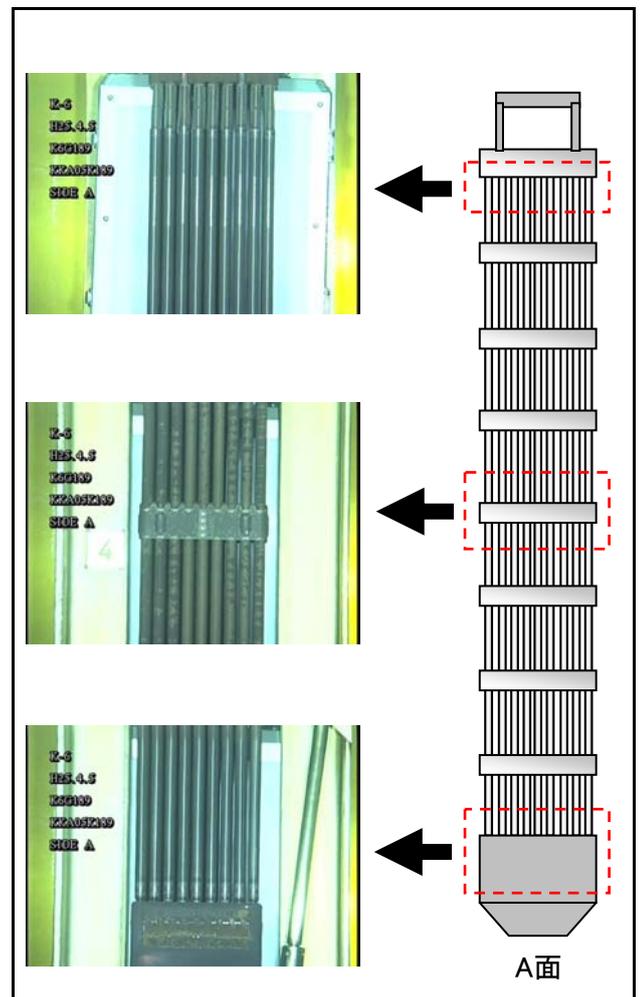
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

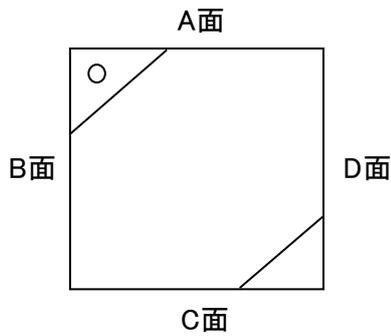
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA05K195
燃料集合体番号	K6G195

チャンネルボックス欠損状況

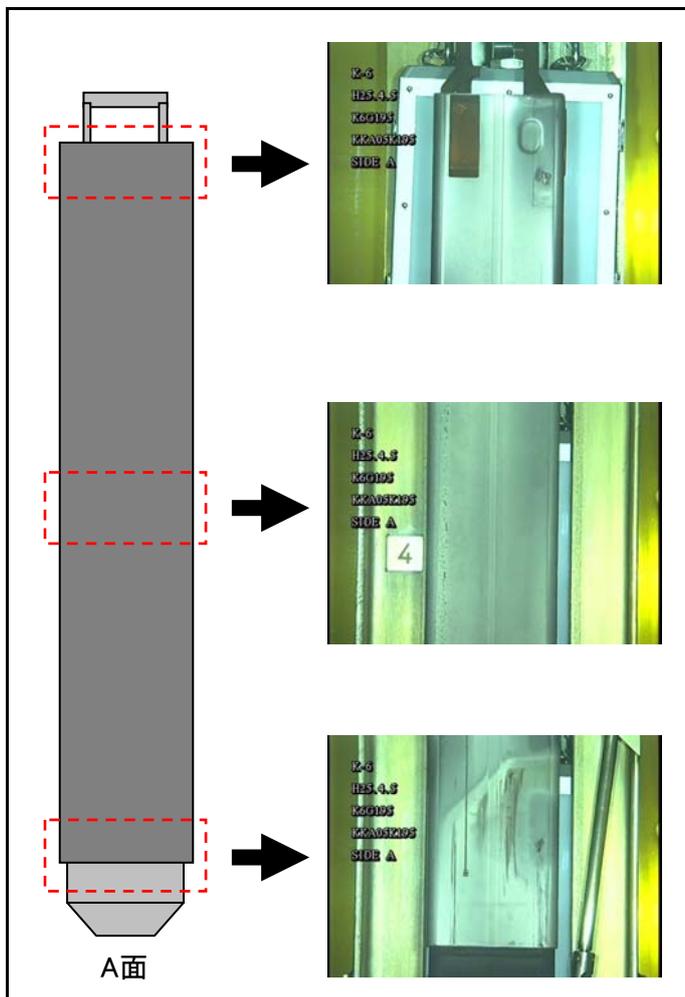


【D面】 欠損部長さ: 約8mm



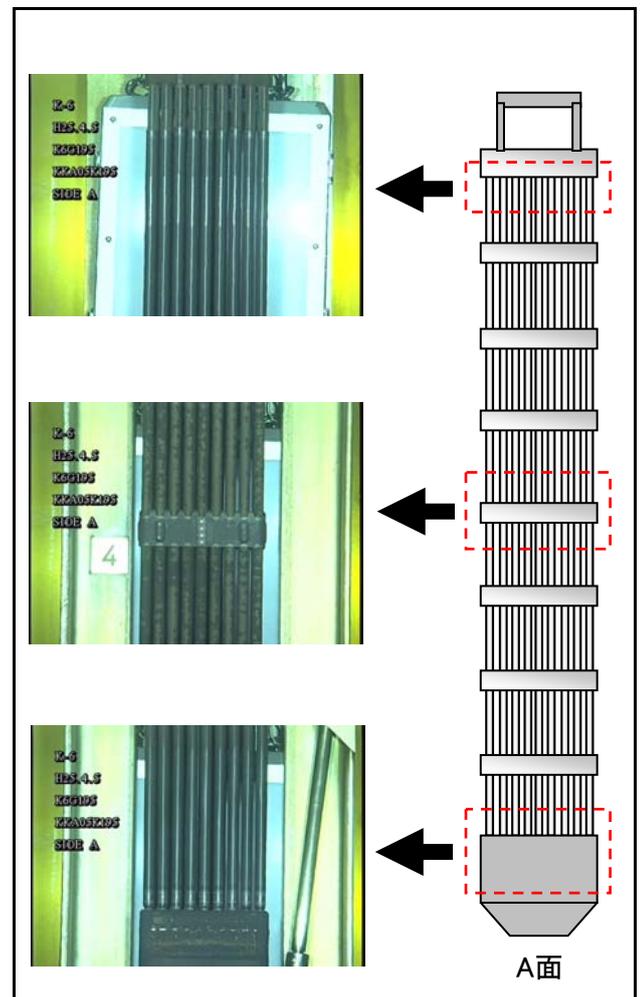
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

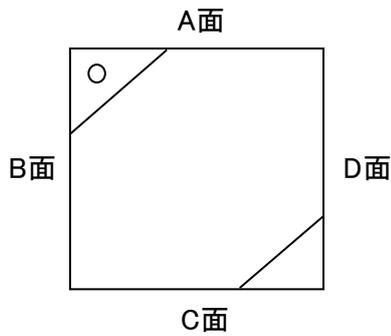
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K002
燃料集合体番号	K6H2

チャンネルボックス欠損状況

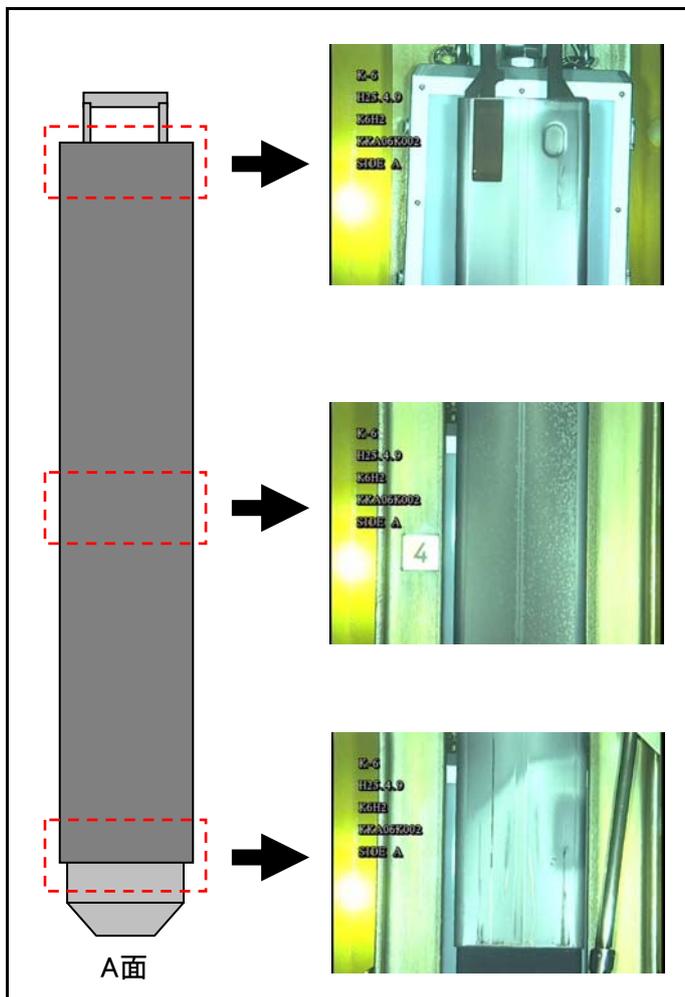


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



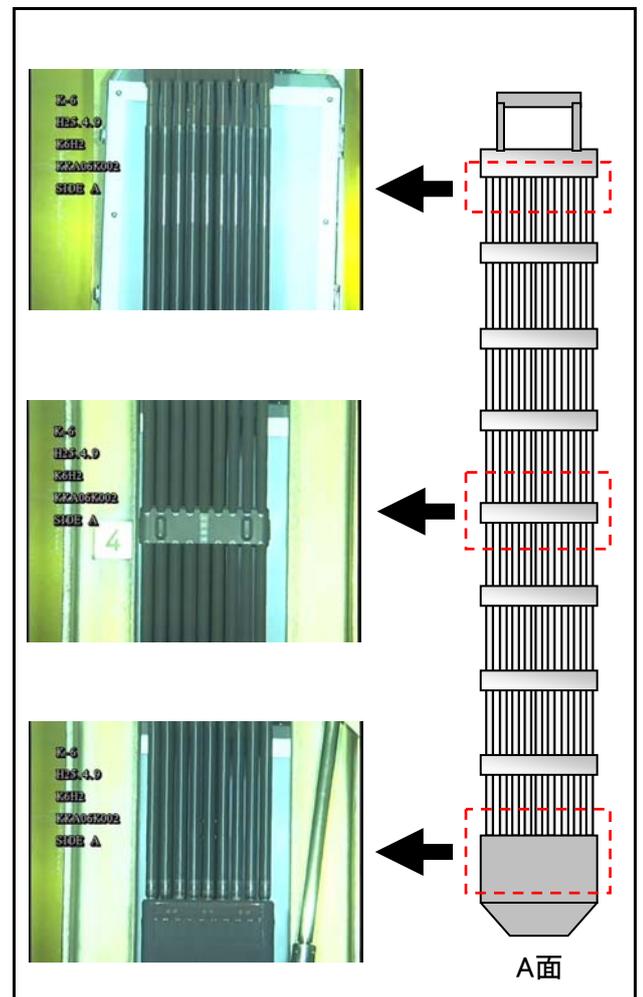
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

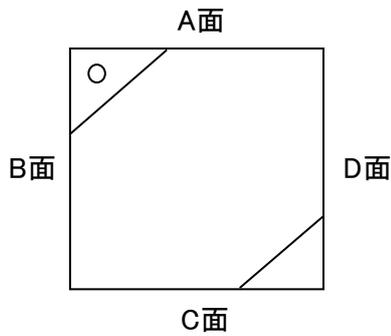
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K014
燃料集合体番号	K6H14

チャンネルボックス欠損状況

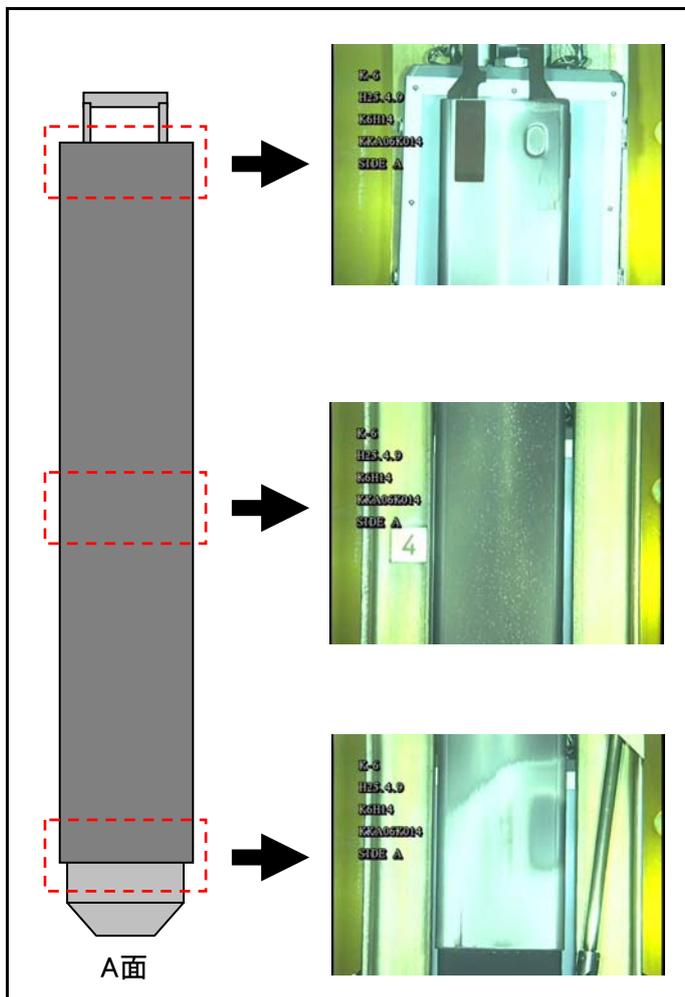


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



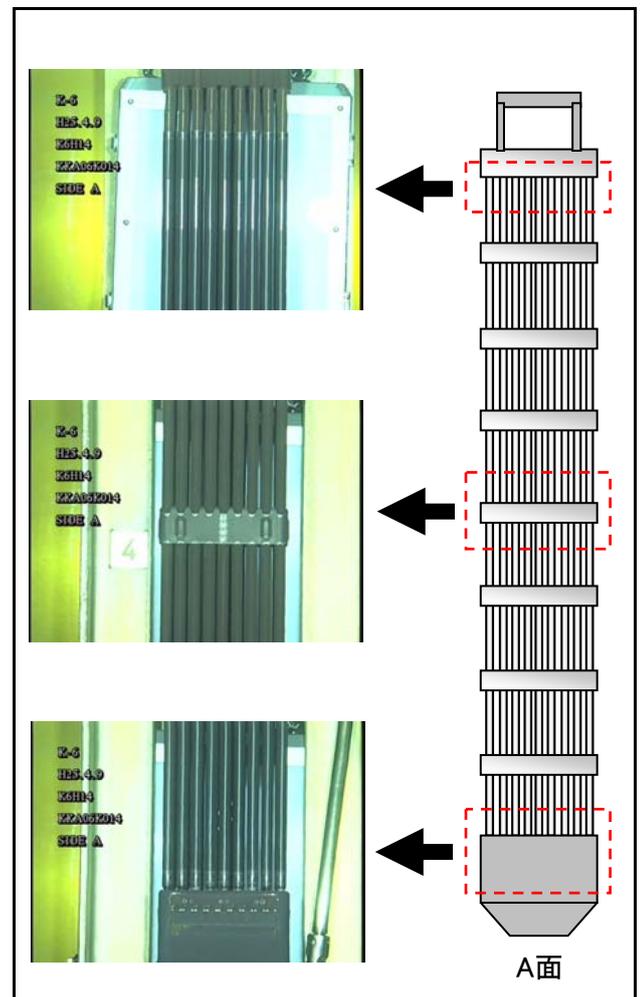
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

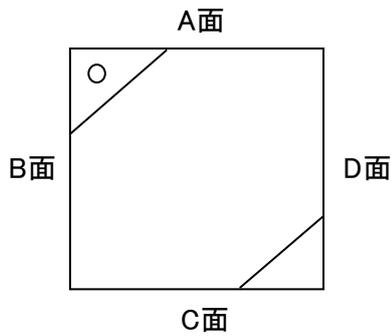
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K024
燃料集合体番号	K6H24

チャンネルボックス欠損状況

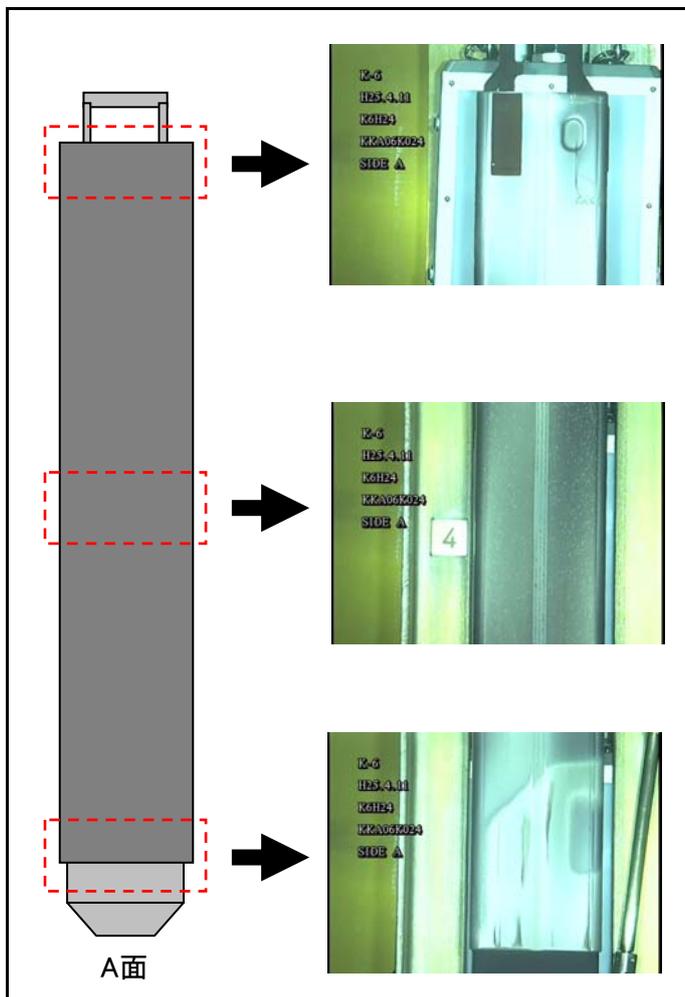


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



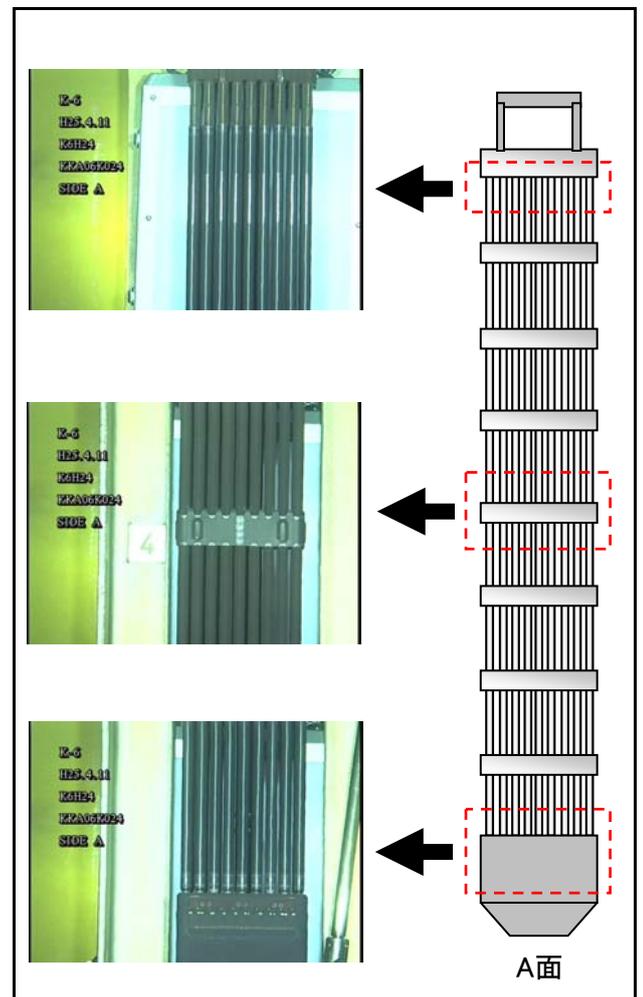
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

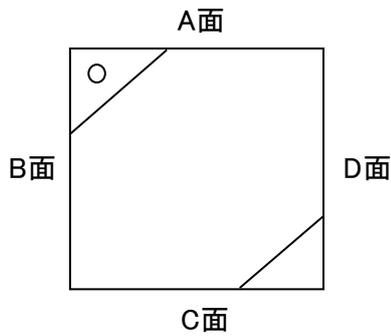
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K031
燃料集合体番号	K6H31

チャンネルボックス欠損状況

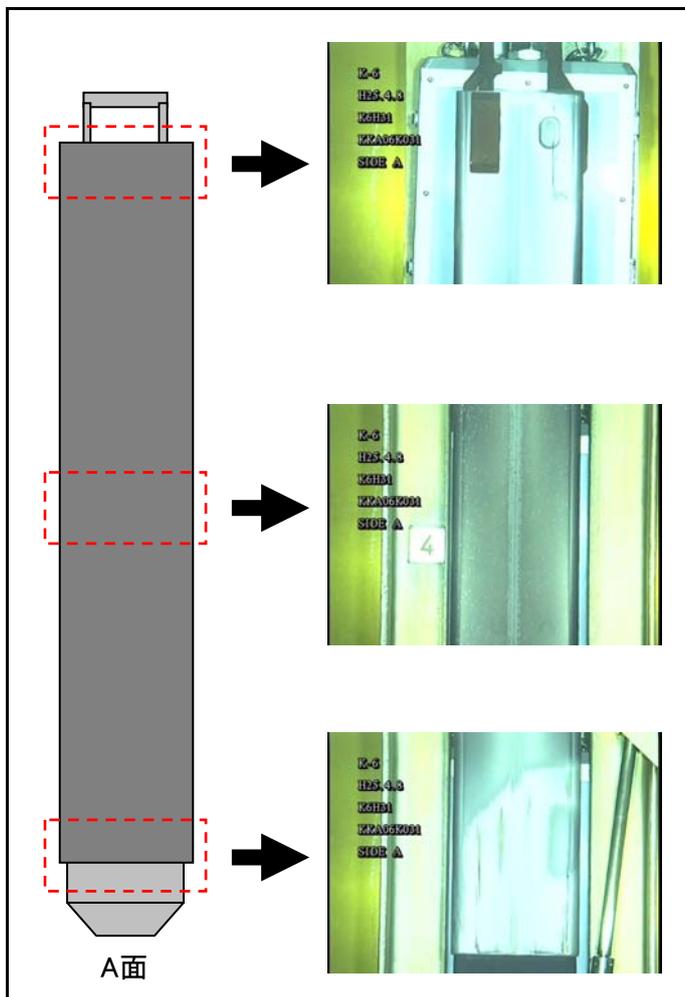


【D面】 欠損部長さ: 約13mm



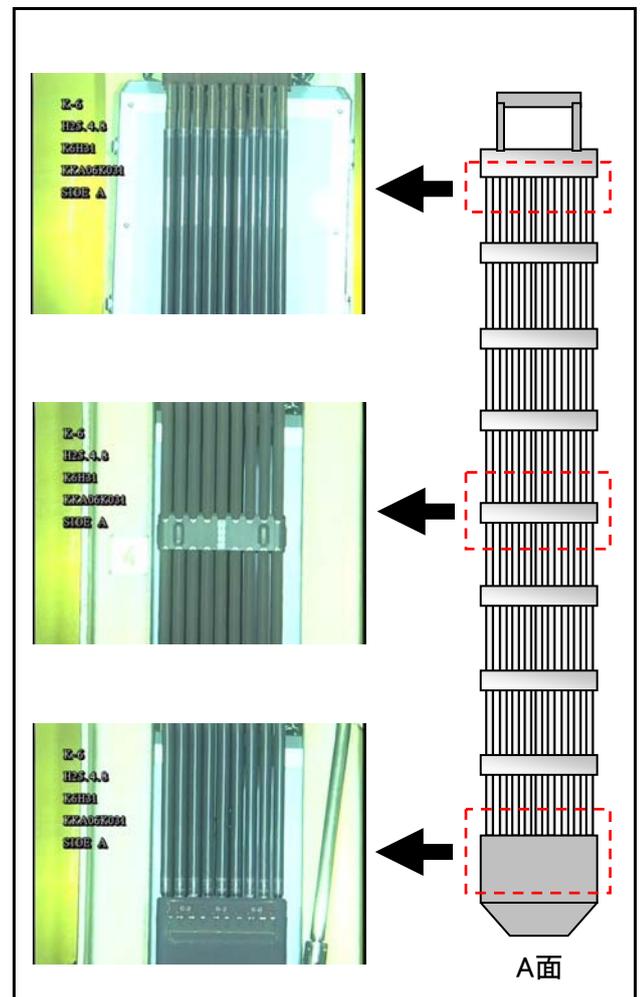
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

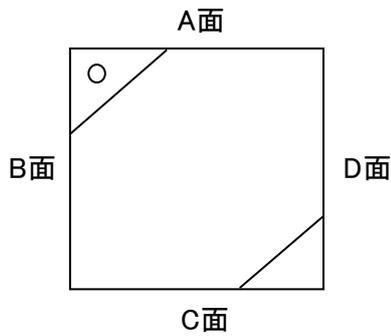
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K054
燃料集合体番号	K6H54

チャンネルボックス欠損状況

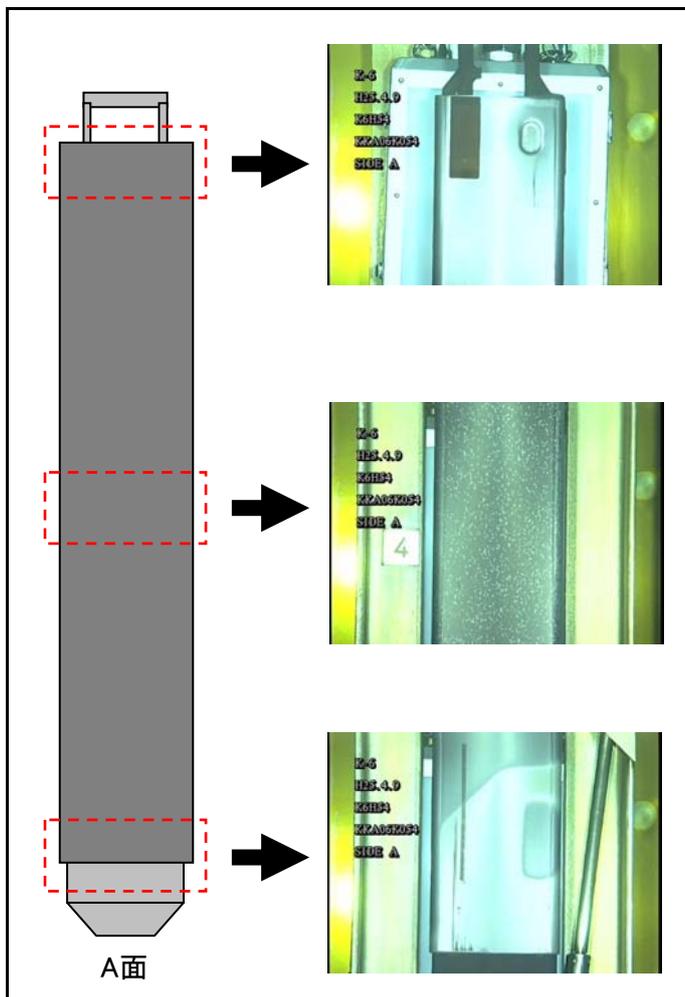


【D面】 欠損部長さ: 約13mm



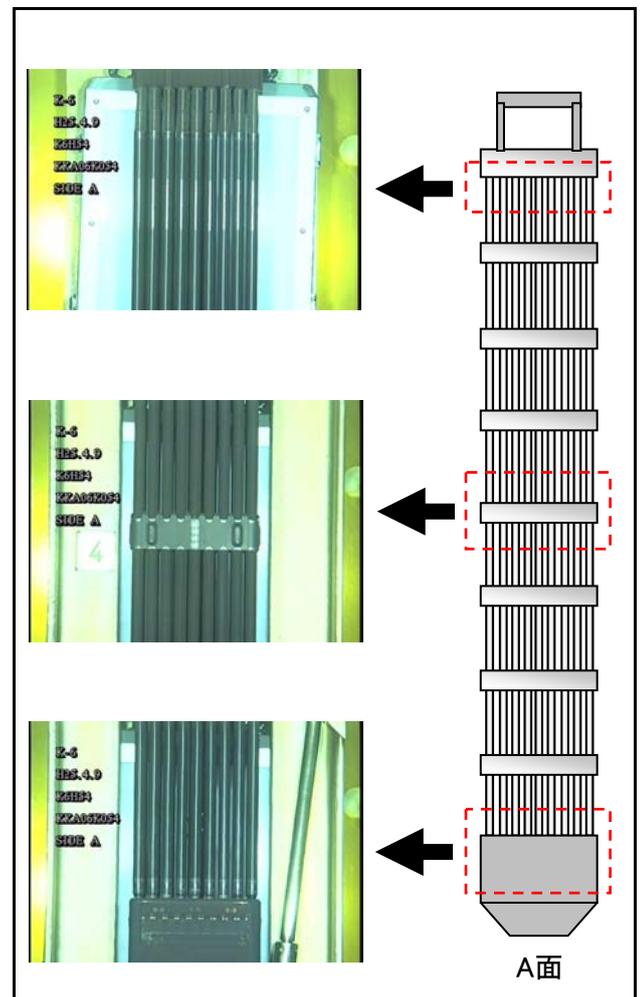
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

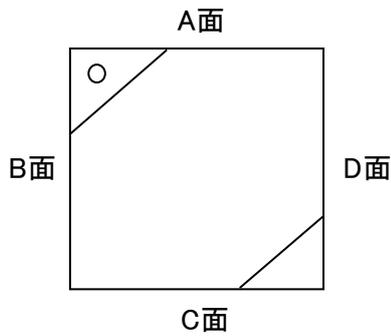
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K056
燃料集合体番号	K6H56

チャンネルボックス欠損状況

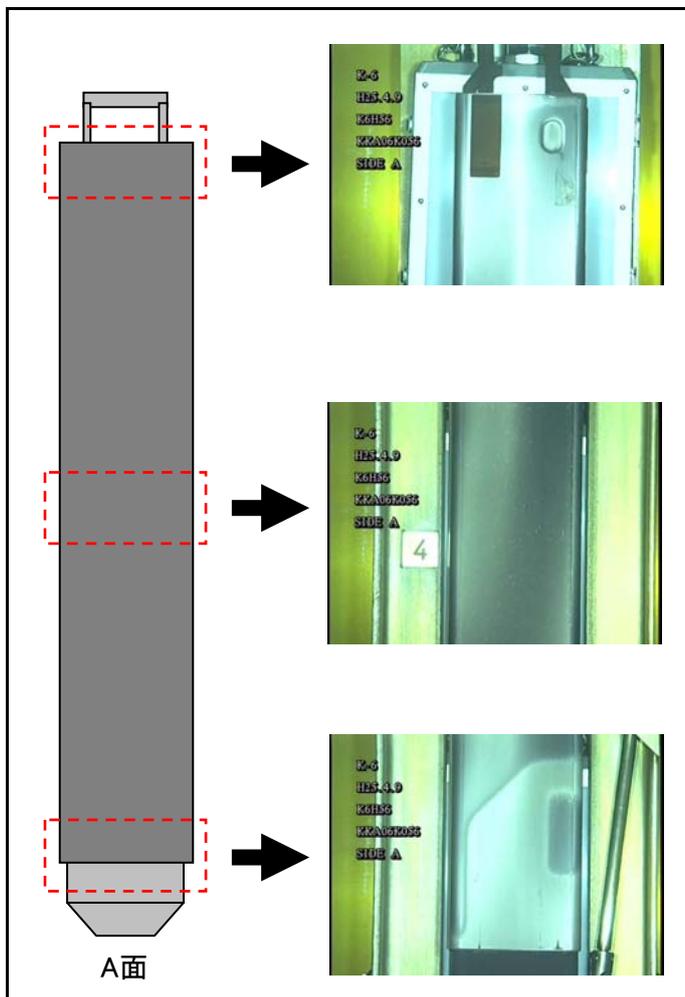


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



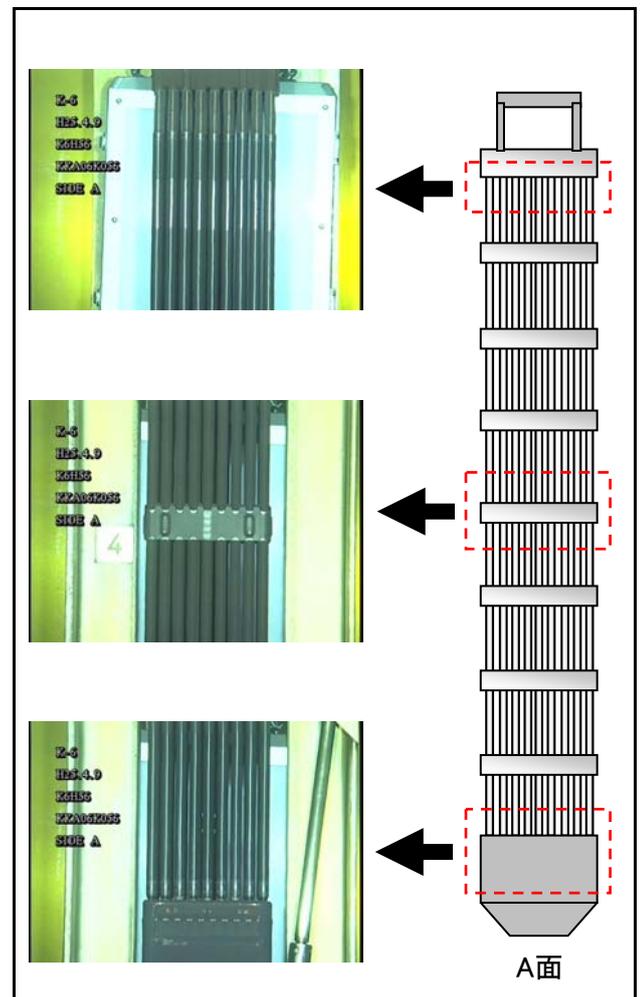
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

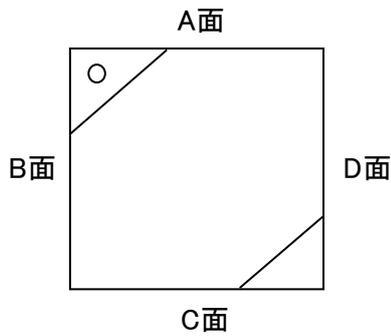
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K077
燃料集合体番号	K6H77

チャンネルボックス欠損状況

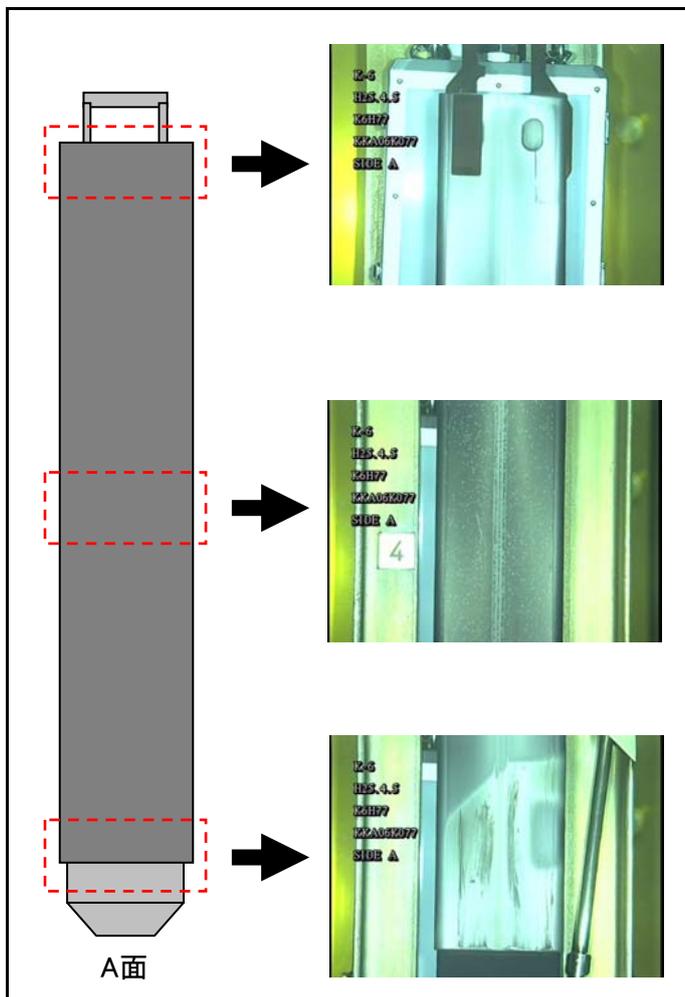


【D面】 欠損部長さ: 約9mm



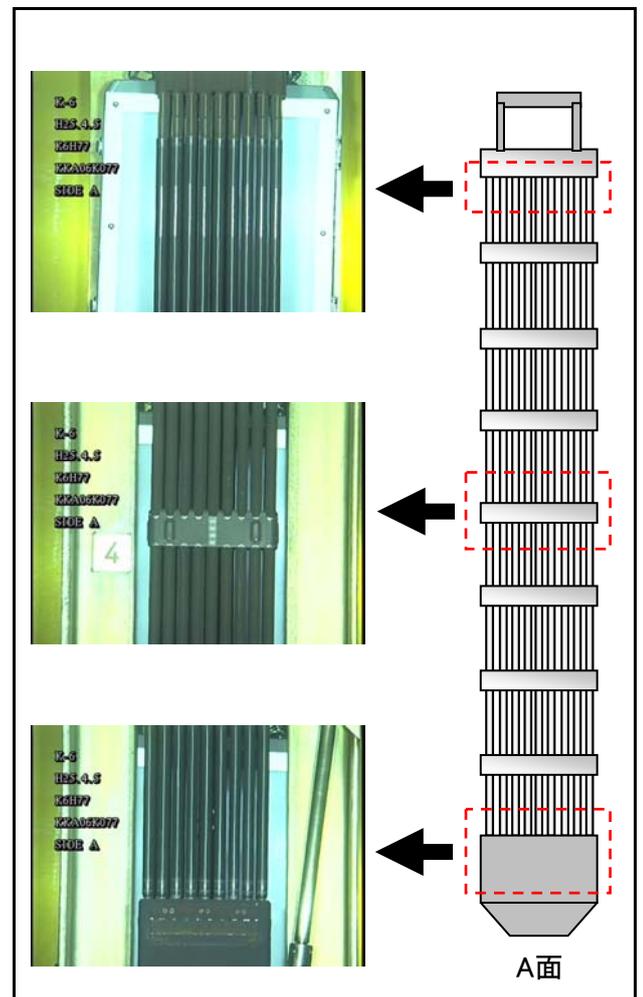
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

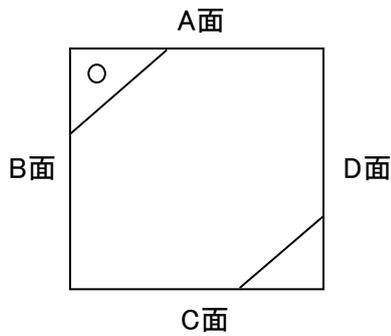
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K086
燃料集合体番号	K6H86

チャンネルボックス欠損状況

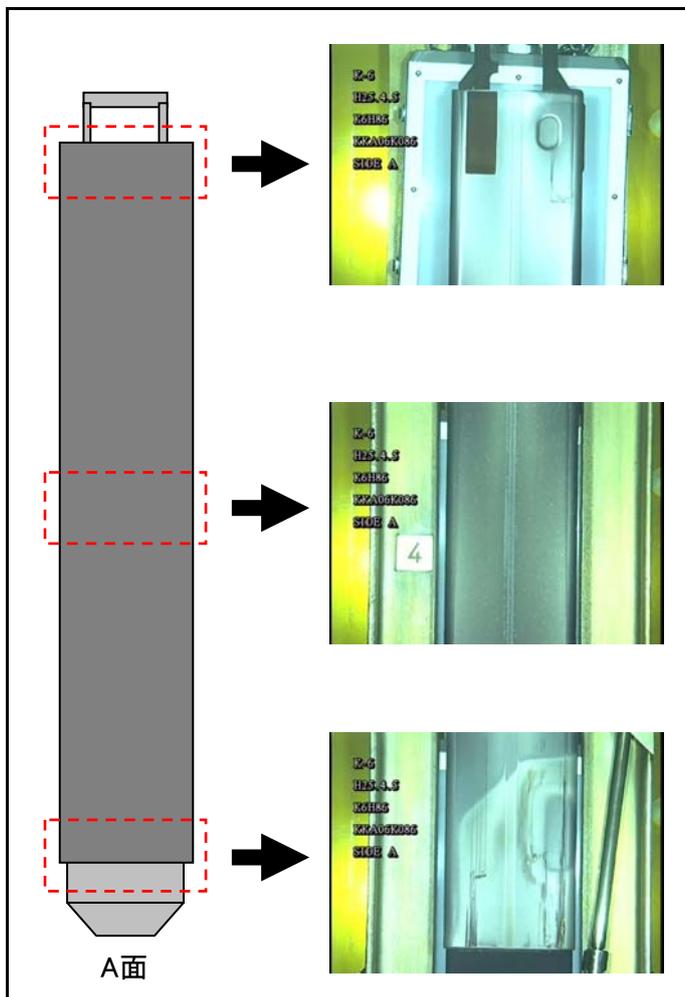


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



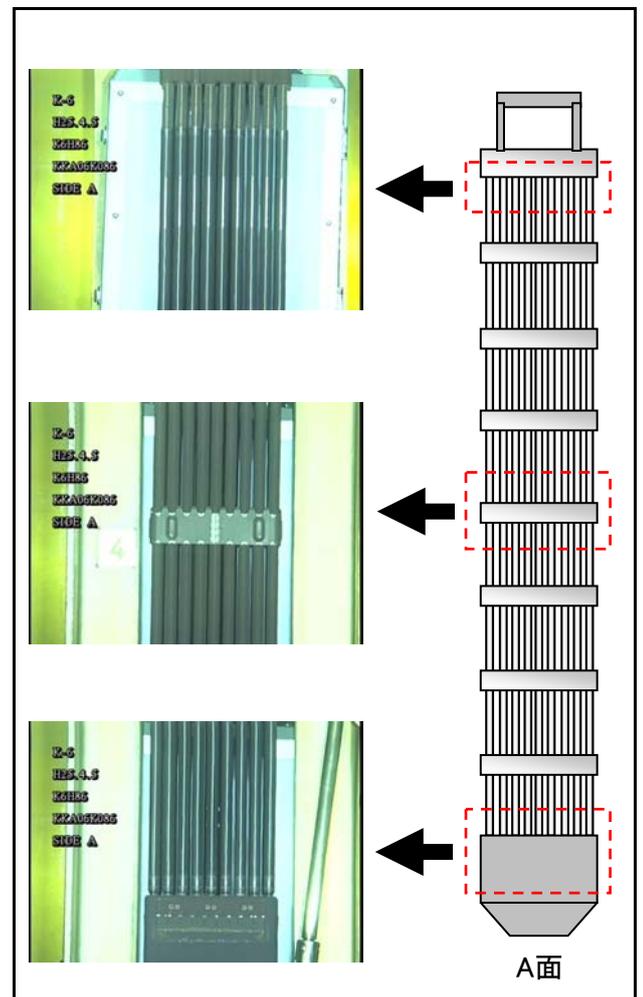
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

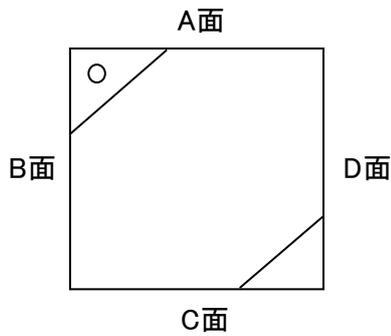
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K096
燃料集合体番号	K6H96

チャンネルボックス欠損状況

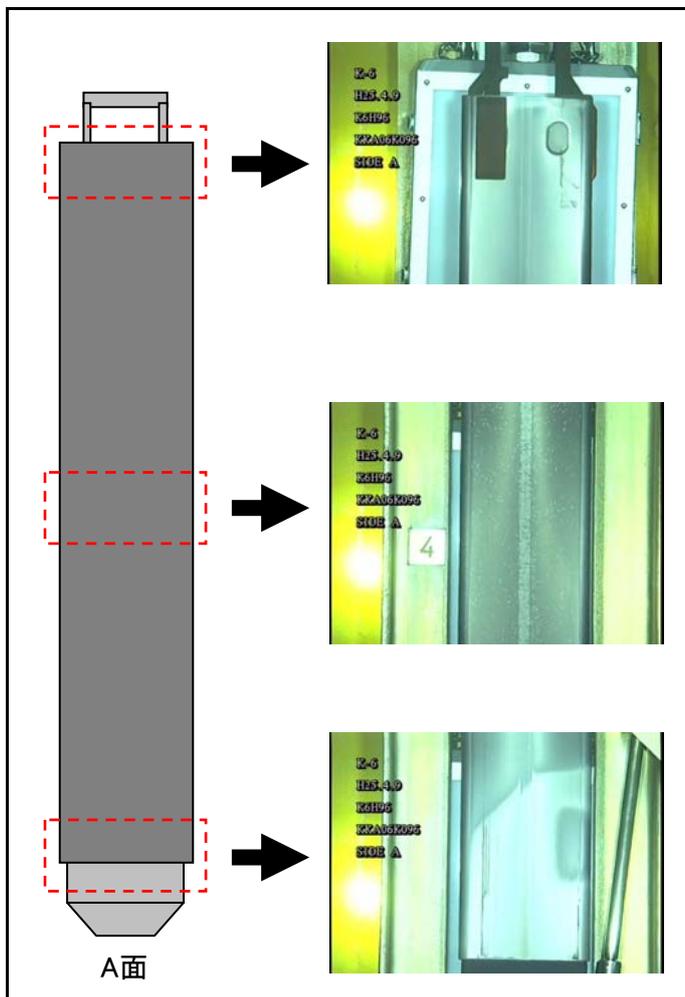


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



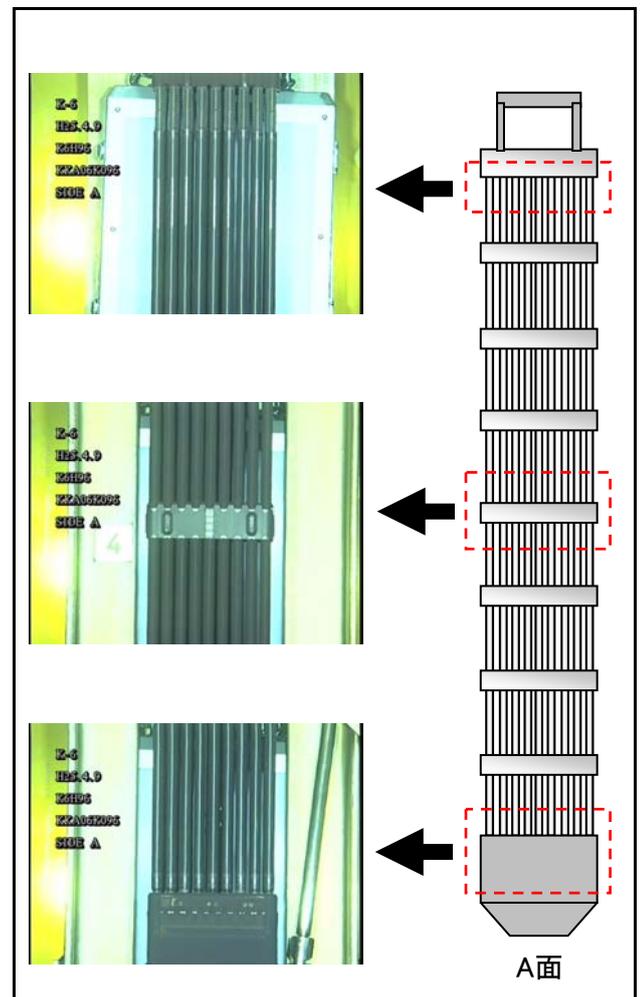
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

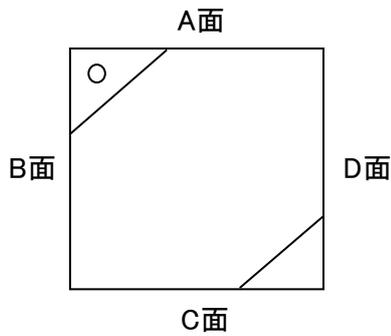
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K104
燃料集合体番号	K6H104

チャンネルボックス欠損状況

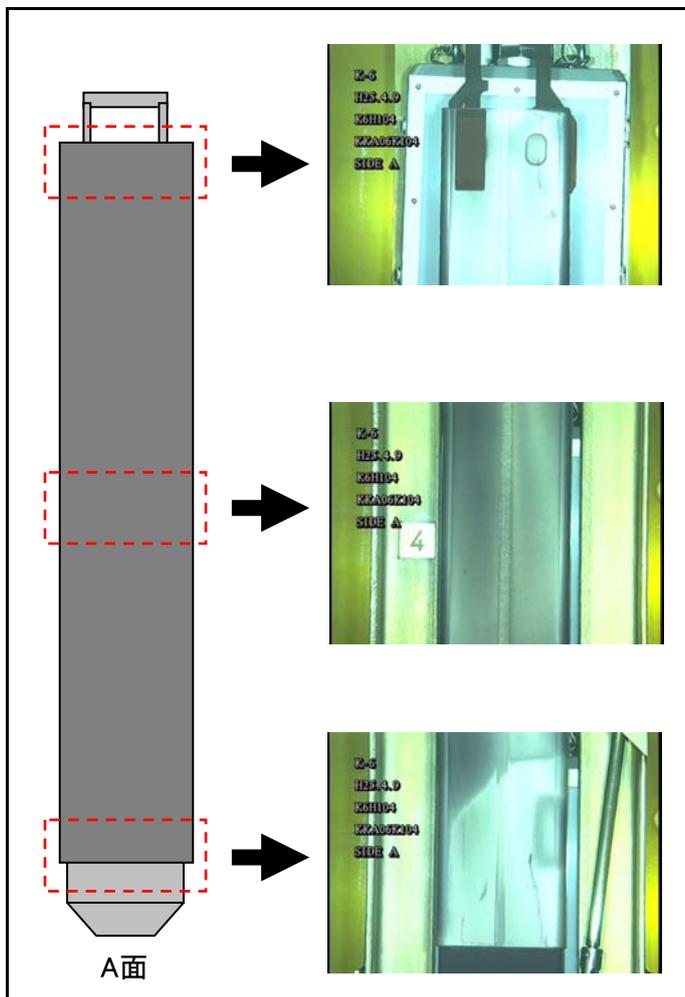


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



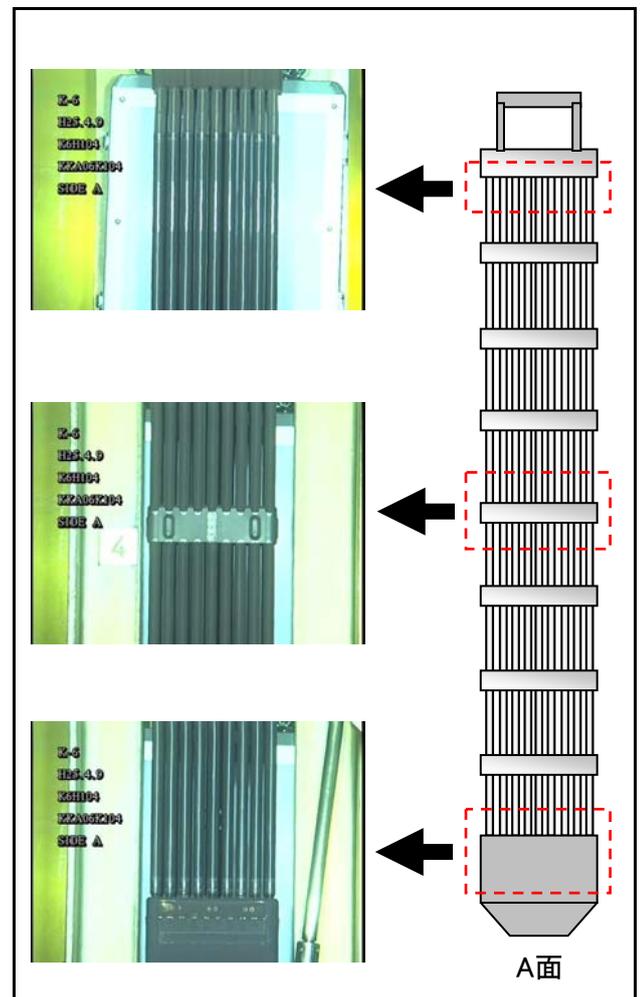
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

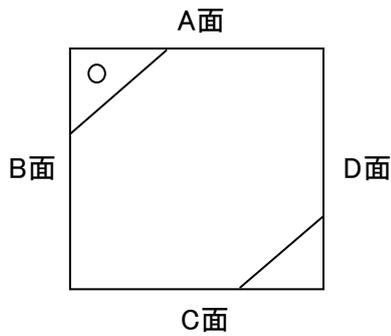
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K113
燃料集合体番号	K6H113

チャンネルボックス欠損状況

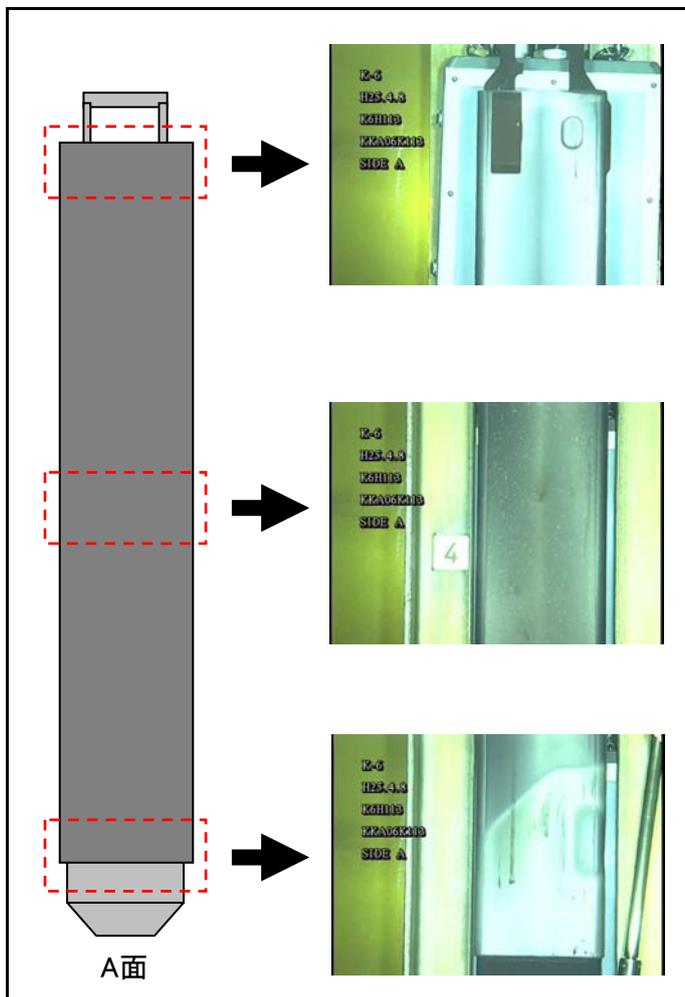


【D面】 欠損部長さ: 約9mm



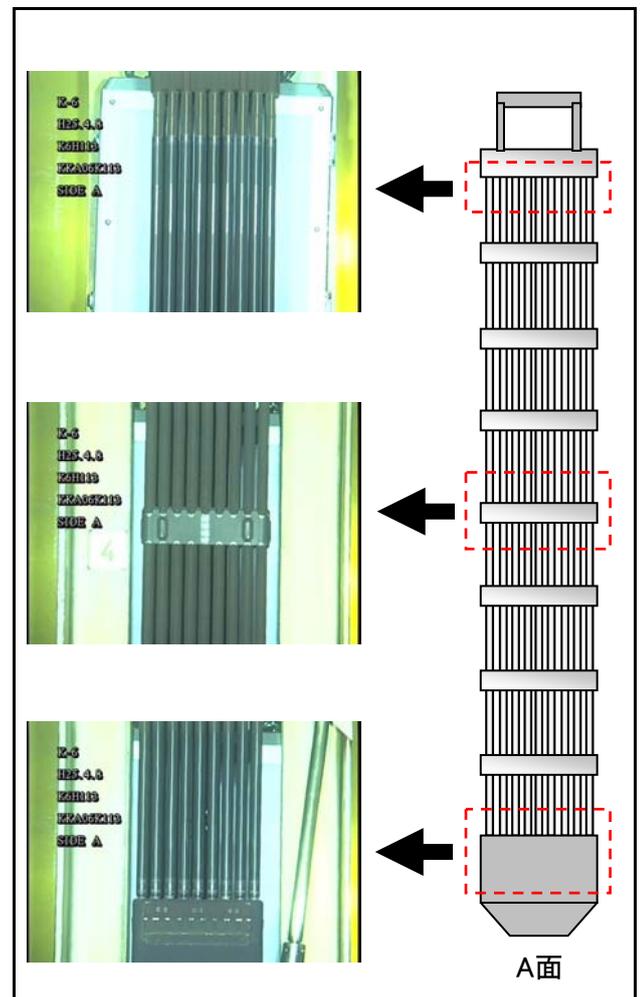
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

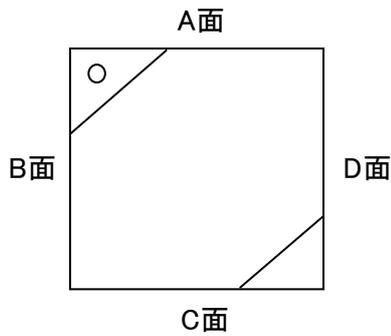
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K131
燃料集合体番号	K6H131

チャンネルボックス欠損状況

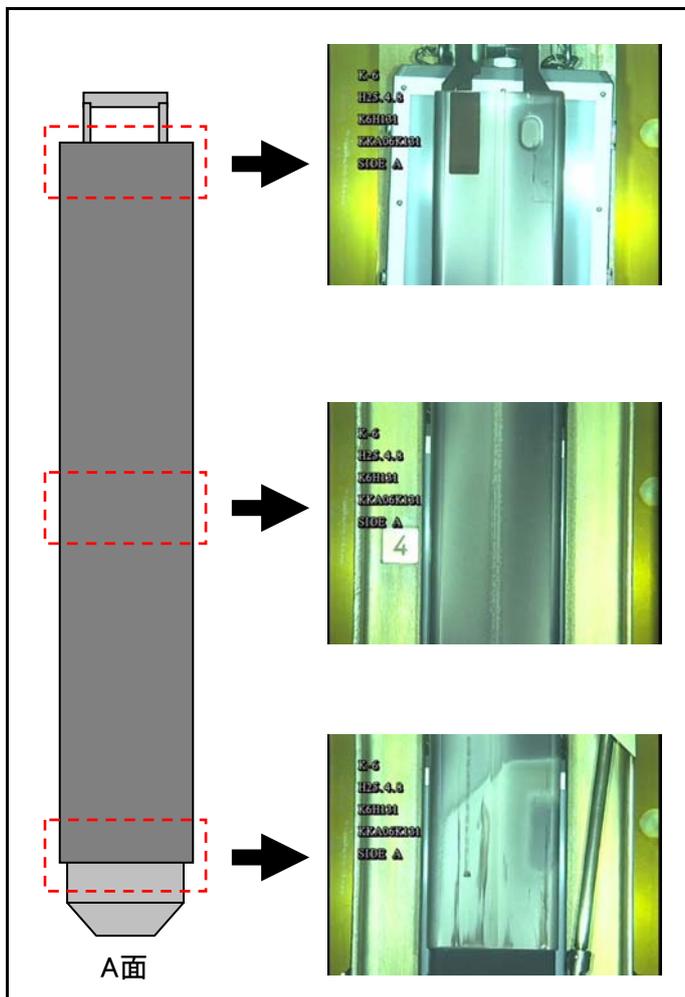


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



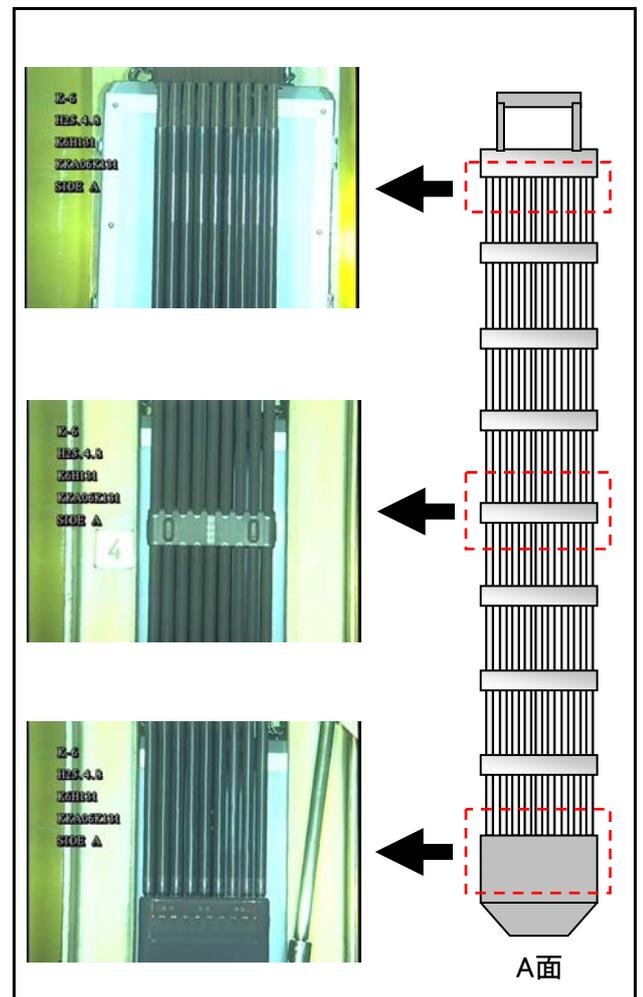
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

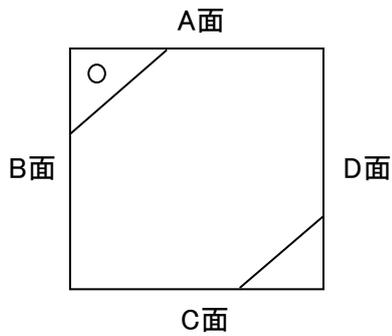
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K138
燃料集合体番号	K6H138

チャンネルボックス欠損状況

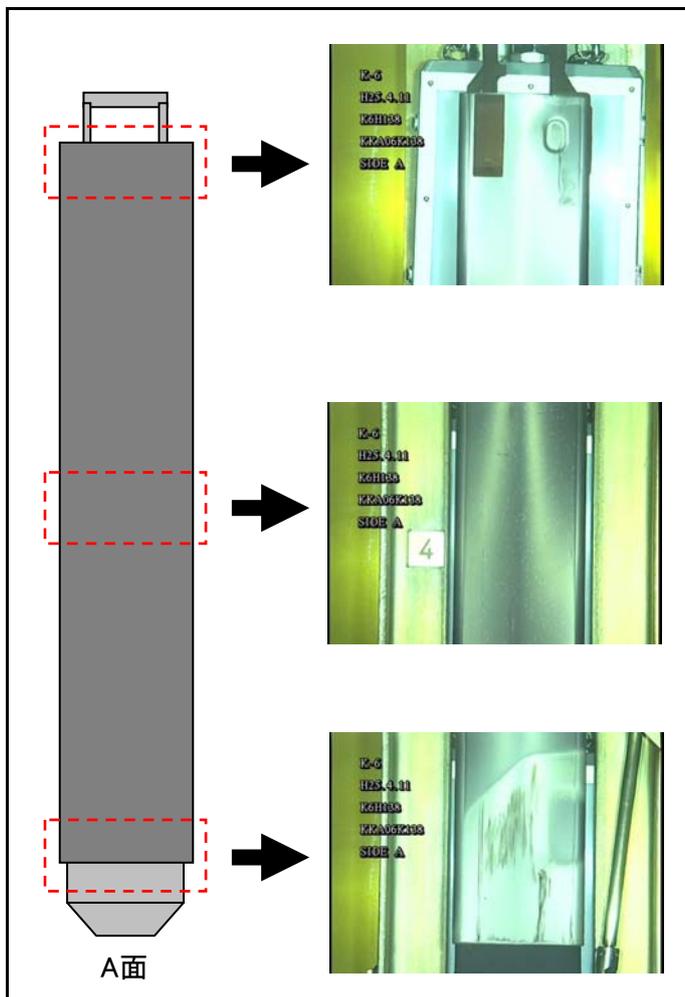


【D面】 欠損部長さ: 約9mm



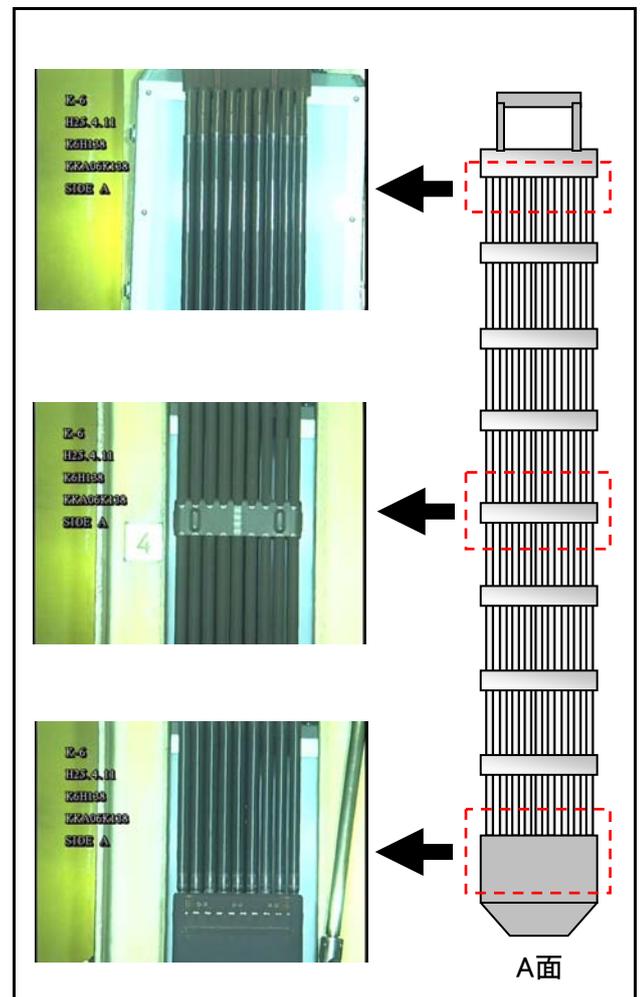
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

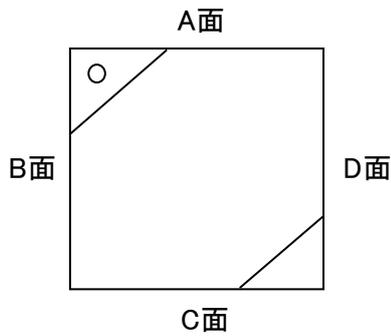
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K142
燃料集合体番号	K6H142

チャンネルボックス欠損状況

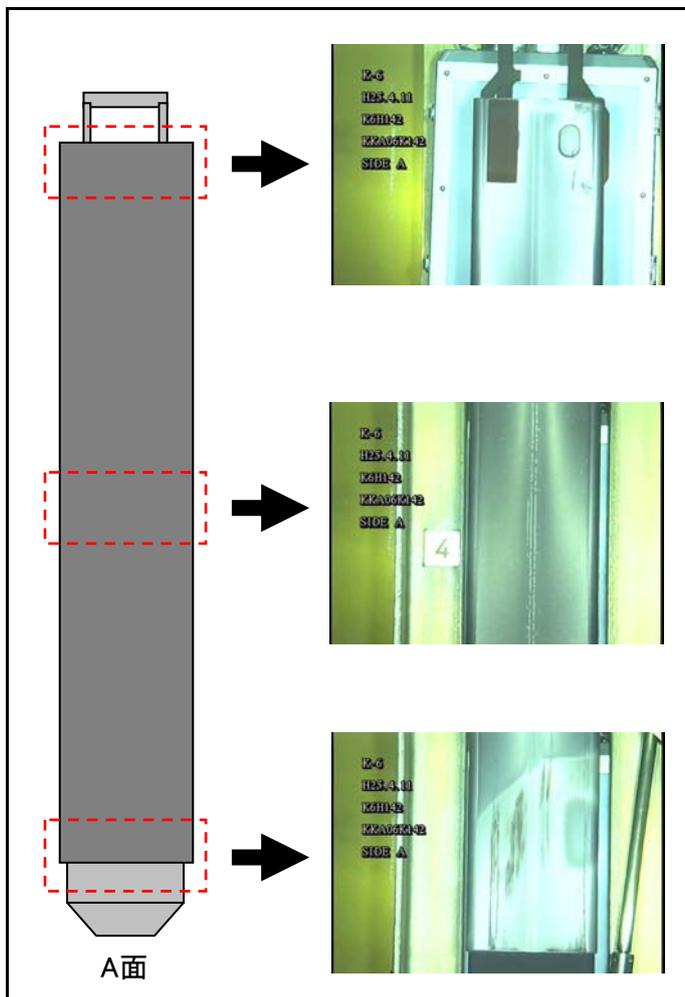


【D面】 欠損部長さ: 約18mm



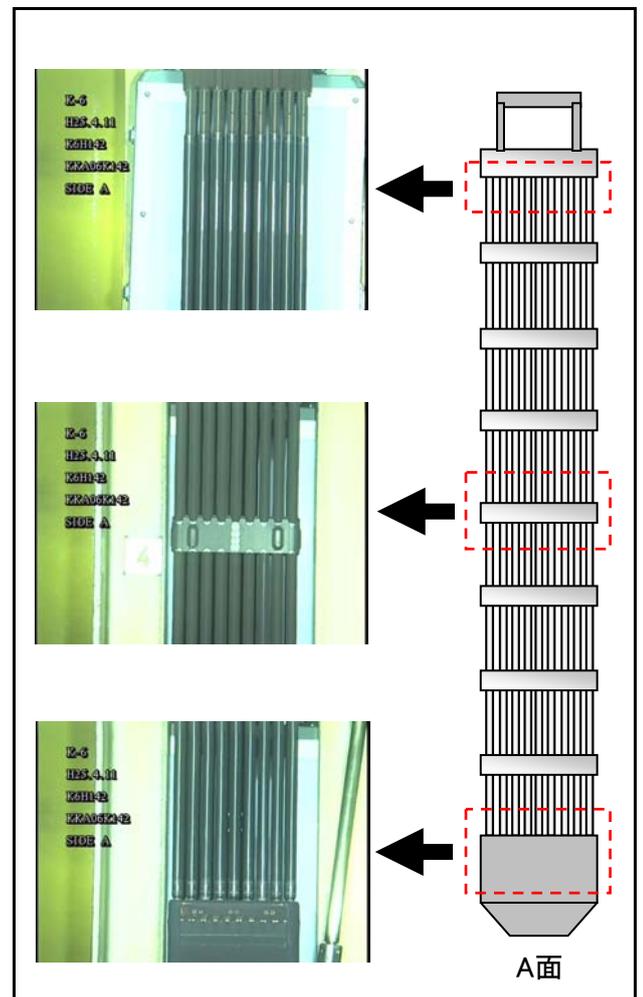
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

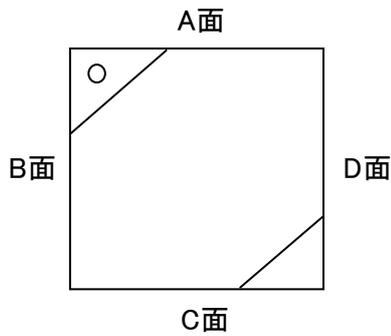
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K153
燃料集合体番号	K6H153

チャンネルボックス欠損状況

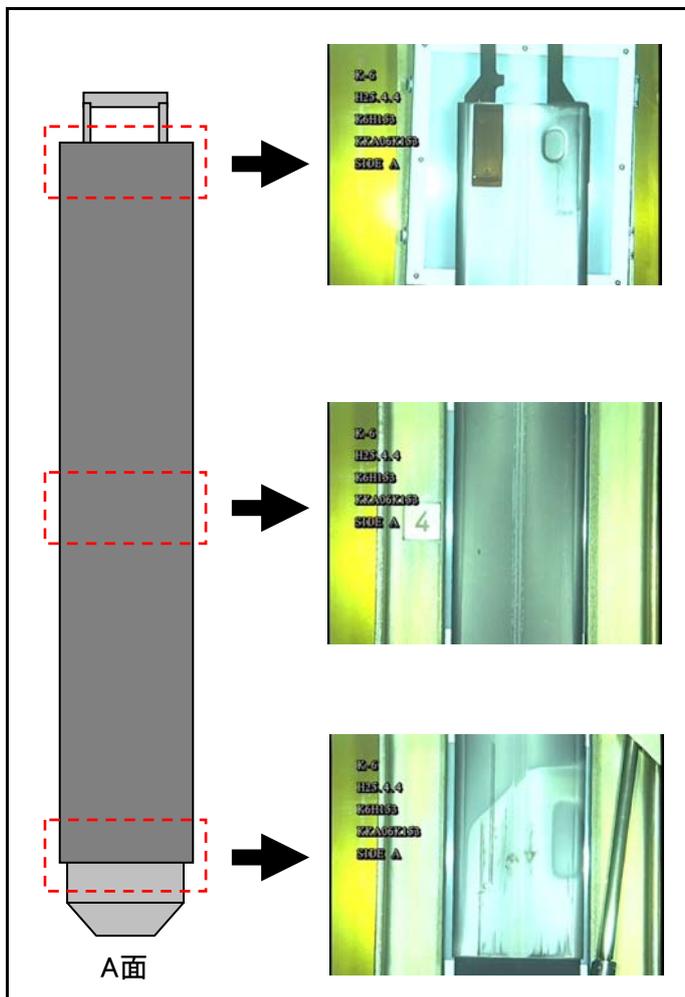


【D面】 欠損部長さ: 約8mm



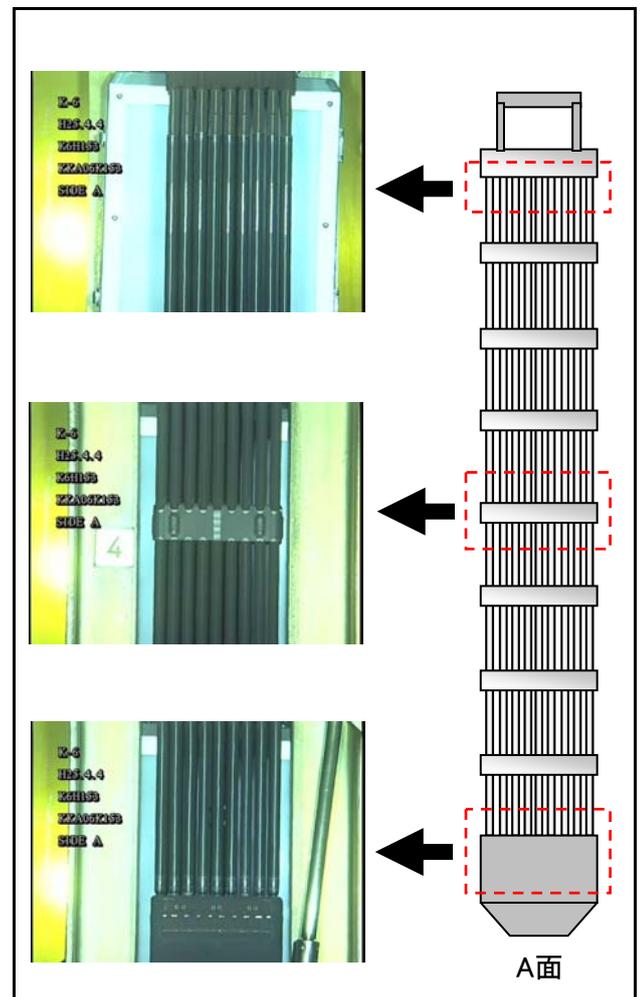
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

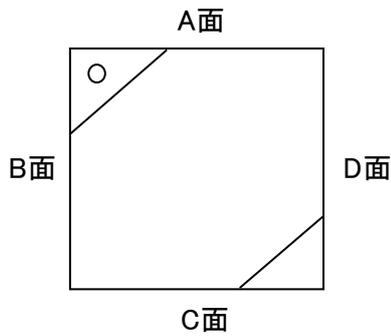
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K165
燃料集合体番号	K6H165

チャンネルボックス欠損状況

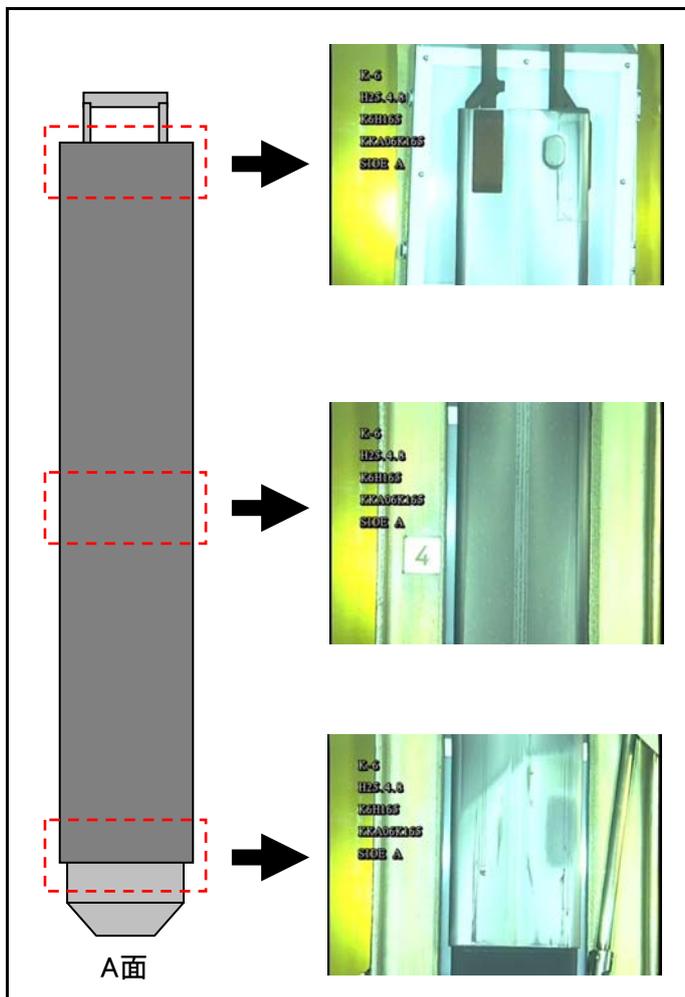


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



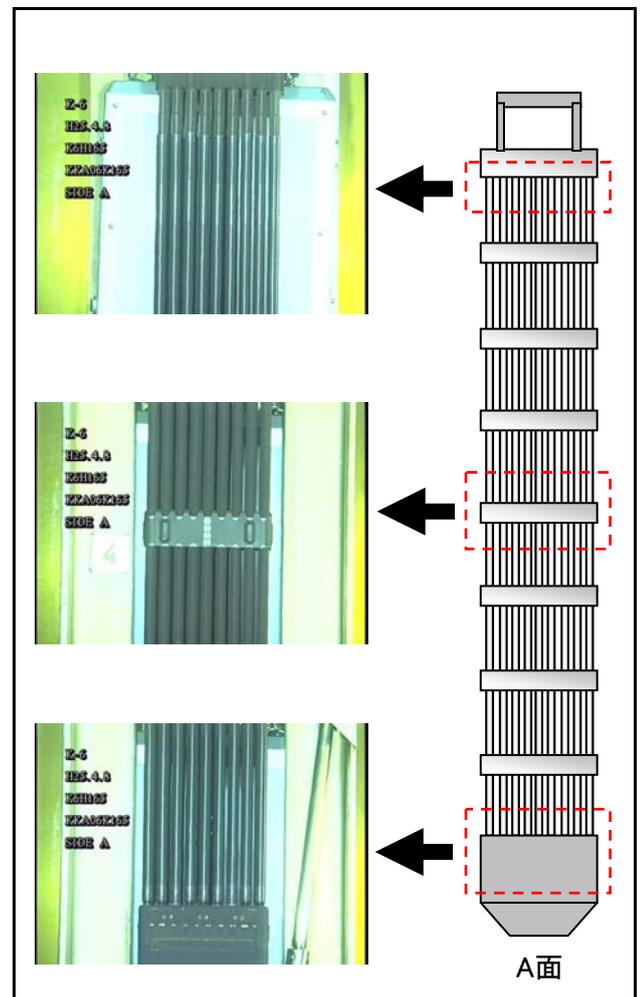
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

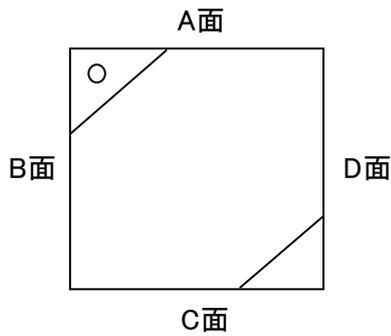
点検結果	異常なし
------	------



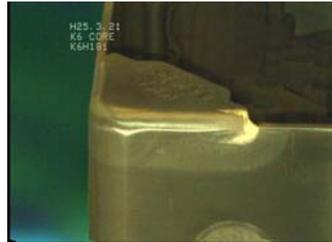
## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K181
燃料集合体番号	K6H181

チャンネルボックス欠損状況

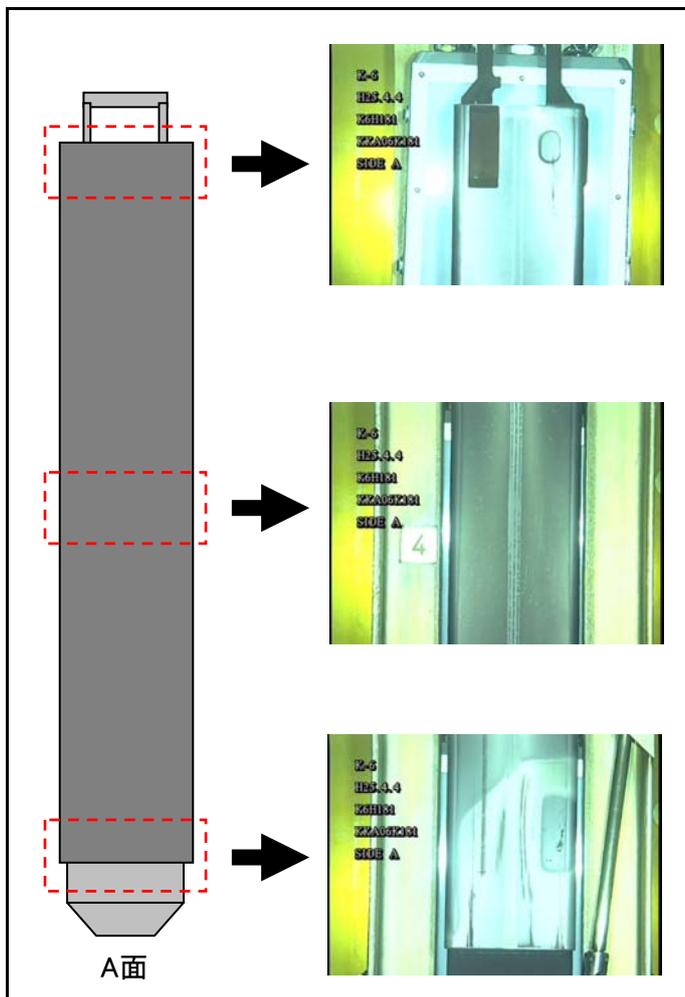


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



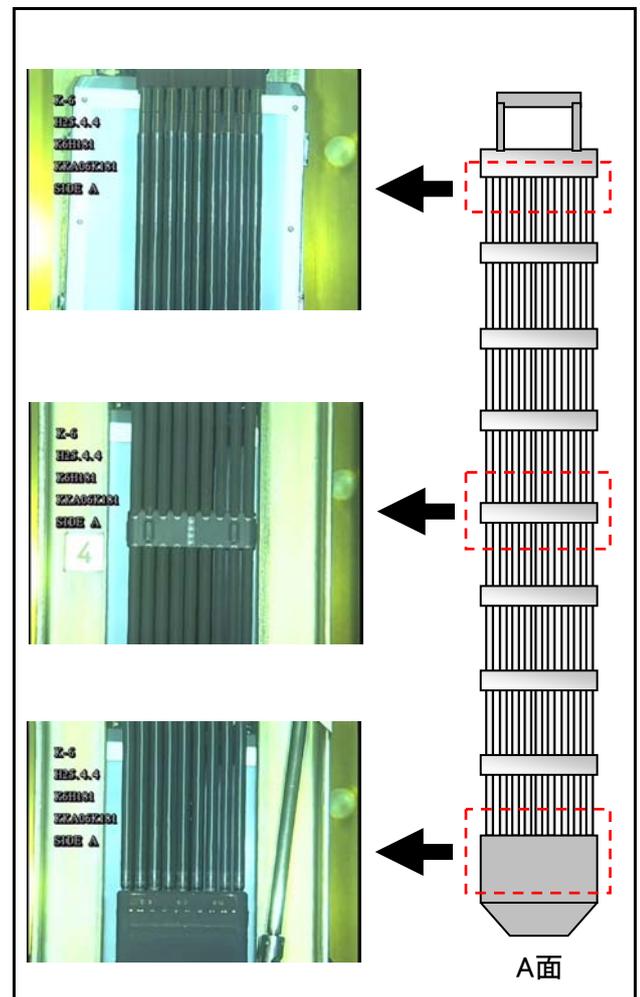
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

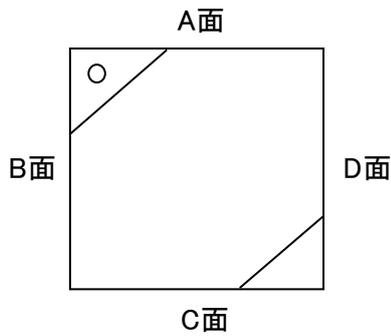
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKA06K185
燃料集合体番号	K6H185

チャンネルボックス欠損状況

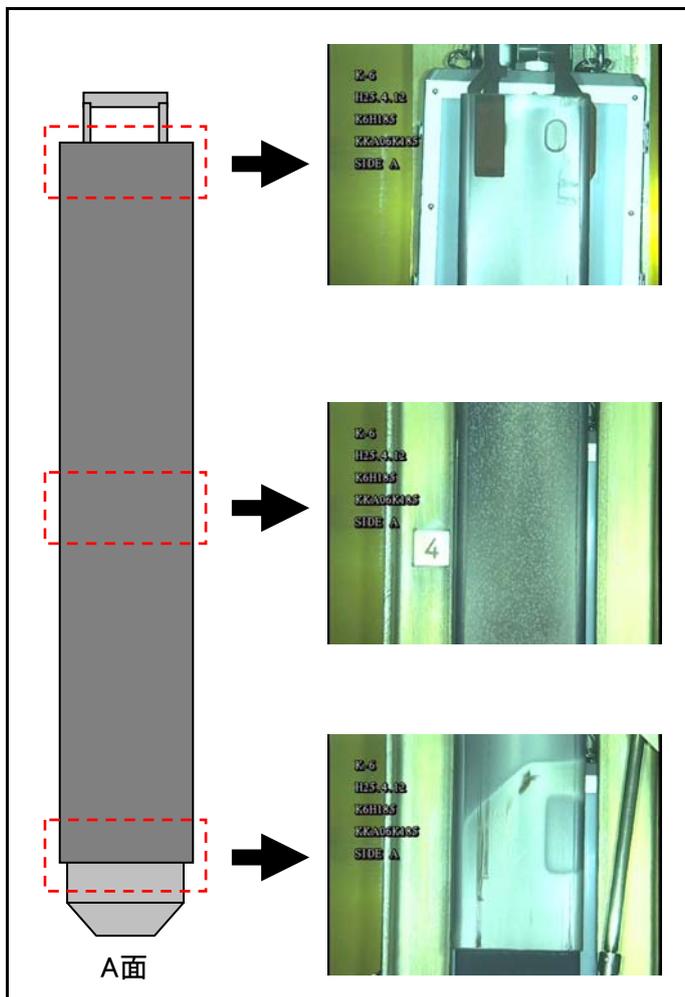


【D面】 欠損部長さ: 約17mm



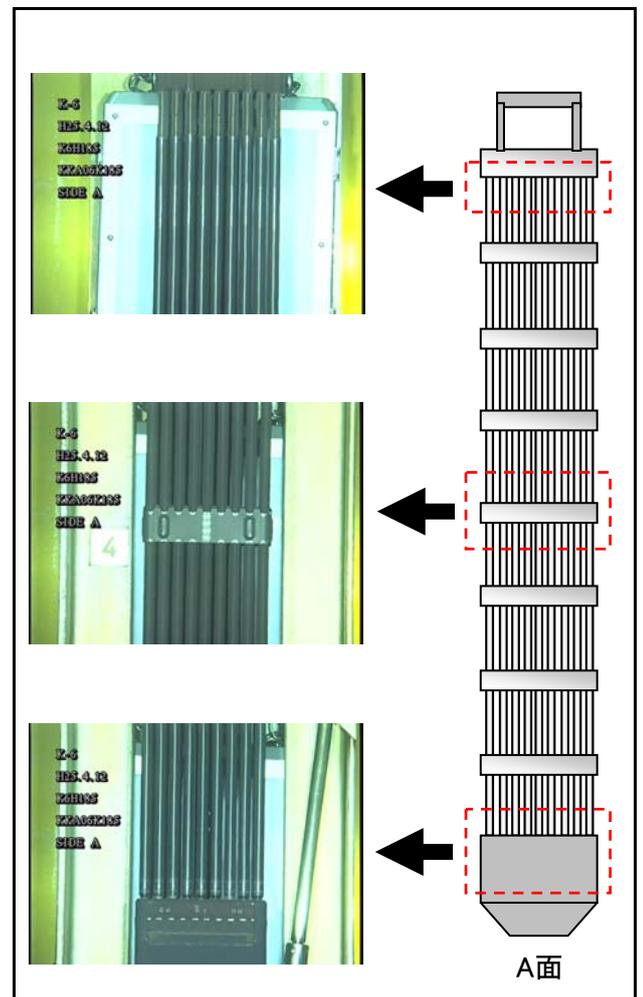
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし
------	------



# 柏崎刈羽原子力発電所7号機 点検結果 (点検結果一覧)

No.	C/番号	チャンネルボックスデータ				装着燃料集合体データ				燃料型式	外観点検結果	ステータス※2	備考		
		出荷サイクル	炉内滞在サイクル	取出口サイクル	製造時期※1	製造者	燃焼度 (MWd/t)	欠損部長さ (mm)	外観点検結果						
1	V89H560	1	1989.7	2	2	1989.7	2	1989.7	日立	9.372	約12.約15	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-1 5号機からの号機間輸送 H9年 白色化確認
2	V89H563	1	1989.7	2	2	1989.7	2	1989.7	日立	8.185	約11	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-2 5号機からの号機間輸送 H9年 白色化確認
3	V89H567	1	1989.7	2	2	1989.7	2	1989.7	日立	8.354	約12.約15	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-3 5号機からの号機間輸送 H9年 白色化確認
4	B98K027	3	1999.10	7	5	2006.9	5	2006.9	神戸	43.412	約14	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-4
5	B98K032	3	1999.10	6	4	2005.3	4	2005.3	神戸	44.616	約11	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-5
6	B98K056	3	1999.10	6	4	2005.3	4	2005.3	神戸	43.640	約13	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-6
7	B98K113	3	1999.10	7	5	2006.9	5	2006.9	神戸	41.816	約9	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-7
8	B98K147	4	2001.1	7	4	2006.9	4	2006.9	神戸	42.445	約10	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-8
9	B98K154	4	2001.1	7	4	2006.9	4	2006.9	神戸	43.740	約17	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-9
10	B98K175	4	2001.1	7	4	2006.9	4	2006.9	神戸	40.197	約11	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-10
11	B98K187	4	2001.1	7	4	2006.9	4	2006.9	神戸	38.645	約14	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-11
12	KKB00K018	4	2001.1	7	4	2006.9	4	2006.9	神戸	43.943	約11	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-12
13	KKB00K019	4	2001.1	7	4	2006.9	4	2006.9	神戸	44.175	約11	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-13
14	KKB00K092	5	2002.7	9A	5	2009.10	5	2009.10	神戸	41.538	約13	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-14
15	KKB00K098	4	2001.1	9A	6	2009.10	6	2009.10	神戸	46.618	約8	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-15
16	KKB01K077	5	2002.7	9B	5	2010.4	5	2010.4	神戸	45.183	約10	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-16
17	KKB01K108	5	2002.7	9B	5	2010.5	5	2010.5	神戸	46.332	約10	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-17
18	KKB01K131	5	2002.7	10	6	2011.9	6	2011.9	神戸	48.028	約10	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-18
19	KKB01K161	5	2002.7	9B	5	2010.4	5	2010.4	神戸	45.312	約11	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-19
20	KKB01K202	6	2003.12	10	5	2011.9	5	2011.9	神戸	45.940	約10	異常なし	異常なし	使用済	添付資料-8-20

略語	用語
8×8RJ	新型8×8燃料
8×8BJ	新型8×8シムコニウムライオン燃料
高燃焼度8×8	高燃焼度8×8燃料
9×9A	9×9燃料(A型)
9×9B	9×9燃料(B型)
JNF	日本ニュークリア・フュエル(現グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)
GNF-J	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
NFI	原子燃料工業
日立	日立製作所又は日立・GEニュークリアエナジー
神戸	神戸製鋼所
A-A	ASEA-ATOM
ABB ATOM	ABB BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED
Car Tech	CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION

※1 製造時期はクリップ溶接時期を記載  
 ※2 点検開始時、装荷、貯蔵場所  
 再使用予定: 原子炉内、使用済; 使用済燃料プール内

# 柏崎刈羽原子力発電所7号機 点検結果 (点検結果一覧)

No.	C/番号	チャンネルボックスデータ					装着燃料集合体データ					ステータス※2	備考				
		出荷年月	炉内滞在サイクル	取出サイクル	出荷年月	製造時期※1	製造者	燃焼度 (MMWd/t)	欠損部長さ (mm)	外観点検結果	燃料型式			燃料型式	外観点検結果		
21	KKB02K001	6	2003.12	10	5	2003.12	10	2002.1	神戸	43.631	約10	異常なし	K7E1	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-21
22	KKB02K034	6	2003.12	10	5	2003.12	10	2002.3	神戸	47.768	約10	異常なし	K7E34	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-22
23	KKB02K080	6	2003.12	-	5	2003.12	-	2002.1	神戸	43.152	約13	異常なし	K7E60	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-23
24	KKB02K073	6	2003.12	10	5	2003.12	10	2002.1	神戸	47.960	約9	異常なし	K7E73	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-24
25	KKB02K114	7	2005.5	-	4	2005.5	-	2002.3	神戸	38.007	約10	異常なし	K7E114	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-25
26	KKB02K144	6	2003.12	10	5	2003.12	10	2002.3	神戸	44.061	約14	異常なし	K7E144	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-26
27	KKB02K162	6	2003.11	10	5	2003.11	10	2002.3	神戸	46.294	約9	異常なし	K7E162	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-27
28	KKB05K019	8	2006.10	-	3	2006.10	-	2005.7	神戸	23.381	約15	異常なし	K7G19	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-28
29	KKB05K058	8	2006.10	-	3	2006.10	-	2005.8	神戸	27.885	約15	異常なし	K7G58	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-29
30	KKB05K095	8	2006.10	-	3	2006.10	-	2005.8	神戸	27.795	約11	異常なし	K7G95	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-30
31	KKB05K127	8	2006.10	-	3	2006.10	-	2005.8	神戸	29.040	約13	異常なし	K7G127	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-31
32	KKB05K172	8	2006.11	-	3	2006.11	-	2007.1	神戸	30.002	約14	異常なし	K7G172	GNF-J	9×9A	異常なし	添付資料-8-32
33	KKB07K031	10	2010.5	-	1	2010.5	-	2007.1	神戸	12.022	約10	異常なし	K7HG31	GNF-A	9×9A	異常なし	添付資料-8-33
34	KKB07K157	10	2010.5	-	1	2010.5	-	2007.4	神戸	13.563	約12	異常なし	K7HG157	GNF-A	9×9A	異常なし	添付資料-8-34
35	KKB07K168	10	2010.5	-	1	2010.5	-	2007.4	神戸	12.110	約11	異常なし	K7HG168	GNF-A	9×9A	異常なし	添付資料-8-35
36	KKB07K179	10	2010.5	-	1	2010.5	-	2007.4	神戸	11.732	約11	異常なし	K7HG179	GNF-A	9×9A	異常なし	添付資料-8-36
37	KKB07K204	10	2010.5	-	1	2010.5	-	2007.4	神戸	13.260	約15	異常なし	K7HG204	GNF-A	9×9A	異常なし	添付資料-8-37

略語	用語
8×8RJ	新型8×8燃料
8×8BJ	新型8×8シムコムライナ燃料
高燃焼度8×8	高燃焼度8×8燃料
9×9A	9×9燃料(A型)
9×9B	9×9燃料(B型)
JNF	日本ニュークリア・フュエル(現グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン)
GNF-J	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
NFI	原子燃料工業
日立	日立製作所又は日立・GEニュークリアエナジー
神戸	神戸製鋼所
A・A	ASEA-ATOM
ABB ATOM	ABB BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED
Car Tech	CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION

※1 製造時期はクリップ溶接時期を記載

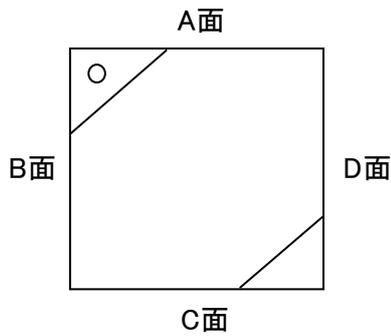
※2 点検開始時、装荷・貯蔵場所

再使用予定:原子炉内、使用済;使用済燃料プール内

## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H560
燃料集合体番号	K5X211

チャンネルボックス欠損状況



【A面】 欠損部長さ: 約12mm

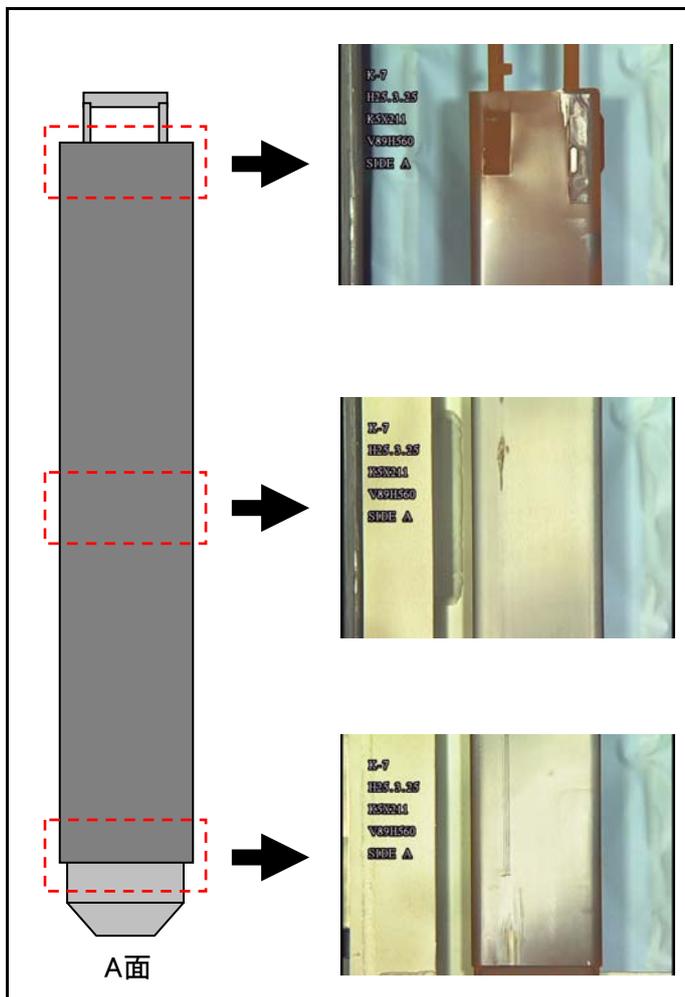


【C面】 欠損部長さ: 約15mm



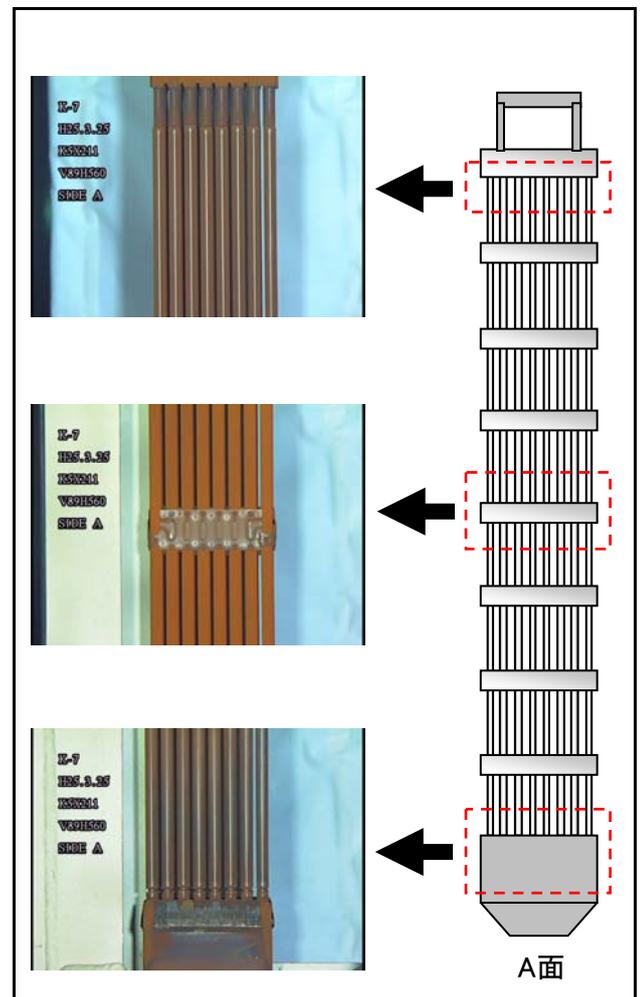
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

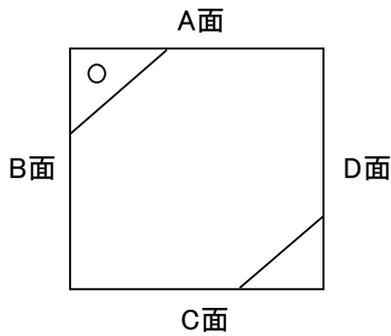
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H563
燃料集合体番号	K5X208

チャンネルボックス欠損状況

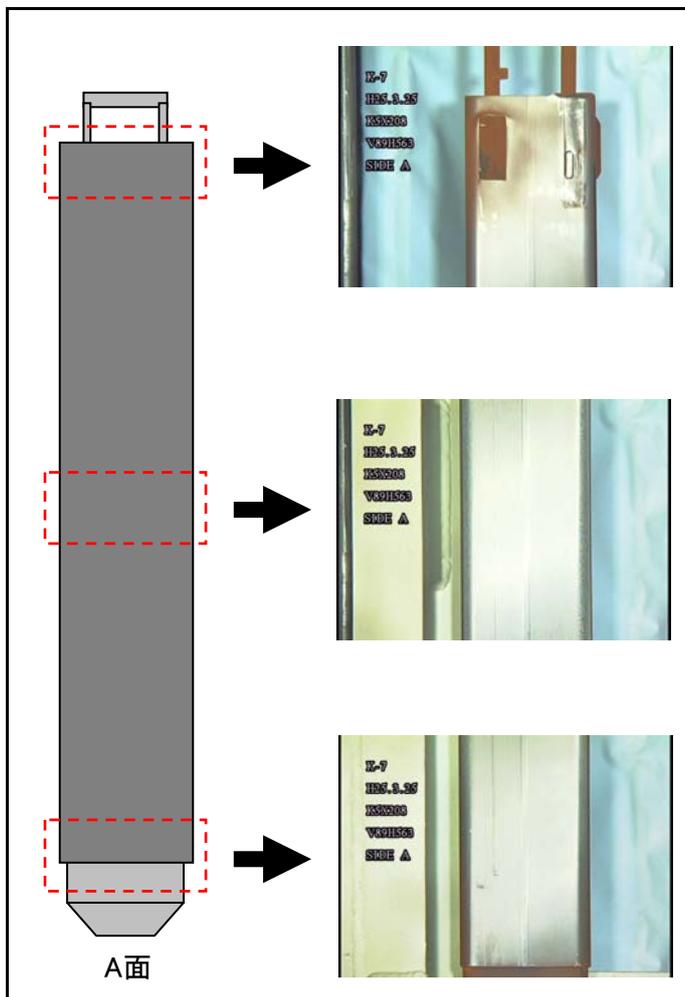


【A面】 欠損部長さ: 約11mm



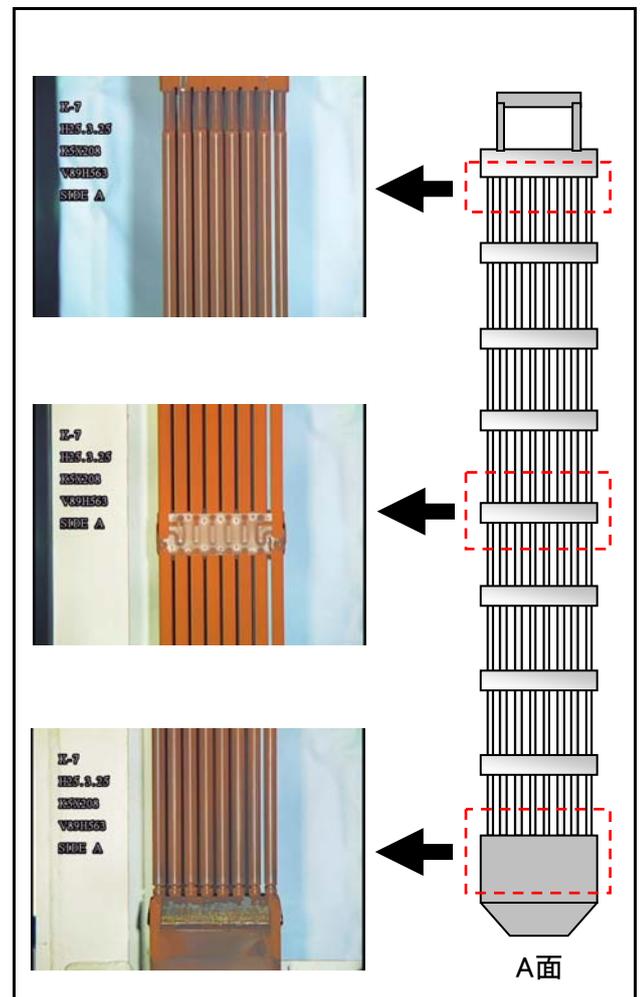
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

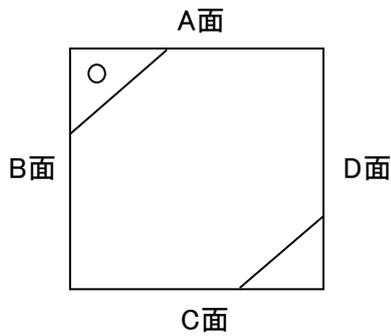
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	V89H567
燃料集合体番号	K5X204

チャンネルボックス欠損状況



【A面】 欠損部長さ: 約12mm

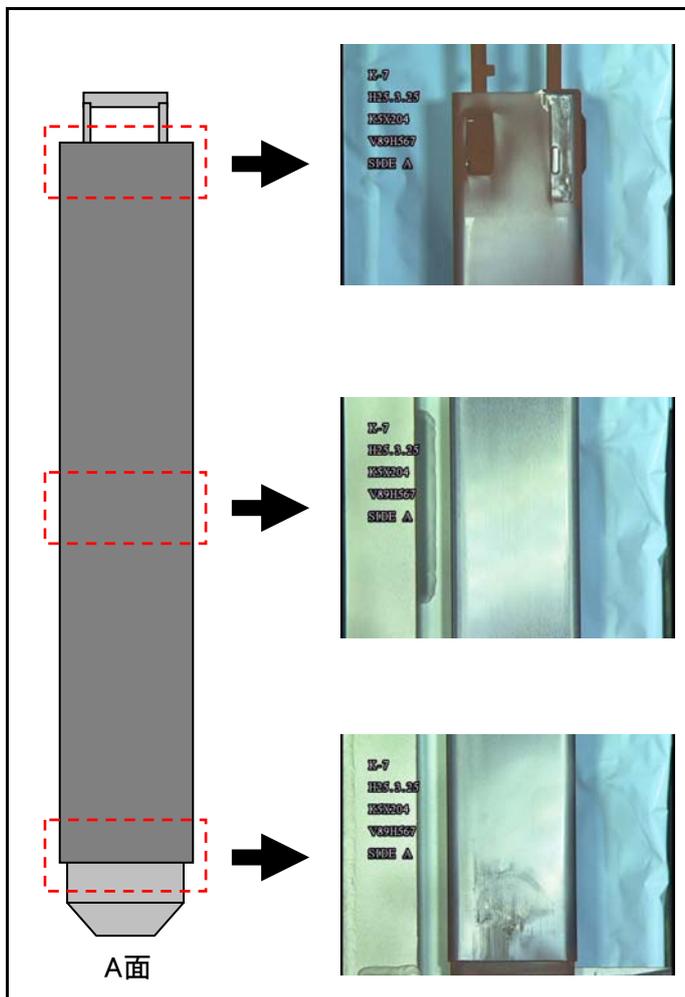


【C面】 欠損部長さ: 約15mm



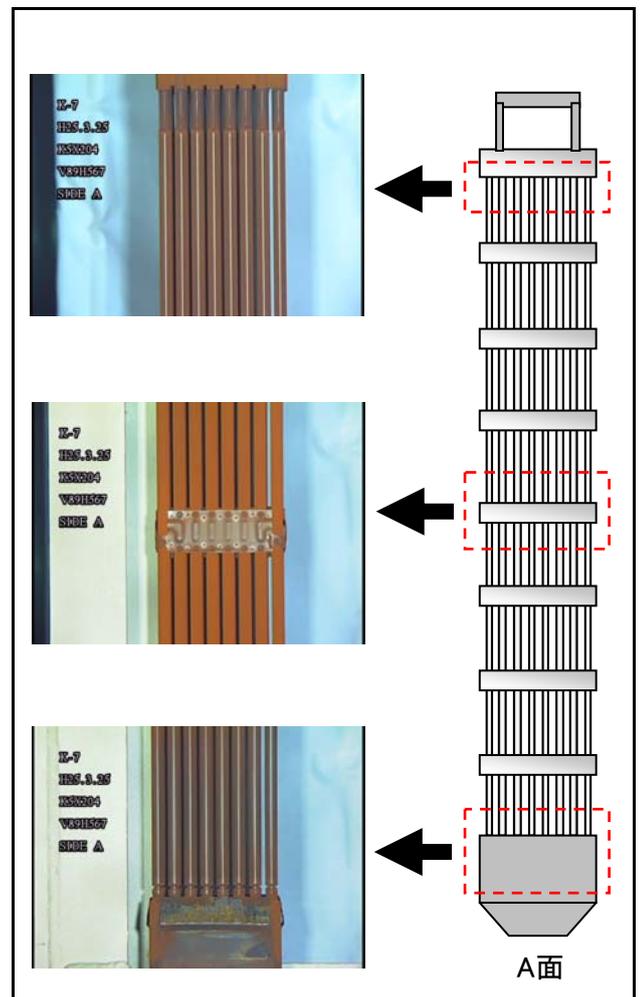
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

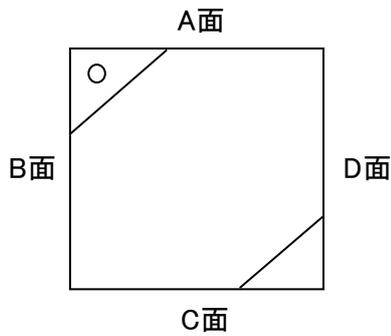
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	B98K027
燃料集合体番号	K7BN27

チャンネルボックス欠損状況

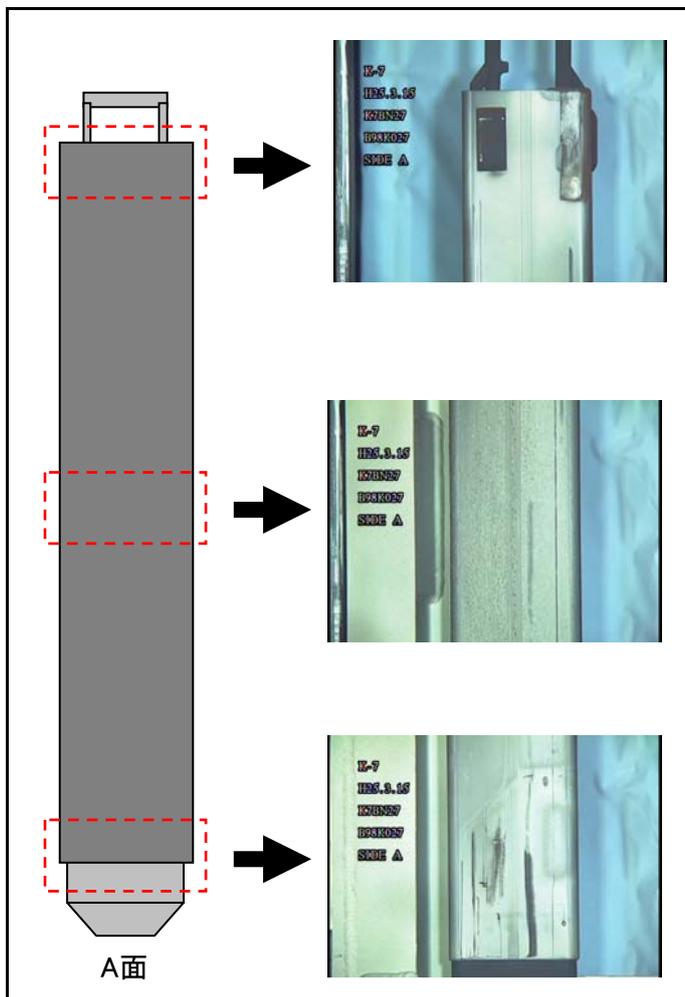


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



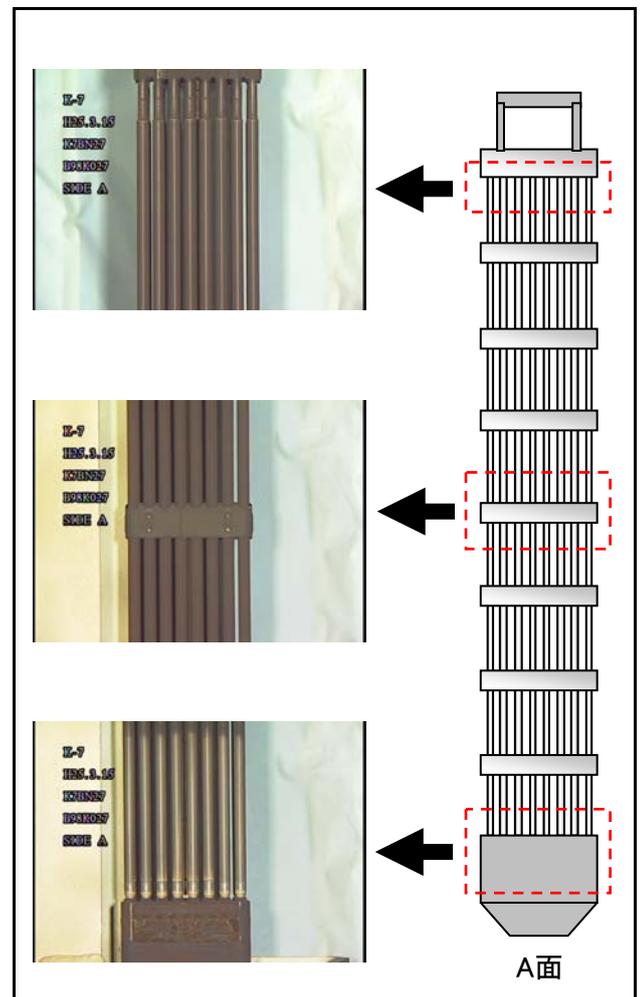
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

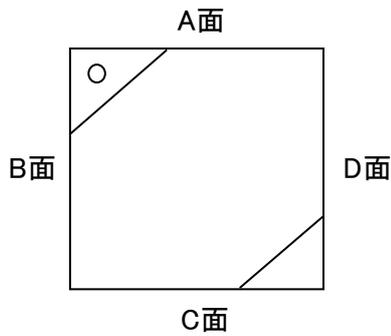
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	B98K032
燃料集合体番号	K7BN32

チャンネルボックス欠損状況

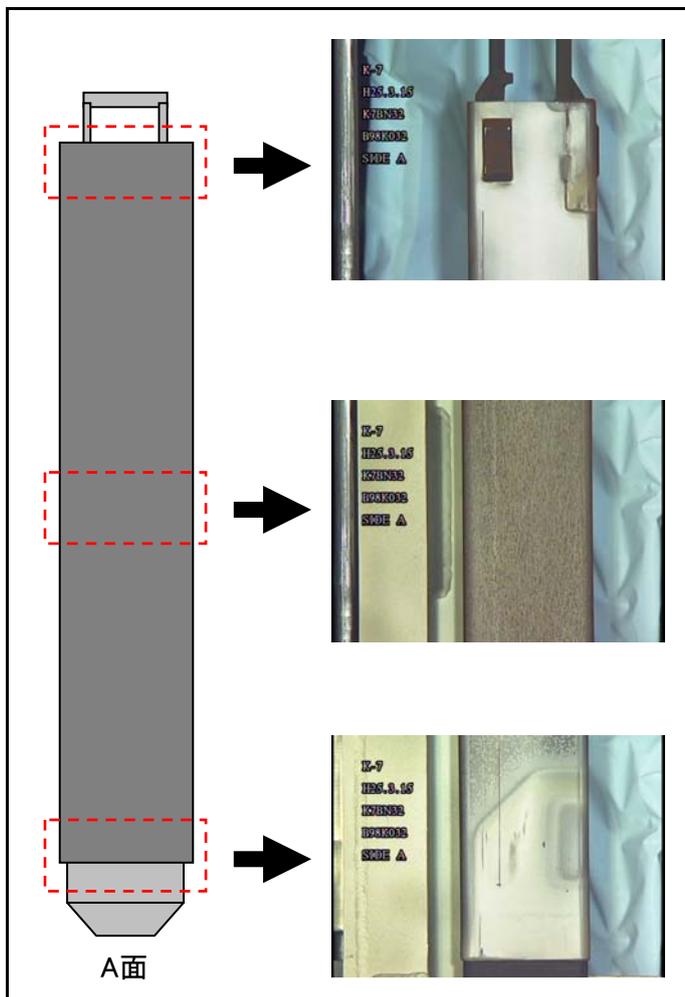


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



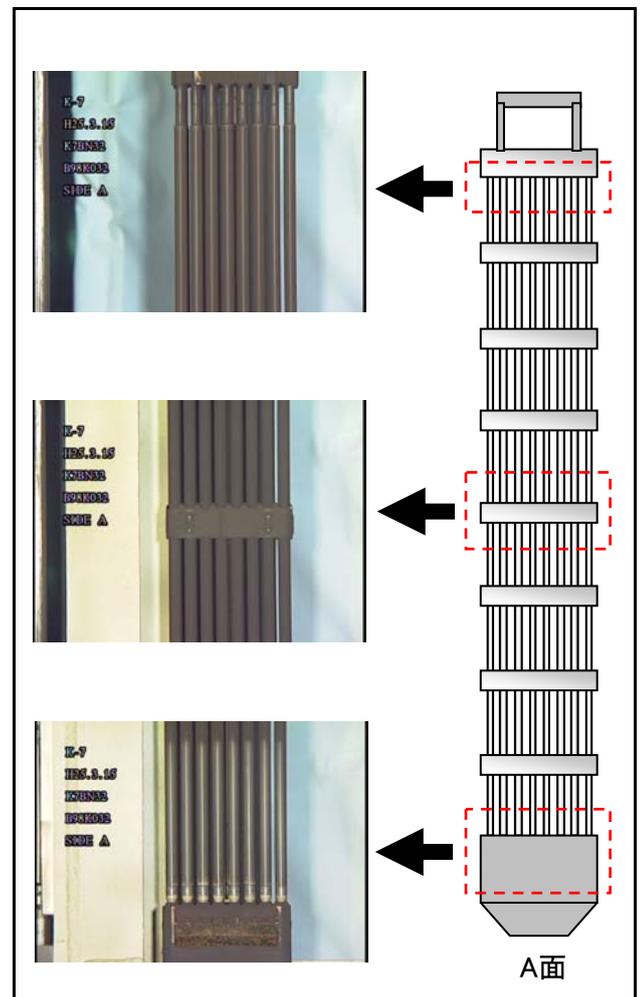
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

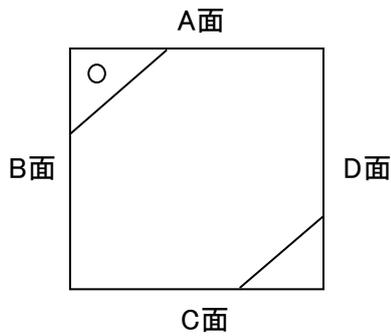
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	B98K056
燃料集合体番号	K7BN56

チャンネルボックス欠損状況

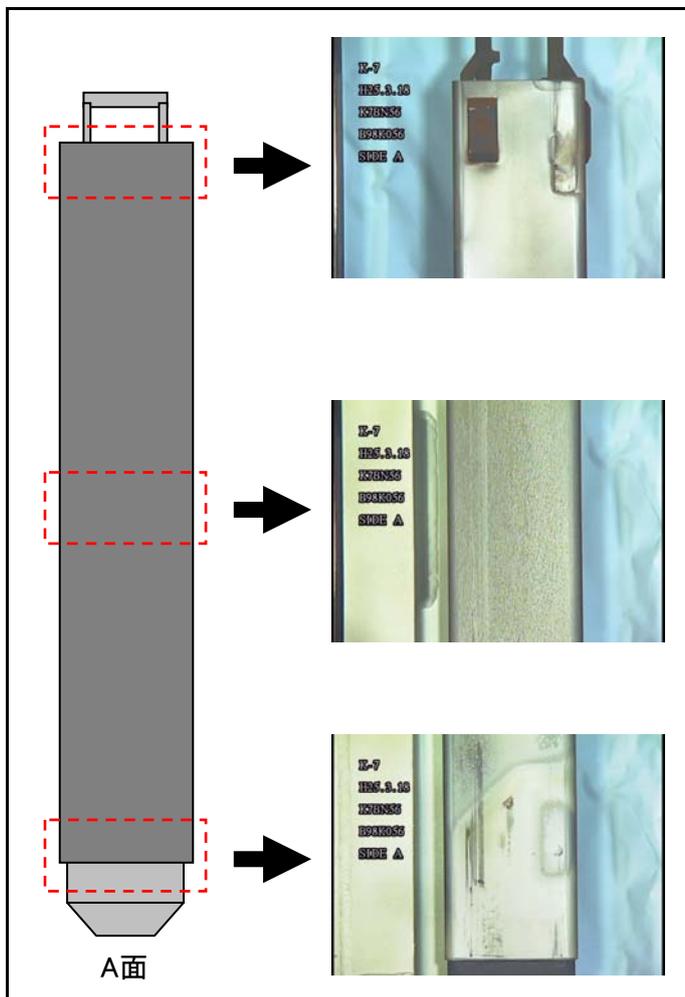


【D面】 欠損部長さ: 約13mm



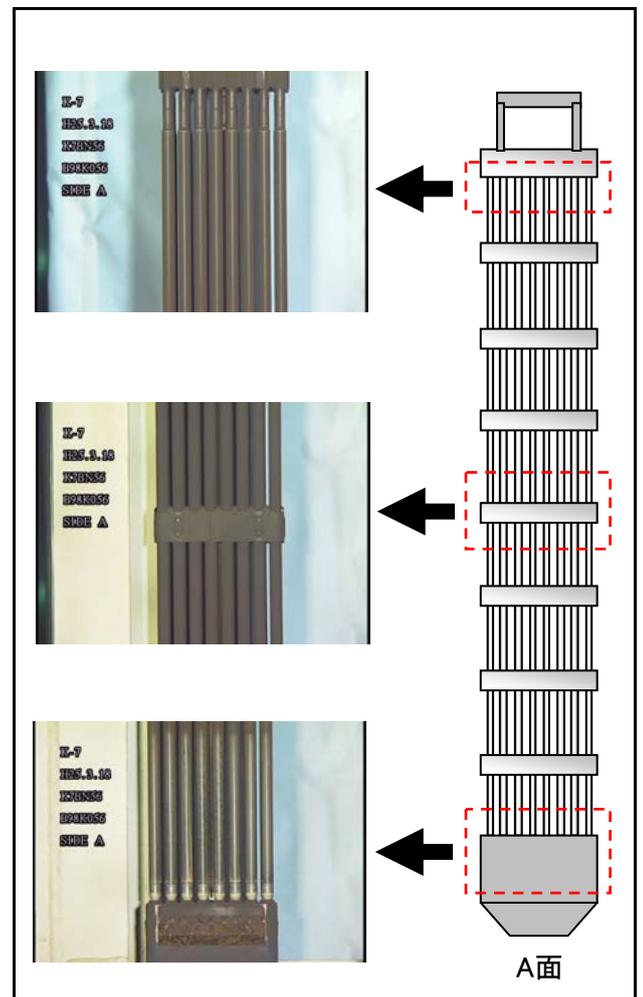
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

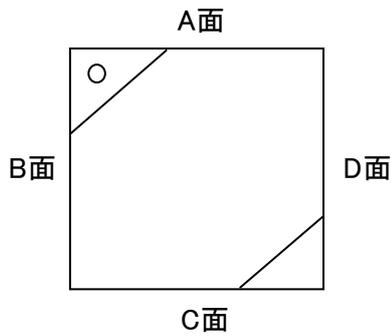
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	B98K113
燃料集合体番号	K7B9

チャンネルボックス欠損状況

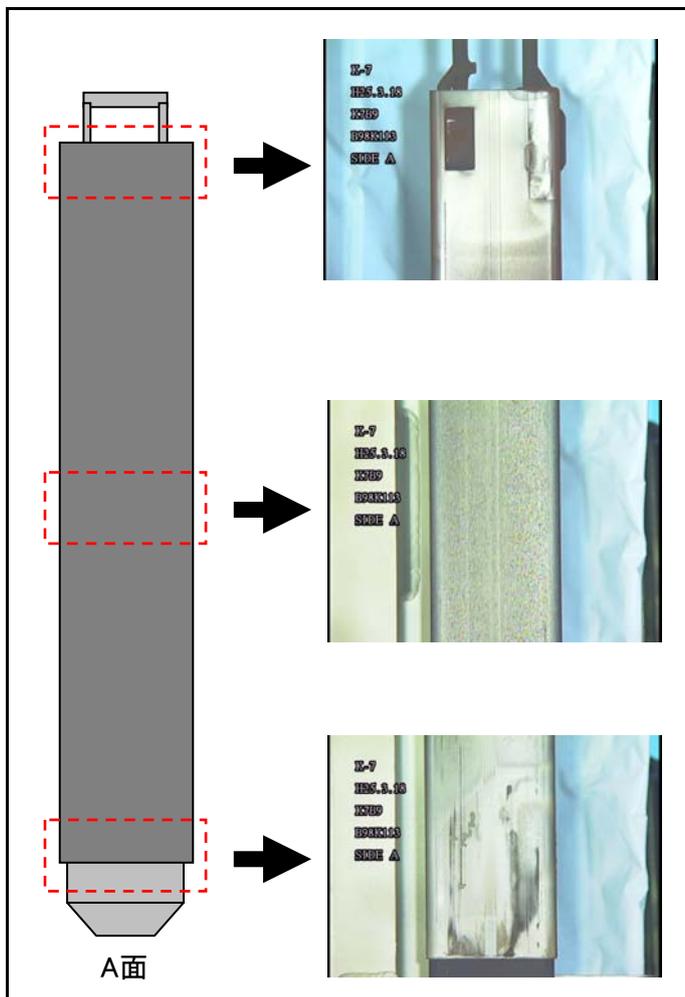


【D面】 欠損部長さ: 約9mm



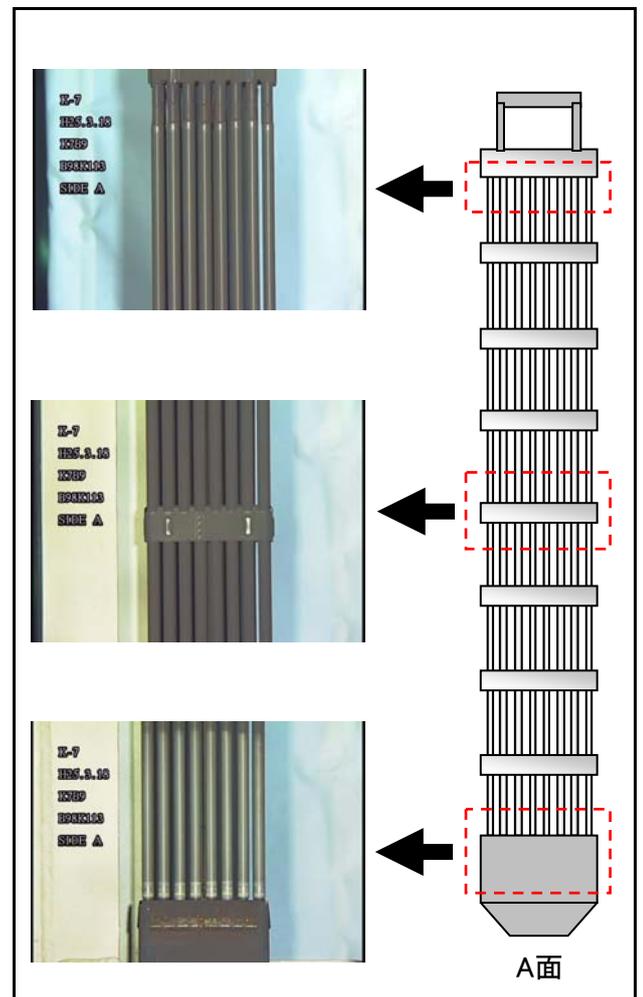
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

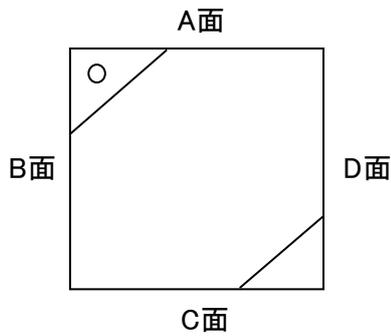
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	B98K147
燃料集合体番号	K7B43

チャンネルボックス欠損状況

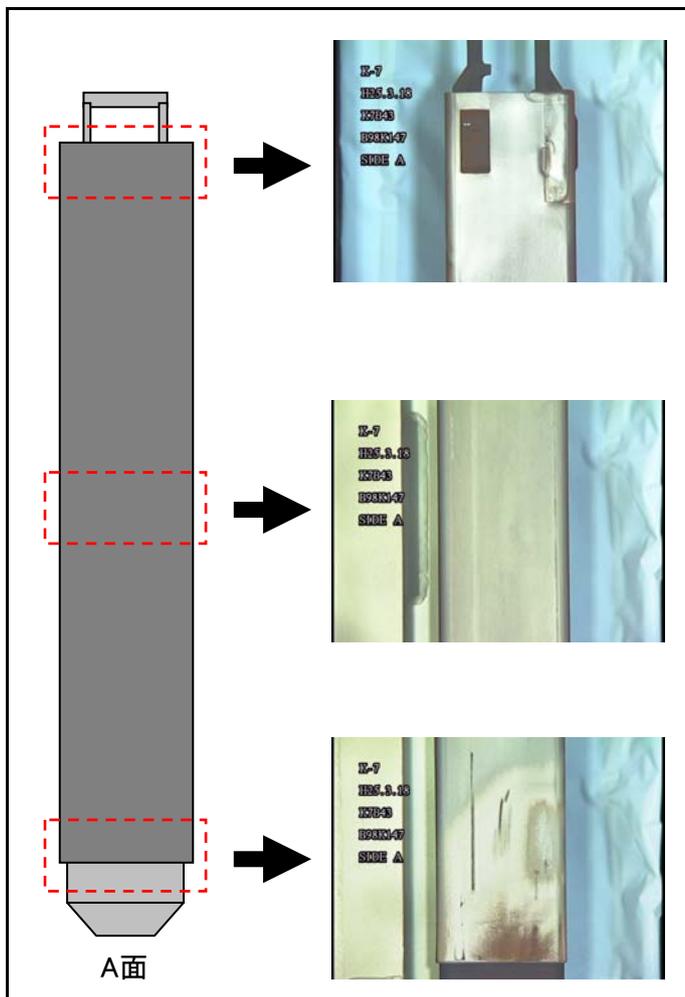


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



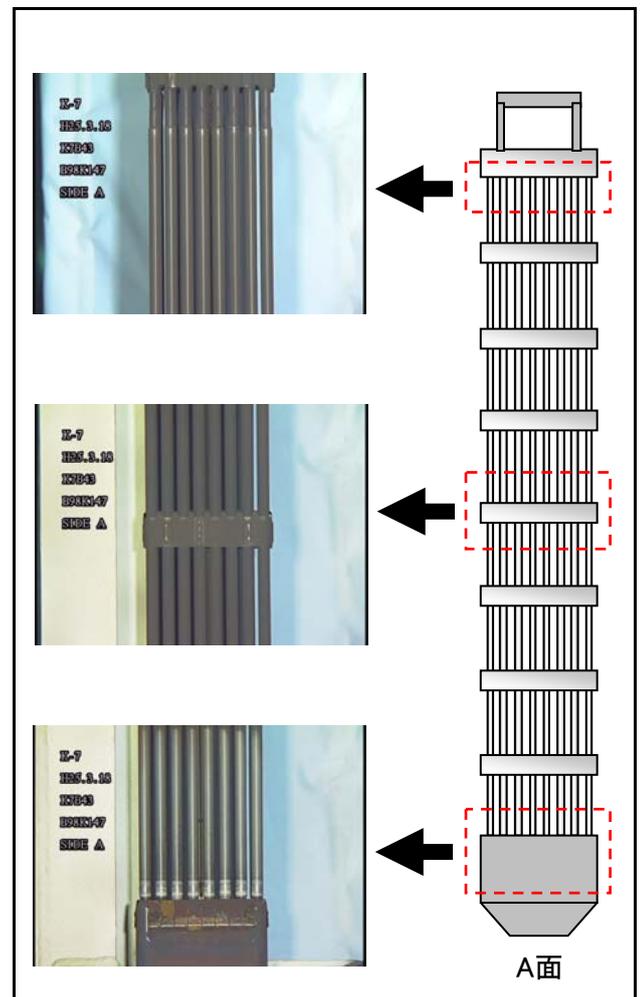
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし
------	------

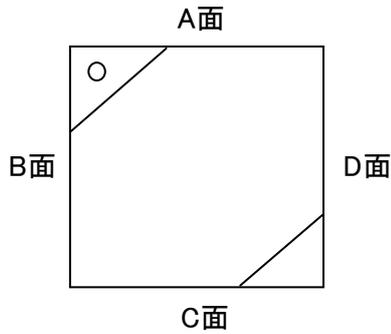


## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	B98K154
燃料集合体番号	K7B50

【A面】 欠損部長さ: 約17mm  
チャンネルファスナ取外後

チャンネルボックス欠損状況



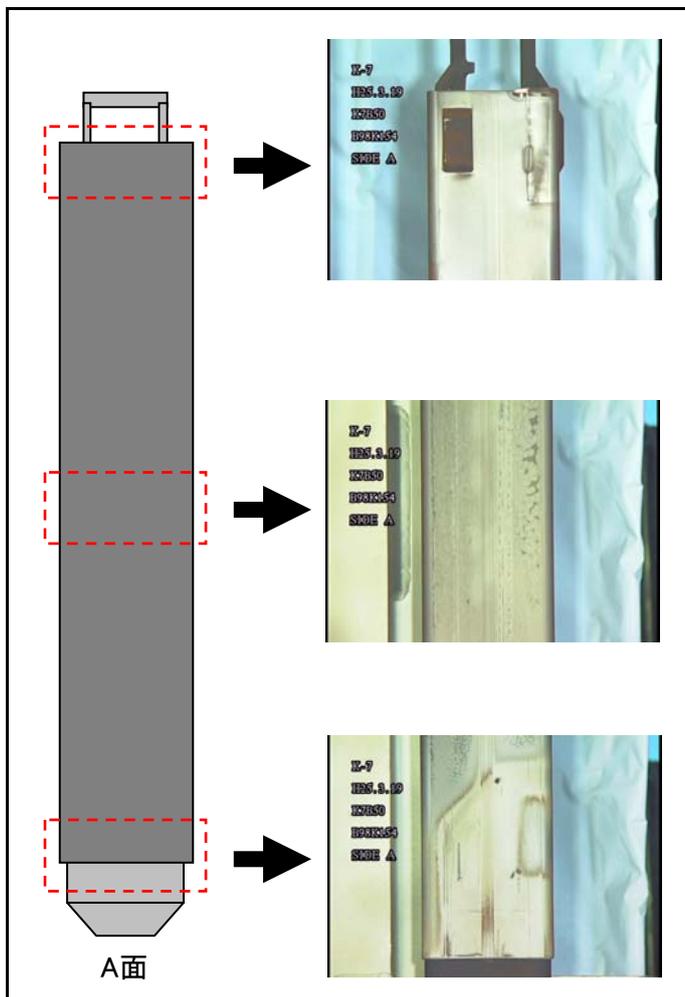
チャンネルファスナ取外前



チャンネルボックス外観

点検  
結果

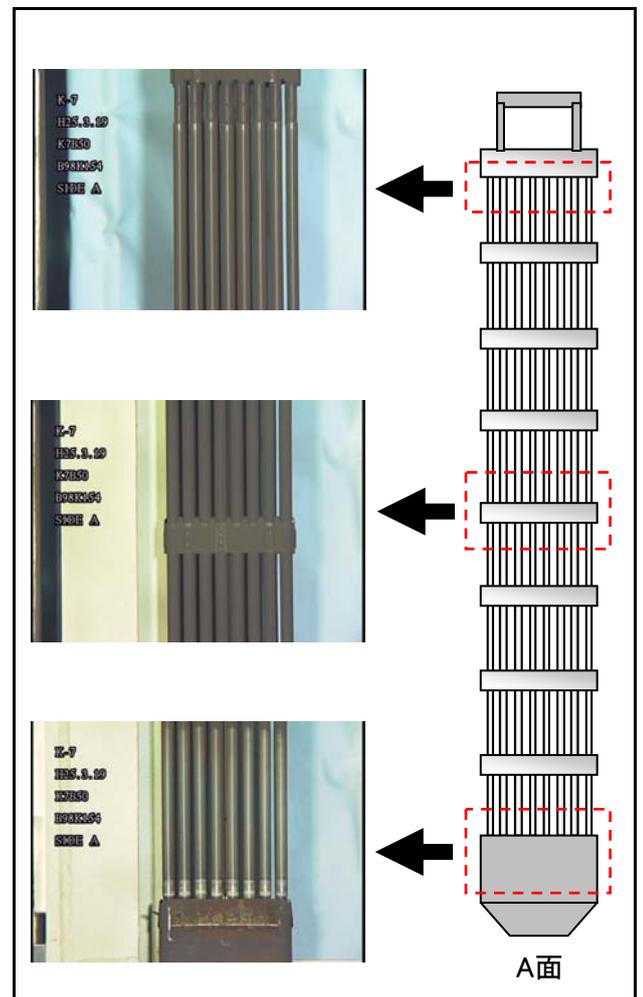
異常なし



燃料集合体外観

点検  
結果

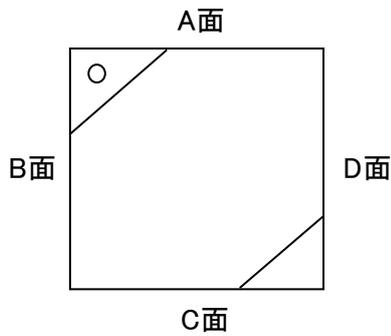
異常なし



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	B98K175
燃料集合体番号	K7B71

チャンネルボックス欠損状況

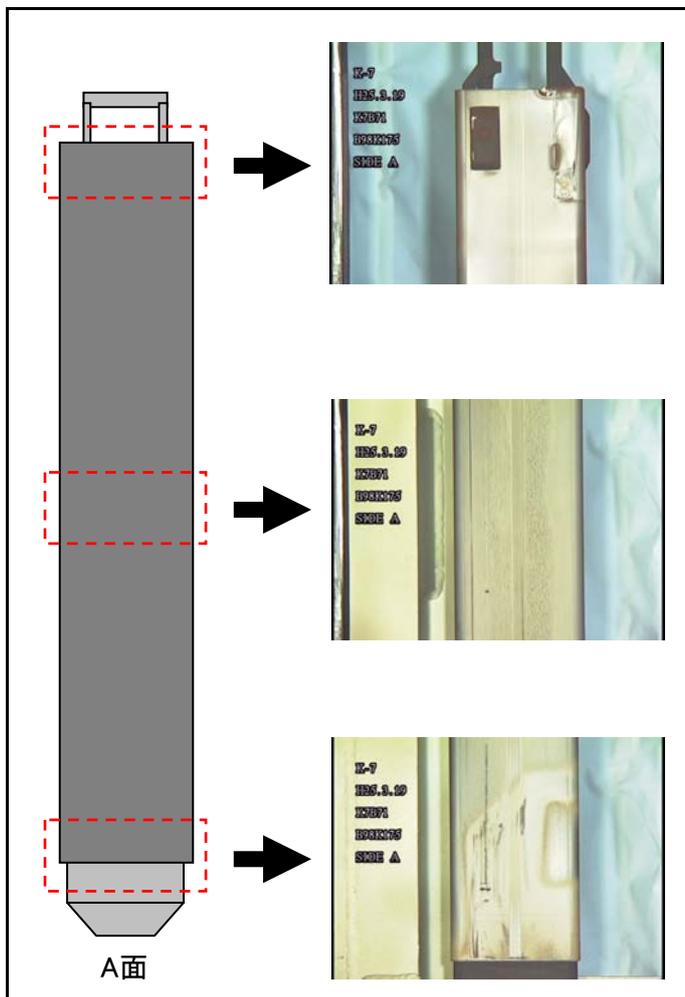


【A面】 欠損部長さ: 約11mm



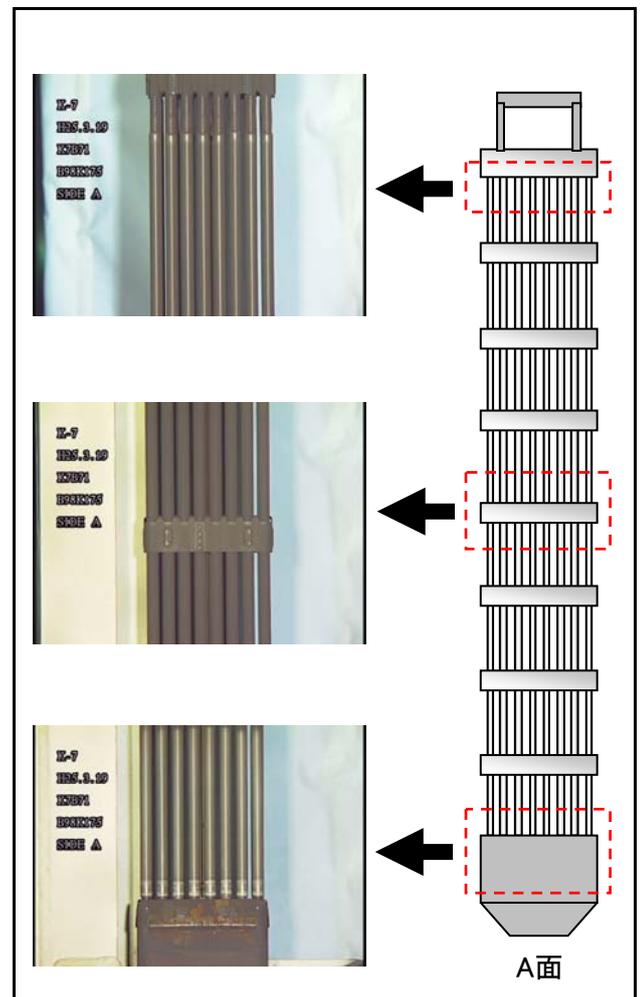
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

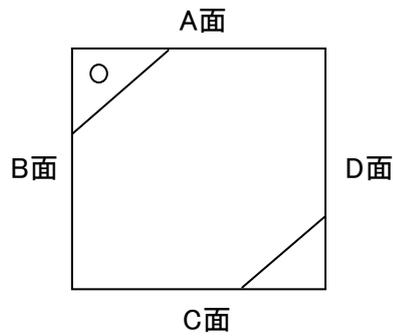
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	B98K187
燃料集合体番号	K7B83

チャンネルボックス欠損状況

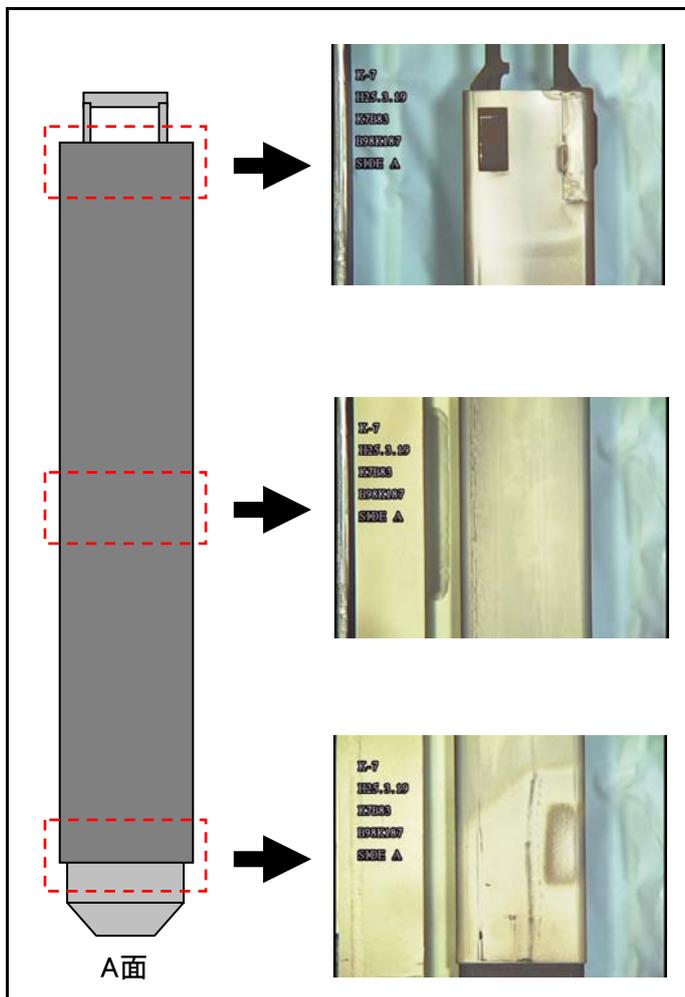


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



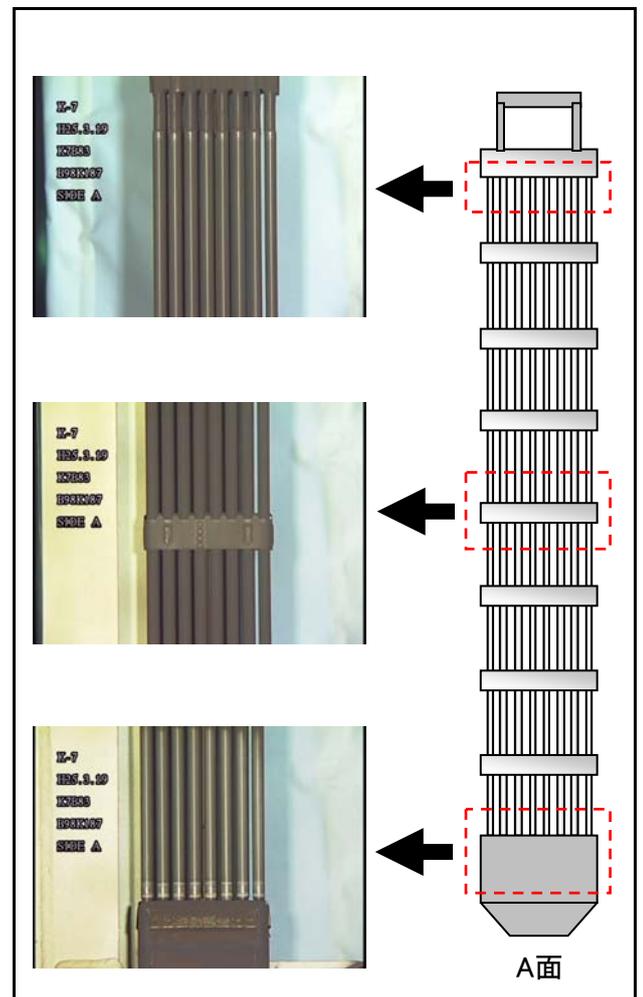
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

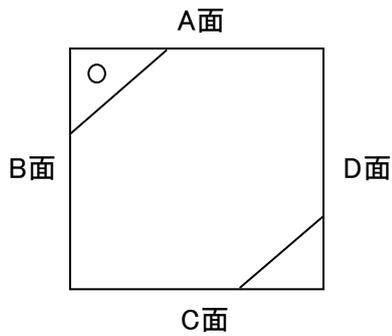
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB00K018
燃料集合体番号	K7C18

チャンネルボックス欠損状況

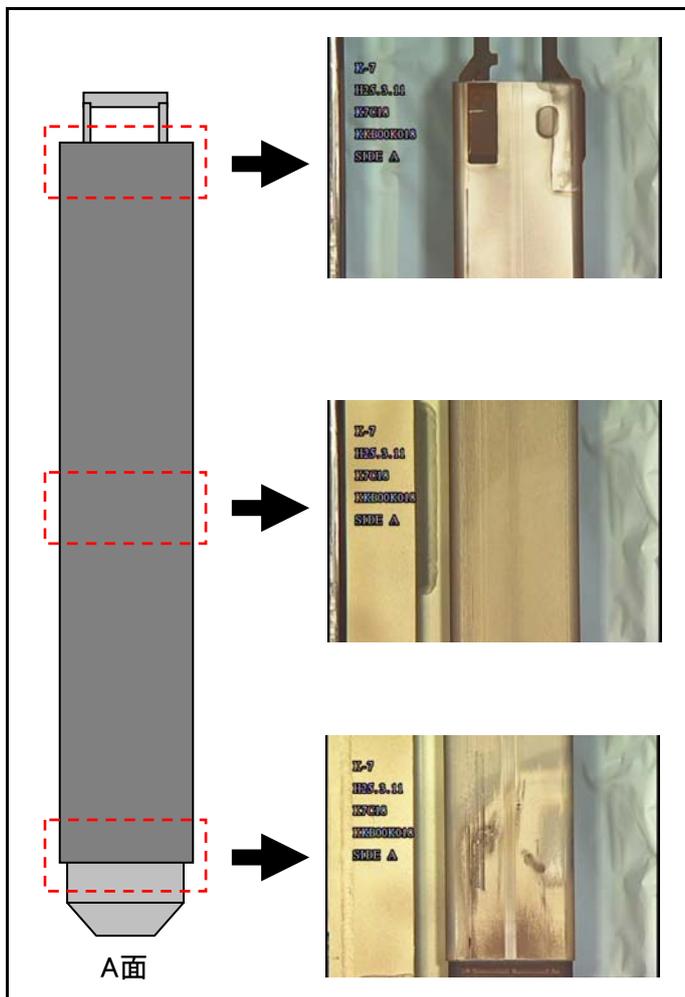


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



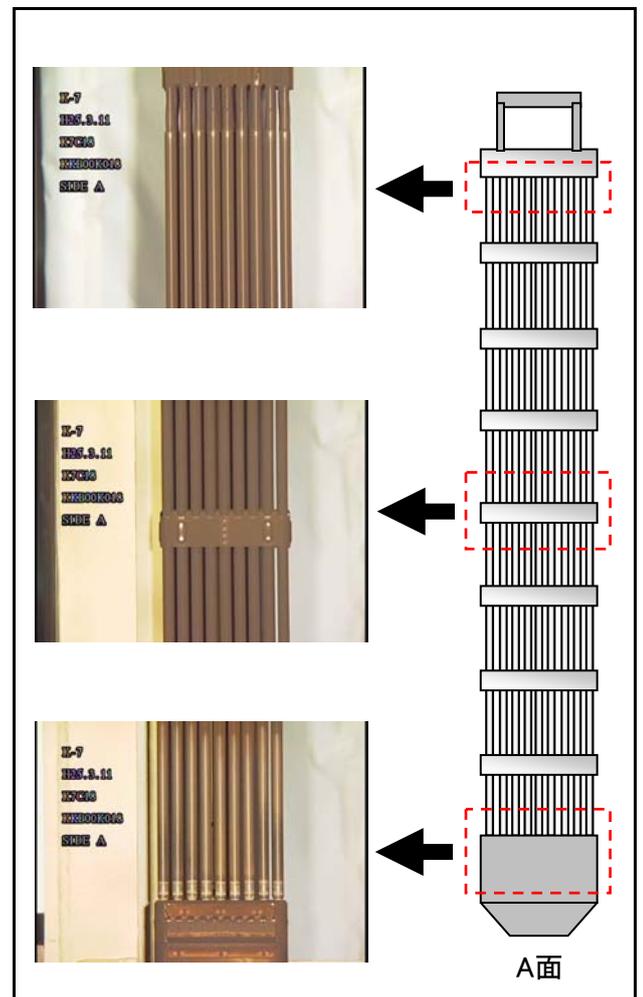
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

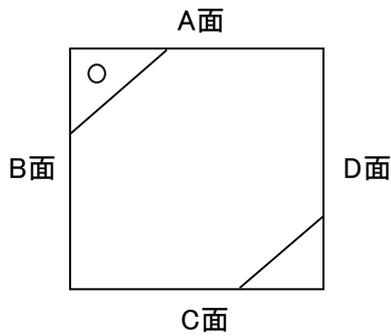
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB00K019
燃料集合体番号	K7C19

チャンネルボックス欠損状況

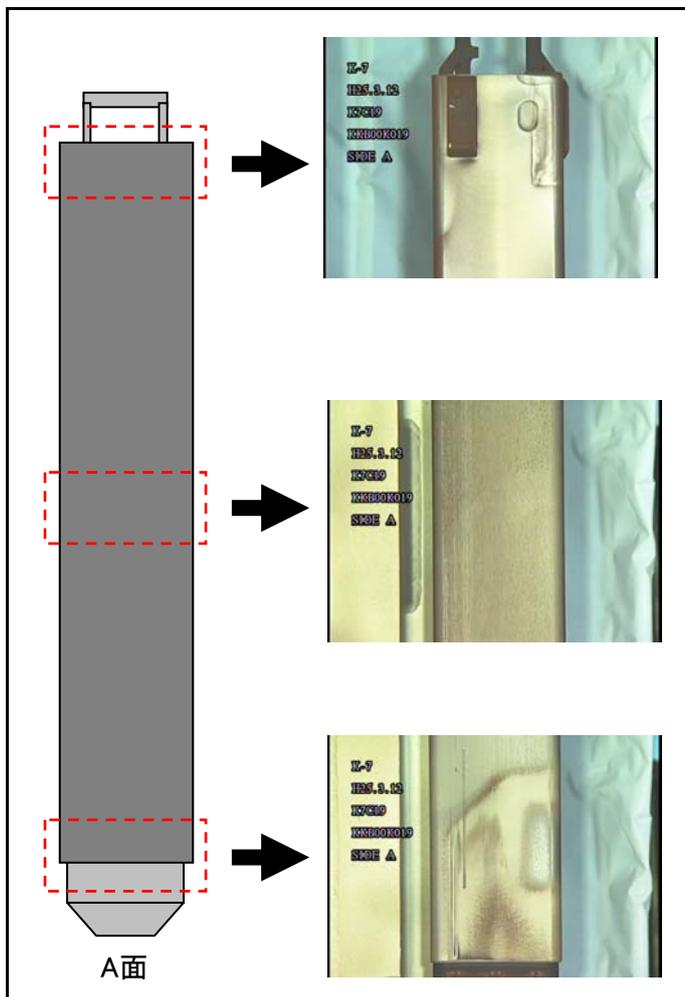


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



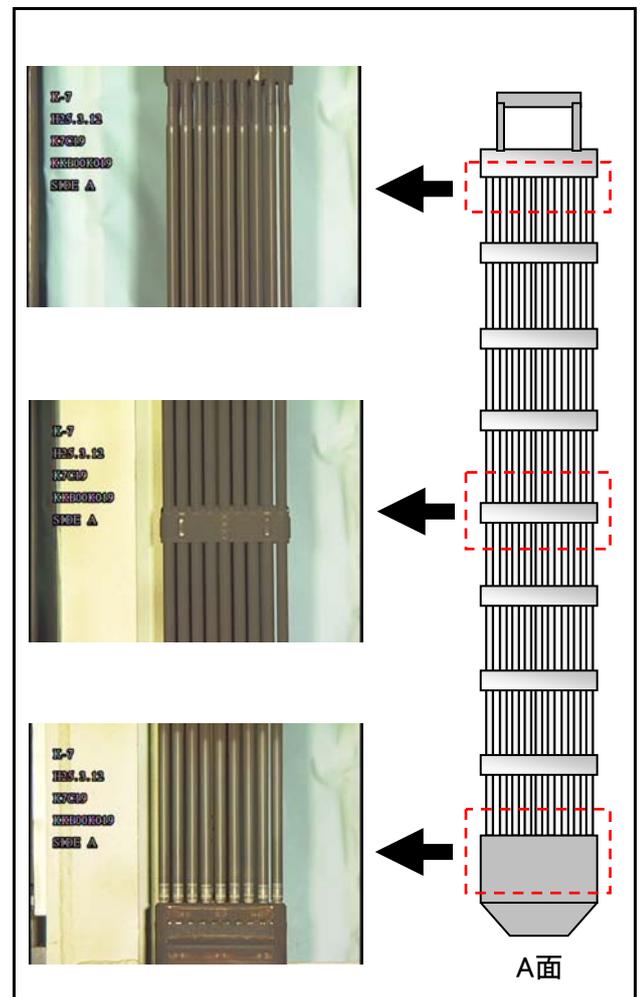
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

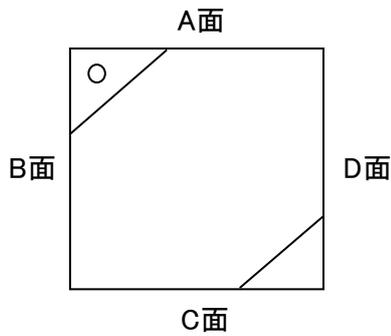
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB00K092
燃料集合体番号	K7C92

チャンネルボックス欠損状況

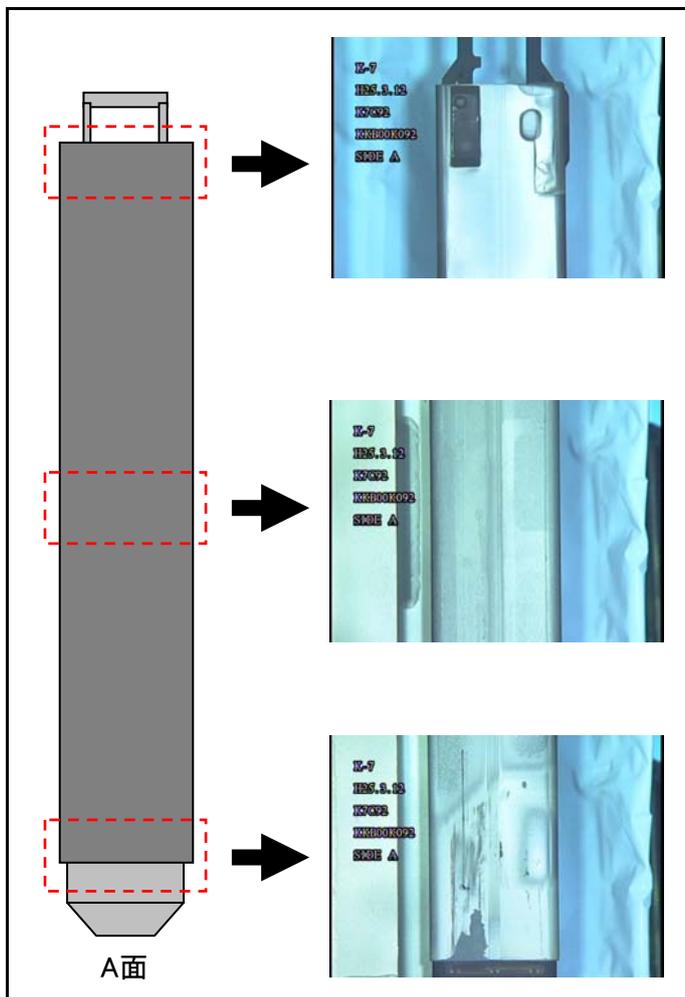


【D面】 欠損部長さ: 約13mm



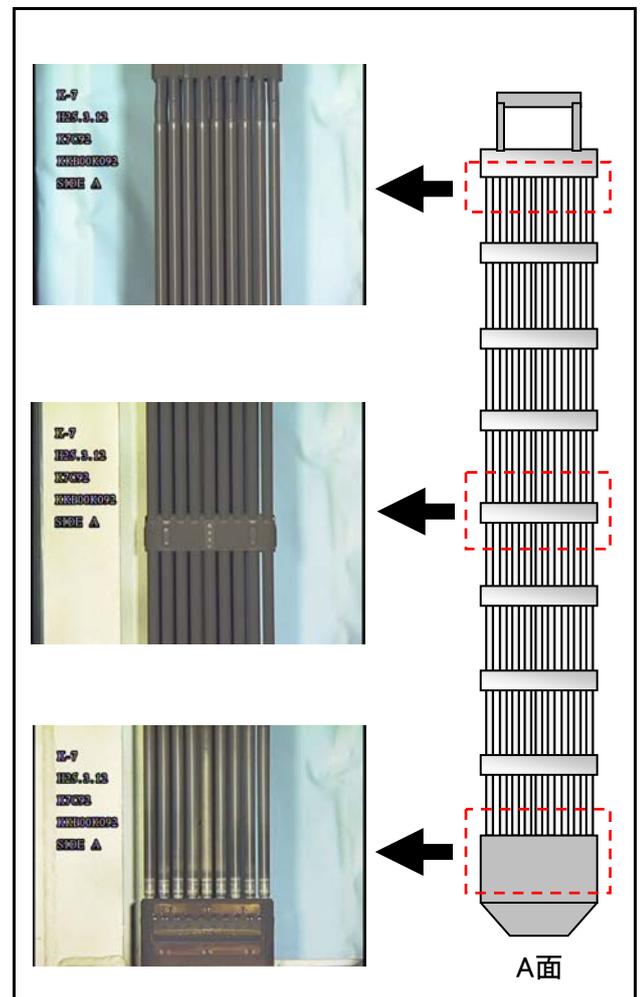
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

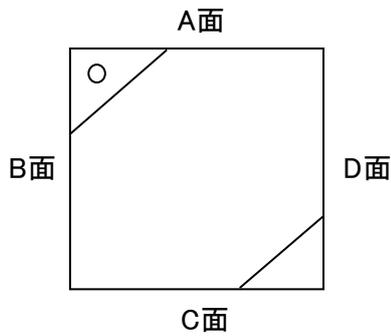
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB00K098
燃料集合体番号	K7CG4

チャンネルボックス欠損状況

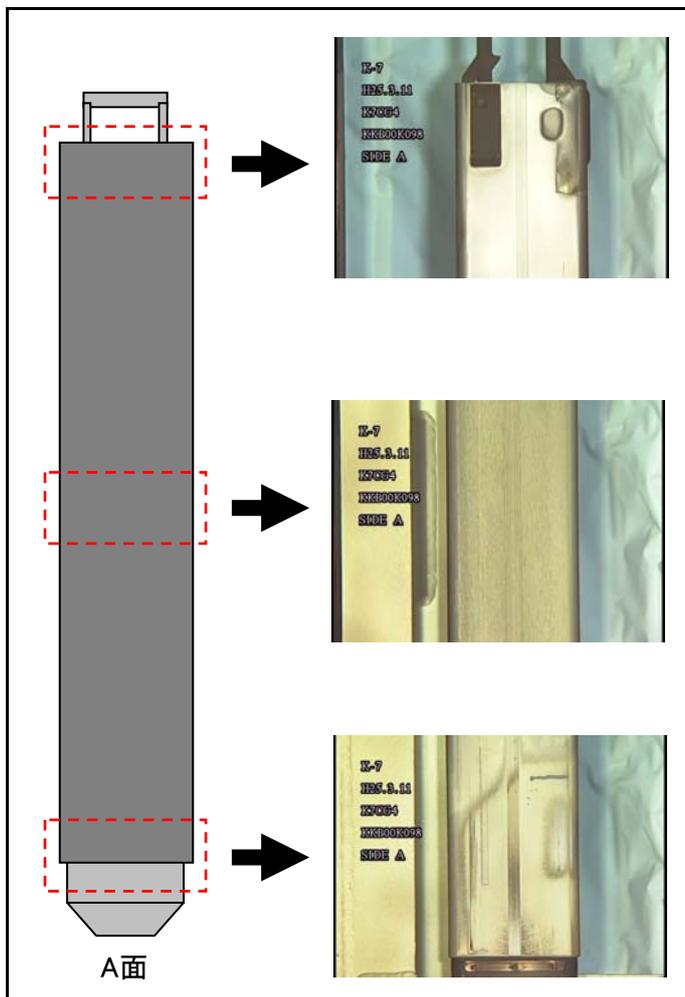


【D面】 欠損部長さ: 約8mm



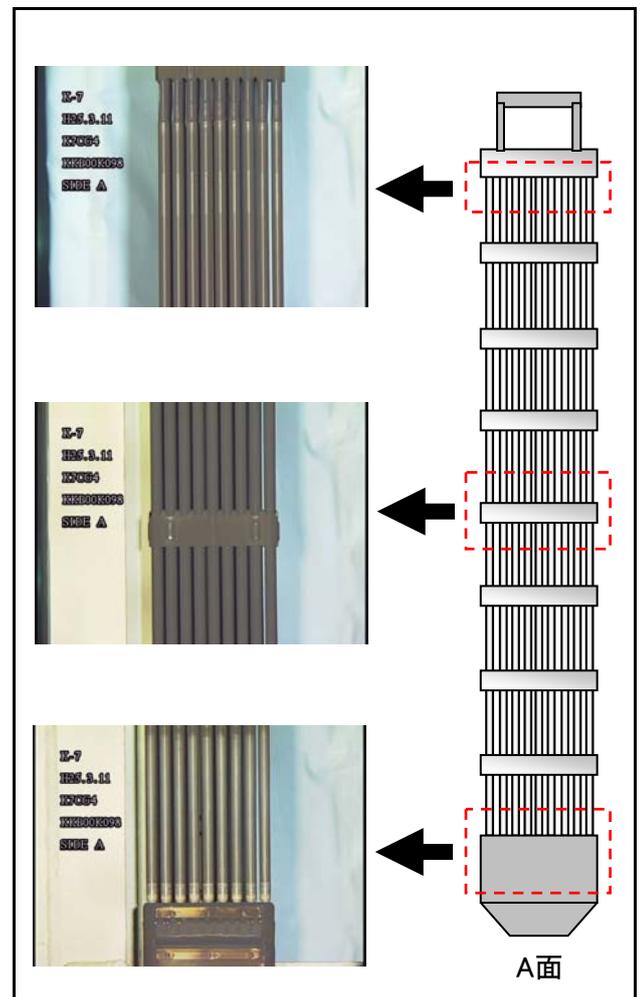
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

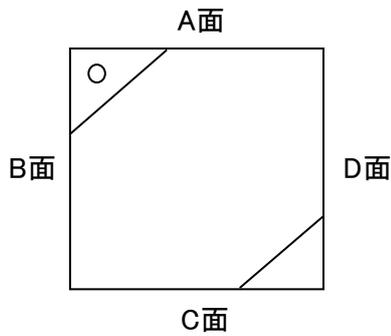
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB01K077
燃料集合体番号	K7D77

チャンネルボックス欠損状況

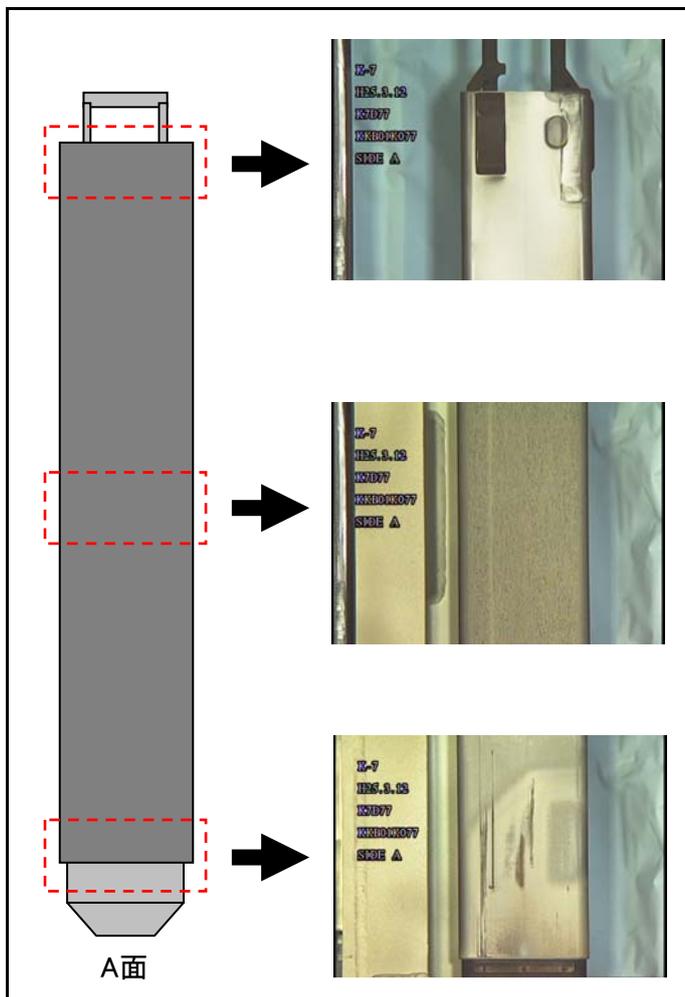


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



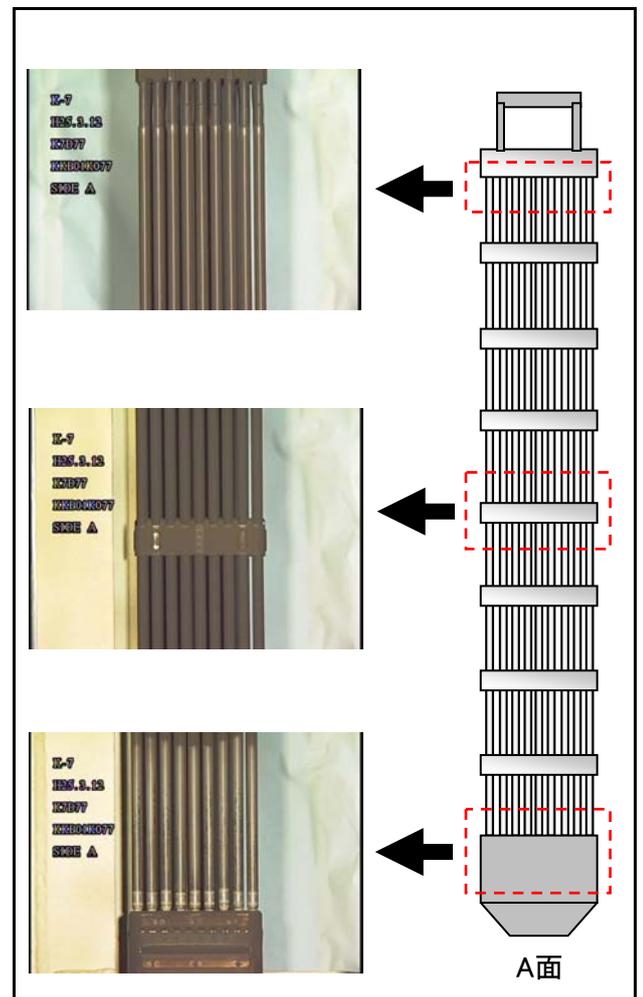
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

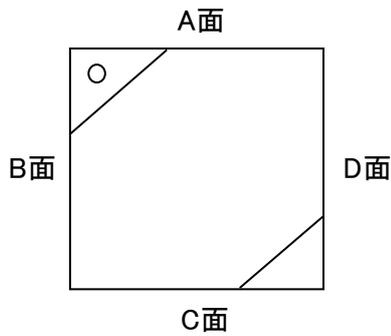
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB01K108
燃料集合体番号	K7D108

チャンネルボックス欠損状況

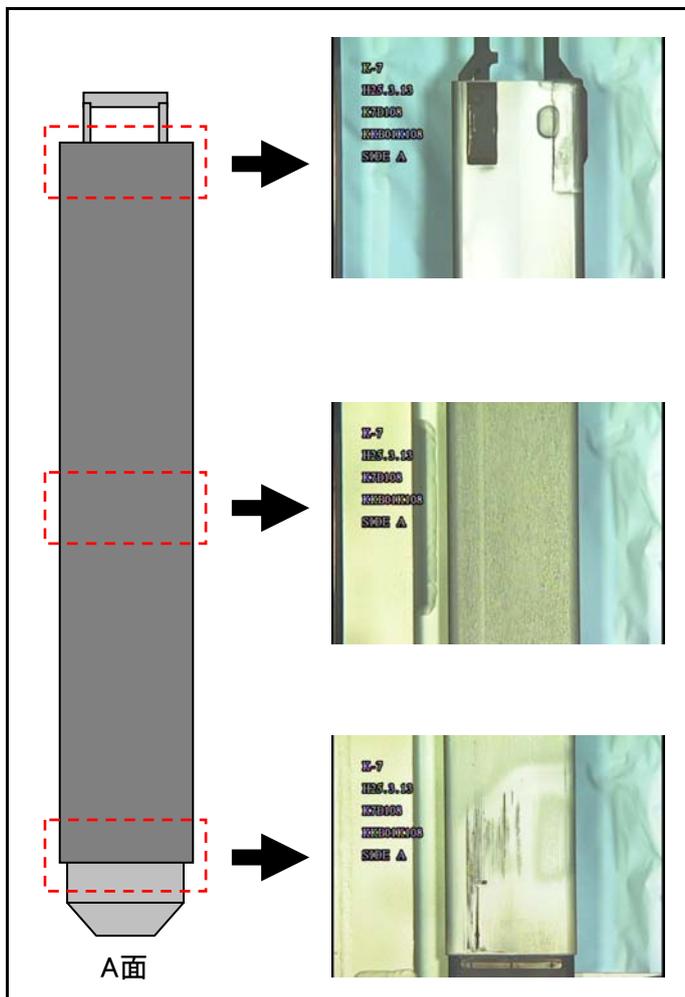


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



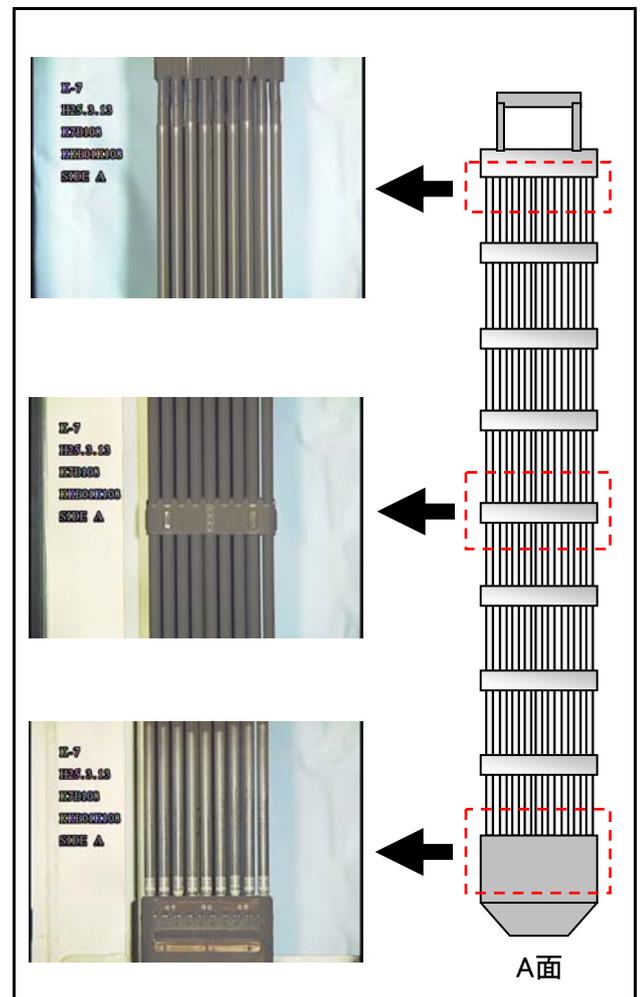
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

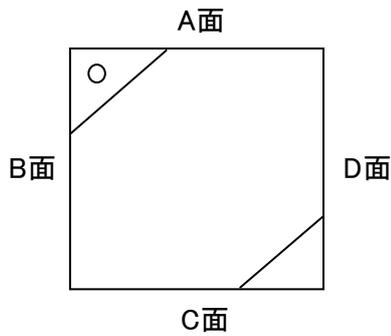
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB01K131
燃料集合体番号	K7D131

チャンネルボックス欠損状況

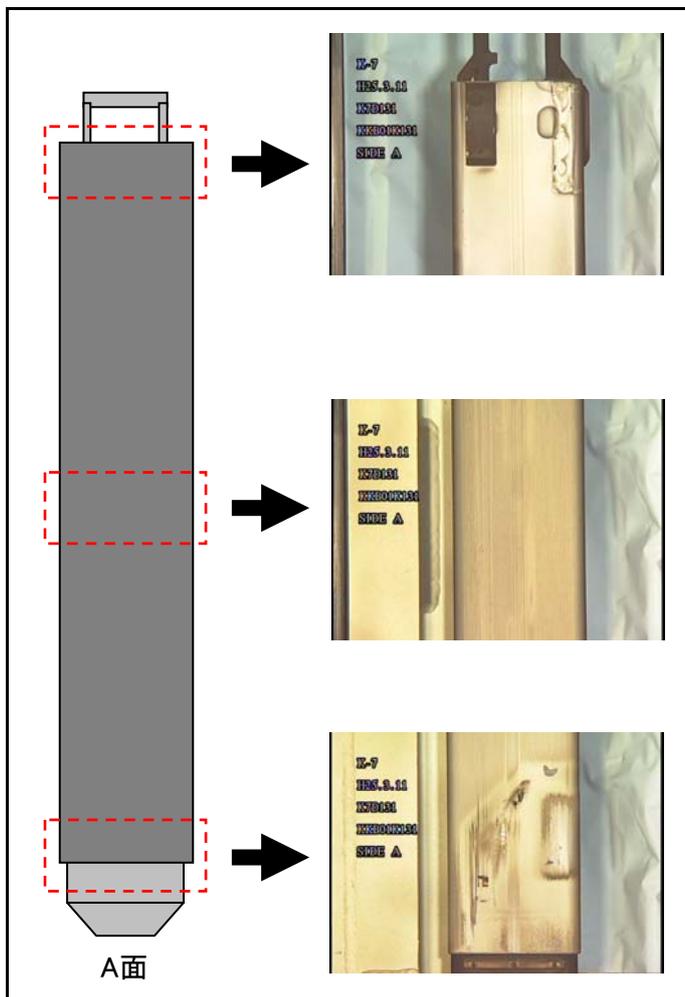


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



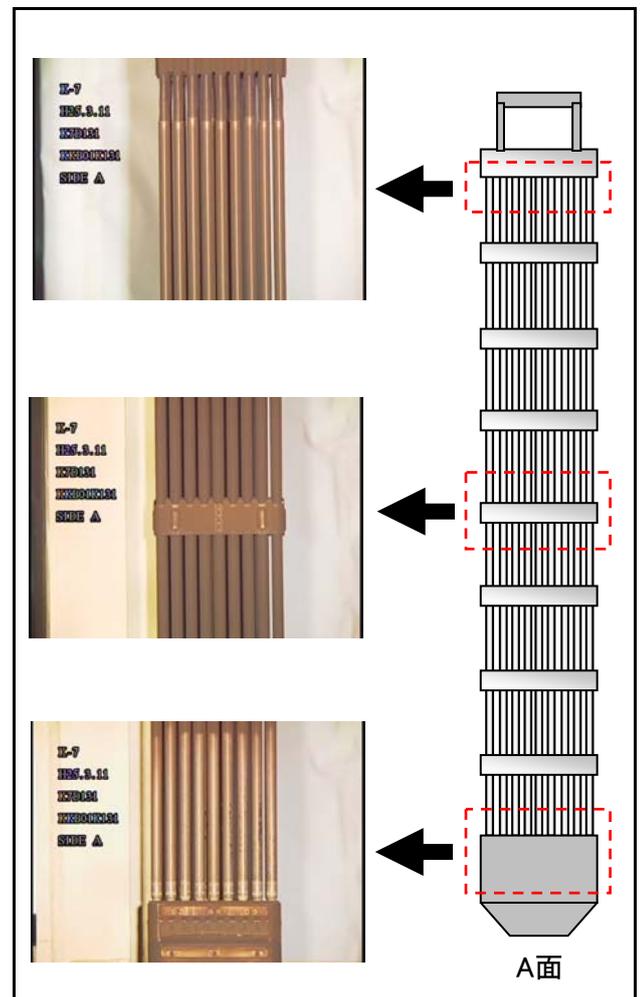
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

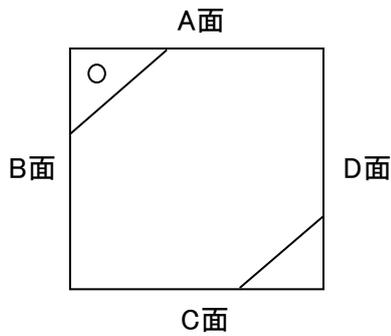
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB01K161
燃料集合体番号	K7D161

チャンネルボックス欠損状況

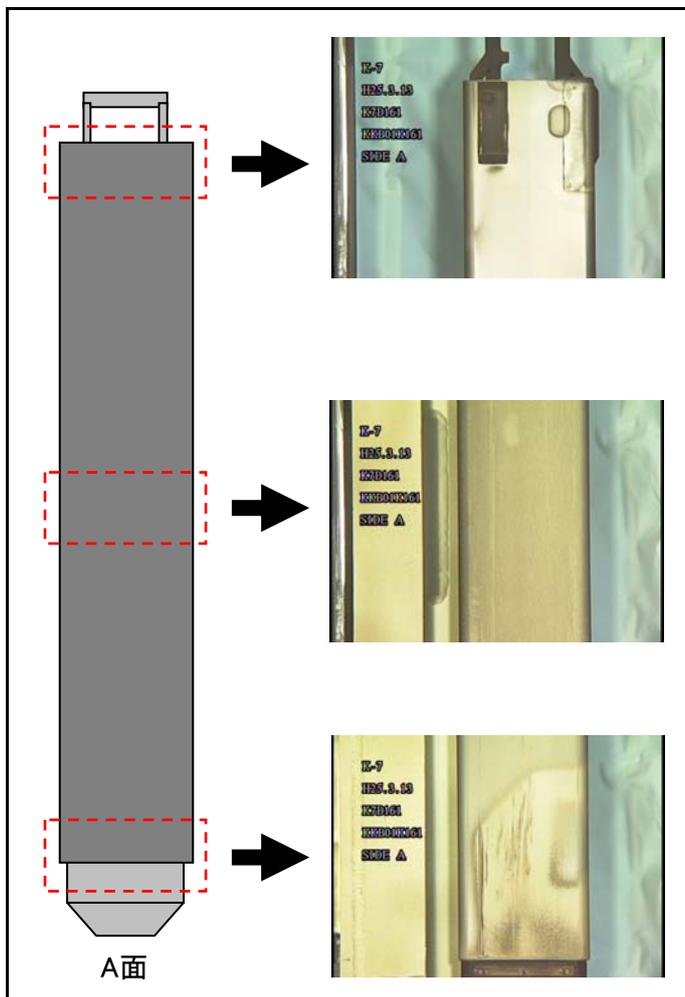


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



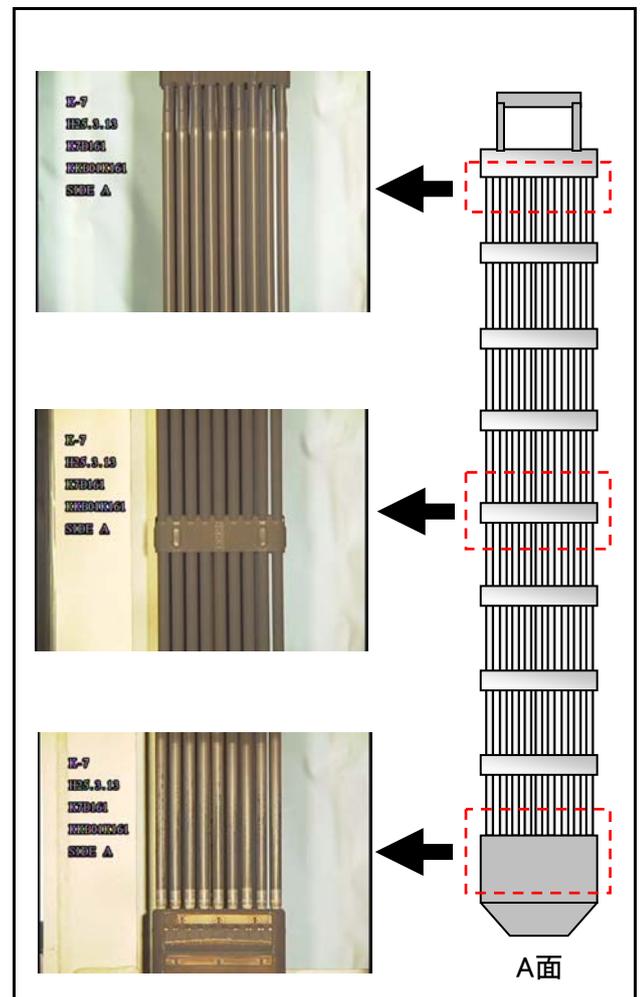
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

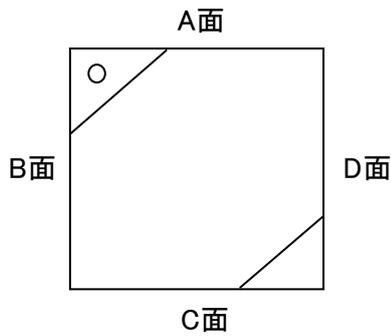
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB01K202
燃料集合体番号	K7D202

チャンネルボックス欠損状況

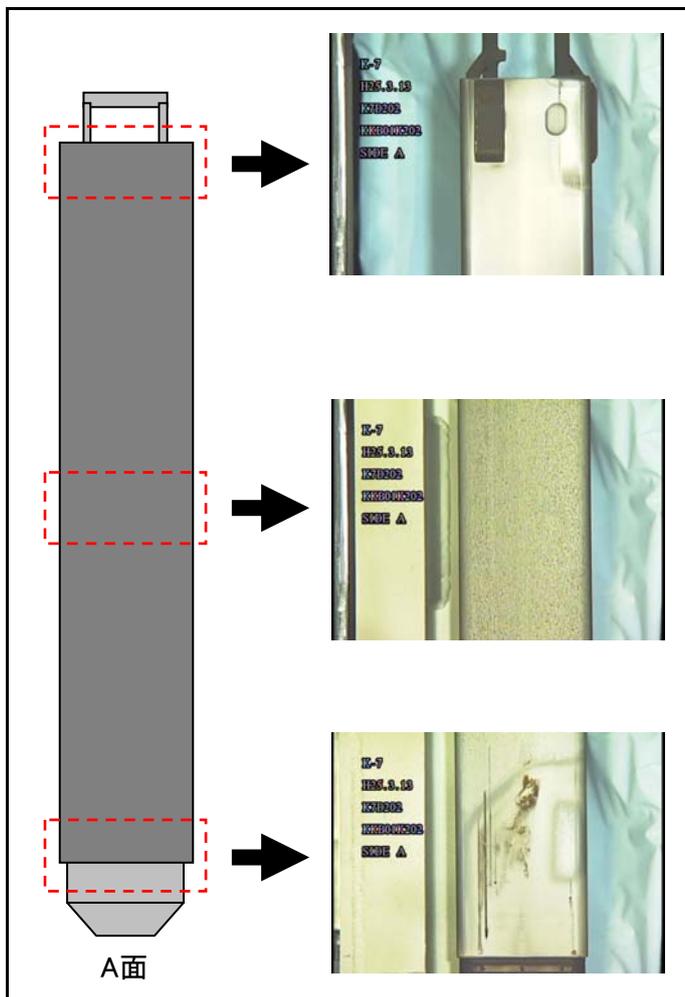


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



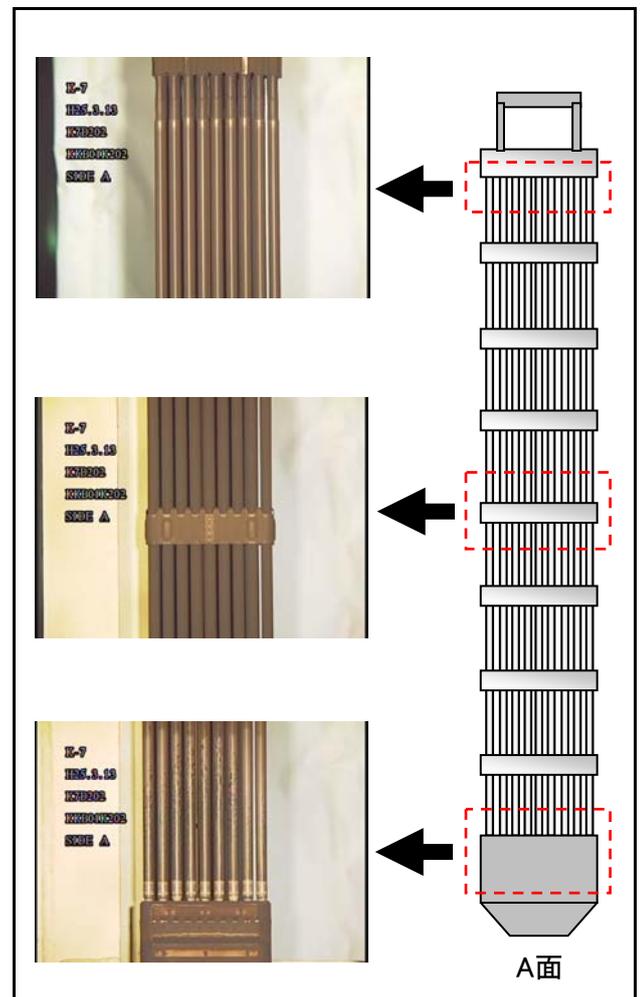
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

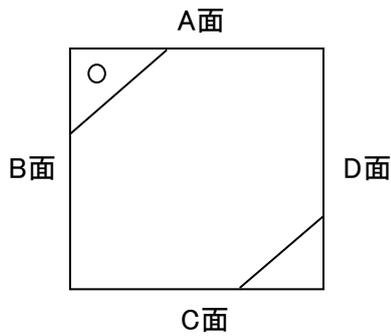
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB02K001
燃料集合体番号	K7E1

チャンネルボックス欠損状況



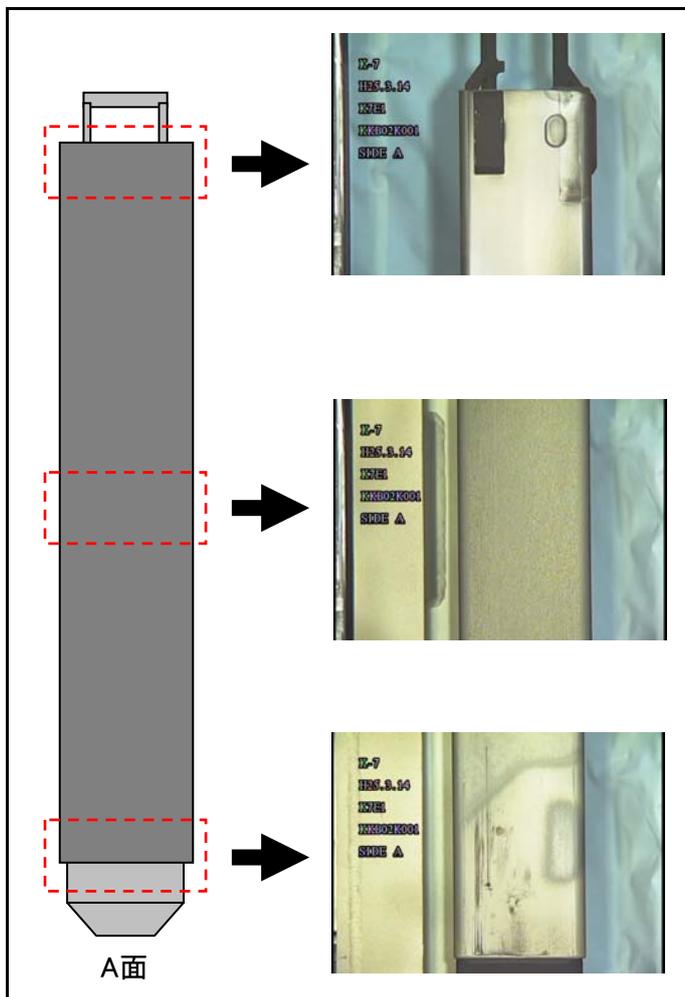
【D面】 欠損部長さ: 約10mm



チャンネルボックス外観

点検  
結果

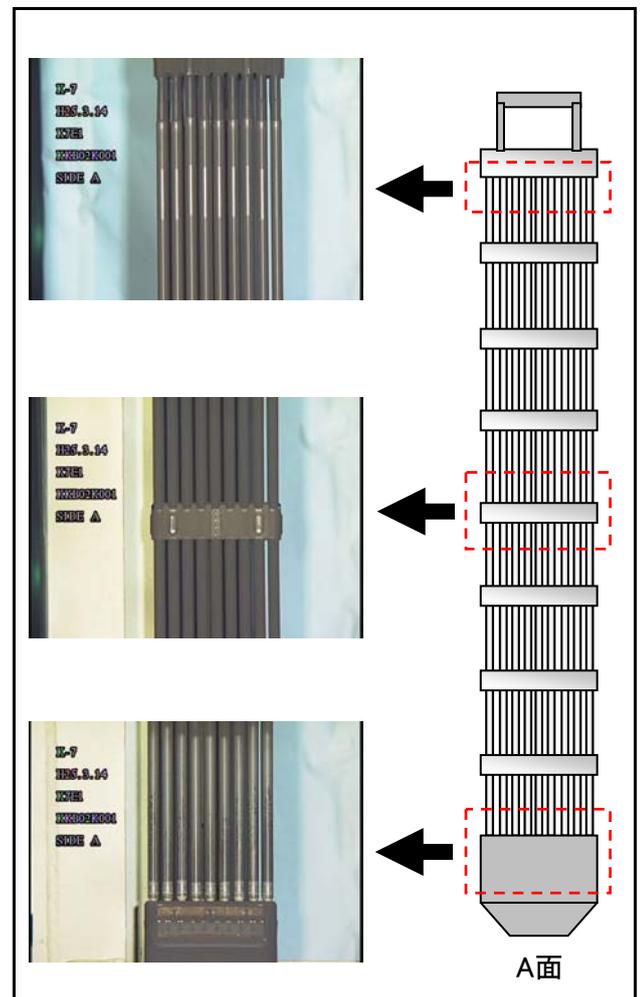
異常なし



燃料集合体外観

点検  
結果

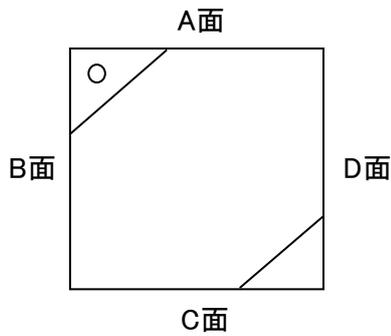
異常なし



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB02K034
燃料集合体番号	K7E34

チャンネルボックス欠損状況

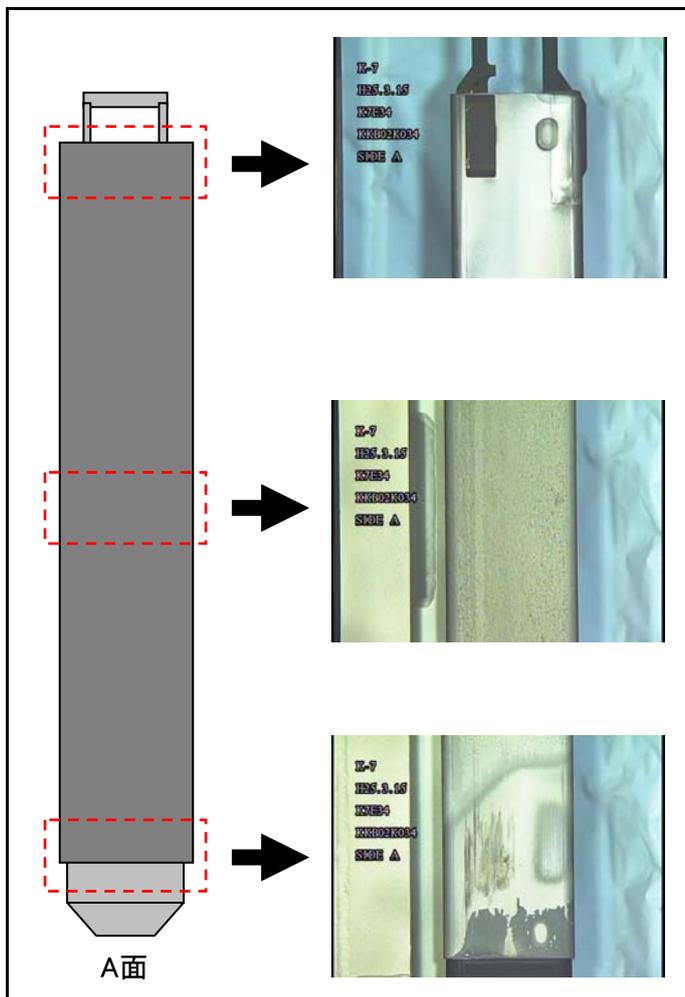


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



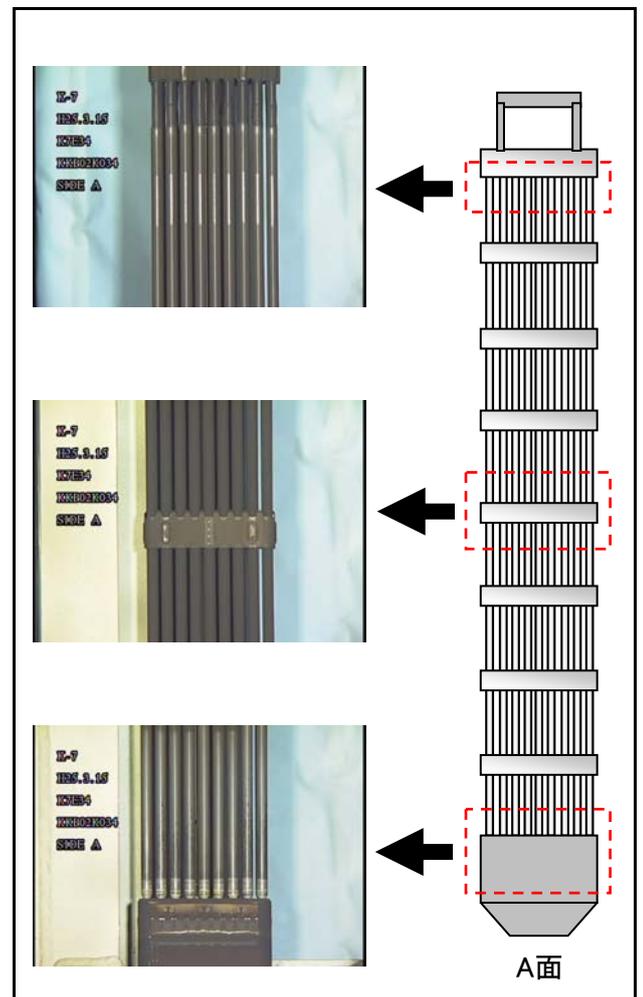
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

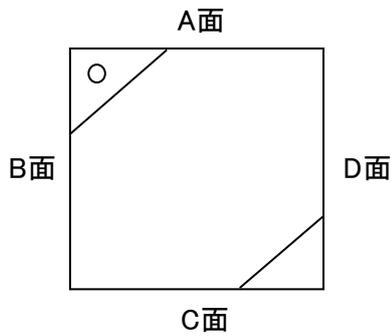
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB02K060
燃料集合体番号	K7E60

チャンネルボックス欠損状況

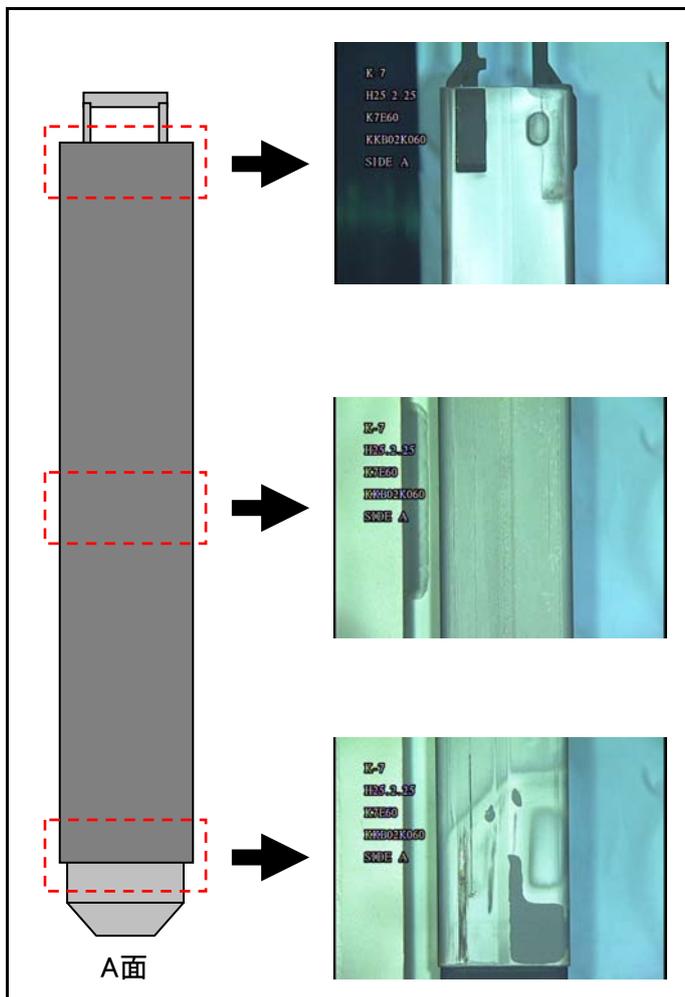


【D面】 欠損部長さ: 約13mm



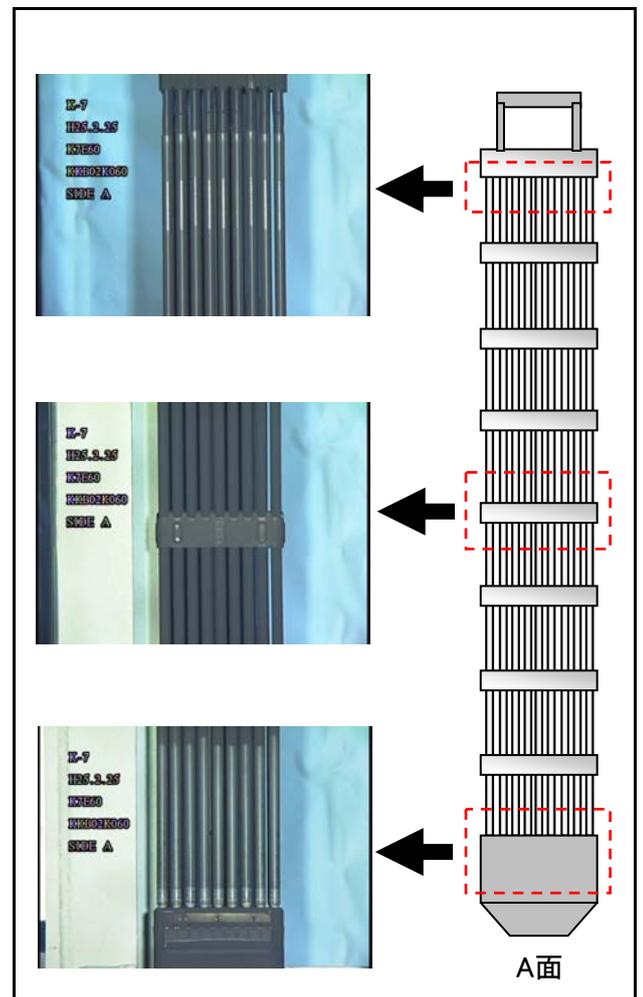
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

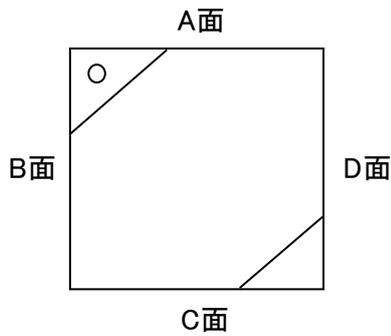
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB02K073
燃料集合体番号	K7E73

チャンネルボックス欠損状況

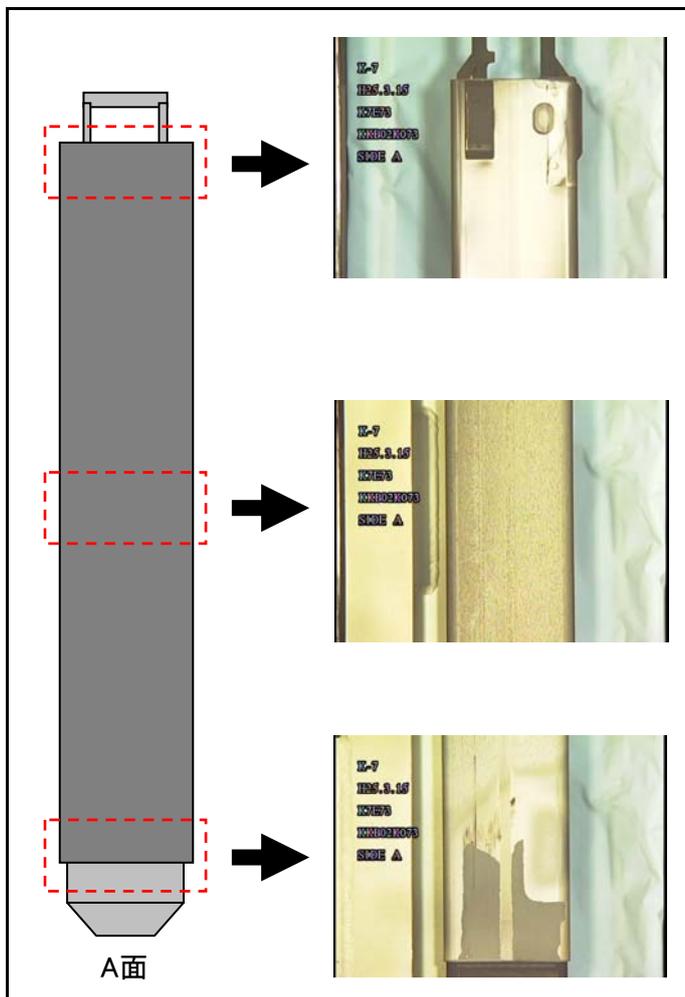


【D面】 欠損部長さ: 約9mm



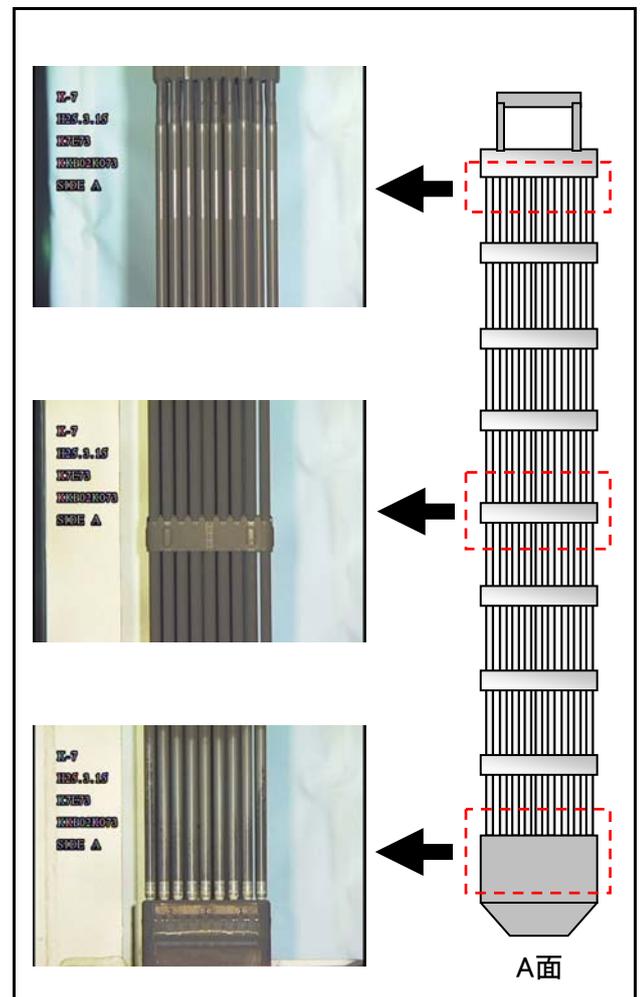
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

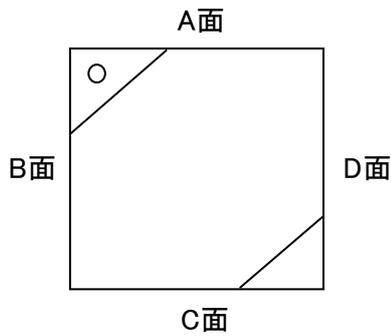
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB02K114
燃料集合体番号	K7E114

チャンネルボックス欠損状況

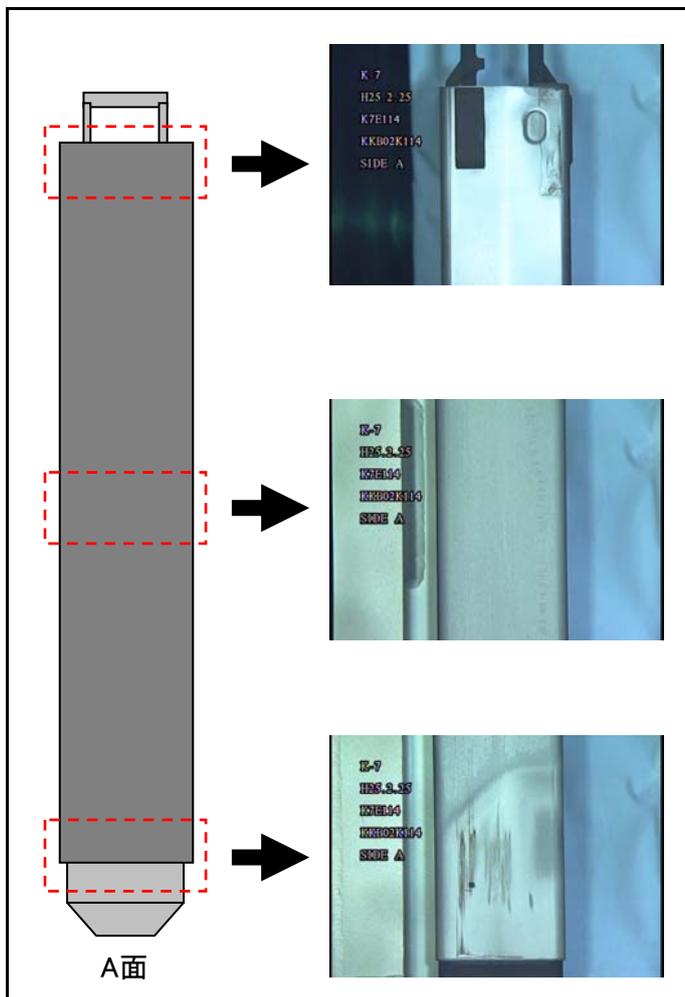


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



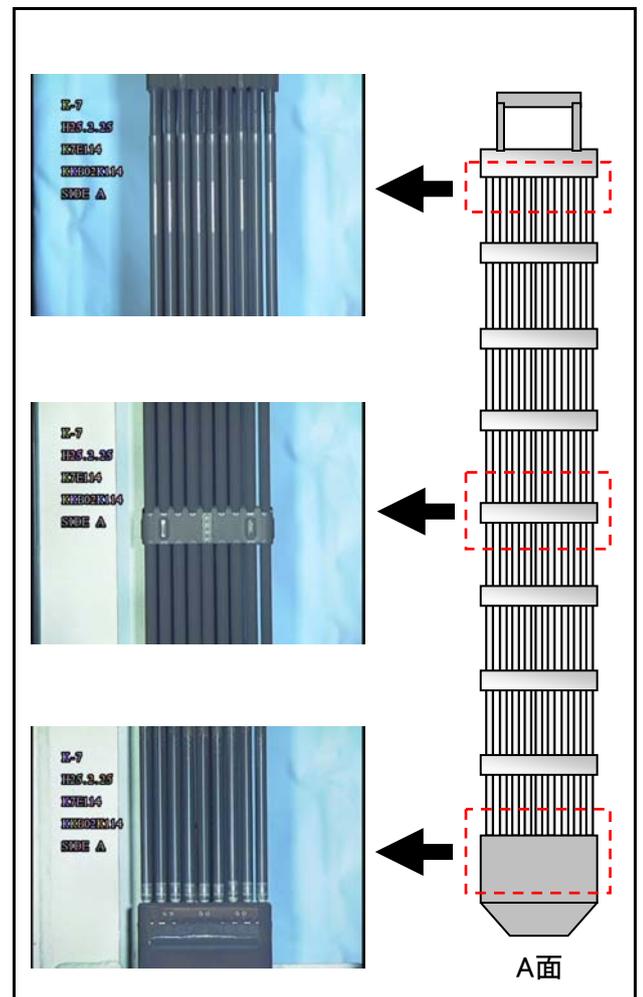
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

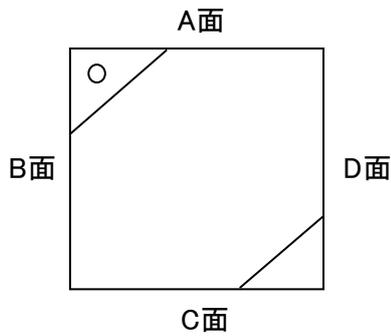
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB02K144
燃料集合体番号	K7E144

チャンネルボックス欠損状況

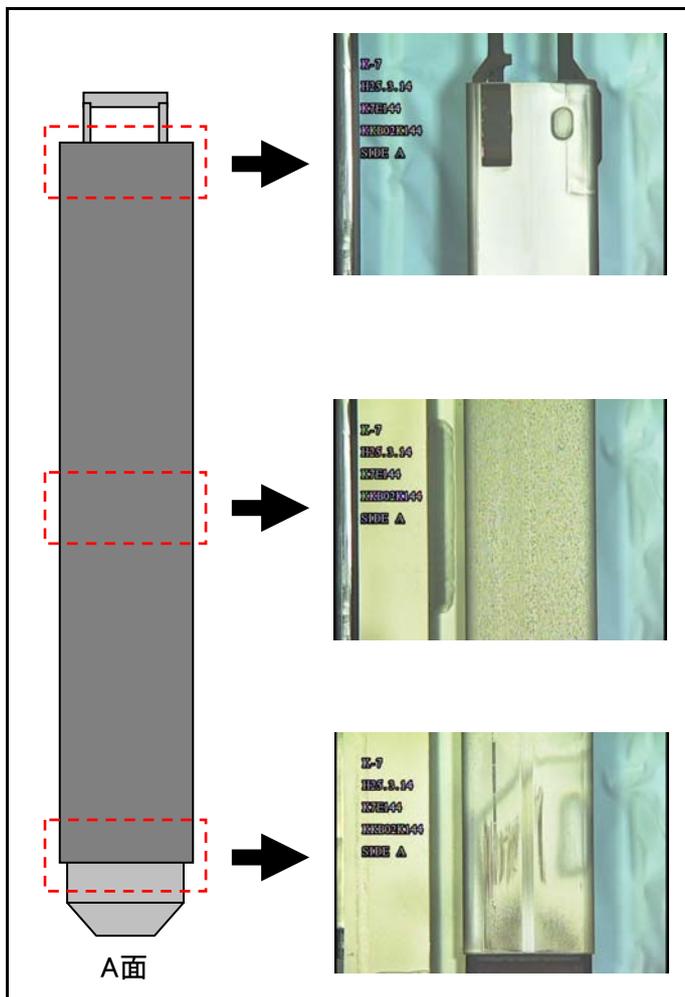


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



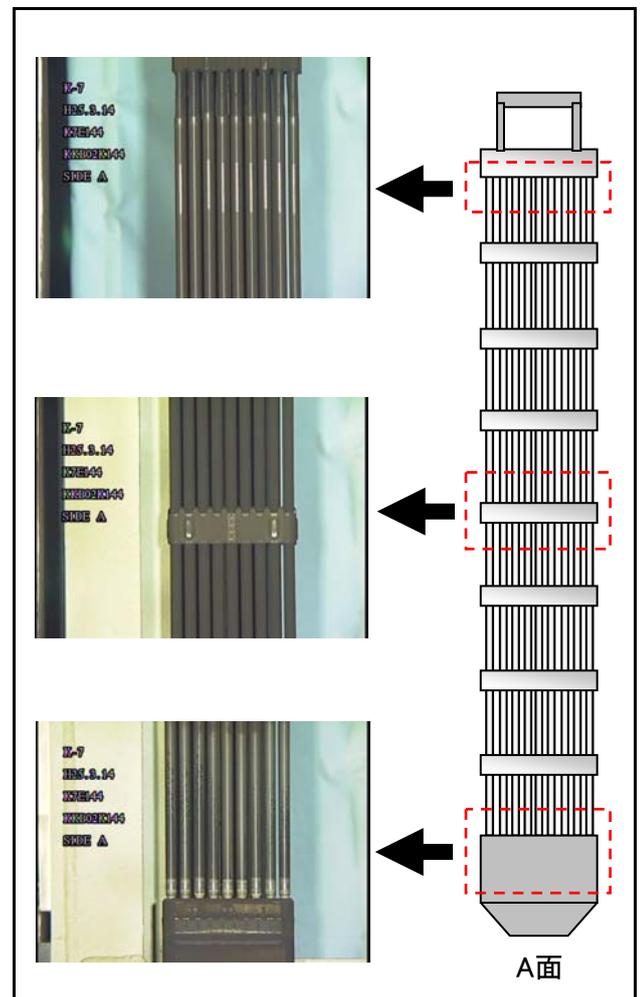
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

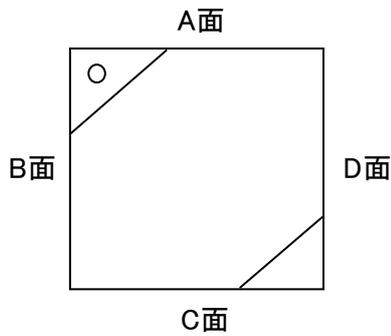
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB02K162
燃料集合体番号	K7E162

チャンネルボックス欠損状況

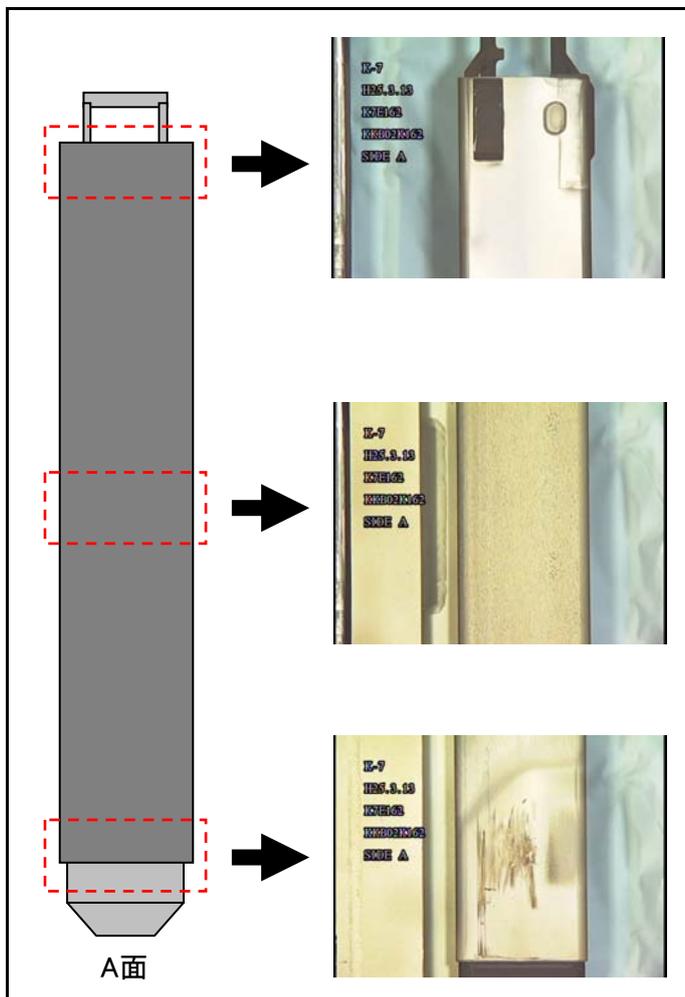


【D面】 欠損部長さ: 約9mm



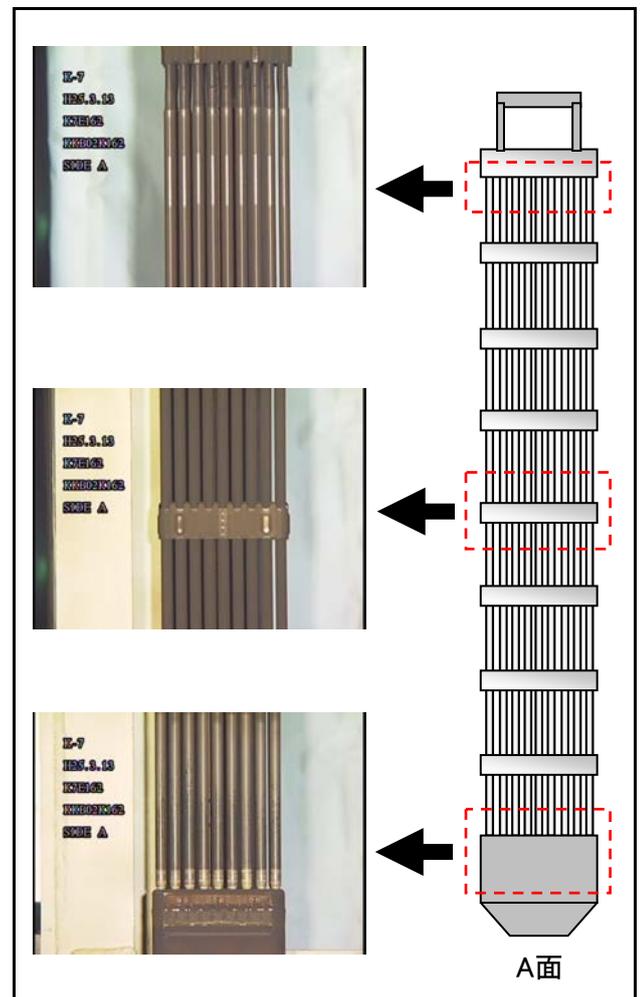
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

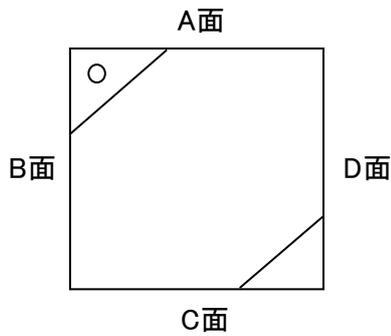
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB05K019
燃料集合体番号	K7G19

チャンネルボックス欠損状況

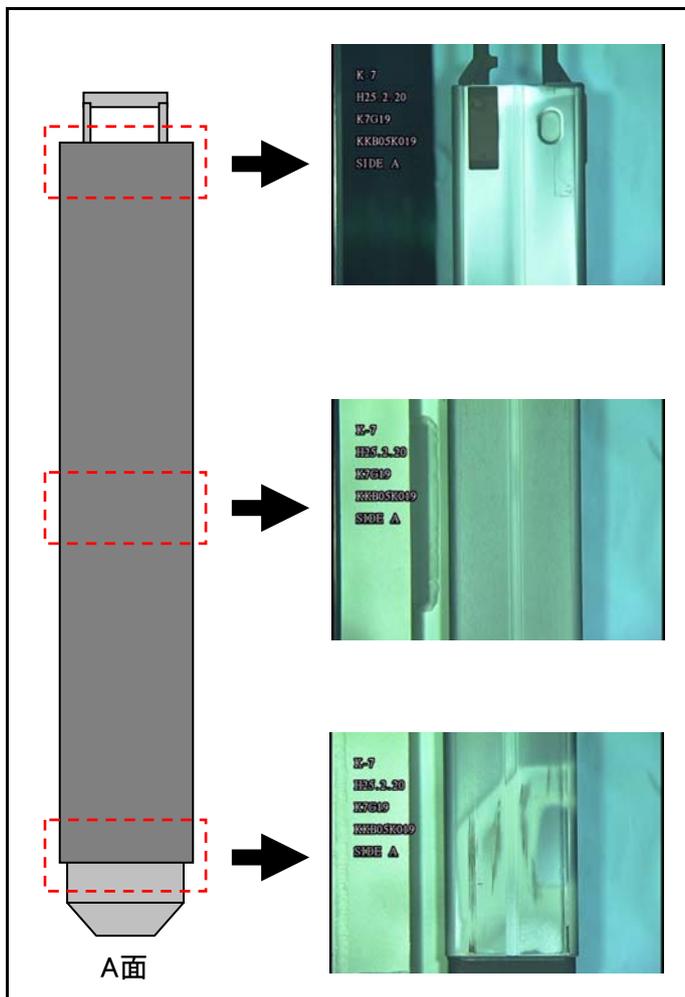


【D面】 欠損部長さ: 約15mm



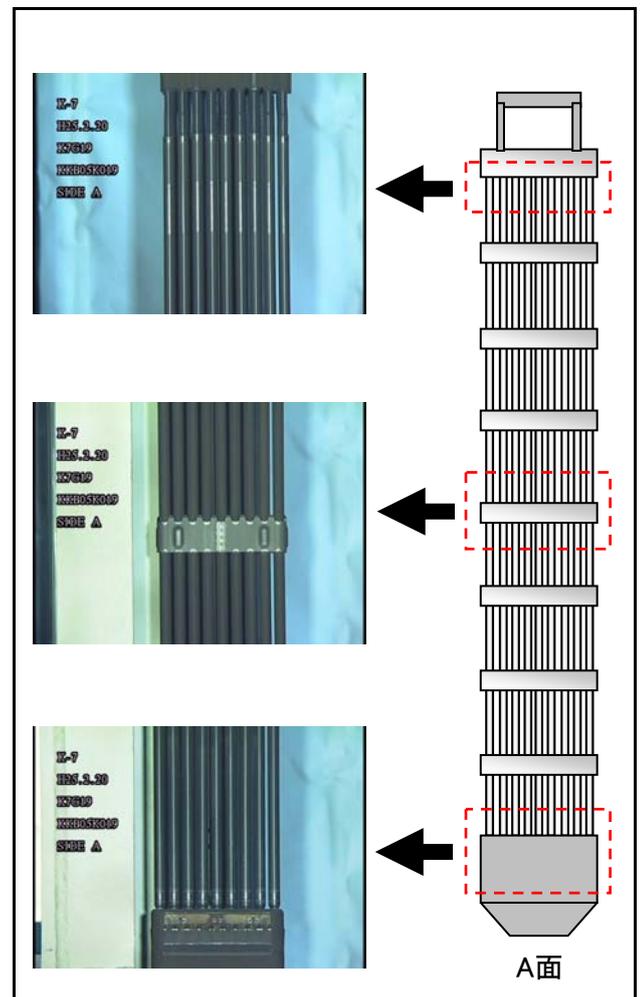
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

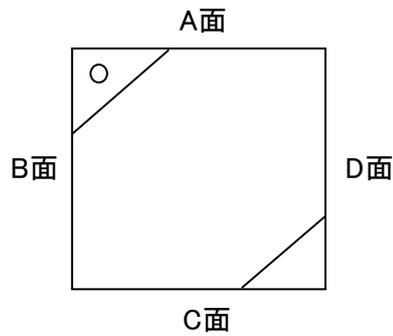
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB05K058
燃料集合体番号	K7G58

チャンネルボックス欠損状況

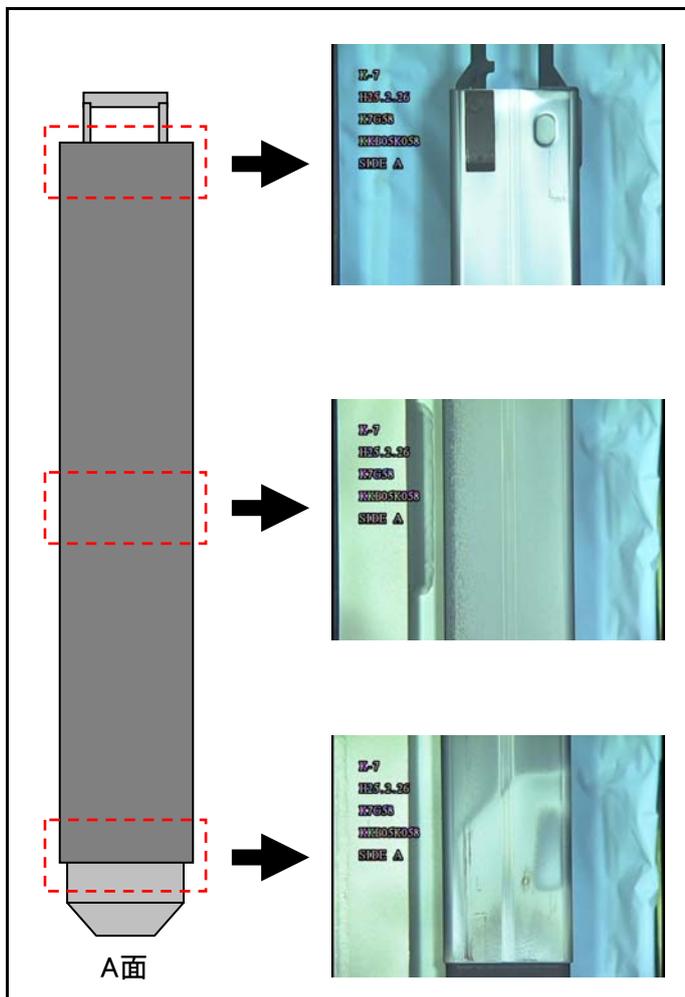


【D面】 欠損部長さ: 約15mm



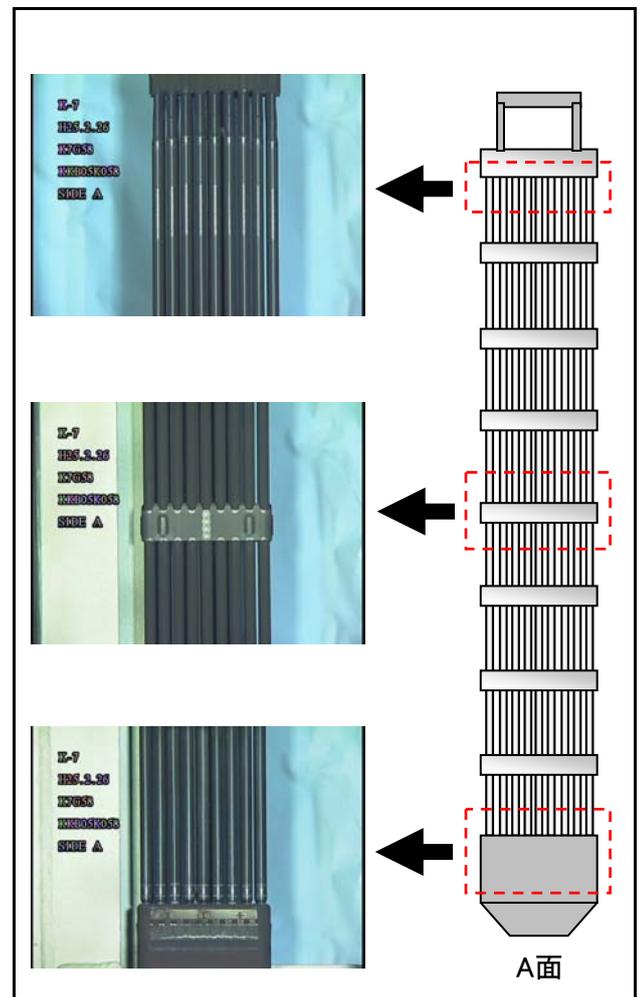
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

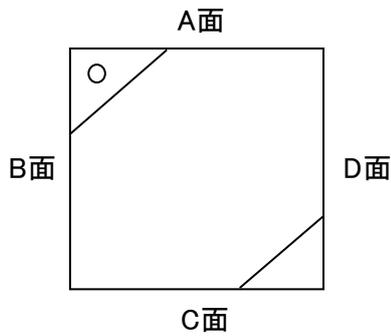
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB05K095
燃料集合体番号	K7G95

チャンネルボックス欠損状況

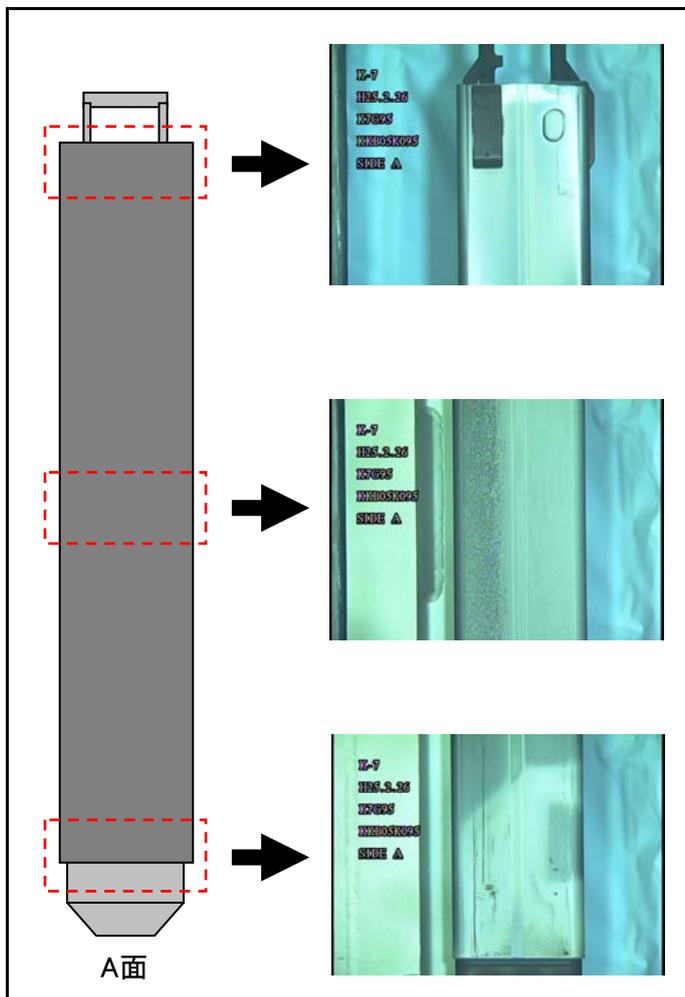


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



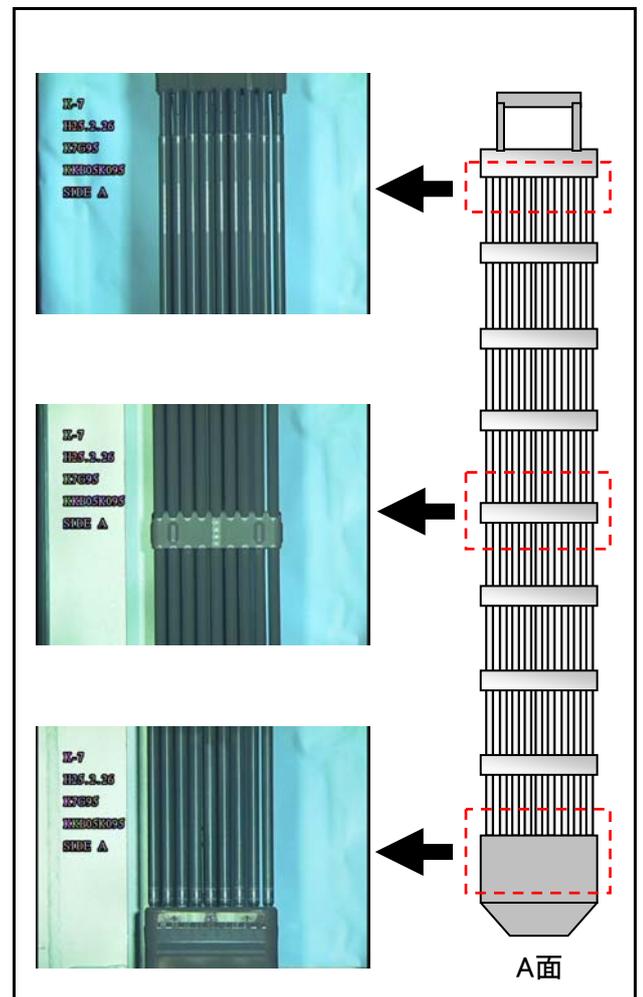
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

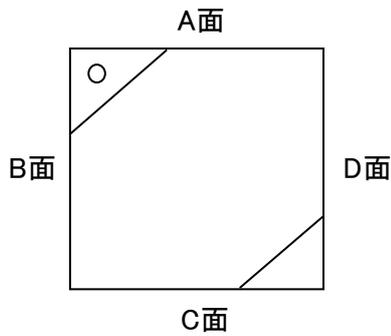
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB05K127
燃料集合体番号	K7G127

チャンネルボックス欠損状況

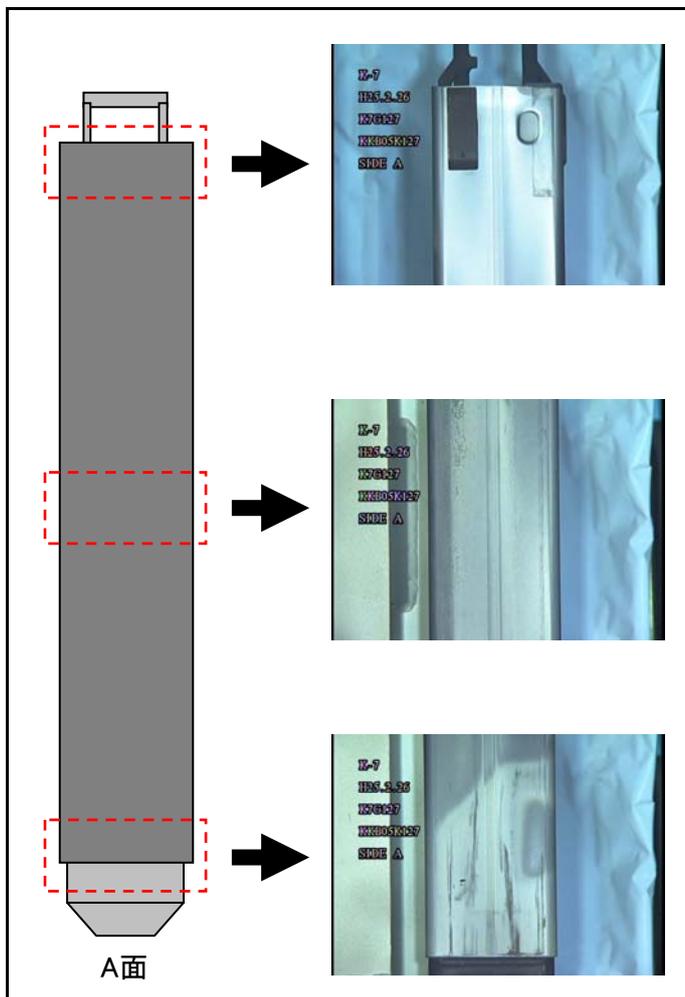


【D面】 欠損部長さ: 約13mm



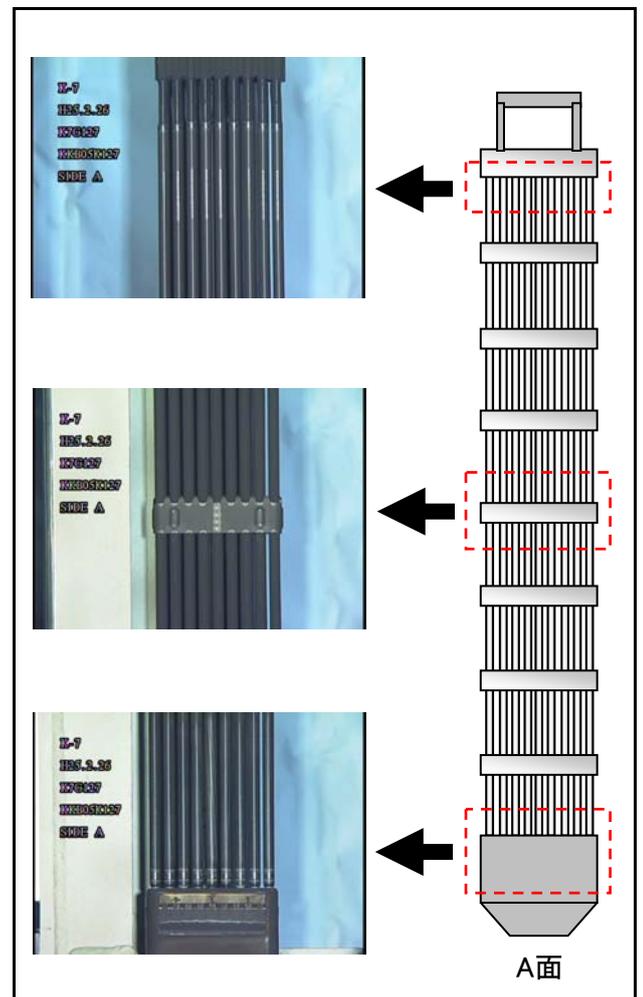
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

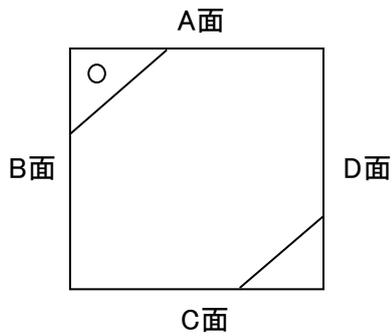
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB05K172
燃料集合体番号	K7G172

チャンネルボックス欠損状況

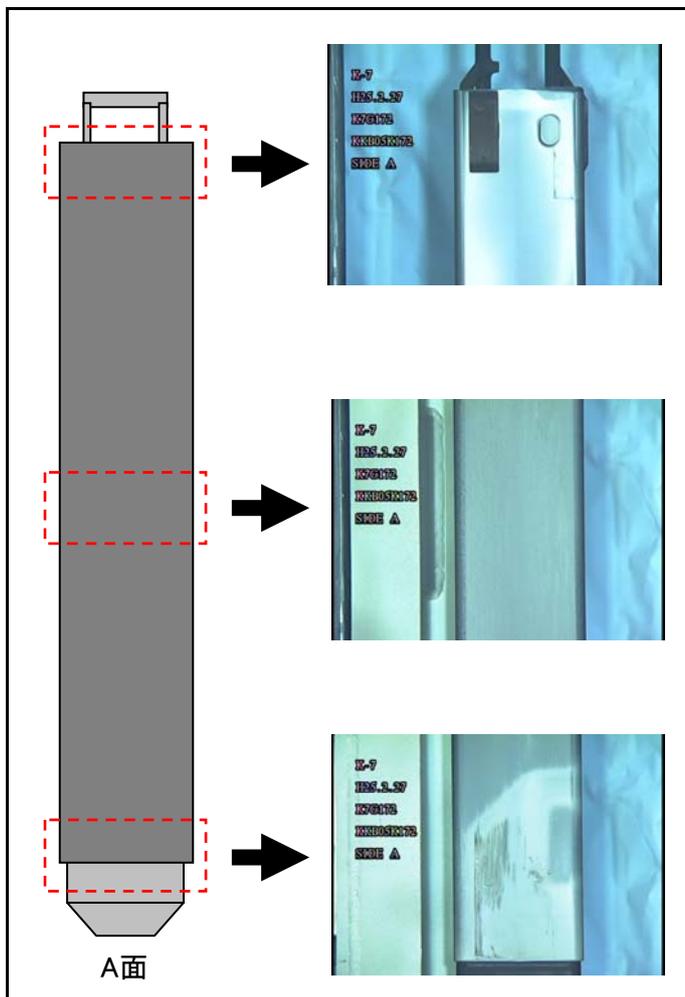


【D面】 欠損部長さ: 約14mm



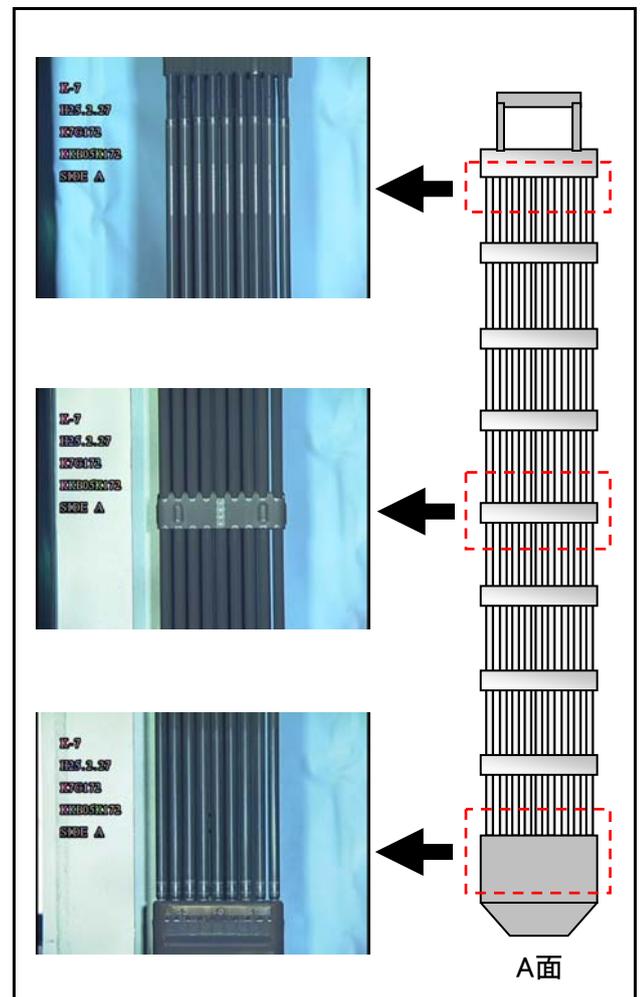
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

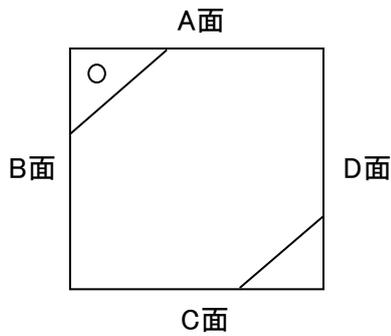
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB07K031
燃料集合体番号	K7HG31

チャンネルボックス欠損状況

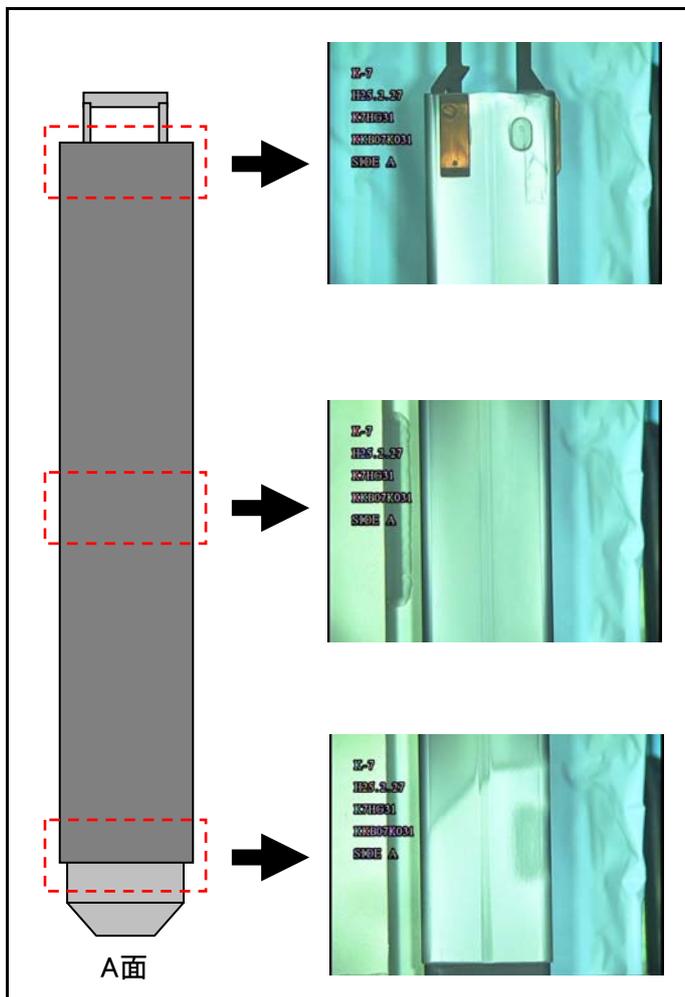


【D面】 欠損部長さ: 約10mm



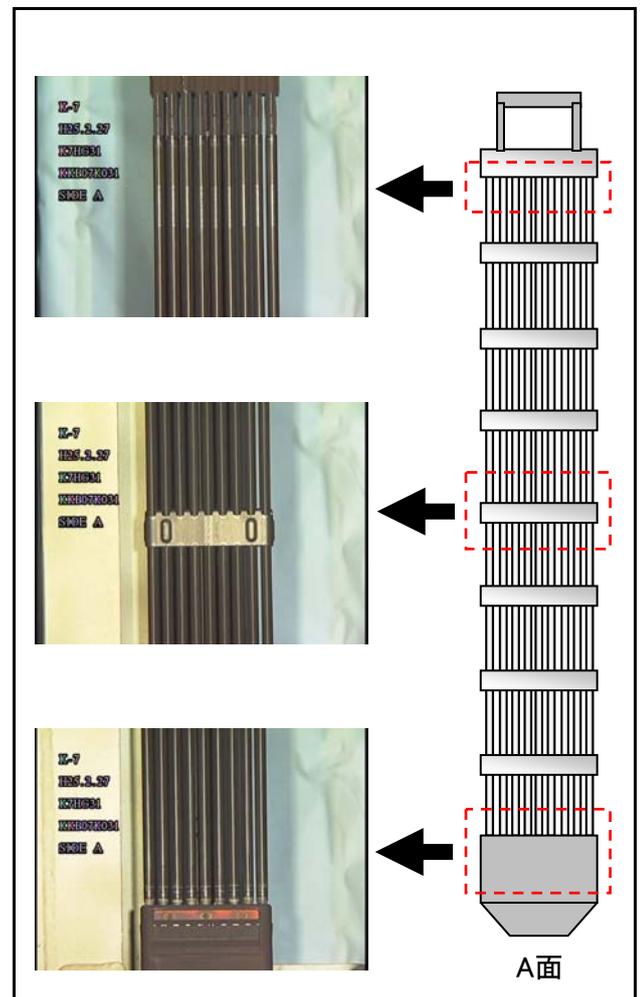
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

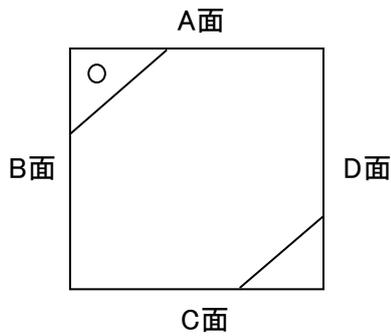
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB07K157
燃料集合体番号	K7HG157

チャンネルボックス欠損状況

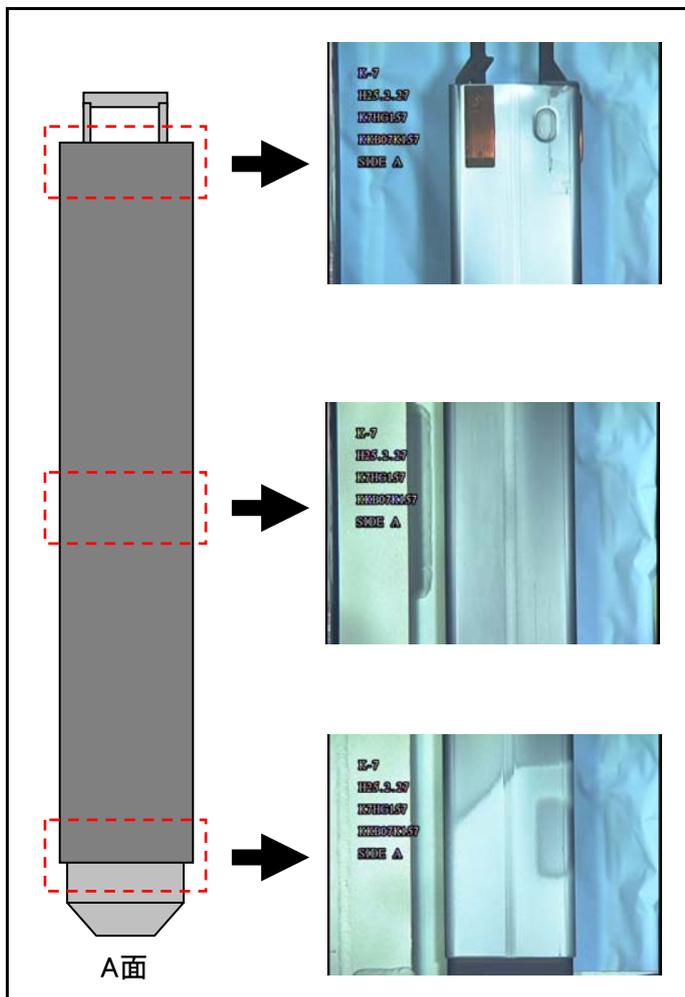


【D面】 欠損部長さ: 約12mm



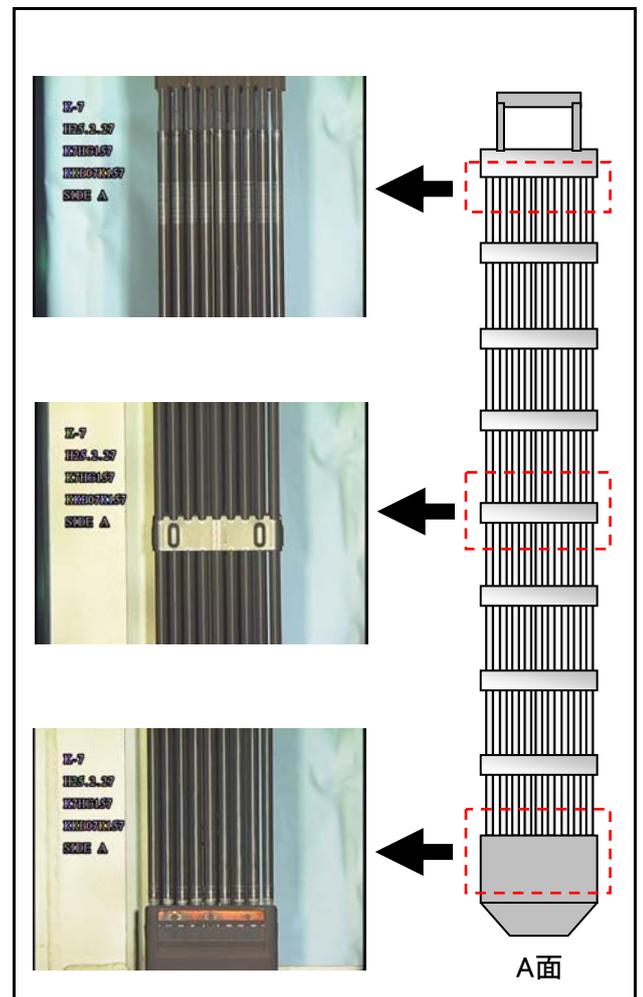
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

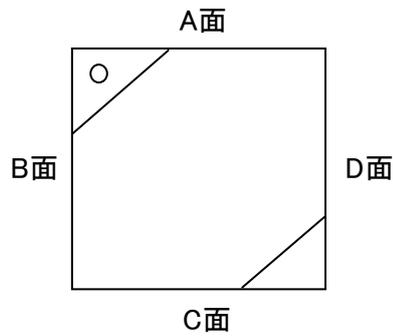
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB07K168
燃料集合体番号	K7HG168

チャンネルボックス欠損状況

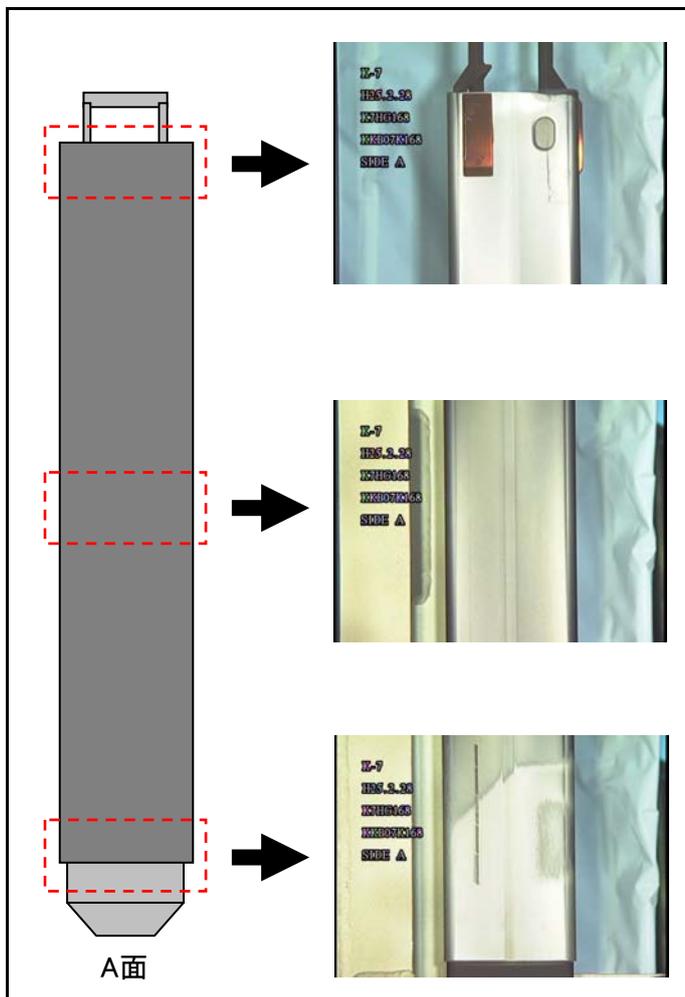


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



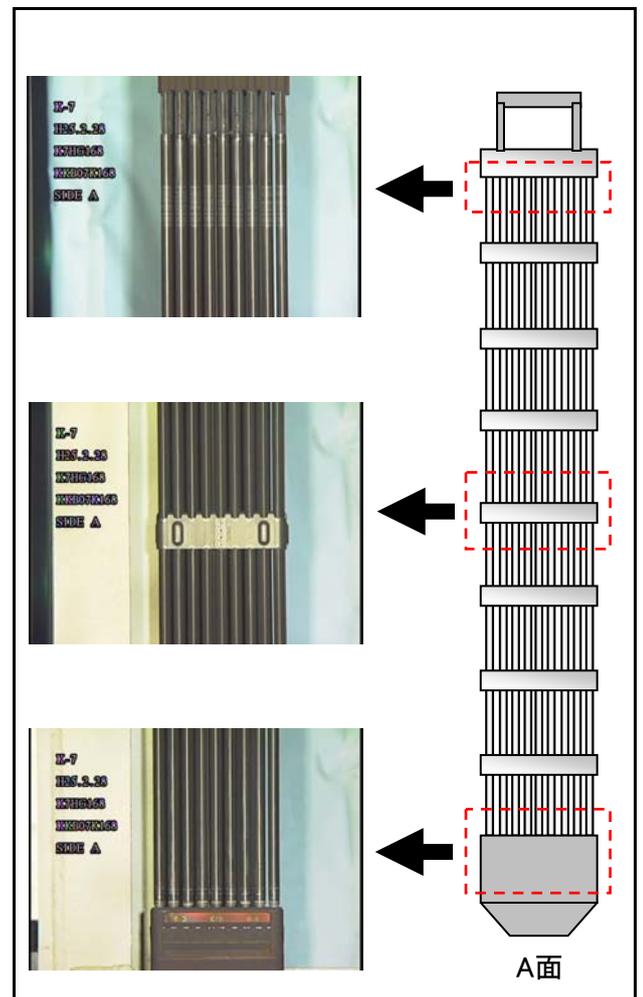
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

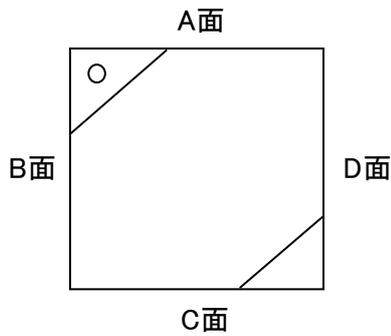
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB07K179
燃料集合体番号	K7HG179

チャンネルボックス欠損状況

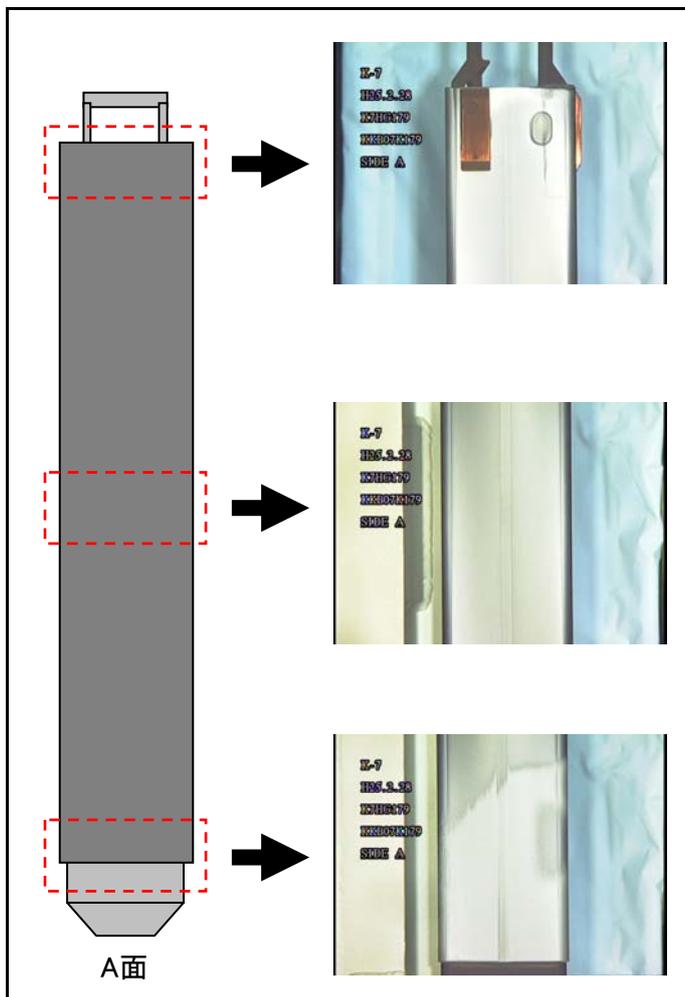


【D面】 欠損部長さ: 約11mm



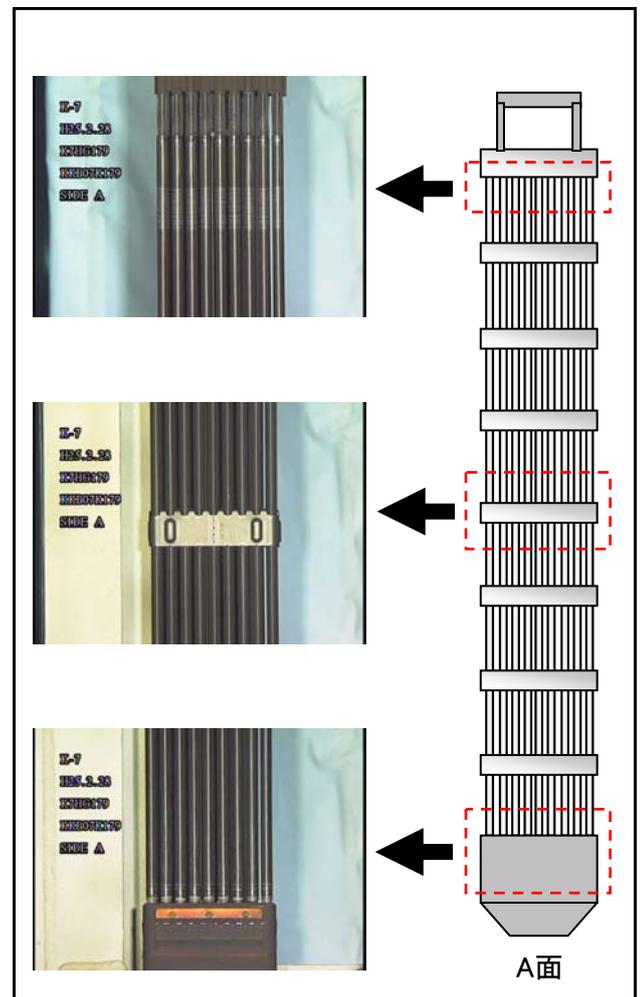
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

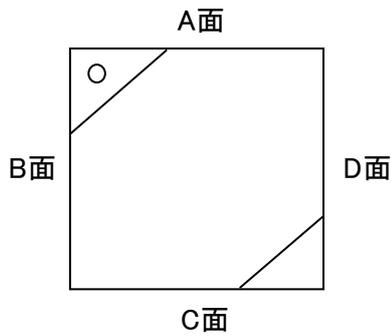
点検結果	異常なし
------	------



## チャンネルボックス及び燃料集合体外観点検結果

チャンネルボックス番号	KKB07K204
燃料集合体番号	K7HG204

チャンネルボックス欠損状況

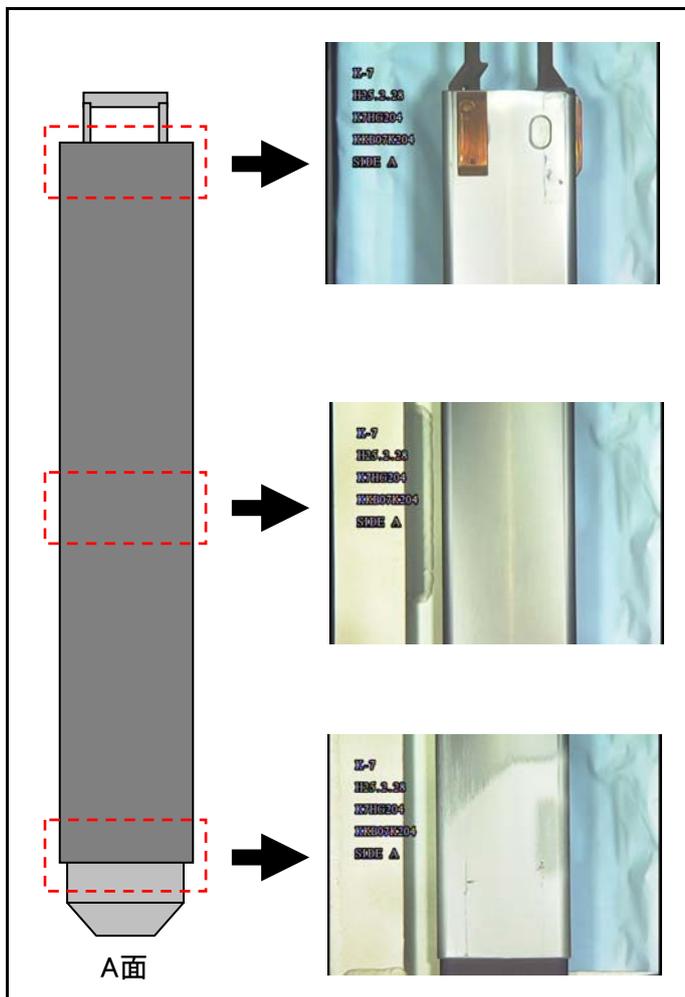


【D面】 欠損部長さ: 約15mm



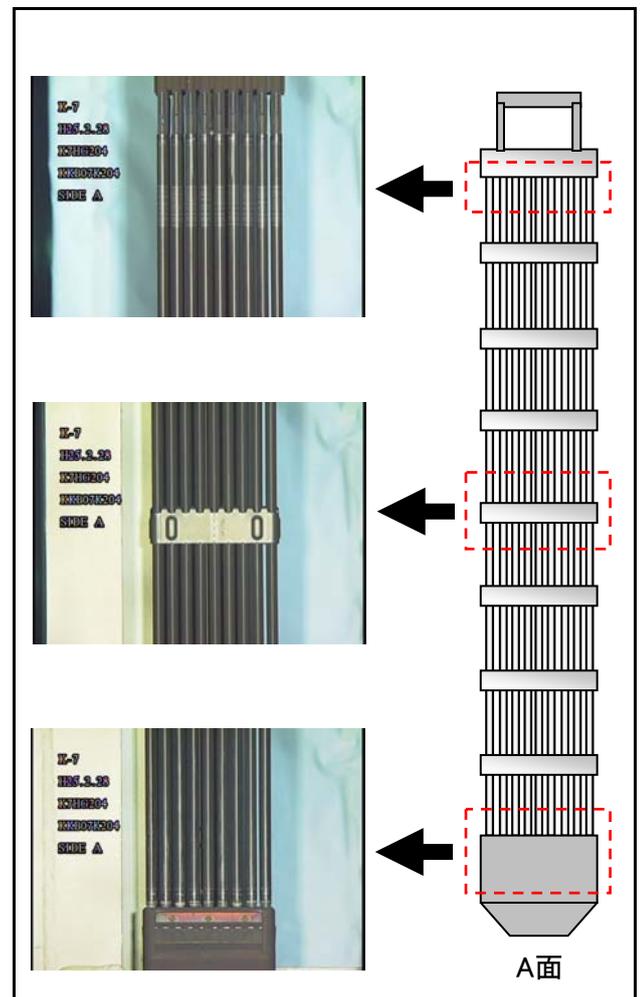
チャンネルボックス外観

点検結果	異常なし
------	------



燃料集合体外観

点検結果	異常なし
------	------

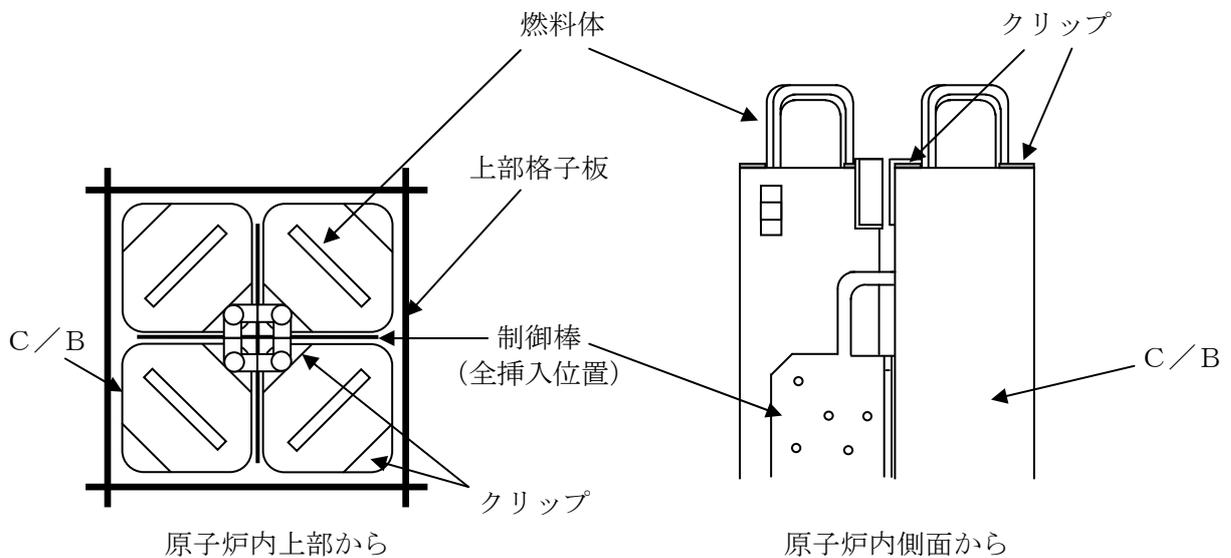


## 原子炉施設への影響評価（C/B機能への影響）

C/Bは、燃料集合体を覆っている四角い筒状のもので、これにより炉心形状を維持させ、燃料集合体内の原子炉冷却材流路を確保する機能および制御棒をガイドする機能等を有している。

今回確認したC/B上部の欠損は、燃料集合体とC/Bを固定するための部位であるとともに、燃料集合体からC/Bを着脱する際に使用する工具を取付けるクリップと呼ばれる部位にある。

欠損部位はC/B上部クリップ接合部に限定されていること、および下図のとおりクリップはC/B上端にあることから、上記C/Bに要求される機能に影響を与えるものではない。



C/B上部クリップと制御棒の位置

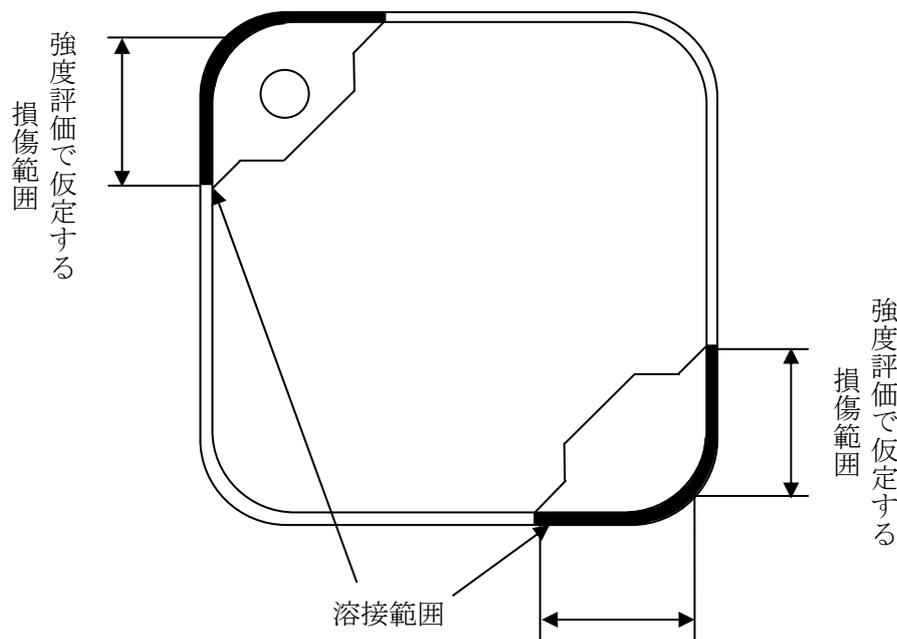
## C/B 上部クリップの機能への影響評価

C/B 上部クリップはC/Bを燃料集合体に固定するための部位であるとともに、C/B着脱用の工具を取付けるための部位である。

今回確認した欠損はC/B上部のクリップ接合部で発生している。欠損部の寸法は大小様々であり、保守的に各クリップとも接合部の溶接長さの半分にわたって欠損しているとの条件でクリップ強度を評価した。

評価の結果、クリップの許容最大荷重は、欠損を確認したC/Bのうち最も溶接長さが短いもの(柏崎刈羽原子力発電所1～5号機9×9燃料用)で約1174 kgであった。

保守的に評価した許容荷重は1000 kg以上であるのに対し、C/B取扱時にC/B上部クリップ部にかかる最大荷重は、燃料集合体とC/Bの合計重量(約300 kg気中重量)に対して十分な余裕があることから、C/B上部クリップの機能への影響はない。



柏崎刈羽原子力発電所1～5号機8×8燃料用C/B : 47.5 mm  
 柏崎刈羽原子力発電所6,7号機8×8燃料用C/B : 46.7 mm  
 柏崎刈羽原子力発電所1～5号機9×9燃料用C/B : 39.1 mm  
 柏崎刈羽原子力発電所6,7号機9×9燃料用C/B : 40.6 mm

- ・本評価は、東芝設計の柏崎刈羽原子力発電所C/Bを対象に実施した。
- ・C/Bの板厚は全て100ミル(2.54mm)であり、許容最大荷重の評価結果は溶接長さが短いものが厳しくなる。

C/B上部クリップ接合部一部欠損発生の要因分析

大分類	小分類	要因	調査項目	調査結果	評価	
C/B上部クリップ接合部一部欠損発生	設計不良	設計不良	設計調査	燃料集合体C/Bの中性子照射による軸方向の伸び差が考慮された全長設計となっており、問題はなかった。	× 本文3.3.1.1	
		製造不良	材料不良	製造記録	製造記録からは製造に起因する問題はなかった。	× 本文3.3.1.2 添付資料-12
			溶接不良	溶接記録 溶接不良要因調査	溶接記録からは溶接不良を示すものはなかった。 ・クリップ接合部(溶接部)の組織観察およびFE-EPMA分析の結果より、針状組織の粗大化と鉄およびクロムの析出を確認した。 ・針状組織の粗大化は溶接時の入熱量により影響を受けるが、他の溶接部と比較してクリップ端部の入熱量が大きいことを確認した。	× 本文3.3.1.2 添付資料-12 本文3.3.2.2 添付資料-15
腐食による損傷		水質環境要因による腐食	水質記録	水質記録から水質に関わる基準値を満足していることを確認した。	× 本文3.3.1.3 添付資料-13	
接触による損傷	炉内構造物	上部格子板との接触	機器の位置関係	1~5号機については、クリップ接合部が上部格子板上面より上部にあるため接触しない。なお、6、7号機については、公称寸法上接触する可能性もあるが、他フランドでも交差を確認していることや次第の形態が1~5号機や他電力で確認されている状況と同様であることから、上部格子板上面との接触により欠損が発生したのではない。	× 本文3.3.1.4 添付資料-14	
		貯蔵ラックとの接触	機器の位置関係	クリップ接合部は使用済燃料貯蔵ラック上面より上部にあるため接触しない。	× 本文3.3.1.4 添付資料-14	
	隣接燃料体・DFまたはDBG	隣接燃料体または貯蔵ラックへの燃料体またはDF移動時の接触および隣接セルへのDBG薬荷時の接触	振れ量 (衝突試験)	上部格子板または貯蔵ラックへ薬荷時の振れ量は種々あり、隣接燃料体へ乗り上げる様な状況にはならないことを確認した。また、仮に接触した場合でもその塑性変形は種々あり、欠損には至らないことを確認した。	× 本文3.3.1.4 添付資料-14	
		燃料交換機燃料つかみ具	機器の位置関係 振れ量	燃料つかみ具は燃料交換機燃料マストと一体のため、クリップ接合部と接触するよう大きな振れは起こらない。	× 本文3.3.1.4 添付資料-14	
	核計装取替	核計装取替時に接触	機器の位置関係	核計装取替時は取替位置周辺の燃料体を専用済燃料プールに取り出しているため、核計装取替時に使用する治具との接触はない。	× 本文3.3.1.4 添付資料-14	
		マウスピースとの接触	機器の位置関係 振れ量	マウスピースは燃料交換機つかみ具に取り付け、燃料つかみ具は燃料交換機マストと一体のため、クリップ接合部と接触するよう大きな振れは起こらない。	× 本文3.3.1.4 添付資料-14	
	地震による損傷	C/Bハンドリング	気中および水中におけるC/B着脱時の接触	作業記録	作業記録から取扱いに起因する問題はなかった。	× 本文3.3.1.4 添付資料-14
			炉内装荷時の地震による損傷	機器の位置関係	柏崎刈羽原子力発電所1~5号機については、クリップ溶接部が上部格子板より上部にあることから、地震により変形または衝突により損傷することはない。6、7号機については、公称寸法上接触する可能性もあるが、平成9年に3、5号機において交差を確認しており、地震の影響とは関係なく本事故が発生することを確認していることから、地震により損傷したのではない。	× 本文3.3.1.5
			使用済燃料プール貯蔵時の地震による損傷	機器の位置関係	クリップ接合部は貯蔵ラック上端より上部にあるため、地震により変形または衝突により損傷することはない。	× 本文3.3.1.5

C/B製造時の材料記録、外観・寸法記録、溶接施工記録確認結果

C/B上部クリップ接合部に一部欠損が生じた原因について、製造欠陥の可能性を調査した。

1. 材料不良

材料不良が原因で欠損が生じた可能性について、欠損を確認したC/Bの製造時の材料記録、外観・寸法記録を確認した結果、要求される仕様を満足していた。

(表1)

2. 溶接不良

溶接不良が原因で欠損が生じた可能性について、欠損を確認したC/Bの溶接施工記録を確認した結果、要求される仕様を満足していた。(表2)

なお、柏崎刈羽原子力発電所3号機 ABB ATOM 製C/B13本(平成4年購入)および Car Tech 製C/B5本(平成7年購入)の溶接記録は現在保存されておらず、確認できなかった。

表 1 C / B 製造記録まとめ

柏崎刈羽原子力発電所 1 号機 C / B 製造記録確認結果

C / B パッチ 番号	化学組成	機械的特性	顕微鏡組織	耐食試験 (400℃)	曲げ特性	ロックウェ ル硬さ	寸法検査	外観検査	腐食試験 (500℃)	機械的特性 (302℃)
KKR01K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKR06K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良

柏崎刈羽原子力発電所 2 号機 C / B 製造記録確認結果

C / B パッチ 番号	化学組成	機械的特性	顕微鏡組織	耐食試験 (400℃)	曲げ特性	ロックウェ ル硬さ	寸法検査	外観検査	腐食試験 (500℃)	機械的特性 (302℃)
S98K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKS00K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKS01K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKS02K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良

柏崎刈羽原子力発電所 3 号機 C / B 製造記録確認結果

C / B パッチ 番号	化学組成	機械的特性	顕微鏡組織	耐食試験 (400℃)	曲げ特性	ロックウェ ル硬さ	寸法検査	外観検査	腐食試験 (500℃)	機械的特性 (302℃)
T92A	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
T95C	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKT01K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良

柏崎刈羽原子力発電所 5 号機 C / B 製造記録確認結果

C / B パッチ 番号	化学組成	機械的特性	顕微鏡組織	耐食試験 (400℃)	曲げ特性	ロックウェ ル硬さ	寸法検査	外観検査	腐食試験 (500℃)	機械的特性 (※1)
V89H	良	良	良	良	良	良	良	良	—※2	良
V98K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKV02K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKV06K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良

※1 288℃または302℃

※2 仕様要求なし

柏崎刈羽原子力発電所6号機 C/B製造記録確認結果

C/Bバッチ番号	化学組成	機械的特性	顕微鏡組織	耐食試験(400℃)	曲げ特性	ロックウェル硬度	寸法検査	外觀検査	腐食試験(500℃)	機械的特性(302℃)
A98K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKKA05K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKKA06K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良

柏崎刈羽原子力発電所7号機 C/B製造記録確認結果

C/Bバッチ番号	化学組成	機械的特性	顕微鏡組織	耐食試験(400℃)	曲げ特性	ロックウェル硬度	寸法検査	外觀検査	腐食試験(500℃)	機械的特性(302℃)
B98K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKB00K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKB01K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKB02K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKB05K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良
KKB07K	良	良	良	良	良	良	良	良	良	良

表 2 C/B 溶接記録まとめ

柏崎刈羽原子力発電所 1 号機 C/B 溶接記録確認結果

C/B バッチ番号	電流※1	電圧※1	アルゴン流量※1
KKR01K	良	良	良
KKR06K	良	良	良

柏崎刈羽原子力発電所 6 号機 C/B 溶接記録確認結果

C/B バッチ番号	電流※1	電圧※1	アルゴン流量※1
A98K	良	良	良
KKA05K	良	良	良
KKA06K	良	良	良

柏崎刈羽原子力発電所 2 号機 C/B 溶接記録確認結果

C/B バッチ番号	電流※1	電圧※1	アルゴン流量※1
S98K	良	良	良
KKS00K	良	良	良
KKS01K	良	良	良
KKS02K	良	良	良

柏崎刈羽原子力発電所 3 号機 C/B 溶接記録確認結果

C/B バッチ番号	電流※1	電圧※1	アルゴン流量※1
T92A	—※2	—※2	—※2
T95C	—※2	—※2	—※2
KKT01K	良	良	良

柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 C/B 溶接記録確認結果

C/B バッチ番号	電流※1	電圧※1	アルゴン流量※1
B98K	良	良	良
KKB00K	良	良	良
KKB01K	良	良	良
KKB02K	良	良	良
KKB05K	良	良	良
KKB07K	良	良	良

柏崎刈羽原子力発電所 5 号機 C/B 溶接記録確認結果

C/B バッチ番号	電流※1	電圧※1	アルゴン流量※1
V89H	良	—※3	良
V98K	良	良	良
KKV02K	良	良	良
KKV06K	良	良	良

※1 溶接に係る条件として確認する項目

※2 納入者により記録が残っていないことを確認 (T92A: ABB ATOM製、T95C: Car Tech製)

※3 電圧に関しては確認項目とはせず、溶接速度で管理 (溶接速度: 良)

## 原子炉および使用済燃料プール水質記録調査結果

水質環境の変化による腐食に伴い、チャンネルボックス上部クリップ接合部に欠損が生じた可能性について、原子炉冷却材および使用済燃料プール水の水質記録を調査した。その結果、調査期間（チャンネルボックス上部クリップ接合部に欠損または欠損の可能性があると評価したチャンネルボックスを、炉内に装荷または使用済燃料プールに貯蔵していた期間）において、水質に係わる基準値を満足していることを確認した。

### 柏崎刈羽第1号機

調査期間※1		原子炉冷却材				使用済燃料プール水			
調査期間※1		第14サイクル ～ 第16サイクル		第13回定期検査 ～ 平成25年7月31日		調査期間※2		第13回定期検査 ～ 平成25年7月31日	
調査項目	パラメータ	基準値 (保安規定)	実績	確認結果	パラメータ	基準値※3	実績	確認結果	
	導電率	≤ 1 μS/cm	≤ 0.52 μS/cm	良	導電率	≤ 3 μS/cm	≤ 1.07 μS/cm	良	
	pH	5.6～8.6	5.9～7.1		pH	5.3～7.5	5.4～6.4		
	塩素イオン	≤ 100 ppb	≤ 0.7 ppb		塩素イオン	≤ 500 ppb	≤ 20 ppb		

※1：当該欠損または欠損の可能性があると評価したチャンネルボックスを炉内に装荷していた期間（原子炉起動・停止を除く）を示す。

※2：当該欠損または欠損の可能性があると評価したチャンネルボックスを炉内に装荷する直前の定期検査からの期間を示す。

※3：系統設計仕様書記載基準値

柏崎刈羽第2号機

原子炉冷却材			使用済燃料プール水		
調査期間※1	第8サイクル ~ 第13サイクル		調査期間※2	第7回定期検査 ~ 平成25年7月31日	
調査項目	パラメータ	基準値 (保安規定)	実績	パラメータ	基準値※3
	導電率	≤1 μS/cm	≤0.14 μS/cm	導電率	≤3 μS/cm
	pH	5.6~8.6	6.4~7.5	pH	5.3~7.5
	塩素イオン	≤100 ppb	≤20 ppb	塩素イオン	≤500 ppb
		確認結果		実績	確認結果
		良		≤1.79 μS/cm	良
				5.3~6.6	
				≤113 ppb	

柏崎刈羽第3号機

原子炉冷却材			使用済燃料プール水		
調査期間※1	試運転 ~ 第10サイクル		調査期間※4	第1回定期検査 ~ 平成25年7月31日	
調査項目	パラメータ	基準値 (保安規定)	実績	パラメータ	基準値※3
	導電率	≤1 μS/cm	≤0.85 μS/cm	導電率	≤3 μS/cm
	pH	5.6~8.6	5.7~7.7	pH	5.3~7.5
	塩素イオン	≤100 ppb	≤20 ppb	塩素イオン	≤500 ppb
		確認結果		実績	確認結果
		良		≤1.52 μS/cm	良
				5.4~6.6	
				≤43.4 ppb	

※1：当該欠損または欠損の可能性があると評価したチャンネルボックスを炉内に装荷していた期間（原子炉起動・停止を除く）を示す。

※2：当該欠損または欠損の可能性があると評価したチャンネルボックスを炉内に装荷する直前の定期検査からの期間を示す。

※3：系統設計仕様書記載基準値

※4：当該欠損または欠損の可能性があると評価したチャンネルボックスを炉内に装荷した直後の定期検査からの期間を示す。

柏崎刈羽第5号機

原子炉冷却材			使用済燃料プール水				
調査期間※1	試運転 ～ 第13サイクル		調査期間※4	第1回定期検査 ～ 平成25年7月31日			
調査項目	パラメータ	基準値 (保安規定)	確認結果	パラメータ	基準値※3	実績	確認結果
	導電率	≤1 μS/cm		導電率	≤2 μS/cm	≤1.05 μS/cm	
	pH	5.6～8.6		pH	5.3～7.5	5.4～6.5	
	塩素イオン	≤100 ppb		塩素イオン	≤500 ppb	≤20 ppb	

柏崎刈羽第6号機

原子炉冷却材			使用済燃料プール水				
調査期間※1	第3サイクル ～ 第10サイクル		調査期間※2	第2回定期検査 ～ 平成25年7月31日			
調査項目	パラメータ	基準値 (保安規定)	確認結果	パラメータ	基準値※3	実績	確認結果
	導電率	≤1 μS/cm		導電率	≤2 μS/cm	≤1.09 μS/cm	
	pH	5.6～8.6		pH	5.3～7.5	5.5～6.4	
	塩素イオン	≤100 ppb		塩素イオン	≤100 ppb	≤21 ppb	

※1：当該欠損または欠損の可能性があると評価したチャンネルボックスを炉内に装荷していた期間（原子炉起動・停止を除く）を示す。

※2：当該欠損または欠損の可能性があると評価したチャンネルボックスを炉内に装荷する直前の定期検査からの期間を示す。

※3：系統設計仕様書記載基準値

※4：当該欠損または欠損の可能性があると評価したチャンネルボックスを炉内に装荷した直後の定期検査からの期間を示す。

柏崎刈羽第7号機

原子炉冷却材			使用済燃料プール水			
調査期間※1	第3サイクル ~ 第10サイクル		第2回定期検査 ~ 平成25年7月31日		確認結果	
調査項目	パラメータ	基準値 (保安規定)	実績	確認結果	実績	
	導電率	≤ 1 μS/cm	≤ 0.23 μS/cm	良		≤ 0.96 μS/cm
	pH	5.6~8.6	6.2~7.4			5.4~6.3
	塩素イオン	≤ 100 ppb	≤ 20 ppb			≤ 20 ppb
調査項目	調査期間※2		パラメータ	基準値※3	実績	
			導電率	≤ 2 μS/cm		
			pH	5.3~7.5		
			塩素イオン	≤ 100 ppb		

※1：当該欠損または欠損の可能性があると評価したチャンネルボックスを炉内に装荷していた期間（原子炉起動・停止を除く）を示す。

※2：当該欠損または欠損の可能性があると評価したチャンネルボックスを炉内に装荷する直前の定期検査からの期間を示す。

※3：系統設計仕様書記載基準値

## 構造物等との接触に関する調査結果について

C/Bが燃料体または炉内構造物等と接触することでC/B上部クリップ接合部に欠損が生じた可能性について調査した。

### (1) 炉内構造物との接触

燃料体の移動中、上部格子板との接触により、C/B上部クリップ接合部に欠損が生じた可能性について調査した。

その結果、1～5号機については、C/B上部クリップ接合部は上部格子板上面より約21～37mm上部にあり、燃料移動によりC/B上部クリップ接合部と上部格子板は接触しないことを確認した。(図1)

なお、6,7号機については、C/B上部クリップ接合部は上部格子板上面より約0～7mm上部にあり、公称寸法上接触する可能性もあるが、他のプラントでも欠損を確認していることや、欠損の形態が1～5号機や他電力で確認されている状況と同様であることなどから、上部格子板との接触により欠損が発生したものではないと思われる。(図2)

### (2) 使用済燃料プール内構造物との接触

燃料体の移動中、使用済燃料プール貯蔵ラック（以下「貯蔵ラック」という）との接触により、C/B上部クリップ接合部に欠損が生じた可能性について調査した。

その結果、C/B上部クリップ接合部は貯蔵ラック上面より約4～29mm上部にあり、燃料移動によりC/B上部クリップ接合部と貯蔵ラックは接触しないことを確認した。(図3)

### (3) 移動中の燃料体・模擬燃料体またはダブルブレードガイドとの接触

移動中の燃料体・模擬燃料体<sup>\*1</sup>（以下「DF」という）またはダブルブレードガイド<sup>\*2</sup>（以下「DBG」という）が原子炉内に装荷された燃料体または貯蔵ラックに装荷された燃料体と接触することにより、C/B上部クリップ接合部に欠損が生じた可能性について調査した。

移動中の燃料体・DFまたはDBGにてC/B上部クリップ接合部に欠損が生じる要因として、原子炉内への装荷または貯蔵ラックへの装荷の際に、移動に伴って生じる振れ量の観点と、実際に接触した場合の接触状況の観点で確認を行った。

なお、本調査結果は東北電力株式会社で実施した模擬試験の結果に関する情報提供に基づき報告するものである。

## a. DFを用いた燃料体振れ量測定

原子炉内への装荷または貯蔵ラックへの装荷の際に、移動に伴って生じる振れ量が大きい場合、燃料体の下部の三つ又部が装荷位置の隣接燃料体のC/B上部クリップ接合部に衝突する可能性がある。そこで、DFを用いて、想定される36通りの運転状況を再現し、その時の振れ量を確認した。

その結果、DFを貯蔵ラックへ装荷する際にわずかに下部タイプレートテーパ部が接触する状況は確認されたが、三つ又部が隣接燃料体へ乗り上げる様な状況にはならないことを確認した。

## b. 衝突試験

振れ量測定の結果、原子炉内への装荷または貯蔵ラックへの装荷の際に装荷位置の隣接燃料体のC/B上部クリップ接合部に衝突するような状況は確認されなかった。ここでは、念のため、DFにより、衝突を模擬したときの接触状況を確認した。

衝突試験の結果、ひずみ測定によりわずかな塑性変形を確認したものの、欠損は生じなかった。

以上により、C/B上部クリップ接合部の欠損は移動中の燃料体・DFまたはDBGの接触により発生したものではないことを確認した。(図4)

※1：燃料体の形状・重量を模擬したもので、燃料交換機の点検または原子炉内において燃料体の代わりとなり仮置き出来る構造を持っている。

※2：燃料体2体が1つのハンドルで結合された形状を模擬したもので、燃料体のないセルに制御棒を挿入する際に制御棒の縦方向のガイドとしての役目を持っている。

## (4) 燃料交換機の燃料つかみ具との接触

燃料体と燃料交換機の燃料つかみ具が接触することにより、C/B上部クリップ接合部に欠損が生じた可能性について調査した。

その結果、燃料交換機の燃料つかみ具が本来の位置から十数cm程度横にずれ、そのまま燃料体に着座した場合、燃料交換機の燃料つかみ具がC/B上部クリップ接合部に接触する可能性があるとして評価したが、燃料交換機の燃料つかみ具は燃料交換機のマストと一体となっており、このような大きな振れは起こりえず、C/B上部クリップ接合部と接触することはない。(図5)

## (5) 核計装取替時に使用する治具との接触

核計装取替時に使用する治具が接触したことにより、C/B上部クリップ接合部

に欠損が生じた可能性について調査した。

核計装取替時は核計装取扱治具を原子炉内に挿入して取替作業を行う。その際、取り替える核計装周りの燃料体を取り出して作業しており、かつ核計装取扱治具が適切に核計装を扱っていることを水中カメラで確認している。

従って、核計装取替時に使用する治具がC/B上部クリップ接合部に接触することはない。(図6)

(6) シッピング検査時のシッピング装置（マウスピース）との接触

漏えい燃料を特定するために実施したシッピング検査にて燃料交換機の燃料つかみ具に装着したシッピング装置（マウスピース<sup>※3</sup>）との接触でC/B上部クリップ接合部に欠損が生じた可能性について調査した。

その結果、燃料交換機の燃料つかみ具に装着したマウスピースが本来の位置から十数cm程度横にずれ、そのまま燃料体に着座した場合、マウスピースがC/B上部クリップ接合部に接触する可能性があるとして評価したが、燃料交換機の燃料つかみ具に装着されているマウスピースは、燃料交換機のマストと一体となっており、このような大きな振れは起こりえず、C/B上部クリップ接合部と接触することはない。

※3 シッピング検査（燃料集合体の漏えい孔からわずかに放出される希ガスを検知することで漏えい燃料を特定する作業）時に燃料体から原子炉水とともに希ガスをサンプリングする装置の一部で、燃料交換機の燃料つかみ具に装着させる部品。

(7) C/B ハンドリング時での接触

C/Bハンドリング時にC/B上部クリップ接合部に接触することがある作業としては、新燃料へのC/B装着および水中におけるC/B着脱があることから、これらのC/Bハンドリング時にC/B上部クリップ接合部に欠損が生じた可能性について調査した。その結果、C/B上部クリップ接合部に欠損を確認した162本のC/B着脱時の作業記録に問題となる所見はなかった。

以 上

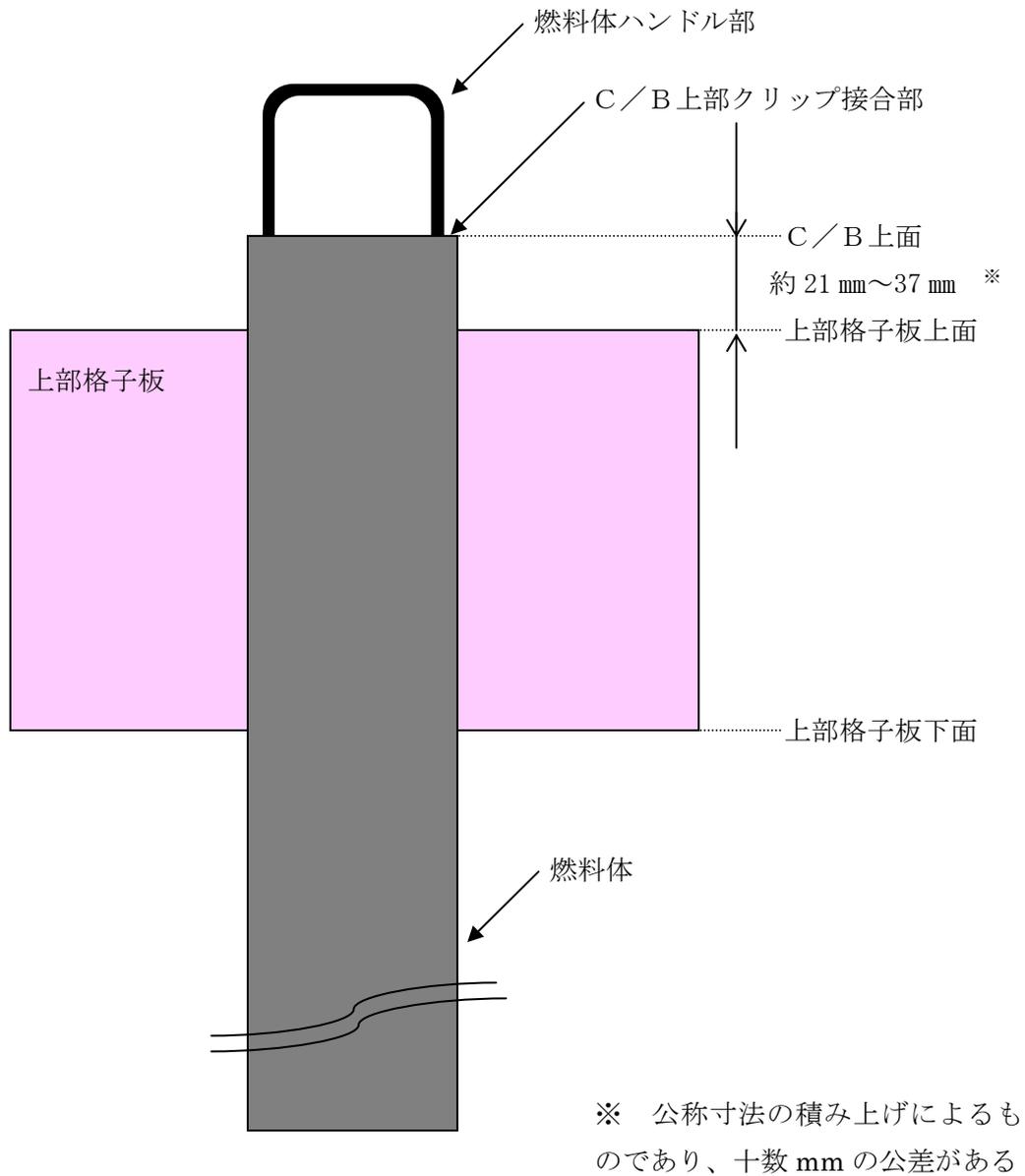


図1 C/B上部クリップ接合部と原子炉内上部格子板の位置関係  
( 柏崎刈羽原子力発電所 1~5 号機 )

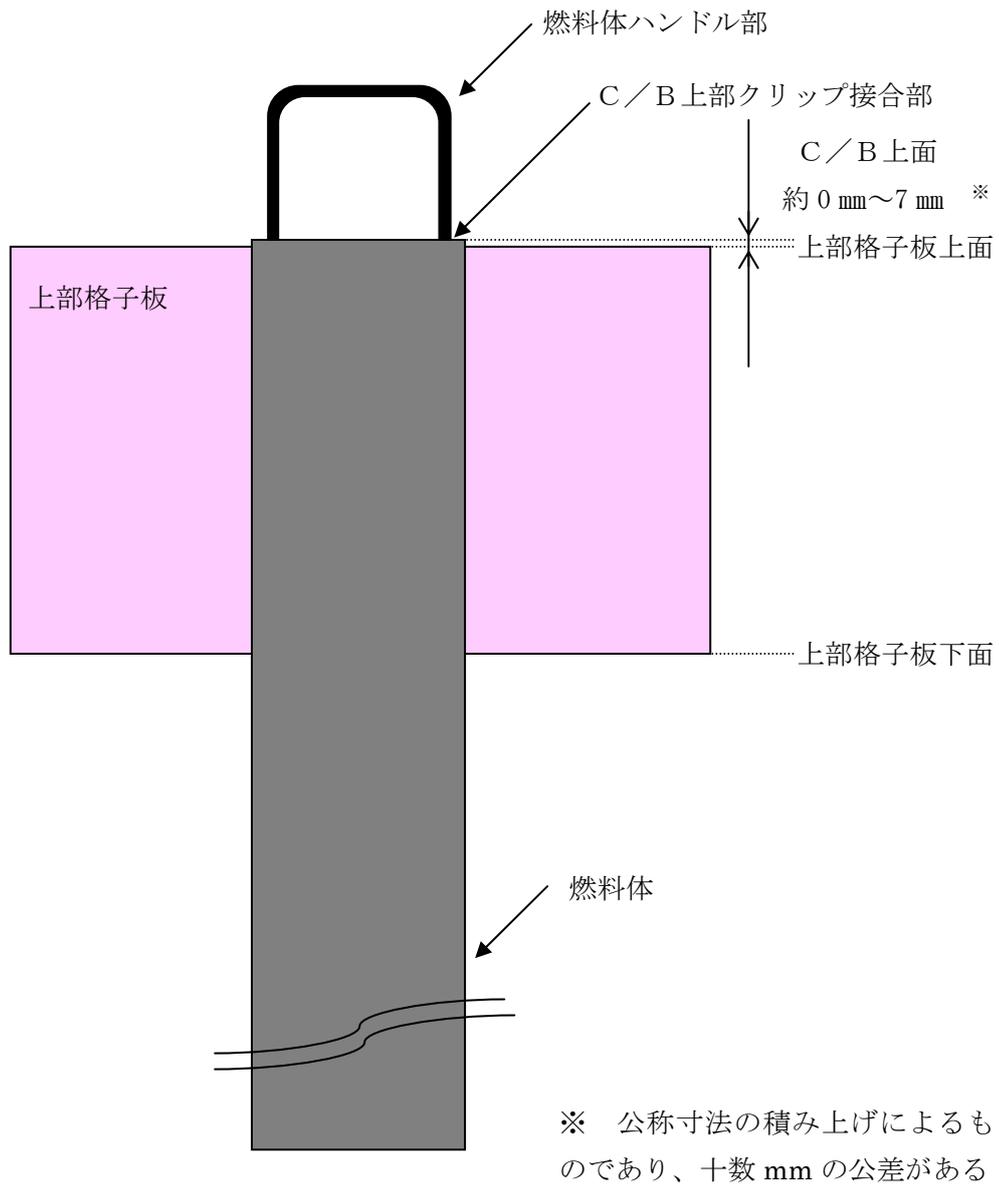
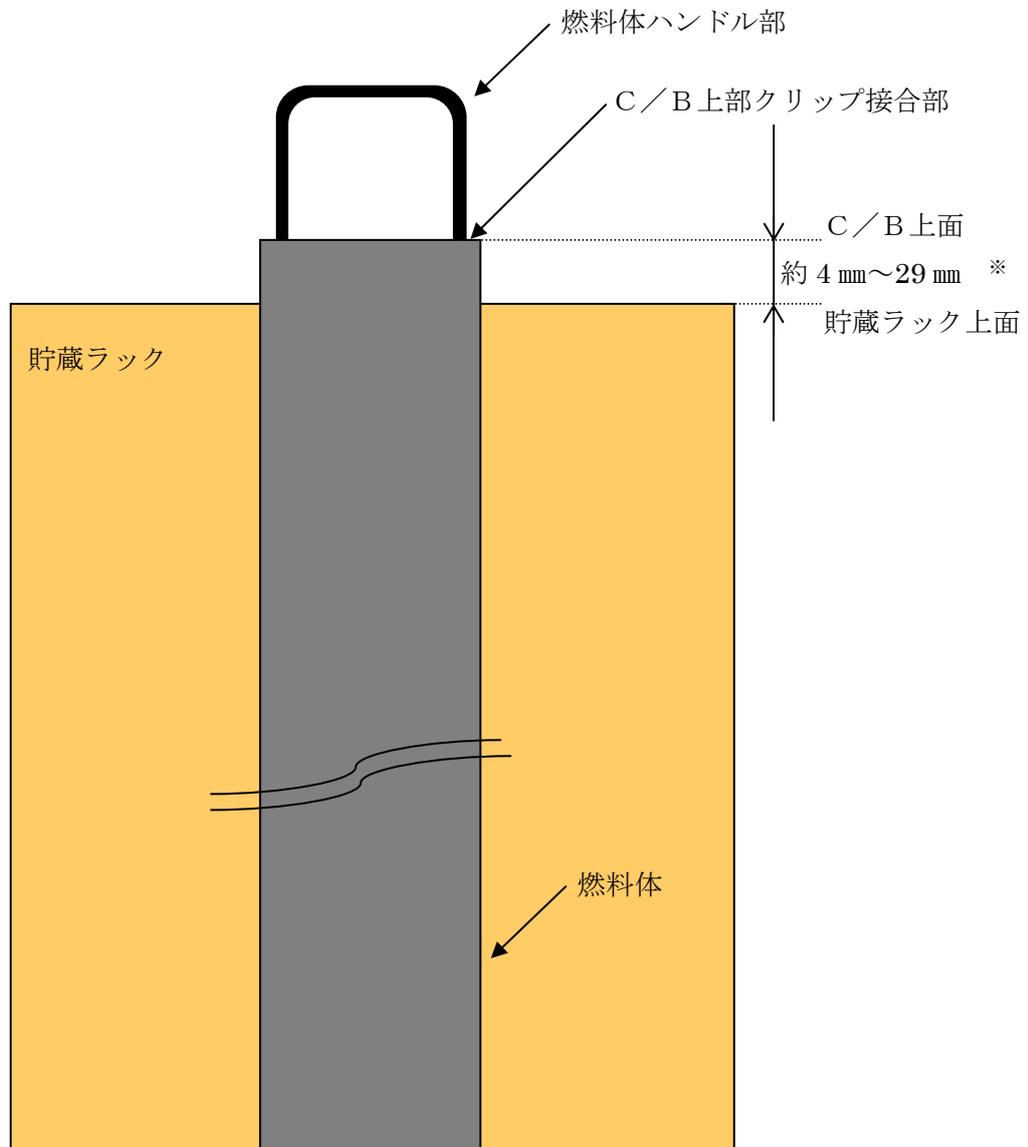


図2 C/B 上部クリップ接合部と原子炉内上部格子板の位置関係  
( 柏崎刈羽原子力発電所 6, 7 号機 )



※ 公称寸法の積み上げによるものであり、十数 mm の公差がある

図3 C/B 上部クリップ接合部と使用済燃料プール貯蔵ラックの位置関係

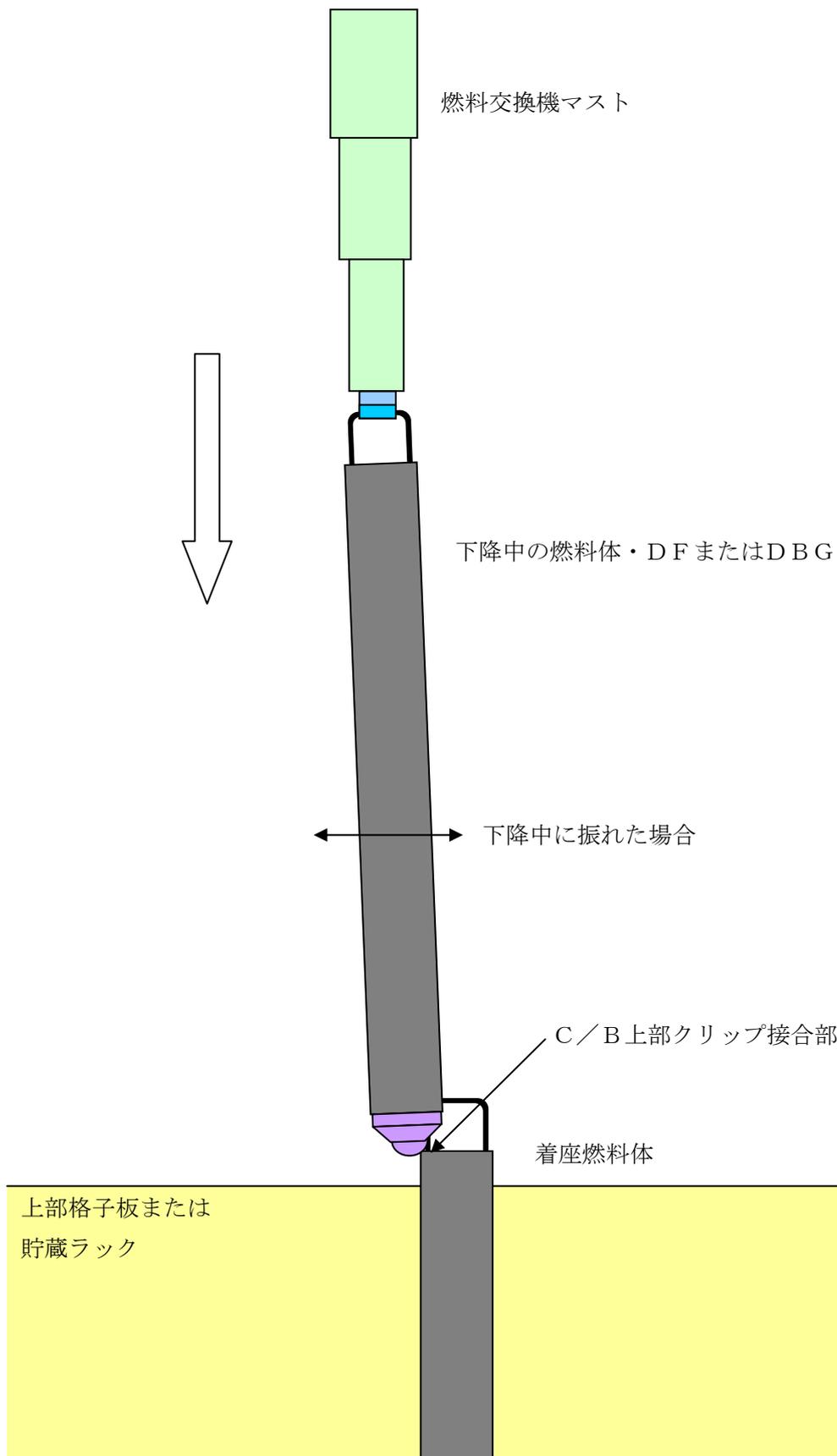


図4 燃料体・DFまたはDBG下部タイプレートとC/B上部クリップ接合部の位置関係

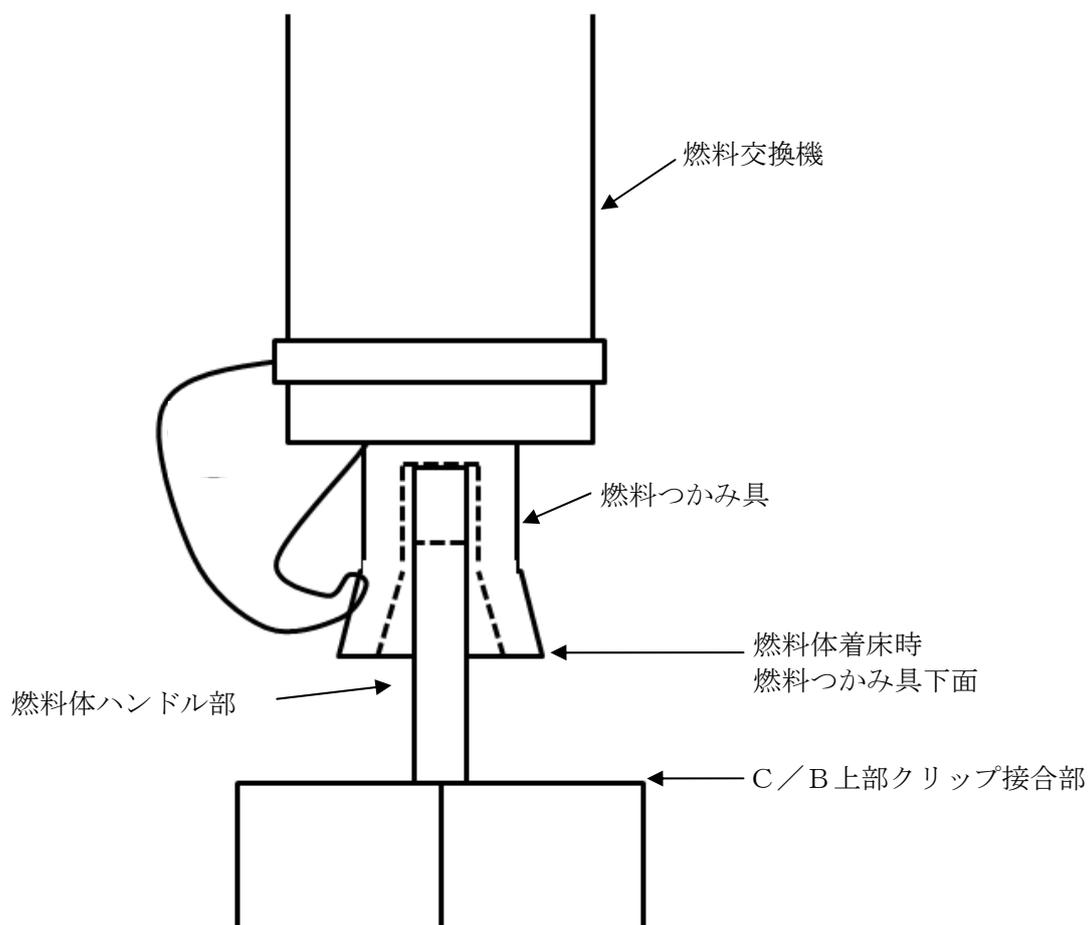


図5 燃料体ハンドル部に燃料交換機の燃料つかみ具を挿入した状態 (概略図)

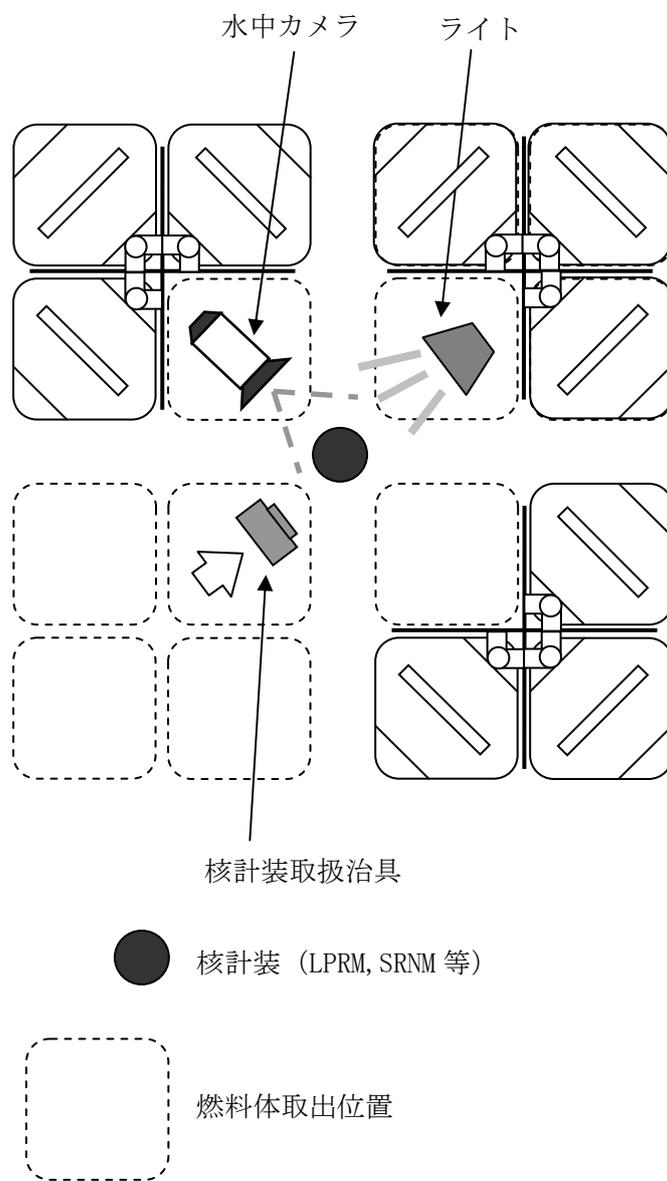


図6 原子炉内での核計装取替時の概要

## 製造欠陥に関する調査結果について

## 1. 目的

C/B\*上部（クリップ）の欠損（以下「当該部欠損」という。）が発生した要因のひとつとして製造欠陥のうち溶接不良が考えられることから、未照射のC/B試験片について、以下のとおり分析調査を実施した。

※用語 C/B：チャンネルボックス

## 2. 調査対象

神戸製鋼製C/Bのクリップ溶接の条件を模擬した試験片を製作し、調査を実施した。今回、当該部欠損が確認されたC/Bは、自動溶接で製作したものであることから、比較対象として欠損が確認されていない手動溶接\*によるC/Bの試験片も製作し調査を実施した。

また、C/B本体溶接部である周溶接部と長手溶接部の試験片も比較対象として製作し調査を実施した。

※：C/B製造者である神戸製鋼では平成10年納入分から溶接方法を手動から自動に変更している。

## 3. クリップ溶接方法

C/Bのクリップ接合部の自動溶接の概要を図1-1～1-4に示す。

クリップ部の溶接は、チャンバ内にアルゴン（以下「Ar」という。）ガスを流すことでAr雰囲気とし、クリップ部を本体部に仮溶接したものをに入れて実施する。溶接する際には、裏面の溶接形状を確保し、欠陥なく溶接するための当て板金としてクリップにタンタル（以下「Ta」という。）板をつける。

溶接時は、各面ともクリップ端部からコーナー部へ溶接トーチが移動する。クリップ端部の溶接開始時にはTa板を予熱するため、十数秒間程度アークを出した状態で溶接トーチを保持する。なお、D面から溶接を開始する場合と、C面から溶接を開始する場合の二通りがある。

C/Bのクリップ接合部の手動溶接においては、Ta板を使用せずにクリップ部の溶接を行う。

## 4. 調査項目及び結果

当該部欠損について、溶接不良という観点からこれまでの知見により以下の要因が考えられる。参考として、C/B材料であるジルカロイ-4（ジルコニウム（以下「Zr」という。）合金の一種）の組成を表1に示す。表1に示すとおり、ジルカロイ-4には鉄（以下「Fe」という。）、クロム（以下「Cr」という。）、スズ（以下「Sn」という。）及び酸素が添加されており、Fe、Cr、Snは耐食性を向上させるため、酸素は強度を向上させるためのものである。

## （酸素及び窒素の混入）

- ・C/Bの材料であるZr合金に空気（酸素及び窒素）が混入した場合、耐食性が低下する。なお、酸素については、大量に混入した場合には、耐食性が大きく低下するが、影響の少ない範囲で強度を向上させるために少量添加している。

## （湿度による影響）

- ・溶接時の雰囲気中の湿分が増加した場合、酸化し、Zr合金が腐食する。

## （溶接時の大きな入熱）

- ・Zr合金に添加されているFe及びCrの濃度が低下すると耐食性が低下する。溶接時に入熱量が大きく冷却速度が低下した場合、Zr合金中の針状組織の粒径が大きくなり粒界にFe及びCrが偏析し、耐食性が低下する可能性がある（偏析のメカニズムは5.(3)参照）。なお、耐食性に対する影響については、CrよりもFeの方が顕著である。
- ・Zr合金においては、溶接後の熱収縮による熱ひずみで硬化することにより、割れに至る可能性がある。
- ・Zr合金に添加されているSnの濃度が低下すると耐食性が低下する。Snは融点の低い金属であり、溶接時の大きな入熱により揮発する可能性がある。

## （溶接時の残留応力）

- ・Zr合金においては、物質内の水素の拡散挙動に残留応力が影響を及ぼす可能性がある。また、Zr合金は水素化が進むと脆化する特性がある。

以上を踏まえて実施した製造欠陥（溶接不良）に係る要因分析を図2に示す。要因としては、「酸素及び窒素の混入」、「湿度による影響」、「溶接時の大きな入熱」及び「溶接時の残留応力」が抽出されたことから、この要因を絞り込むために、神戸製鋼において通常のC/Bを製作する場合と同じ手順で未照射のC/B試験片を自動溶接、手動溶接にてそれぞれ製作した試験片に対し、以下の項目について調査を実施した。なお、腐食試験については、通常のC/Bを製作する場合の溶接条件から変更して製作した試験片も用いて、比較検討を実施した。

実施した試験の一覧を表2に示す。

## (1) 外観観察

## a. 概要

C/B試験片について、製造時点での傷や変色の状況を確認するため外観観察を実施する。観察対象は、自動溶接試験片、手動溶接試験片、周溶接試験片及び長手溶接試験片とする。C/B本体溶接位置を図3に示す。

## b. 結果

外観観察結果を別紙1に示す。

自動溶接試験片、手動溶接試験片、周溶接試験片及び長手溶接試験片については、実機で確認されたような変色は確認されなかった。また、いずれの試験片についても傷などの外観上の異常は確認されなかった。

## (2) 組織観察

## a. 概要

当該部欠損が確認されたクリップ端部とそれ以外の部位では溶接時の入熱量が異なることから、結晶組織の相違の有無を確認するため、溶着部の断面組織観察及び側面組織観察を行い、溶着部から母材部にかけて組織の性状を調べる。

また、同じC/Bの溶着部でありながら欠損が確認されていないC/B本体溶接部（周溶接部及び長手溶接部）についても断面組織観察を行う。

観察は、断面マクロ観察（10倍）、側面マクロ観察（1倍）およびミクロ観察（400倍）を実施する。また、ミクロ観察については、偏光フィルタあり／なしの2条件で行う。偏光フィルタありは、Zr合金の結晶組織を観察でき、偏光フィルタなしは、表面のZrをエッチングしたことにより、残った結晶粒の大きさ、析出物を観察できる。

## b. 結果

組織観察結果を別紙2に示す。

## (a) 断面組織観察結果

断面組織観察結果を別紙2の「3.観察結果(1)断面観察結果」に示す。

自動溶接試験片及び手動溶接試験片に顕著な差は見られなかった。また、A～D面の試験片毎の顕著な差は見られなかった。

以下に観察結果の要約を示す。

## i. 断面マクロ観察結果

断面マクロ観察結果から、溶着部と熱影響部の境界は明確ではないが、溶着部から離れるに従って粗大化した集合組織が徐々に小さくなることが

わかった。

ii. 断面マイクロ結晶組織観察結果（偏光フィルタあり）

偏光フィルタありの断面マイクロ結晶組織観察結果から、断面方向で比較すると、溶着部から熱影響部にかけて粗大な集合組織状の様が見られ、集合組織（針状組織の塊）の寸法は溶着部から離れるに従って小さくなる傾向が見られた。母材部はこれらとは異なり、微細な集合組織からなっていた。

一方、水平方向で比較すると、クリップ端部の方の組織が大きく、コーナー部の方の組織が小さくなる傾向が見られた。

iii. 断面マイクロ析出物観察結果（偏光フィルタ無し）

偏光フィルタなしの断面マイクロ析出物観察結果から、溶着部から熱影響部にかけて、針状組織が見られた。針状組織の周囲は黒いエッチング痕が見られ、粒界に沿って析出物が生成していることがわかった。

断面方向で比較すると、析出物の間隔は溶着部から離れるに従って広くなる傾向が見られた。母材部はこれらとは異なり、まだら状のエッチング痕が見られるのみであった。

一方、水平方向で比較すると、端部の方の析出物の間隔が広く、コーナー部の方の析出物の間隔が狭くなる傾向が見られた。

(b) 側面観察結果

側面の組織観察結果を別紙 2 の「3.観察結果(2)側面観察結果」に示す。

マクロ観察では熱影響部と母材部の境界が明瞭に確認できた。

マイクロ観察では結晶組織及び析出物ともに断面組織観察と同様の傾向が見られた。

(c) 本体溶接部（周・長手溶接部）

本体溶接部の組織観察結果を別紙 2 の「3.観察結果(3)周溶接部観察結果」及び「3.観察結果(4)長手溶接部観察結果」に示す。

結果は、自動溶接試験片、手動溶接試験片と同様に、断面マイクロ観察において針状組織や析出物が見られる結果となった。しかし、長手溶接部においては析出物の間隔が明らかに狭い傾向が見られた。

(3) 硬さ測定

a. 概要

当該部欠損が確認された部位とそれ以外の部位における硬さの相違を確認するため、断面、側面及び欠損発生部の硬さ分布を測定する。

## b. 結果

硬さ測定結果を別紙 3 に示す。

## (a) 断面硬さ測定

断面硬さ測定結果を別紙 3 の「4.測定結果(1)断面硬さ測定結果」に示す。

組織観察を行った断面の各位置について、ビッカース硬さ試験機を用いて硬さ測定を行った。

本体及びクリップとも、母材部の硬さは約 160～180 HV\*とばらつきのあまりない値を示したが、これはジルカロイ-4 のミルシート値をビッカース硬さに換算した値である 190～195 HV とほぼ同等の値だった。

熱影響部から溶着部にかけては概ね 160～210 HV と母材部に比べばらつきを示した。値のばらつきの要因は、組織観察で示した集合組織の寸法が硬さ測定の圧痕より大きく、硬さ測定部位の結晶方位の影響を受けているためと推測される。

A～D 面の試験片毎の顕著な差は見られなかった。また、自動溶接、手動溶接とも同様の傾向を示した。

※：HV とは材料の硬さを表す尺度の一つであるビッカース硬さの単位であり、四角すい型の圧子を材料に押し付けた際の試験力と、材料にできた圧痕の対角線長さから求めることができる。

## (b) 側面硬さ測定

側面硬さ測定結果を別紙 3 の「4.測定結果(2)側面硬さ測定結果」に示す。

断面硬さ測定と同様にビッカース硬さ試験機を用いて硬さ測定を行った。

熱影響部において硬さが僅かに低下する傾向がみられ、硬化は確認されなかった。溶接方法や面の違いによらず、測定結果は同様の傾向を示していた。

## (c) 欠損発生部硬さ分布測定

欠損発生部硬さ分布測定結果を別紙 3 の「4.測定結果(3)欠損発生部硬さ分布測定結果」に示す。

欠損が確認されたクリップ端部については、1 mm × 1 mm 間隔で格子状に硬さ分布を測定した。

熱影響部において、母材部に対して硬さが僅かに低下する傾向がみられ、硬化は確認されなかった。

A～D 面の試験片毎の顕著な差は見られなかった。また、自動溶接、手動溶接とも同様の傾向を示した。

## (4) 残留応力測定

## a. 概要

当該部欠損が確認されたクリップ端部とそれ以外の部位の残留応力の相違の有無を確認するため、溶着部、熱影響部及び熱影響部近傍の母材部の残留応力を測定する。測定にはひずみゲージを用い、応力に換算して評価を行う。

## b. 結果

残留応力測定結果を別紙 4 に示す。

いずれの試験片、面においてもクリップ端部直下の 20 mm 程度離れた位置の残留応力が高い傾向にあり、自動溶接では 33～56 MPa、手動溶接では 75～81 MPa の引張応力を示した。また手動溶接では、コーナー部近傍でも残留応力が高く、55～88 MPa の引張応力を示した。

欠損発生部近傍のクリップ端部直下 5 mm の位置の残留応力は自動溶接で 4～13 MPa、手動溶接で 6～22 MPa の引張応力であり、他の部位に比べて低い値を示した。

## (5) 元素分析

## a. 概要

C/B 試験片側面における Sn、酸素及び窒素の含有量を確認することを目的として元素分析（成分分析）を行う。また、自動溶接から採用しているクリップ溶接時の当て板金として Ta 板を使用していることから、Ta が当て板金から C/B に移行する可能性を調査するため Ta についても分析する。

自動溶接試験片については、チャンバ内の Ar ガス置換直後であるその日の初回溶接時と継続的に溶接が行われた後では、溶接時の雰囲気の違いがある可能性を考慮し、作業日の 1 本目に溶接を施工した試験片と 5 本目に施工した試験片を試験対象とする。

さらに、C/B 試験片断面における元素（Zr、Fe、Cr、Sn、酸素、窒素、Ta）の濃度分布を確認することを目的として、電界放出型電子線マイクロアナライザ（Field Emission-Electron Probe Micro Analyzer：FE-EPMA、以下「EPMA」という。）分析を行う。EPMA 分析の概要を図 4 に示す。

## b. 結果

元素分析結果を別紙 5 に示す。

## (a) 成分分析

Sn、Ta、酸素及び窒素の成分分析結果を別紙 5 の「3.分析結果(1)成分分析結果」に示す。

いずれの分析結果も S n、酸素及び窒素はミルシート値と同程度の値であり、S nの揮発や溶接時の酸素及び窒素の取込みは確認されなかった。また、T aは検出限界未満で当て板金からの取込みは確認されなかった。

#### (b) EPMA 分析

EPMA 分析結果を別紙 5 の「3.分析結果(2)EPMA 分析結果」に示す。

C/B 試験片について組織観察におけるマイクロ観察を実施した位置において、酸素、窒素、F e、C r、S n、T a、Z r 各元素のマッピング分析を行った。

クリップ端部の溶着部及び熱影響部においては、F e 及び C r が筋状模様濃度増加を示す部分が確認された。一方、母材部については、筋状模様は見られなかった。これらの特徴は組織観察における断面マイクロ析出物観察結果（偏光フィルタなし）の観察結果と整合することから、組織観察で見られたエッチング痕は F e 及び C r と推定される。

また、筋状模様の間隔は、熱影響部（母材部側）＞熱影響部（溶着部側）＞溶着部の順に広い傾向がある。

T a、酸素及び窒素については、どの部分においても濃度が低く、また、分布はほぼ均一であった。

F e 及び C r の濃度分布の特徴について、C 面と D 面とを比較すると、両者の特徴は概ね同等であった。また、自動溶接、手動溶接とも同様の傾向を示した。さらに、C/B 本体溶接部（周溶接部と長手溶接部）についても同様の傾向が見られた。

#### (6) 腐食試験

##### a. 概要

C/B の腐食発生有無の確認及び溶接パラメータが腐食に及ぼす影響を定性的に評価するため腐食試験を行う。試験対象は、自動溶接試験片、手動溶接試験片及び溶接条件を変更して自動溶接にて製作した試験片（以下「溶接条件影響評価試験片」という。）とする。溶接条件影響評価試験片の溶接条件を表 3 に示す。なお、自動溶接試験片については、成分分析と同様に、作業日の 1 本目に溶接を施工した試験片と 5 本目に施工した試験片を試験対象とする。

##### b. 結果

腐食試験の結果を別紙 6 に示す。

自動溶接試験片、手動溶接試験片について、一部に小さな斑点状の模様が確認されたが、実機で確認されたような様相は確認されなかった。

また、溶接条件影響評価試験片については、チャンバ内への空気混入を想定し

た試験片の一部及びチャンバ内の湿度を上げて溶接を行った試験片について腐食が見られた。実機当該欠損発生部との比較を図 5 に示す。図 5 に示すとおり、腐食が確認されたいずれの試験片も、実機で確認された溶着部の様相とは異なるものであった。

溶接条件影響評価試験片のうち、溶接時の大きな入熱を模擬した試験片については、今回の溶接条件及び試験条件では、実機で確認された溶着部の様相を再現することはできなかった。

## 5. 要因分析

上記の調査結果を踏まえ、今回の溶接不良が起こる要因としてあげられる「酸素及び窒素の混入」、「湿度による影響」、「溶接時の大きな入熱」及び「溶接時の残留応力」について以下のとおり検討した。

また、今回の調査結果について、これまでの点検結果から得られた欠損の状況との比較を行った。実機で確認された神戸製鋼製 C/B 及び日立製 C/B の欠損の状況を図 6 に示す。実機で確認された神戸製鋼製 C/B の様相の特徴としては、クリップ端部に欠損が見られ、多くの場合、欠損発生部近傍の熱影響部に腐食と見られる白色化した様相が確認されている。

### (1) 酸素及び窒素の混入

溶接中に空気が混入した場合は、溶着部に酸素及び窒素が取込まれ耐食性が低下する。

今回の調査において、酸素及び窒素の混入に関連する結果は以下のとおり。

- ・ 元素分析の成分分析において、欠損発生部の酸素及び窒素の濃度は母材部及びミルシートと同程度の値であった。
- ・ EPMA 分析において、母材部と比較して溶着部及び熱影響部の酸素及び窒素の増加はみられなかった。
- ・ チャンバ内に空気を混入して溶接を行った試験片の腐食試験において腐食が確認されたが、実機で確認された溶着部の様相とは異なるものであった。

以上のことから、溶接中の酸素及び窒素混入が要因とはならないと考えられる。

### (2) 湿度による影響

溶接時の雰囲気中の湿分が増加した場合、酸化し、Zr 合金が腐食する。

溶接時にチャンバ内の湿度を上げて溶接を行った試験片の腐食試験において、腐食が確認されたが実機で確認された溶着部の様相とは異なるものであった。このこ

とから、湿度による影響は要因とはならないと考えられる。

### (3) 溶接時の大きな入熱

溶接時に入熱量が大きく冷却速度が低下した場合、耐食性が低下する可能性がある。溶接時の大きな入熱を原因とした場合の調査結果は以下のとおり。

#### a. 析出物偏析

組織観察及び EPMA 分析から、溶着部及び熱影響部において Fe 及び Cr が偏析していることが確認された。偏析のメカニズムについて、Zr 合金を溶接する際の組織変化の概要を図 7-1、2 に示す。

Zr 合金の結晶構造は温度が上昇すると  $\alpha$  相から  $\beta$  相に変態する。溶接時は高温のため  $\beta$  相であり、冷却される際に  $\beta$  相から  $\alpha$  相に変態する。この変態時に、溶接時の入熱量が大きく冷却速度が低下した場合、徐々に針状組織の粒径が粗大化する。針状組織には Fe 及び Cr がほとんど固溶しないため、粒界に Fe 及び Cr が移行することから、偏析が生じる。

Fe 及び Cr は耐食性を向上させるために Zr 合金に添加しているが、析出物として偏析した場合、Fe 及び Cr の濃度が低下した領域が増えることにより、耐食性が低下することになる。

また、組織観察及び EPMA 分析結果から、欠損が確認されたクリップ端部の溶着部だけでなく、熱影響部での針状組織の粒径の粗大化が見られ、実機で確認された熱影響部における腐食と見られる変色した様相と結果は一致する。

以上のことから、針状組織が粗大化することにより、Fe 及び Cr が結晶粒界に偏析し耐食性が低下した可能性が考えられる。

#### b. 硬化

溶接部では溶接後の熱収縮による熱ひずみで硬化することにより、割れに至る可能性がある。硬さ測定において、ばらつきはあったが、欠損発生部において有意な硬化は確認されなかったことから、溶接時の硬化は要因とはならないと考えられる。

#### c. Sn の揮発

Sn は Fe 及び Cr と同様に耐食性に影響のある元素であり、Sn は融点の低い金属であるため、溶接時の入熱により揮発し耐食性が低下する可能性がある。

成分分析において、Sn の濃度はミルシートと同程度の値であり、Sn の揮発はなく要因とはならないと考えられる。

### (4) 溶接時の残留応力

残留応力はZr合金における水素の拡散挙動に影響を及ぼす可能性があり、Zr合金は水素化が進むと脆化する特性がある。

残留応力測定において、欠損発生部に相当する位置では残留応力は低い値を示していたことから、溶接時の残留応力は要因とはならないと考えられる。

## 6. 推定原因

要因分析の結果、以下のことが確認された。

- ・今回発生した当該部欠損の要因として、溶接中の空気に含まれる酸素、窒素の混入及び湿度の影響は該当しないことが確認された。また、残留応力、溶接時の大きな入熱による硬化及びSnの揮発も該当しないことが確認された。
- ・一方、溶接時の入熱量が大きく冷却速度が低下することで、Fe、Crが粒界に偏析することが確認された。このことで、耐食性が低下した可能性がある。なお、耐食性に対する影響については、CrよりもFeにおいて顕著である。
- ・組織観察及びEPMA分析結果から、欠損が確認されたクリップ端部の溶着部だけではなく、熱影響部での針状組織の粒径の粗大化が見られ、実機で確認された熱影響部における腐食と見られる変色した様相と結果は一致する。

また、C/B溶接部位の入熱量を表4に示す。表4のとおり、欠損が発生しているクリップ端部は欠損が発生していない他の溶接部位と比較して入熱量が高くなっていることがわかる。

以上のことから、溶接時の大きな入熱によってFe、Crが粒界に偏析し、耐食性が低下したことが原因として考えられる。

## 7. 追加調査

今回発見された欠損については、自動溶接導入以降の全ての神戸製鋼製C/Bでは発生しておらず、発生確率が低く、特定の面で発生する傾向があることから、他にも欠損が発生する要因がある可能性がある。この要因としてTa板の影響が考えられることから、この影響評価を実施した。また、自動溶接時、手動溶接時及びTa板の影響を考慮した溶接時のクリップ端部、周溶接部、長手溶接部の各溶接箇所について、組織観察及びEPMA分析の結果を用いて相対Fe濃度の比較検討を行った。

### (1) Ta板の影響評価

図1-4のとおり、溶接時には当て板金としてTa板をクリップ部にボルトで固定する。この際に、Ta板の片側はC/B本体の面から離れ、もう一方の面はC/B本体とTa板が密着状態となる可能性がある。C/B本体とTa板の接触状況により、

溶接後の冷却速度が影響を受けることが考えられることから、T a 板とC/B本体との接触状況を変化させた条件で溶接を行い、その際の温度変化を測定した。

T a 板がC/B本体の片側の面に密着（以下「密着面」という。）し、もう一方の面（以下「非密着面」という。）にすき間が空いている状態で溶接を行い、溶接時の温度測定を行った。温度測定は密着面から溶接をスタートした場合、非密着面から溶接をスタートした場合及び比較のため両面にT a 板が密着した場合の3ケースについて実施した。なお、冷却速度の評価は溶接後の冷却時に結晶構造が $\beta$ 相から $\alpha$ 相に変態する温度領域である $850\sim 800^{\circ}\text{C}$ の範囲で実施した。結果を別紙7に示す。

両面密着した場合においては、両面とも冷却速度に顕著な差異は見られなかった。

片側密着状態において密着面から溶接を開始した場合の温度測定については、クリップ端部（別紙7の図中の①及び③）で見ると、密着面側の冷却速度が低下したものがあつた。この部位の密着面の冷却速度は非密着面の1/2以下である箇所があり、T a 板の接触状況が冷却速度に影響していることが確認された。

非密着面から溶接を開始したときの温度測定においては、クリップ端部（別紙7の図中の①及び③）で密着面の冷却速度が低下しその速度は非密着面の1/2程度および以下であることが分かる。この結果より、T a 板が片面に偏って接触した場合、密着面の冷却速度が低下することが確認された。

## (2) 組織観察及び相対Fe濃度比較

### a. 組織観察比較

図8-1に代表面として通常溶接条件での試験片密着面における断面組織観察結果を示す。溶着部から十分に離れた部位（図中の⑦）は微細な結晶組織となっており、これが板材製造時の組織と考えられる。これに対し、溶着部（図中の④）から熱影響部（図中の⑤及び⑥）にかけて針状組織の粗大化が確認された。

これらの傾向を定量化するために、析出物の間隔を測定した。その結果を図8-2に示す。析出物に直交するように線を引き、析出物の間隔を測定して頻度分布と平均を求めた。その結果、溶着部及び溶着部側の熱影響部の平均値は $2.3\ \mu\text{m}$ 及び $2.5\ \mu\text{m}$ であるのに対し、母材部側の熱影響部の平均値は $4.3\ \mu\text{m}$ と間隔が大きくなっていることが確認された。

各溶接箇所について同様の評価を実施した結果をまとめて図8-3に示す。長手溶接部は熱影響部、溶着部とも $2\ \mu\text{m}$ 程度と大差ない結果であつたが、それ以外の部位は母材部側の熱影響部で最も平均析出物間隔が大きくなる傾向が見られた。さらに溶接方法毎の比較をすると、通常施工条件である自動溶接が最も大きく、続いて手動溶接と周溶接部が同程度で、長手溶接部が最も小さいという結果であつた。

さらにT a 板の片面密着状態で溶接を実施した場合の密着面、非密着面それぞれの断面組織観察結果を図 8-4 に、析出物間隔の測定を実施した結果を図 8-5 に示す。冷却速度の遅い密着面では、非密着面と比較して間隔が大きくなることが確認された。

#### b. 相対F e 濃度比較

EPMA 分析の結果を用いて、ジルカロイ-4 の主要合金元素の内、腐食量への影響が大きいF e について、各溶接箇所の相対濃度の比較を行った。

これまでの EPMA 分析の結果では、F e の濃度増加を示す筋状模様は熱影響部に比べて溶着部ではあまり明瞭ではなく、熱影響部で溶着部側と母材部側を比較すると、母材部側の方が筋状模様の間隔が広い傾向がある。また、組織観察で見られたエッチング痕はF e と推定される。

相対F e 濃度比較として、最も析出物間隔が大きい母材部側の熱影響部と母材部の結果を図 8-6 に示す。熱影響部については、筋状模様を示している部分に対応してピークを示し、ピーク間は平均値より値が低下する。このことは、F e が筋状に偏析することにより、合金組成に対して粒内のF e 濃度が低下していることを示している。これに対し母材部では明瞭なピークや低下は見られなかった。

同様の整理を各溶接箇所毎に実施した結果を図 8-7 に示す。相対F e 濃度は溶着部から母材部側の熱影響部にかけて低下する傾向が見られた。また、溶接方法で比較すると、自動溶接の値が最も小さく、手動溶接と周溶接部がほぼ同程度で、長手溶接部が最も大きな値であった。これらの結果より、析出物間隔が大きくなると共に粒界にF e が偏析することによりF e 濃度が低下する領域が増加し、その傾向は母材部側の熱影響部で最も顕著となることが分かった。

T a 板の片面密着状態で溶接を実施した場合の EPMA 分析の測定結果に対しても、同様の評価を行った。図 8-8 に密着面及び非密着面のクリップ端部（図中の①及び③）の相対F e 濃度を示す。その結果、冷却速度の遅い密着面①部では非密着面①、③部と比較して相対F e 濃度が低下していることが分かった。

各溶接方法における熱影響部の析出物間隔及び相対F e 濃度をまとめて図 8-9 に示す。このことから、本体溶接部と比較して、T a 板が片面密着した場合、析出物間隔が大きくF e 濃度の低下が顕著であることが確認された。

### (3) 模擬熱処理試験片による腐食試験

T a 板の密着、非密着による冷却速度の違いと、組織観察及び相対F e 濃度比較の結果から、Z r 合金の耐食性は熱履歴により影響を受けることが予想される。このことから、クリップ溶接時の熱履歴を模擬して熱処理を行った試験片を製作し腐食試験を実施した。熱処理は、最高到達温度は 900℃と 1100℃の 2 ケース、冷却速

度は5°C/秒と25°C/秒の2ケースとした。試験結果を別紙8に示す。

いずれの試験片の表面も茶褐色に変色し、一部の試験片の端面や刻印部では局部腐食が確認された。腐食量は、非密着面を模擬した試験片（冷却速度25°C/秒）より密着面を模擬した試験片（冷却速度5°C/秒）の方が大きいものも確認された。冷却速度が低下することにより耐食性が低下するという傾向については過去の知見でも述べられている。

## 8. まとめ

神戸製鋼製C/Bの溶接不良についての調査の結果、以下のことが確認された。

- ・クリップ接合部の組織観察及びEPMA分析の結果より、針状組織が粗大化し、結晶粒界に沿ってFe、Crが偏析する。Fe、CrはZr合金の耐食性を向上させるために添加されているが、Fe、Crの偏析によって、耐食性が低下している可能性があることが確認された。これは、Zr合金の析出物のサイズが大きくなる（定性的に偏析が多いことを析出物のサイズが大きいとみなす）と耐食性が低下する傾向があるという知見と合致する。
- ・針状組織の粗大化については、溶接時の入熱量によって影響を受ける。クリップ端部の入熱量は、C/B本体の周溶接部及び長手溶接部より大きく、実機ではC/B本体の周溶接部及び長手溶接部において欠損が見られていない現象と一致する。
- ・今回発見された当該部欠損は発生確率が低く、特定の面で発生する傾向があるが、クリップ部を溶接する際に使用しているTa板のC/Bへの取付け状況によっては、冷却速度が低下する可能性があることが確認された。これは、冷却速度が低下することにより耐食性が低下する傾向があるという知見と合致する。なお、クリップ部の溶接方法を手動から自動に変更した際に神戸製鋼にて施工法確認試験を実施している。施工法確認試験においては、組織観察、強度試験等を実施し、問題ないことを確認したが、Ta板を使用することによる影響評価及び入熱量評価は実施しておらず、自動溶接の導入時には欠損発生の可能性があることを確認できなかった。
- ・元素分析、残留応力測定、腐食試験等の結果より、「酸素及び窒素の混入」、「湿度による影響」、「溶接時の残留応力」は要因とはならないと考えられる。

以上のことから、当該部欠損が発生した推定原因は以下のとおりである。

クリップ端部において、溶接時の入熱量が大きいこと、及びTa板の取付けの影響による冷却速度の低下により、針状組織が粗大化してFe、Crが偏析する。その結果、

耐食性が低下し、腐食が発生して欠損に至るものと推定される。

以 上

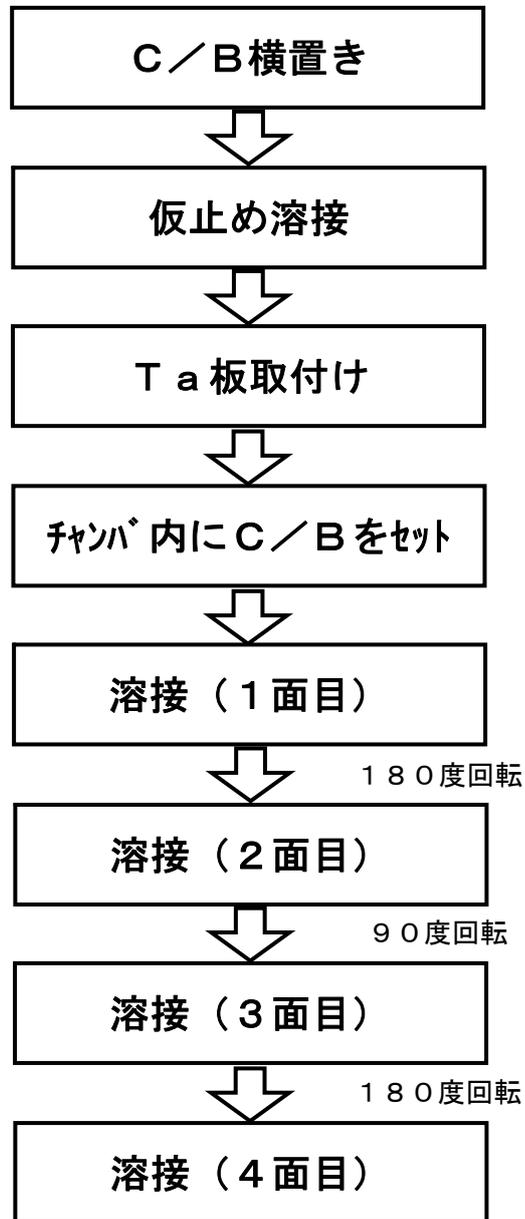
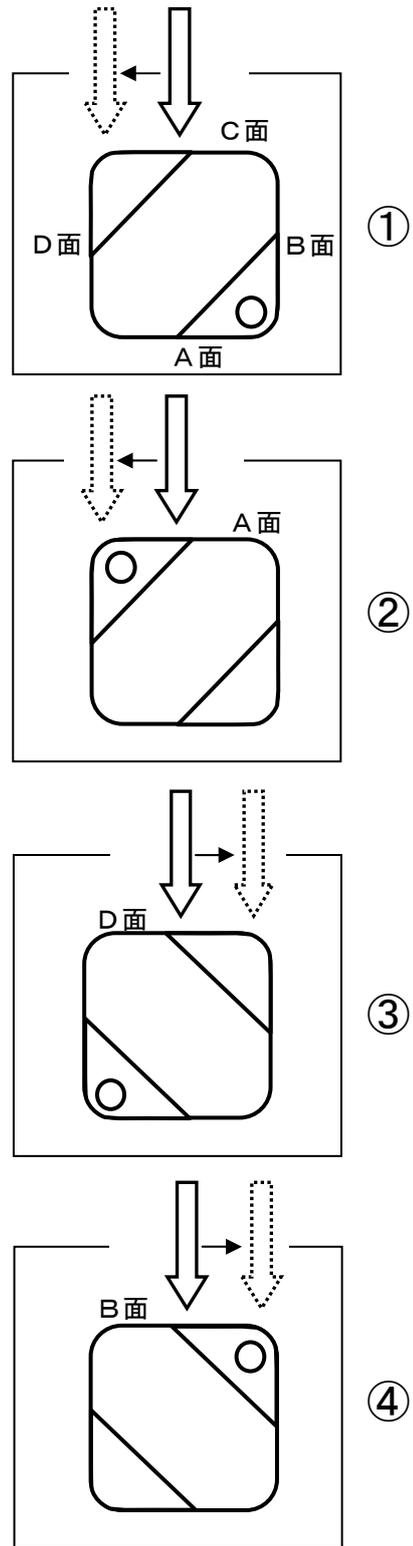
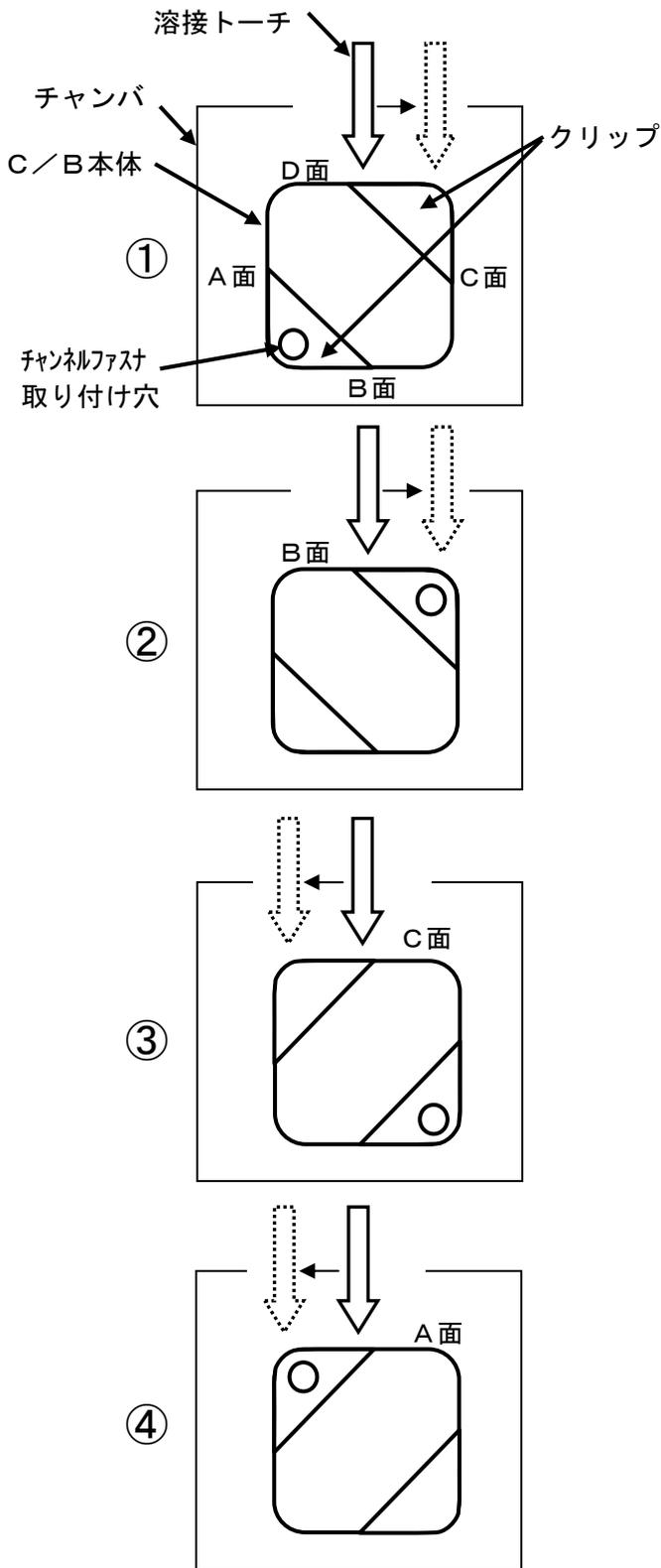


図1-1 クリップ自動溶接フロー

1本毎にケース1、ケース2のパターンで交互に溶接される

【ケース1】溶接トーチが機械右側にある場合

【ケース2】溶接トーチが機械左側にある場合



Ta板を予熱するため、①②の溶接開始時には18秒間、③④の溶接開始時には11秒間それぞれアークを出した状態で溶接トーチを保持する。

図1-2 クリップ自動溶接手順

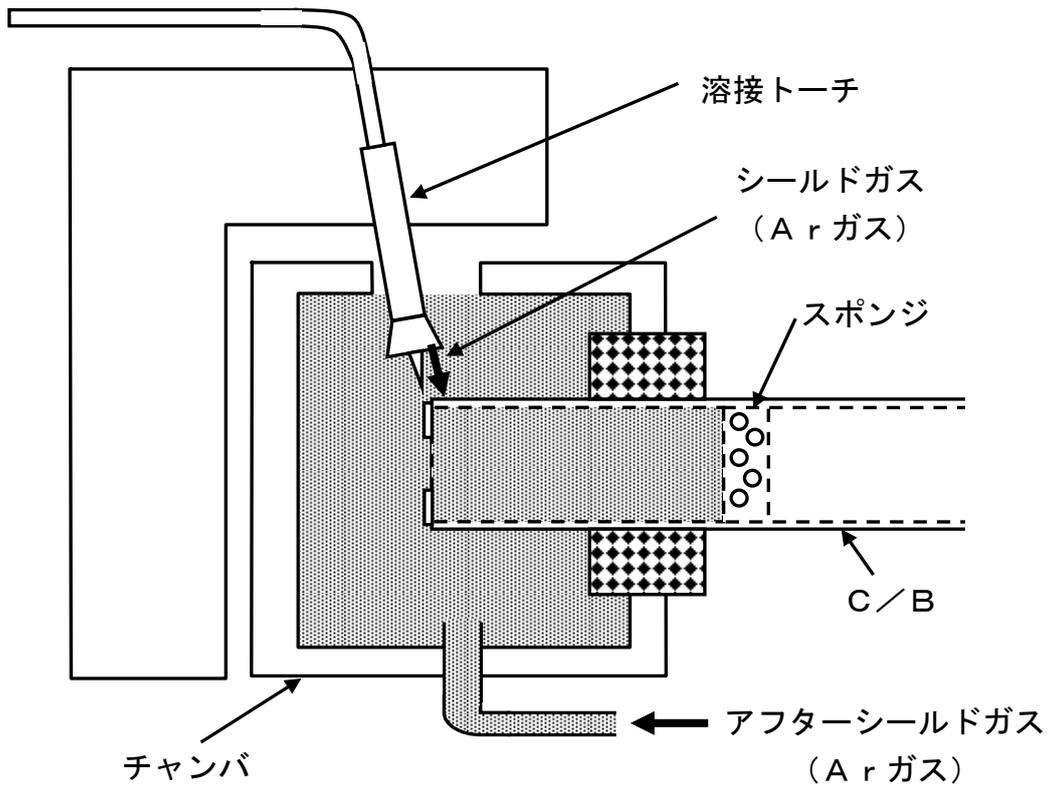


図1-3 クリップ自動溶接装置

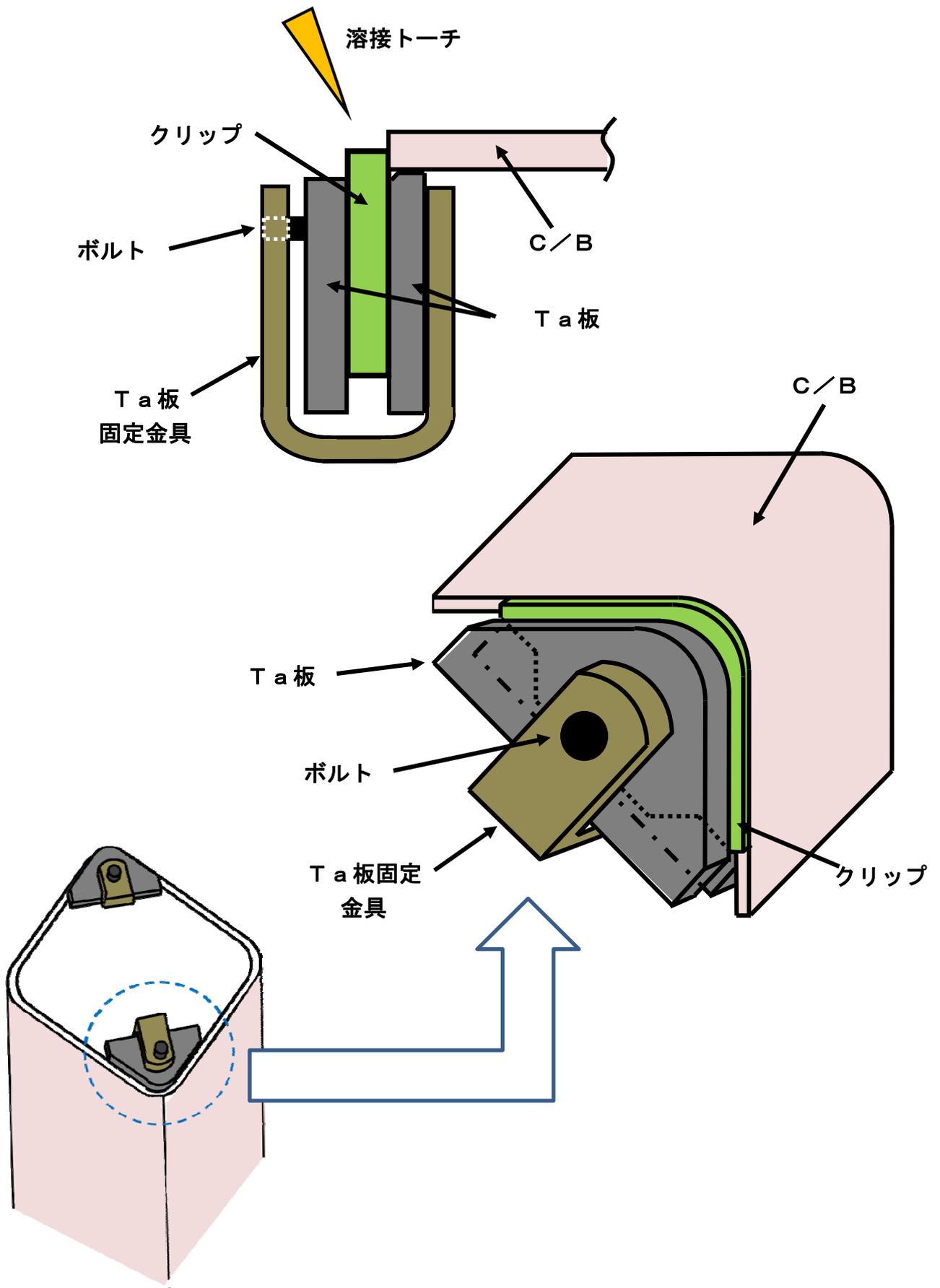


図1-4 Ta板の取付け状況

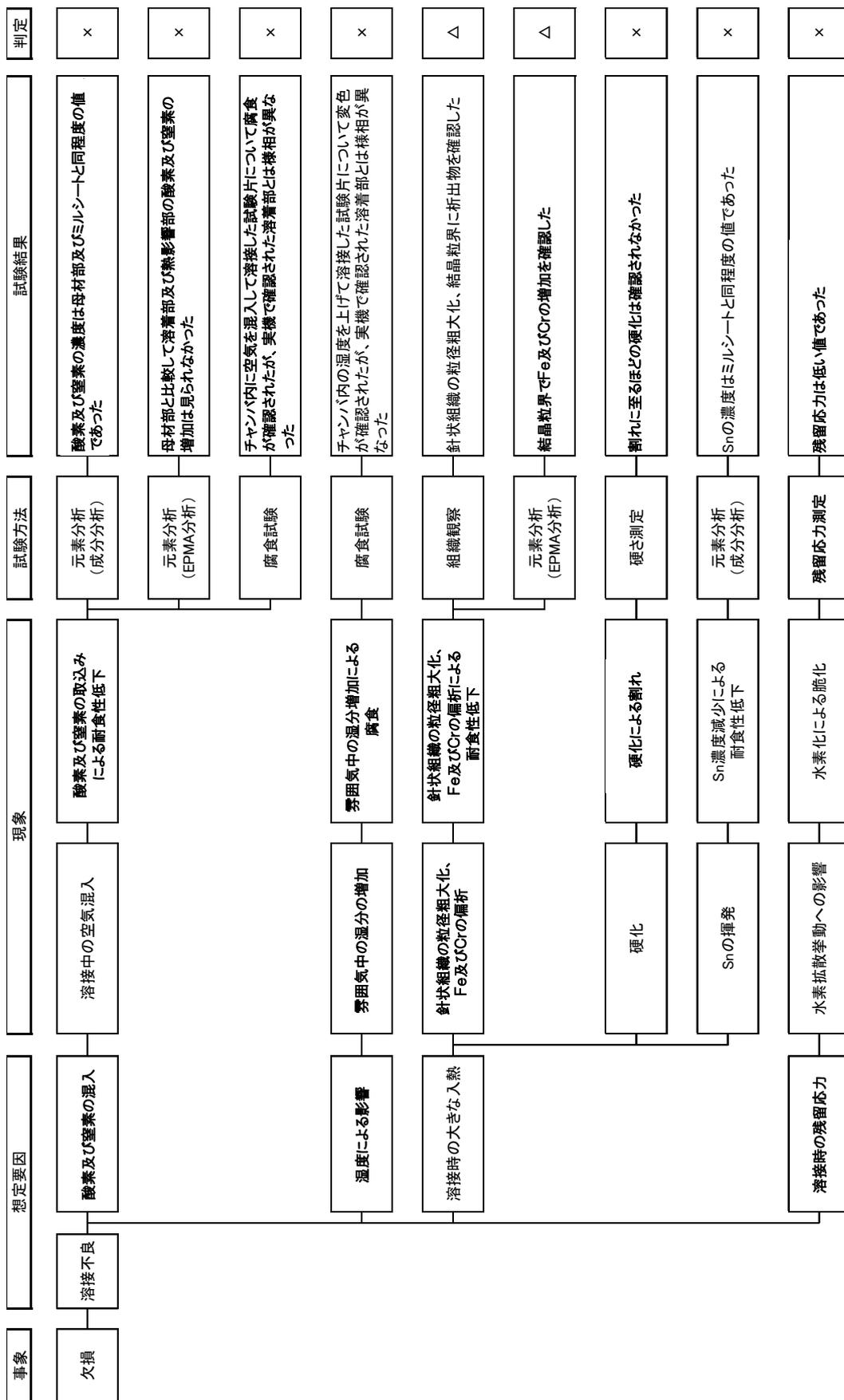
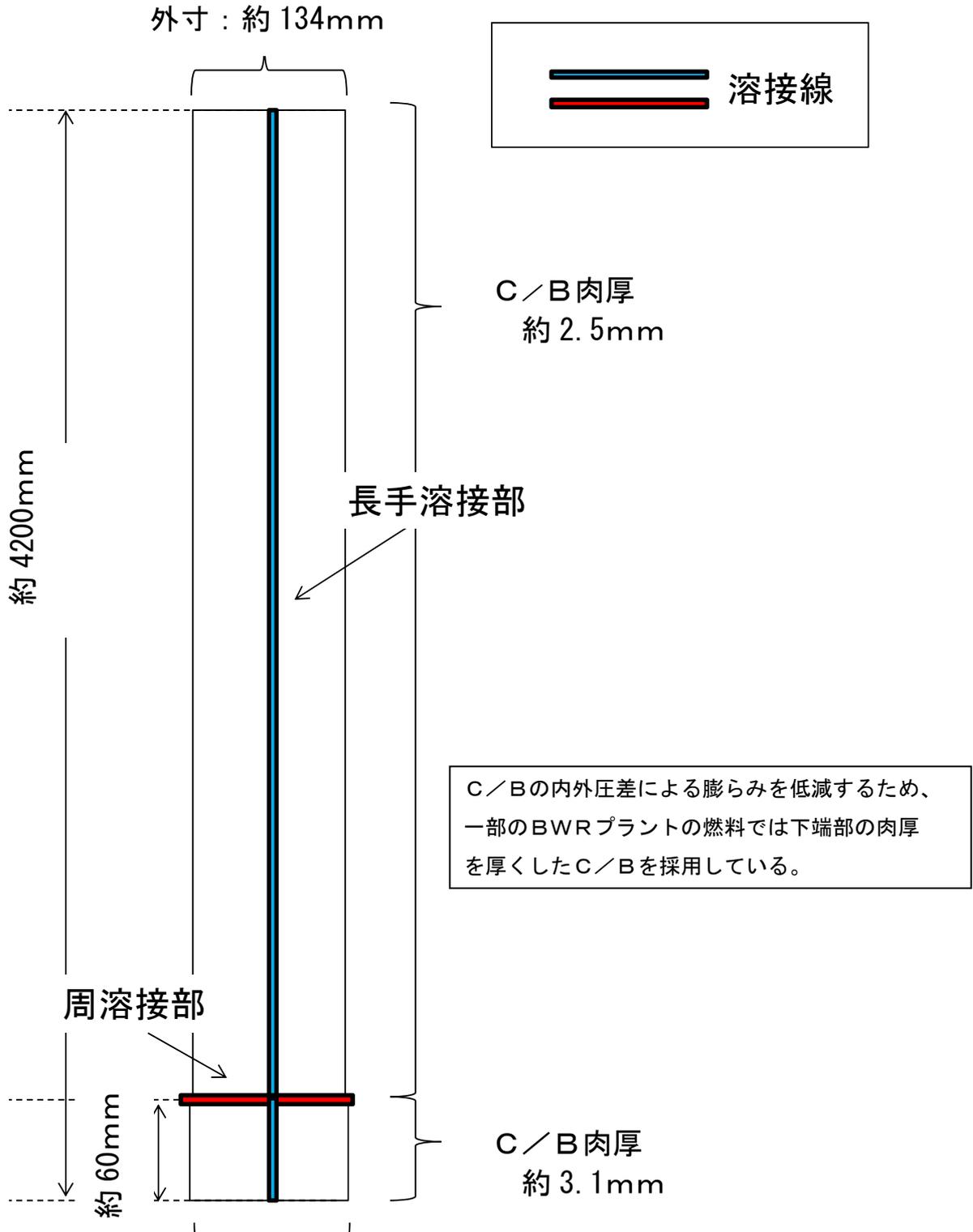
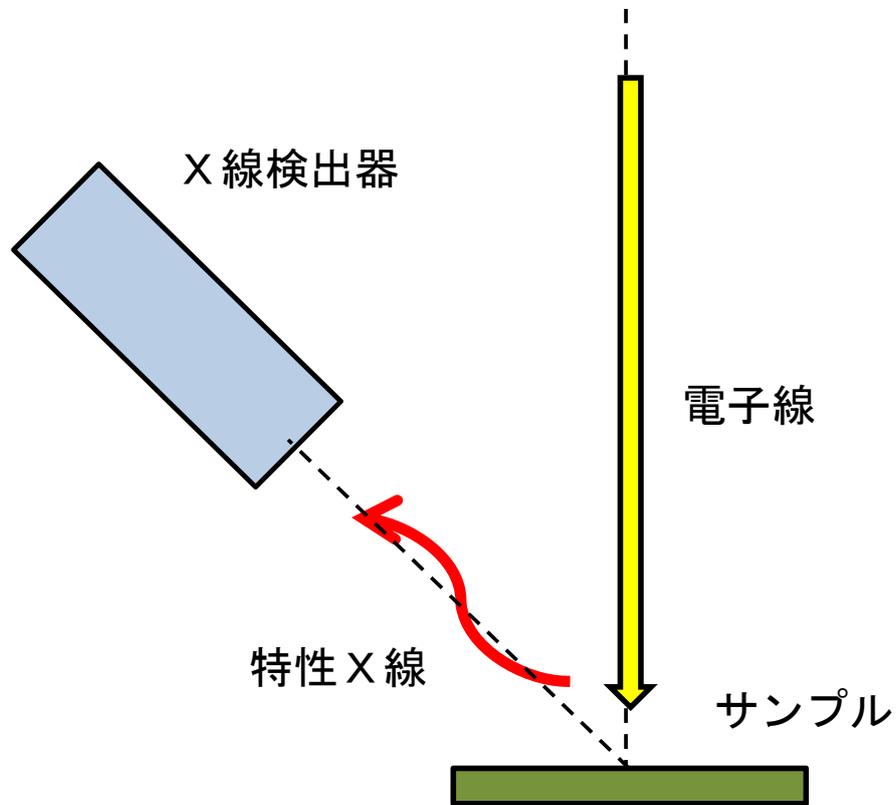


図2 溶接不良に関する要因分析



BWRプラントで使用しているC/Bの寸法を例として記載。

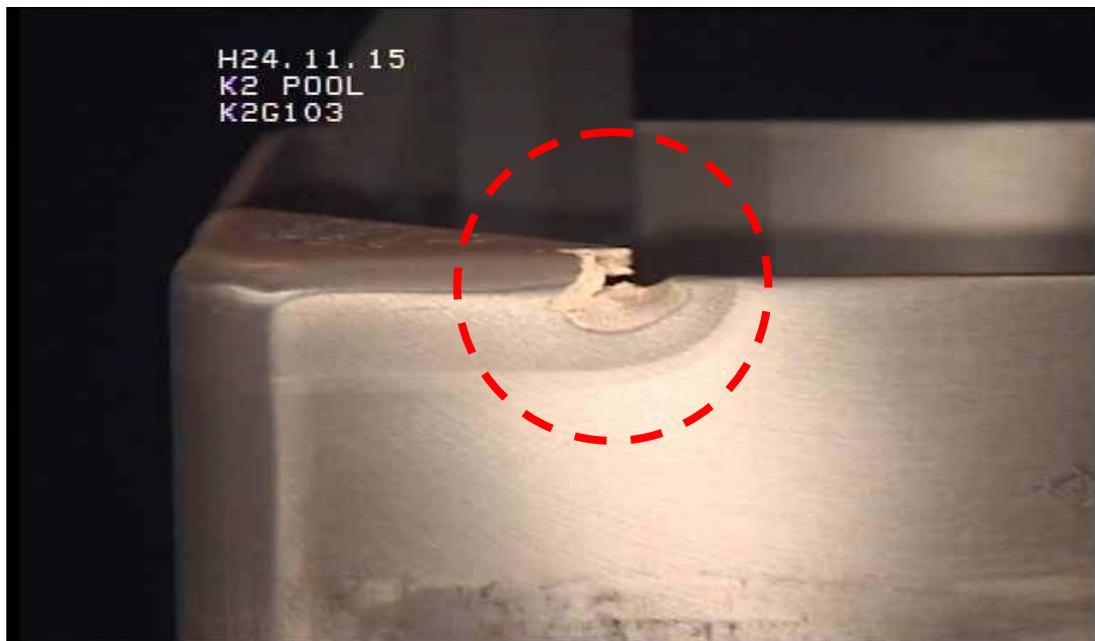
図3 C/B本体溶接位置



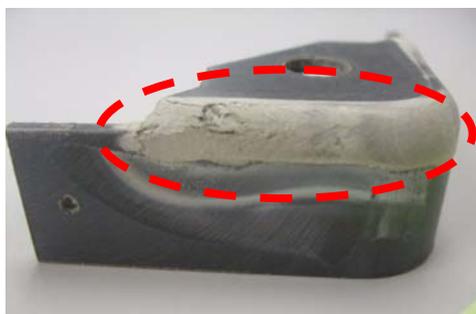
高速電子線束を物質表面に照射すると各種の放射線が放出される。この中の特性X線は照射された物質固有のもので、その波長を測定して微小部分（数 $\mu\text{m}$ ）の元素の定量分析を行う。

図4 EPMA分析の概要

実機にて確認されているC/B欠損発生部例



溶接条件影響評価試験片の腐食例



アフターシールドガス流量を規定値の1/3とすることにより、空気混入を想定した試験片

(別紙6-図7)



チャンバ内の湿度を上げて溶接を行った試験片

(別紙6-図10)

図5 実機C/B欠損発生部及び腐食試験結果



神戸製鋼製C/Bの欠損状況



日立製C/Bの欠損状況

図6 神戸製鋼製C/B及び日立製C/Bの欠損状況

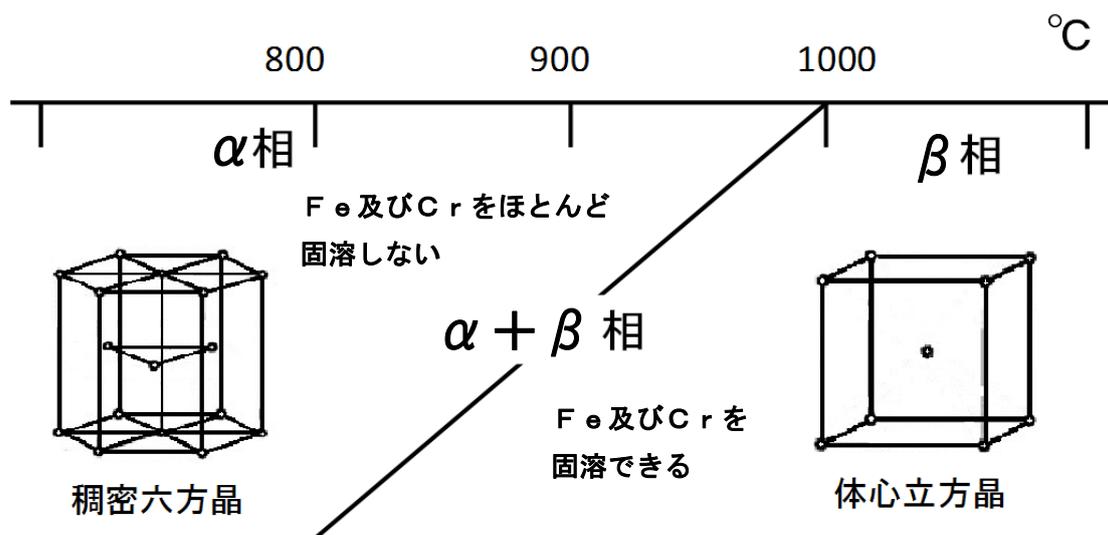
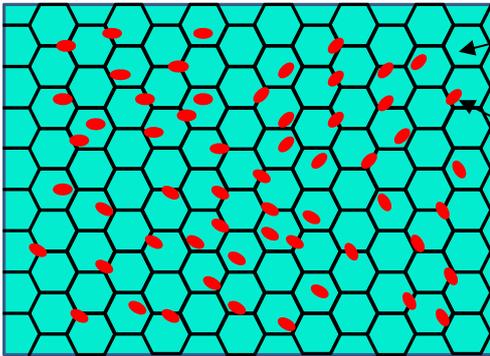


図7-1 Zr合金の温度による結晶構造の変化

【溶接前】

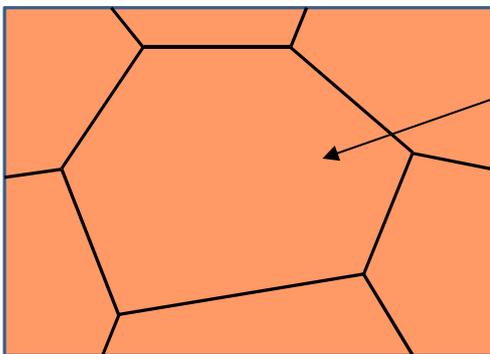


$\alpha$ 相組織 (Fe及びCrをほとんど固溶しない。)

Zr-Fe及びZr-Cr金属間化合物

微細な金属間化合物 (Zr-Fe及びZr-Cr) を分散させている。

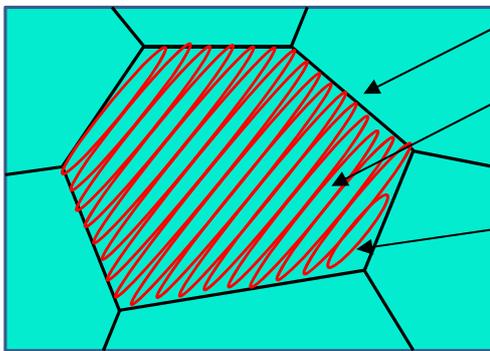
【溶接中】



$\beta$ 相組織 (Fe及びCrを固溶できる。)

約1000度以上となると $\beta$ 相に変態。  
Fe及びCrは $\beta$ 相に固溶できる。

【溶接後】



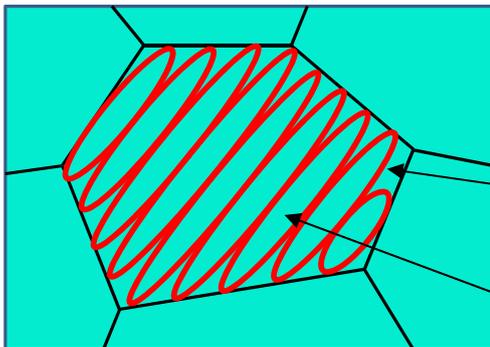
集合組織 (同じ方向性を持った針状組織が粗大な塊となったもの。)

針状組織 ( $\alpha$ 相。Fe及びCrをほとんど固溶しないため耐食性低下。)

粒界に金属間化合物 (Zr-Fe及びZr-Cr) が析出。

<冷却速度速い>

Zr合金の相変化は温度だけでなく時間 (冷却速度) にも依存する。  
→冷却速度が遅いほど、針状組織が粗大化し、耐食性が低下した領域が増加。



粒界に金属間化合物 (Zr-Fe及びZr-Cr) が析出。

針状組織 ( $\alpha$ 相。Fe及びCrをほとんど固溶しないため耐食性低下。)

<冷却速度遅い>

図7-2 Zr合金における金属組織の変態過程

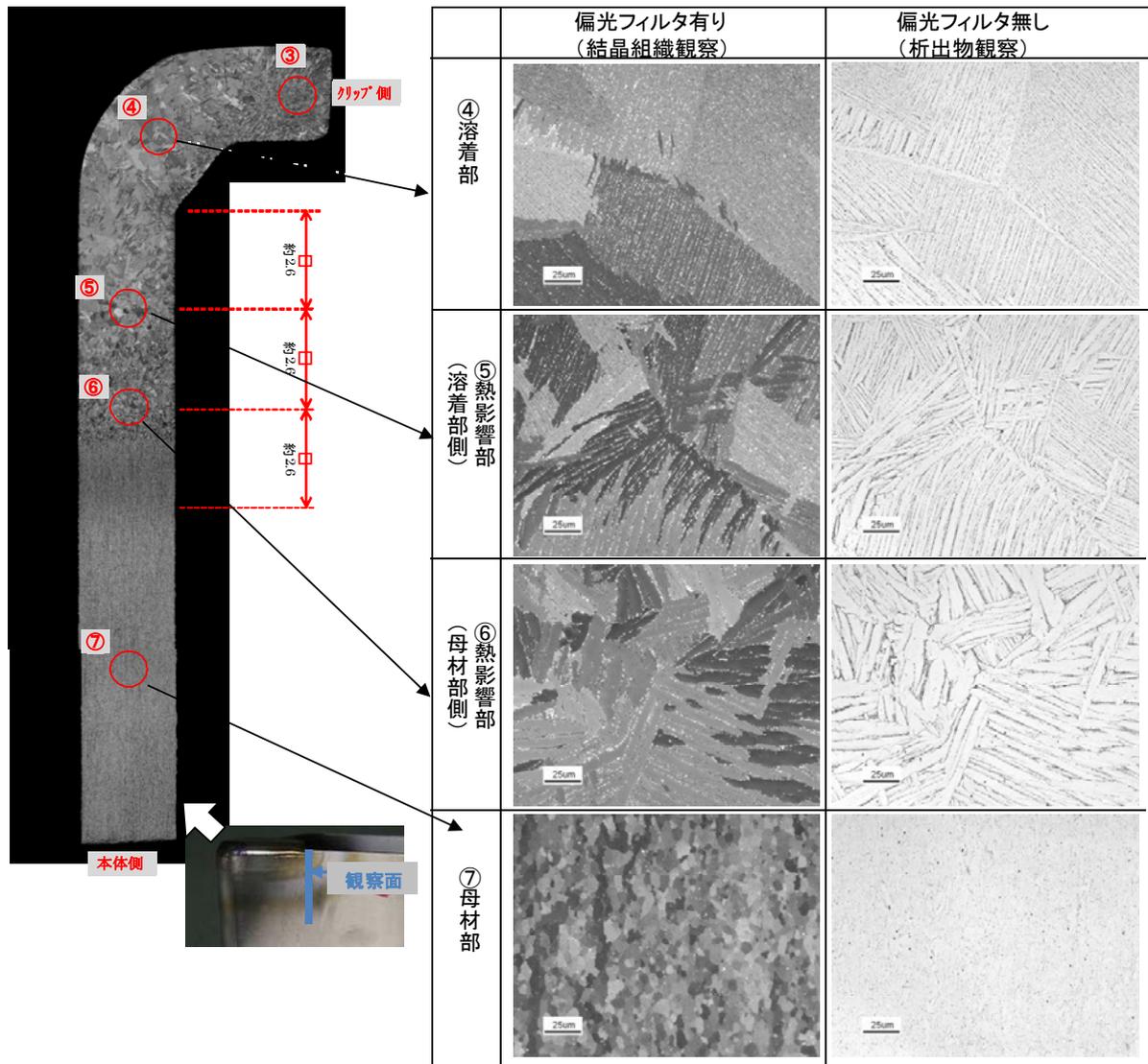


図8-1 溶接試験片(自動溶接 D面端部)における結晶組織、析出物観察結果

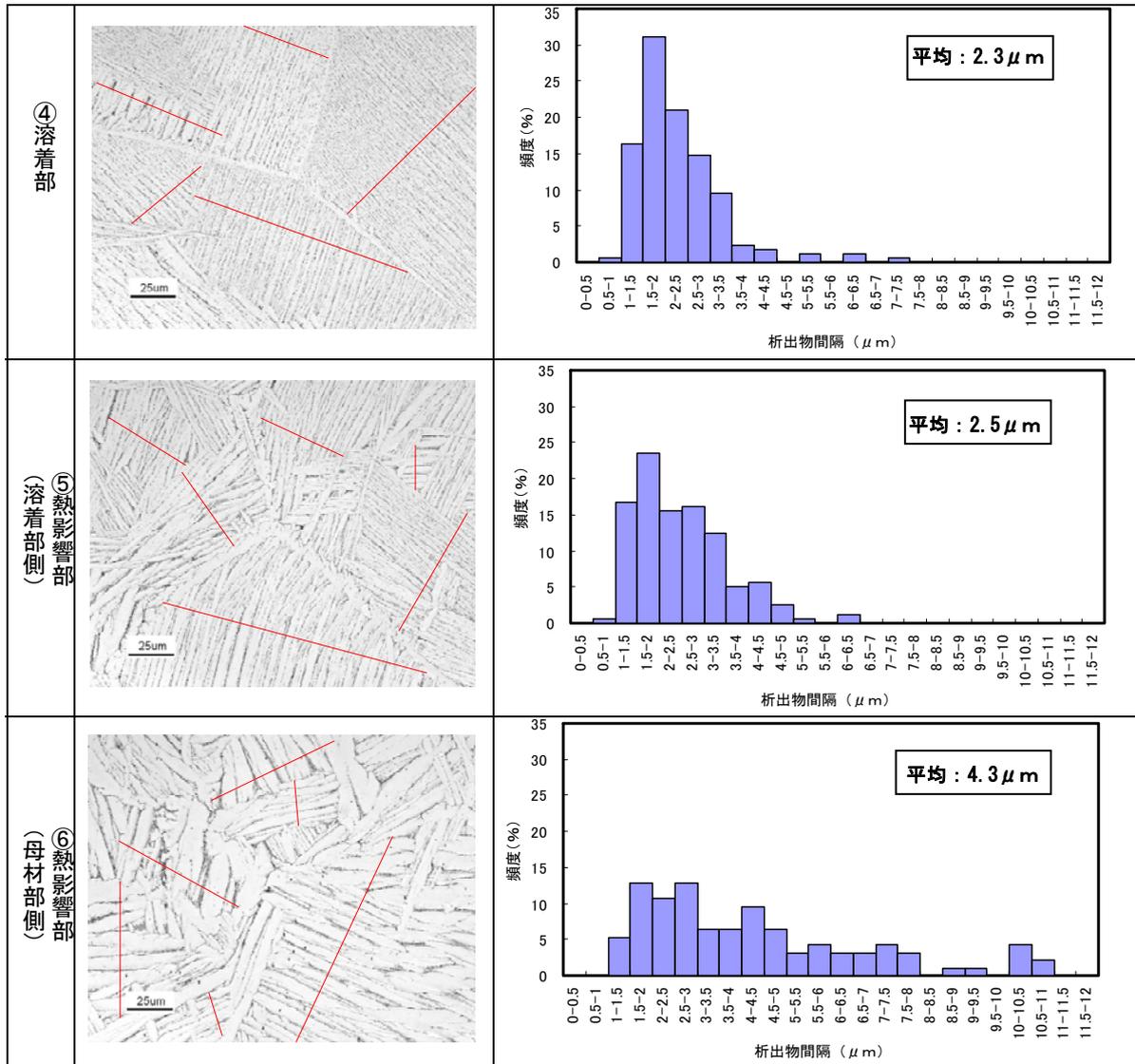


図8-2 析出物間隔の定量評価結果 (自動溶接 D面端部)

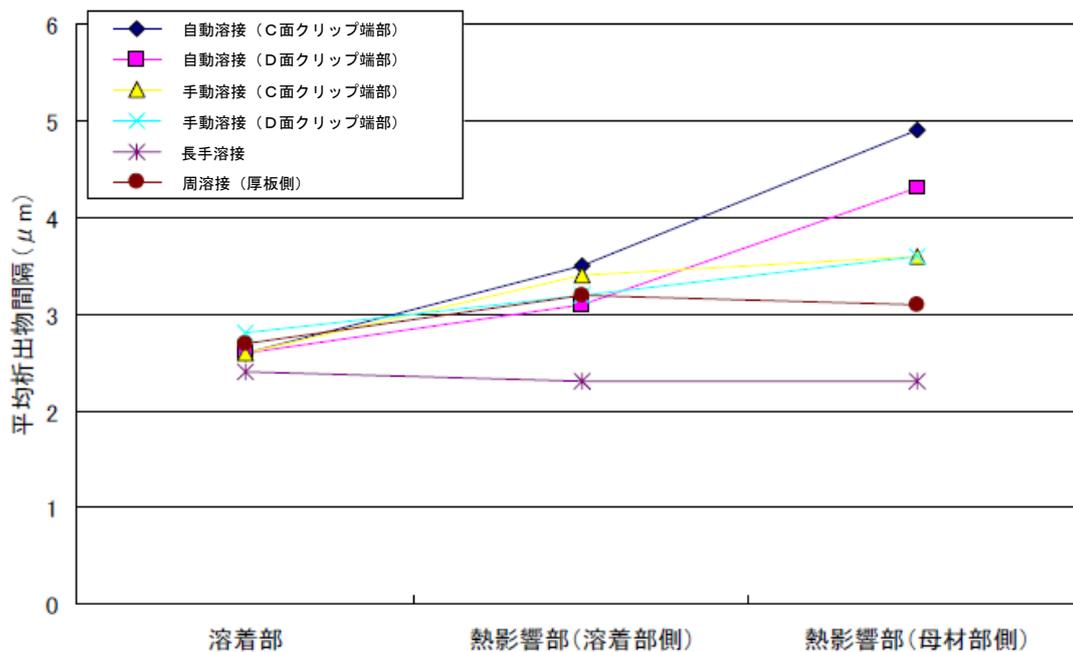


図8-3 各溶接方法における溶接部位と析出物間隔の関係

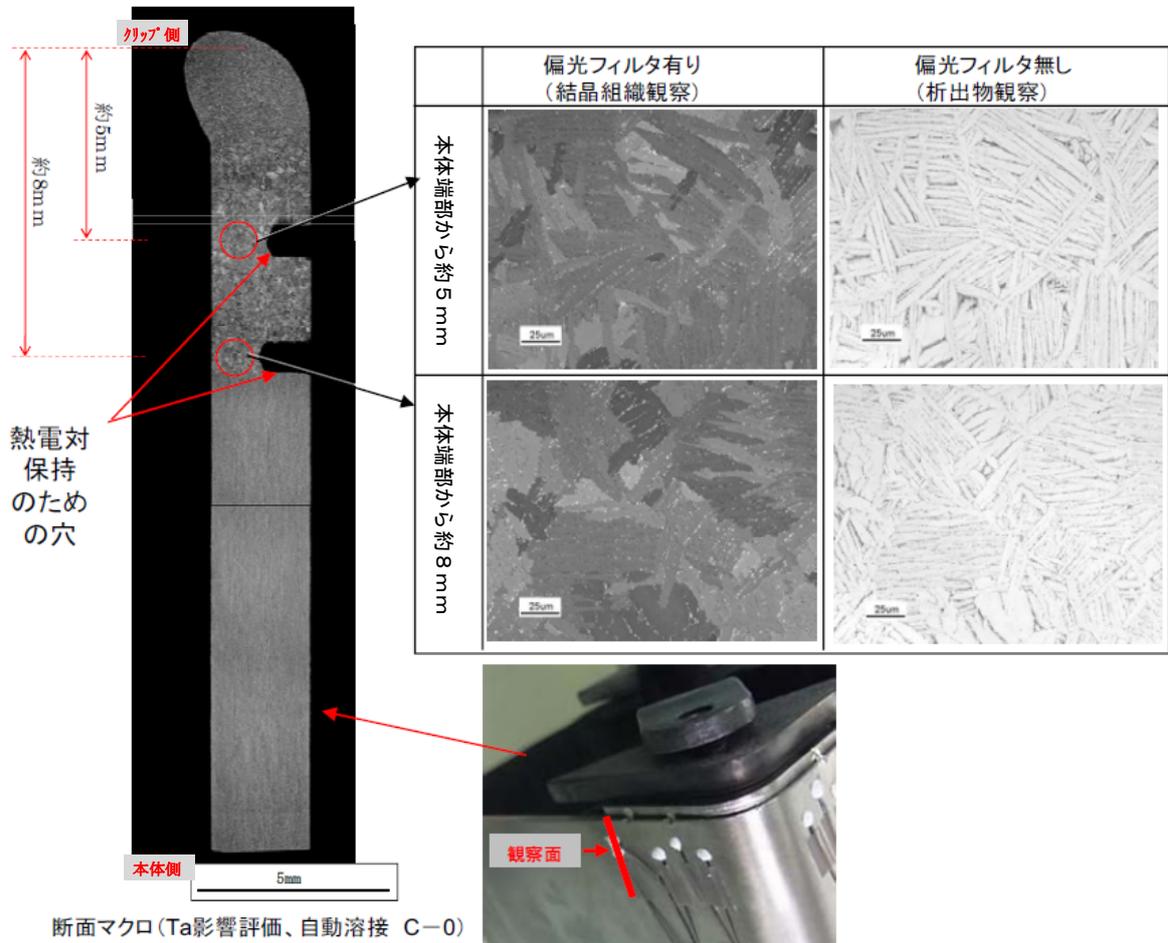


図8-4 (a) Ta板片面密着時の結晶組織、析出物観察結果 (自動溶接非密着面端部)

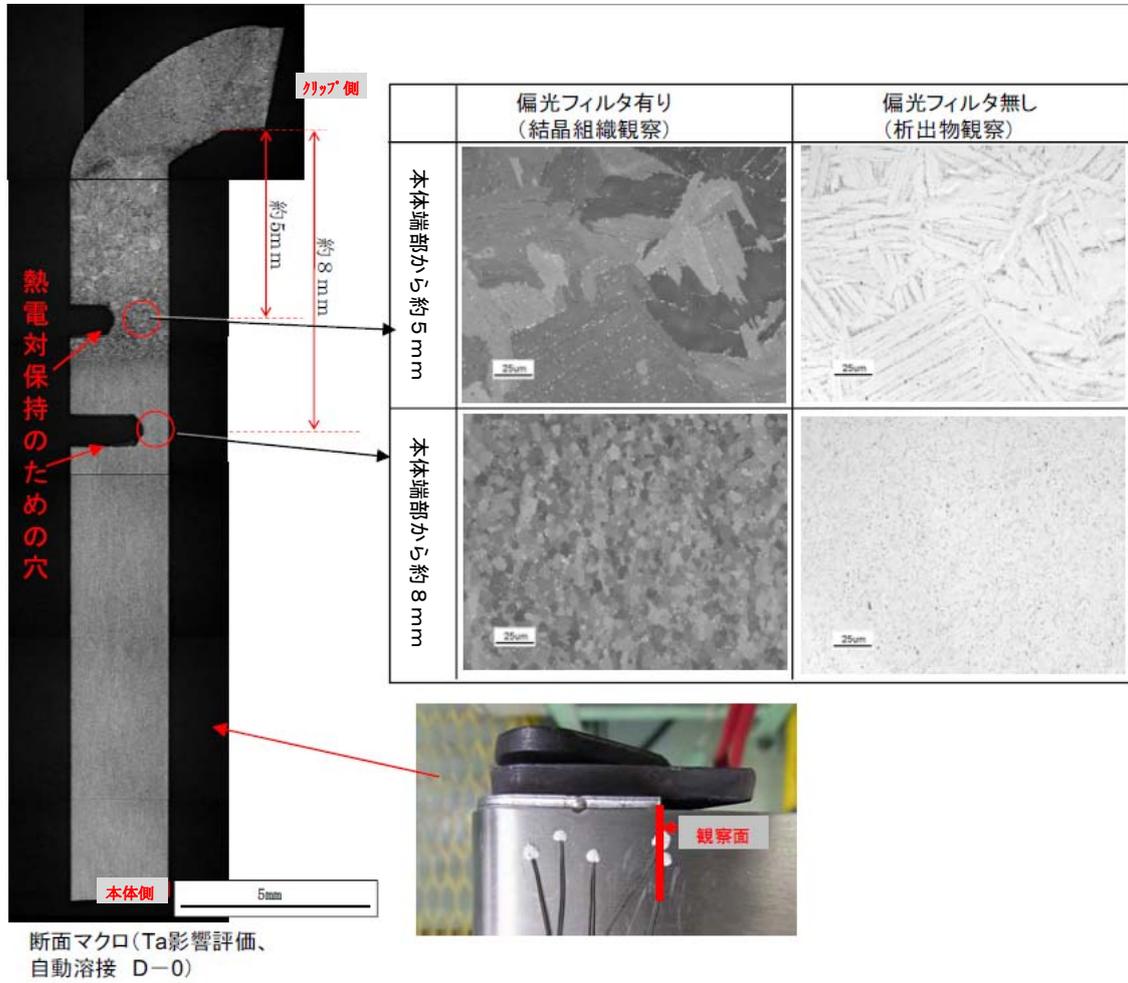


図8-4 (b) Ta板片面密着時の結晶組織、析出物観察結果 (自動溶接密着面端部)

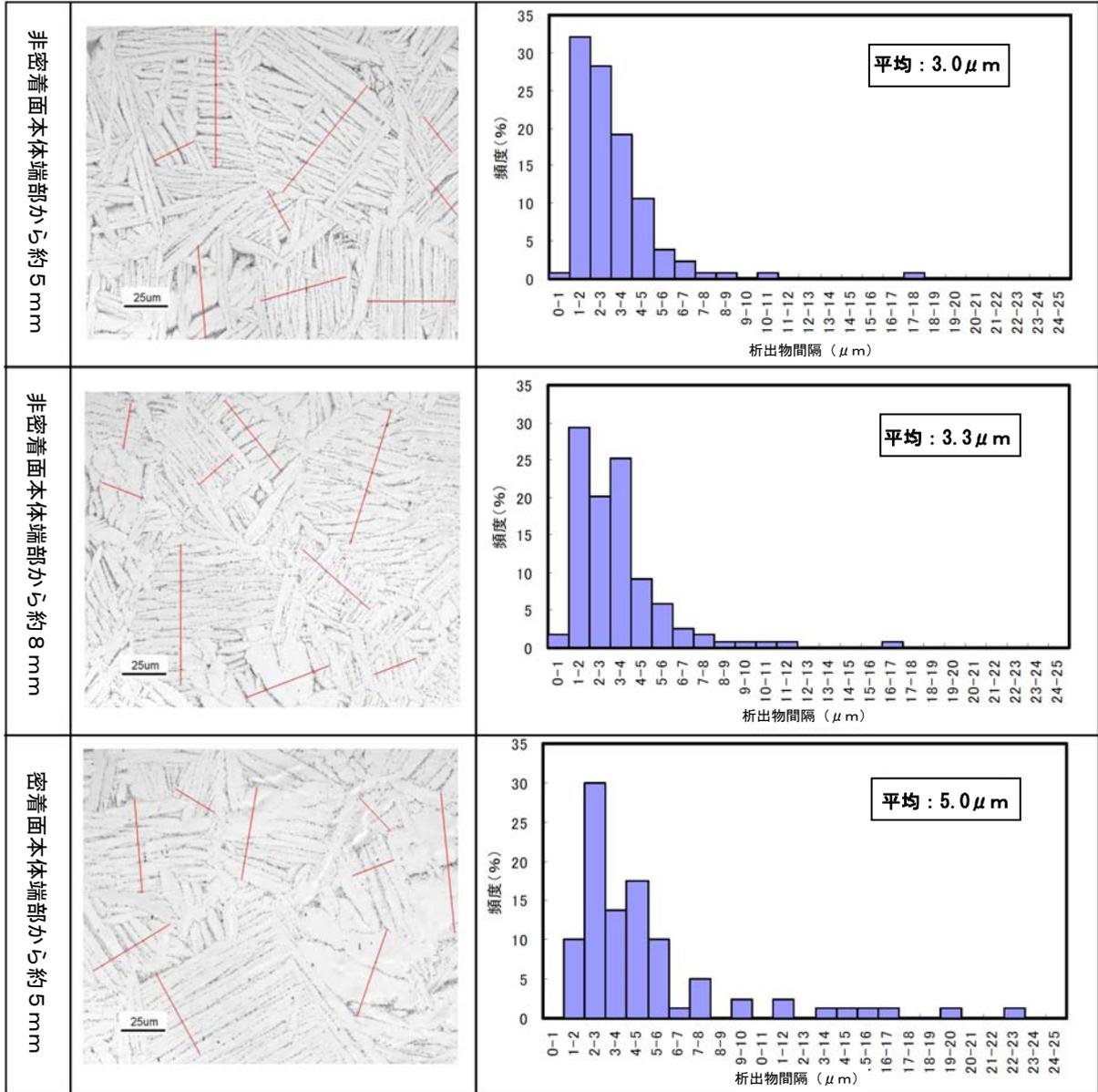
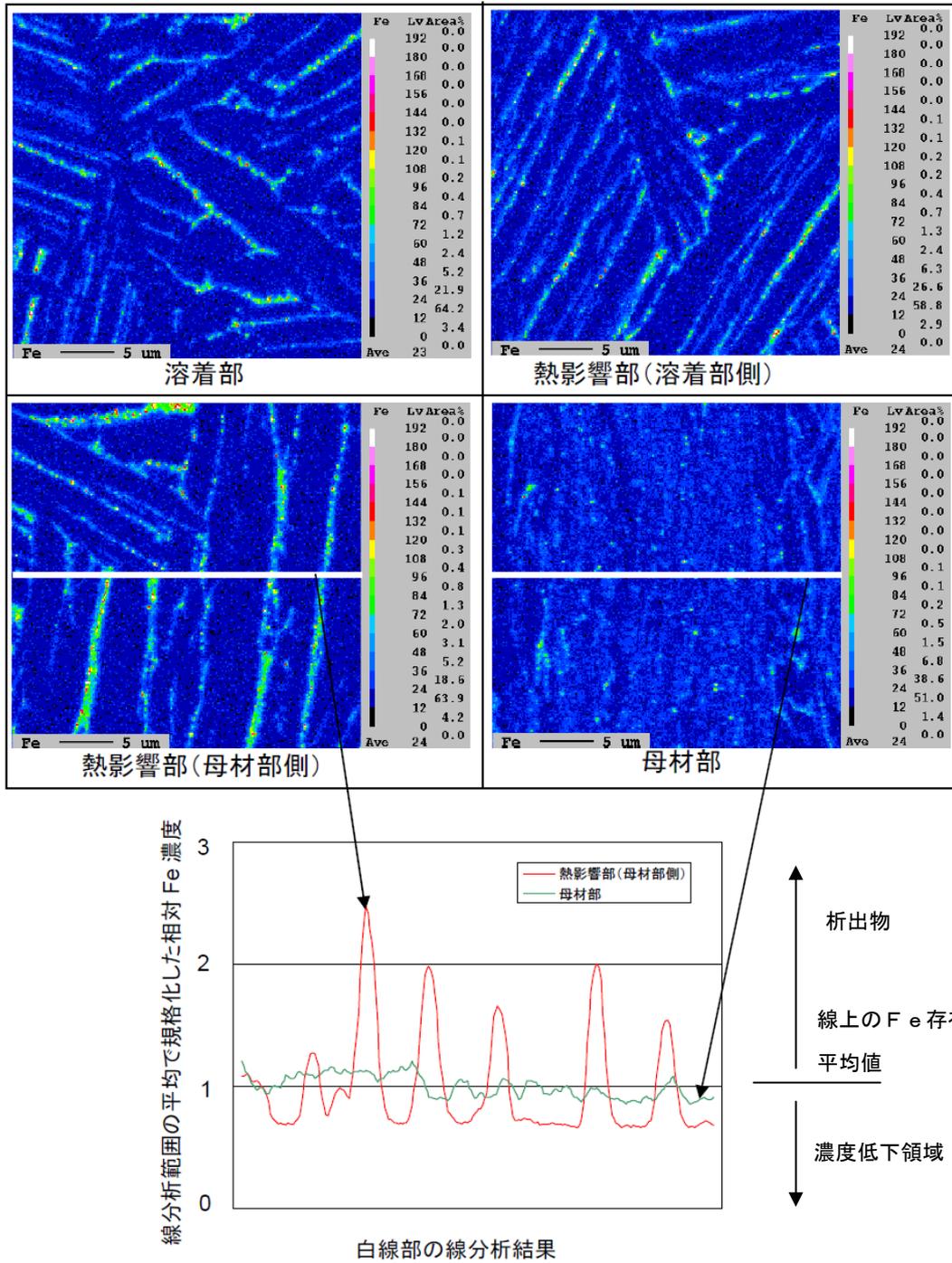


図8-5 T a板片面密着時の析出物間隔 定量評価結果



相対Fe濃度：Fe分布画像中に線を引き、線上の各位置でのFeの存在量を測定する。  
各位置での値を線上のFe存在量の平均値で規格化したもの。

図8-6 各溶接部位における相対Fe濃度の比較

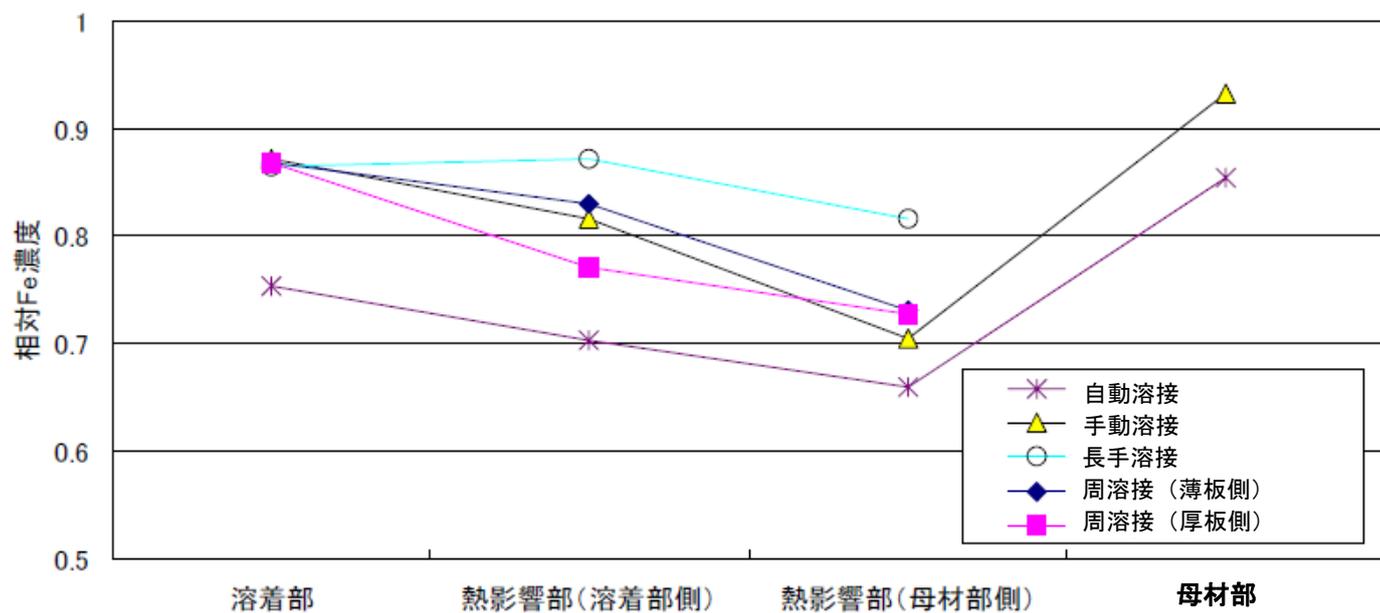
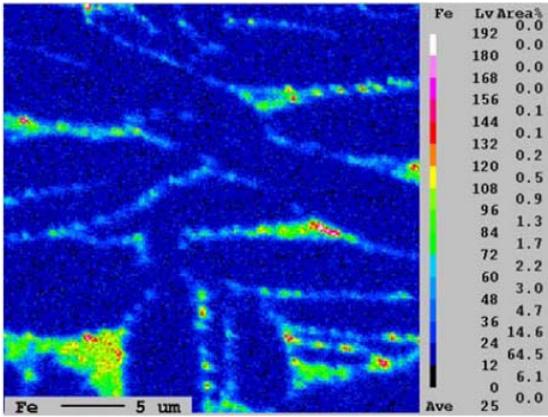
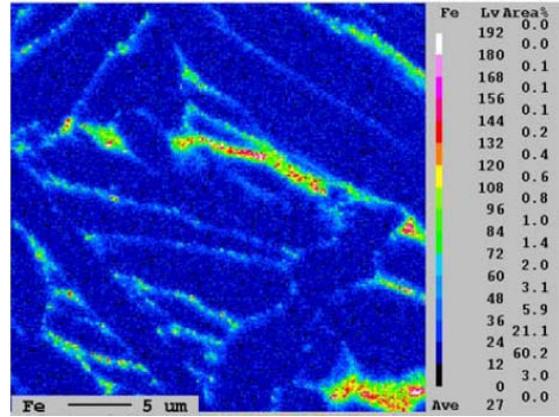


図8-7 各溶接方法における溶接部位と相対Fe濃度の関係

(1) 密着面の①箇所



(2) 非密着面の①箇所



(3) 非密着面の③箇所

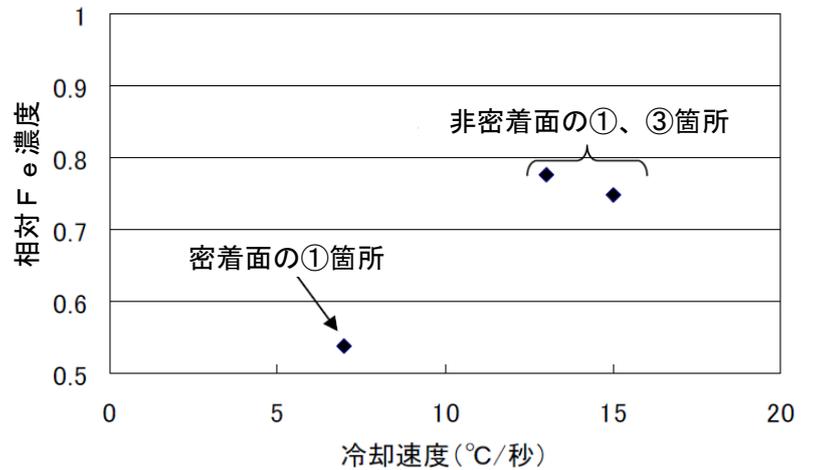
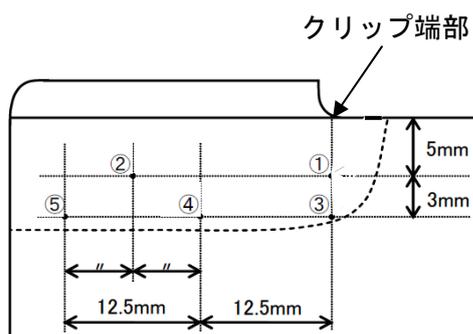
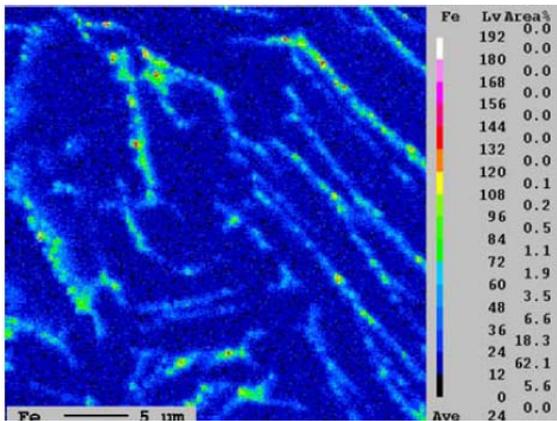


図8-8 Ta板片面密着時の相対Fe濃度の比較

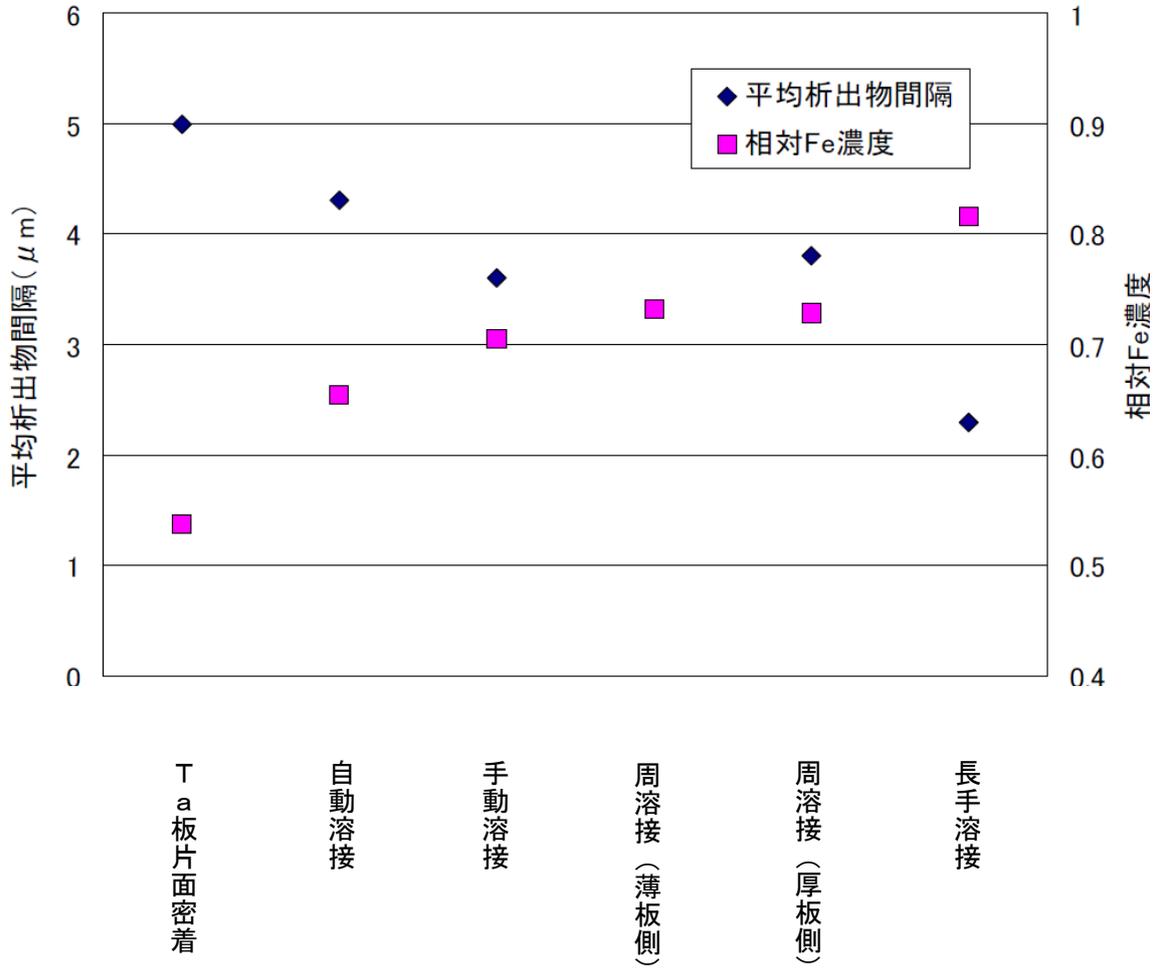


図8-9 各溶接方法における相対Fe濃度と析出物間隔の関係

表1 ジルカロイ-4の組成 (ASTM B352)

合金元素	成分量 (w t %)
S n	1. 2 0 ~ 1. 7 0
F e	0. 1 8 ~ 0. 2 4
C r	0. 0 7 ~ 0. 1 3
F e + C r	0. 2 8 ~ 0. 3 7
Z r	残り

その他不純物を含む。

酸素含有量は、受渡当事者間の協定による。

表2 試験項目一覧

試験項目		製造方法	観察対象		備考
外観観察		自動	クリップ接合部		-
			本体溶接部		
		手動	クリップ接合部		
組織観察		自動	クリップ接合部	断面	それぞれについて ・マクロ観察 ・ミクロ観察(結晶) ・ミクロ観察(析出物) を実施
				側面	
			本体溶接部	周溶接部	
				長手溶接部	
		手動	クリップ接合部	断面	
				側面	
硬さ測定		自動	クリップ接合部	断面	-
				側面	
				欠損発生部	
		手動	クリップ接合部	断面	
				側面	
				欠損発生部	
残留応力測定		自動	クリップ接合部		-
		手動			
元素分析	成分分析	自動(1, 5本目) <sup>※1</sup>	クリップ接合部		-
		手動			
	EPMA分析	自動	クリップ接合部	断面	
			本体溶接部	長手溶接部	
				周溶接部	
	手動	クリップ接合部	断面		
腐食試験		自動(1, 5本目) <sup>※1</sup>	クリップ接合部		-
		手動			
		自動(パラメータ変更 <sup>※2</sup> )			
溶接時温度測定		自動	クリップ接合部	側面	-

※1 チャンバ内のArガス置換直後であるその日の初回溶接と継続的に行われた後での溶接では溶接時の雰囲気の違いがある可能性を考慮

※2 表3参照

表 3 溶接条件影響評価試験片の溶接条件 (1 / 3)

試験片	シールドガス流量 影響評価		アフターシールドガス流量 影響評価
	規定通り	規定通り	
電流	規定通り	規定通り	規定通り
電圧	規定通り	規定通り	規定通り
Arパーセント時間	40分以上	40分以上	40分以上
シールドガス流量	0 L / min	規定値の2.5倍	規定通り
アフターシールドガス 流量	規定通り	規定通り	規定値の1 / 3
溶接開始時 溶接トーチ保持時間	規定通り (18秒または11秒)	規定通り (18秒または11秒)	規定通り (18秒または11秒)
その他条件	-	-	-
目的	シールドガス流量不足による 空気混入を想定	シールドガス流量が大きい ことによる空気巻き込みを 想定	Ar雰囲気環境が維持され ないことによる空気混入を 想定

表 3 溶接条件影響評価試験片の溶接条件 (2 / 3)

試験片	パーージ時間 影響評価	空気混入 影響評価	湿度 影響評価
電流	規定通り	規定通り	規定通り
電圧	規定通り	規定通り	規定通り
A rパーージ時間	1分	40分以上	40分以上
シールドガス流量	規定通り	規定通り	規定通り
アフターシールドガス 流量	規定通り	規定通り	規定通り
溶接開始時 溶接トーチ保持時間	規定通り (18秒または11秒)	規定通り (18秒または11秒)	規定通り (18秒または11秒)
その他条件	-	※1	※2
目的	溶接開始前のA rパーージ時 間の不足による空気残存を 想定	チャンバ内に空気が混入し たことによる影響を確認	チャンバ内に湿分が混入し たことによる影響を確認

※1 アフターシールドガスに1L/minにて空気を混入

※2 チャンバ内に水分を含ませたガーゼを配置

表 3 溶接条件影響評価試験片の溶接条件 (3 / 3)

試験片	溶接面 影響評価	入熱 影響評価	電流値 影響評価	
溶 接 条 件	電流	規定通り	規定値の約 1.5 倍	
	電圧	規定通り	規定通り	
	A r パージ時間	40分以上	40分以上	
	シールドガス流量	規定通り	規定通り	
	アフターシールドガス 流量	規定通り	規定通り	
	溶接開始時 溶接トーチ保持時間	規定通り (18秒または11秒)	99秒	規定通り (18秒または11秒)
	その他条件	-	-	-
	目的	溶接開始面の違いによる影 響を確認	アークを出した状態で溶接 トーチを長時間保持したこ とによる大きな入熱を想定	電流値を大きくしたことに よる大きな入熱を想定

表4 C/B溶接における入熱量

溶接部位		範囲	入熱量 ※2 (kJ/cm)
神戸製鋼製C/B	クリップ端部(18秒保持)	端部～約6mm	約40
	クリップ端部(11秒保持)	端部～約6mm	約33
	クリップ中央端部寄り	約6mm～約18mm ※1	約24
	クリップコーナー部付近	約31mm～約39mm ※1	約6
	長手溶接部	全範囲	約4
	周溶接部	全範囲	約10
Car Tech製C/B (平成9年(1997年)以前)		全範囲	約16
Car Tech製C/B (平成10年(1998年)以降)		全範囲	約8
日立製C/B (平成14年以前)		全範囲	約8
日立製C/B (平成14年以降)		全範囲	約9

※1 約18mm～約31mmにおいては一定の割合で入熱量は減少

※2 板厚100ミルC/Bの溶接における入熱量を表記

## 別紙1 外観観察

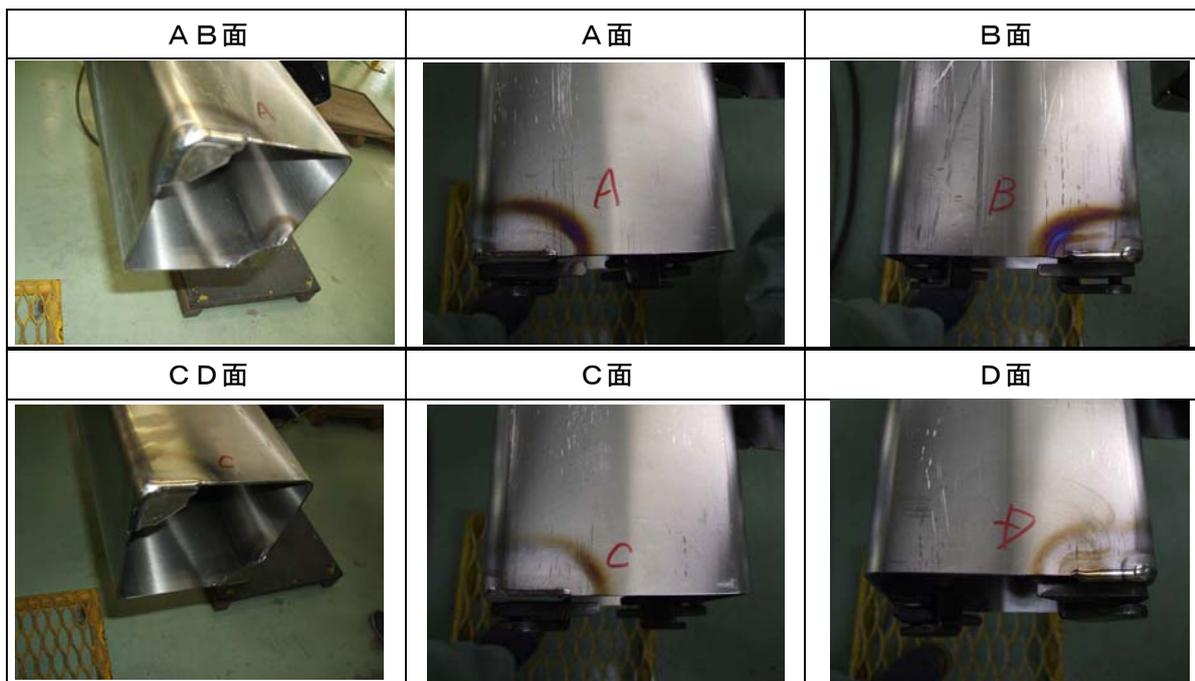
C/B試験片の製造時点での傷や変色の状況を確認することを目的に外観観察を実施した。

## 1. 観察対象

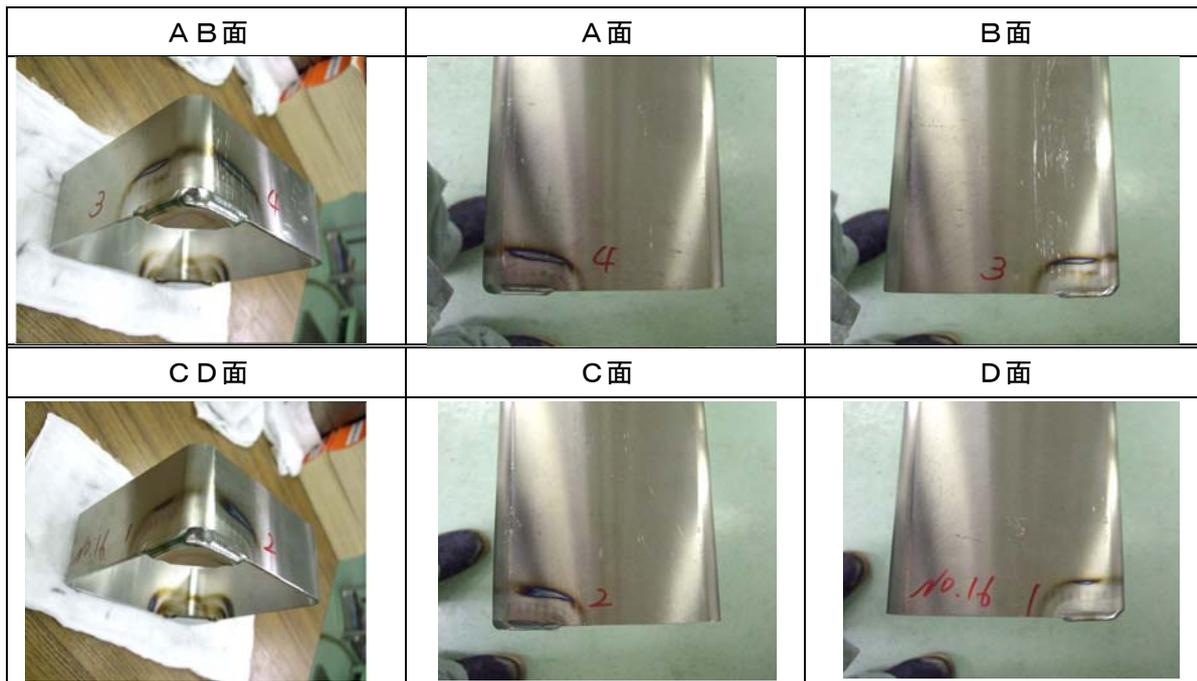
下記のC/B試験片を外観観察対象とした。

- ①自動溶接試験片
- ②手動溶接試験片
- ③周溶接試験片
- ④長手溶接試験片

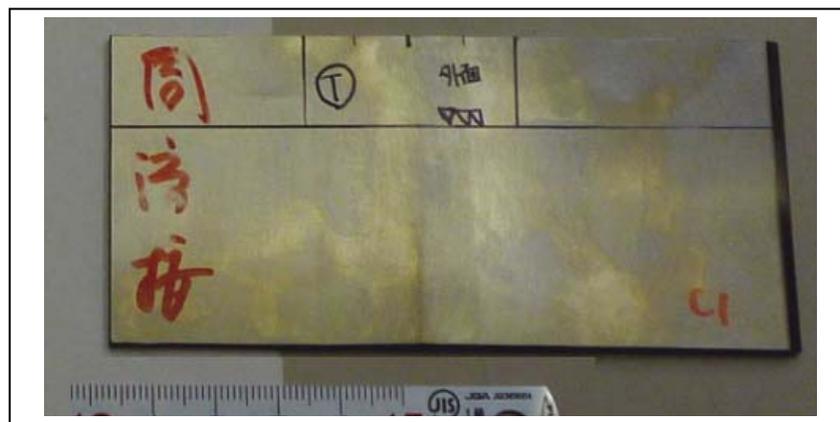
## 2. 結果



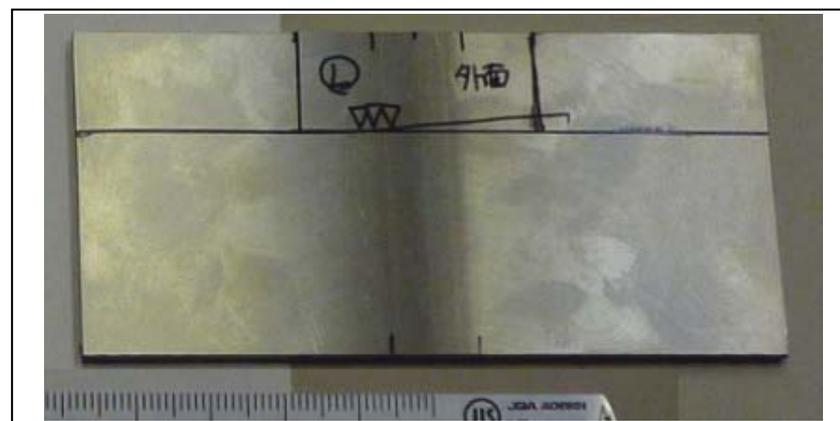
別紙1-図1 外観観察結果（自動溶接試験片）



別紙 1 - 図 2 外觀觀察結果 (手動溶接試験片)



別紙 1 - 図 3 外觀觀察結果 (周溶接試験片)



別紙 1 - 図 4 外觀觀察結果 (長手溶接試験片)

## 別紙2 組織観察

C/B試験片のクリップ接合部における断面，側面，及びC/B本体溶接部である周溶接部断面，長手溶接部断面に対してそれぞれ，マクロ組織観察，ミクロ結晶組織観察及びミクロ析出物観察を実施した。

## 1. 観察条件

## (1) 観察対象

- ・自動溶接試験片 (A, B, C, D面)
- ・手動溶接試験片 (A, B, C, D面)
- ・周溶接試験片
- ・長手溶接試験片

## (2) 倍率

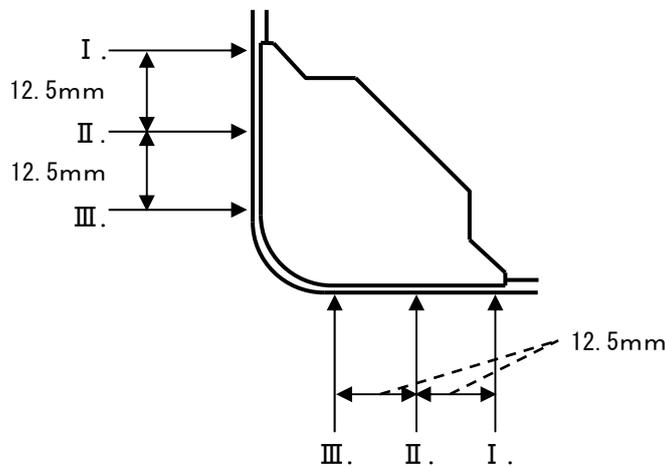
- ・断面マクロ観察：10倍
- ・側面マクロ観察：1倍
- ・ミクロ観察（結晶組織（偏光フィルタ有））：400倍
- ・ミクロ観察（析出物（偏光フィルタ無））：400倍

## 2. 観察位置

## (1) 断面観察位置

## a. 断面マクロ観察位置

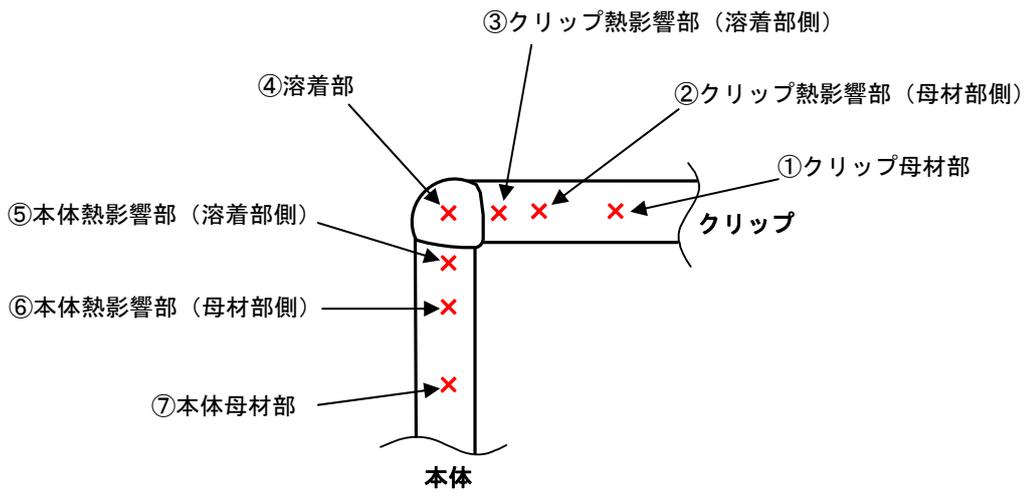
- I. クリップ端部
- II. クリップ端部から12.5mm
- III. クリップ端部から25mm



断面マクロ観察位置

b. 断面マイクロ観察位置

- ① : クリップ母材部
- ② : クリップ熱影響部 (母材部側)
- ③ : クリップ熱影響部 (溶着部側)
- ④ : 溶着部
- ⑤ : 本体熱影響部 (溶着部側)
- ⑥ : 本体熱影響部 (母材部側)
- ⑦ : 本体母材部



断面マイクロ観察位置

(2) 側面観察位置

a. 側面マクロ観察位置

各面のC/B上部（クリップ）を側面から観察する。

b. 側面ミクロ観察位置

I. ⑤：クリップ端部－本体熱影響部（溶着部側）

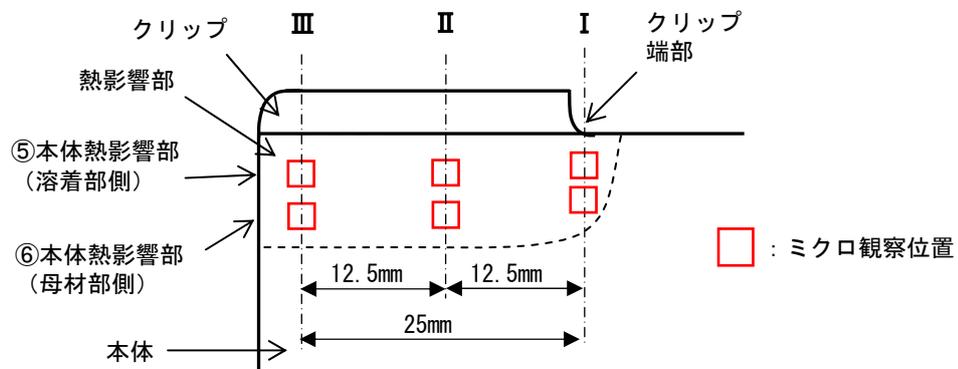
I. ⑥：クリップ端部－本体熱影響部（母材部側）

II. ⑤：クリップ端部から12.5mm－本体熱影響部（溶着部側）

II. ⑥：クリップ端部から12.5mm－本体熱影響部（母材部側）

III. ⑤：クリップ端部から25mm－本体熱影響部（溶着部側）

III. ⑥：クリップ端部から25mm－本体熱影響部（母材部側）



側面マクロ及びミクロ観察位置

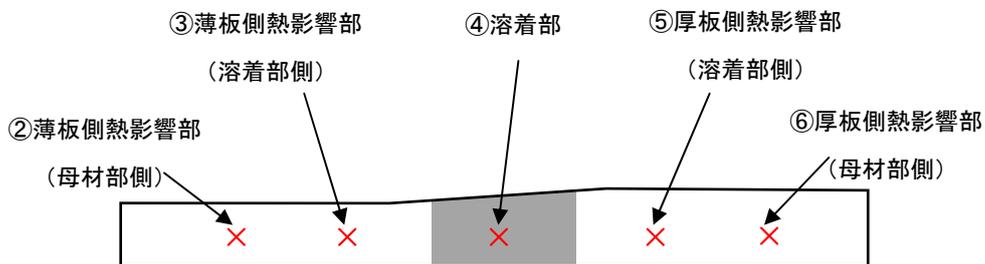
(3) 周溶接部観察位置

a. 断面マクロ観察位置

- ・周溶接部断面

b. 断面ミクロ観察位置

- ② : 薄板側熱影響部 (母材部側)
- ③ : 薄板側熱影響部 (溶着部側)
- ④ : 溶着部
- ⑤ : 厚板側熱影響部 (溶着部側)
- ⑥ : 厚板側熱影響部 (母材部側)



周溶接部ミクロ観察位置

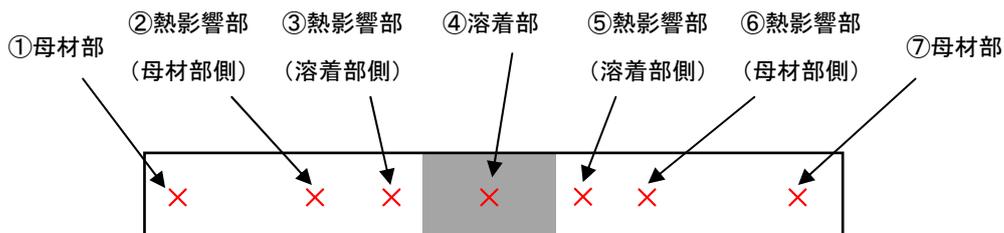
(4) 長手溶接部観察位置

a. 断面マクロ観察位置

- ・長手溶接部断面

b. 断面ミクロ観察位置

- ① ⑦ : 母材部
- ② ⑥ : 熱影響部 (母材部側)
- ③ ⑤ : 熱影響部 (溶着部側)
- ④ : 溶着部

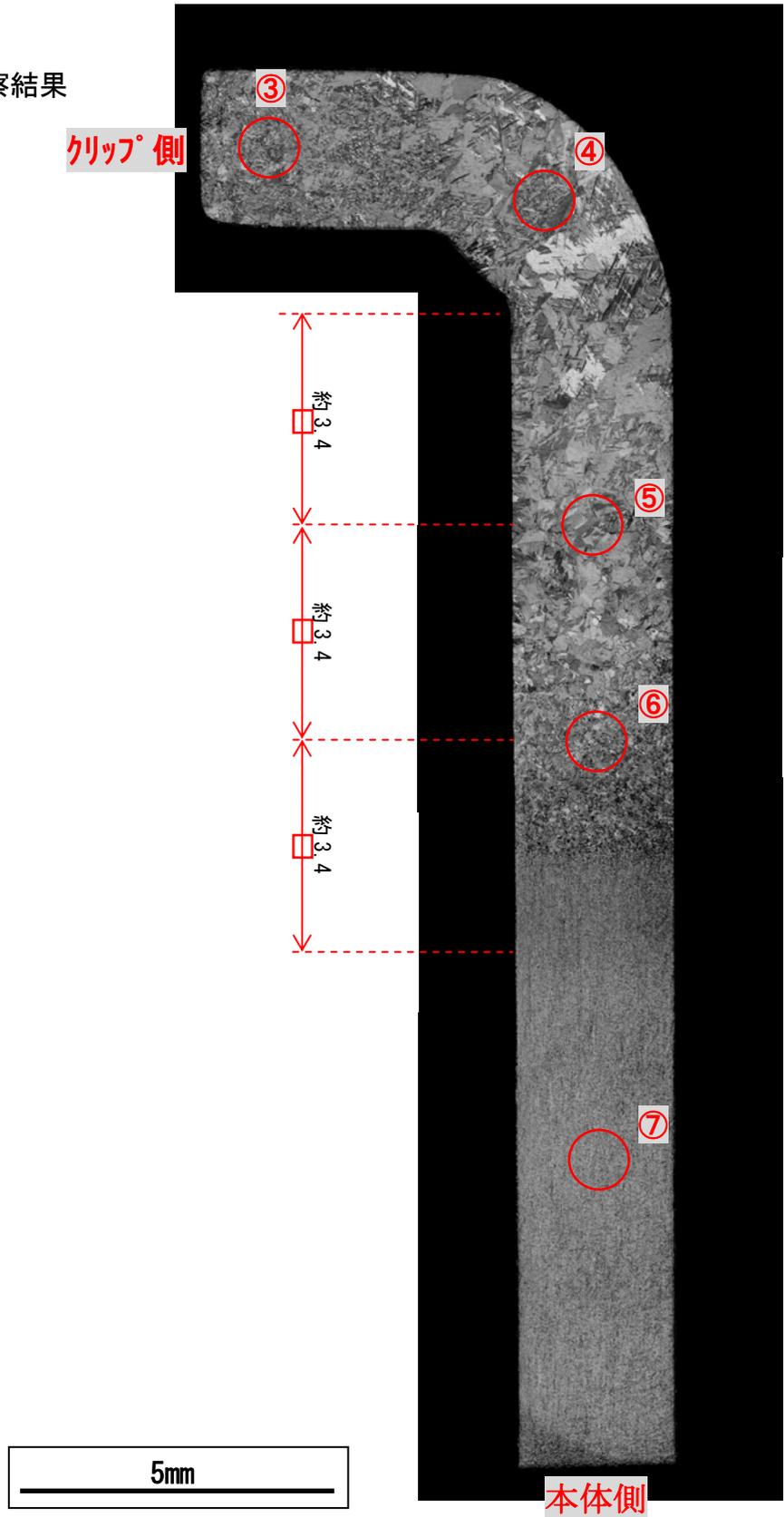


長手溶接部ミクロ観察位置

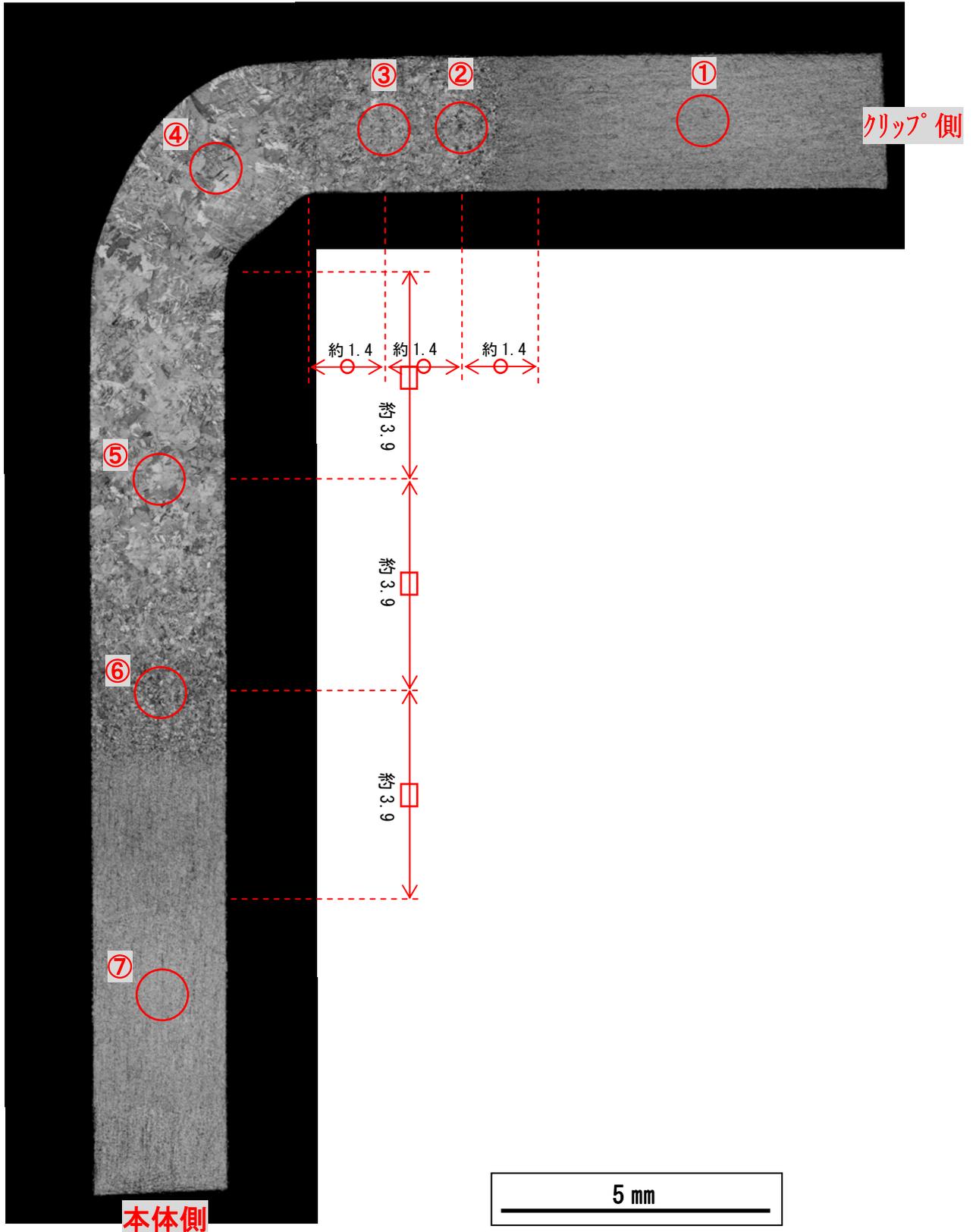
3. 観察結果

(1) 断面観察結果

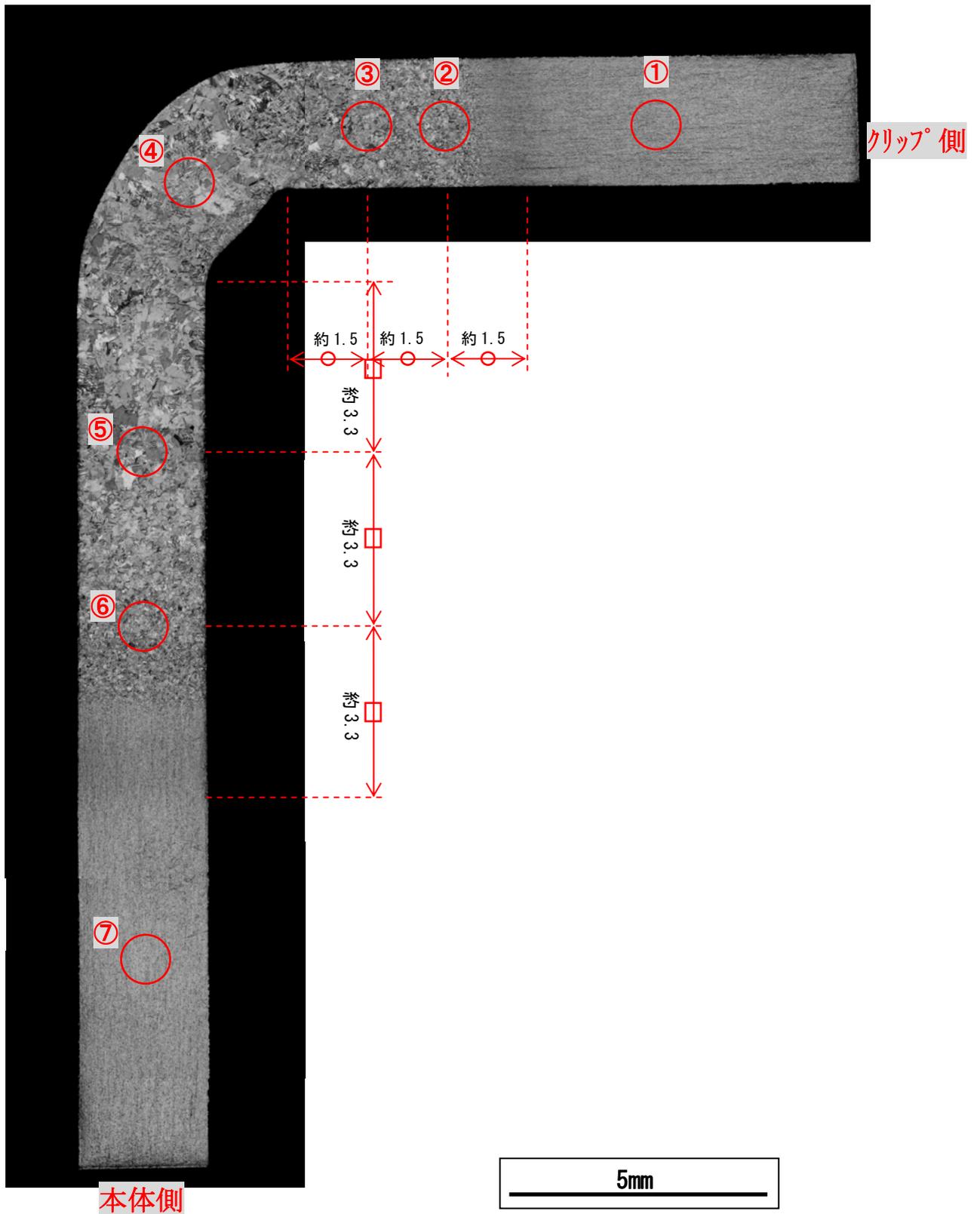
a. 断面マクロ観察結果



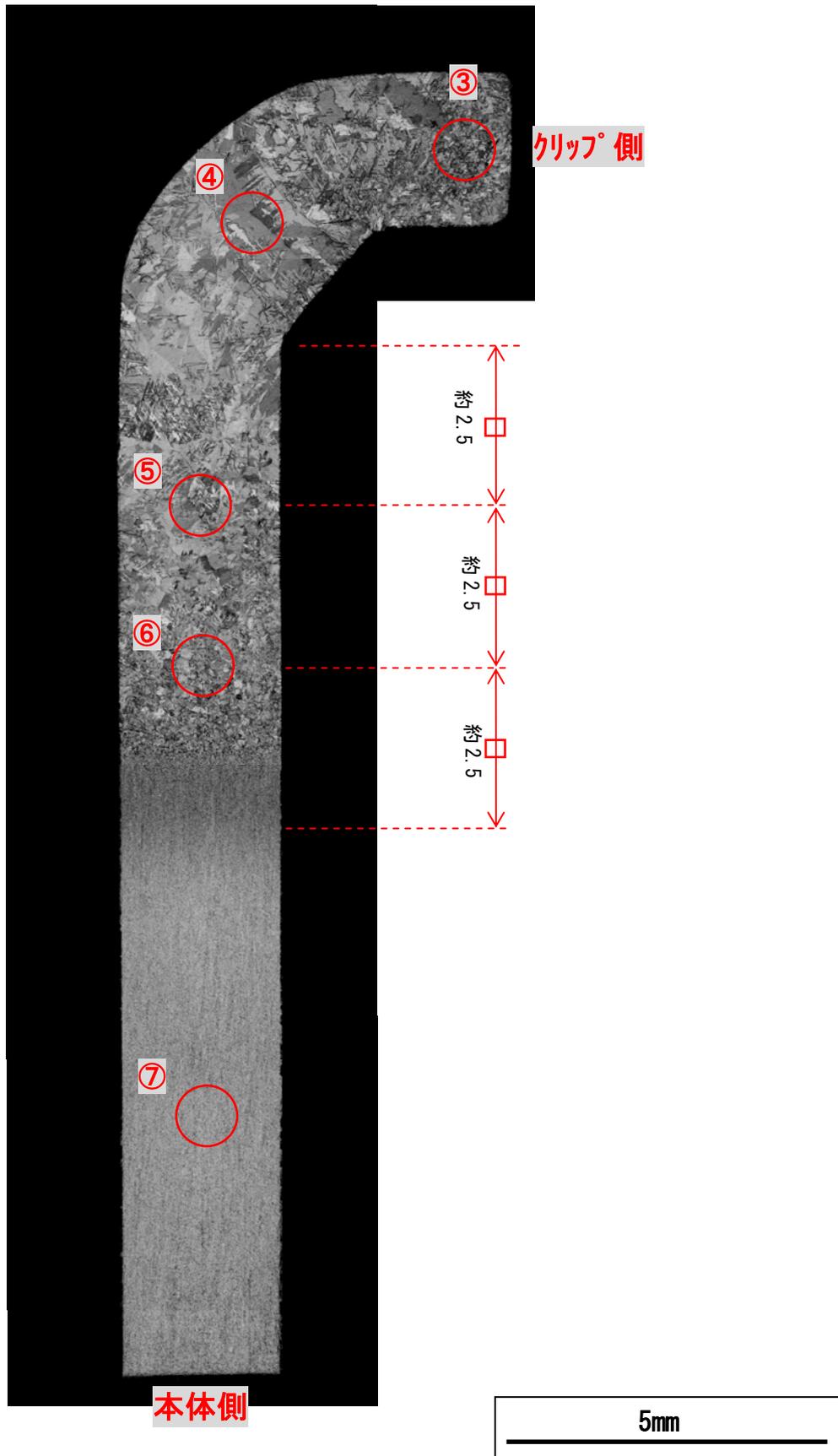
別紙2-図1-1 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 A面 クリップ端部)



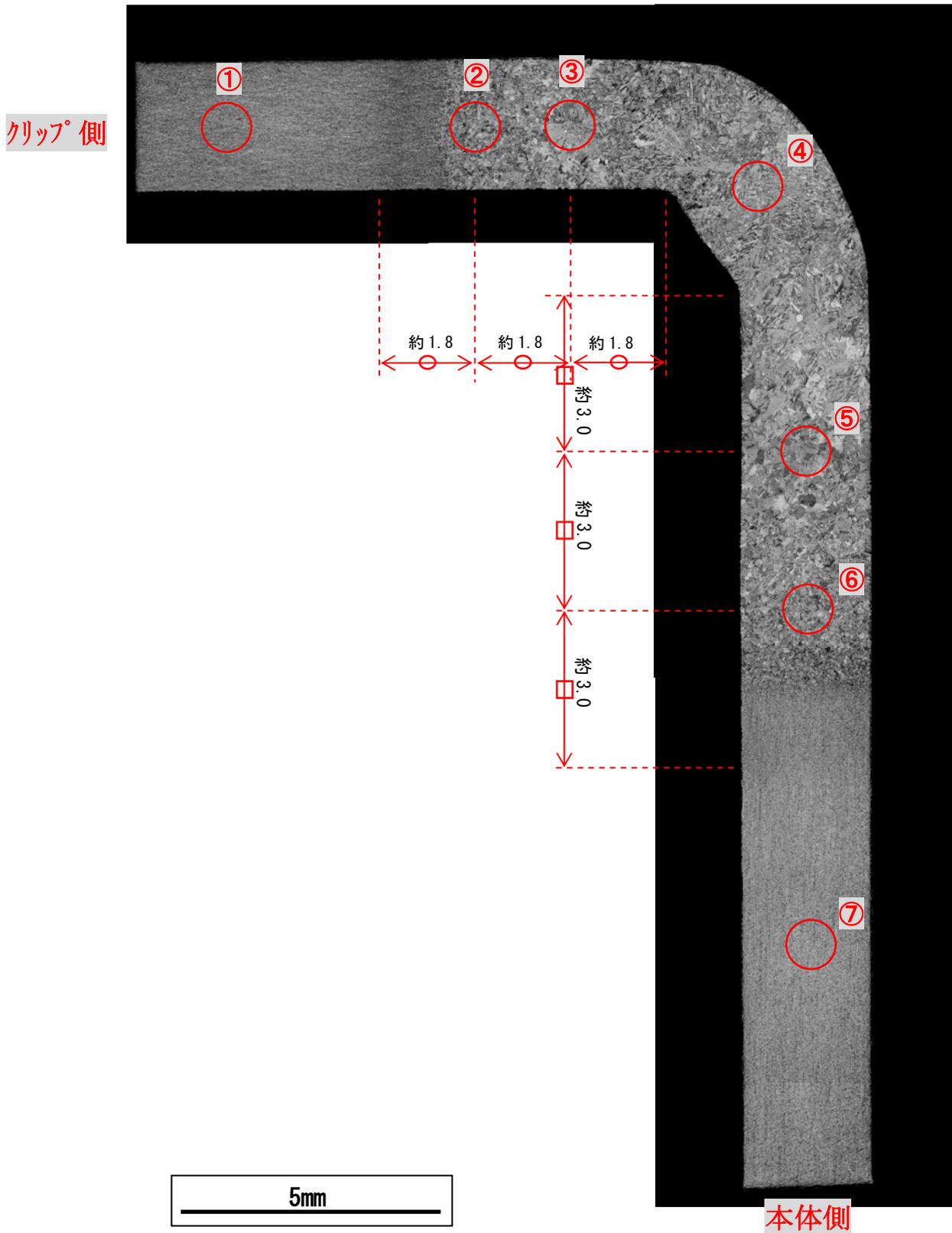
別紙2-図1-2 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 A面 クリップ端部から12.5mm)



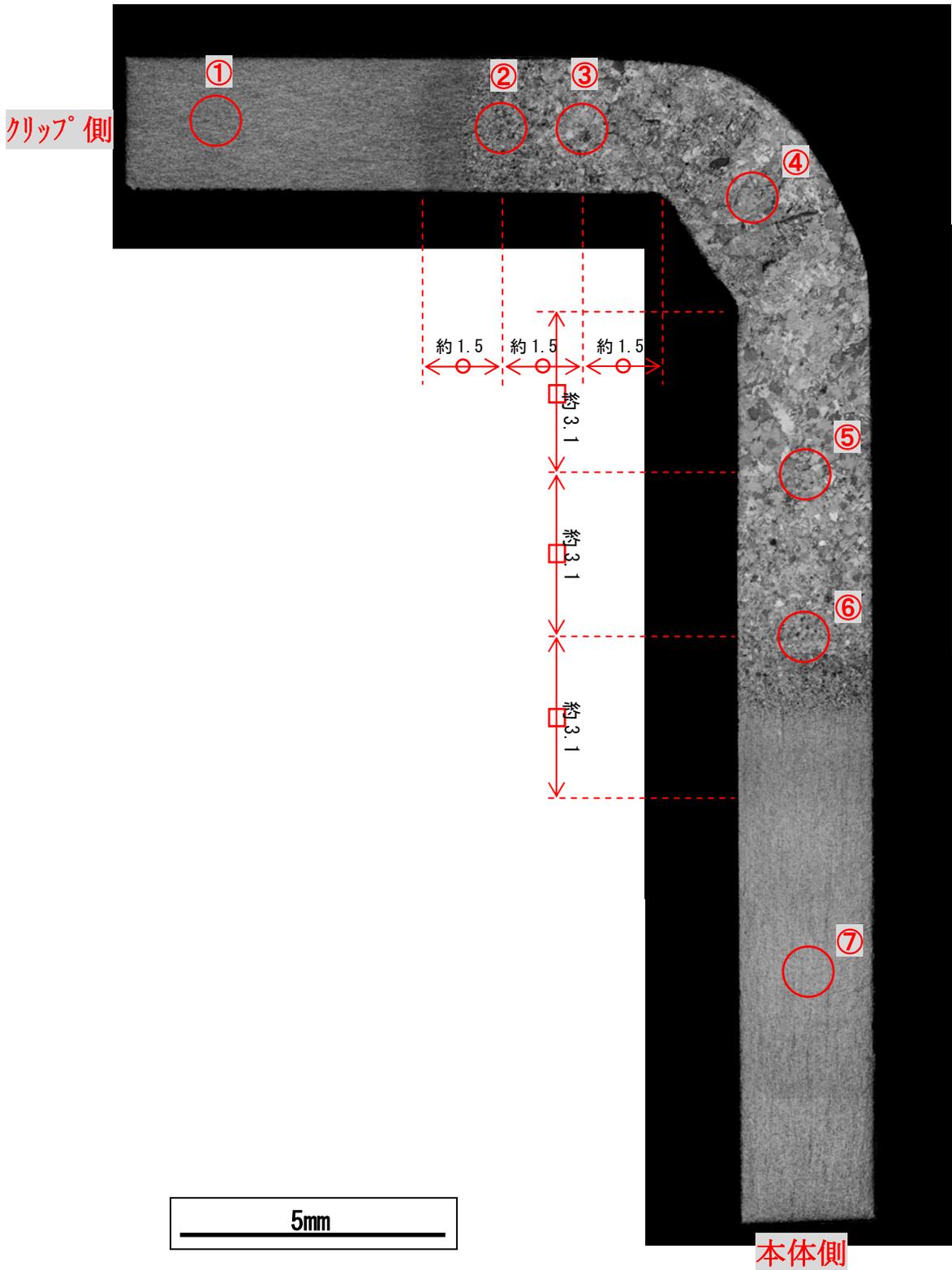
別紙 2 - 図 1 - 3 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 A 面 クリップ端部から 25 mm)



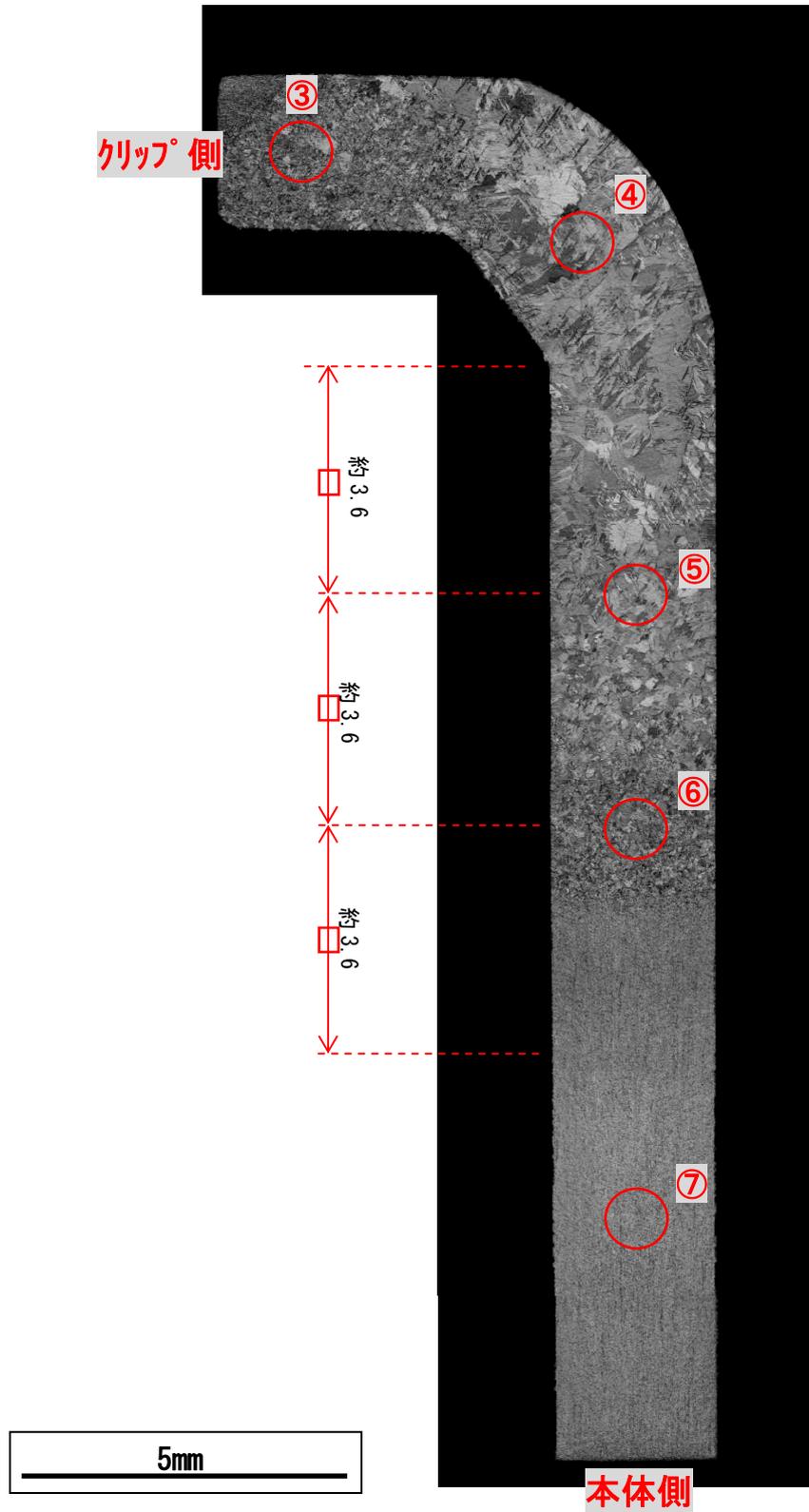
別紙 2-図 1-4 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 B面 クリップ端部)



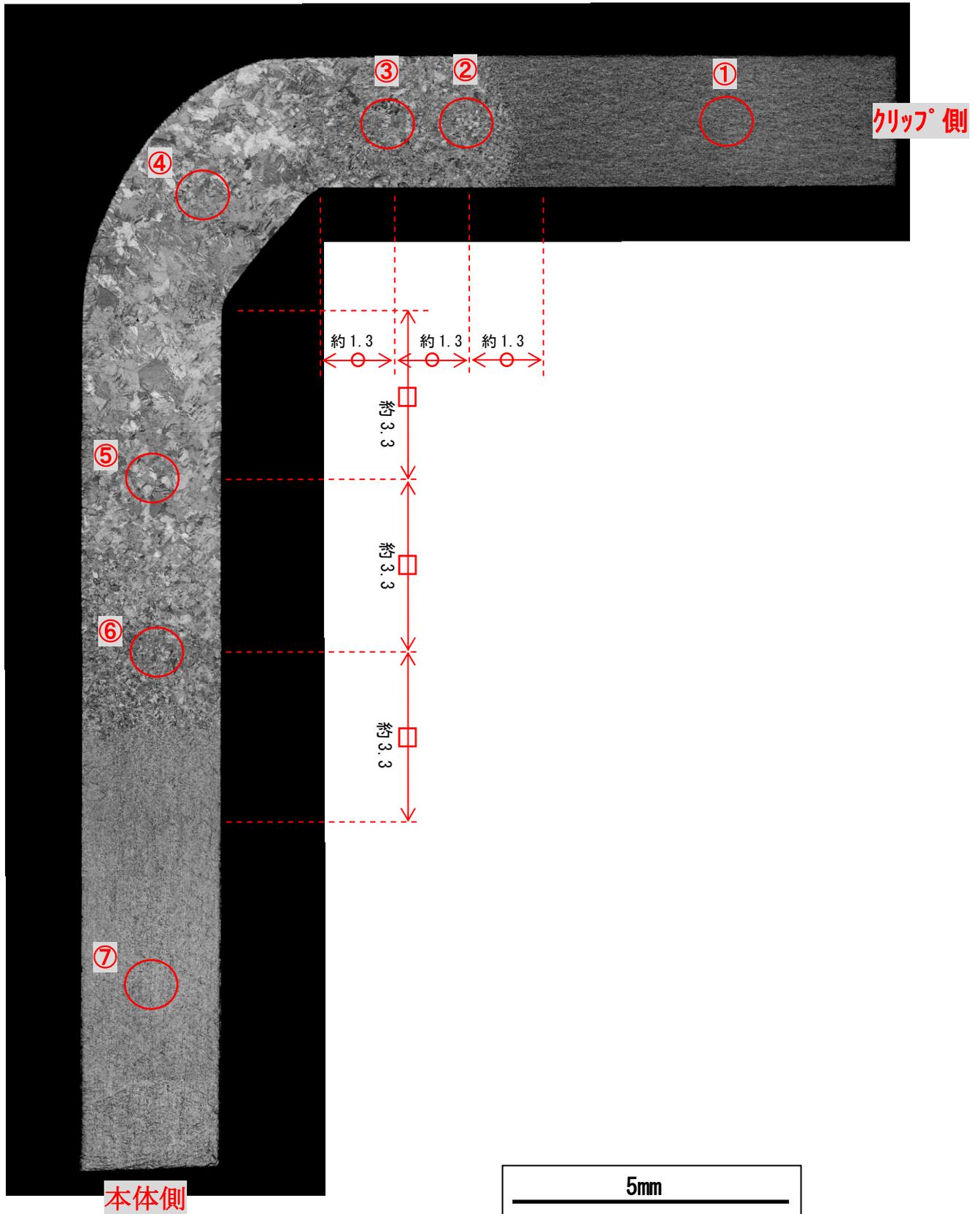
別紙2-図1-5 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 B面 クリップ端部から12.5mm)



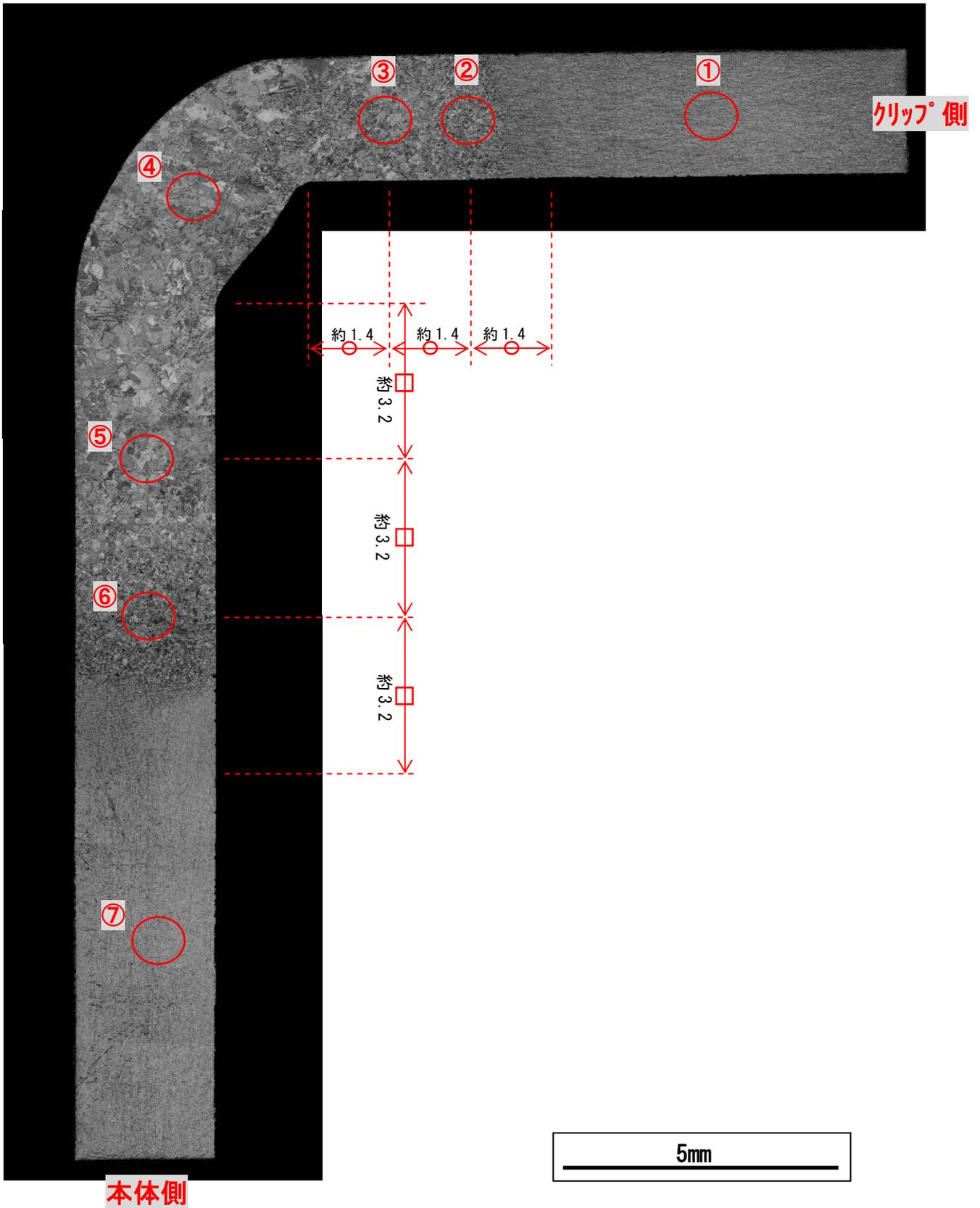
別紙2-図1-6 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 B面 クリップ端部から25mm)



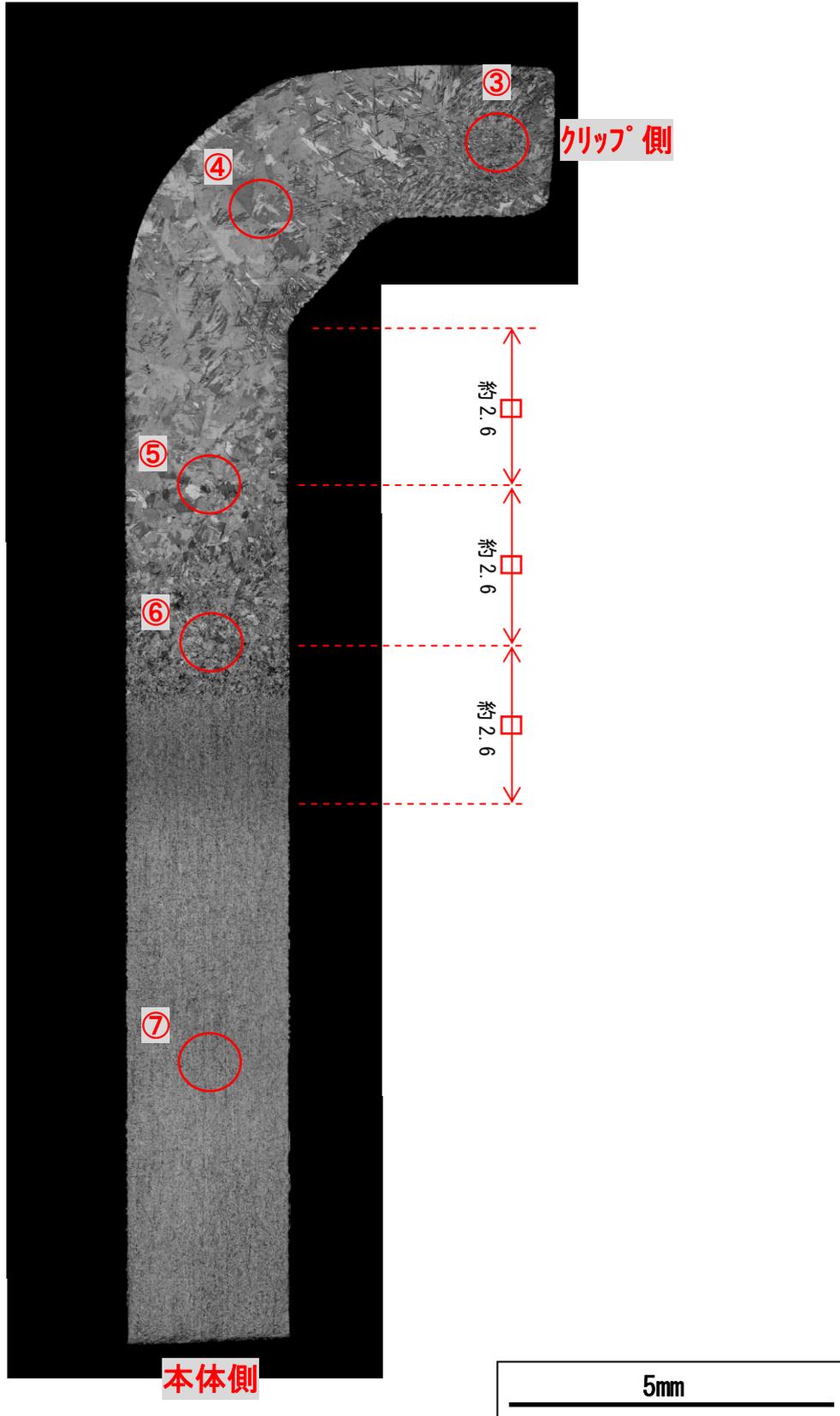
別紙2-図1-7 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 C面 クリップ端部)



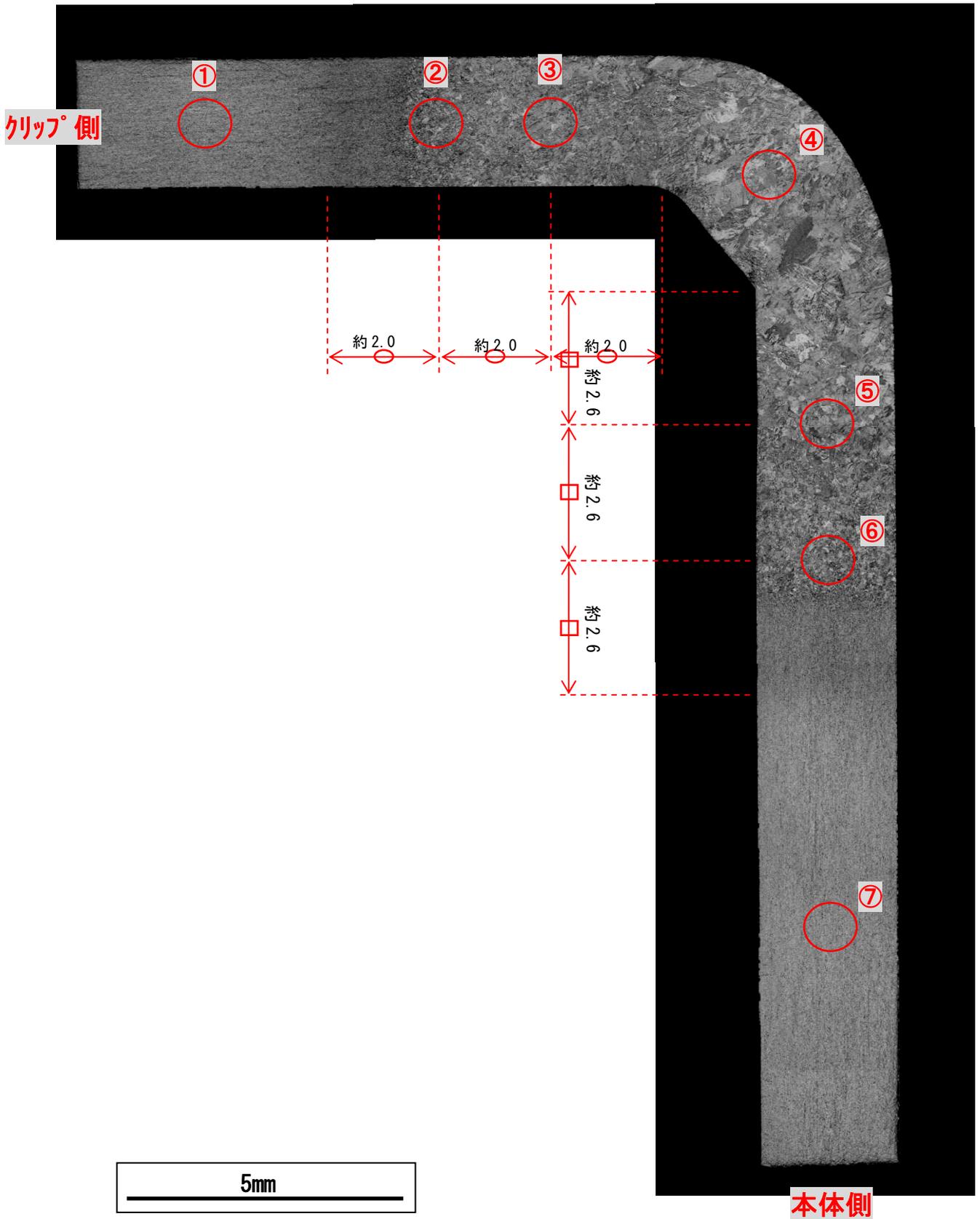
別紙2-図1-8 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 C面 クリップ端部から12.5mm)



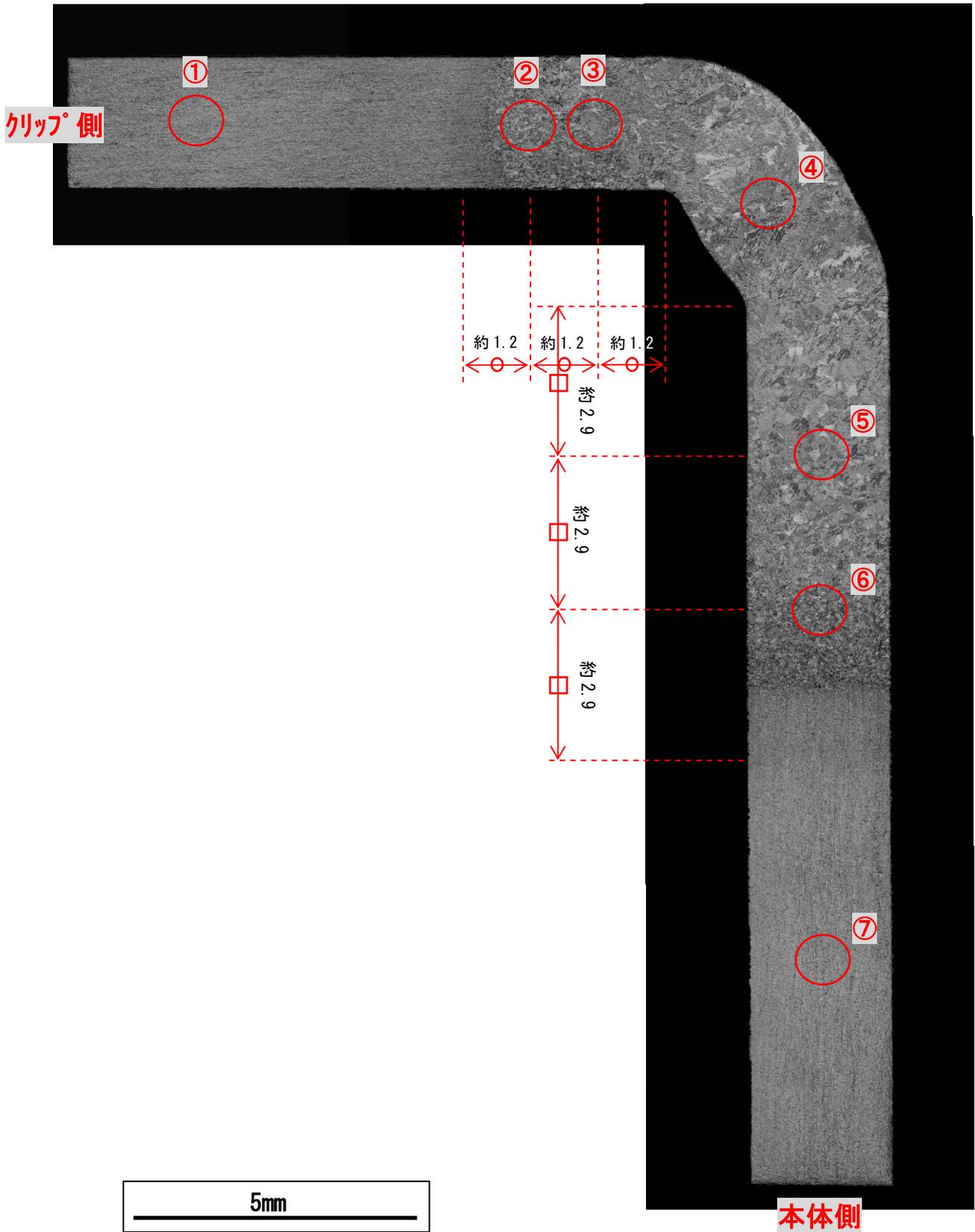
別紙2-図1-9 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 C面 クリップ端部から25mm)



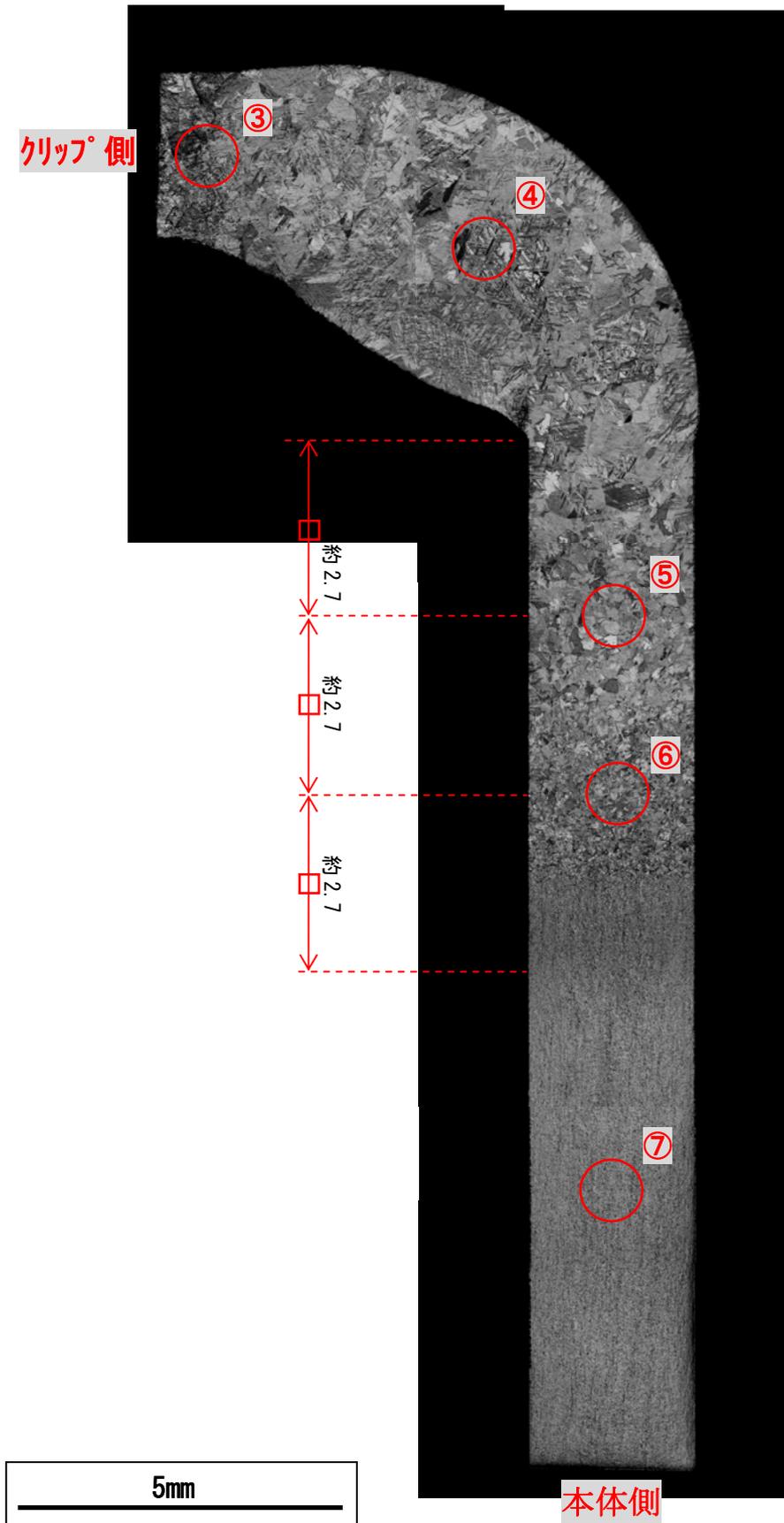
別紙2-図1-10 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 D面 クリップ端部)



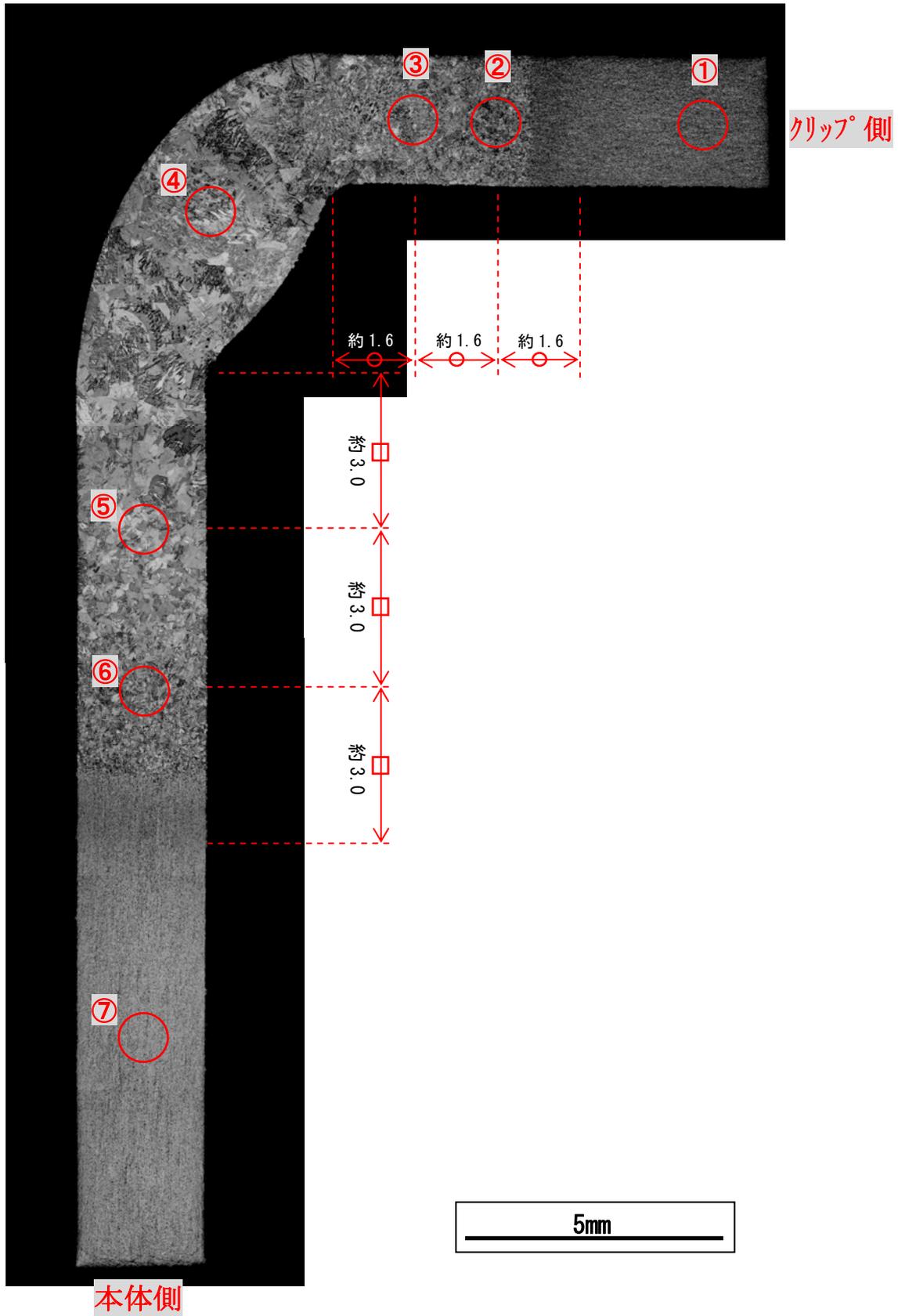
別紙2-図1-11 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 D面 クリップ端部から12.5mm)



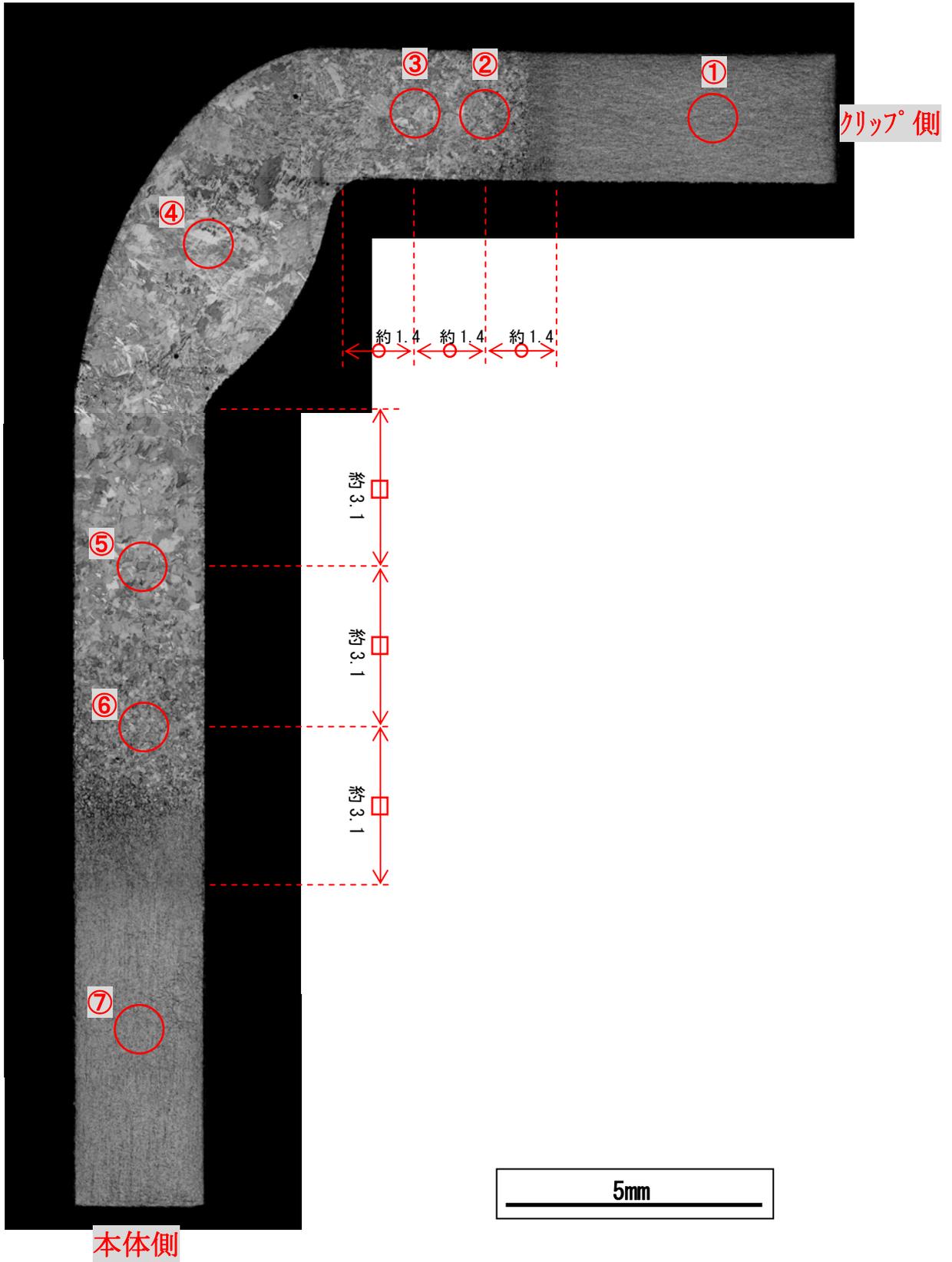
別紙 2-図 1-12 断面マクロ観察結果  
(自動溶接 D面 クリップ端部から 25mm)



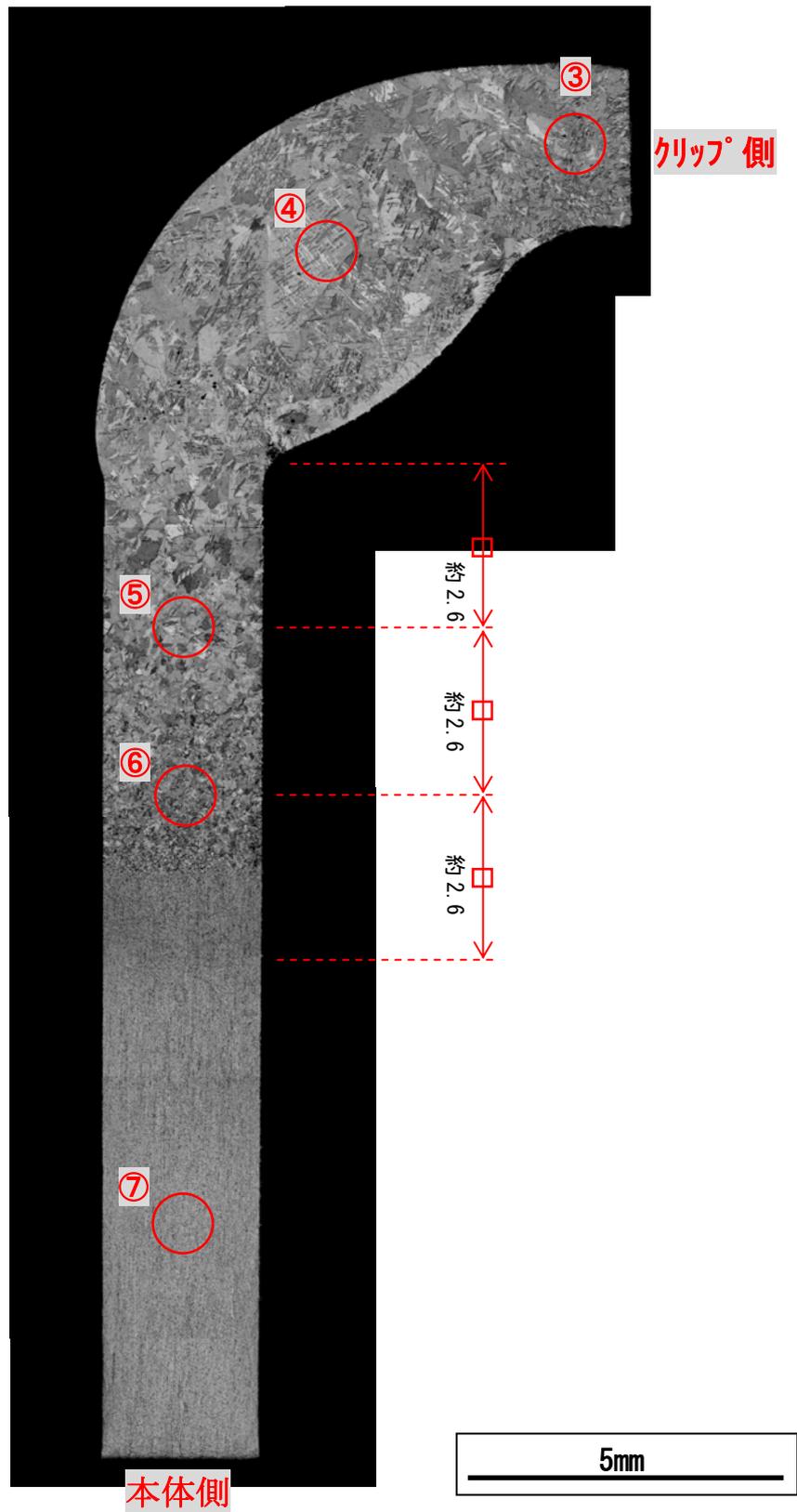
別紙2-図1-13 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 A面 クリップ端部)



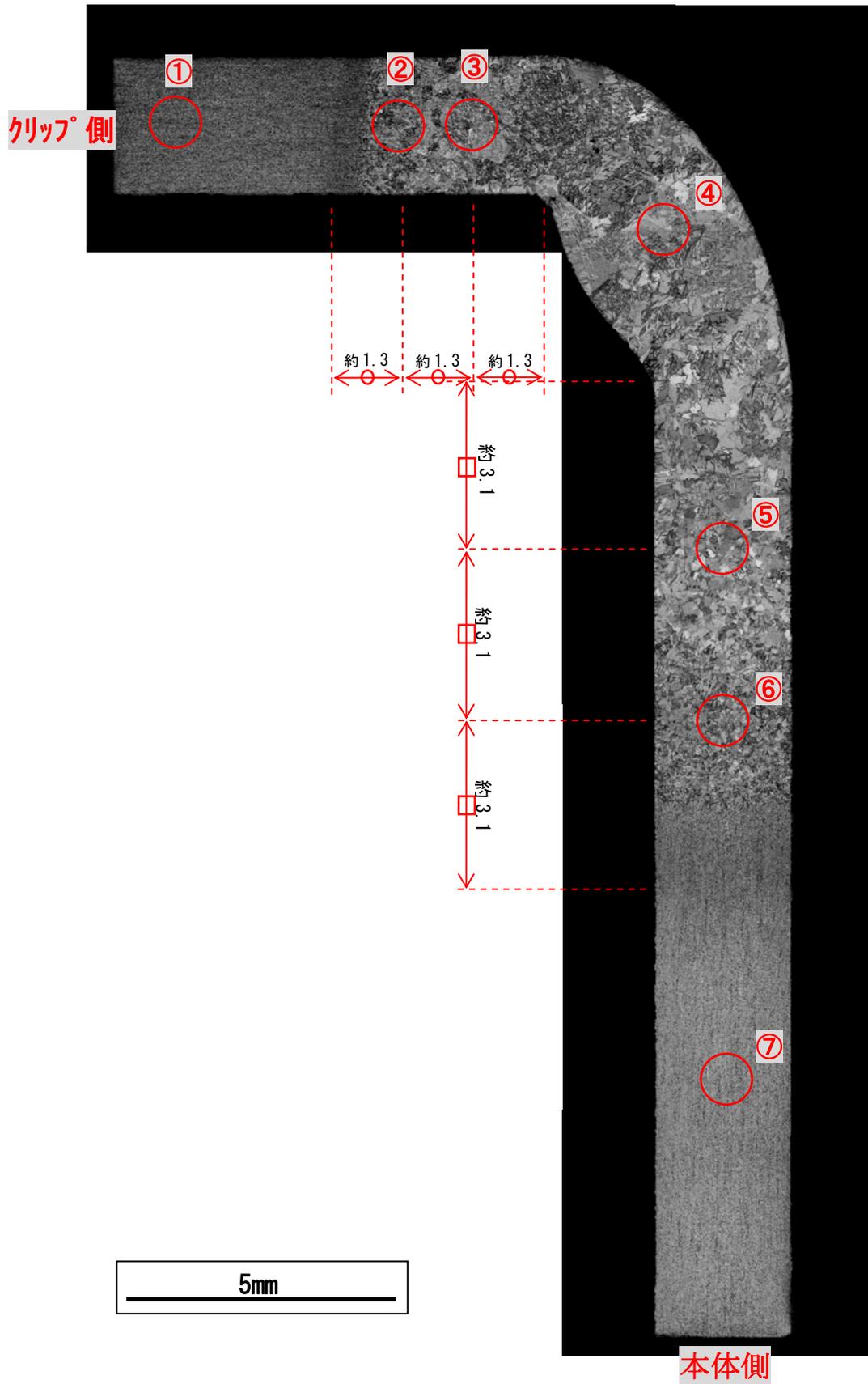
別紙2-図1-14 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 A面 クリップ端部から12.5mm)



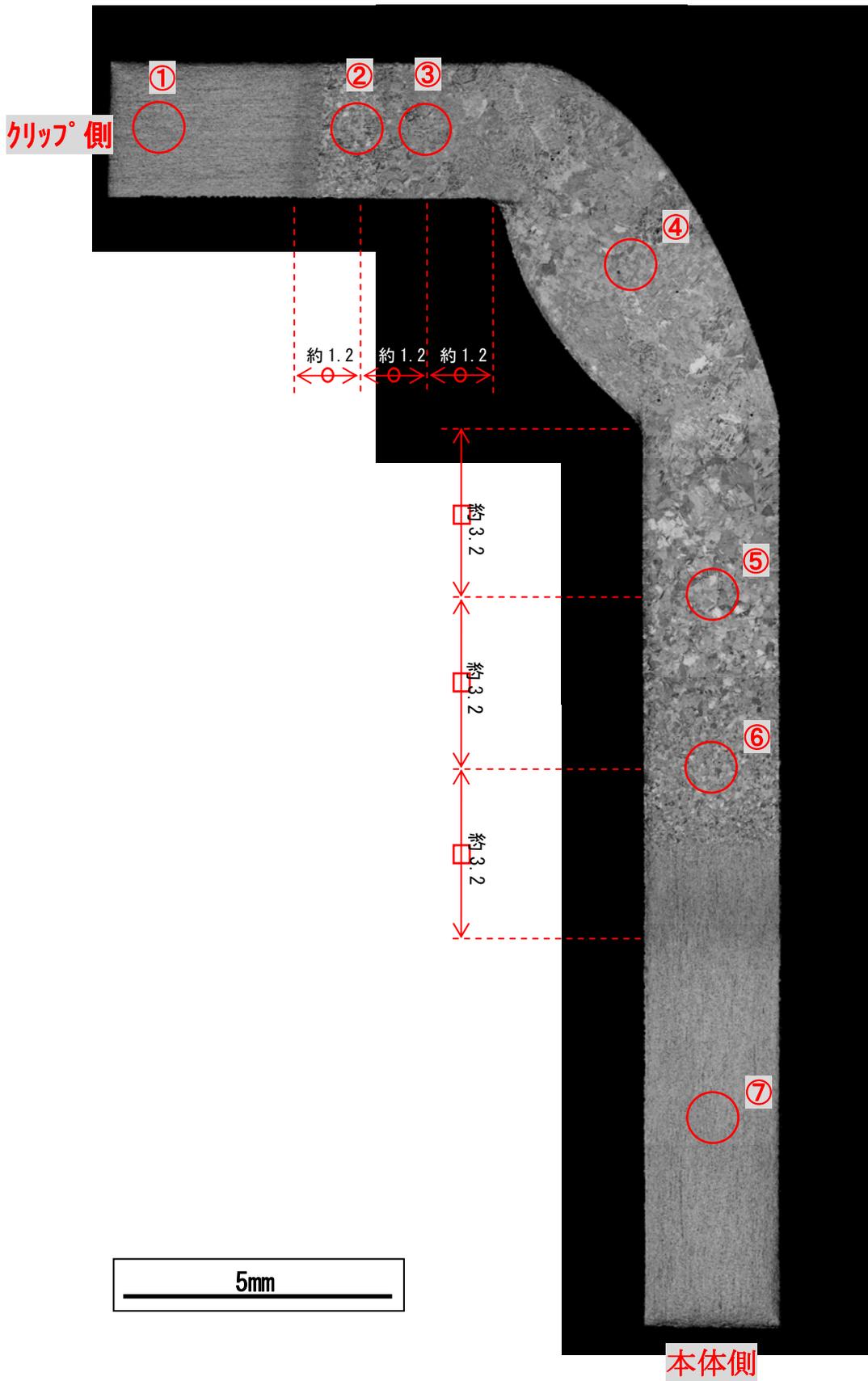
別紙2-図1-15 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 A面 クリップ端部から25mm)



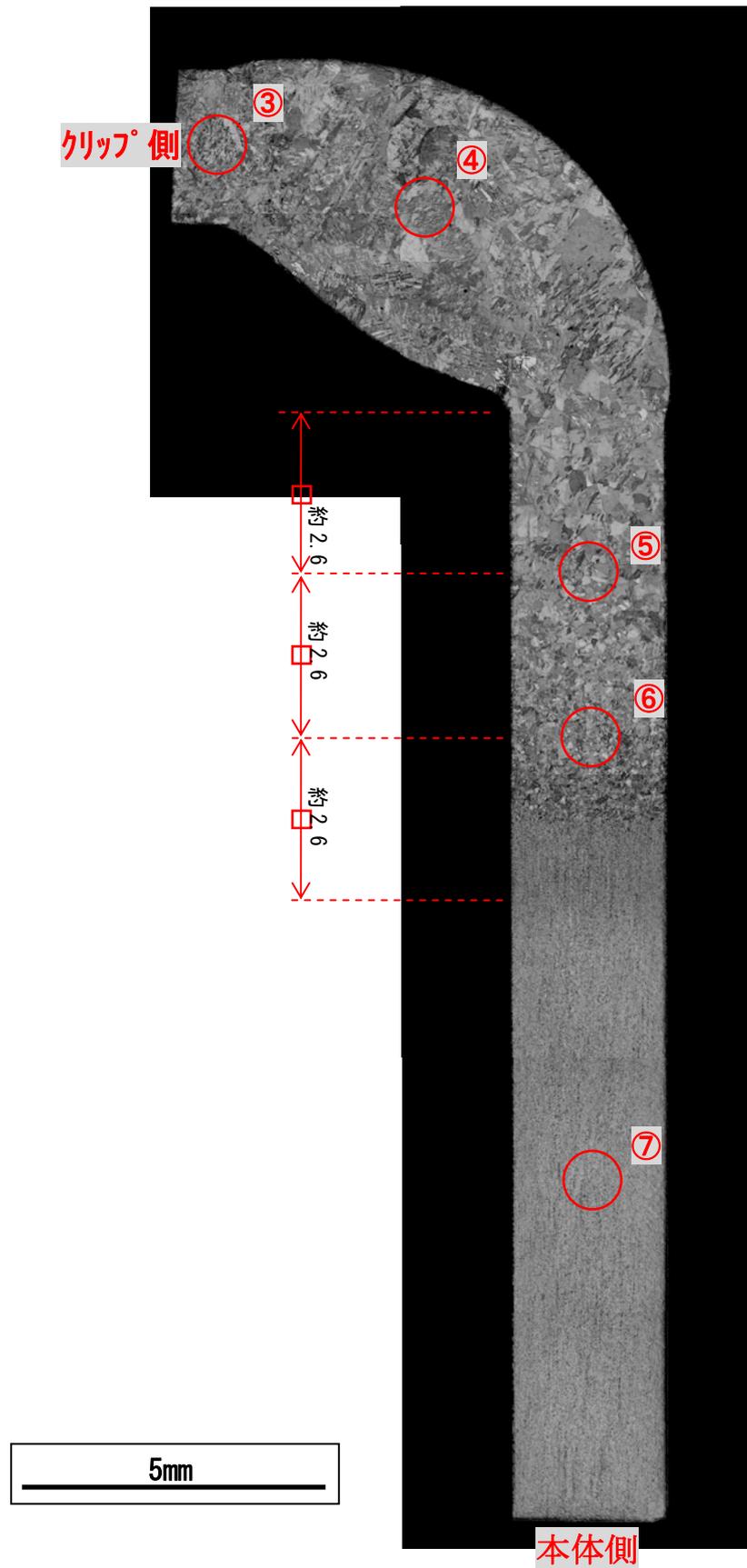
別紙2-図1-16 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 B面 クリップ端部)



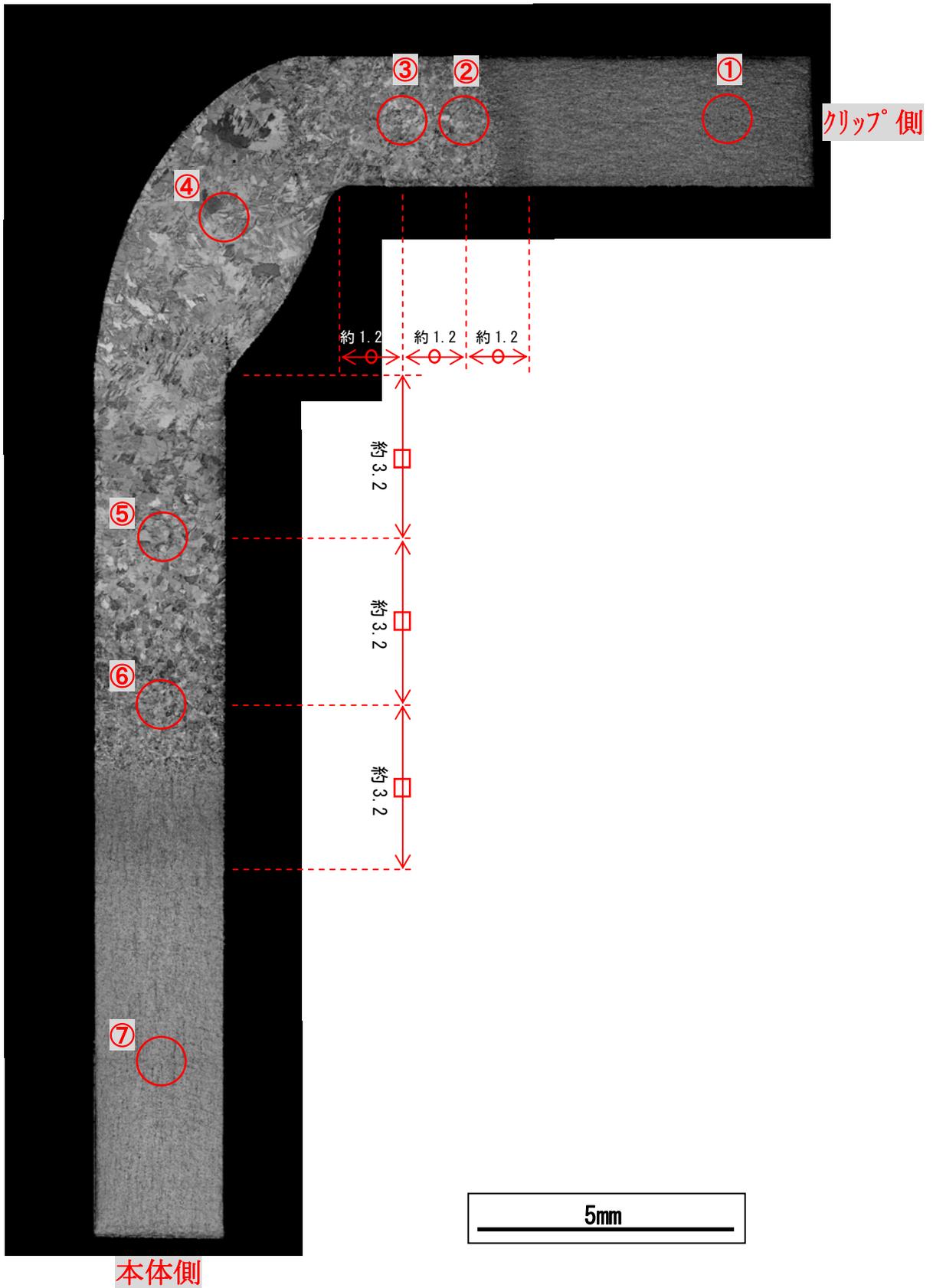
別紙 2-図 1-17 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 B面 クリップ端部から 12.5mm)



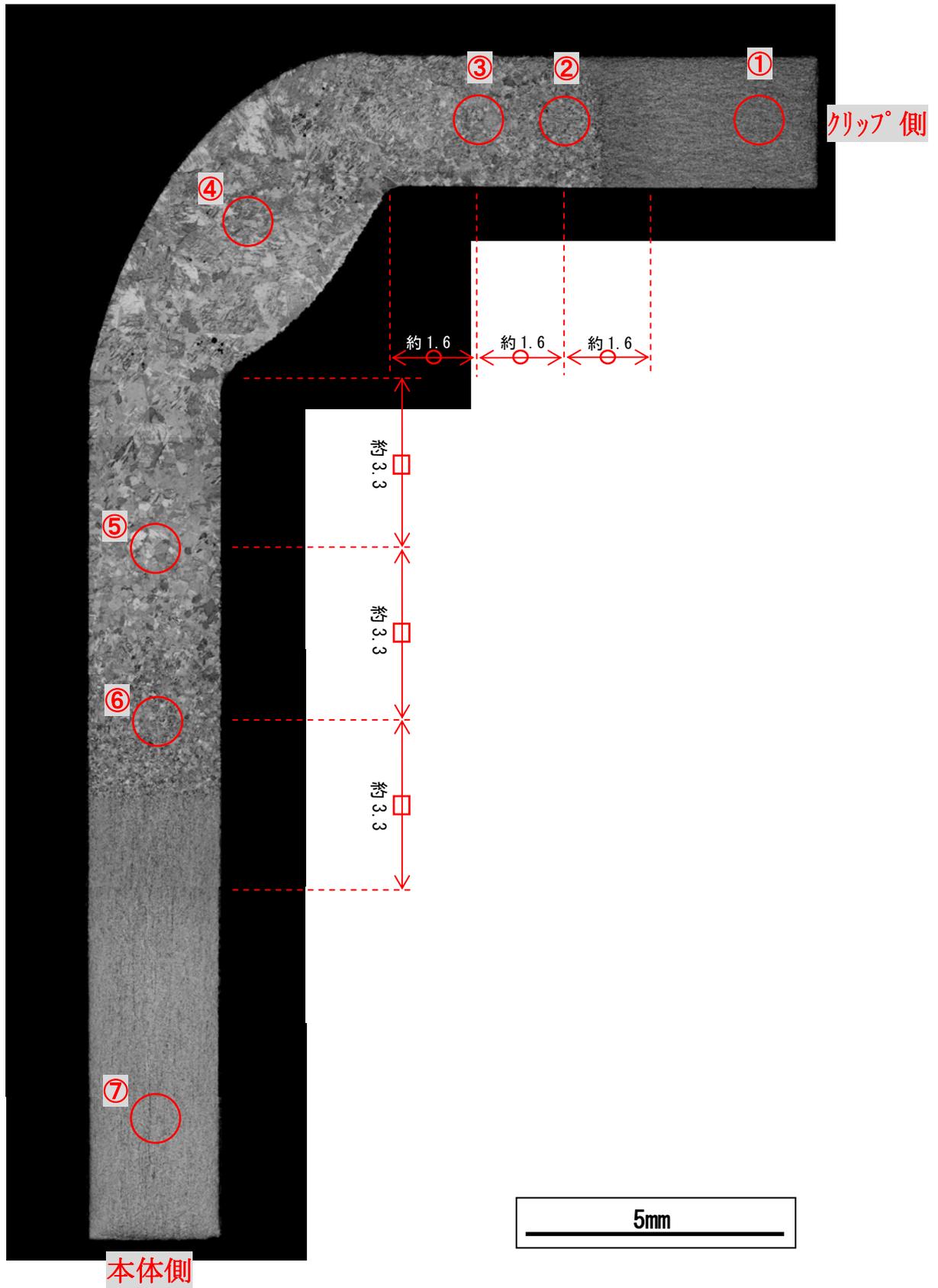
別紙2-図1-18 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 B面 クリップ端部から25mm)



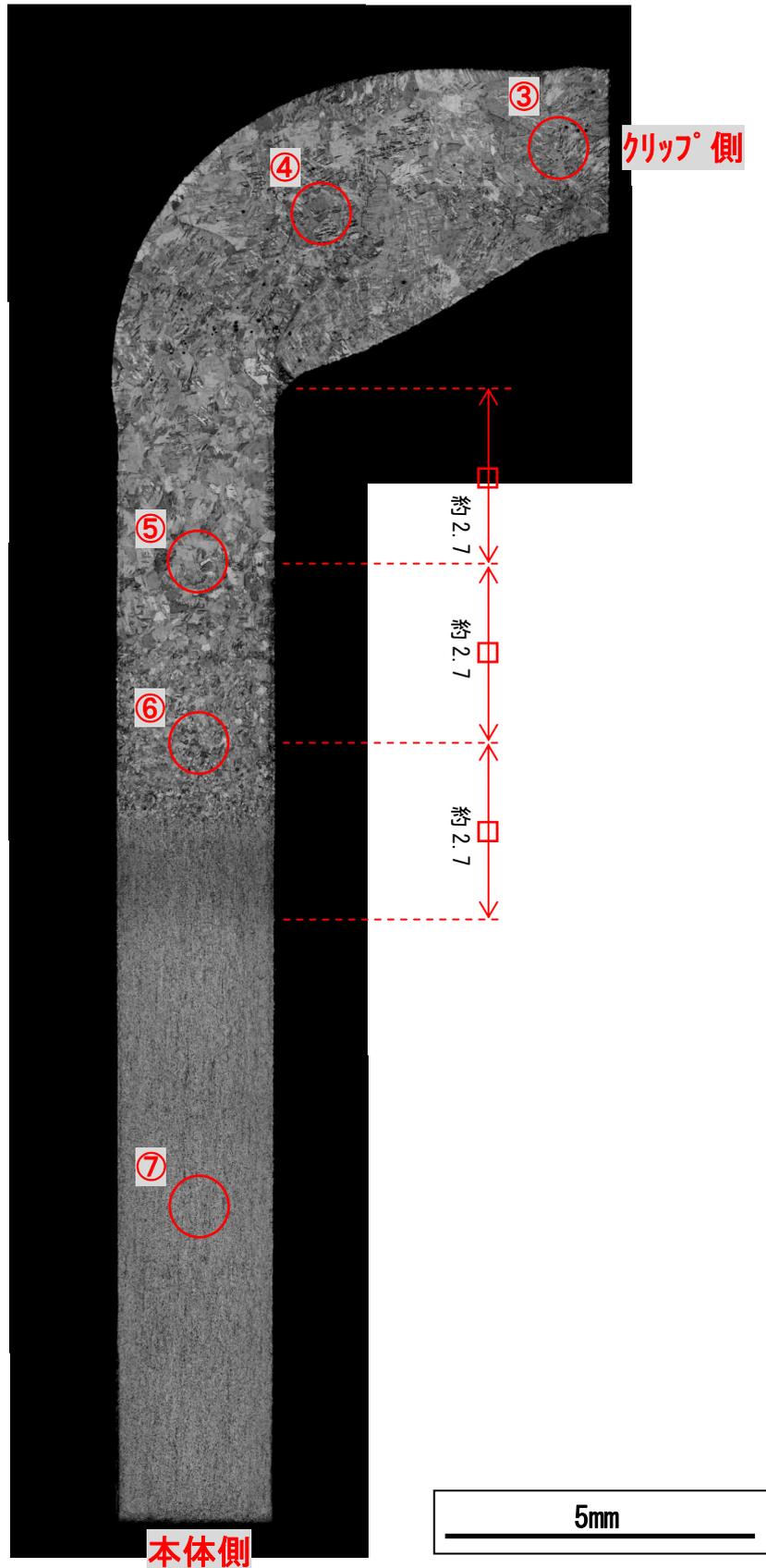
別紙2-図1-19 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 C面 クリップ端部)



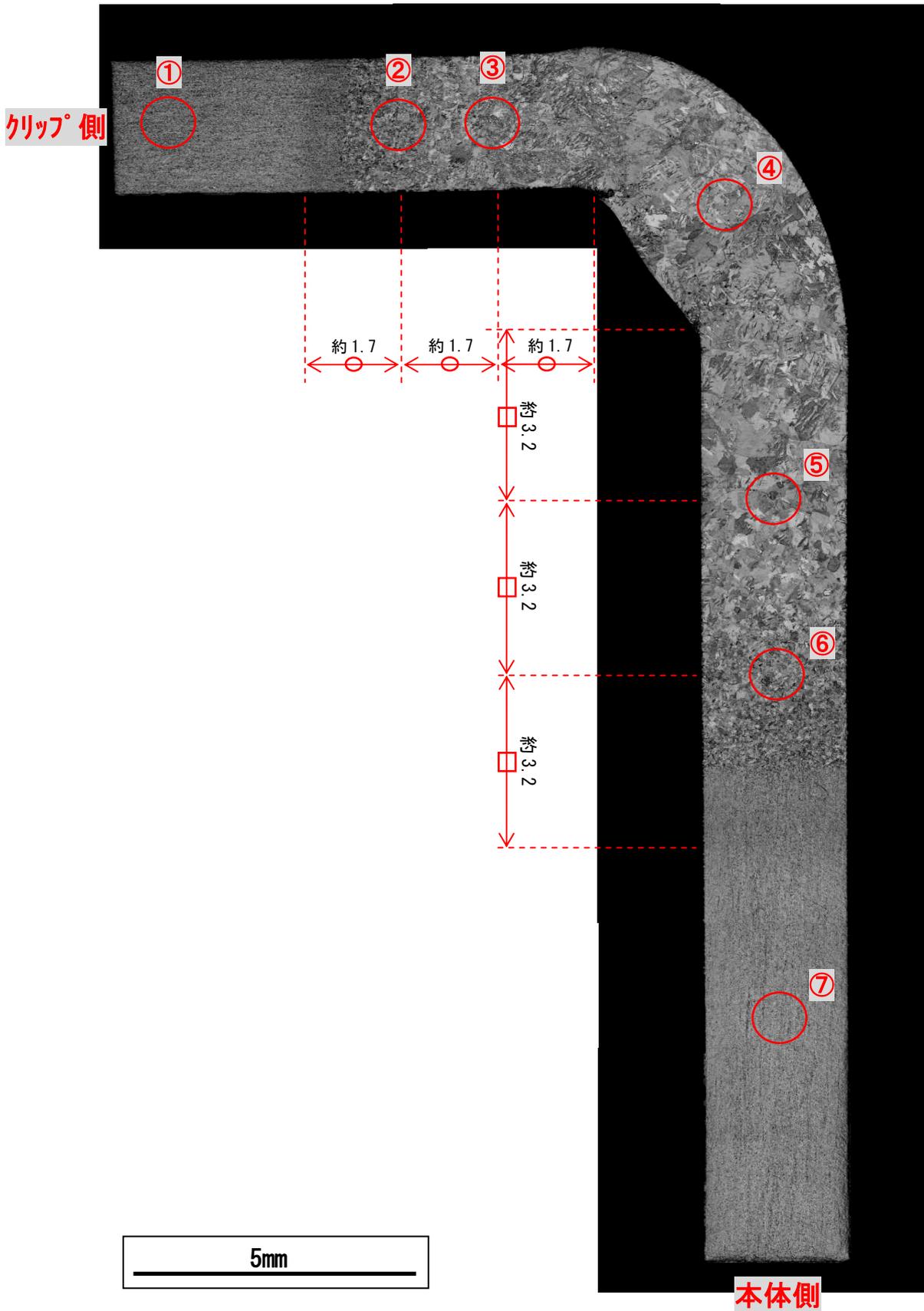
別紙2-図1-20 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 C面 クリップ端部から12.5mm)



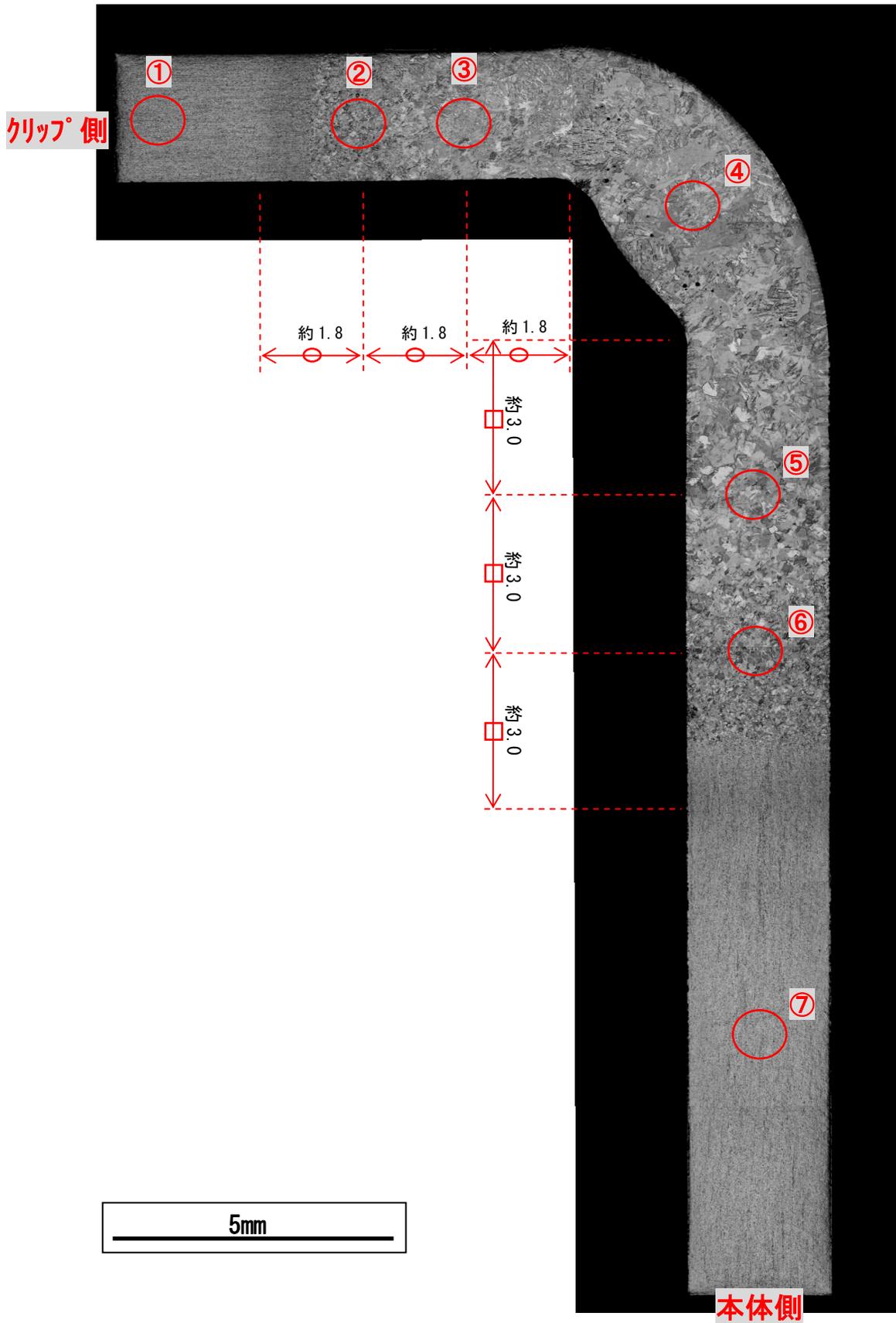
別紙2-図1-21 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 C面 クリップ端部から25mm)



別紙2-図1-22 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 D面 クリップ端部)

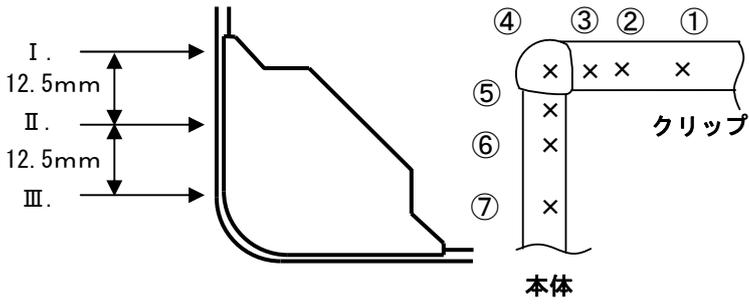


別紙2-図1-23 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 D面 クリップ端部から12.5mm)



別紙2-図1-24 断面マクロ観察結果  
(手動溶接 D面 クリップ端部から25mm)

b. 断面ミクロ観察結果 (フィルタ有)

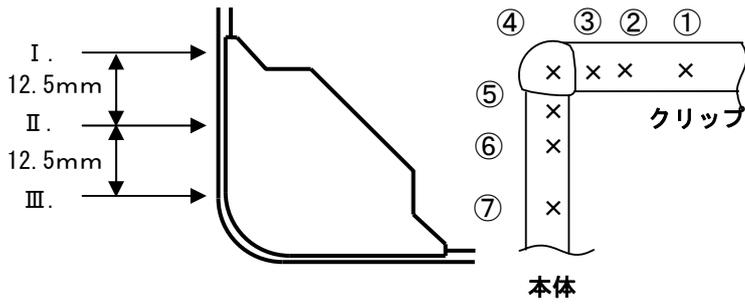


観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍

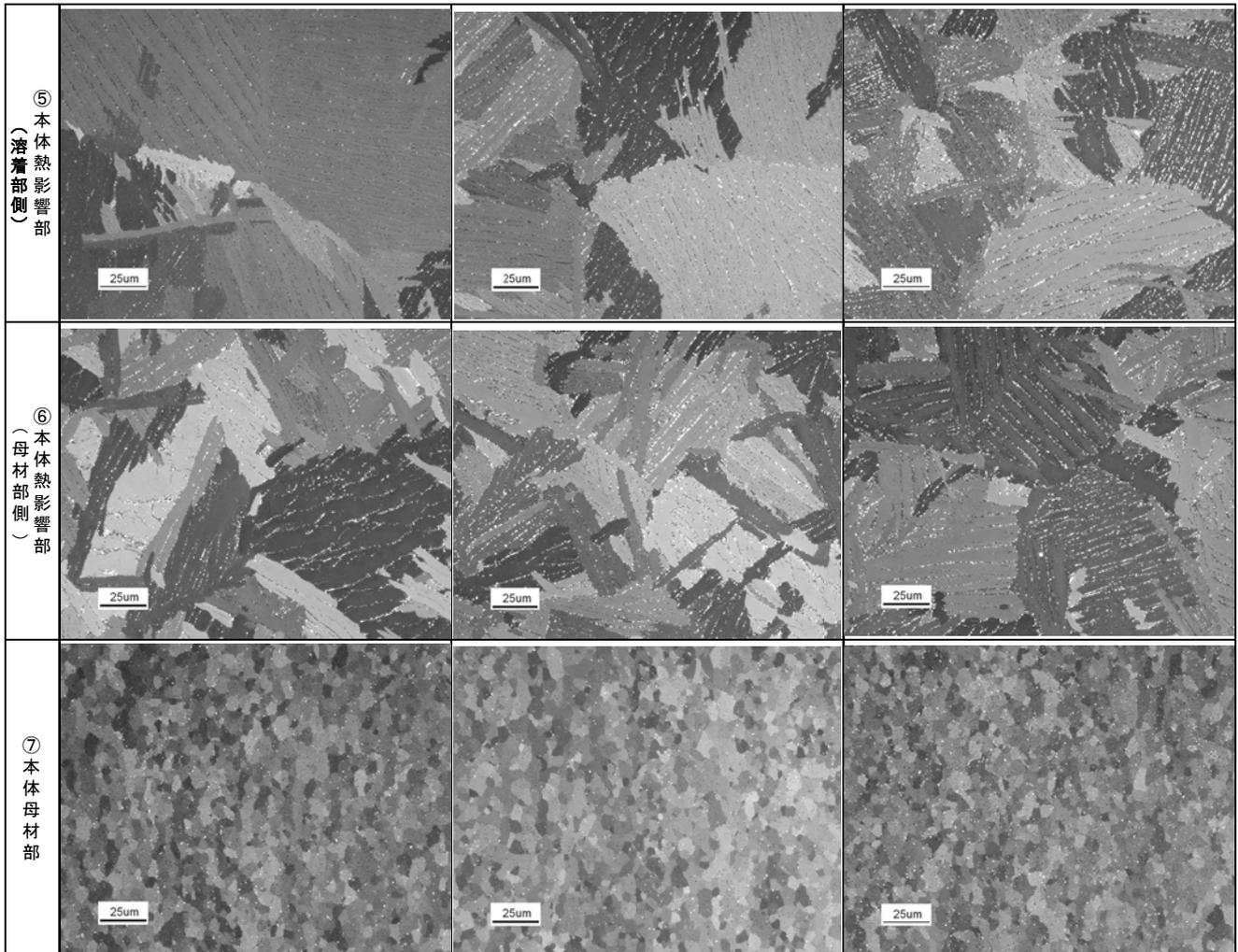
観察断面	I. クリップ端部	II. クリップ端部から12.5mm	III. クリップ端部から25mm
① クリップ母材部			
② クリップ熱影響部 (母材部側)			
③ クリップ熱影響部 (溶着部側)			
④ 溶着部			

別紙2-図2-1 断面ミクロ結晶組織観察結果 (1/2)

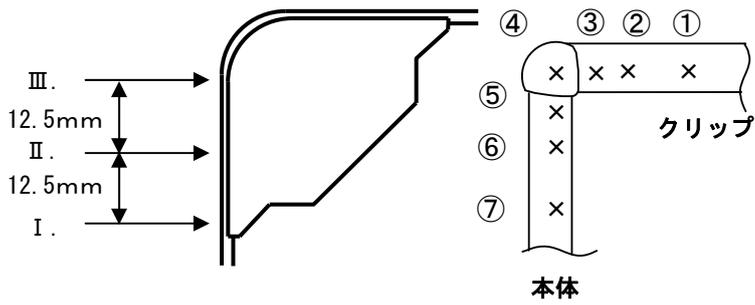
(自動溶接 A面 観察倍率400倍)



観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍



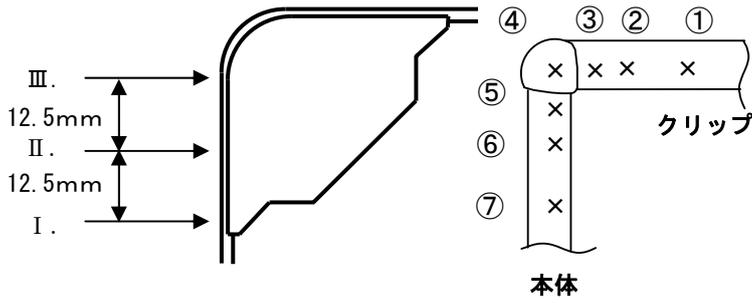
別紙2-図2-1 断面ミクロ組織観察結果(2/2)  
(自動溶接 A面 観察倍率400倍)



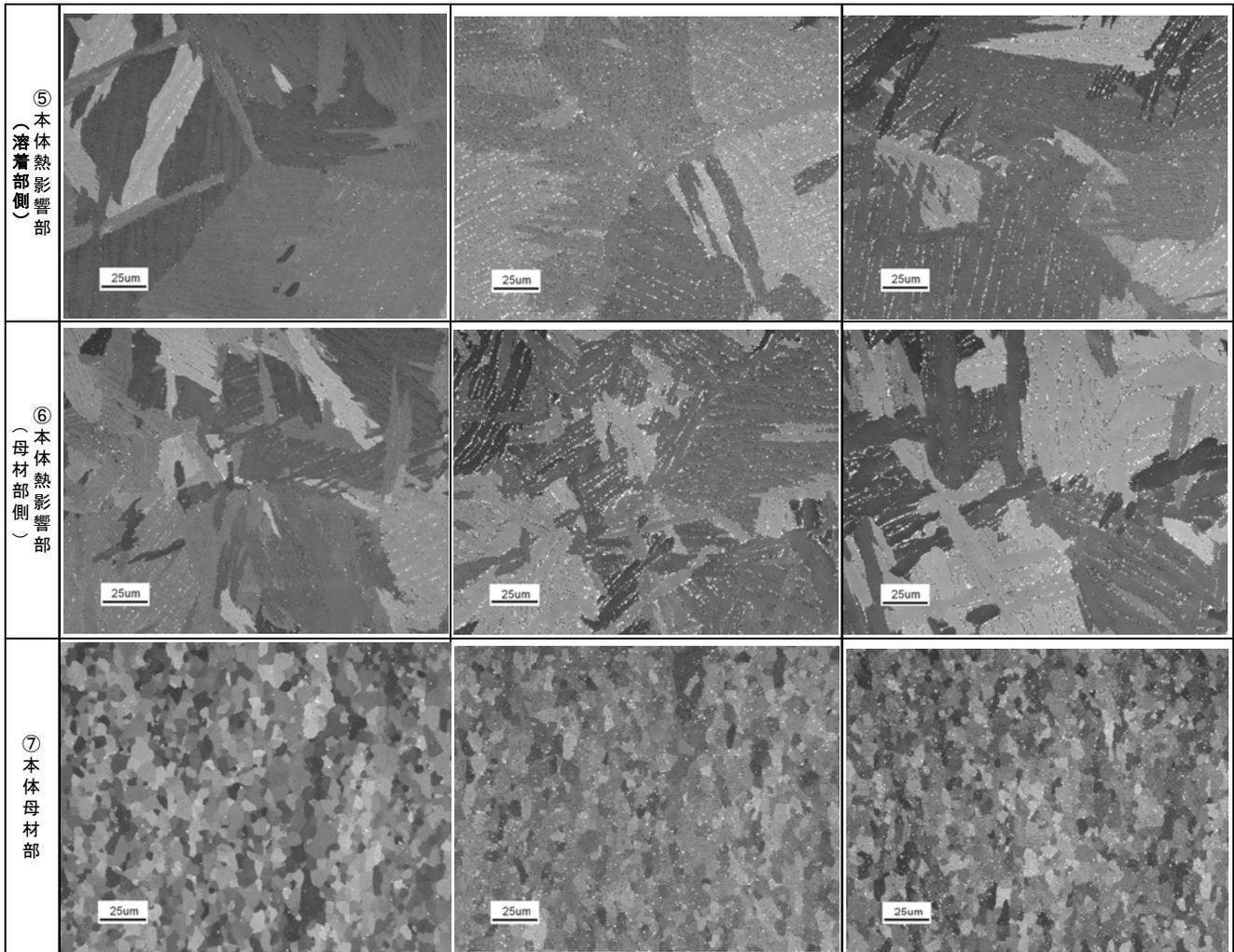
観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍

観察断面	Ⅲ. クリップ端部から25mm	Ⅱ. クリップ端部から12.5mm	Ⅰ. クリップ端部
① クリップ母材部			
② クリップ熱影響部 (母材部側)			
③ クリップ熱影響部 (溶着部側)			
④ 溶着部			

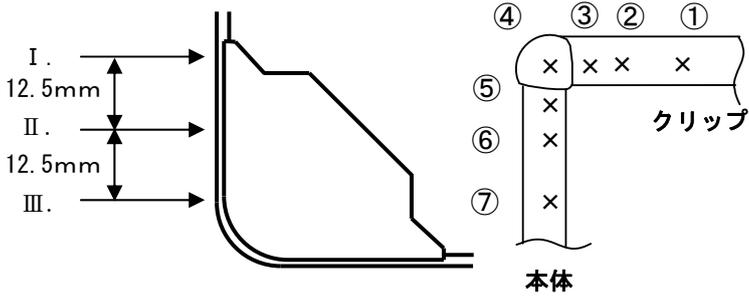
別紙2-図2-2 断面ミクロ組織観察結果 (1/2)  
(自動溶接 B面 観察倍率400倍)



観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍



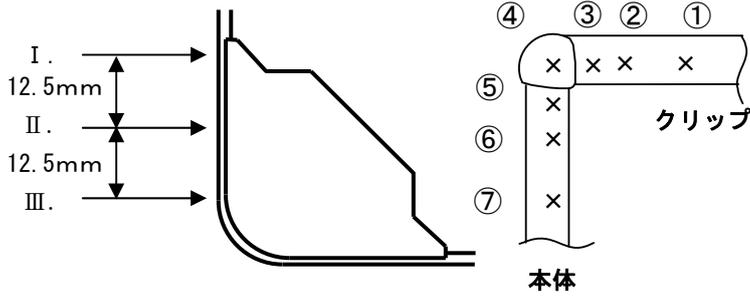
別紙2-図2-2 断面ミクロ組織観察結果(2/2)  
(自動溶接 B面 観察倍率400倍)



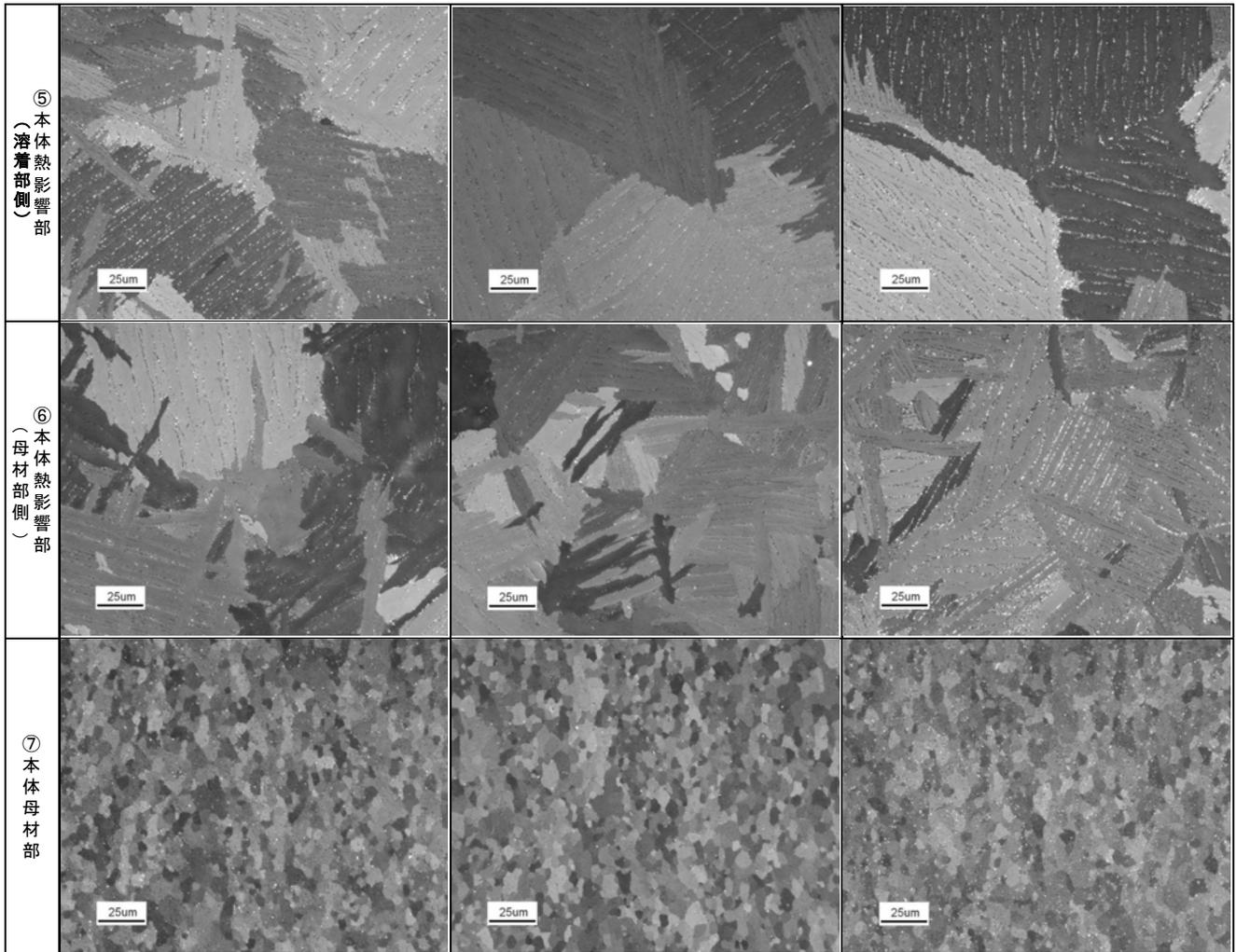
観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍

観察断面	I. クリップ端部	II. クリップ端部から12.5mm	III. クリップ端部から25mm
① クリップ母材部			
② クリップ熱影響部 (母材部側)			
③ クリップ熱影響部 (溶着部側)			
④ 溶着部			

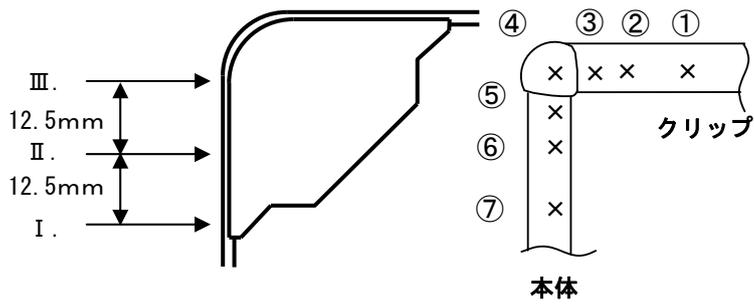
別紙2-図2-3 断面ミクロ結晶組織観察結果 (1/2)  
(自動溶接 C面 観察倍率400倍)



観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍



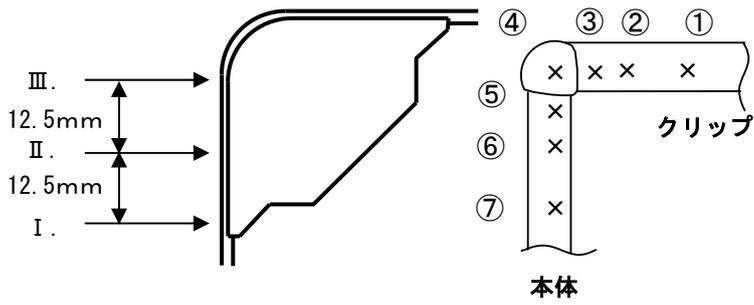
別紙2-図2-3 断面ミクロ結晶組織観察結果 (2/2)  
 (自動溶接 C面 観察倍率400倍)



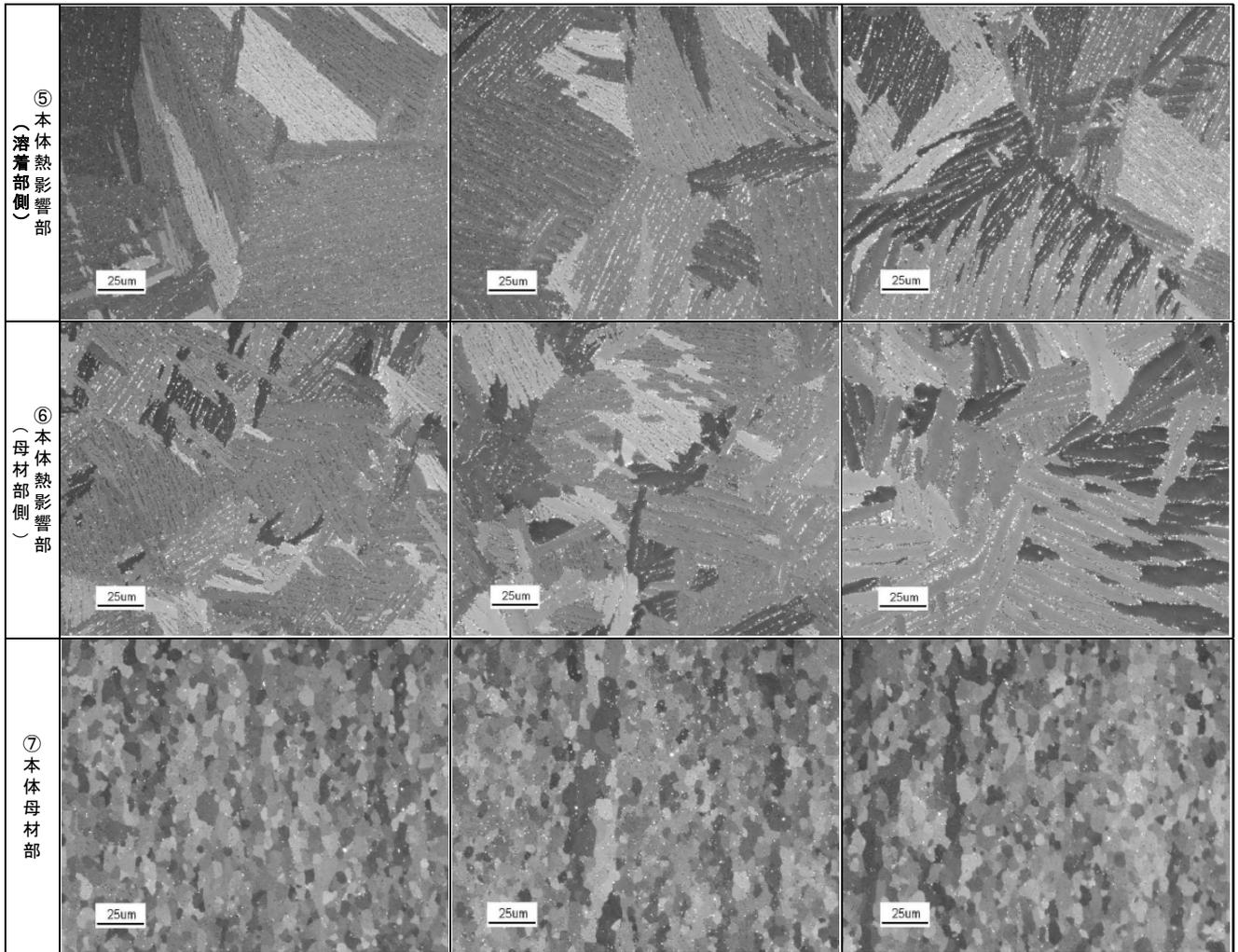
観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍

観察断面	Ⅲ. クリップ端部から25mm	Ⅱ. クリップ端部から12.5mm	Ⅰ. クリップ端部
① クリップ母材部			
② クリップ(母材部側)熱影響部			
③ クリップ(溶着部側)熱影響部			
④ 溶着部			

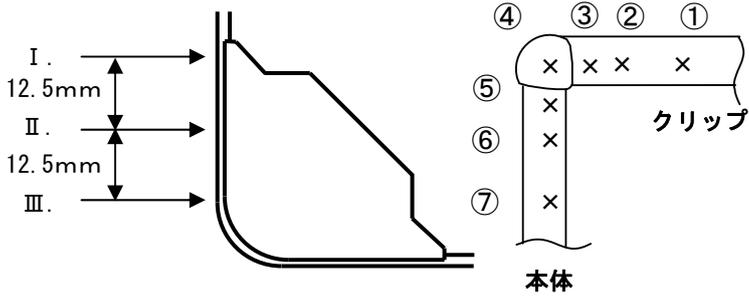
別紙2-図2-4 断面ミクロ結晶組織観察結果 (1/2)  
(自動溶接 D面 観察倍率400倍)



観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍



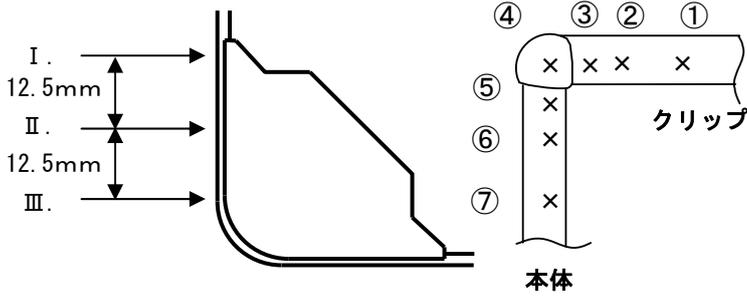
別紙2-図2-4 断面ミクロ組織観察結果 (2/2)  
 (自動溶接 D面 観察倍率400倍)



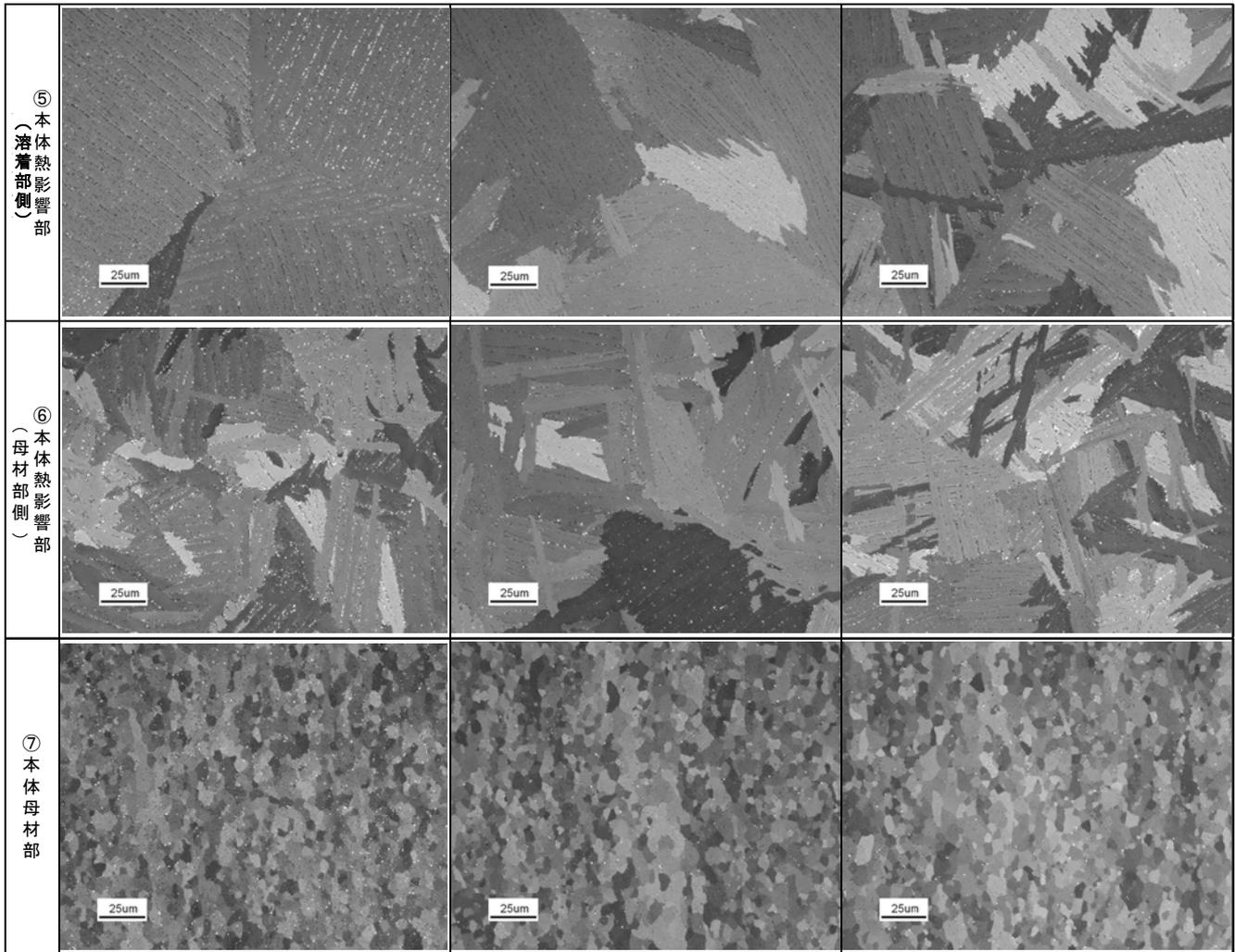
観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍

観察断面	I. クリップ端部	II. クリップ端部から12.5mm	III. クリップ端部から25mm
① クリップ母材部			
② クリップ熱影響部 (母材側)			
③ クリップ熱影響部 (溶着部側)			
④ 溶着部			

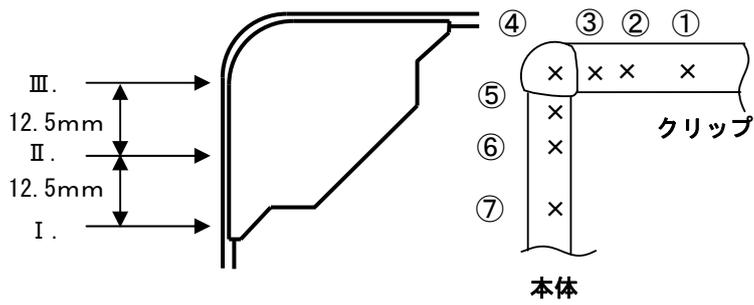
別紙2-図2-5 断面ミクロ結晶組織観察結果 (1/2)  
(手動溶接 A面 観察倍率400倍)



観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍



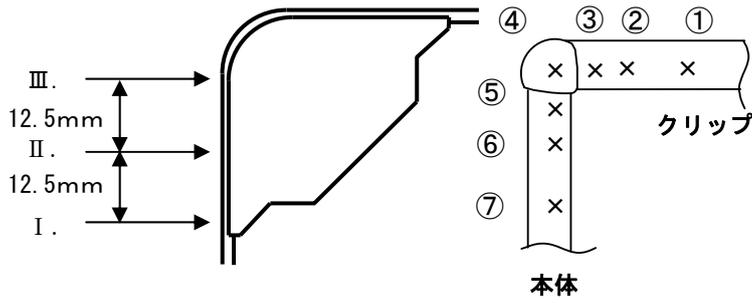
別紙2-図2-5 断面ミクロ組織観察結果 (2/2)  
 (手動溶接 A面 観察倍率400倍)



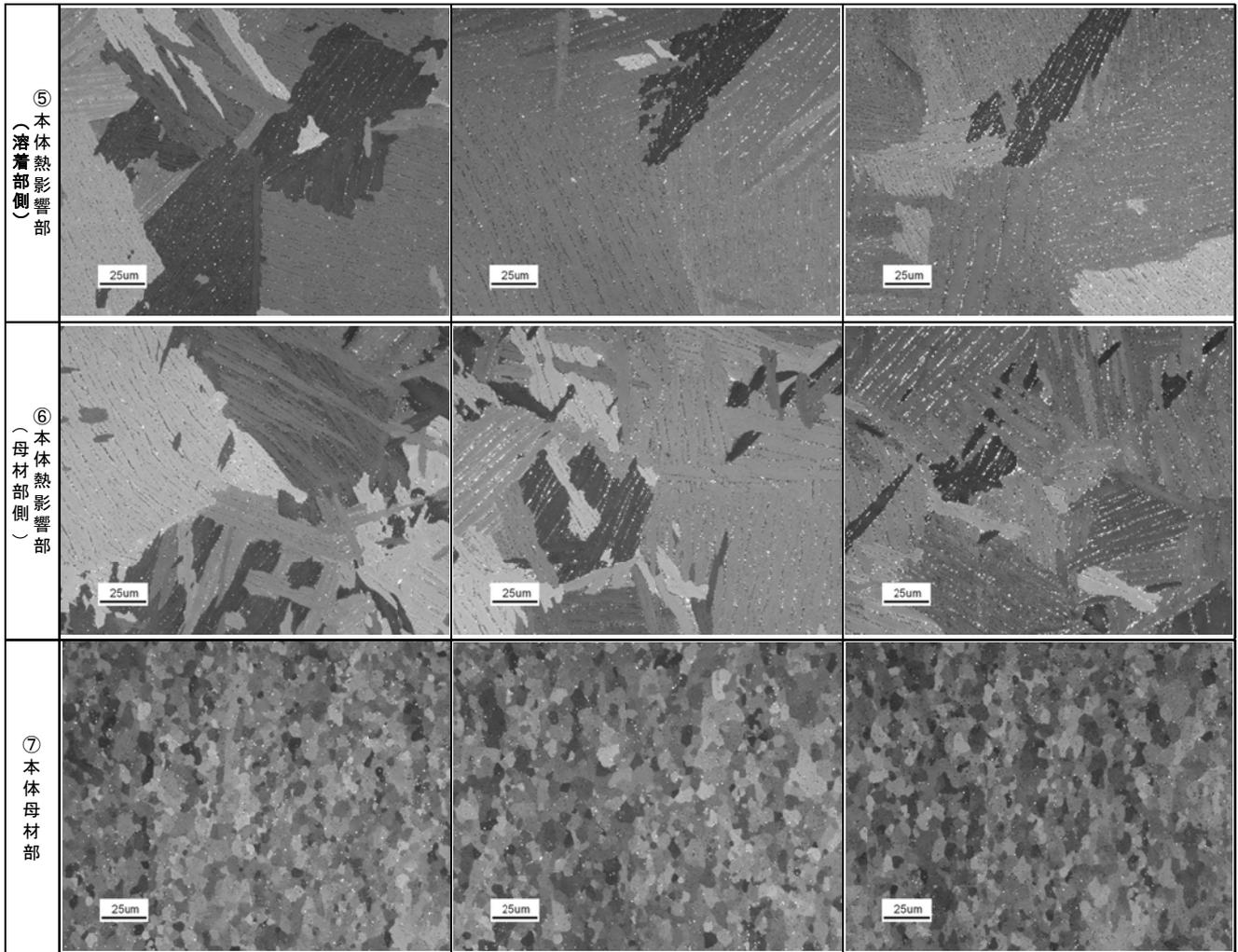
観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍

観察断面	Ⅲ. クリップ端部から 25mm	Ⅱ. クリップ端部から12.5mm	Ⅰ. クリップ端部
① クリップ母材部			
② クリップ(母材部側)熱影響部			
③ クリップ(溶着部側)熱影響部			
④ 溶着部			

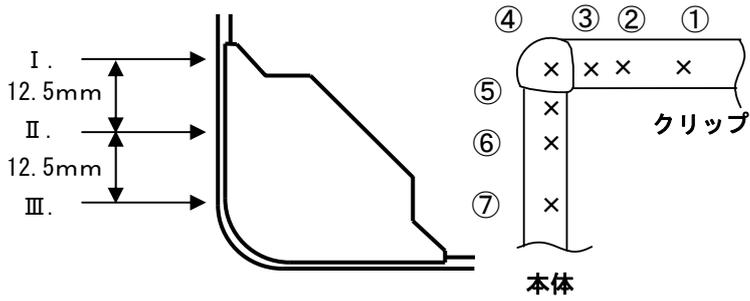
別紙2-図2-6 断面ミクロ結晶組織観察結果 (1/2)  
(手動溶接 B面 観察倍率400倍)



観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍



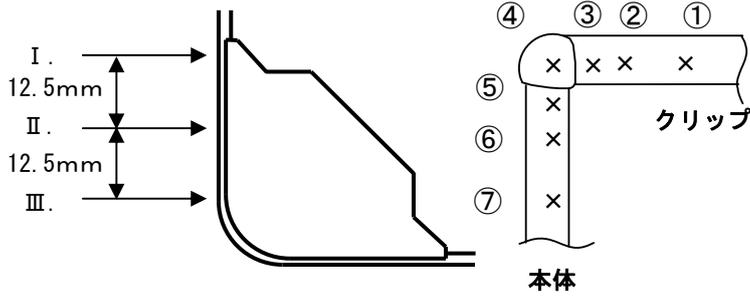
別紙2-図2-6 断面ミクロ組織観察結果 (2/2)  
(手動溶接 B面 観察倍率400倍)



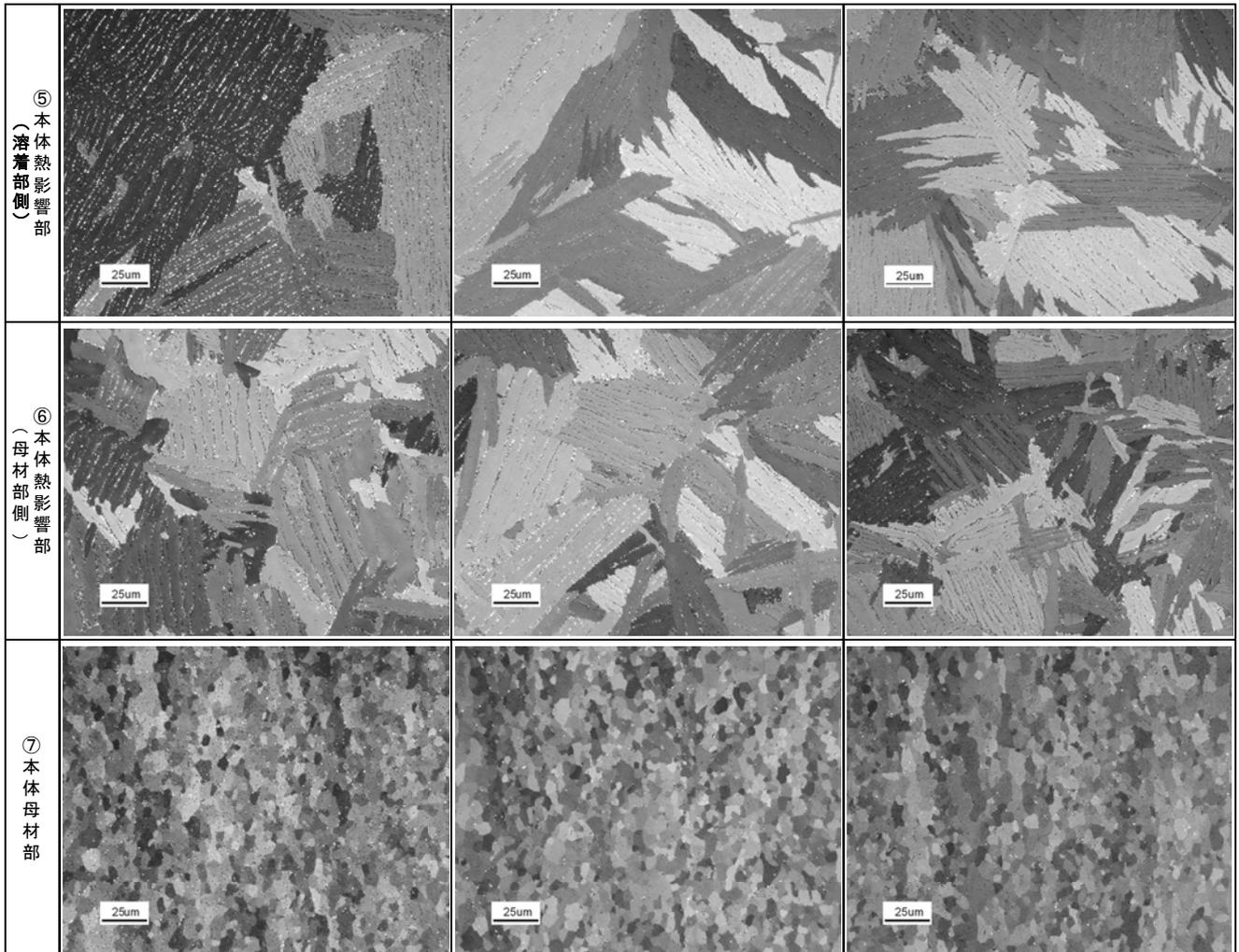
観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍

観察断面	I. クリップ端部	II. クリップ端部から12.5mm	III. クリップ端部から25mm
① クリップ母材部			
② クリップ熱影響部 (母材部側)			
③ クリップ熱影響部 (溶着部側)			
④ 溶着部			

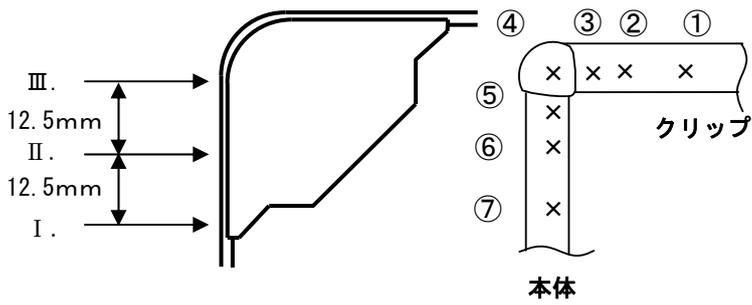
別紙2-図2-7 断面ミクロ組織観察結果 (1/2)  
(手動溶接 C面 観察倍率400倍)



観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍



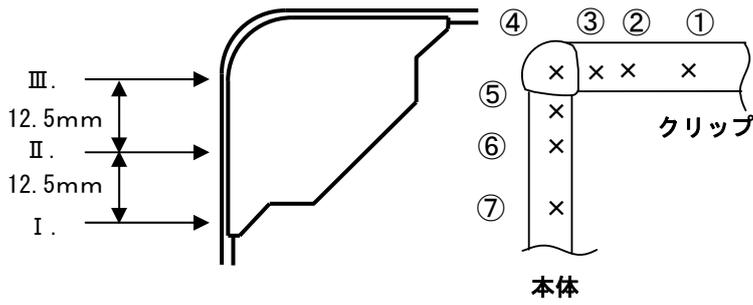
別紙2-図2-7 断面ミクロ組織観察結果(2/2)  
(手動溶接 C面 観察倍率400倍)



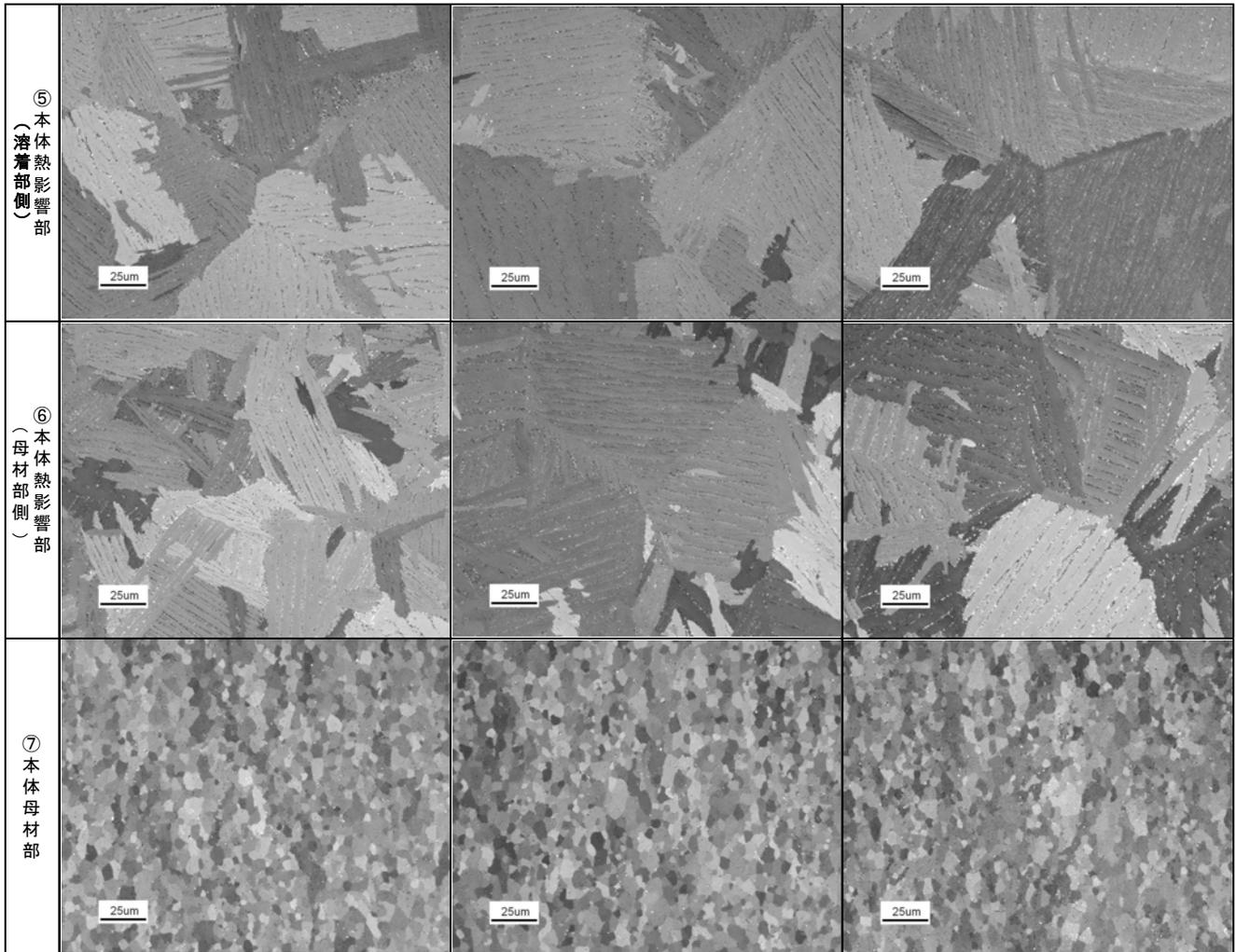
観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍

観察断面	Ⅲ. クリップ端部から25mm	Ⅱ. クリップ端部から12.5mm	Ⅰ. クリップ端部
① クリップ母材部			
② クリップ(母材部側)熱影響部			
③ クリップ(溶着部側)熱影響部			
④ 溶着部			

別紙2-図2-8 断面ミクロ結晶組織観察結果(1/2)  
(手動溶接 D面 観察倍率400倍)

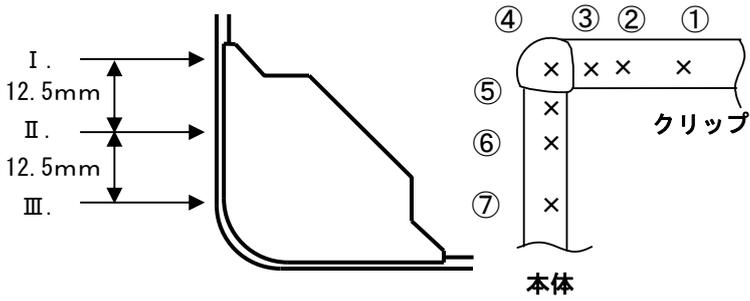


観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍



別紙2-図2-8 断面ミクロ組織観察結果 (2/2)  
(手動溶接 D面 観察倍率400倍)

c. 断面ミクロ観察結果 (フィルタ無)

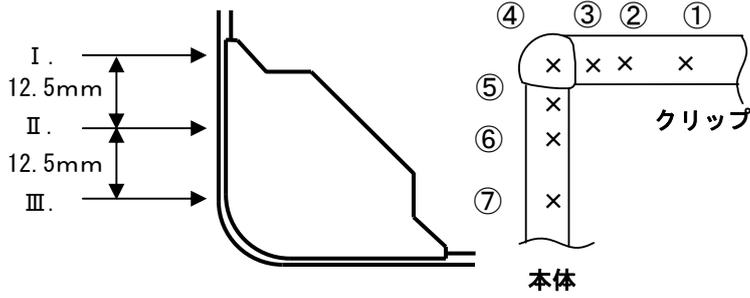


観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍

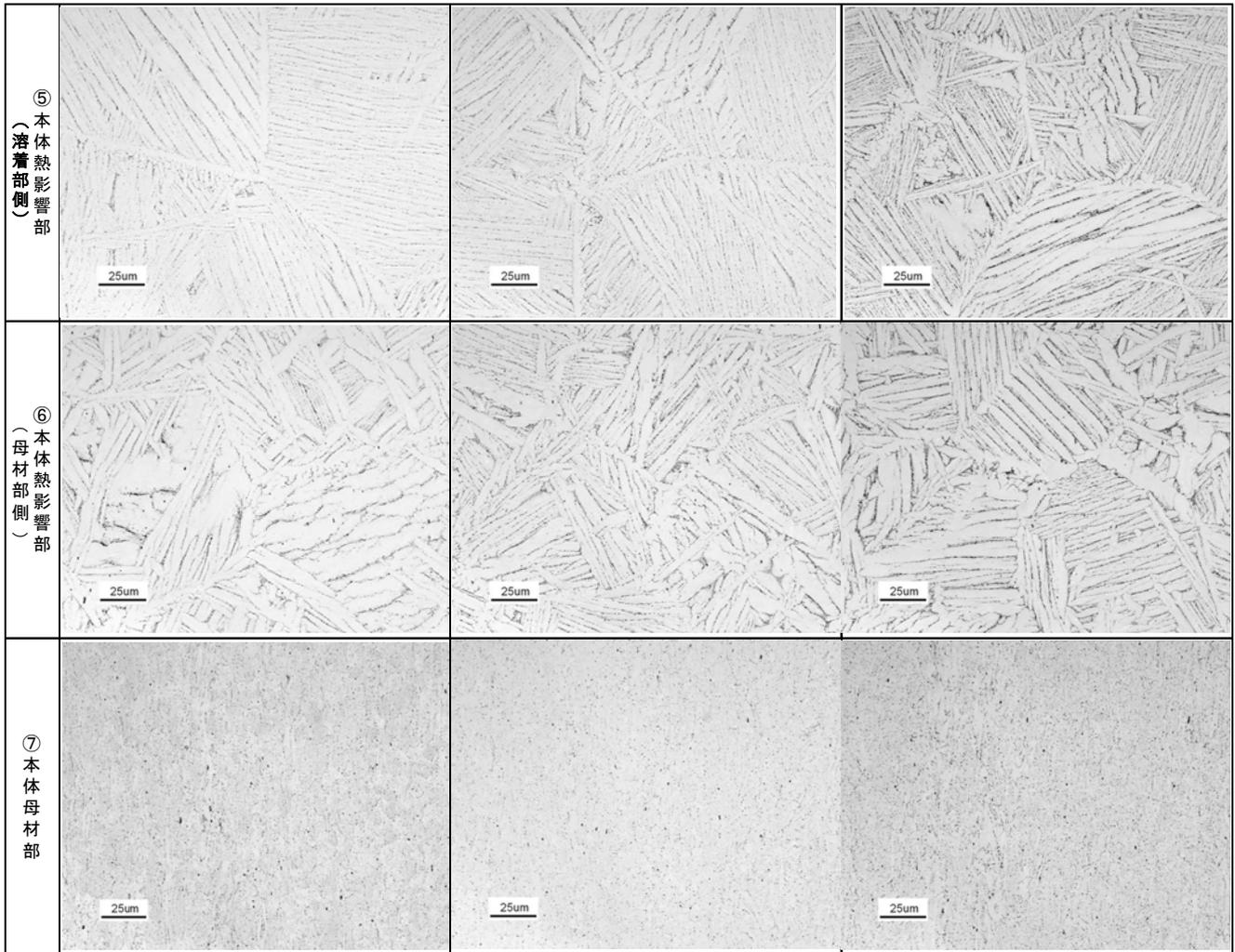
観察断面	I. クリップ端部	II. クリップ端部から12.5mm	III. クリップ端部から25mm
① クリップ母材部	[Schematic Diagram]		
② クリップ熱影響部 (母材部側)			
③ クリップ熱影響部 (溶着部側)			
④ 溶着部			

別紙2-図3-1 断面ミクロ析出物観察結果 (1/2)

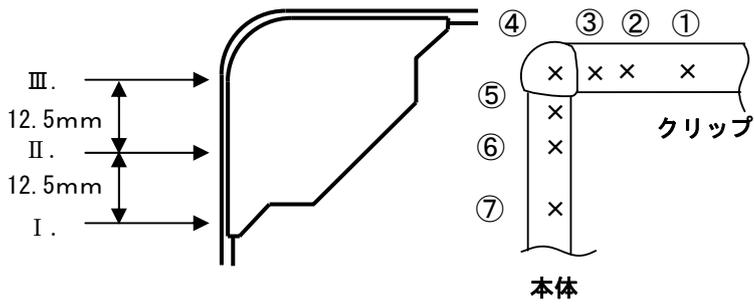
(自動溶接 A面 観察倍率400倍)



観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍



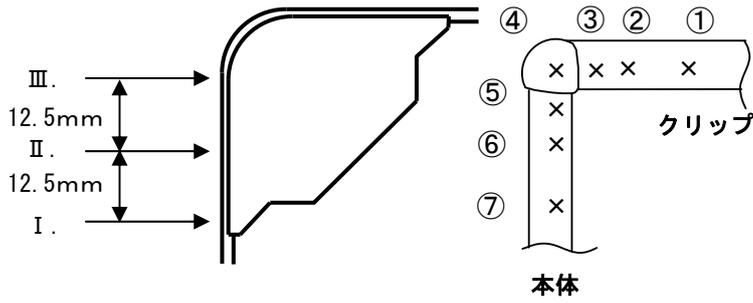
別紙2-図3-1 断面ミクロ析出物観察結果(2/2)  
(自動溶接 A面 観察倍率400倍)



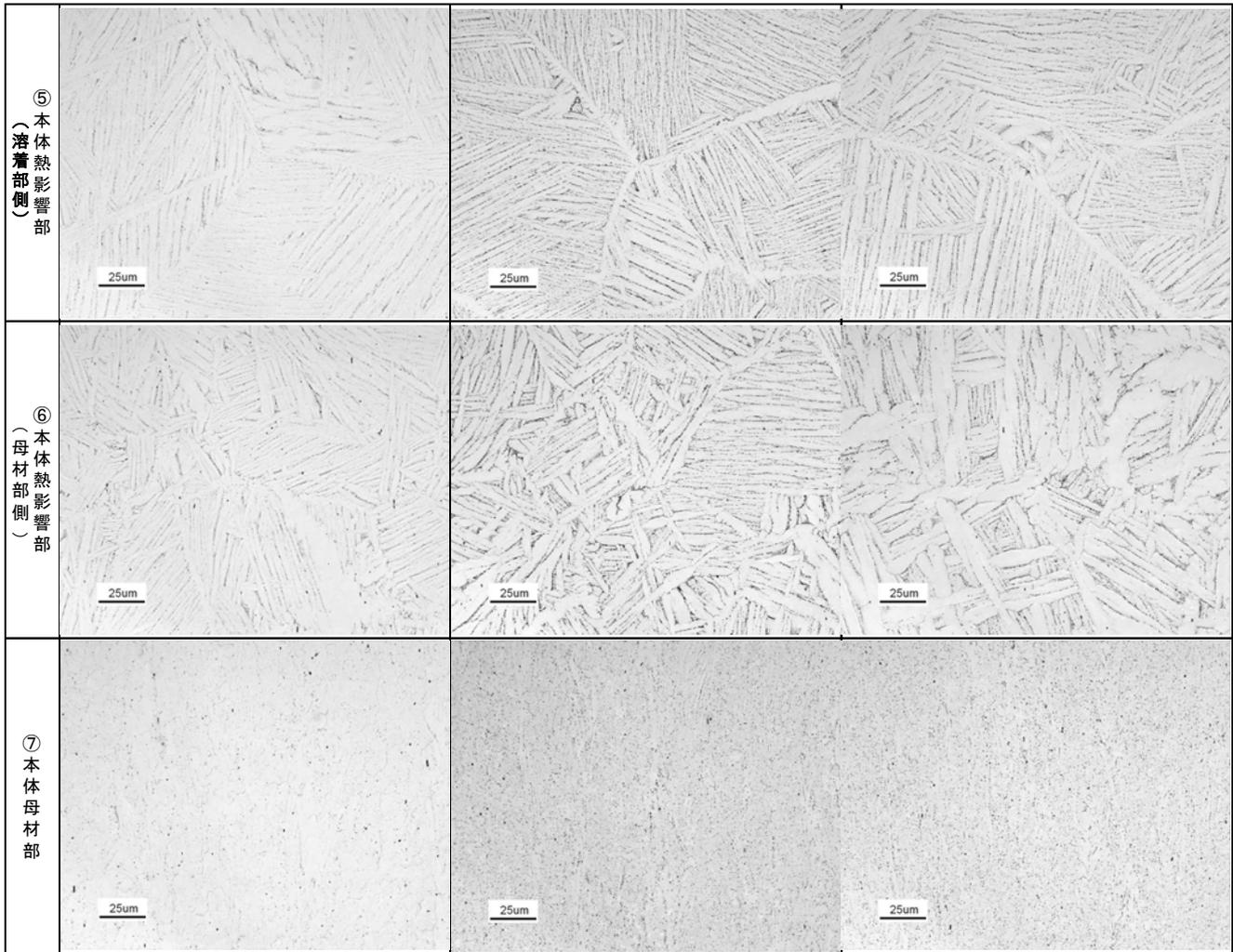
観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍

観察断面	III. クリップ端部から25mm	II. クリップ端部から12.5mm	I. クリップ端部
① クリップ母材部			
② クリップ熱影響部 (母材部側)			
③ クリップ熱影響部 (溶着部側)			
④ 溶着部			

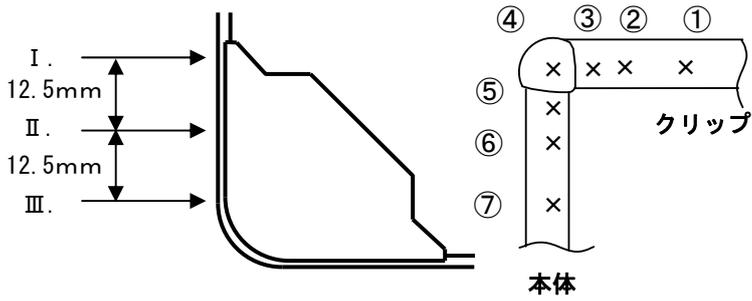
別紙2-図3-2 断面ミクロ析出物観察結果 (1/2)  
(自動溶接 B面 観察倍率400倍)



観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍



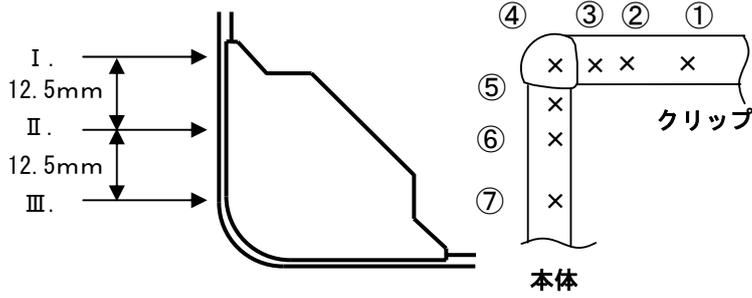
別紙2-図3-2 断面ミクロ析出物観察結果(2/2)  
(自動溶接 B面 観察倍率400倍)



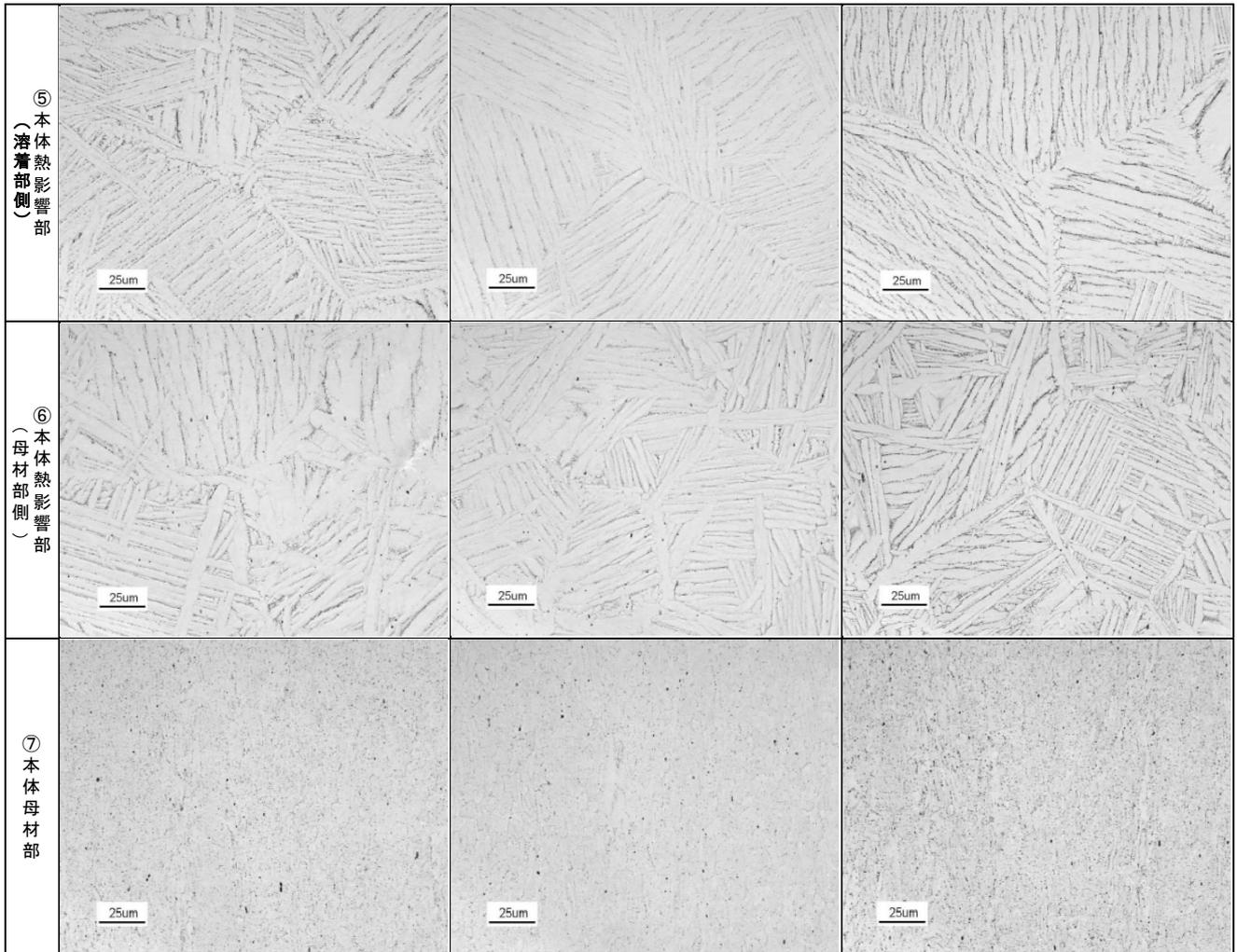
観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍

観察断面	I. クリップ端部	II. クリップ端部から12.5mm	III. クリップ端部から25mm
① クリップ母材部	[Diagonal line]		
② クリップ熱影響部 (母材部側)			
③ クリップ熱影響部 (溶着部側)			
④ 溶着部			

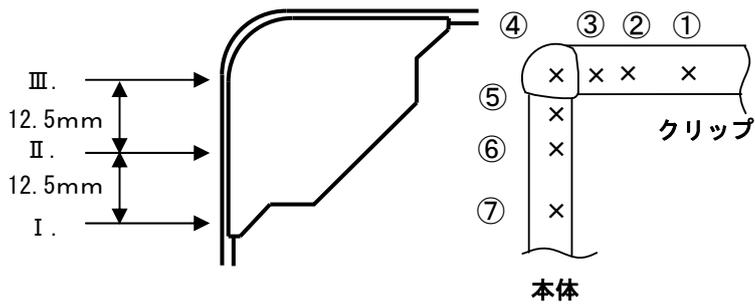
別紙2-図3-3 断面ミクロ析出物観察結果 (1/2)  
(自動溶接 C面 観察倍率400倍)



観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍



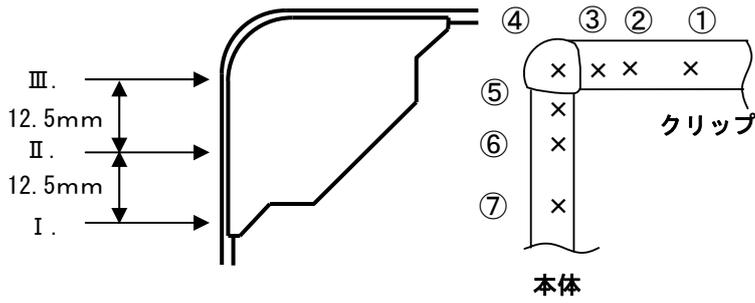
別紙2-図3-3 断面ミクロ析出物観察結果(2/2)  
(自動溶接 C面 観察倍率400倍)



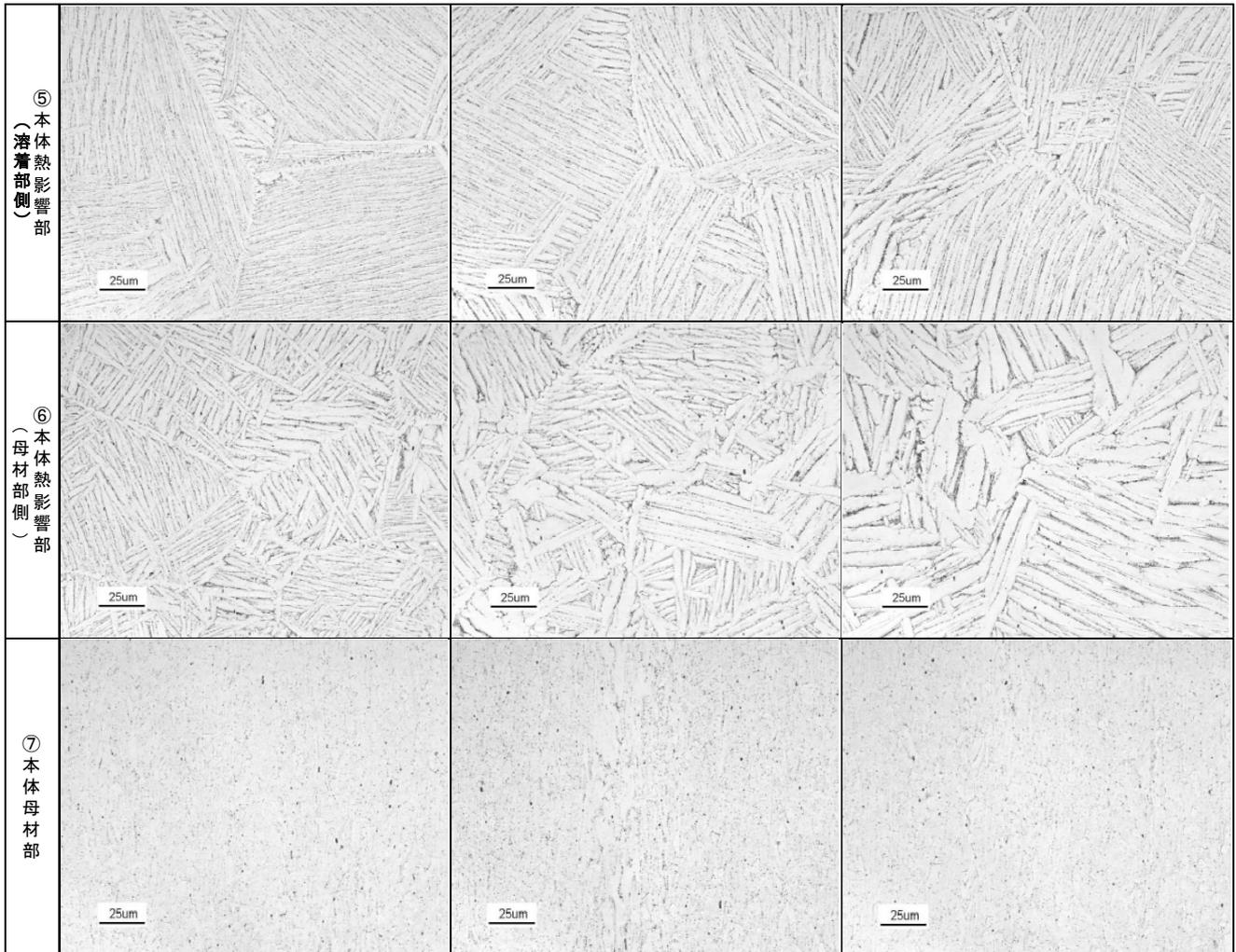
観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍

観察断面	Ⅲ. クリップ端部から25mm	Ⅱ. クリップ端部から12.5mm	Ⅰ. クリップ端部
① クリップ母材部			
② クリップ熱影響部 (母材側)			
③ クリップ熱影響部 (溶着部側)			
④ 溶着部			

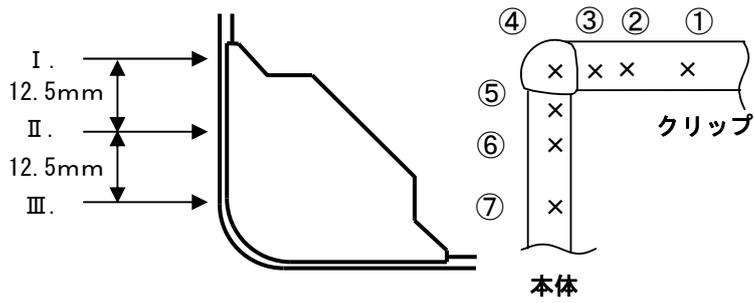
別紙2-図3-4 断面ミクロ析出物観察結果 (1/2)  
(自動溶接 D面 観察倍率400倍)



観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍



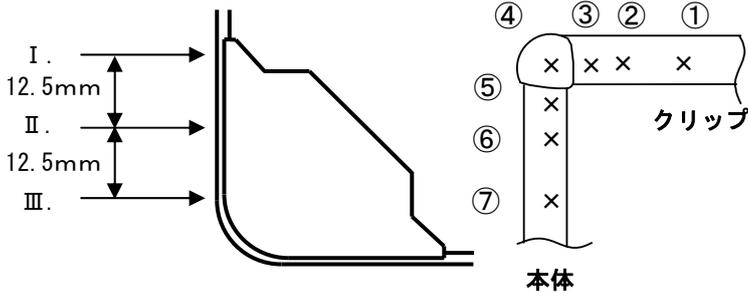
別紙2-図3-4 断面ミクロ析出物観察結果(2/2)  
(自動溶接 D面 観察倍率400倍)



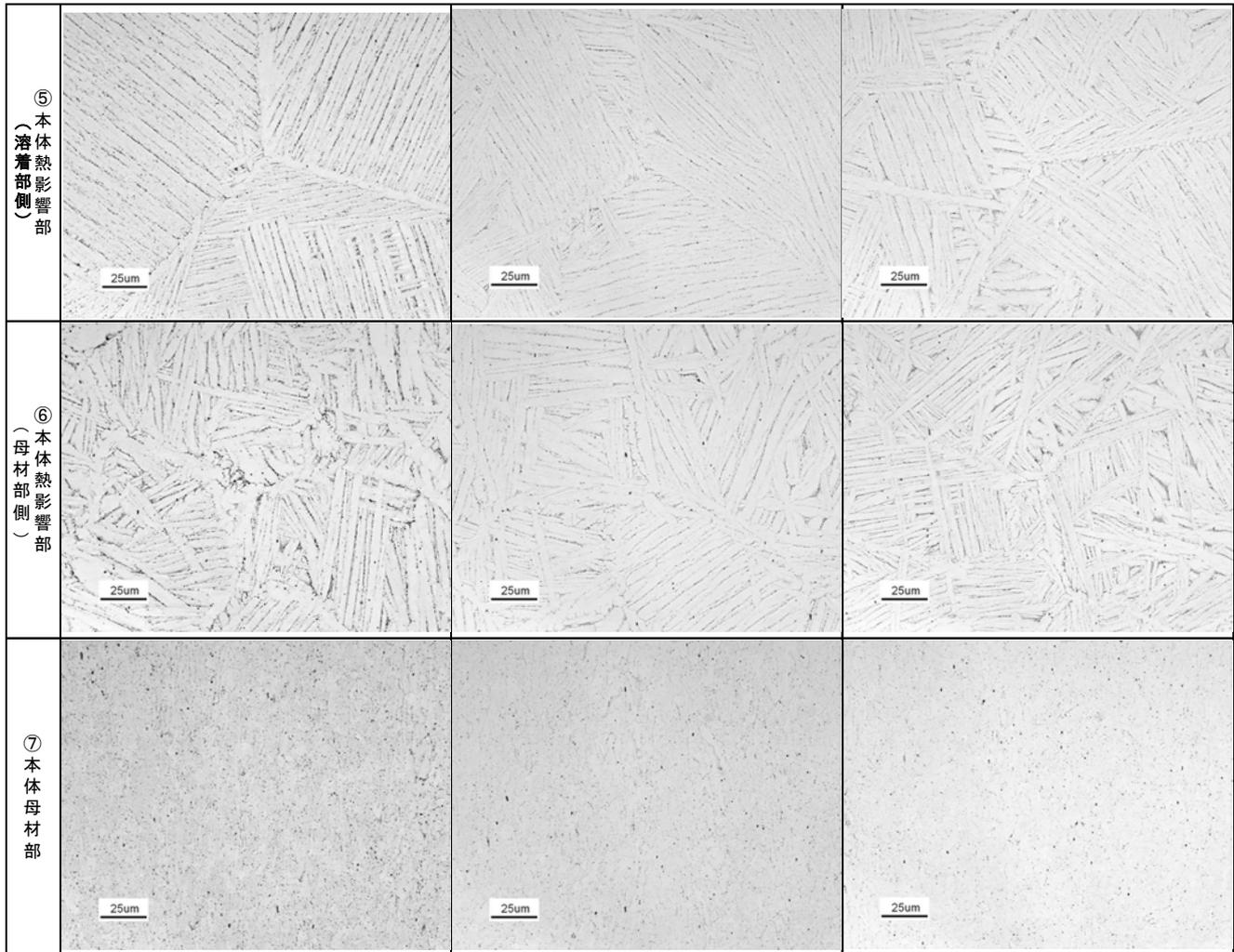
観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍

観察断面	I. クリップ端部	II. クリップ端部から12.5mm	III. クリップ端部から25mm
① クリップ母材部	[Diagonal line]		
② クリップ熱影響部 (母材部側)			
③ クリップ熱影響部 (溶着部側)			
④ 溶着部			

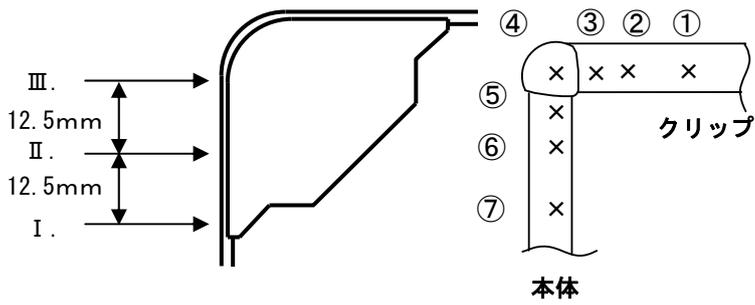
別紙2-図3-5 断面ミクロ析出物観察結果 (1/2)  
(手動溶接 A面 観察倍率400倍)



観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍



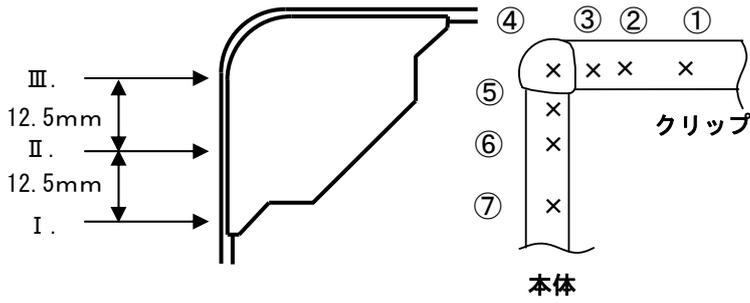
別紙2-図3-5 断面ミクロ析出物観察結果(2/2)  
(手動溶接 A面 観察倍率400倍)



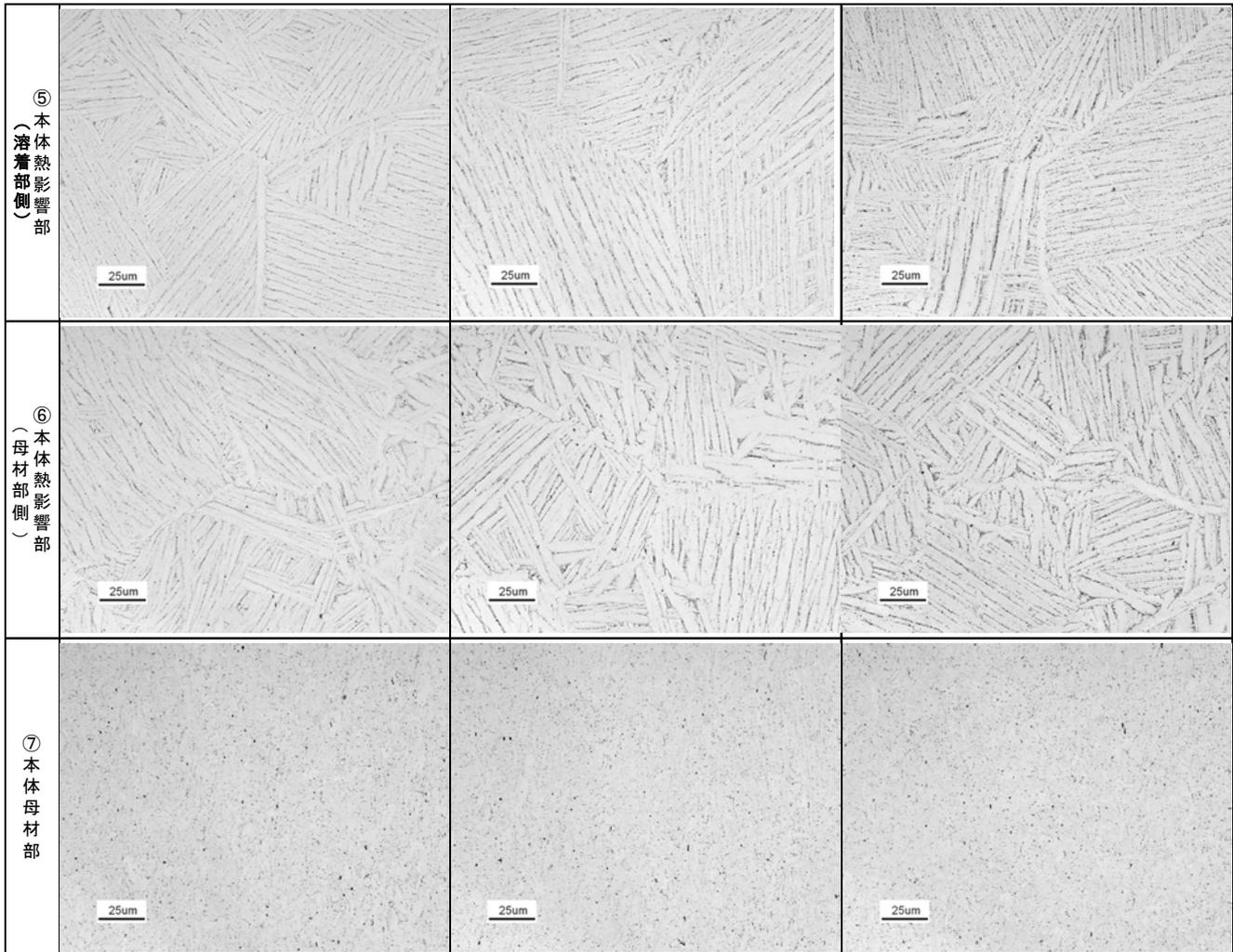
観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍

観察断面	III. クリップ端部から25mm	II. クリップ端部から12.5mm	I. クリップ端部
① クリップ母材部			
② クリップ(母材部側)熱影響部			
③ クリップ(溶着部側)熱影響部			
④ 溶着部			

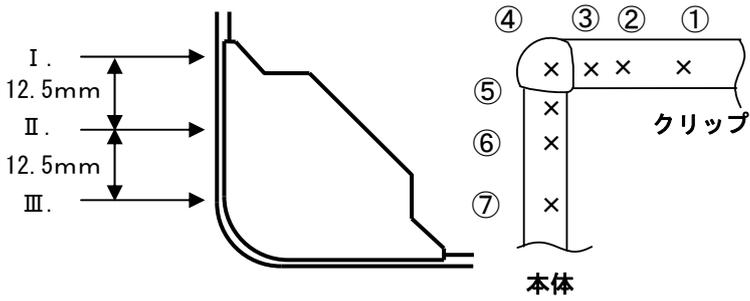
別紙2-図3-6 断面ミクロ析出物観察結果(1/2)  
(手動溶接 B面 観察倍率400倍)



観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍



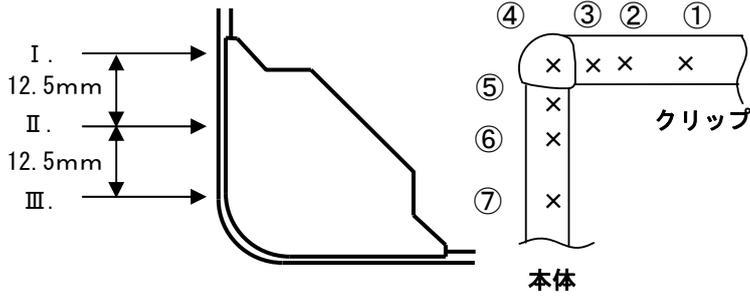
別紙2-図3-6 断面ミクロ析出物観察結果(2/2)  
(手動溶接 B面 観察倍率400倍)



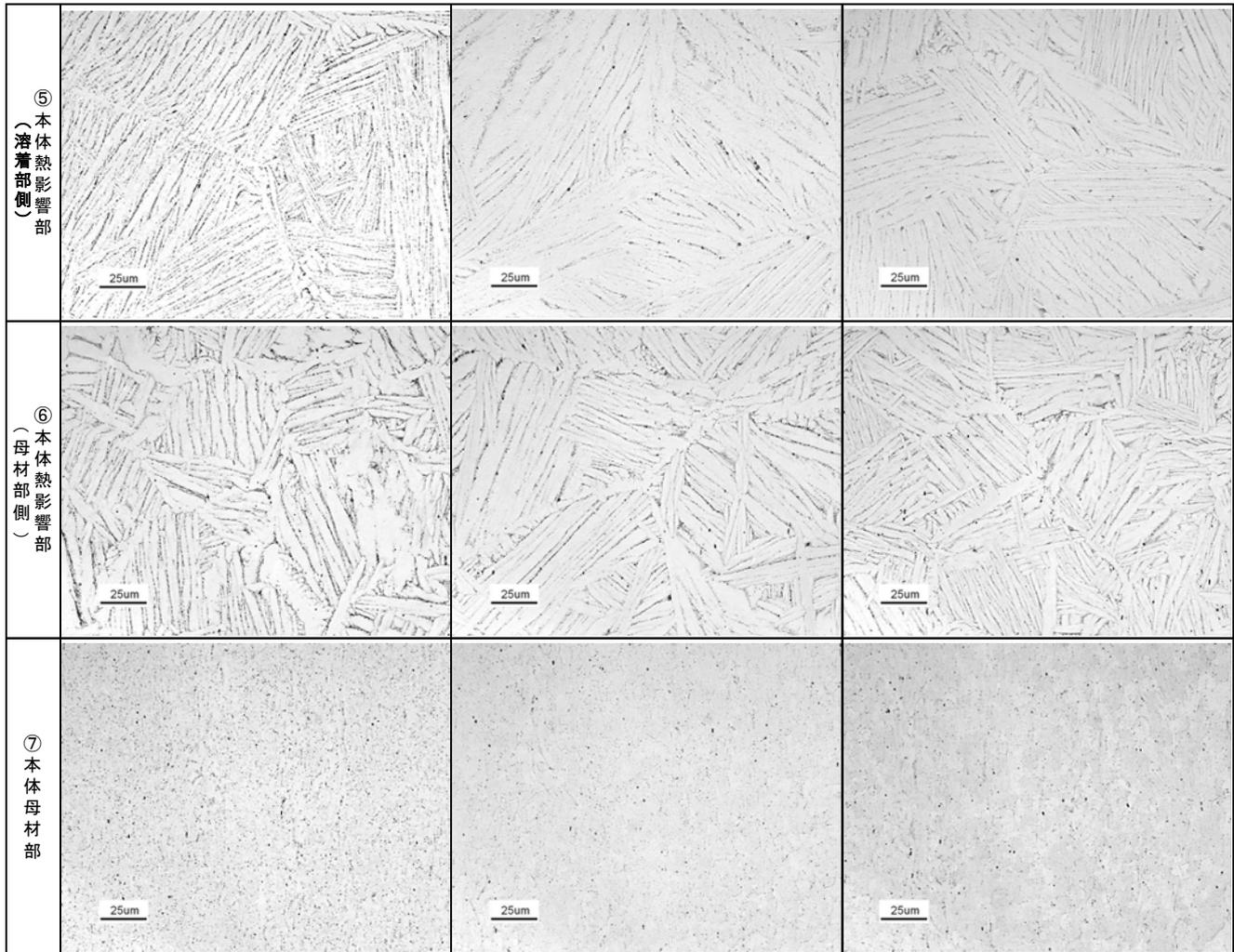
観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍

観察断面	I. クリップ端部	II. クリップ端部から12.5mm	III. クリップ端部から25mm
① クリップ母材部	[Diagonal line]		
② クリップ熱影響部 (母材部側)			
③ クリップ熱影響部 (溶着部側)			
④ 溶着部			

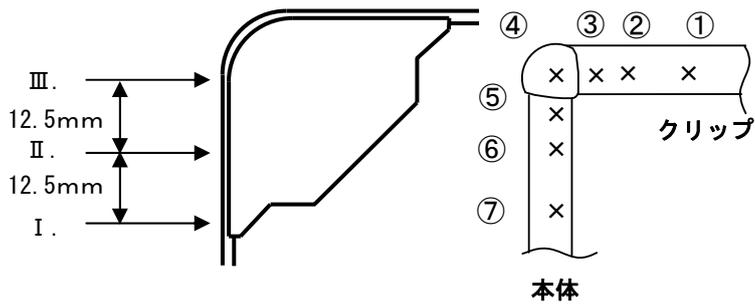
別紙2-図3-7 断面ミクロ析出物観察結果 (1/2)  
(手動溶接 C面 観察倍率400倍)



観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍



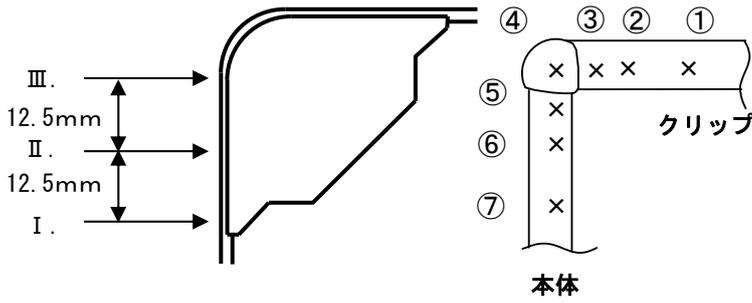
別紙2-図3-7 断面ミクロ析出物観察結果(2/2)  
(手動溶接 C面 観察倍率400倍)



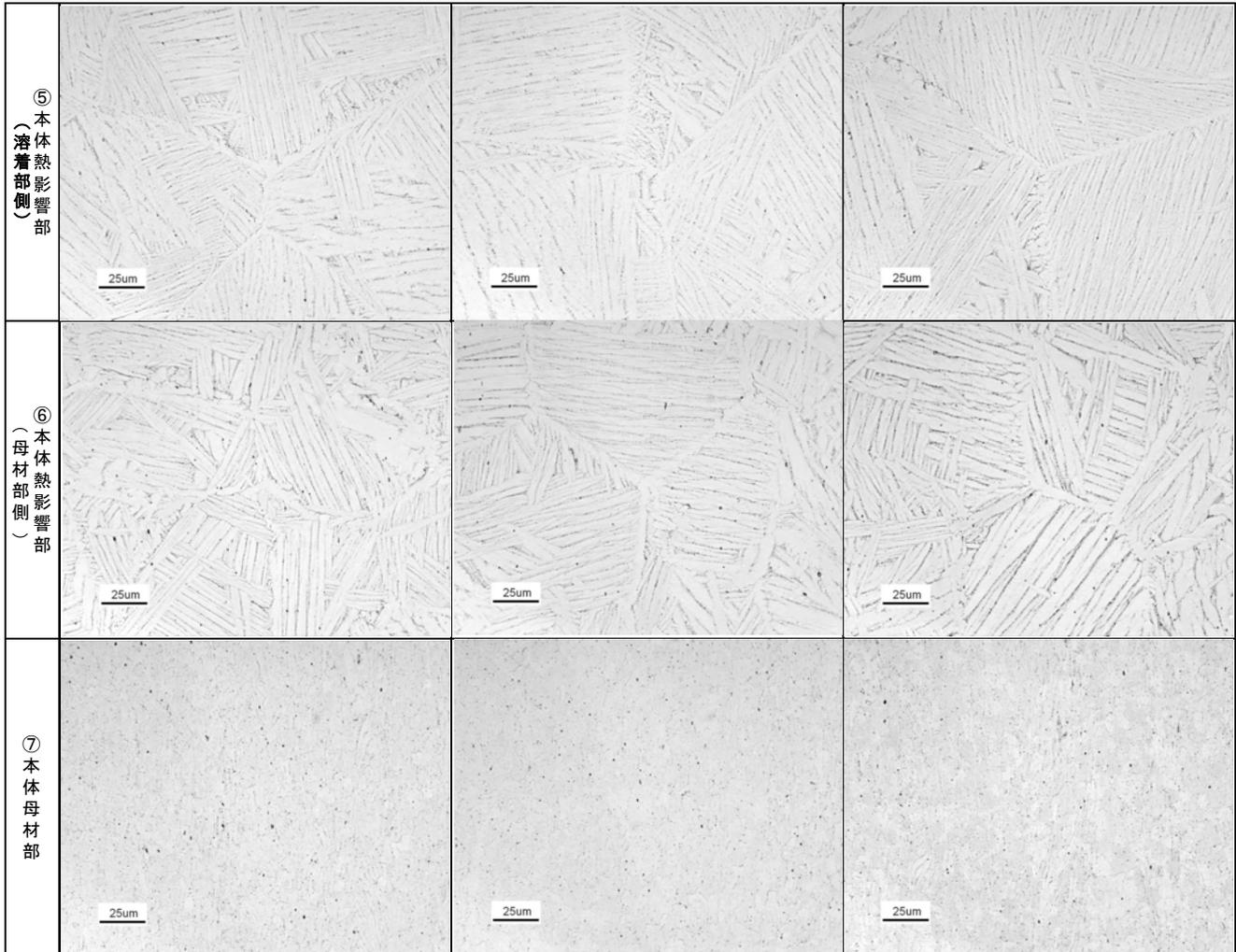
観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍

観察断面	Ⅲ. クリップ端部から 25mm	Ⅱ. クリップ端部から12.5mm	Ⅰ. クリップ端部
① クリップ母材部			
② クリップ(母材部側)熱影響部			
③ クリップ(溶着部側)熱影響部			
④ 溶着部			

別紙2-図3-8 断面ミクロ析出物観察結果(1/2)  
(手動溶接 D面 観察倍率400倍)



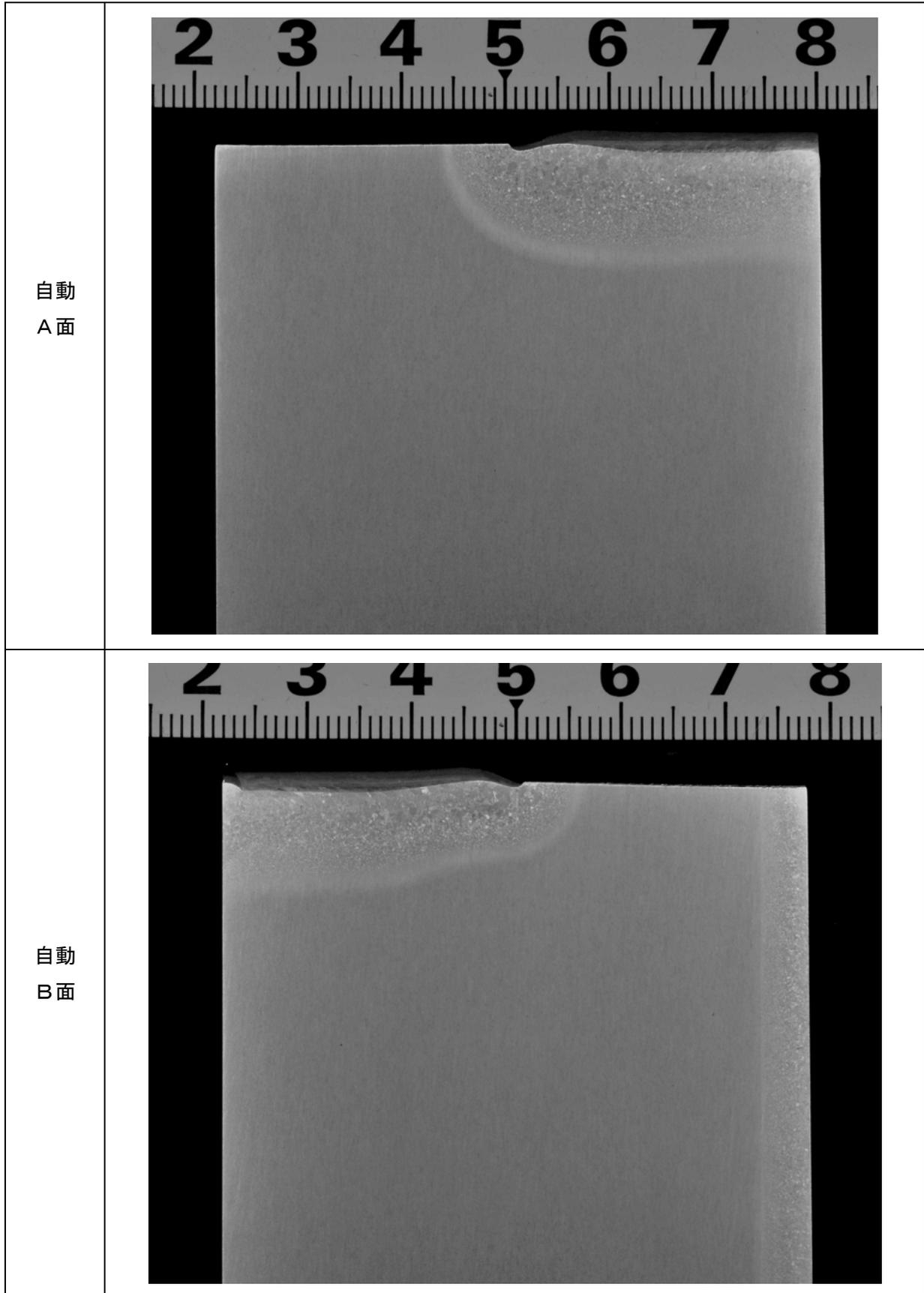
観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍



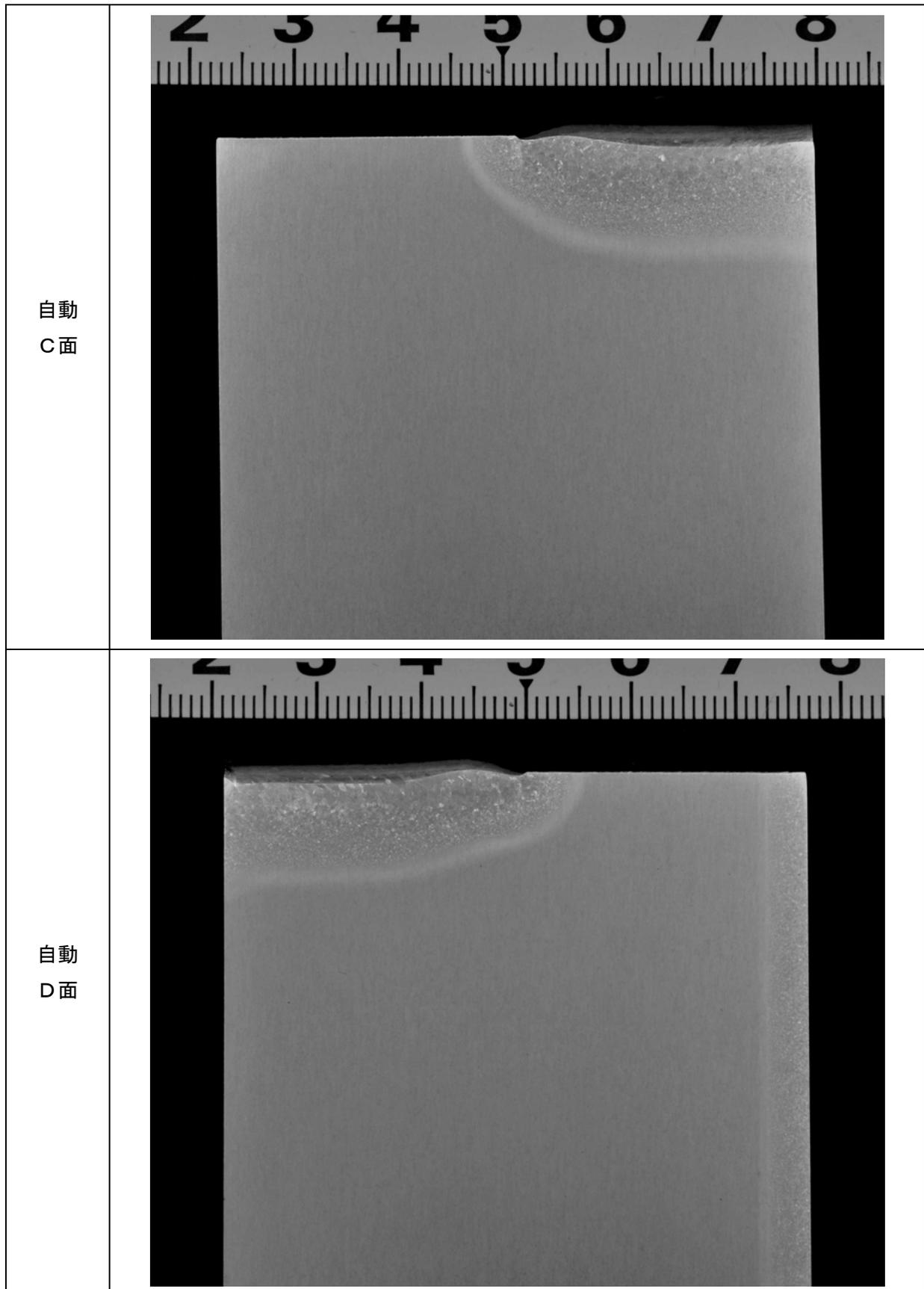
別紙2-図3-8 断面ミクロ析出物観察結果(2/2)  
(手動溶接 D面 観察倍率400倍)

(2) 側面観察結果

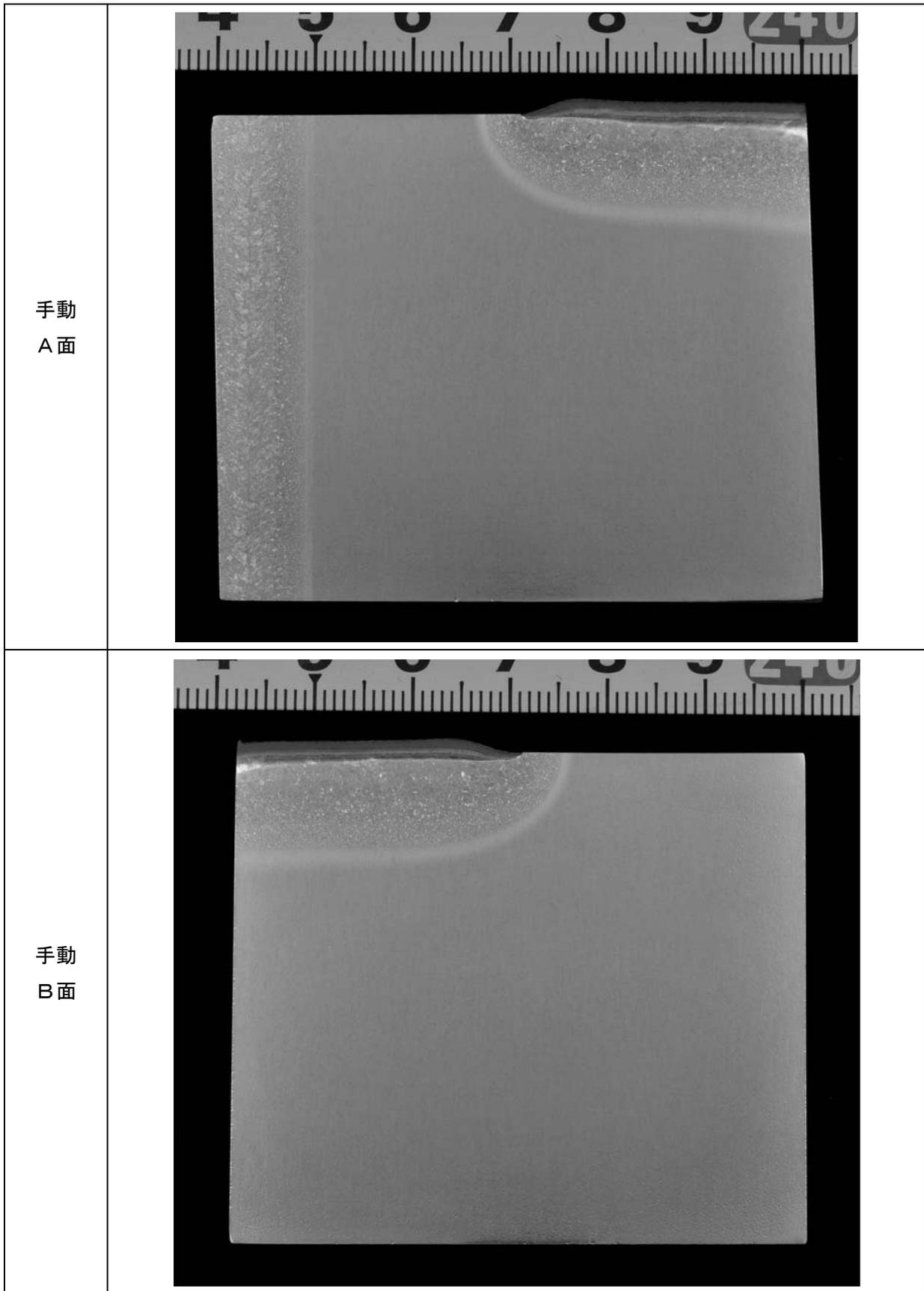
a. 側面マクロ観察



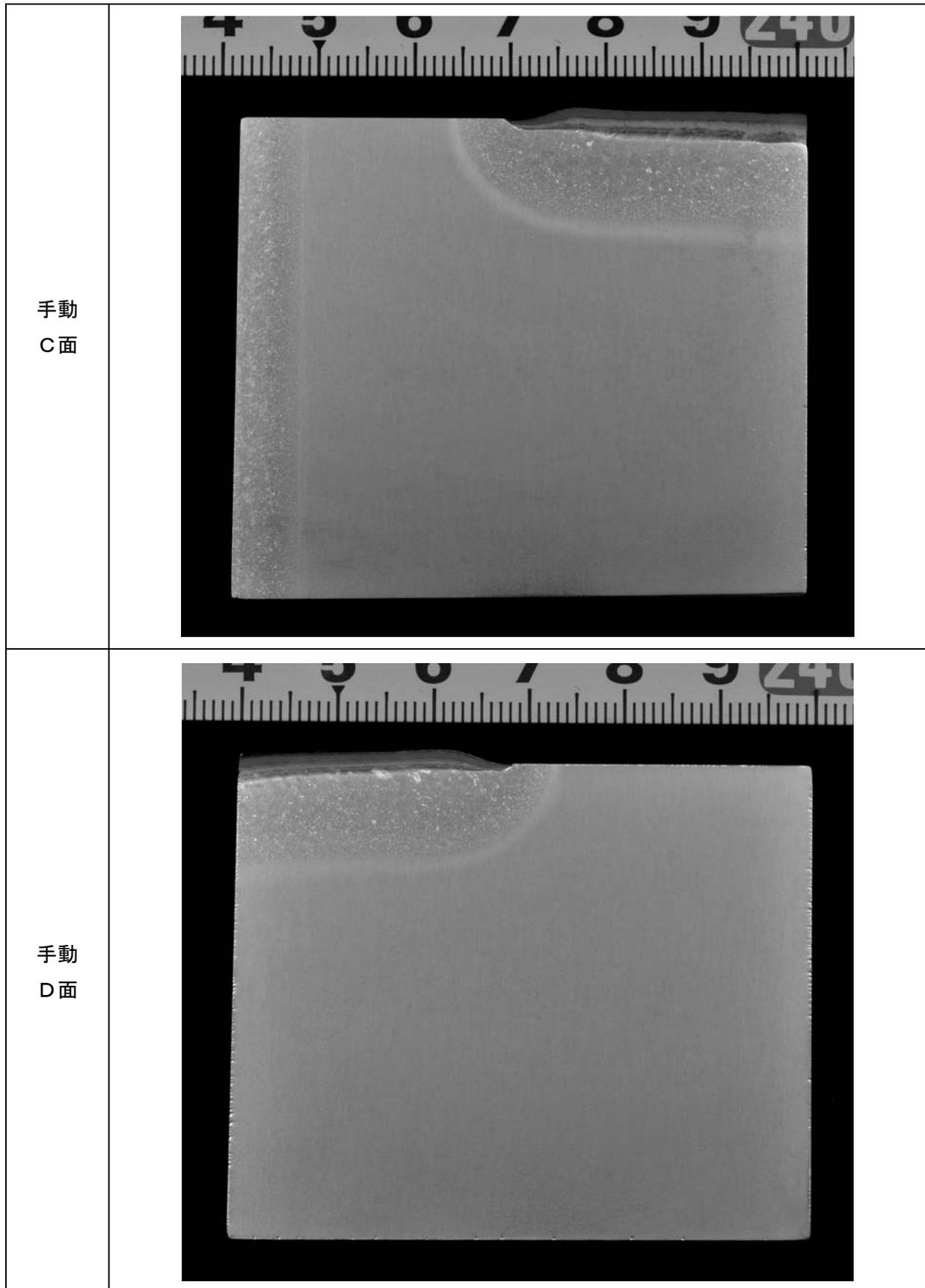
別紙2-図4-1 側面マクロ観察結果  
(自動溶接 クリップ接合部A、B面)



別紙2-図4-2 側面マクロ観察結果  
(自動溶接 クリップ接合部C、D面)

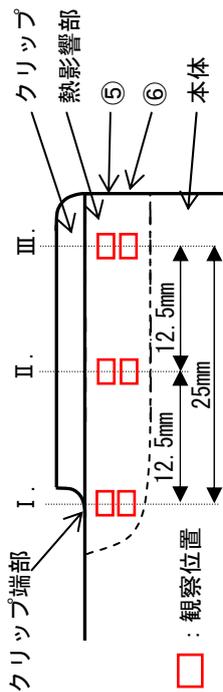


別紙2-図4-3 側面マクロ観察結果  
(手動溶接 クリップ接合部A、B面)

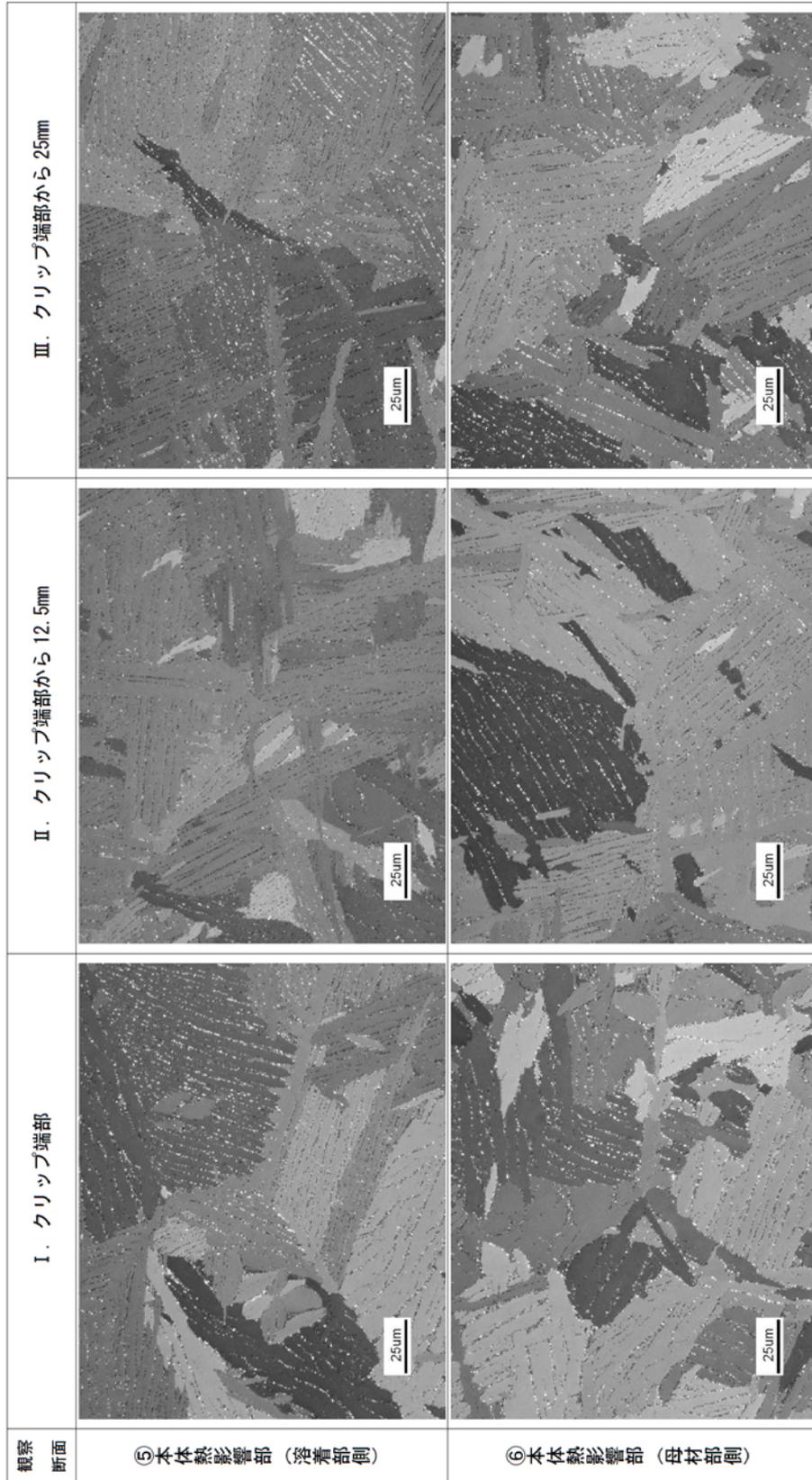


別紙2-図4-4 側面マクロ観察結果  
(手動溶接 クリップ接合部C、D面)

b. 側面ミクロ観察結果 (フィルタ有)

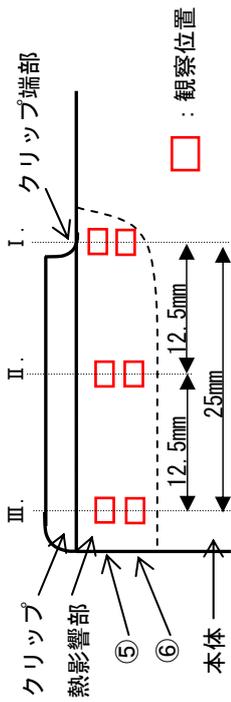


観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍



別紙2-図5-1 側面ミクロ結晶組織観察結果 (自動溶接 A面 観察倍率400倍)

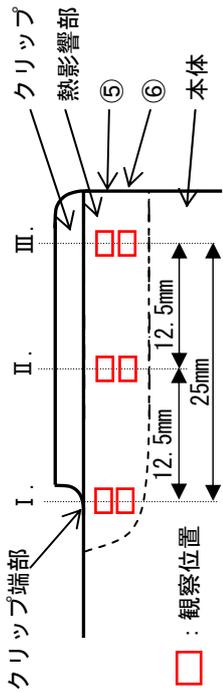
観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍



観察断面	⑤ 本体熱影響部 (溶着部側)	⑥ 本体熱影響部 (母材部側)
III. クリップ端部から25mm		
II. クリップ端部から12.5mm		
I. クリップ端部		

別紙2-図5-2 側面ミクロ結晶組織観察結果 (自動溶接 B面 観察倍率400倍)

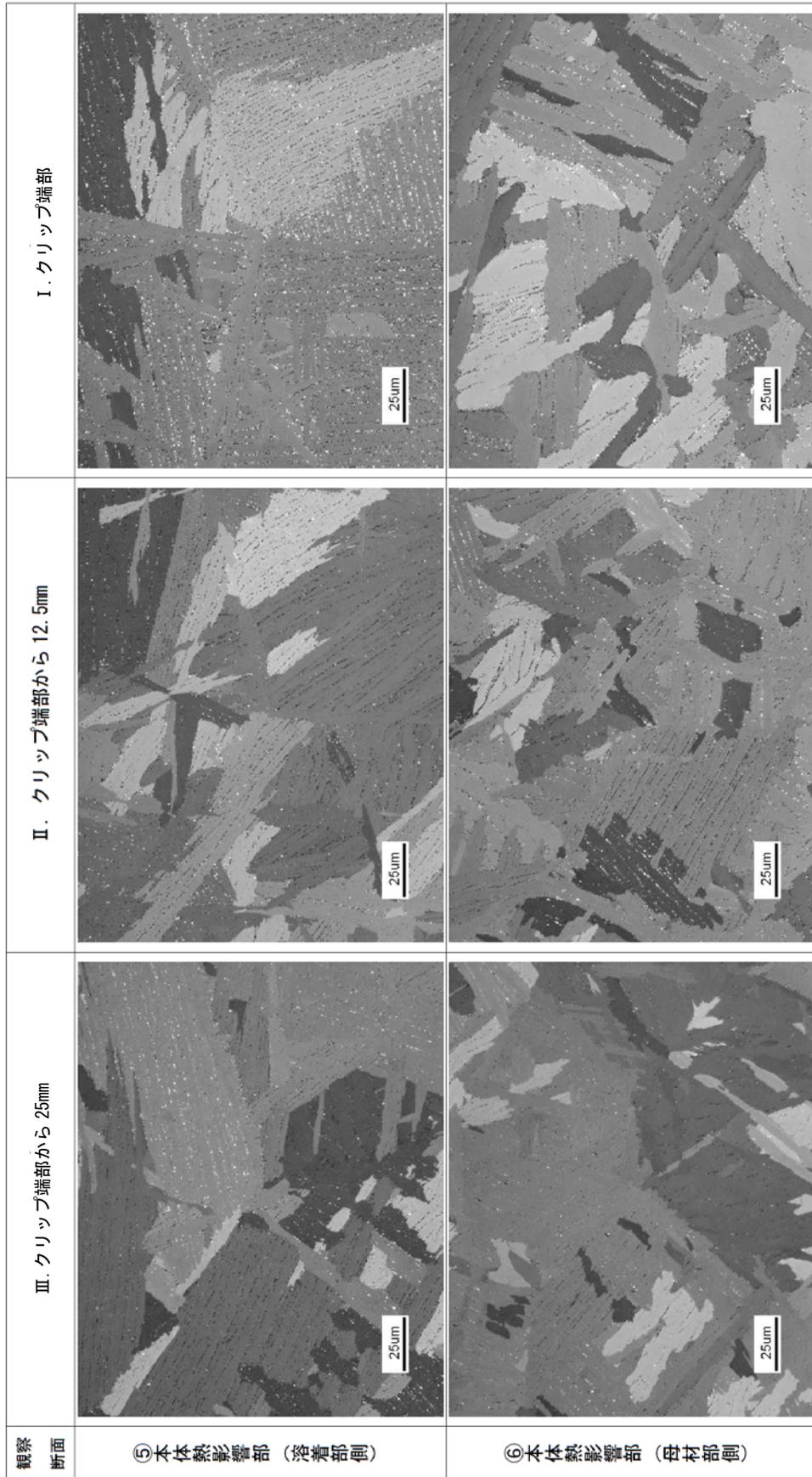
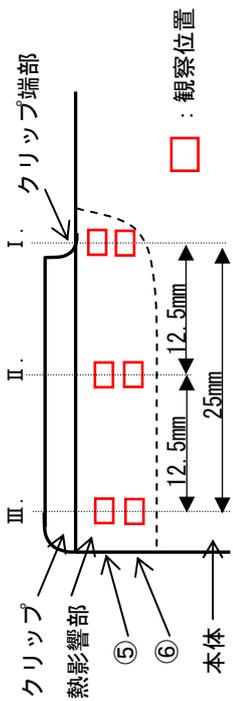
観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍



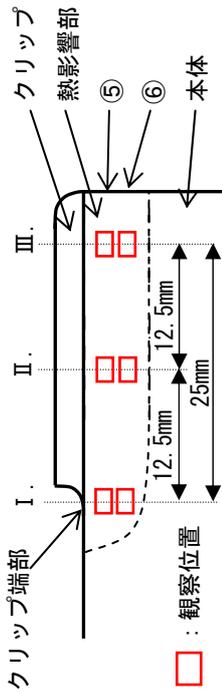
観察断面	I. クリップ端部	II. クリップ端部から12.5mm	III. クリップ端部から25mm
⑤ 本体熱影響部 (溶着部側)			
⑥ 本体熱影響部 (母材部側)			

別紙2-図5-3 側面ミクログ結晶組織観察結果 (自動溶接 C面 観察倍率400倍)

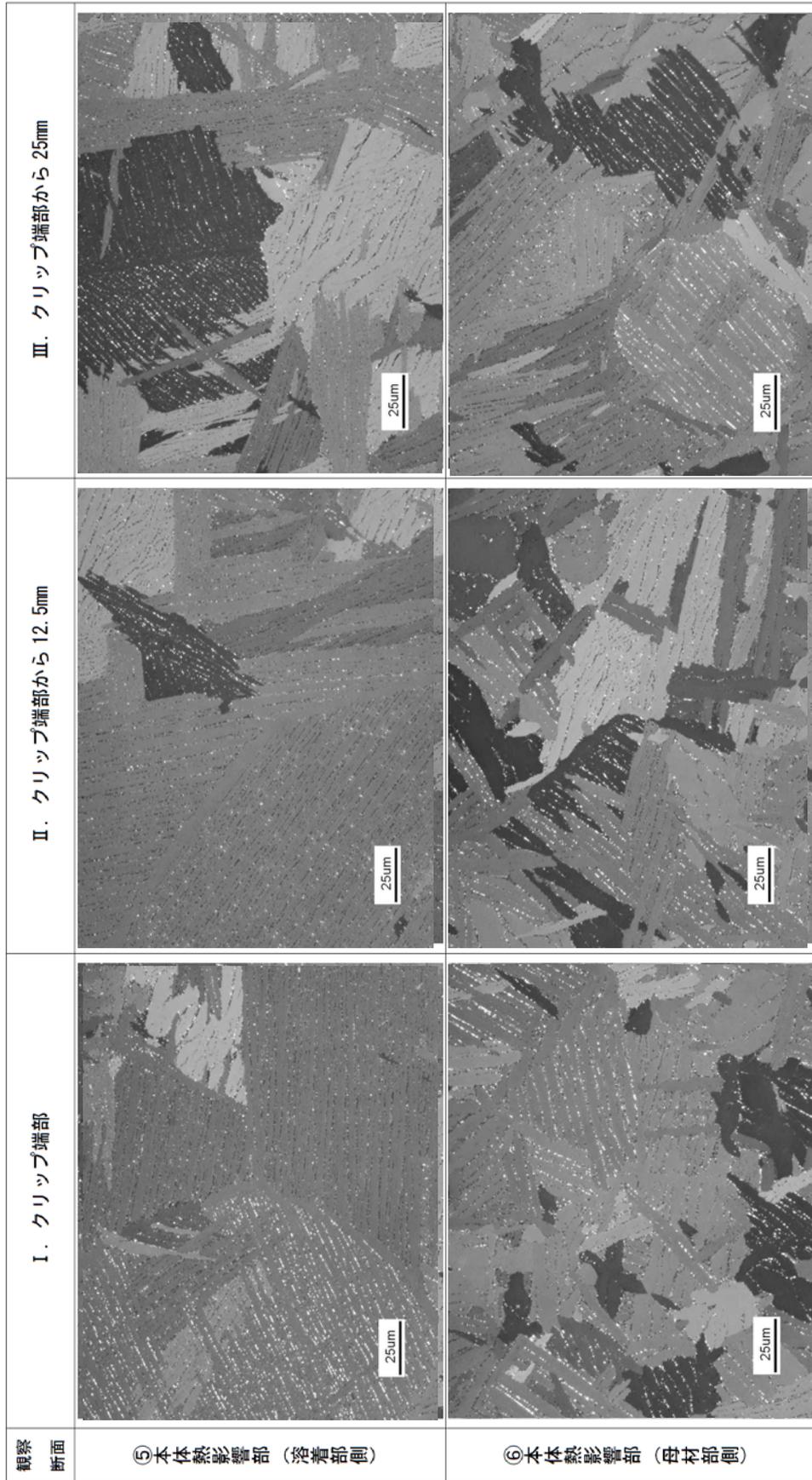
観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍



別紙2-図5-4 側面ミクログリッド結晶組織観察結果 (自動溶接 D面 観察倍率400倍)

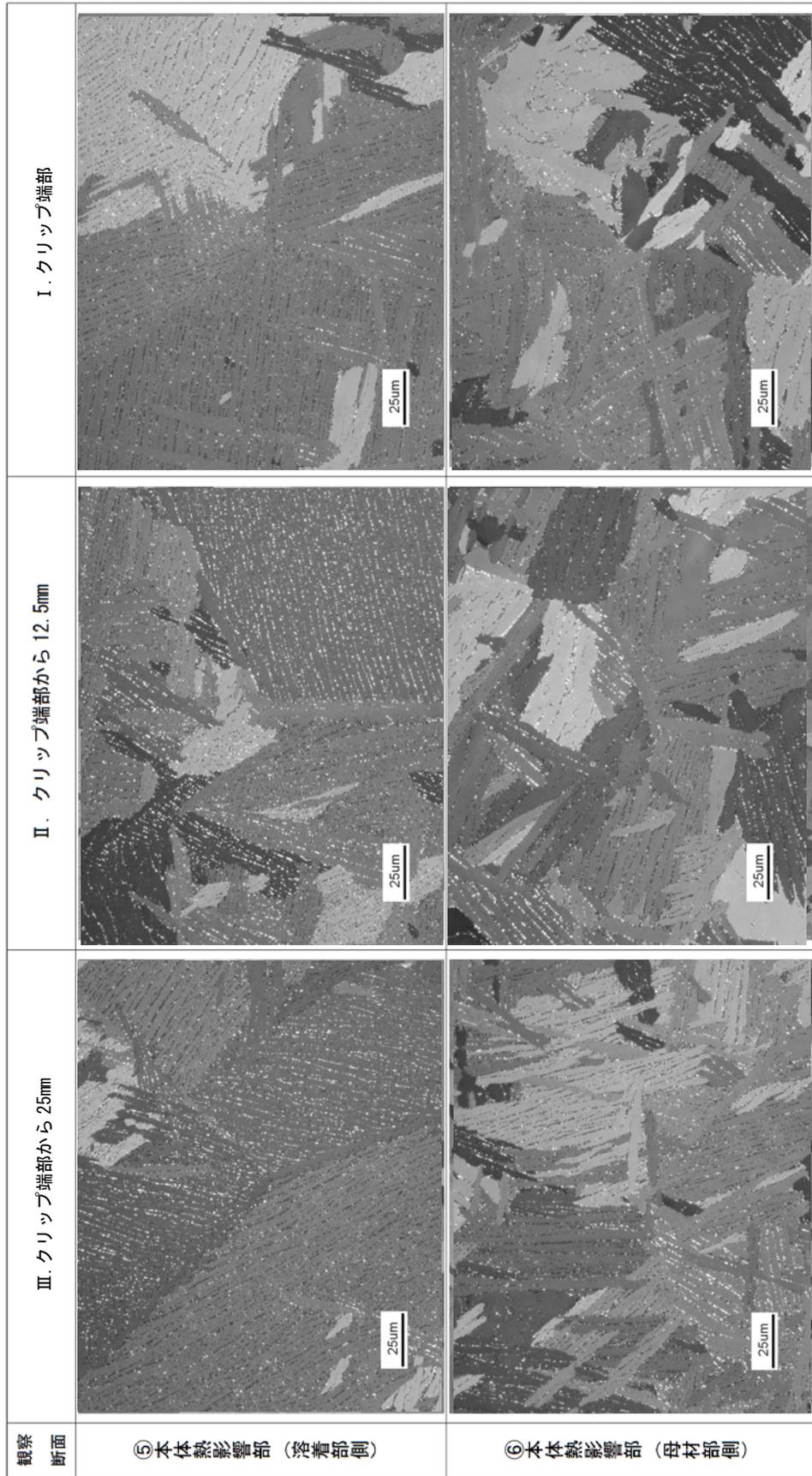
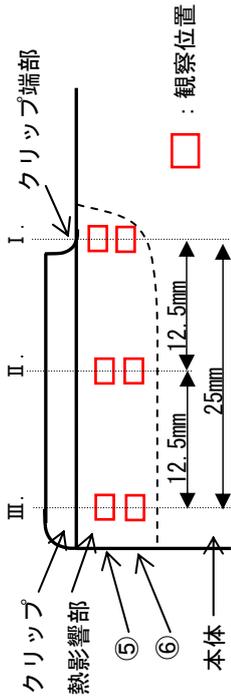


観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍



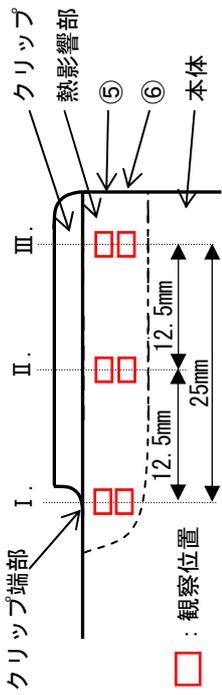
別紙2-図5-5 側面ミクログラフ結晶組織観察結果 (手動溶接 A面 観察倍率400倍)

観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍



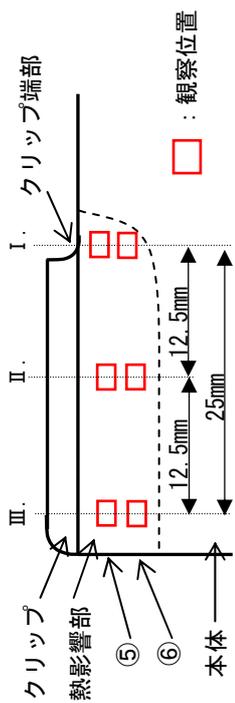
別紙2-図5-6 側面ミクログ結晶組織観察結果 (手動溶接 B面 観察倍率400倍)

観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍

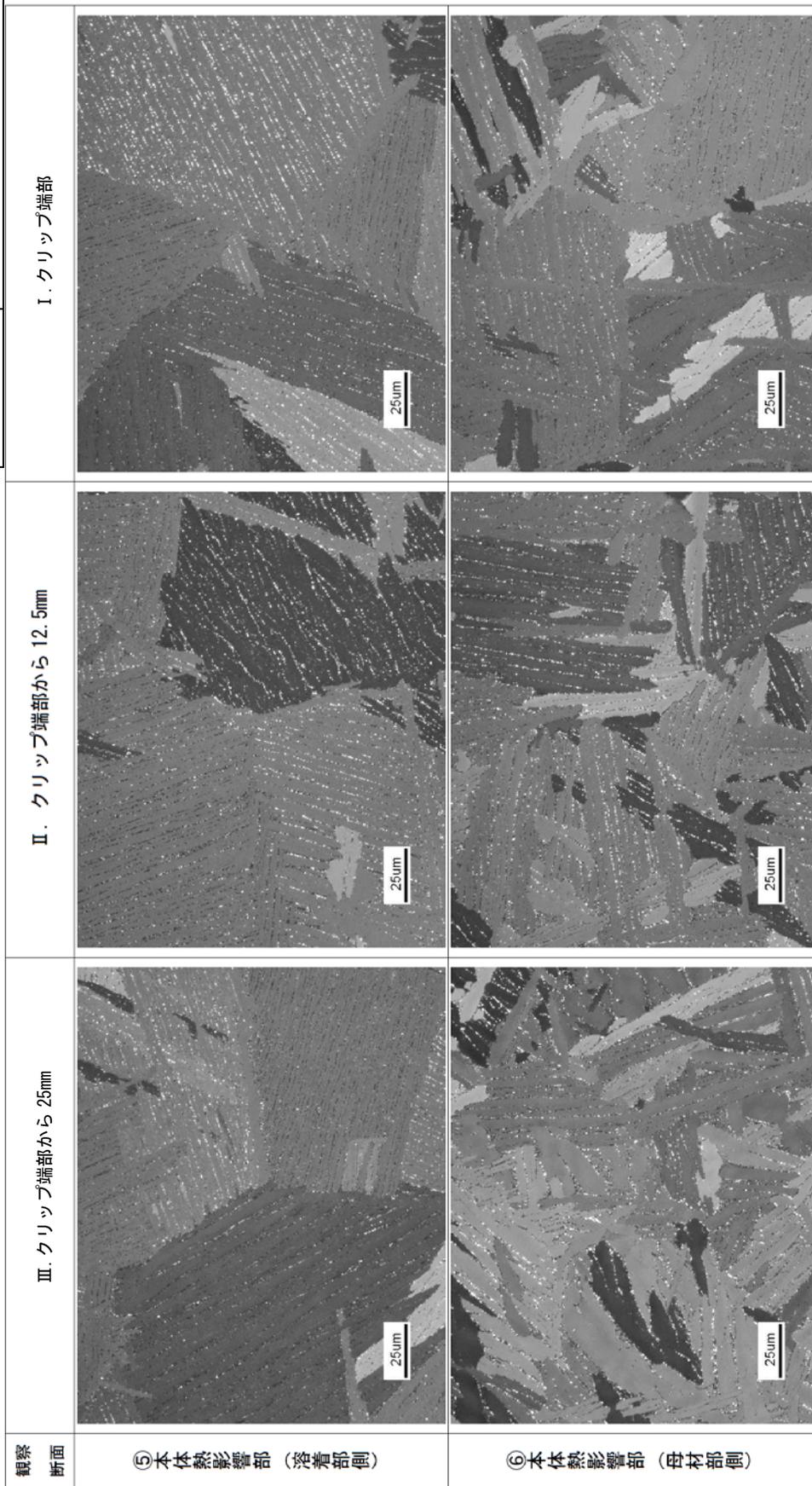


観察断面	I. クリップ端部	II. クリップ端部から12.5mm	III. クリップ端部から25mm
⑤ 本体熱影響部 (溶着部側)			
⑥ 本体熱影響部 (母材部側)			

別紙2-図5-7 側面ミクロ結晶組織観察結果 (手動溶接 C面 観察倍率400倍)

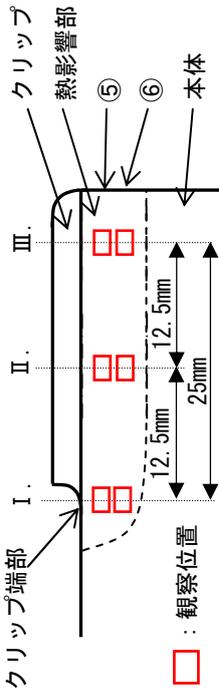


観察対象	結晶組織
溶接方法	手動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍

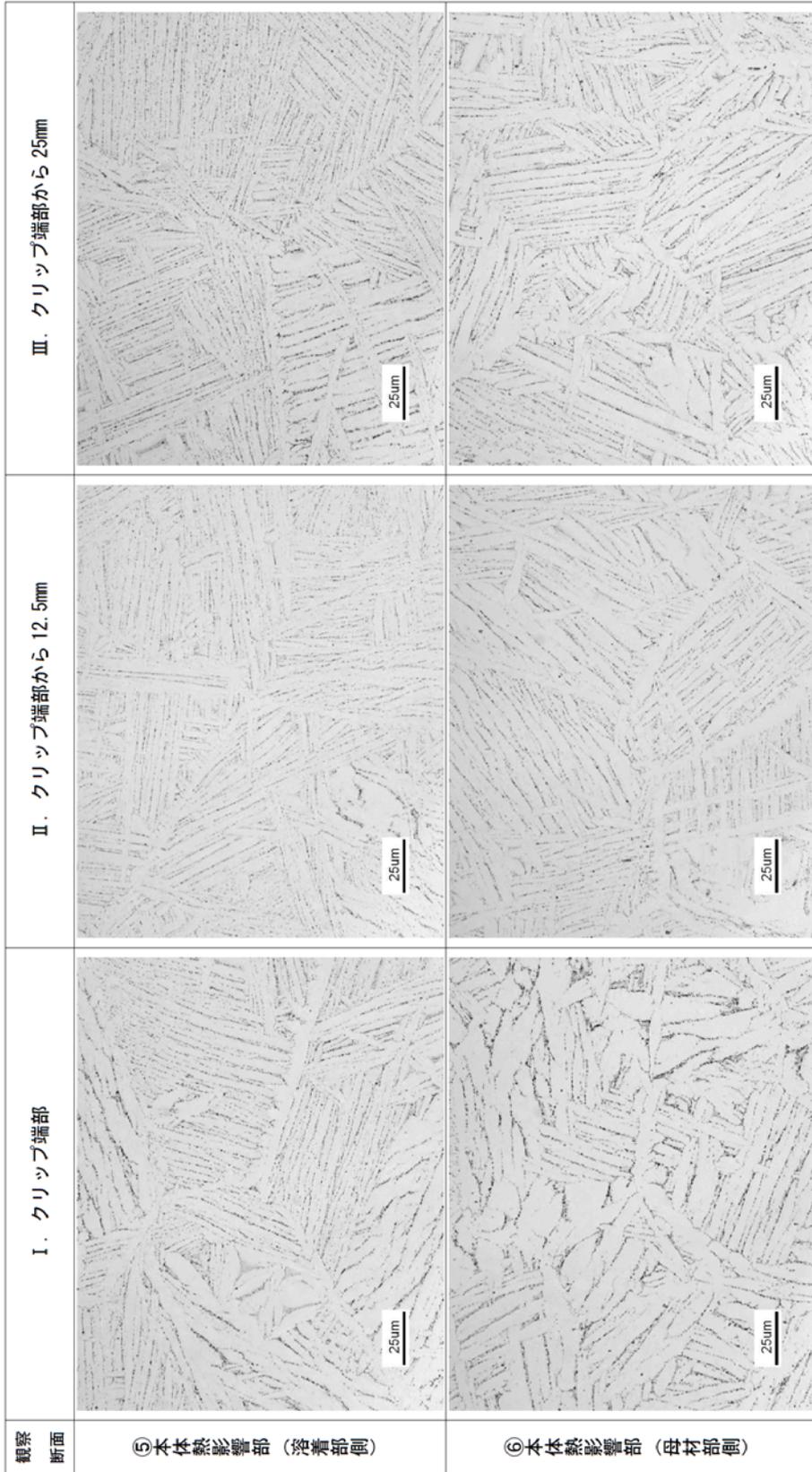


別紙2-図5-8 側面ミクログ結晶組織観察結果 (手動溶接 D面 観察倍率400倍)

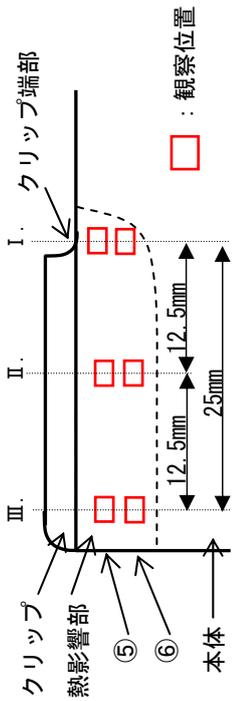
C. 側面ミクロ観察結果 (フィルタ無)



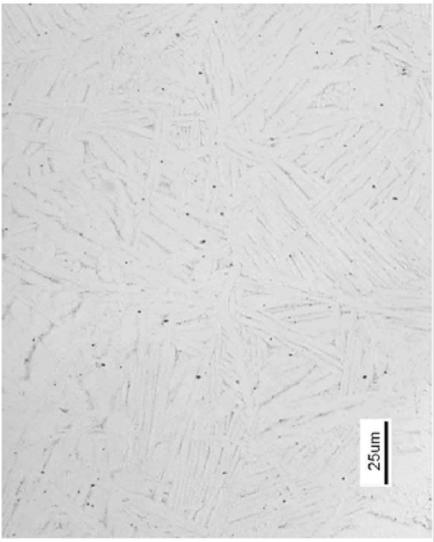
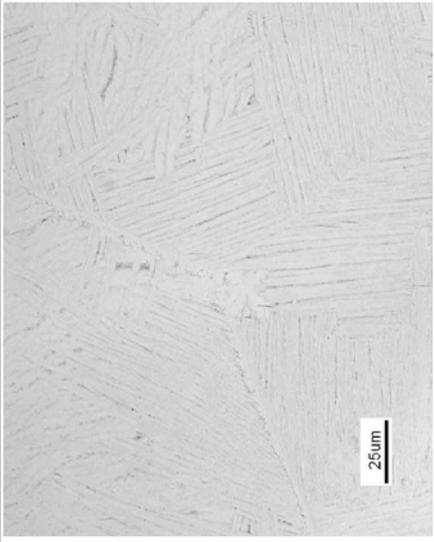
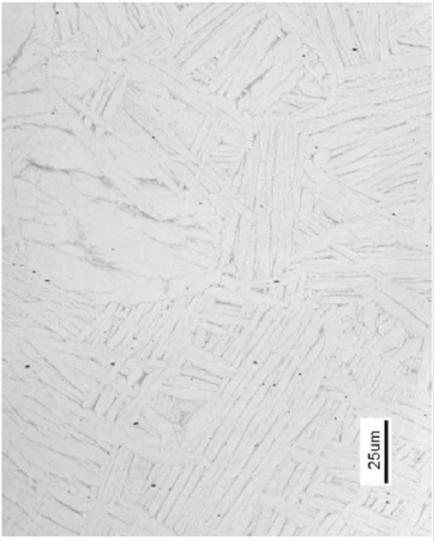
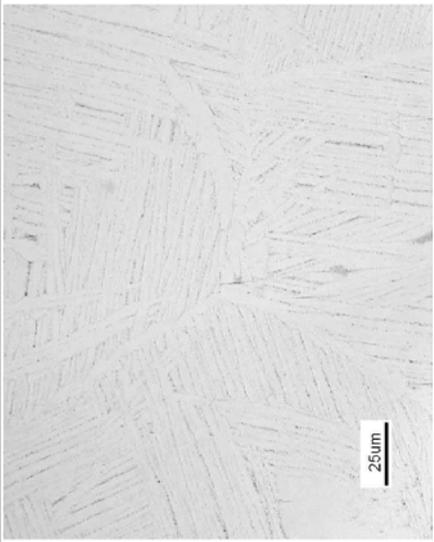
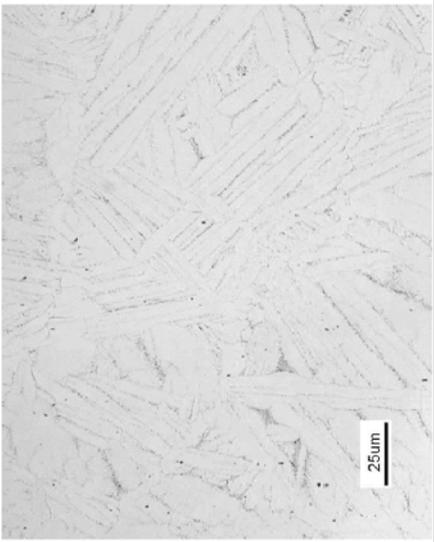
観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍



別紙2-図6-1 側面ミクロ析出物観察結果 (自動溶接 A面 観察倍率400倍)

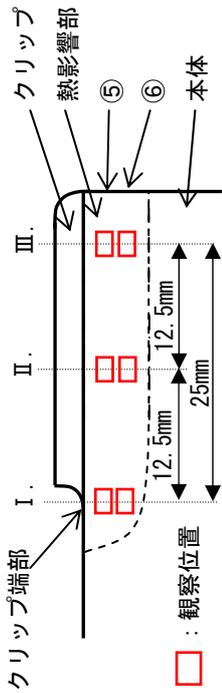


観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍

観察断面	⑤ 本体熱影響部 (溶着部側)	⑥ 本体熱影響部 (母材部側)
III. クリップ端部から25mm		
II. クリップ端部から12.5mm		
I. クリップ端部		

別紙2-図6-2 側面ミクロ析出物観察結果 (自動溶接 B面 観察倍率400倍)

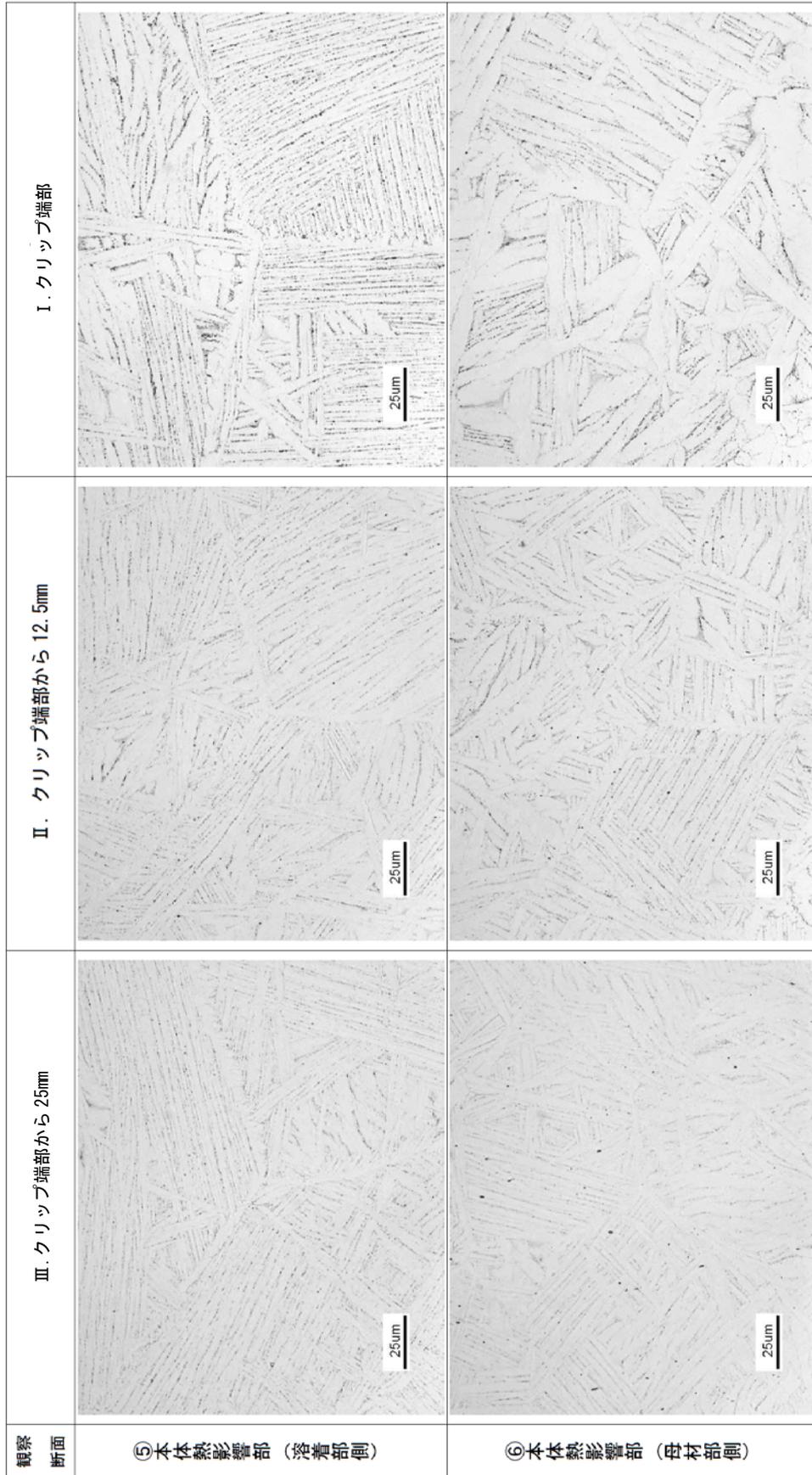
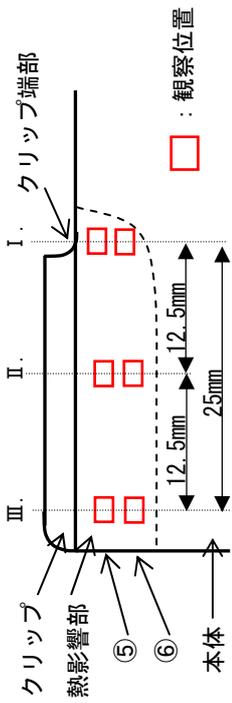
観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍



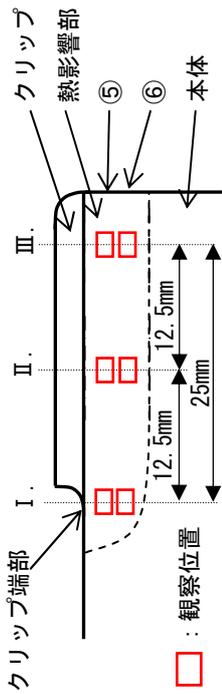
観察断面	⑤ 本体熱影響部 (溶着部側)	⑥ 本体熱影響部 (母材側)
I. クリップ端部		
II. クリップ端部から12.5mm		
III. クリップ端部から25mm		

別紙2-図6-3 側面ミクロ析出物観察結果 (自動溶接 C面 観察倍率400倍)

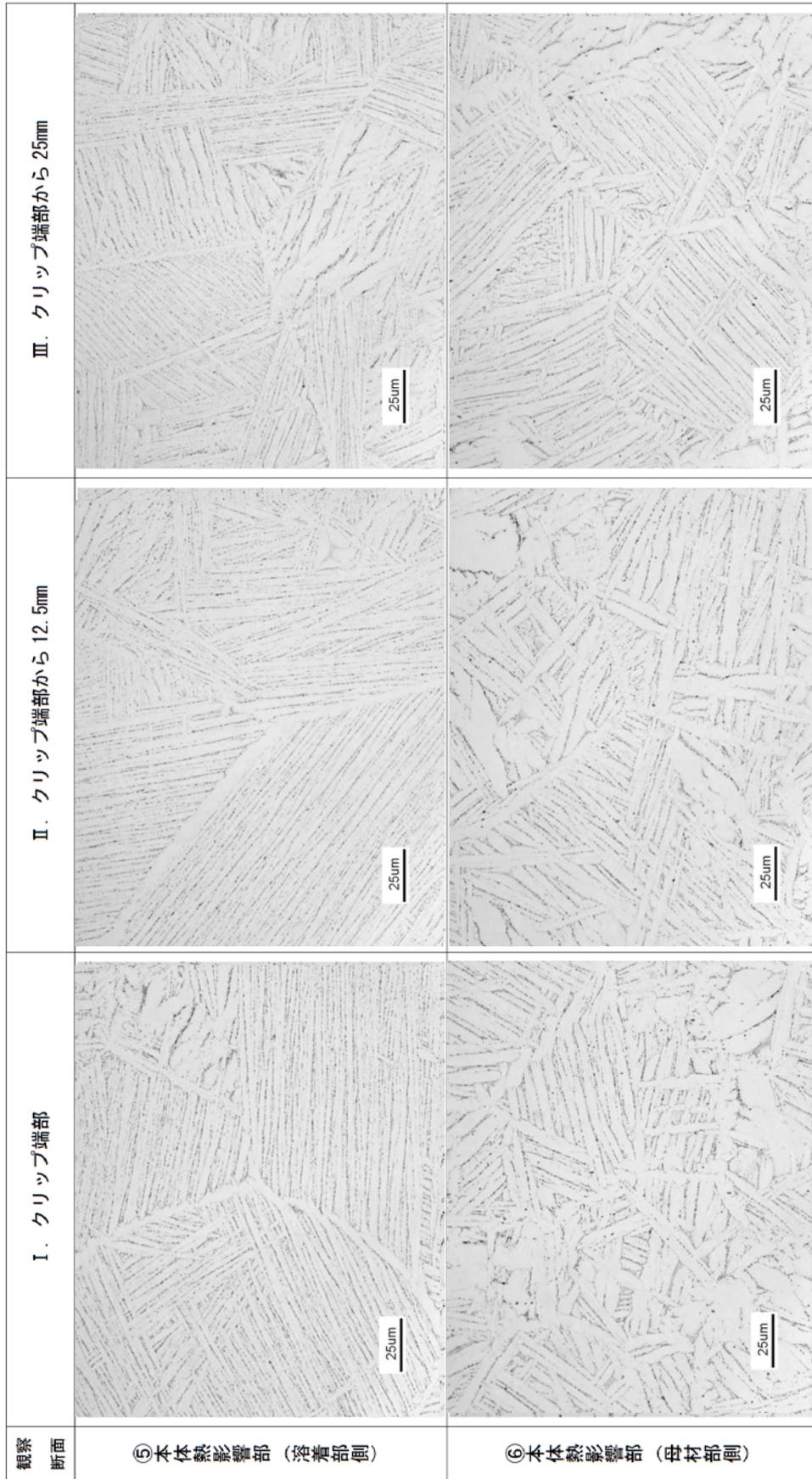
観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍



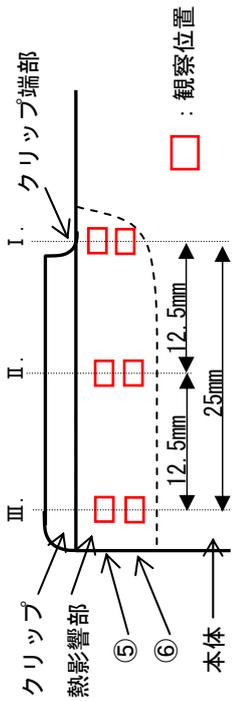
別紙2-図6-4 側面ミクロ析出物観察結果 (自動溶接 D面 観察倍率400倍)



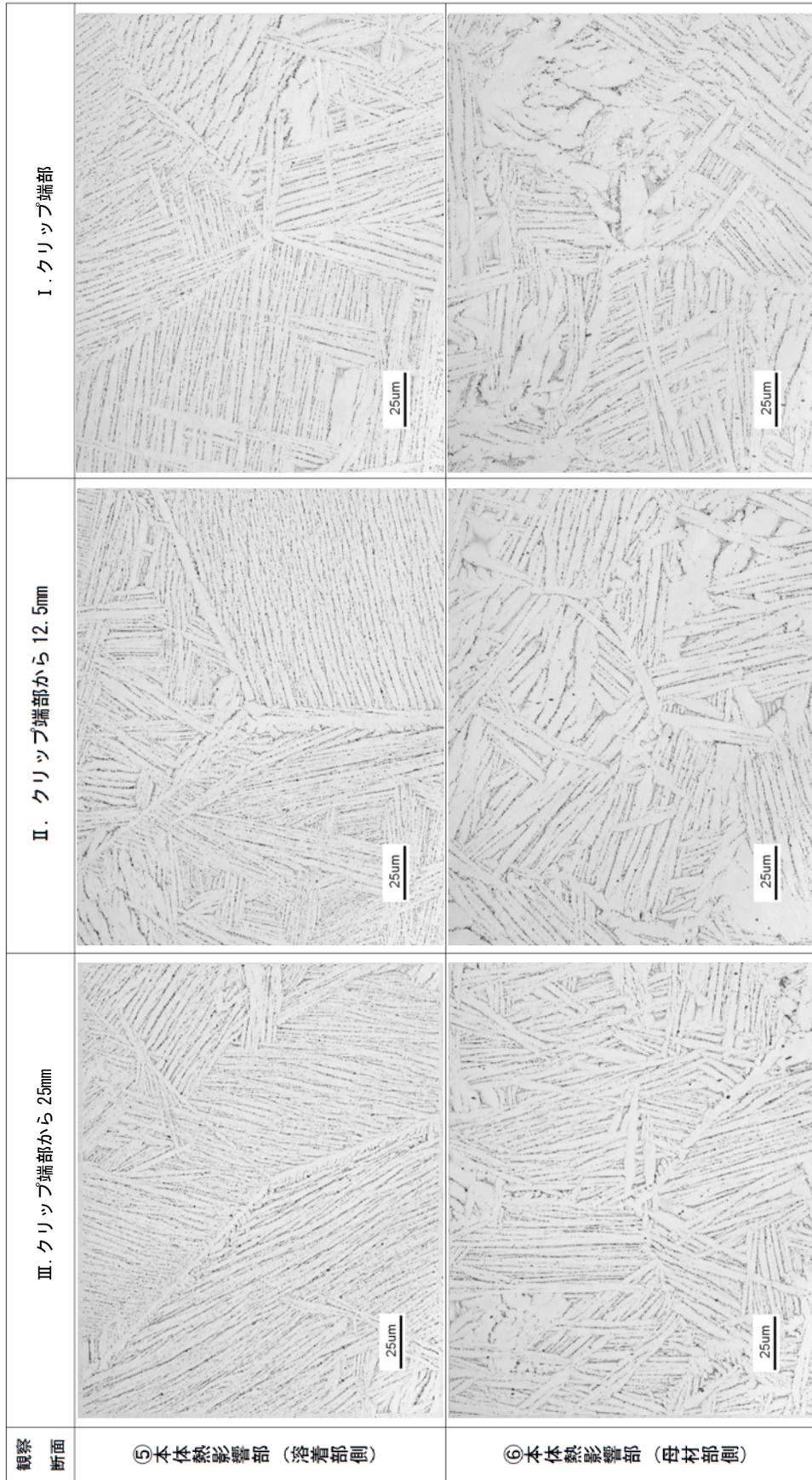
観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	A面
観察倍率	400倍



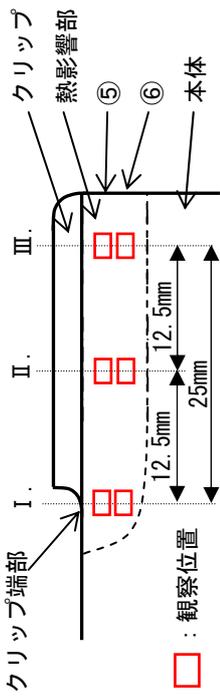
別紙2-図6-5 側面ミクロ析出物観察結果 (手動溶接 A面 観察倍率400倍)



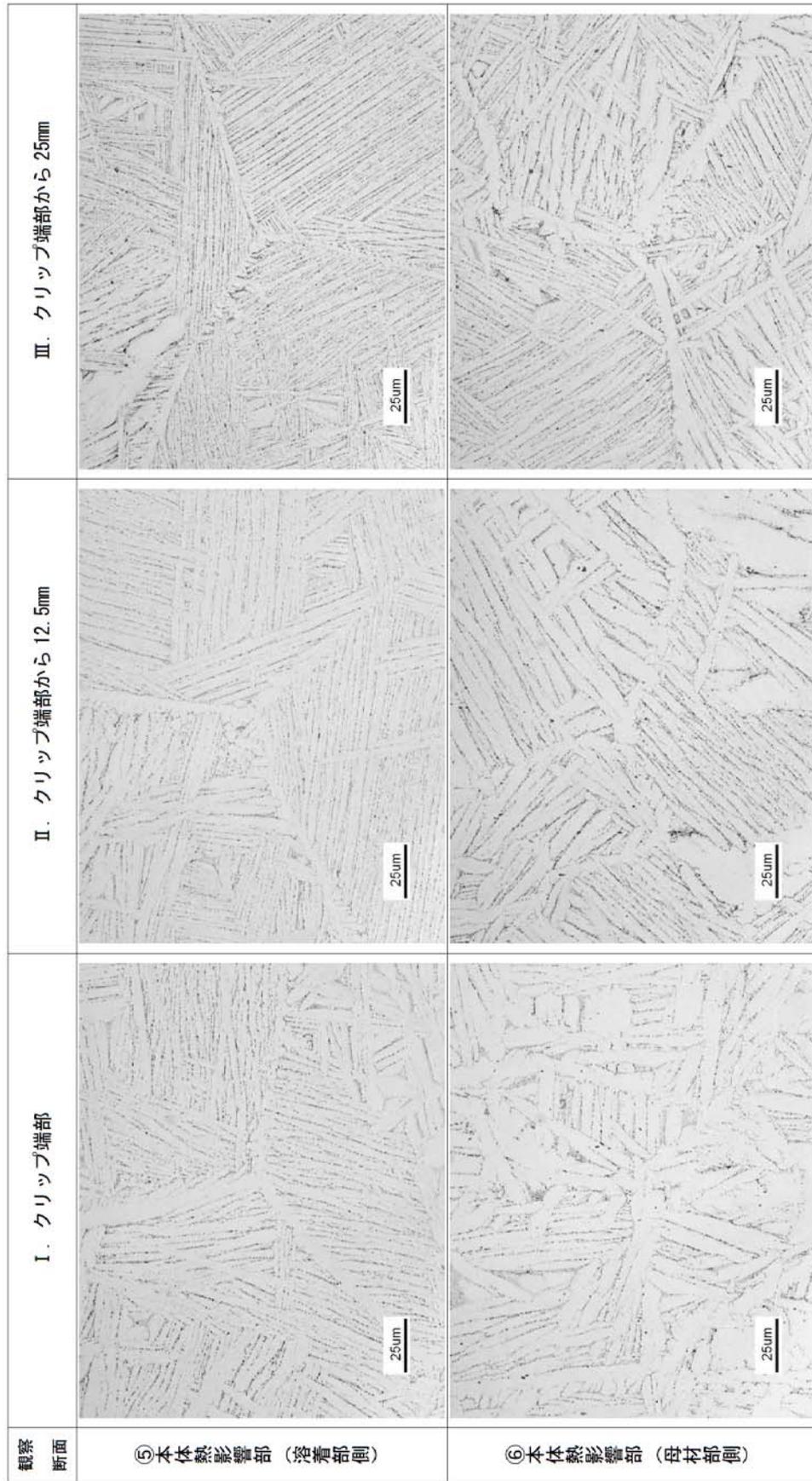
観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	B面
観察倍率	400倍



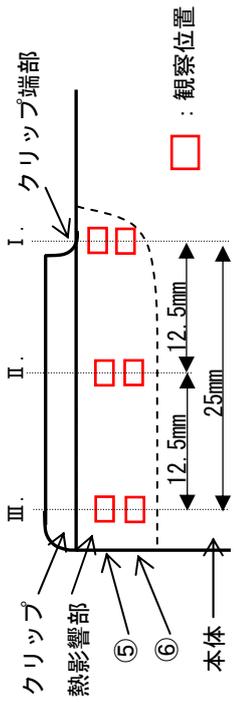
別紙2-図6-6 側面ミクロ析出物観察結果 (手動溶接 B面 観察倍率400倍)



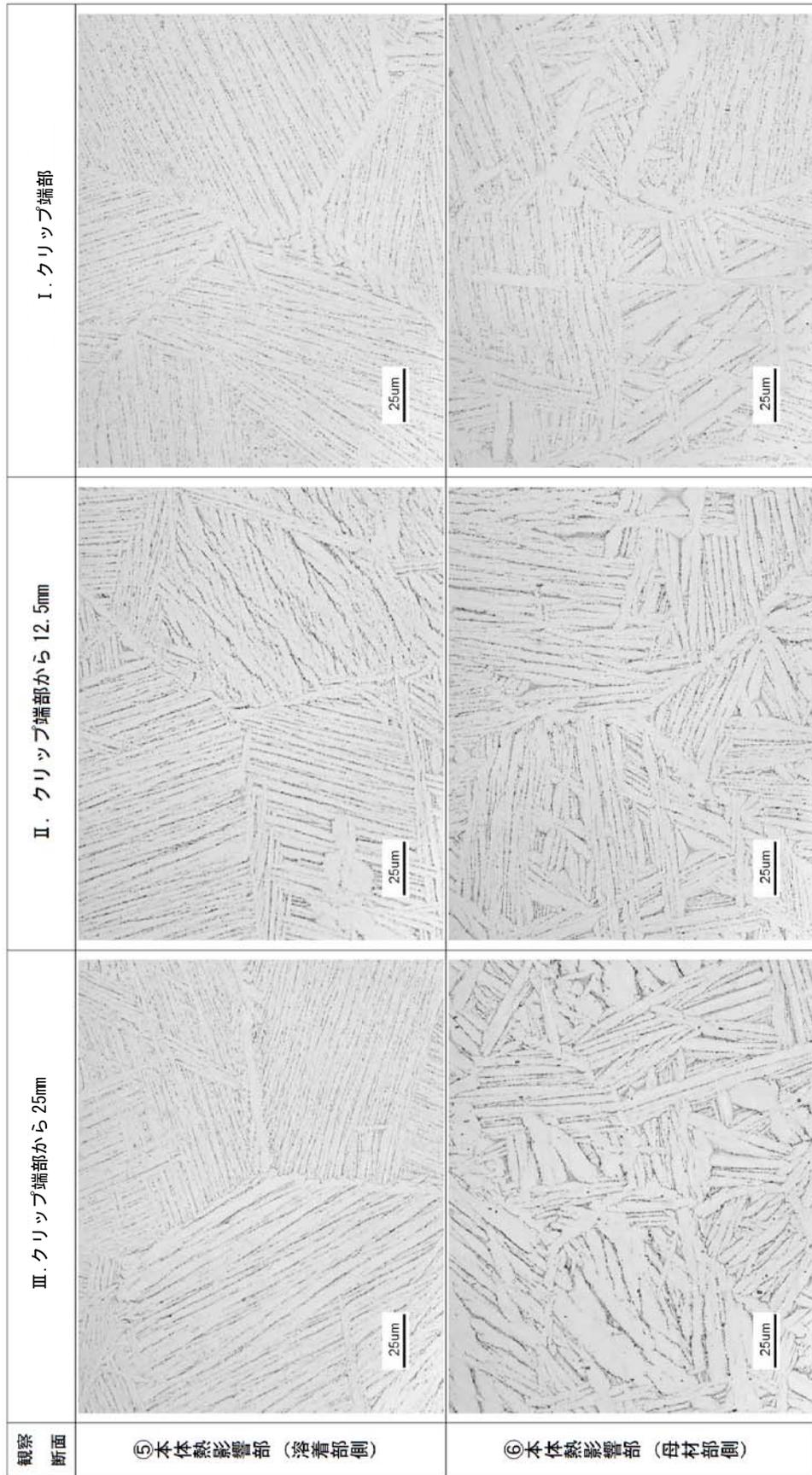
観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	C面
観察倍率	400倍



別紙2-図6-7 側面ミクロ析出物観察結果 (手動溶接 C面 観察倍率400倍)



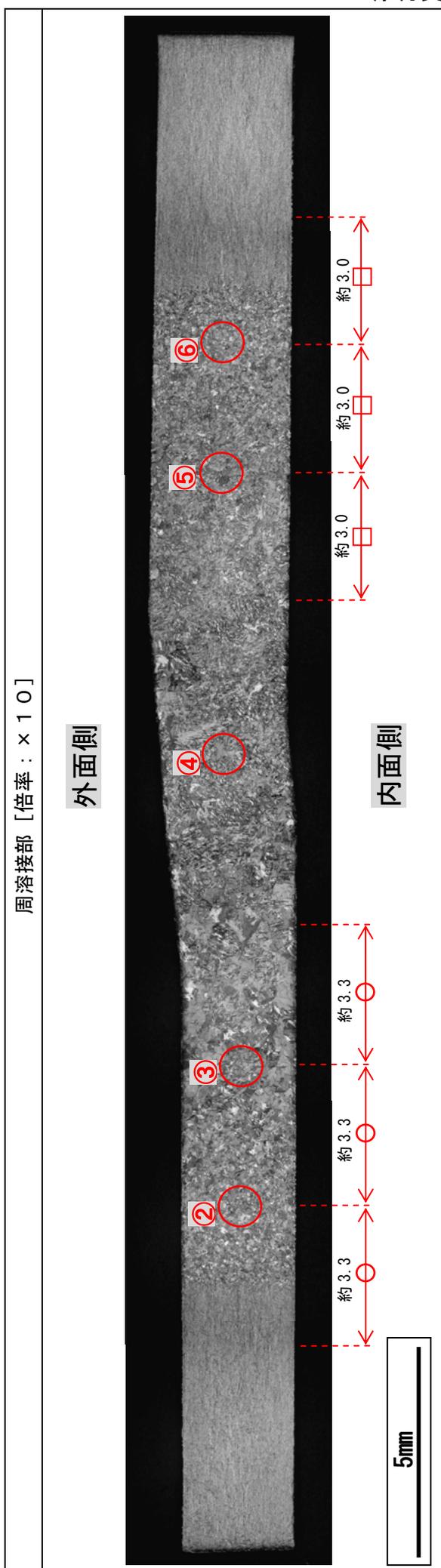
観察対象	析出物
溶接方法	手動溶接
観察部位	D面
観察倍率	400倍



別紙2-図6-8 側面ミクロ析出物観察結果 (手動溶接 D面 観察倍率400倍)

(3) 周溶接部観察結果  
 a. 周溶接部マクロ観察結果

単位：mm

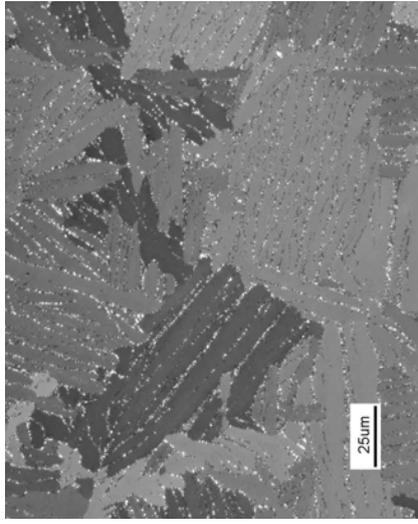
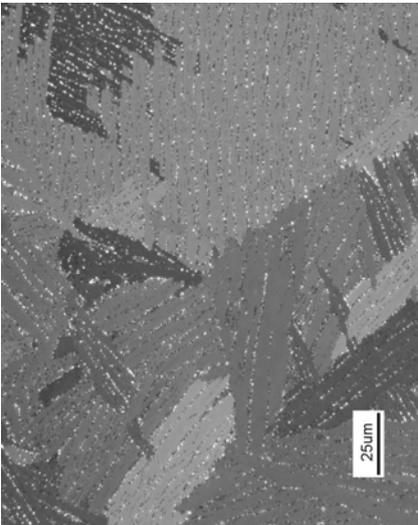
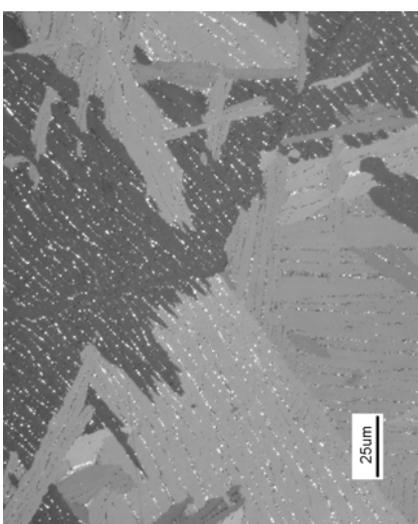
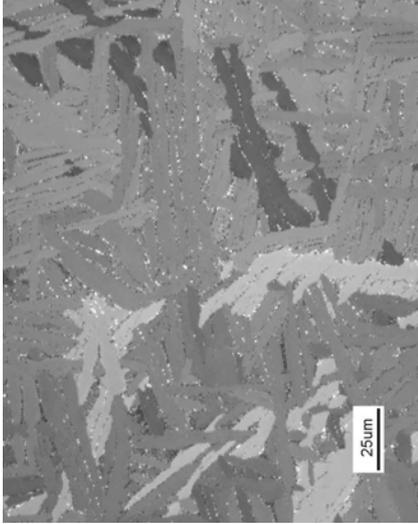
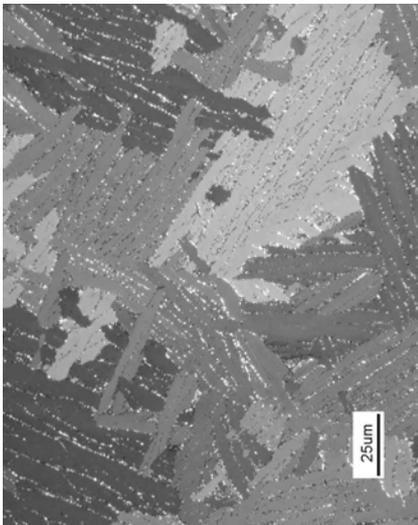
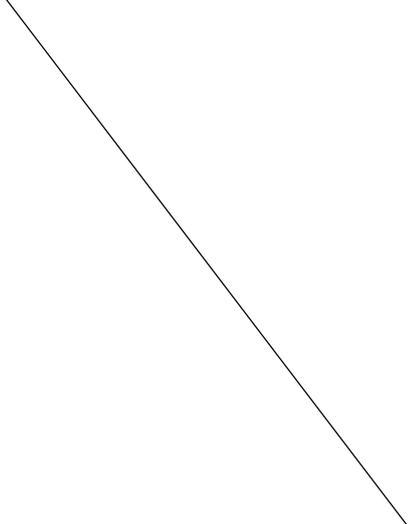


別紙 2-図 7 断面マクロ観察結果 (周溶接部)

b. 周溶接部ミクロ観察結果 (フィルタ有)

②	③	④	⑤	⑥
X	X	X	X	X

観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	周溶接部
観察倍率	400倍

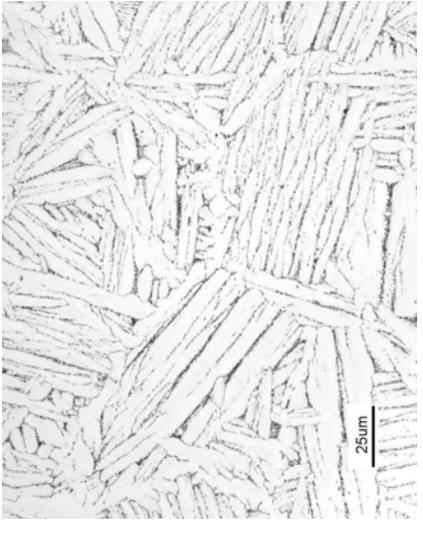
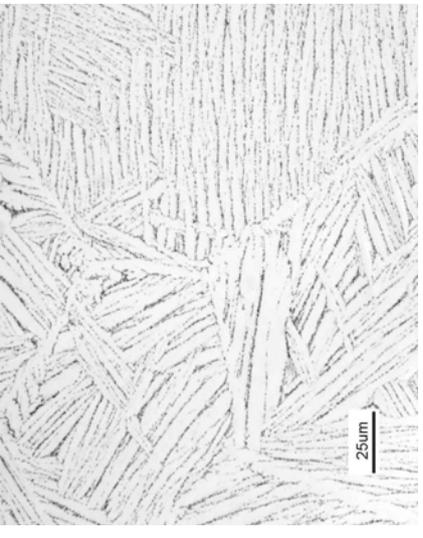
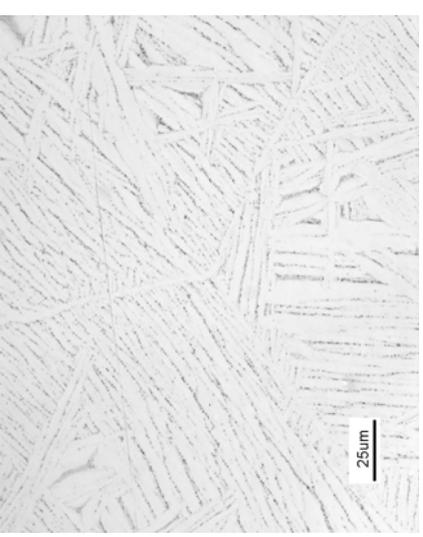
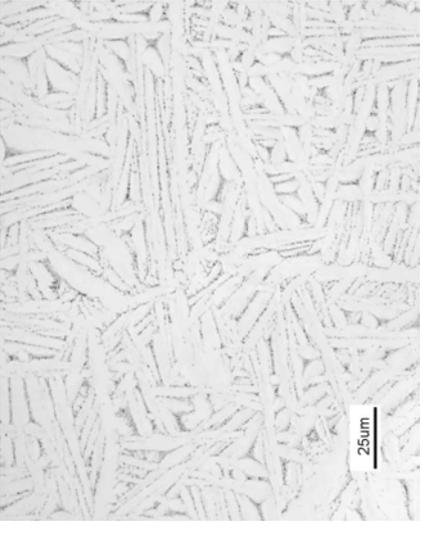
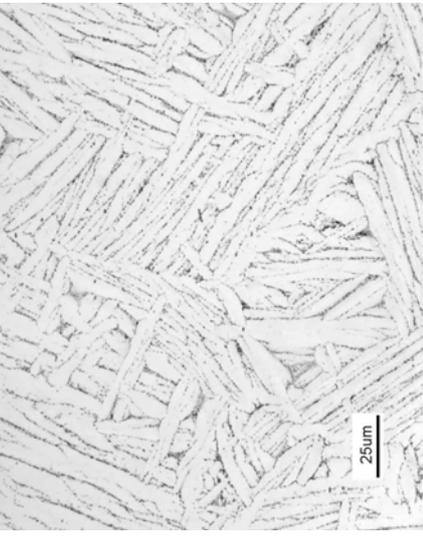
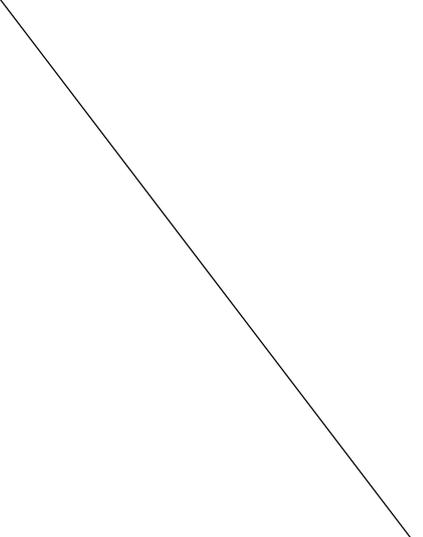
<p>②薄板側熱影響部 (母材部側)</p> 	<p>③薄板側熱影響部 (溶着部側)</p> 	<p>④溶着部</p> 
<p>⑤厚板側熱影響部 (溶着部側)</p> 	<p>⑥厚板側熱影響部 (母材部側)</p> 	

別紙2-図8 断面ミクロ結晶組織観察結果 (周溶接部 観察倍率400倍)

c. 周溶接部ミクロ観察結果 (フィルタ無)

観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	周溶接部
観察倍率	400倍

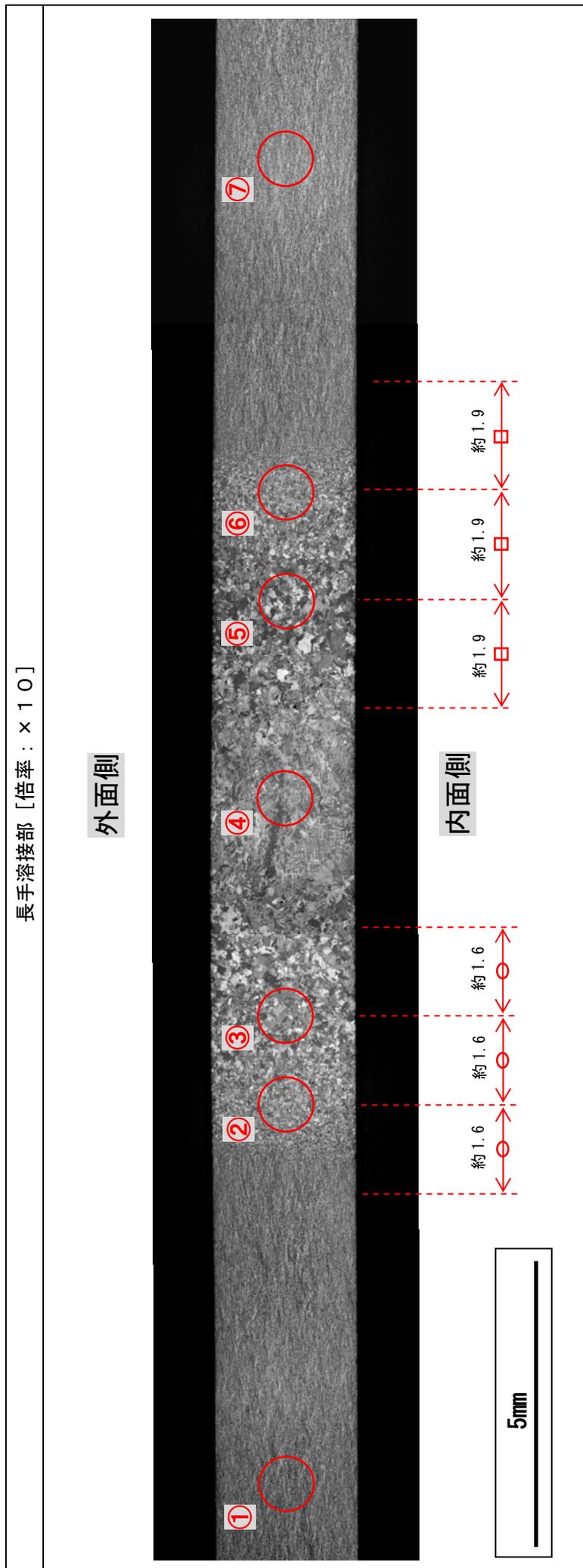
②	③	④	⑤	⑥
×	×	×	×	×

②薄板側熱影響部 (母材部側)	③薄板側熱影響部 (溶着部側)	④溶着部
		
⑤厚板側熱影響部 (溶着部側)	⑥厚板側熱影響部 (母材部側)	
		

別紙2-1図9 断面ミクロ析出物観察結果 (周溶接部 観察倍率400倍)

(4) 長手溶接部観察結果  
 a. 長手溶接部マクロ観察結果

単位：mm

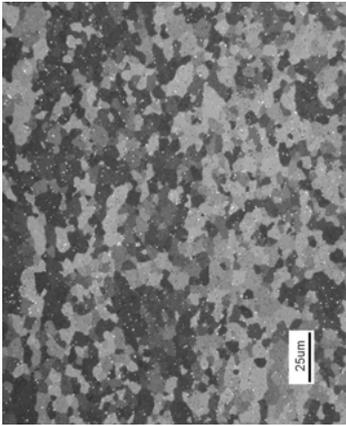
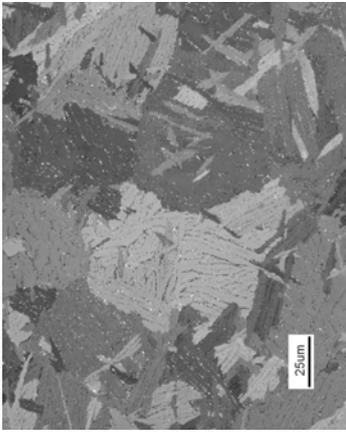
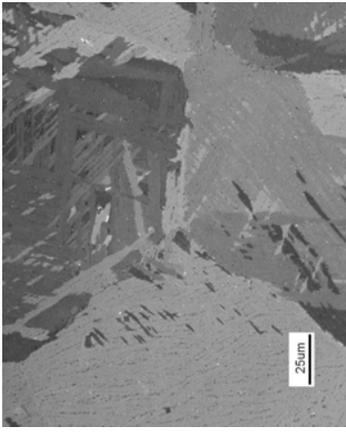
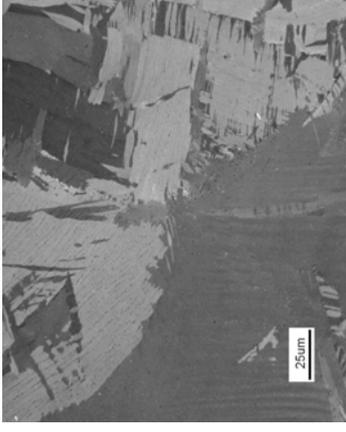


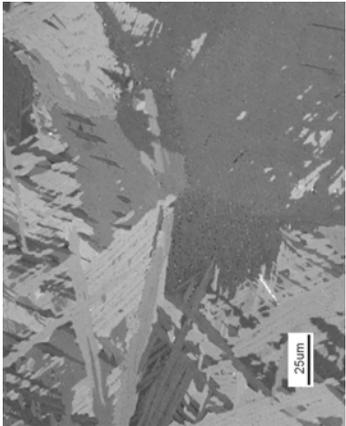
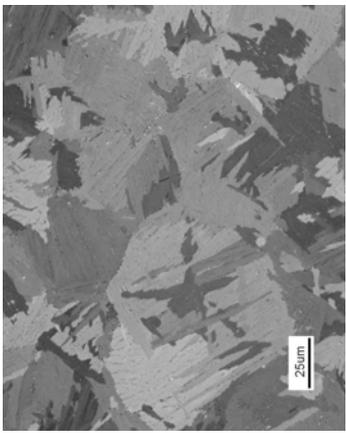
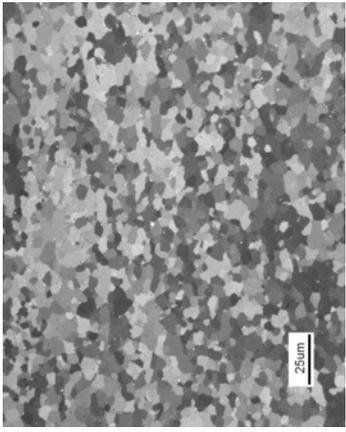
別紙2-図10 断面マクロ観察結果（長手溶接部）

b. 長手溶接部ミクロ観察結果 (フィルタ有)

観察対象	結晶組織
溶接方法	自動溶接
観察部位	長手溶接部
観察倍率	400倍

- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ |
| X | X | X | X | X | X | X |

①母材部	②熱影響部 (母材部側)	③熱影響部 (溶着部側)	④溶着部
			

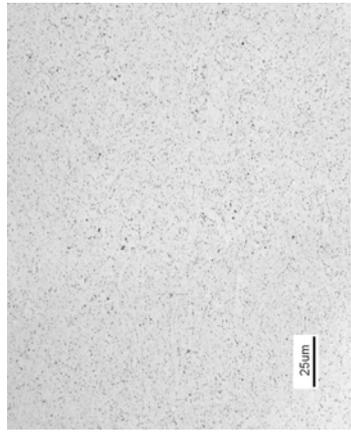
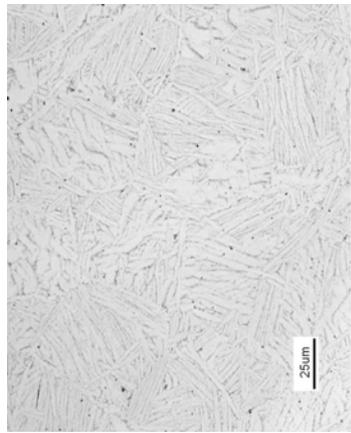
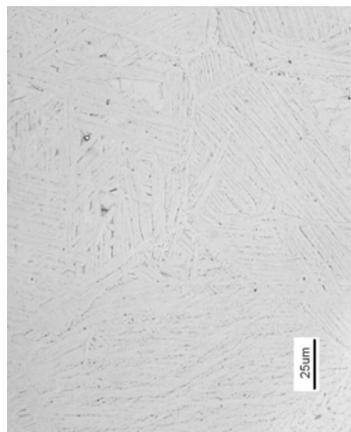
⑤熱影響部 (溶着部側)	⑥熱影響部 (母材部側)	⑦母材部
		

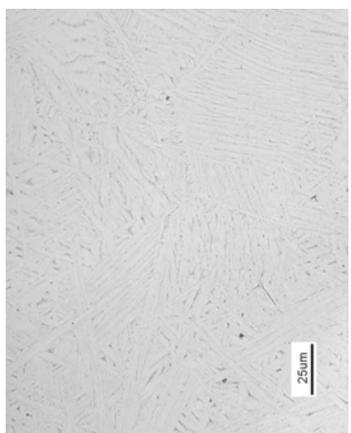
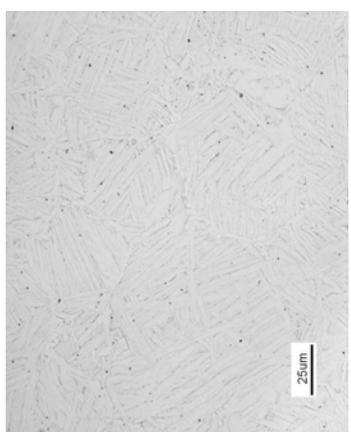
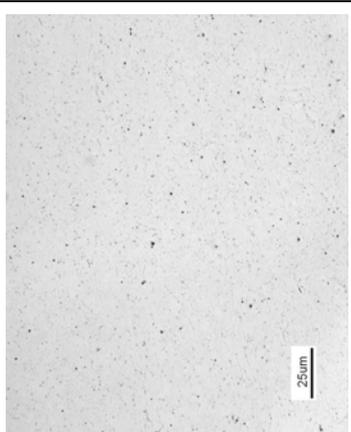
別紙2-図11 断面ミクロ組織観察結果 (長手溶接部 観察倍率400倍)

c. 長手溶接部ミクロ観察結果 (フィルタ無)

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
X	X	X	X	X	X	X

観察対象	析出物
溶接方法	自動溶接
観察部位	長手溶接部
観察倍率	400倍

①母材部	②熱影響部 (母材部側)	③熱影響部 (溶着部側)	④溶着部
			

⑤熱影響部 (溶着部側)	⑥熱影響部 (母材部側)	⑦母材部
		

別紙2-図12 断面ミクロ析出物観察結果 (長手溶接部 観察倍率400倍)

### 別紙3 硬さ測定

#### 1. 測定方法

クリップ端部とそれ以外の部分での相違有無の確認を目的に、ビッカース硬さ試験機を用いて溶接部の断面、側面及び欠損発生部の硬さ分布を測定した。

#### 2. 測定対象

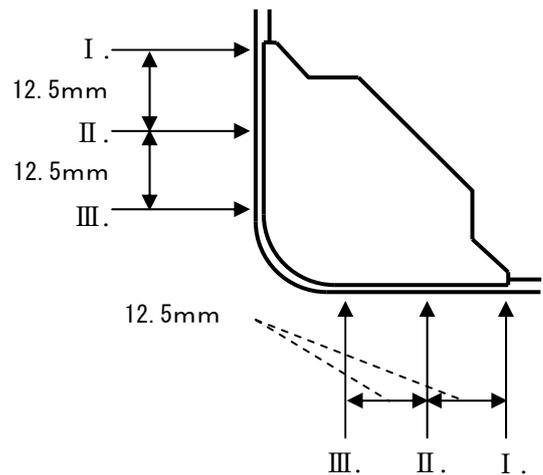
自動溶接試験片及び手動溶接試験片

#### 3. 測定位置

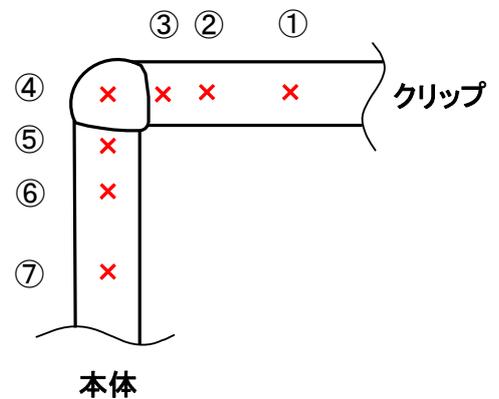
##### (1) 断面硬さ測定位置

クリップ端部, クリップ端部から12.5mm, 及びクリップ端部から25mmの3断面について, 下記の7箇所の測定を行った。

- I. クリップ端部
- II. クリップ端部から12.5mm
- III. クリップ端部から25mm



- ① : クリップ母材部
- ② : クリップ熱影響部 (母材部側)
- ③ : クリップ熱影響部 (溶着部側)
- ④ : 溶着部
- ⑤ : 本体熱影響部 (溶着部側)
- ⑥ : 本体熱影響部 (母材部側)
- ⑦ : 本体母材部

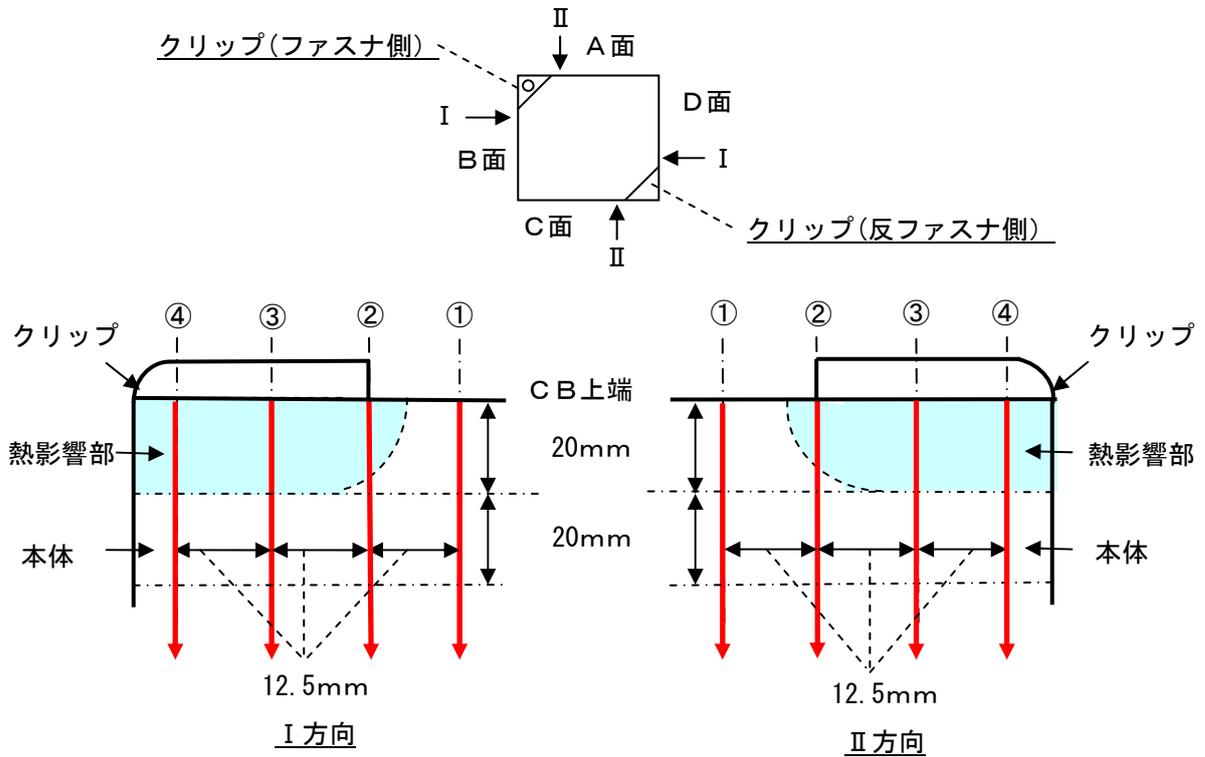


(2) 側面硬さ測定位置

①~④の座標を設定し、下記の間隔で測定を行った。

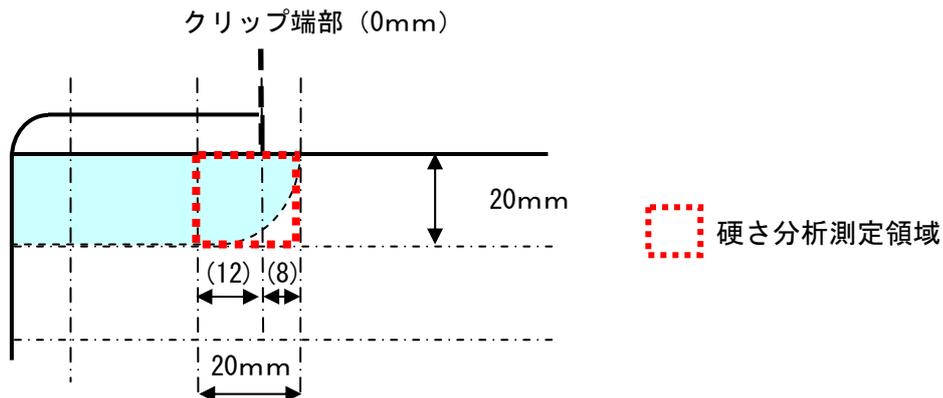
- ①：熱影響部の外側（クリップ端部から12.5mm）
- ②：クリップ端部
- ③：クリップ端部から12.5mm
- ④：クリップ端部から25mm

CB上端から下方20mmまでの範囲は1mm間隔で測定し、CB上端から下方20~40mmの範囲は2mm間隔で測定した。



(3) 欠損発生部硬さ分布測定位置

クリップ端部を基準に、コーナーに向かって12mm及び反対の方向に8mmの計20mm及び上端から20mmの範囲の硬さ分布を、1mm間隔で格子状に測定した。



4. 測定結果

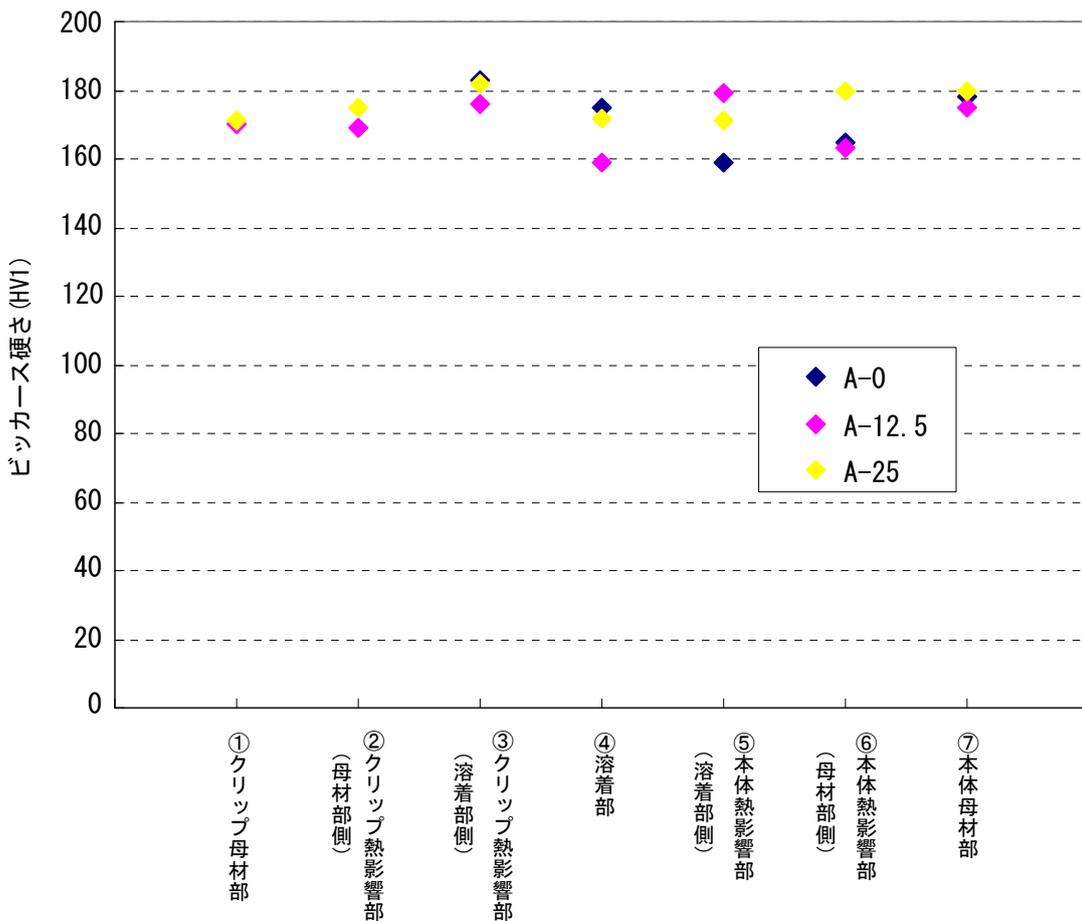
(1) 断面硬さ測定結果

断面硬さ測定結果 (自動溶接 A面)

(HV 1※)

サンプル 断面位置	自動溶接		
	A-0	A-12.5	A-25
①クリップ母材部	—	170	171
②クリップ熱影響部(母材部側)	—	169	175
③クリップ熱影響部(溶着部側)	183	176	182
④溶着部	175	159	172
⑤本体熱影響部(溶着部側)	159	179	171
⑥本体熱影響部(母材部側)	165	163	180
⑦本体母材部	178	175	180

※HVの後の1は、9.807Nの試験力で測定したビッカース硬さであることを示す。

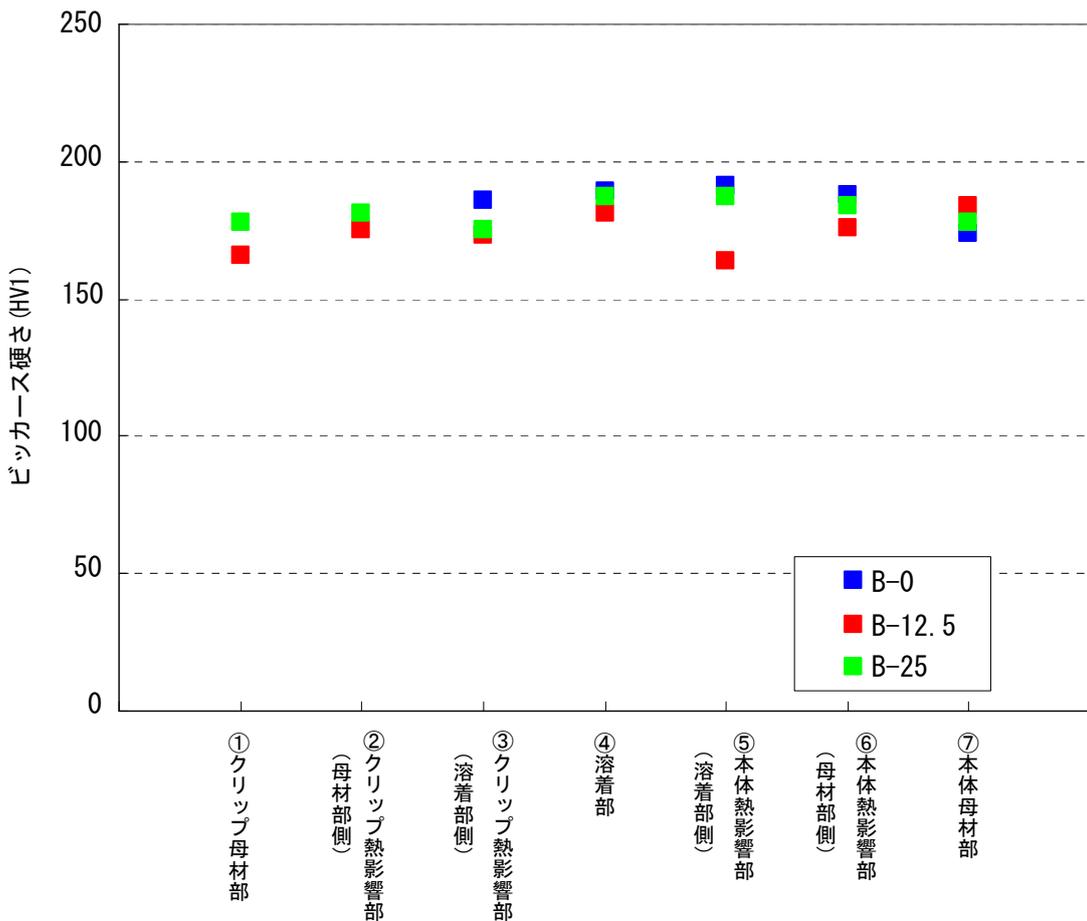


別紙3-図1-1 断面硬さ測定結果 (自動溶接 A面)

断面硬さ測定結果 (自動溶接 B面)

(HV1)

サンプル 断面位置	自動溶接		
	B-0	B-12.5	B-25
①クリップ母材部	—	166	178
②クリップ熱影響部(母材部側)	—	175	181
③クリップ熱影響部(溶着部側)	186	173	175
④溶着部	189	181	187
⑤本体熱影響部(溶着部側)	191	164	187
⑥本体熱影響部(母材部側)	188	176	184
⑦本体母材部	174	184	178

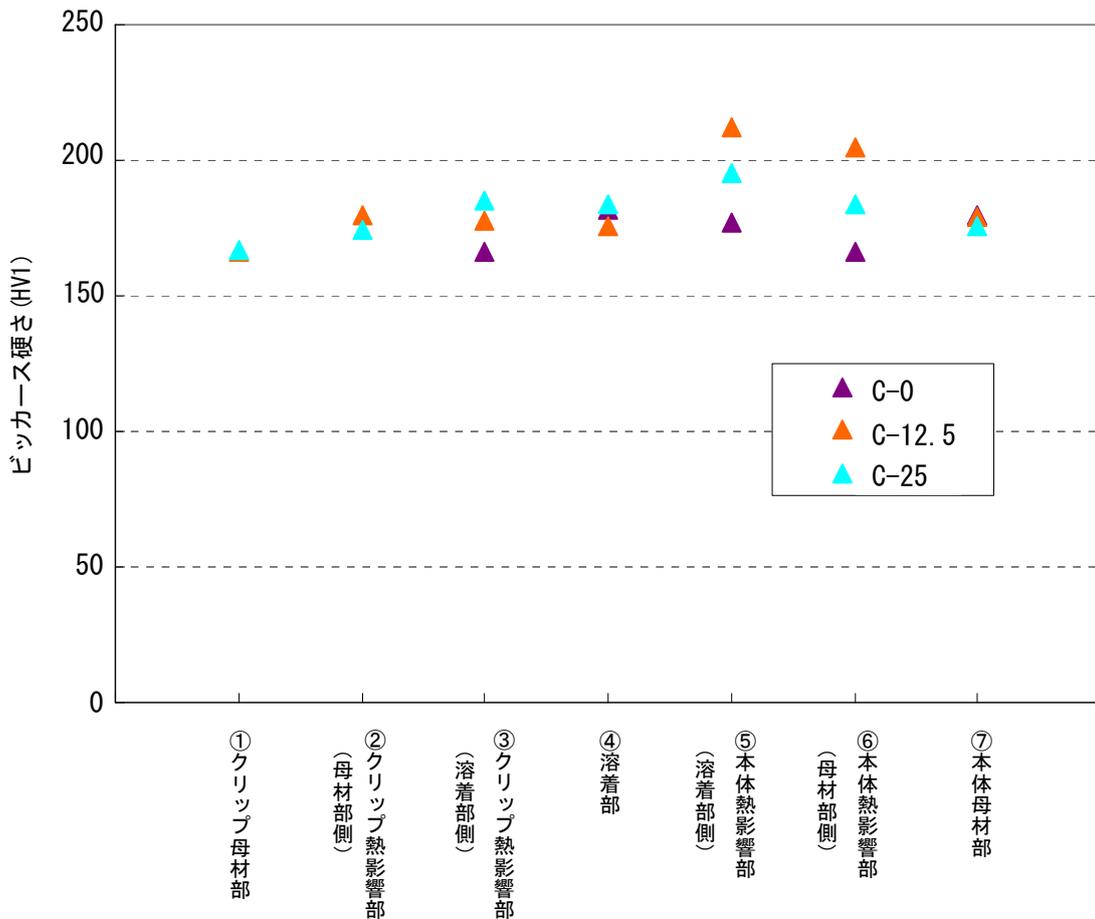


別紙3-図1-2 断面硬さ測定結果 (自動溶接 B面)

断面硬さ測定結果（自動溶接 C面）

(HV1)

サンプル 断面位置	自動溶接		
	C-0	C-12.5	C-25
①クリップ母材部	—	166	167
②クリップ熱影響部(母材部側)	—	180	174
③クリップ熱影響部(溶着部側)	166	178	185
④溶着部	182	176	184
⑤本体熱影響部(溶着部側)	177	212	195
⑥本体熱影響部(母材部側)	166	205	184
⑦本体母材部	180	179	176

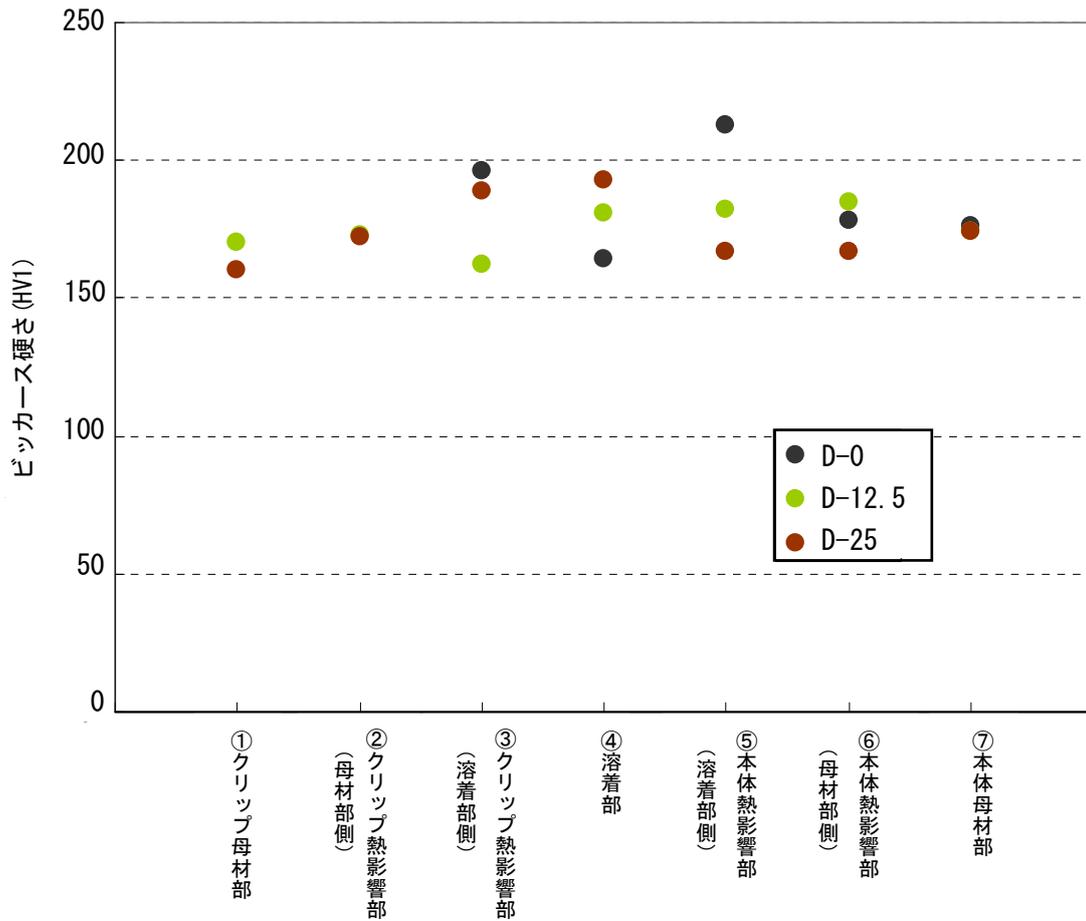


別紙3-図1-3 断面硬さ測定結果（自動溶接 C面）

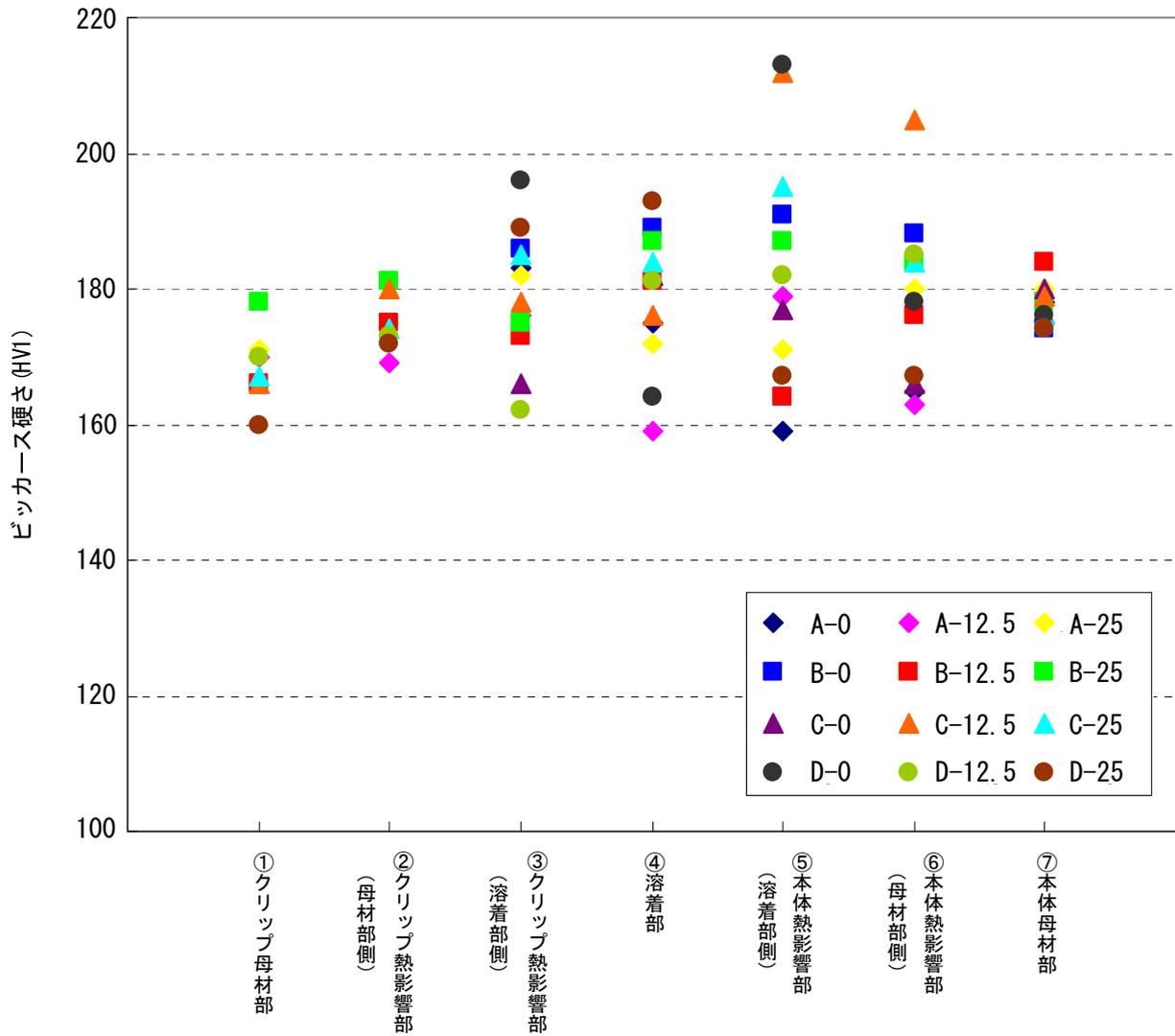
断面硬さ測定結果 (自動溶接 D面)

(HV1)

サンプル 断面位置	自動溶接		
	D-0	D-12.5	D-25
①クリップ母材部	—	170	160
②クリップ熱影響部(母材部側)	—	173	172
③クリップ熱影響部(溶着部側)	196	162	189
④溶着部	164	181	193
⑤本体熱影響部(溶着部側)	213	182	167
⑥本体熱影響部(母材部側)	178	185	167
⑦本体母材部	176	174	174



別紙3-図1-4 断面硬さ測定結果 (自動溶接 D面)

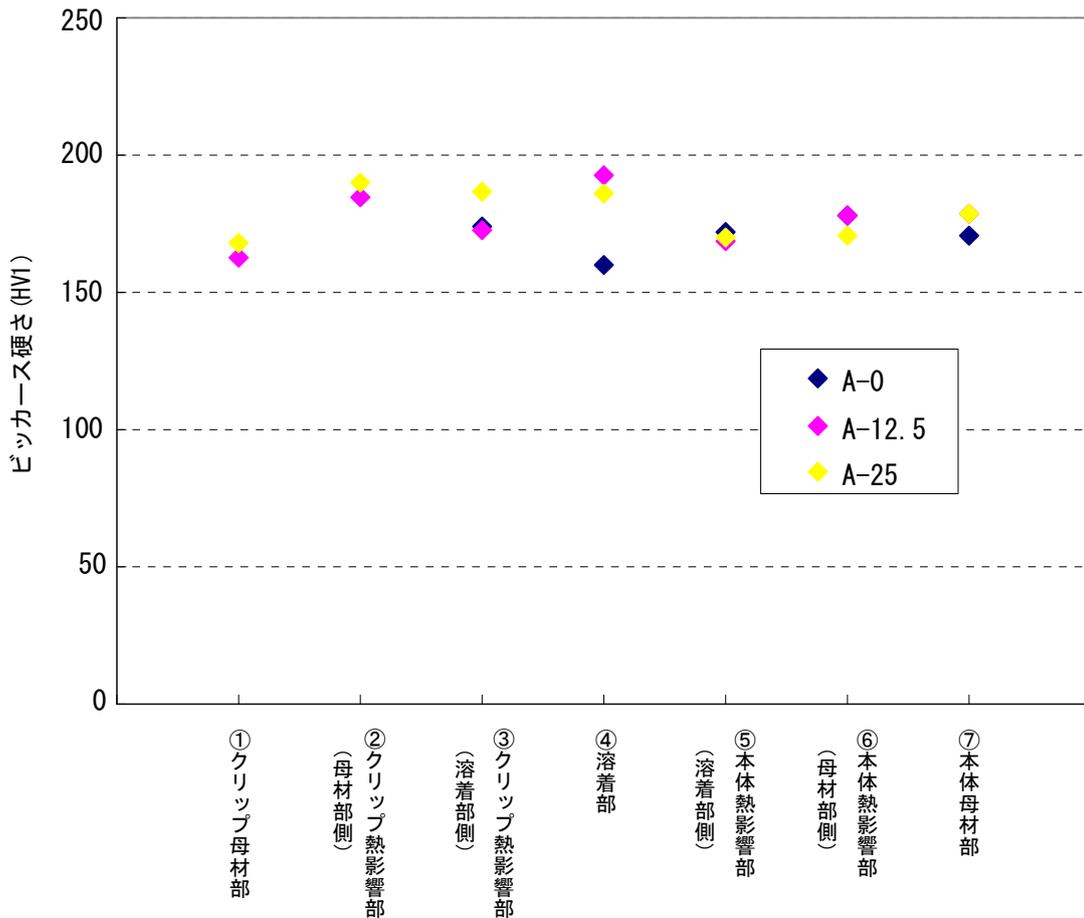


別紙3-図1-5 断面硬さ測定集約結果 (自動溶接)

断面硬さ測定結果 (手動溶接 A面)

(HV1)

サンプル 断面位置	手動溶接		
	A-0	A-12.5	A-25
①クリップ母材部	—	163	168
②クリップ熱影響部(母材部側)	—	185	190
③クリップ熱影響部(溶着部側)	174	173	187
④溶着部	160	193	186
⑤本体熱影響部(溶着部側)	172	169	170
⑥本体熱影響部(母材部側)	178	178	171
⑦本体母材部	171	179	179

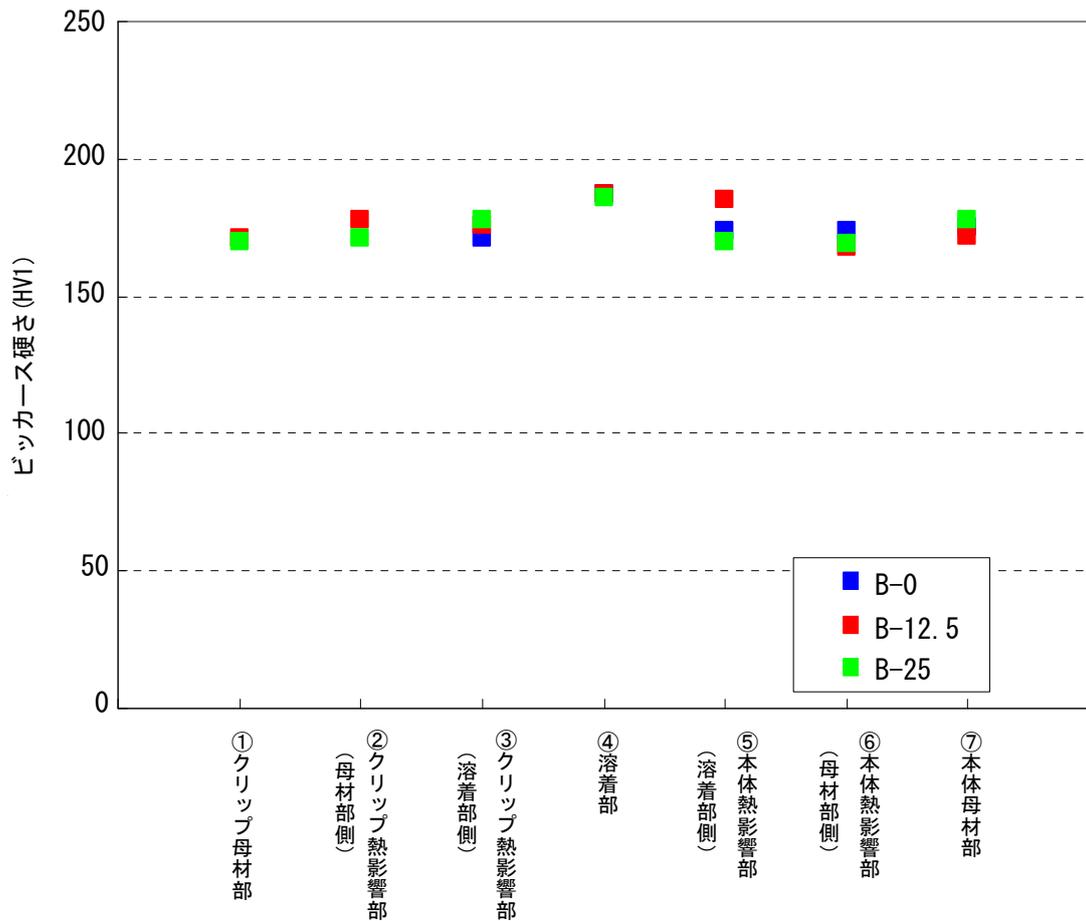


別紙3-図1-6 断面硬さ測定結果 (手動溶接 A面)

断面硬さ測定結果 (手動溶接 B面)

(HV1)

サンプル 断面位置	手動溶接		
	B-0	B-12.5	B-25
①クリップ母材部	—	171	170
②クリップ熱影響部(母材部側)	—	178	171
③クリップ熱影響部(溶着部側)	171	176	178
④溶着部	187	187	186
⑤本体熱影響部(溶着部側)	174	185	170
⑥本体熱影響部(母材部側)	174	168	169
⑦本体母材部	175	172	178

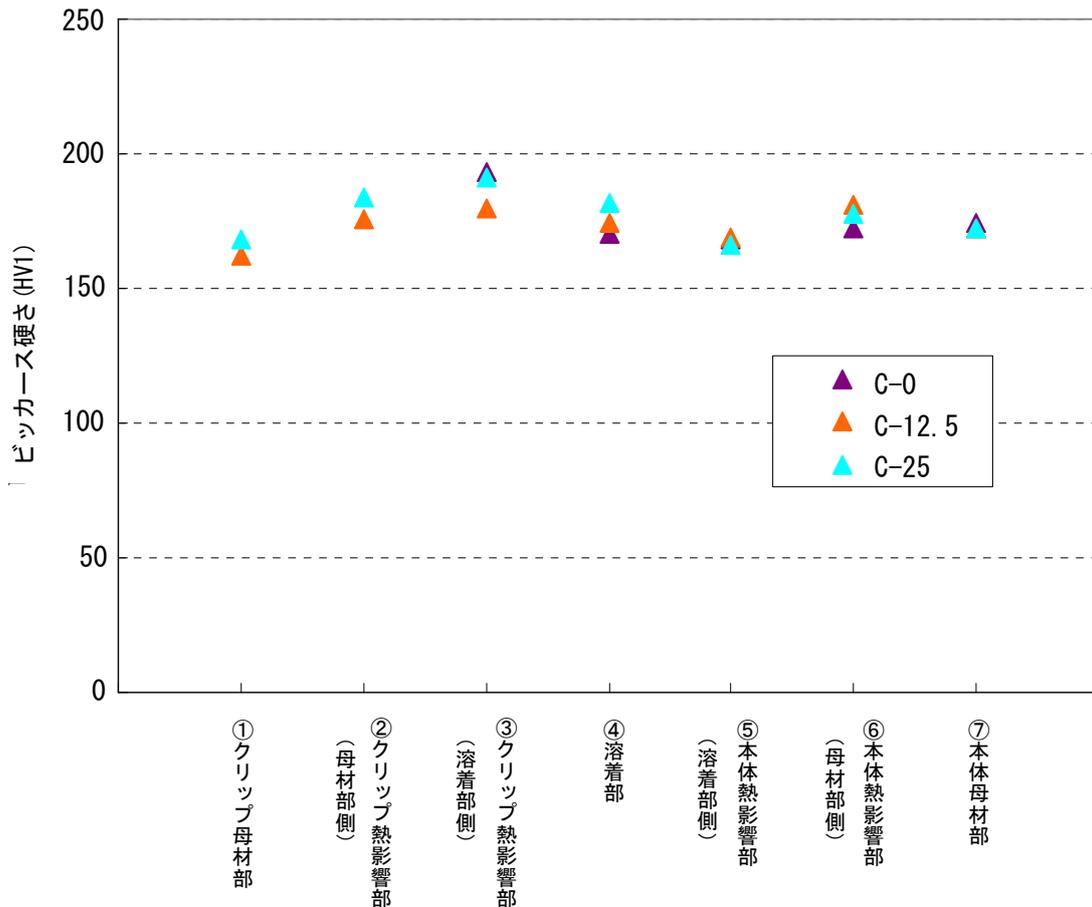


別紙3-図1-7 断面硬さ測定結果 (手動溶接 B面)

断面硬さ測定結果（手動溶接 C面）

(HV1)

サンプル 断面位置	手動溶接		
	C-0	C-12.5	C-25
①クリップ母材部	—	162	168
②クリップ熱影響部(母材部側)	—	176	184
③クリップ熱影響部(溶着部側)	193	180	191
④溶着部	170	174	182
⑤本体熱影響部(溶着部側)	168	169	166
⑥本体熱影響部(母材部側)	172	181	178
⑦本体母材部	174	172	172

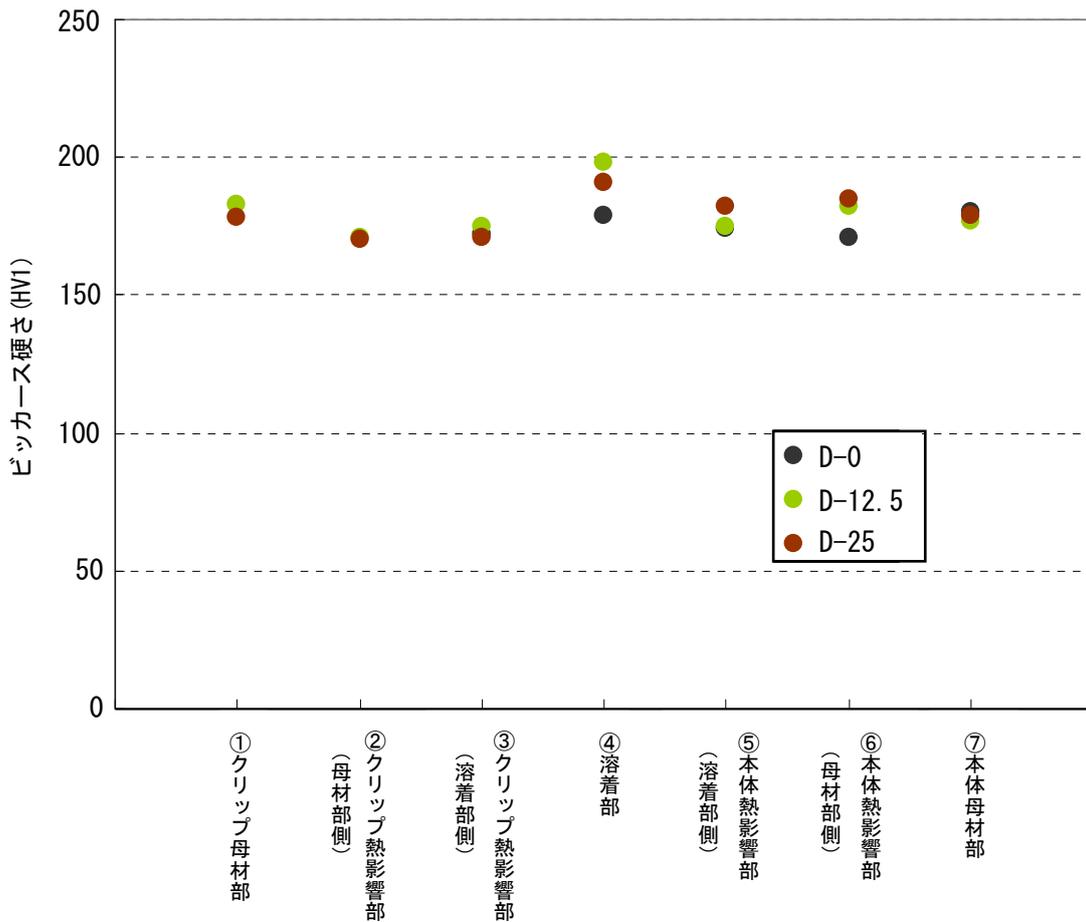


別紙3-図1-8 断面硬さ測定結果（手動溶接 C面）

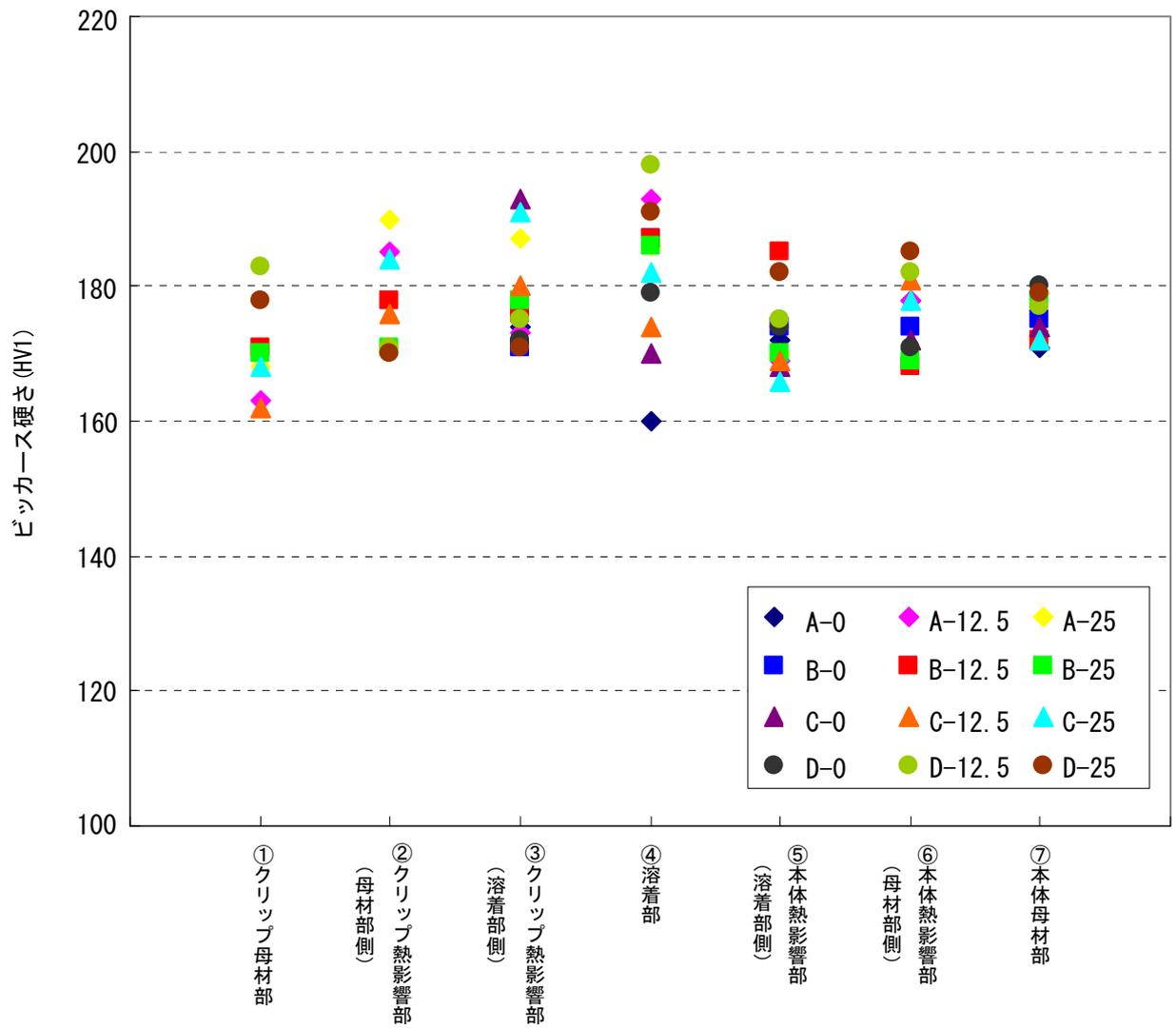
断面硬さ測定結果 (手動溶接 D面)

(HV1)

サンプル 断面位置	手動溶接		
	D-0	D-12.5	D-25
①クリップ母材部	—	183	178
②クリップ熱影響部(母材部側)	—	171	170
③クリップ熱影響部(溶着部側)	172	175	171
④溶着部	179	198	191
⑤本体熱影響部(溶着部側)	174	175	182
⑥本体熱影響部(母材部側)	171	182	185
⑦本体母材部	180	177	179

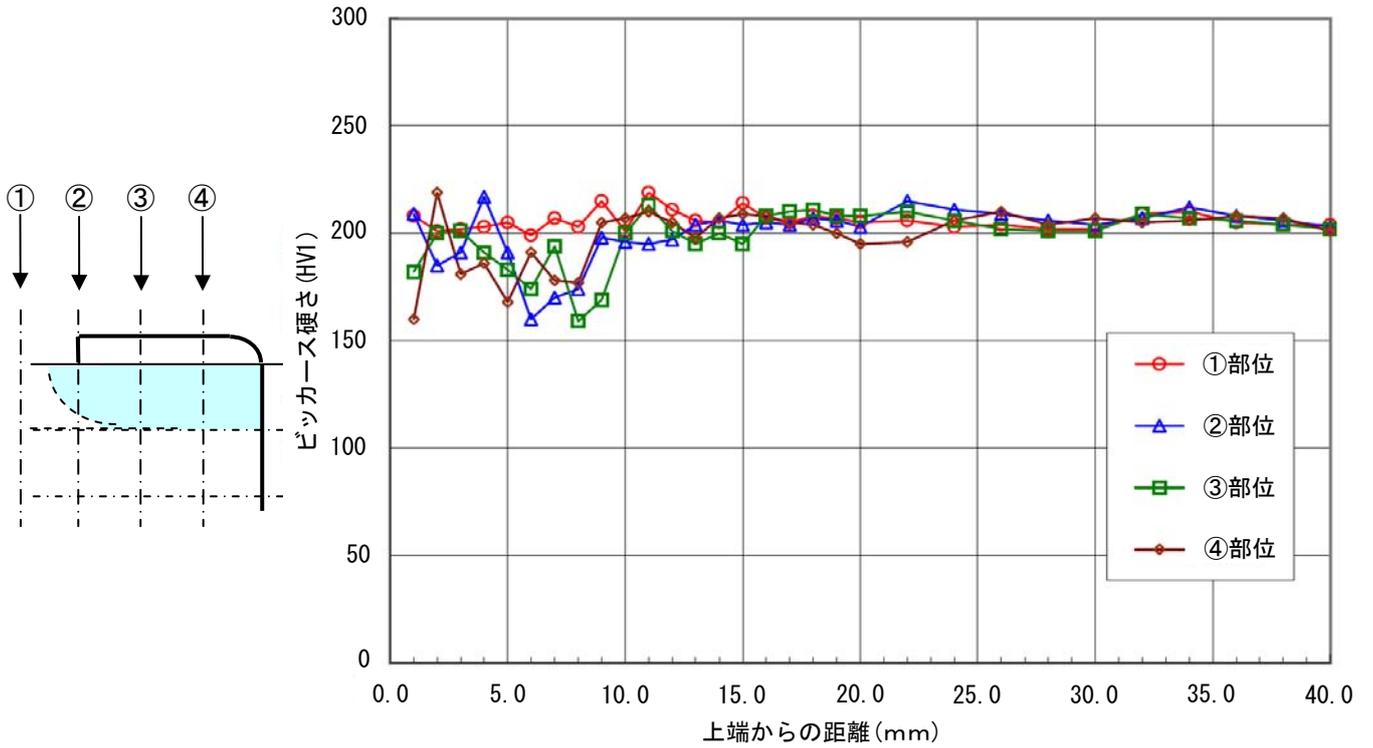


別紙3-図1-9 断面硬さ測定結果 (手動溶接 D面)

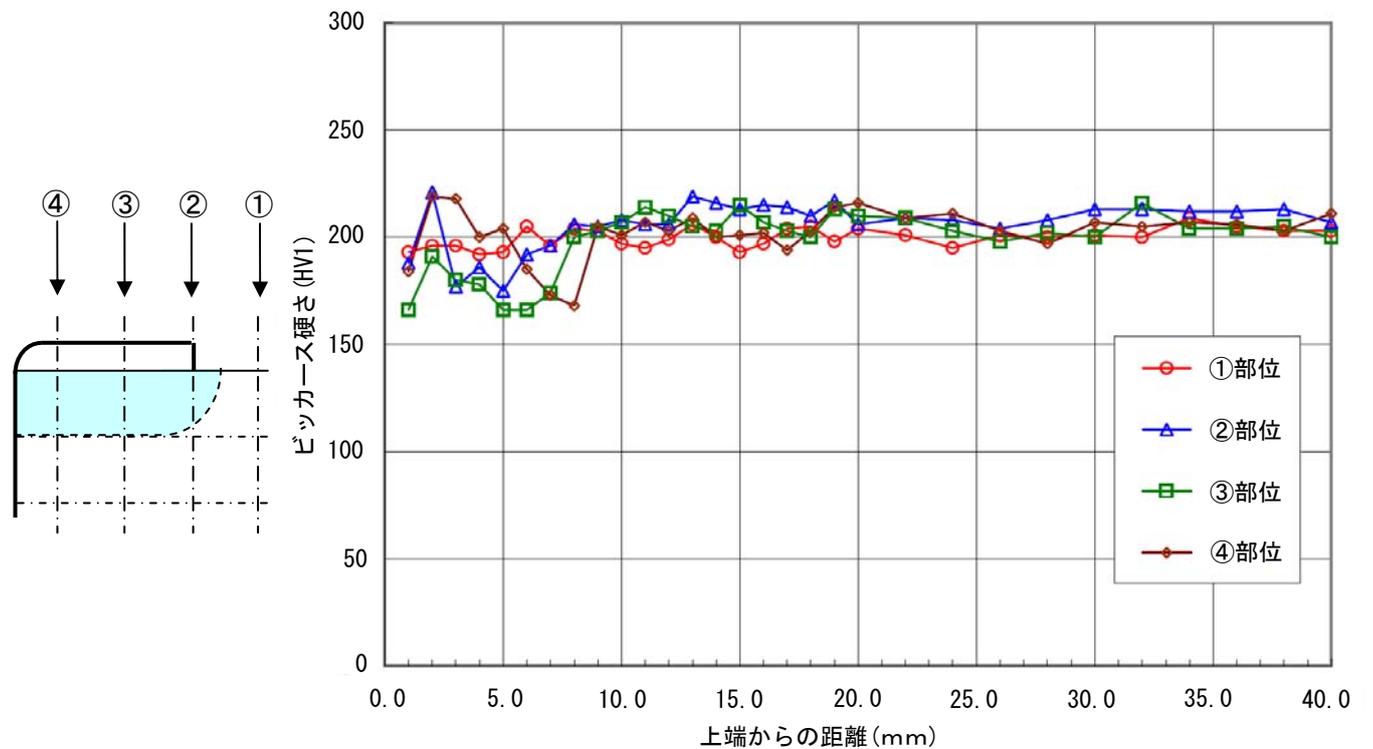


別紙3-図1-10 断面硬さ測定集約結果 (手動溶接)

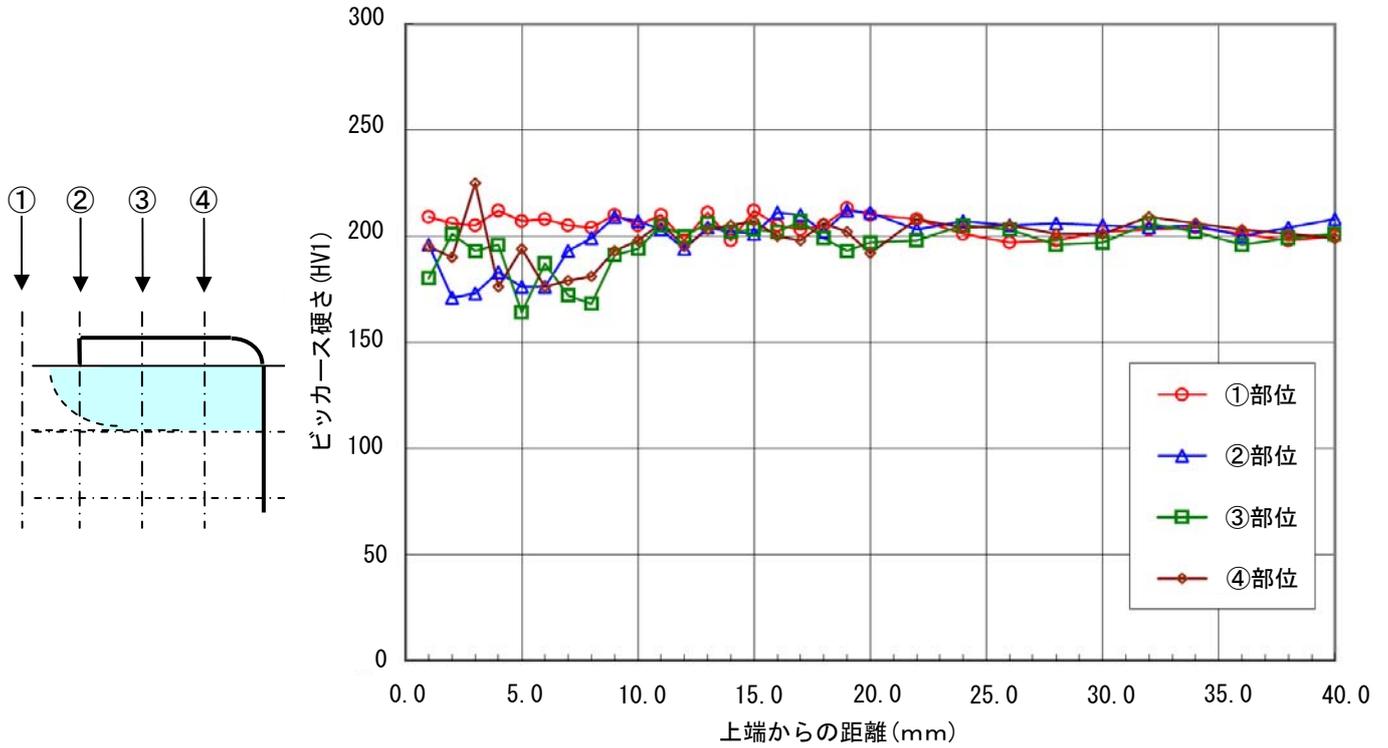
(2) 側面硬さ測定結果



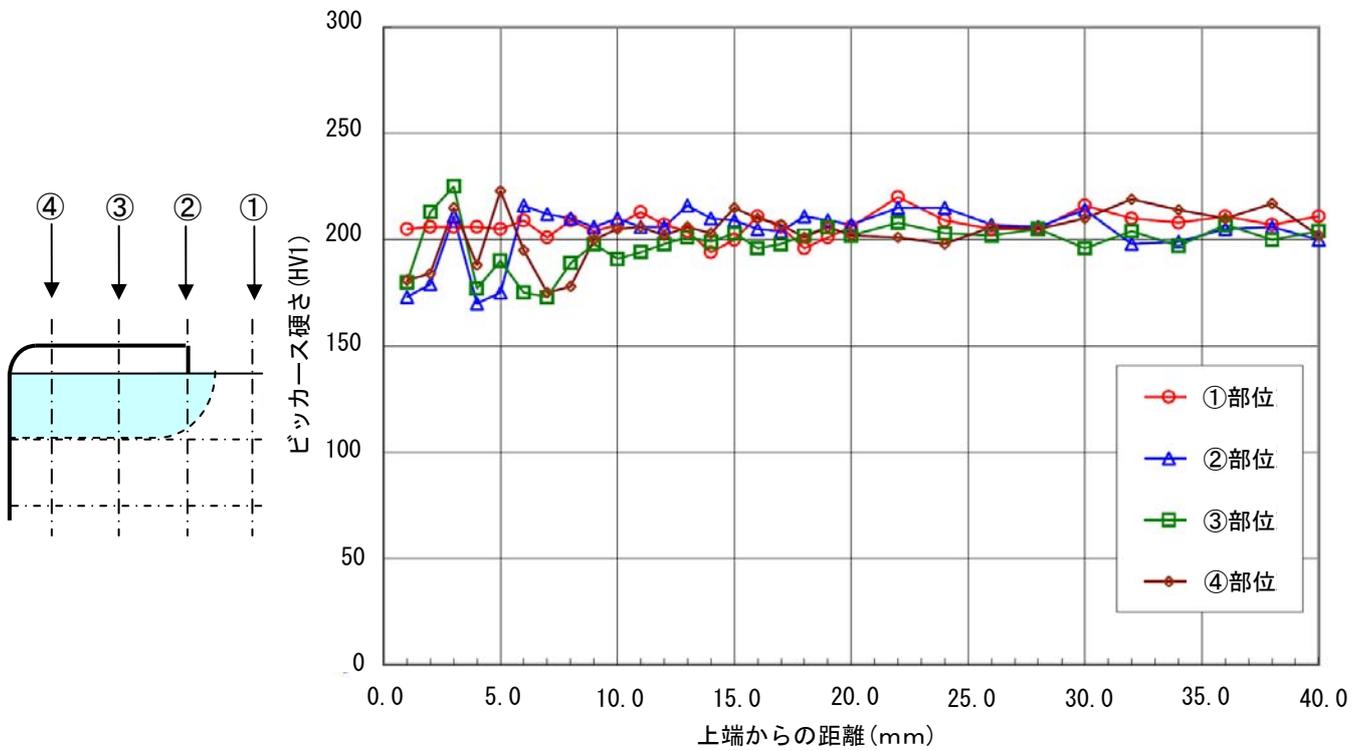
別紙3-図2-1 側面硬さ測定結果 (自動溶接 A面)



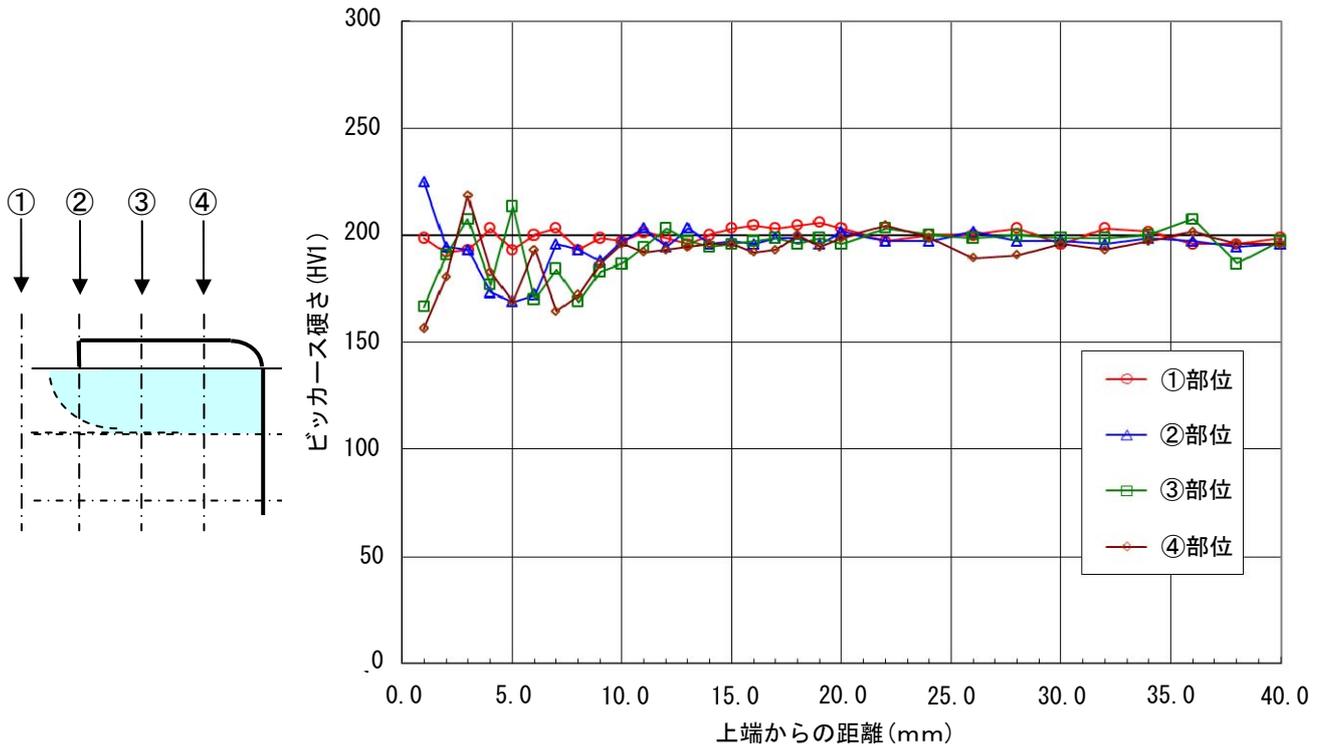
別紙3-図2-2 側面硬さ測定結果 (自動溶接 B面)



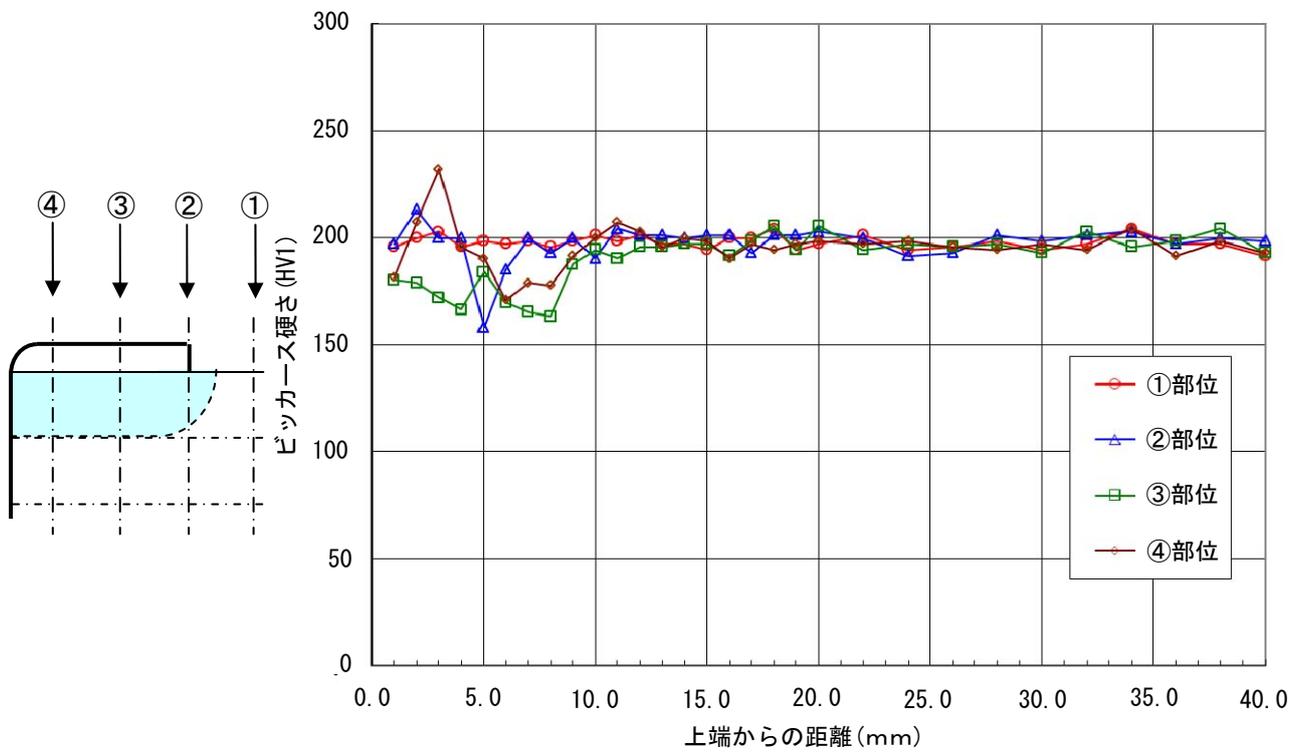
別紙3-図2-3 側面硬さ測定結果 (自動溶接 C面)



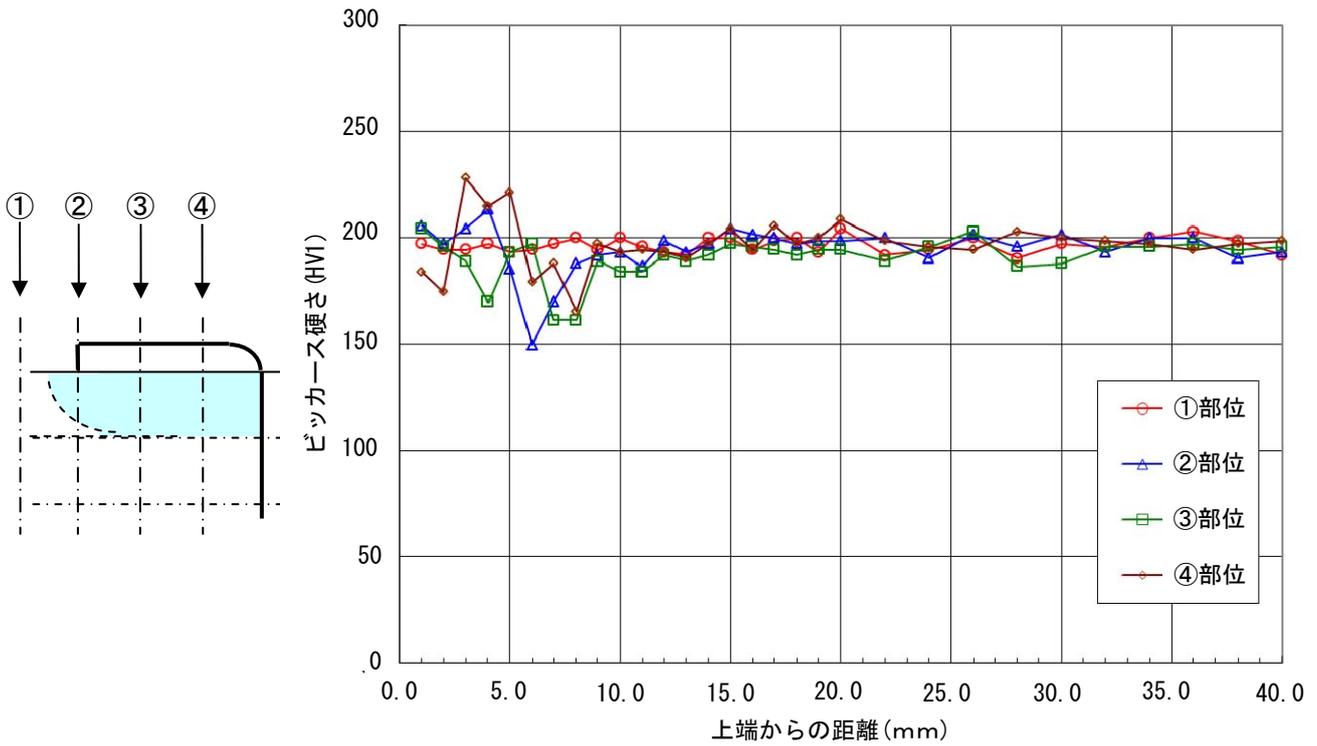
別紙3-図2-4 側面硬さ測定結果 (自動溶接 D面)



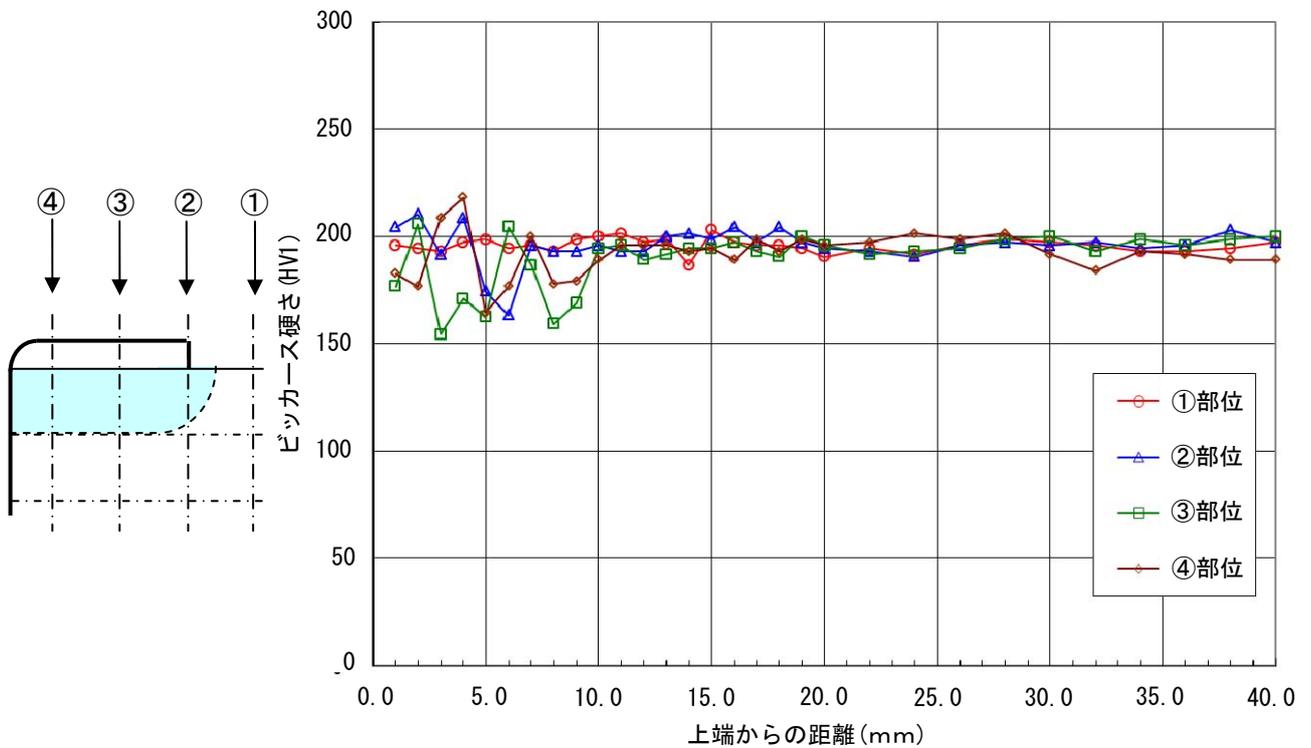
別紙3-図2-5 側面硬さ測定結果 (手動溶接 A面)



別紙3-図2-6 側面硬さ測定結果 (手動溶接 B面)



別紙3-図2-7 側面硬さ測定結果(手動溶接 C面)

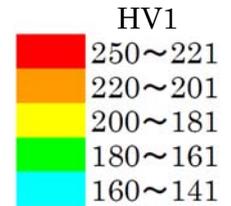


別紙3-図2-8 側面硬さ測定結果(手動溶接 D面)

(3) 欠損発生部硬さ分布測定結果

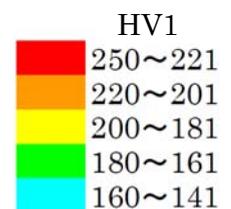
上端からの距離 (mm)	クリップ端部からの距離 (mm)																			
	左側										右側									
	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	168	167	166	190	203	190	-	-
1	198	199	196	166	179	183	191	194	216	203	164	195	185	185	194	216	186	169	181	178
2	196	198	196	190	164	182	184	171	183	190	219	160	213	199	188	194	203	209	177	193
3	194	203	193	200	186	164	184	176	183	210	191	172	209	177	162	232	179	186	170	193
4	199	200	210	199	169	174	188	176	204	174	196	168	203	181	170	200	206	194	181	166
5	195	200	202	190	201	182	171	171	190	156	160	188	186	171	195	203	169	199	167	200
6	193	194	202	200	198	189	171	188	177	183	172	183	159	172	177	182	189	206	171	178
7	190	202	195	199	196	189	195	172	166	172	179	189	169	188	189	175	162	178	165	181
8	195	196	193	198	198	191	207	185	193	172	166	167	167	170	173	176	179	164	170	176
9	193	196	198	200	194	195	202	190	195	195	195	163	188	166	160	164	173	175	184	185
10	199	194	200	195	194	194	195	194	195	191	190	188	193	183	186	183	193	188	185	190
11	193	194	199	205	191	190	199	196	191	195	196	191	196	189	189	196	190	196	188	194
12	195	193	193	202	204	195	200	200	195	195	194	196	191	194	192	191	200	198	200	196
13	203	202	202	196	199	200	191	198	196	192	190	196	191	198	193	195	202	194	191	198
14	199	202	196	194	196	197	195	198	194	195	198	194	196	191	191	199	191	199	195	196
15	193	194	198	198	198	204	196	201	186	203	200	196	197	191	189	194	196	199	193	194
16	195	203	203	196	194	200	198	202	191	200	195	191	196	204	196	198	196	195	195	194
17	190	196	199	194	196	204	193	198	202	200	193	199	202	194	196	194	190	196	196	202
18	189	194	190	199	196	206	198	200	196	202	195	195	198	186	195	196	194	196	194	198
19	199	199	200	199	203	202	196	199	202	201	190	199	200	198	194	195	200	202	199	194
20	192	202	194	198	199	202	195	202	202	198	191	200	196	198	194	195	196	199	196	194

別紙3-図3-1 欠損発生部硬さ分布測定結果  
(自動溶接 A面)



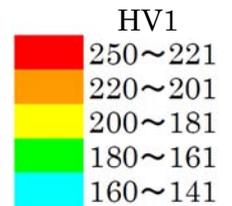
上端からの距離 (mm)	クリップ端部からの距離 (mm)																			
	左側									右側										
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	177	178	195	172	177	167	185	175	223	182	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1	207	199	178	202	181	200	181	193	167	170	199	184	179	170	172	167	184	191	189	190
2	194	202	182	195	184	224	177	250	207	190	172	157	179	176	167	172	189	183	190	197
3	163	189	219	178	199	185	169	188	193	219	181	181	196	171	171	186	189	184	191	193
4	195	181	186	194	176	181	183	185	207	170	194	175	168	157	170	193	189	193	191	189
5	175	195	194	185	181	198	167	168	190	166	185	167	178	181	189	190	194	190	194	194
6	198	167	173	167	175	165	172	171	178	168	173	189	198	191	190	190	193	194	196	194
7	172	166	191	196	193	195	203	206	193	203	198	198	195	194	193	190	191	193	194	189
8	195	190	198	202	207	207	198	202	196	198	202	200	203	190	190	190	195	195	194	190
9	202	198	203	200	196	200	198	207	202	200	202	203	203	194	198	193	195	192	191	197
10	202	200	202	204	199	200	206	206	196	204	211	206	206	194	190	196	194	190	194	190
11	199	202	200	196	195	206	199	203	203	204	206	202	207	192	195	190	193	194	193	190
12	202	195	209	198	200	198	196	209	199	200	202	204	200	195	190	191	193	198	193	195
13	204	196	206	198	198	200	203	206	200	200	195	204	199	193	195	195	190	193	196	194
14	199	200	199	196	203	204	202	199	199	198	203	198	199	193	191	196	196	193	191	194
15	198	199	196	204	195	195	203	203	204	196	202	200	196	193	194	194	195	193	194	191
16	207	200	195	204	195	199	198	195	195	200	200	202	198	202	190	192	190	194	191	194
17	196	190	204	194	195	194	199	203	195	195	207	203	195	196	193	190	193	192	190	193
18	204	198	195	200	204	202	200	196	199	196	203	199	198	199	191	196	190	192	195	190
19	193	195	196	194	195	194	200	200	199	202	198	200	202	195	194	198	195	191	191	191
20	202	200	207	196	202	203	203	207	204	203	200	198	202	210	195	195	198	190	194	194

別紙3-図3-2 欠損発生部硬さ分布測定結果  
(自動溶接 B面)



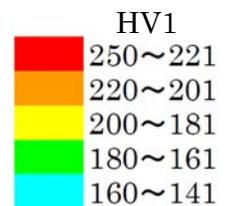
上端からの距離 (mm)	クリップ端部からの距離 (mm)																			
	左側										右側									
	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	196	196	200	196	164	162	188	190	-	225	182	171	224	162	179	179	-	-	-	-
1	210	200	196	202	176	181	172	225	191	216	224	185	203	165	183	224	169	184	221	186
2	195	196	202	198	194	167	170	169	189	204	193	188	217	165	175	206	168	175	176	228
3	196	200	203	198	193	178	176	161	174	173	161	195	165	203	158	185	200	198	163	186
4	202	198	203	202	195	191	164	163	171	168	206	184	174	193	190	174	175	177	186	185
5	200	200	198	194	199	193	198	167	176	169	203	184	170	172	200	174	189	181	203	158
6	199	199	198	200	196	202	190	195	164	173	170	186	183	173	204	178	155	183	172	160
7	198	203	203	195	202	200	200	198	194	196	160	173	184	174	174	189	190	177	181	191
8	200	194	193	194	194	190	194	194	193	200	194	185	165	165	168	182	172	166	186	172
9	193	203	198	194	200	199	198	199	194	193	195	191	191	194	172	152	178	175	178	166
10	196	200	200	195	193	200	194	194	194	196	195	198	198	196	194	199	190	188	190	184
11	199	200	198	200	199	192	199	200	196	199	194	191	191	198	191	193	194	185	191	190
12	217	189	199	196	198	194	198	199	202	196	196	196	193	198	193	199	194	196	195	195
13	196	190	202	198	196	200	200	203	196	200	199	196	193	191	194	195	194	196	200	200
14	202	203	194	199	198	195	190	200	204	198	200	194	200	198	196	206	195	195	200	198
15	194	202	204	195	190	198	200	198	196	199	198	196	198	198	195	195	198	202	196	198
16	196	198	198	198	203	196	202	198	199	194	196	193	193	196	195	200	196	194	199	200
17	197	196	191	196	200	194	194	199	199	195	199	193	200	198	195	200	199	199	195	194
18	196	193	191	200	206	203	202	204	200	202	191	199	195	195	198	195	200	194	195	193
19	194	195	200	199	203	200	190	202	202	199	196	199	193	195	198	200	200	193	194	200
20	194	198	206	199	198	206	200	196	203	195	193	200	190	202	200	198	202	193	193	196

別紙3-図3-3 欠損発生部硬さ分布測定結果  
(自動溶接 C面)



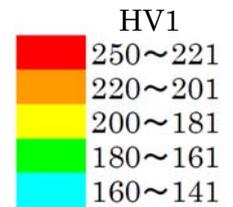
上端からの距離 (mm)	クリップ端部からの距離 (mm)																			
	左側									右側										
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	196	200	191	167	194	182	204	200	171	177	171	224	162	179	179	-	-	-	-	-
1	184	191	210	183	193	175	193	193	206	221	154	191	189	177	191	183	189	199	199	190
2	191	185	237	191	176	164	195	173	188	178	184	195	194	171	162	175	195	200	196	198
3	221	198	182	195	186	176	220	202	185	163	183	195	172	185	175	193	198	194	195	196
4	169	166	168	177	207	174	185	198	189	214	190	213	167	178	195	199	202	200	206	198
5	204	178	175	181	170	177	176	169	172	174	180	182	174	190	203	198	200	199	203	198
6	193	176	168	177	161	171	191	165	177	178	164	203	196	191	198	198	191	213	210	198
7	169	173	164	166	164	193	188	198	202	193	186	204	194	194	196	198	198	204	196	199
8	196	169	190	203	196	193	195	196	200	203	206	213	202	194	200	198	202	200	199	189
9	196	194	199	189	199	200	200	206	199	200	196	216	194	206	196	198	198	200	195	196
10	195	202	191	200	198	199	199	195	199	194	198	211	195	194	194	195	195	195	198	202
11	200	203	210	209	199	194	200	195	199	191	196	206	195	199	199	193	200	193	190	202
12	206	195	200	200	200	194	200	204	198	179	192	217	196	191	191	200	196	200	195	202
13	198	199	191	199	210	199	202	190	196	199	190	199	195	199	202	194	198	202	200	193
14	189	200	203	200	194	191	195	200	203	198	189	199	200	202	195	193	196	203	198	196
15	193	203	198	200	202	199	209	200	195	204	199	210	196	203	199	199	198	198	196	198
16	204	204	207	204	200	196	193	198	203	198	195	210	194	202	194	207	210	203	194	198
17	199	196	200	199	196	204	198	198	198	202	202	210	198	209	195	206	202	206	191	203
18	199	198	198	204	202	202	196	204	206	200	200	214	203	193	200	195	200	193	199	188
19	199	200	200	200	193	204	203	198	207	190	202	214	195	199	200	191	195	199	195	195
20	194	198	200	204	209	204	204	202	206	199	203	207	200	198	195	194	203	196	190	195

別紙3-図3-4 欠損発生部硬さ分布測定結果  
(自動溶接 D面)



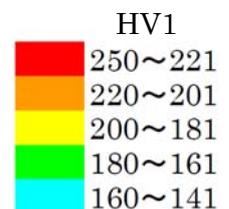
上端からの距離 (mm)	クリップ端部からの距離 (mm)																			
	左側										右側									
	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164	157	158	171	167	174	214	-	-
1	191	192	196	202	194	163	173	188	164	177	187	172	163	202	207	172	168	214	202	189
2	214	204	196	202	197	163	167	214	186	207	184	167	170	195	164	161	220	177	173	198
3	199	201	202	203	198	198	176	174	167	179	171	179	183	154	174	164	163	178	187	168
4	198	199	202	200	195	194	170	160	188	172	189	203	164	164	178	181	180	168	181	178
5	201	201	202	198	198	204	195	171	194	181	155	191	172	169	190	205	177	162	181	173
6	205	198	201	205	200	199	202	189	166	175	162	183	189	171	196	173	205	181	183	169
7	203	204	198	200	200	192	193	194	202	189	198	161	163	179	165	176	199	192	153	165
8	200	197	199	202	199	190	202	195	199	200	197	191	179	163	165	171	164	178	170	162
9	204	201	205	196	196	200	198	205	202	198	204	205	195	194	187	179	152	177	174	163
10	194	203	201	199	196	197	198	198	204	209	206	197	195	197	188	194	192	197	195	206
11	199	201	200	198	198	199	197	201	194	190	197	196	196	198	202	197	196	204	208	213
12	207	202	201	203	201	202	202	198	203	201	204	189	200	197	207	193	198	196	195	201
13	201	199	192	201	194	200	203	198	202	200	203	203	203	198	209	196	206	203	197	197
14	201	207	193	197	205	207	200	196	206	203	205	203	200	201	203	196	194	198	195	197
15	197	199	205	200	198	201	200	198	208	205	211	200	202	206	209	192	207	201	198	199
16	204	199	197	208	201	202	200	201	199	196	212	207	200	208	205	197	197	197	190	195
17	206	203	201	200	199	201	200	197	209	203	207	201	200	192	198	198	193	200	192	198
18	191	199	200	214	211	207	201	198	201	200	202	201	200	197	201	197	197	200	189	201
19	201	201	197	194	200	198	196	205	200	199	203	204	213	204	201	197	202	202	201	193
20	194	200	190	201	205	198	210	201	205	195	203	199	201	203	200	197	200	197	201	202

別紙3-図3-5 欠損発生部硬さ分布測定結果  
(手動溶接 A面)



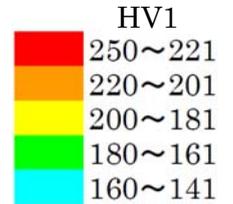
上端からの距離 (mm)	クリップ端部からの距離 (mm)																			
	左側									右側										
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	191	206	143	153	183	238	173	176	183	161	170	185	192	157	162	165	199	197	201	195
2	171	187	185	171	165	182	199	225	154	163	168	184	180	162	170	181	192	200	202	199
3	162	178	175	172	164	192	183	170	207	202	182	211	182	175	186	199	199	199	203	202
4	182	172	194	210	181	200	165	172	157	203	168	210	168	179	175	199	200	199	205	203
5	165	190	167	189	213	197	187	202	180	185	189	191	160	164	197	198	200	208	197	200
6	178	174	187	185	194	189	165	180	159	177	224	167	153	197	191	199	198	200	196	204
7	201	190	178	207	197	162	156	183	153	163	158	169	198	202	198	201	200	199	204	200
8	215	167	183	170	179	171	175	184	166	170	190	193	195	198	193	199	191	195	196	206
9	155	165	165	166	165	157	191	188	193	201	200	202	194	192	192	199	192	198	200	198
10	187	188	187	196	194	193	187	190	190	192	194	205	197	197	191	198	198	194	202	200
11	201	195	192	198	198	203	188	202	196	195	197	205	207	204	193	194	199	199	197	199
12	200	198	193	195	194	200	200	198	193	207	196	205	198	201	193	196	193	203	202	194
13	198	188	194	200	195	198	199	190	195	193	194	201	195	202	200	198	196	203	200	197
14	199	188	197	200	196	196	195	196	201	200	196	202	197	196	200	195	197	200	201	198
15	197	192	199	201	193	197	198	196	198	200	202	205	203	207	200	199	205	199	204	198
16	191	187	203	195	191	196	196	202	197	197	194	201	203	195	209	201	191	205	201	196
17	201	195	195	198	200	195	193	200	195	195	201	201	205	199	205	197	194	205	189	195
18	203	185	195	200	202	194	193	197	200	205	197	202	203	198	193	202	197	202	212	201
19	198	197	196	204	207	193	195	200	195	198	194	203	208	202	198	201	197	197	199	198
20	197	197	200	190	191	191	192	191	202	205	196	209	204	202	196	208	202	202	193	193

別紙3-図3-6 欠損発生部硬さ分布測定結果  
(手動溶接 B面)



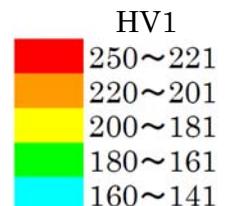
上端からの距離 (mm)	クリップ端部からの距離 (mm)																			
	左側										右側									
	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	200	206	202	201	165	176	180	208	170	176	189	210	224	211	214	189	171	158	183	226
2	196	206	206	205	175	167	175	198	165	199	161	173	170	173	196	193	174	200	173	218
3	204	194	217	198	197	158	158	183	200	169	168	227	192	171	228	176	184	194	173	194
4	202	204	212	197	207	188	191	182	196	162	190	161	193	176	205	182	167	182	212	175
5	204	208	212	197	201	181	171	173	167	168	189	222	199	189	188	188	170	231	160	196
6	201	203	202	201	202	203	179	168	171	174	172	181	171	208	156	162	178	210	181	176
7	201	206	197	198	209	202	197	145	178	181	197	185	202	177	196	211	155	192	173	198
8	200	202	203	205	195	208	203	193	185	161	172	163	165	181	166	194	168	165	164	178
9	201	204	200	203	207	206	203	199	199	200	171	160	169	178	164	185	178	170	181	171
10	197	200	201	197	206	198	201	203	194	199	189	175	158	151	173	167	163	174	210	210
11	201	205	210	205	205	193	198	202	192	198	202	191	193	197	192	194	190	203	199	196
12	197	201	211	199	201	200	204	201	201	197	197	199	196	200	200	195	195	195	203	204
13	195	202	200	199	200	203	198	195	189	199	200	195	192	192	196	197	217	196	205	200
14	200	200	198	200	201	199	199	198	201	202	202	196	195	193	201	202	199	197	196	203
15	197	204	197	208	202	205	208	199	201	194	205	198	199	201	202	190	202	194	191	199
16	201	202	204	203	201	197	192	209	201	197	202	199	202	202	192	201	203	198	206	202
17	198	191	210	198	198	201	204	199	193	200	201	198	200	201	190	202	193	191	197	193
18	195	202	204	200	202	200	207	199	190	195	200	193	208	201	195	202	195	197	197	202
19	200	199	201	212	205	202	204	203	202	192	197	203	196	195	202	198	198	191	198	200
20	190	200	203	207	198	197	198	202	203	199	199	195	195	193	200	205	208	213	203	206

別紙3-図3-7 欠損発生部硬さ分布測定結果  
(手動溶接 C面)



上端からの距離 (mm)	クリップ端部からの距離 (mm)																			
	左側									右側										
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	-	152	173	151	163	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	202	193	192	221	172	181	207	209	204	197	217	246	216	176	187	167	210	197	210	201
2	180	190	183	197	171	177	179	210	217	187	216	228	205	157	191	193	199	200	200	205
3	218	158	170	176	194	156	173	186	199	176	195	194	164	160	171	199	203	199	199	203
4	182	154	175	179	169	201	193	207	228	205	161	210	168	183	172	196	202	208	211	203
5	201	181	167	176	198	182	171	180	166	156	227	156	172	159	195	206	202	206	210	211
6	170	184	175	234	159	191	173	178	178	177	169	175	168	197	201	200	197	200	196	201
7	174	195	179	191	196	165	187	159	173	183	178	161	191	197	200	203	198	205	203	202
8	169	175	165	176	175	169	166	170	206	159	194	207	195	202	196	202	213	205	208	207
9	190	165	162	188	153	170	157	187	195	199	199	202	192	202	206	215	207	205	207	200
10	166	163	179	187	191	184	190	193	197	198	200	205	193	207	193	203	202	204	208	196
11	200	199	190	199	188	196	201	192	195	202	205	202	199	196	204	206	201	201	206	201
12	202	187	192	202	202	199	200	196	196	200	201	199	191	196	200	197	210	193	205	206
13	199	197	204	200	191	194	199	205	198	199	205	200	199	204	197	202	214	203	197	195
14	205	199	200	197	193	193	193	203	199	196	200	198	193	200	201	193	203	200	210	200
15	187	200	192	197	197	195	196	202	196	201	202	206	202	198	201	205	209	197	201	208
16	197	193	205	194	190	207	199	199	200	206	207	207	189	197	200	206	202	199	192	204
17	194	194	196	201	200	195	205	198	209	207	210	199	200	197	191	202	198	201	195	196
18	201	198	194	200	192	193	200	197	198	204	205	198	207	202	190	198	199	185	199	196
19	203	199	199	198	192	202	200	203	206	200	208	197	191	197	201	192	188	200	194	199
20	207	197	198	194	192	200	198	203	204	204	208	204	192	202	202	199	205	198	197	209

別紙3-図3-8 欠損発生部硬さ分布測定結果  
(手動溶接 D面)



## 別紙4 残留応力測定

### 1. 測定方法

ひずみゲージにより、A・B・C・D面それぞれについて計12箇所を測定

### 2. 測定対象

自動溶接試験片及び手動溶接試験片

### 3. 測定位置

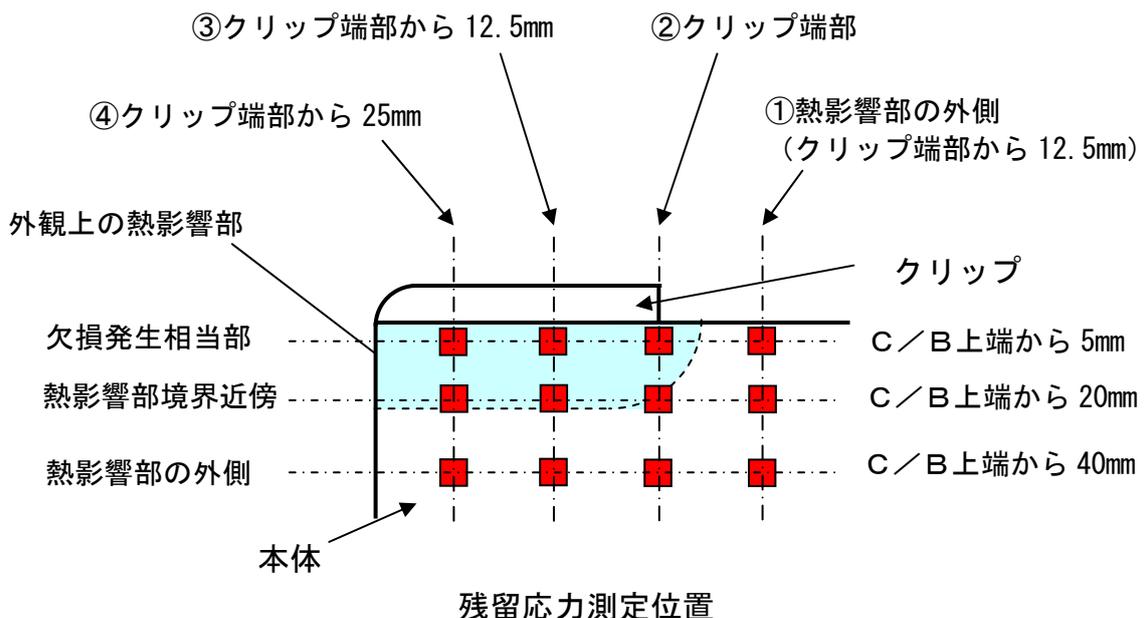
①～④の水平方向座標を設定し、それぞれの座標において上端から5mmの位置、上端から20mmの位置、上端から40mmの位置、計12箇所の測定を行った。

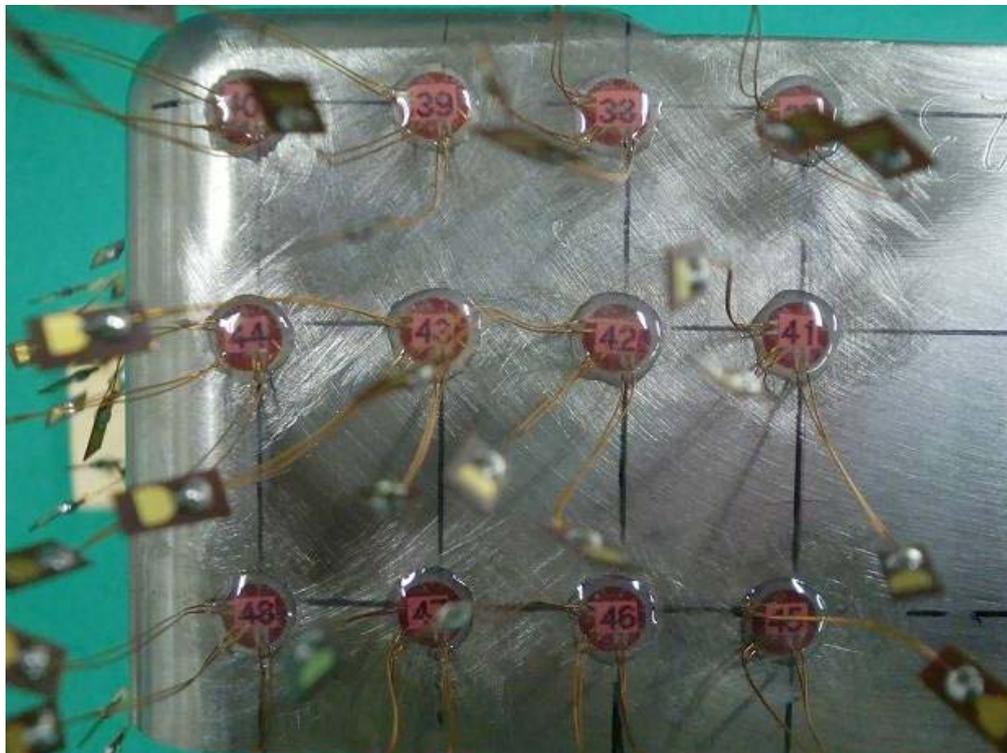
①：熱影響部の外側（クリップ端部から12.5mm）

②：クリップ端部

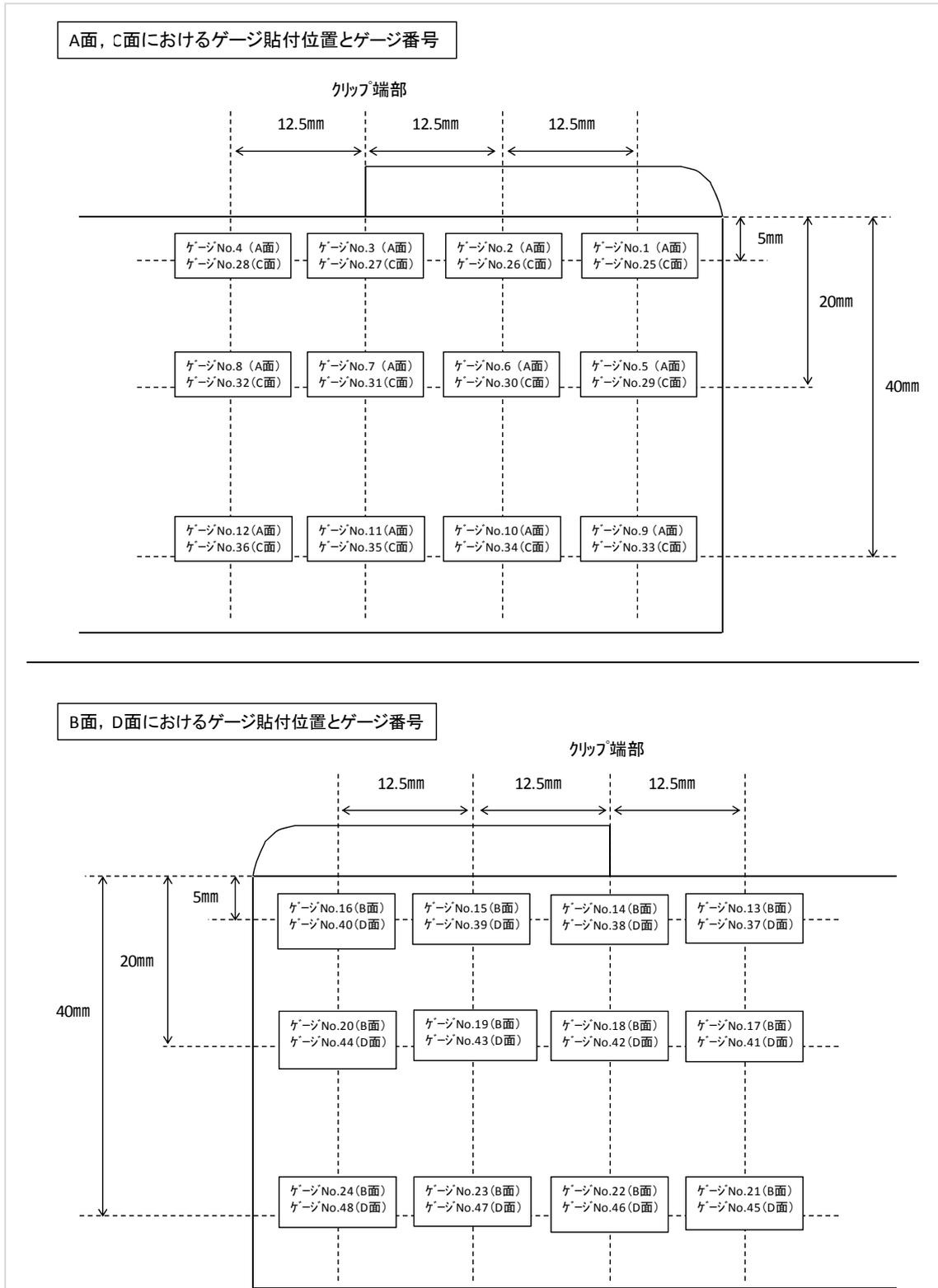
③：クリップ端部から12.5mm

④：クリップ端部から25mm

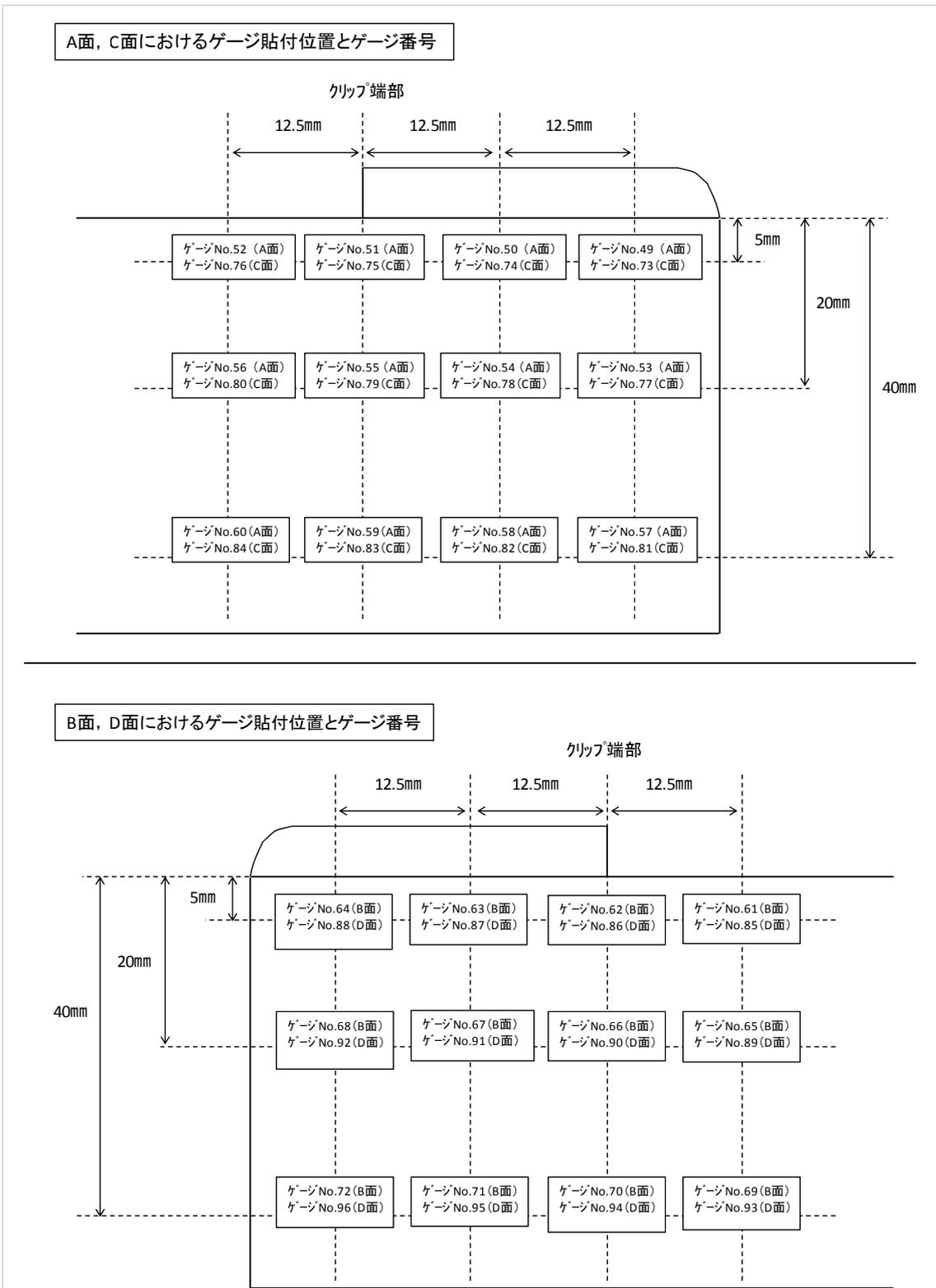




残留応力測定位置



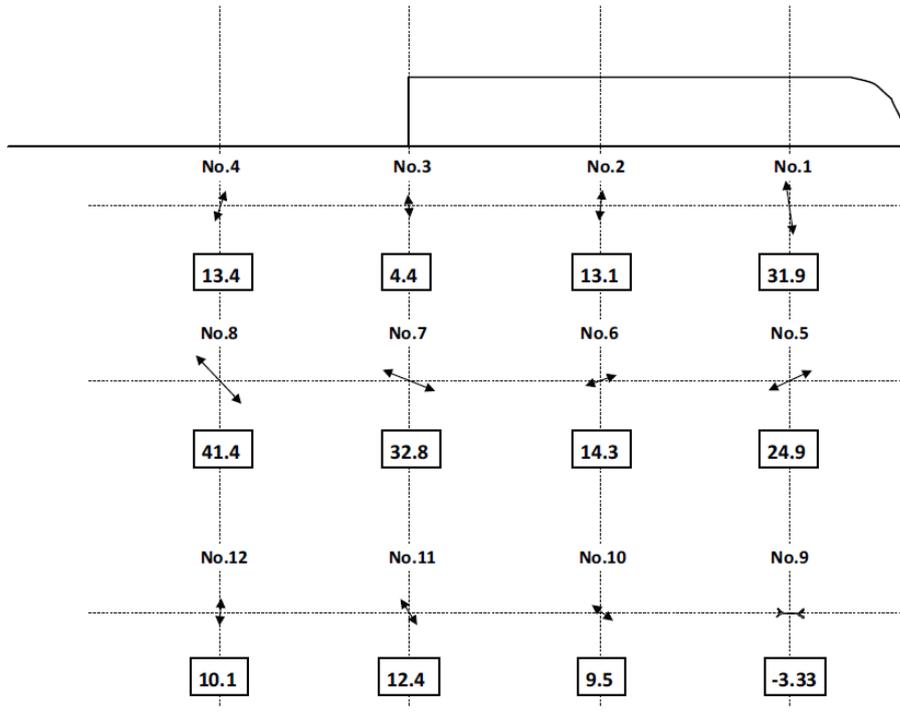
別紙4-図1-1 ひずみゲージ貼付位置とゲージ番号 (自動溶接)



別紙4-図1-2 ひずみゲージ貼付位置とゲージ番号 (手動溶接)

↑ :主応力方向

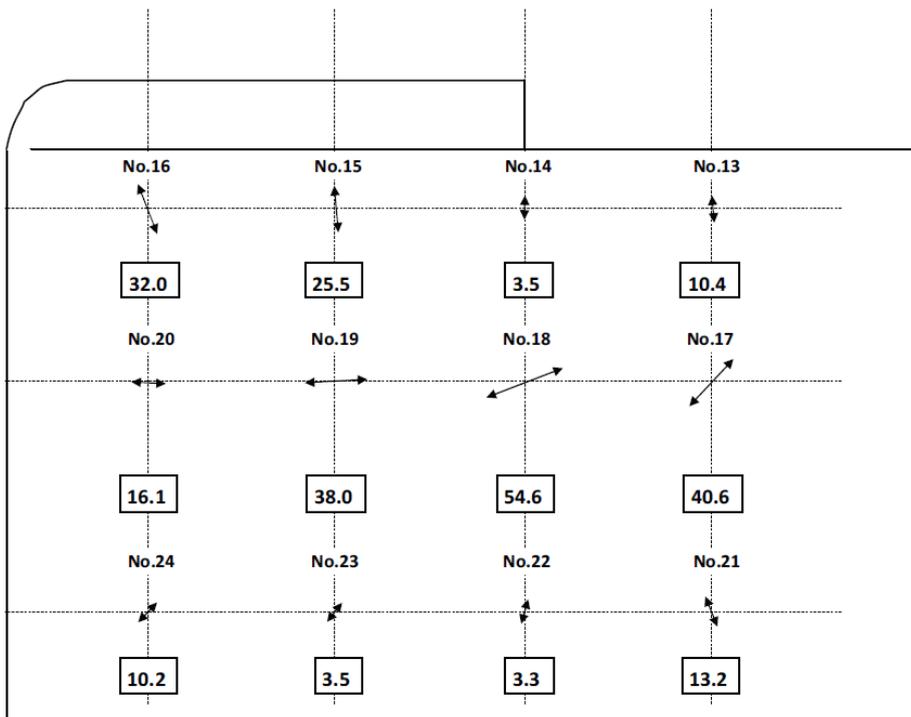
□の値:最大主応力(MPa)



別紙4-図2-1 残留応力測定結果(自動溶接 A面)

↑ :主応力方向

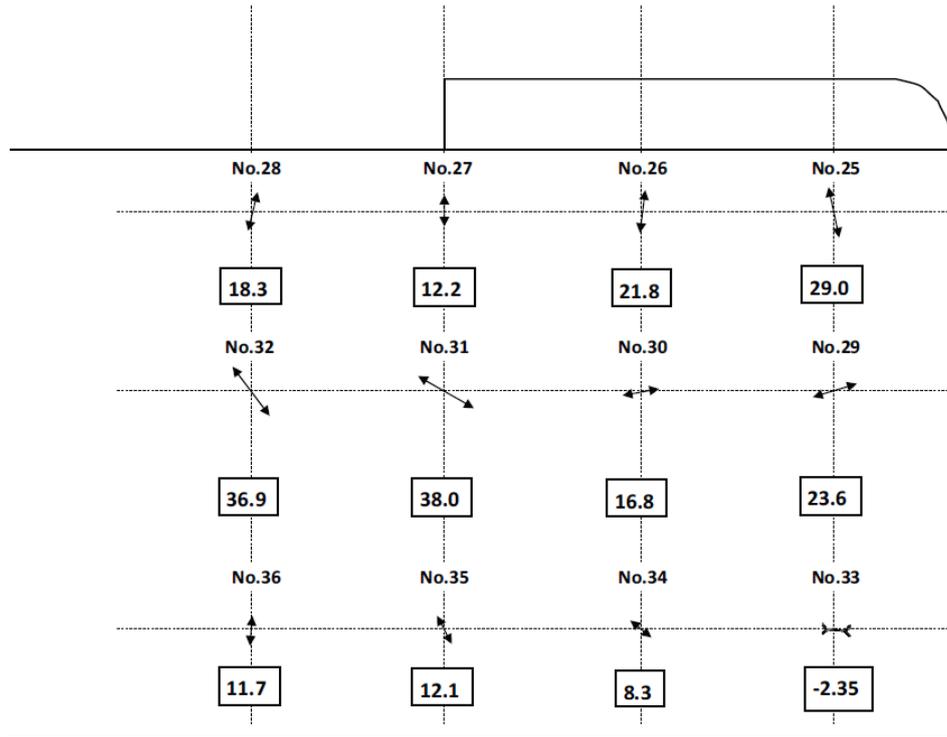
□の値:最大主応力(MPa)



別紙4-図2-2 残留応力測定結果(自動溶接 B面)

↑ : 主応力方向

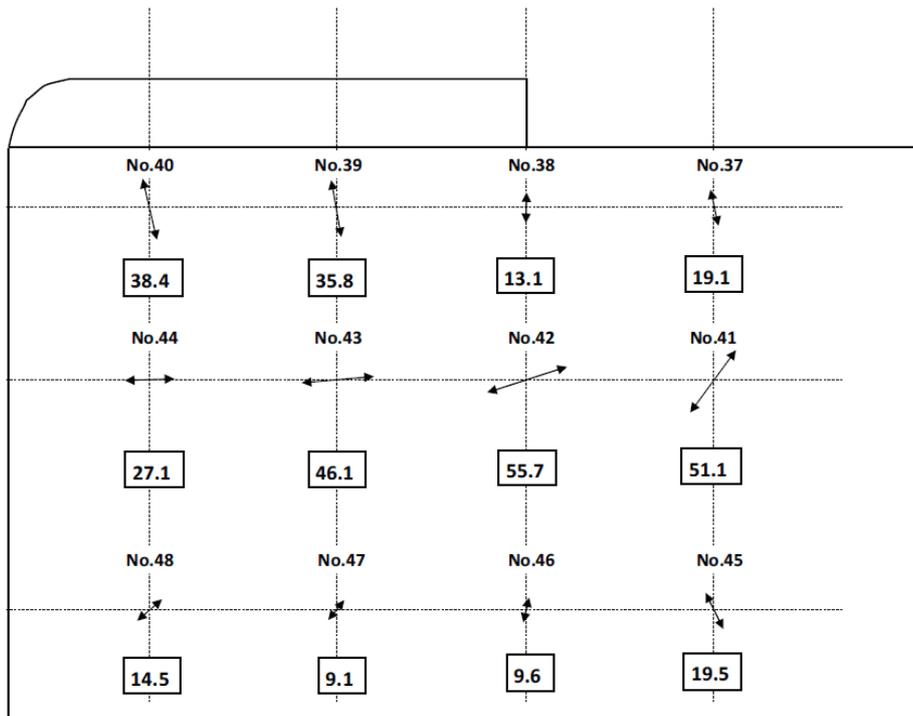
□の値: 最大主応力(MPa)



別紙4-図2-3 残留応力測定結果(自動溶接 C面)

↑ : 主応力方向

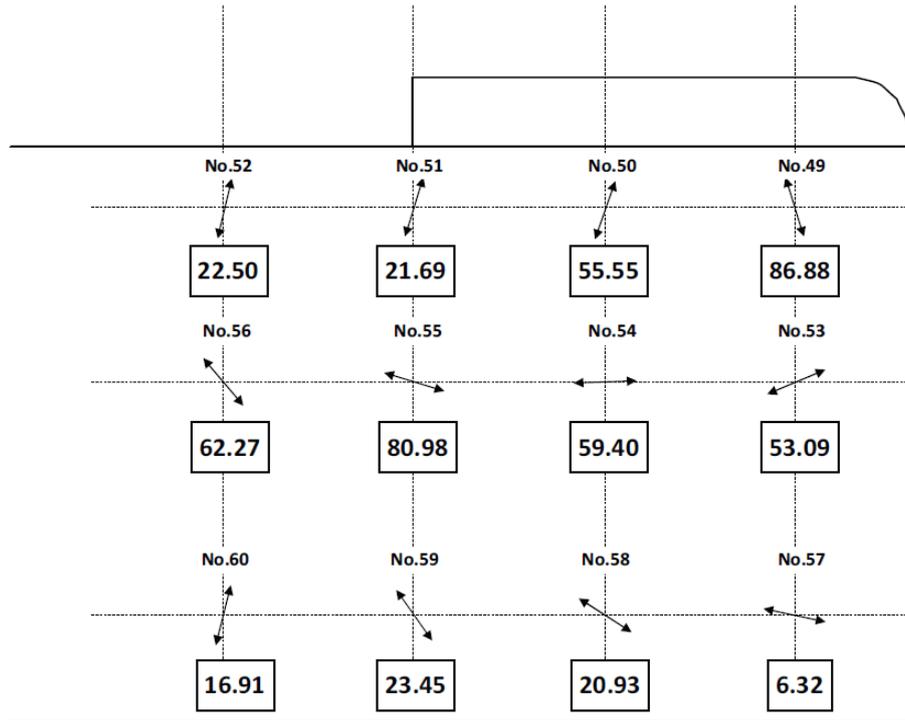
□の値: 最大主応力(MPa)



別紙4-図2-4 残留応力測定結果(自動溶接 D面)

↑ :主応力方向

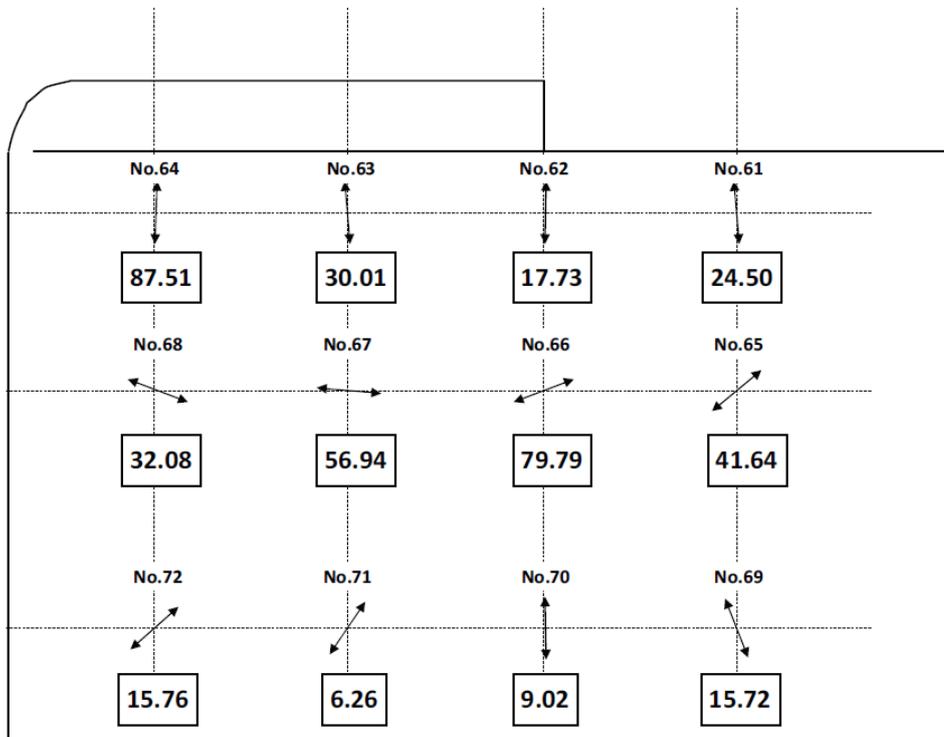
□の値:主応力(MPa)



別紙4-図2-5 残留応力測定結果(手動溶接 A面)

↑ :主応力方向

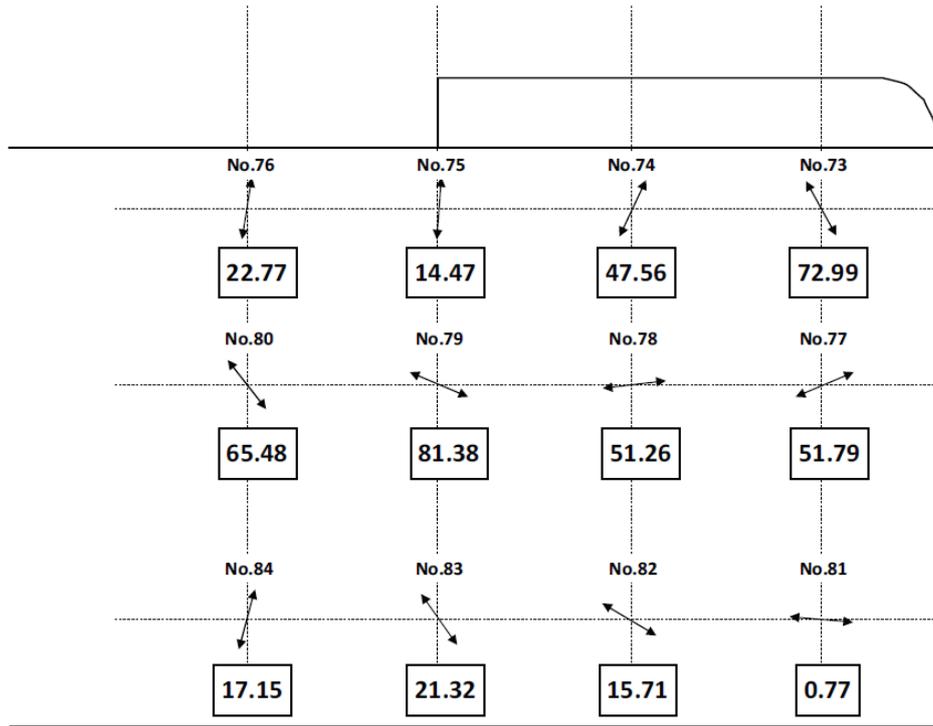
□の値:主応力(MPa)



別紙4-図2-6 残留応力測定結果(手動溶接 B面)

↑ :主応力方向

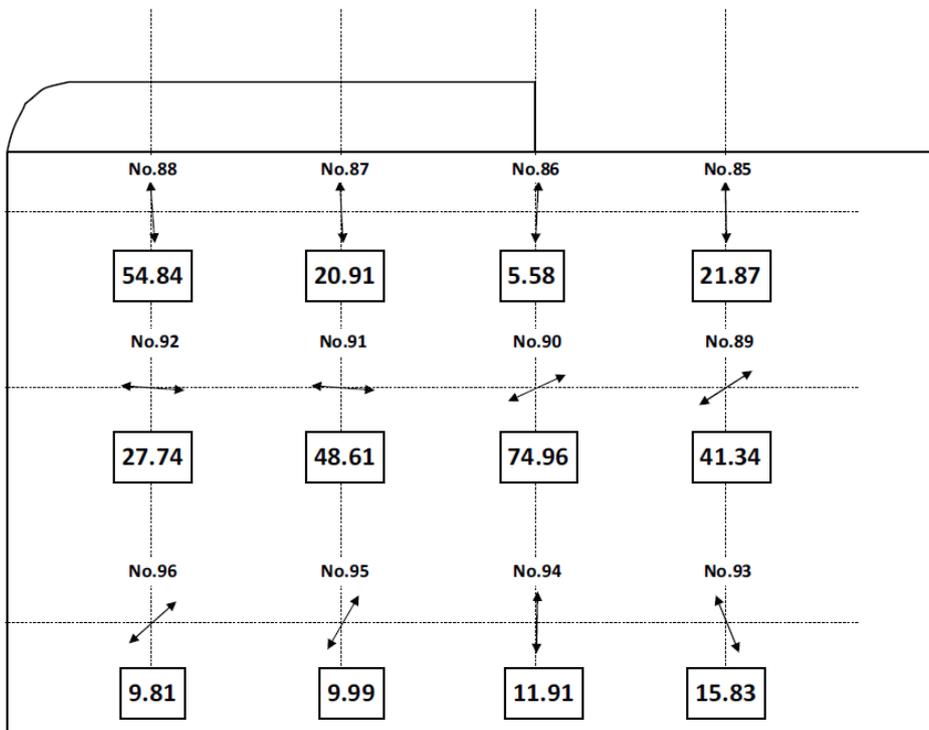
□の値:主応力(MPa)



別紙4-図2-7 残留応力測定結果(手動溶接 C面)

↑ :主応力方向

□の値:主応力(MPa)



別紙4-図2-8 残留応力測定結果(手動溶接 D面)

## 別紙5 元素分析

## 1. 分析条件

## (1) 成分分析

## a. 試験対象

- ・自動溶接1本目及び自動溶接5本目(A, B, C, D面)
- ・手動溶接(A, B, C, D面)

## b. 分析方法及び測定元素

## (a) 赤外吸収測定

- ・酸素(O)
- ・窒素(N)

## (b) ICP発光分光分析法

- ・スズ(Sn)
- ・タンタル(Ta)

## (2) EPMA分析

## a. 試験対象

- ・自動溶接試験片
- ・手動溶接試験片
- ・周溶接部試験片
- ・長手溶接部試験片

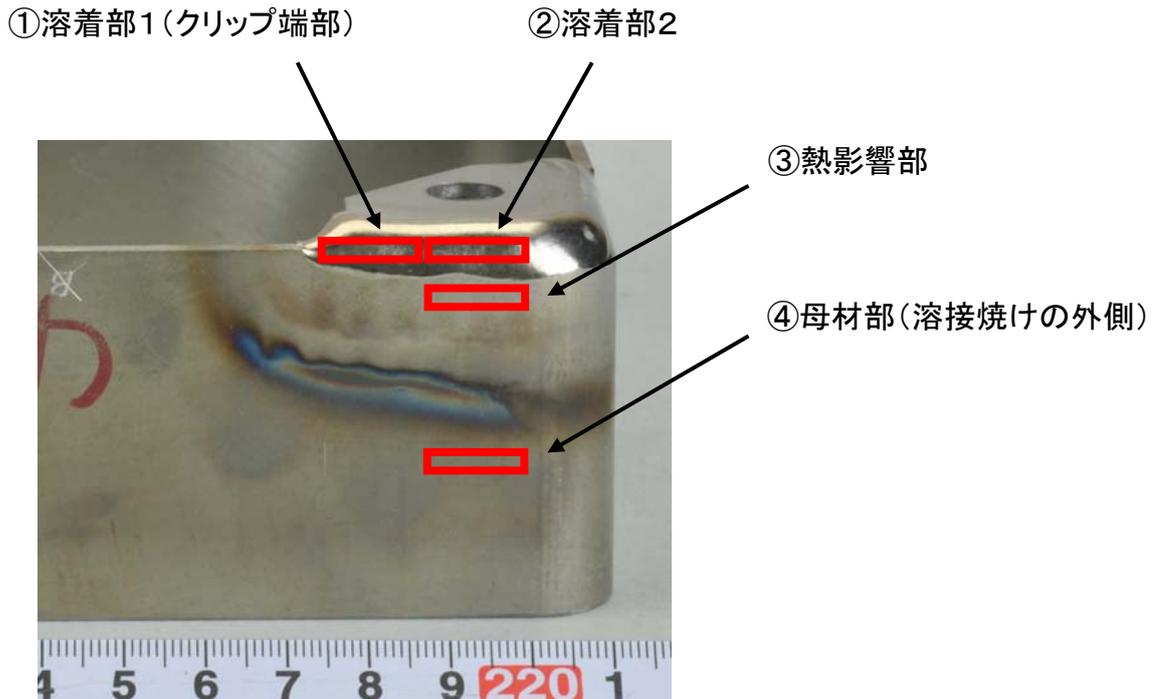
## b. EPMA分析

- ・酸素(O)
- ・窒素(N)
- ・鉄(Fe)
- ・クロム(Cr)
- ・スズ(Sn)
- ・タンタル(Ta)
- ・ジルコニウム(Zr)

## 2. 元素分析位置

### (1) 成分分析

- ①：溶着部 1（クリップ端部）
- ②：溶着部 2
- ③：熱影響部
- ④：母材部（溶接焼けの外側）



別紙 5 - 図 1 元素分析試料採取位置（成分分析）

### (2) EPMA分析

組織観察で断面ミクロ観察を行った位置と同じ位置において実施する。

#### a. クリップ端部近傍

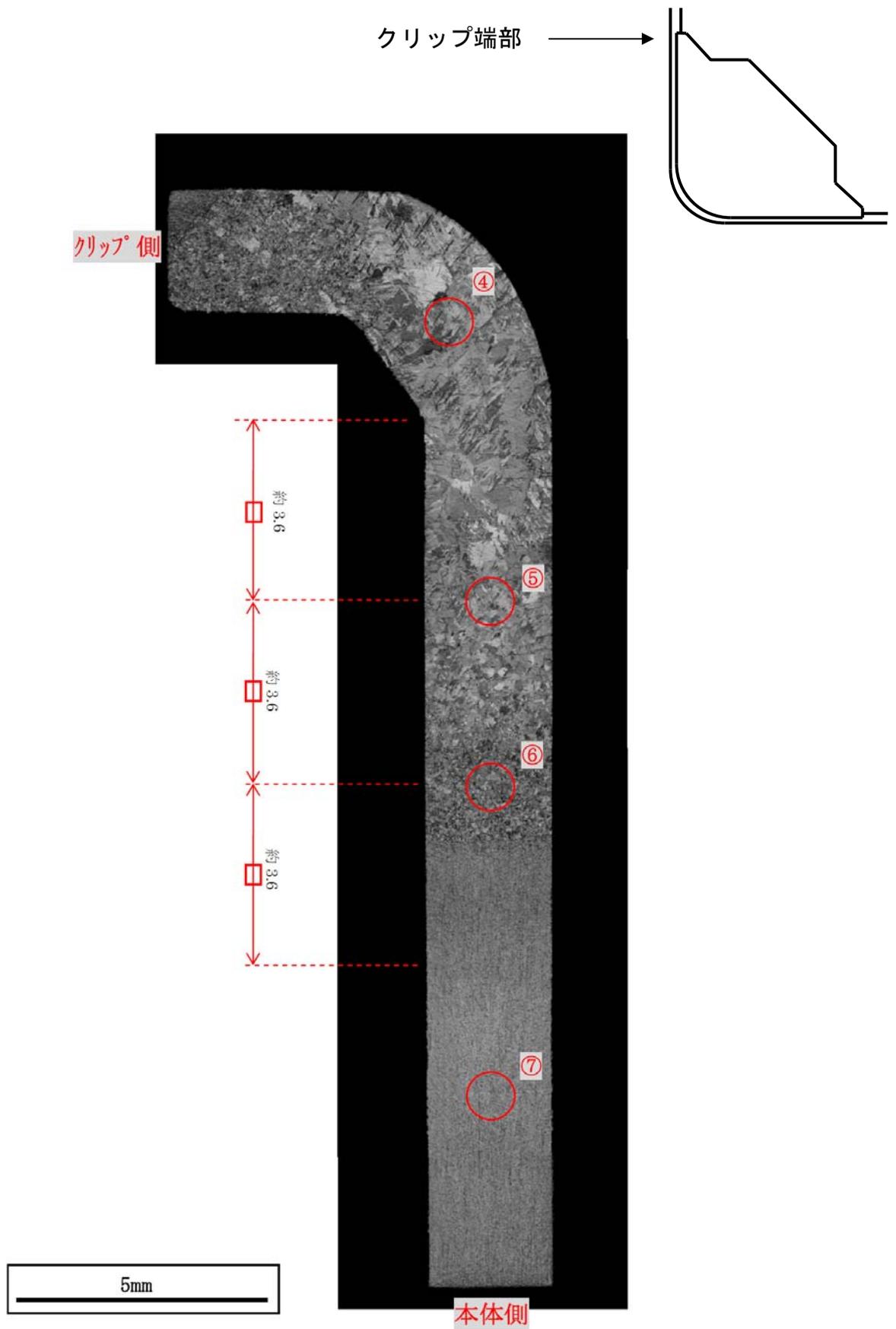
- ④：溶着部
- ⑤：熱影響部（溶着部側）
- ⑥：熱影響部（母材部側）
- ⑦：母材部（本体側）

b. 周溶接部

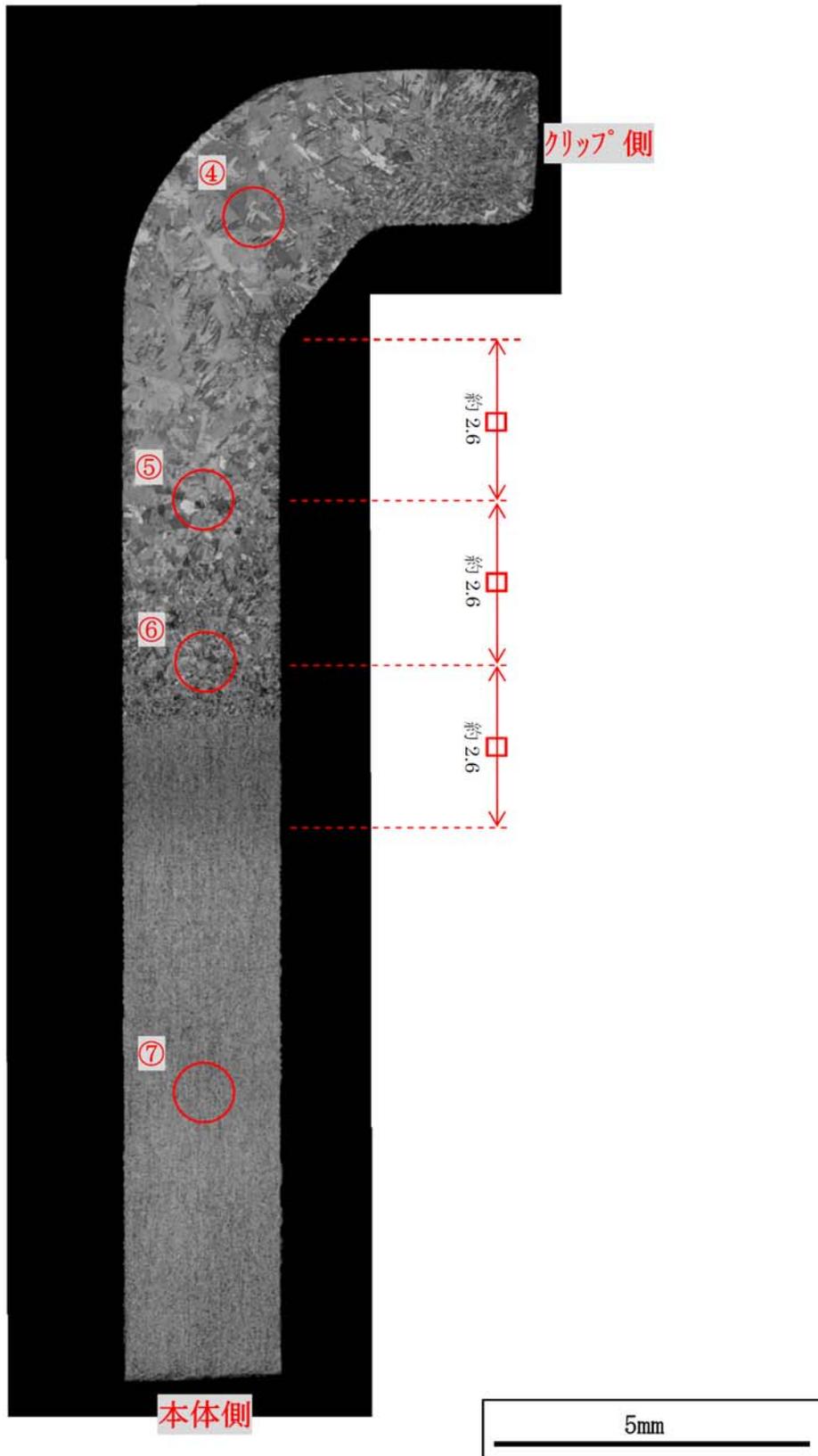
- ②：薄板側熱影響部（母材部側）
- ③：薄板側熱影響部（溶着部側）
- ④：溶着部
- ⑤：厚板側熱影響部（溶着部側）
- ⑥：厚板側熱影響部（母材部側）

c. 長手溶接部

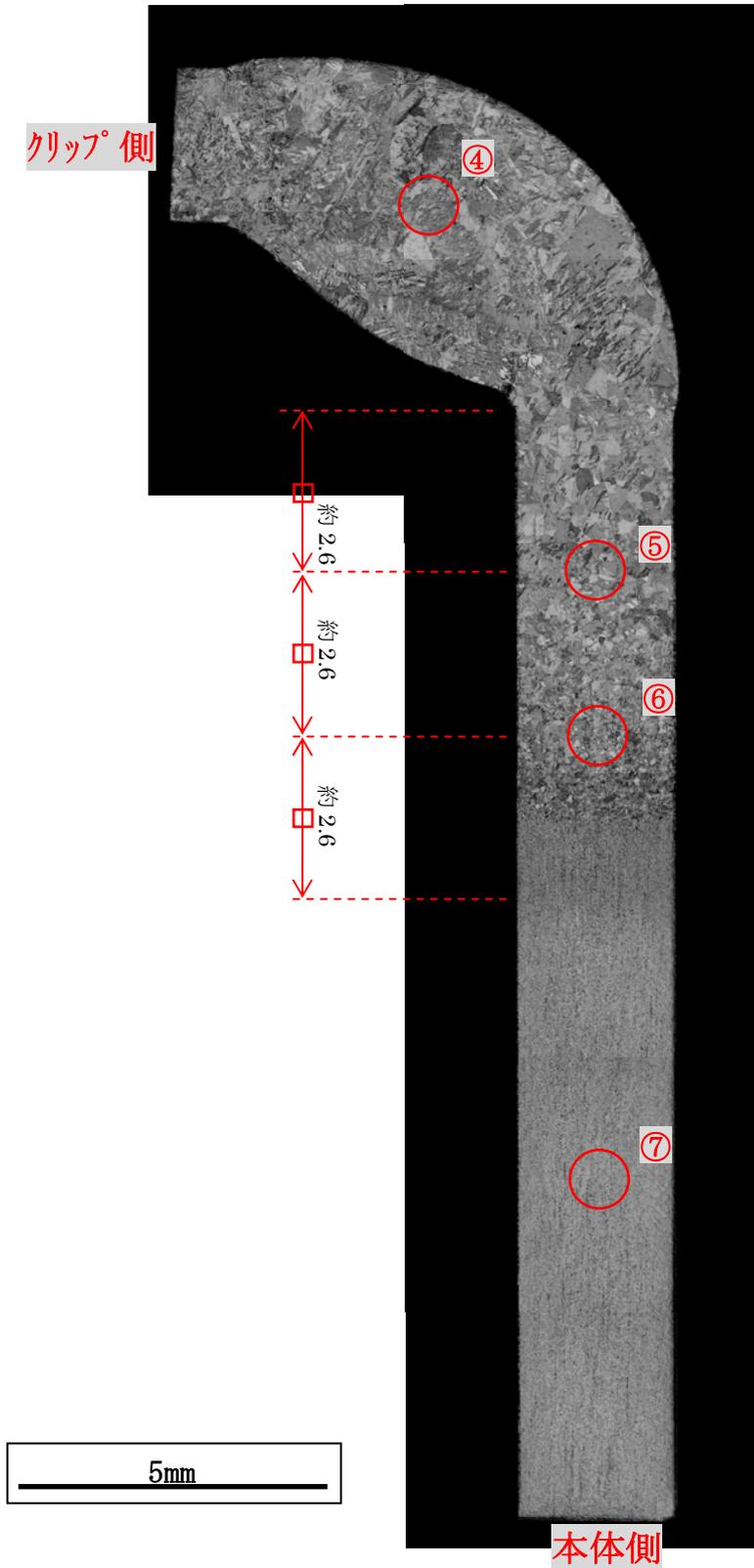
- ②：熱影響部（母材部側）
- ③：熱影響部（溶着部側）
- ④：溶着部



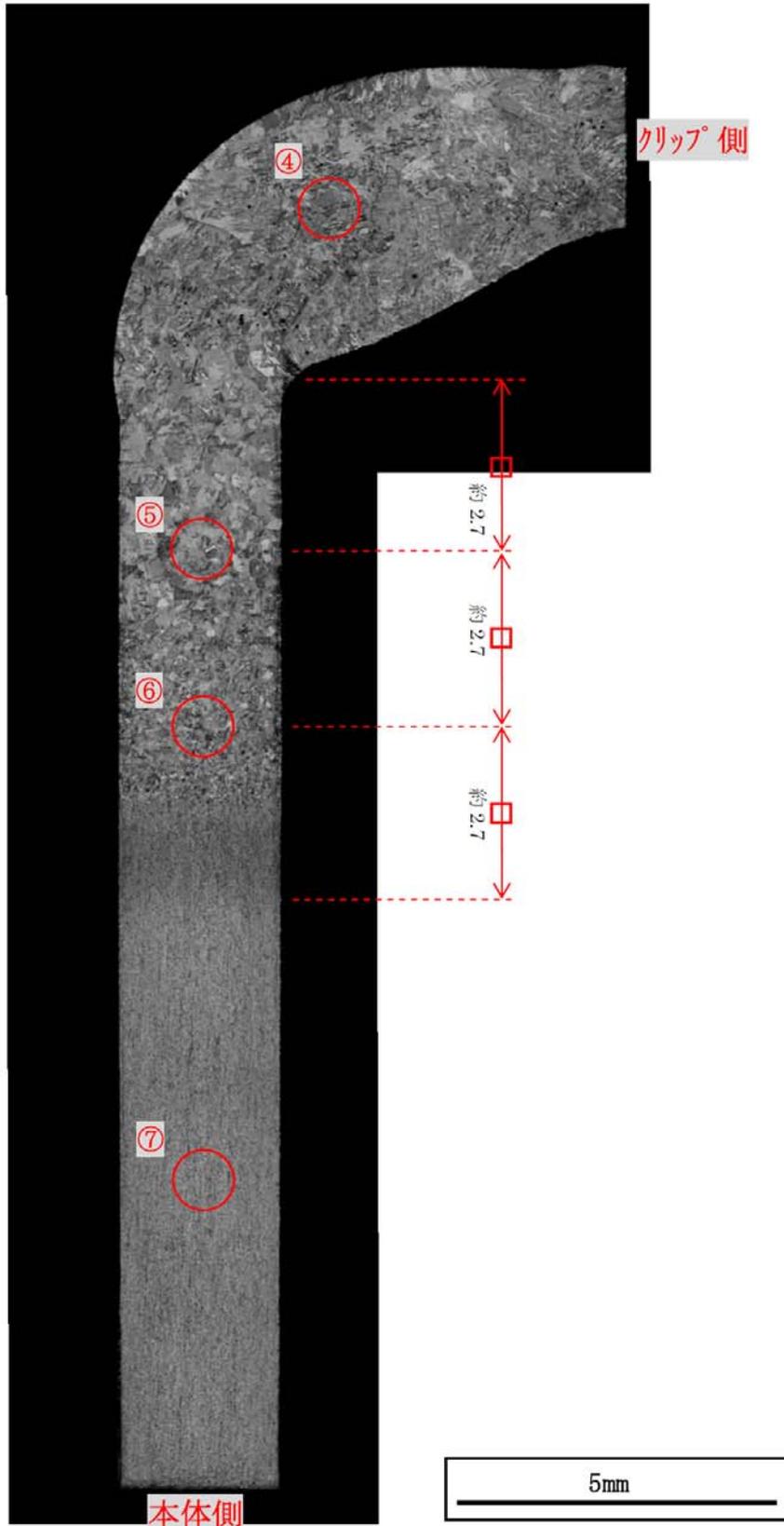
別紙5-図2-1 EPMA分析位置(自動溶接 C面)



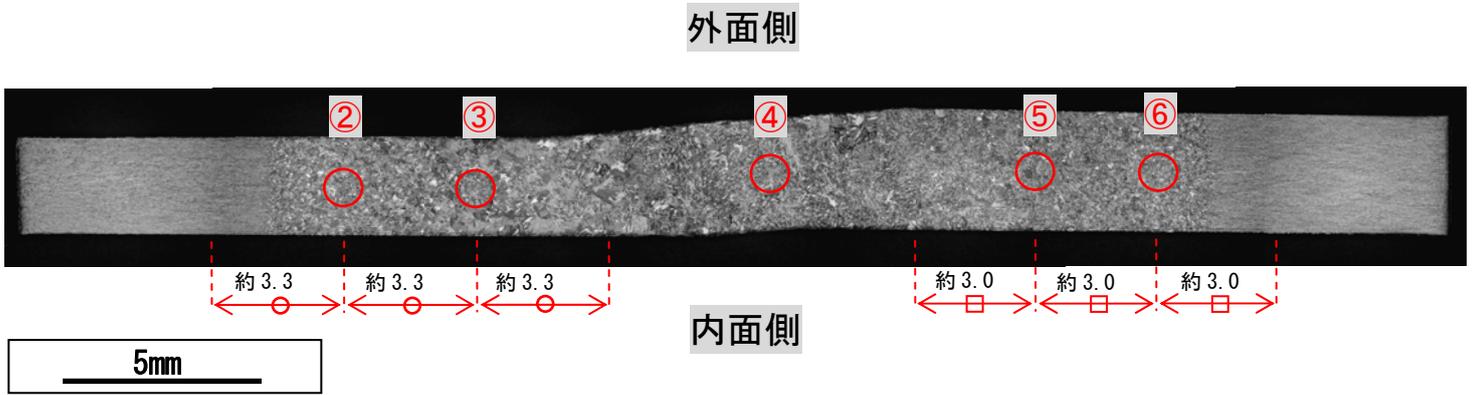
別紙5-図2-2 EPMA分析位置(自動溶接 D面)



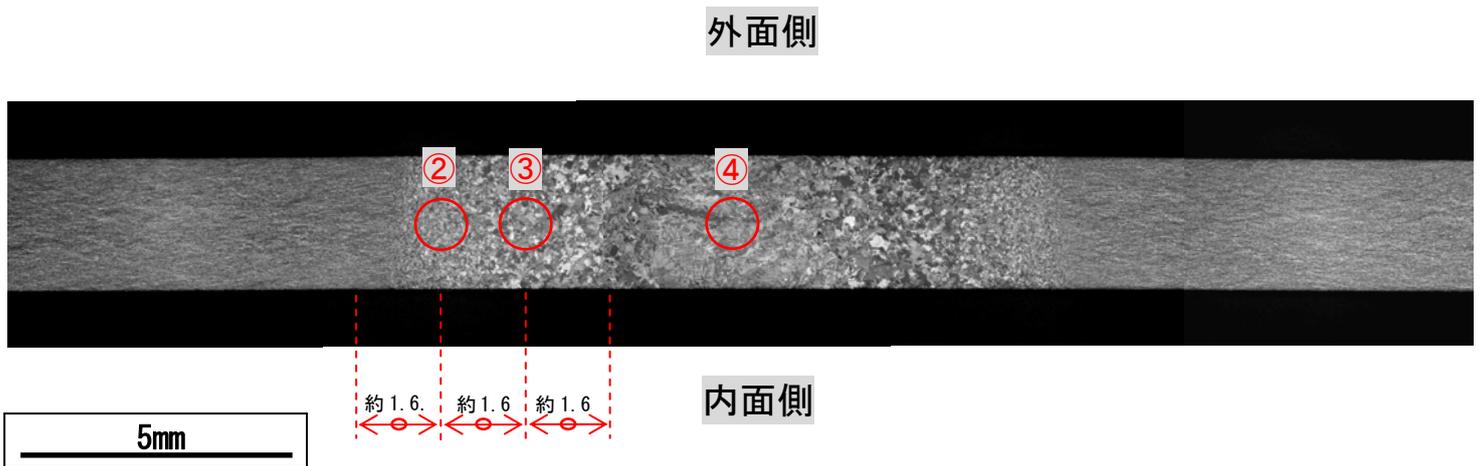
別紙5-図2-3 EPMA分析位置(手動溶接 C面)



別紙5-図2-4 EPMA分析位置(手動溶接 D面)



別紙5-図2-5 EPMA分析位置(周溶接部)



別紙5-図2-6 EPMA分析位置(長手溶接部)

## 3. 分析結果

## (1) 成分分析結果

別紙5-表1 酸素分析結果

(w t %)

溶接条件	自動 溶接 1本目	自動 溶接 5本目	手動 溶接	自動 溶接 1本目	自動 溶接 5本目	手動 溶接
ミルシート値	0.13	0.11	0.13	0.13	0.11	0.13
分析面	A面			B面		
①溶着部1 (クリップ端部)	0.122	0.110	0.122	0.122	0.109	0.119
②溶着部2	0.120	0.109	0.120	0.123	0.110	0.118
③熱影響部	0.123	0.111	0.122	0.123	0.113	0.128
④母材部 (溶接焼けの外側)	0.121	0.110	0.122	0.123	0.113	0.122
分析面	C面			D面		
①溶着部1 (クリップ端部)	0.118	0.105	0.125	0.118	0.105	0.124
②溶着部2	0.121	0.111	0.123	0.121	0.106	0.120
③熱影響部	0.124	0.110	0.124	0.124	0.107	0.125
④母材部 (溶接焼けの外側)	0.124	0.109	0.130	0.123	0.110	0.123

別紙5-表2 窒素分析結果

(w t %)

溶接条件	自動 溶接 1本目	自動 溶接 5本目	手動 溶接	自動 溶接 1本目	自動 溶接 5本目	手動 溶接
ミルシート値	0.0029	0.0025	0.0029	0.0029	0.0025	0.0029
分析面	A面			B面		
①溶着部1 (クリップ端部)	0.0040	0.0024	0.0029	0.0032	0.0025	0.0029
②溶着部2	0.0036	0.0023	0.0030	0.0034	0.0025	0.0030
③熱影響部	0.0034	0.0020	0.0029	0.0033	0.0025	0.0034
④母材部 (溶接焼けの外側)	0.0030	0.0021	0.0029	0.0030	0.0023	0.0028
分析面	C面			D面		
①溶着部1 (クリップ端部)	0.0032	0.0025	0.0030	0.0029	0.0026	0.0030
②溶着部2	0.0030	0.0027	0.0028	0.0030	0.0018	0.0030
③熱影響部	0.0030	0.0021	0.0034	0.0028	0.0021	0.0030
④母材部 (溶接焼けの外側)	0.0037	0.0019	0.0033	0.0031	0.0023	0.0028

別紙5-表3 スズ分析結果

(w t %)

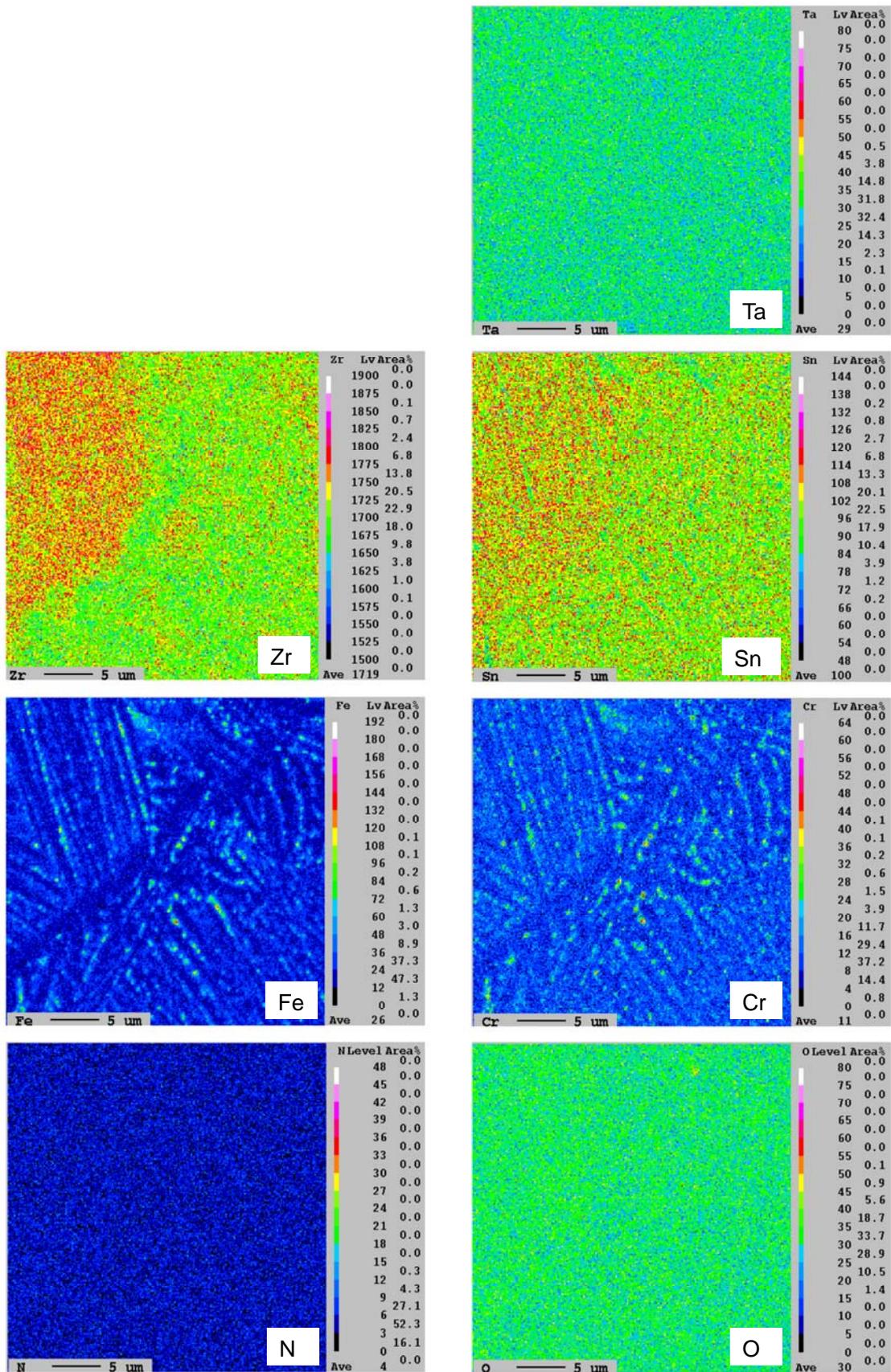
溶接条件	自動 溶接 1本目	自動 溶接 5本目	手動 溶接	自動 溶接 1本目	自動 溶接 5本目	手動 溶接
ミルシート値	1.31	1.34	1.31	1.31	1.34	1.31
分析面	A面			B面		
①溶着部1 (クリップ端部)	1.25	1.35	1.28	1.24	1.27	1.35
②溶着部2	1.31	1.34	1.31	1.26	1.33	1.32
③熱影響部	1.30	1.32	1.32	1.29	1.34	1.34
④母材部 (溶接焼けの外側)	1.27	1.33	1.31	1.28	1.31	1.33
分析面	C面			D面		
①溶着部1 (クリップ端部)	1.25	1.30	1.32	1.30	1.28	1.29
②溶着部2	1.29	1.34	1.30	1.28	1.32	1.31
③熱影響部	1.28	1.35	1.33	1.27	1.33	1.30
④母材部 (溶接焼けの外側)	1.28	1.34	1.31	1.28	1.34	1.30

別紙5-表4 タンタル分析結果

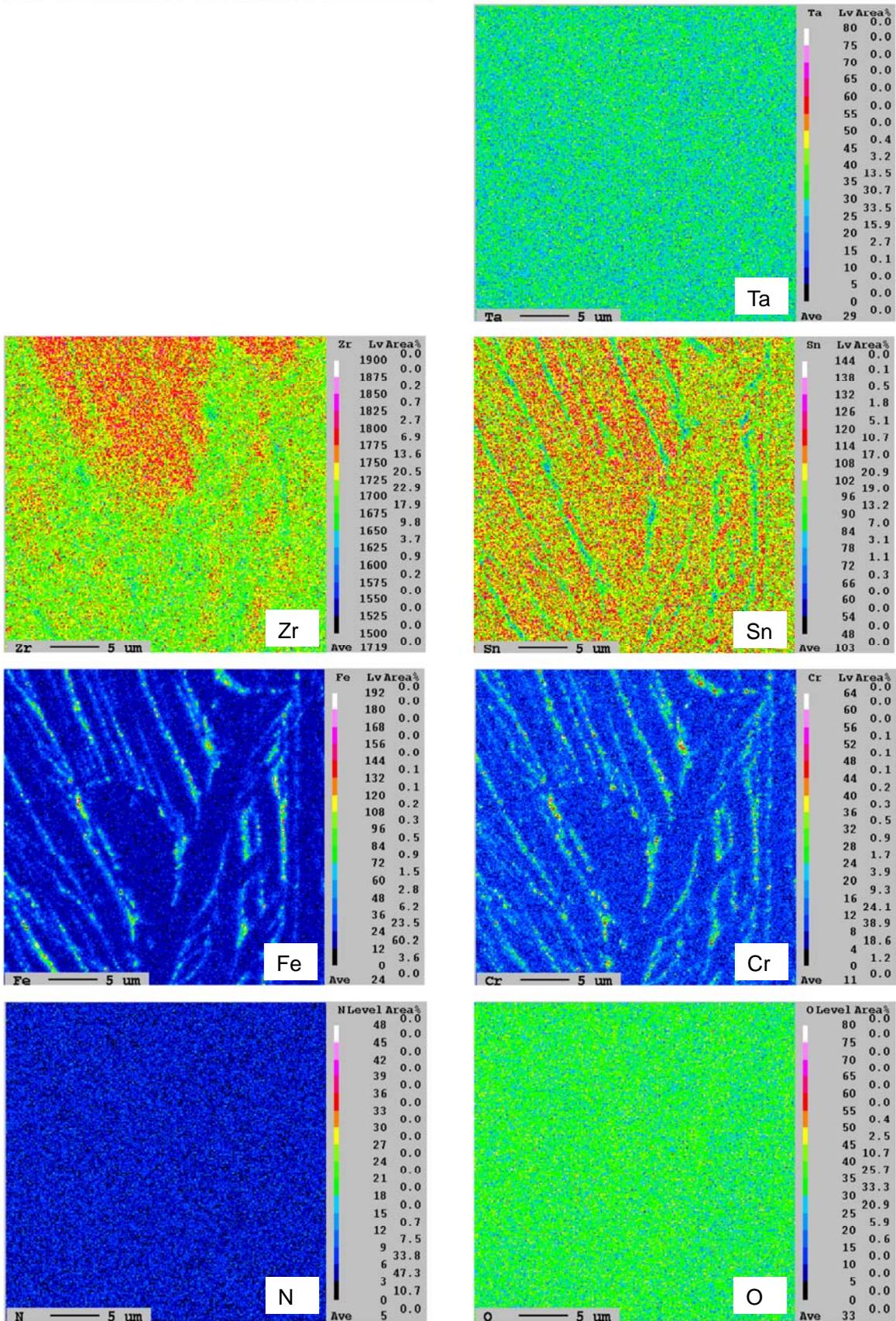
(w t %)

溶接条件	自動 溶接 1本目	自動 溶接 5本目	手動 溶接	自動 溶接 1本目	自動 溶接 5本目	手動 溶接
ミルシート値	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
分析面	A面			B面		
①溶着部1 (クリップ端部)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
②溶着部2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
③熱影響部	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
④母材部 (溶接焼けの外側)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
分析面	C面			D面		
①溶着部1 (クリップ端部)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
②溶着部2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
③熱影響部	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
④母材部 (溶接焼けの外側)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

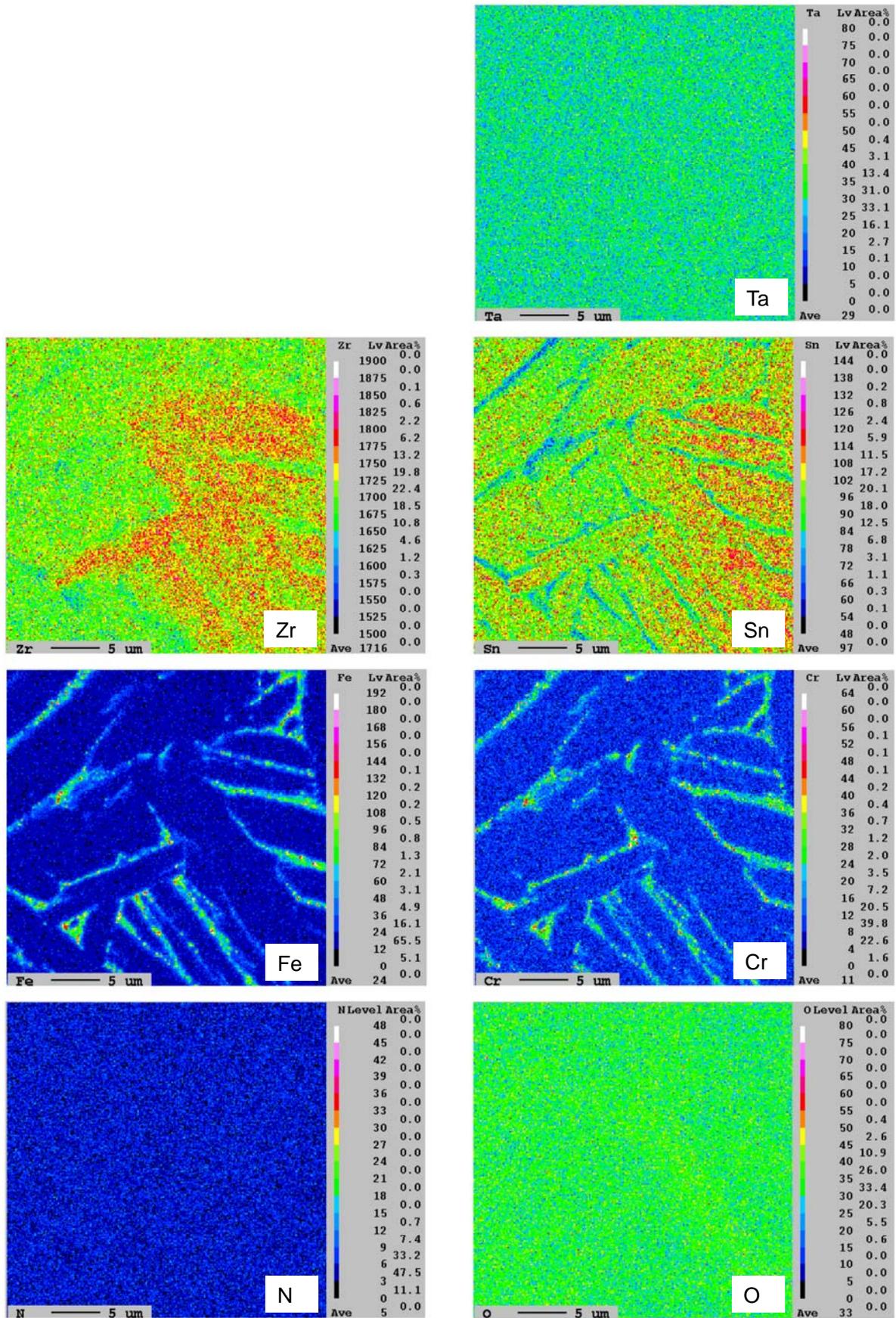
(2) EPMA分析結果



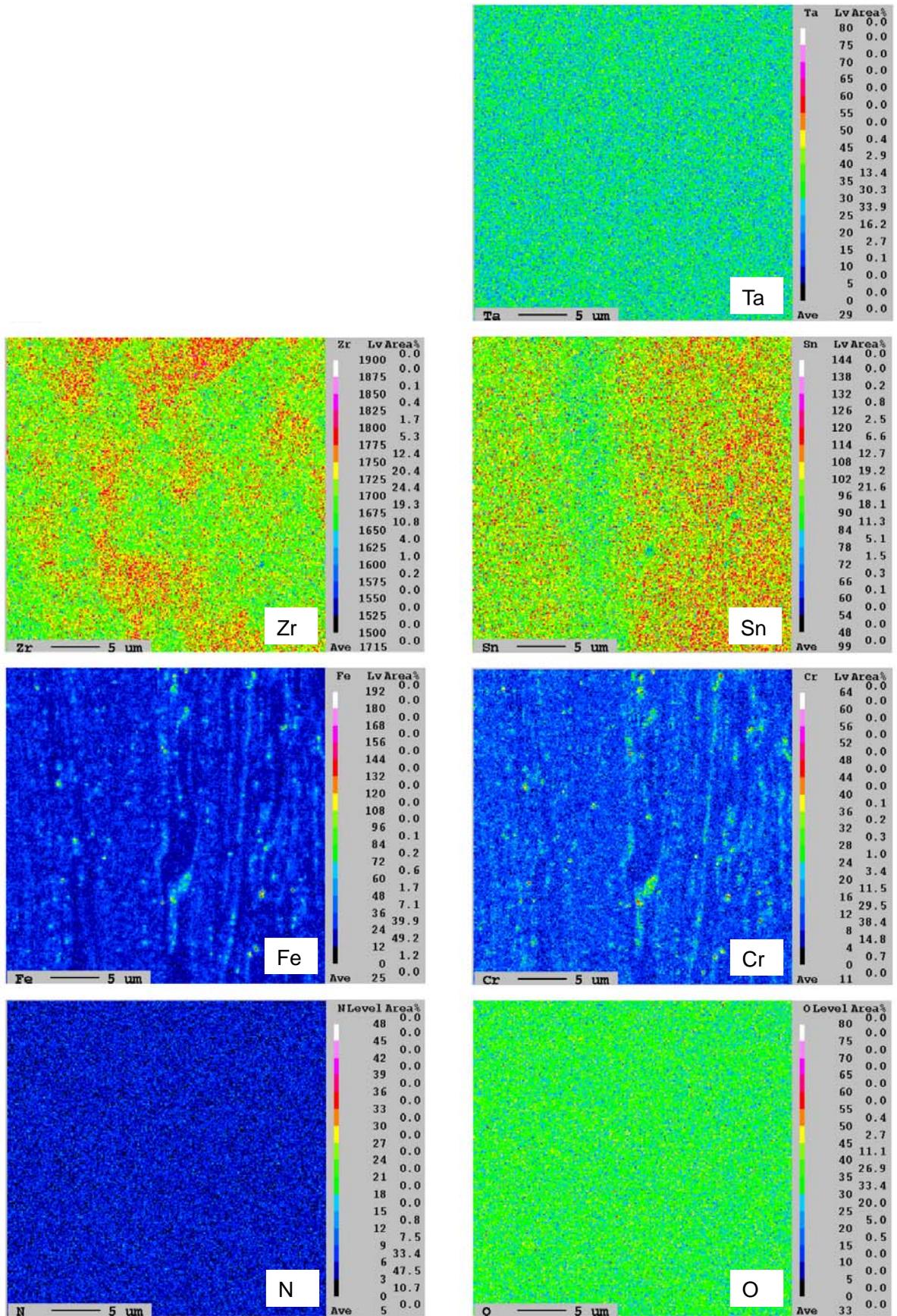
別紙5-図3-1 EPMA分析結果  
(自動溶接 C面 クリップ端部近傍 ④溶着部)



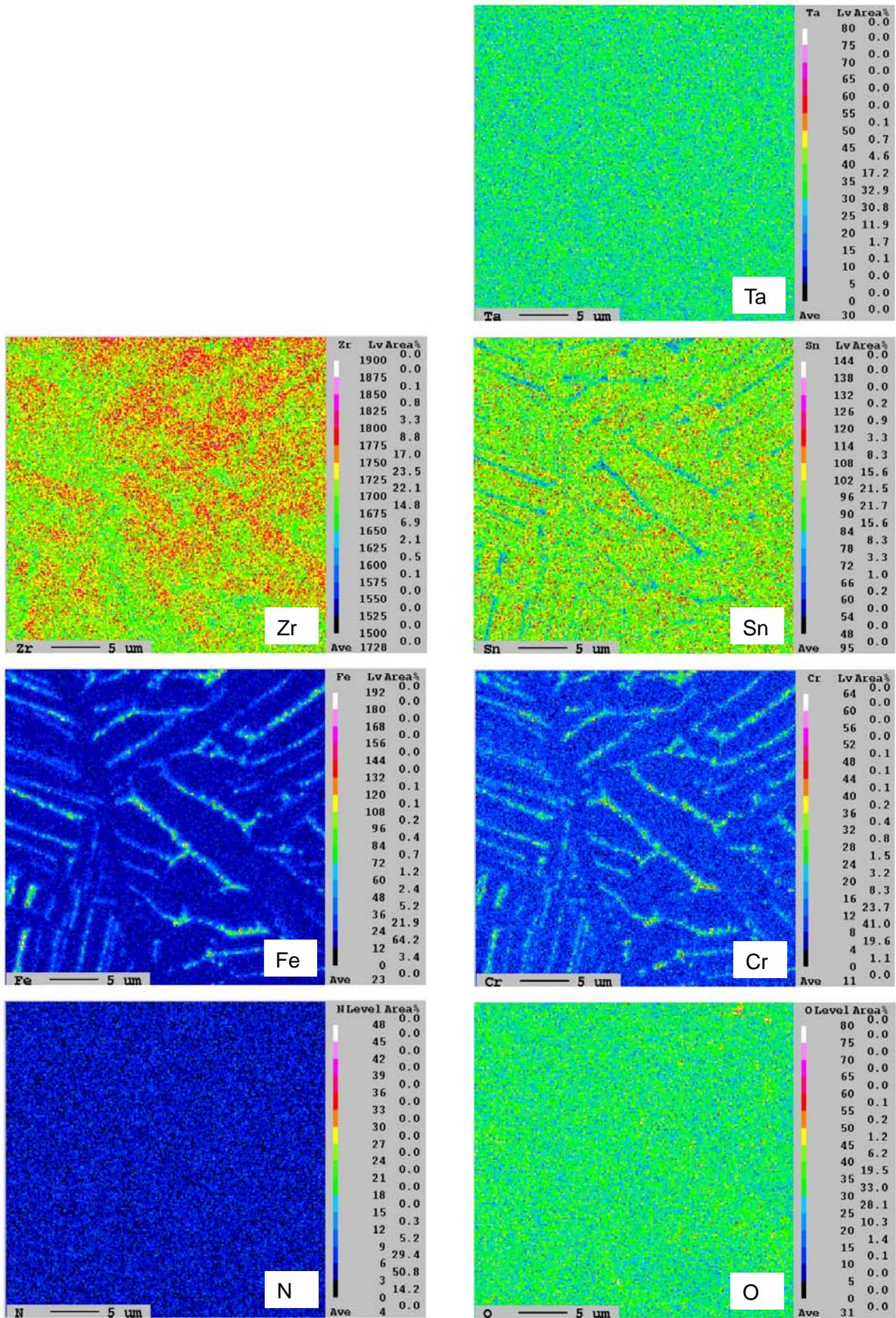
別紙5-図3-2 EPMA分析結果  
 (自動溶接 C面 クリップ端部近傍 ⑤熱影響部 (溶着部側))



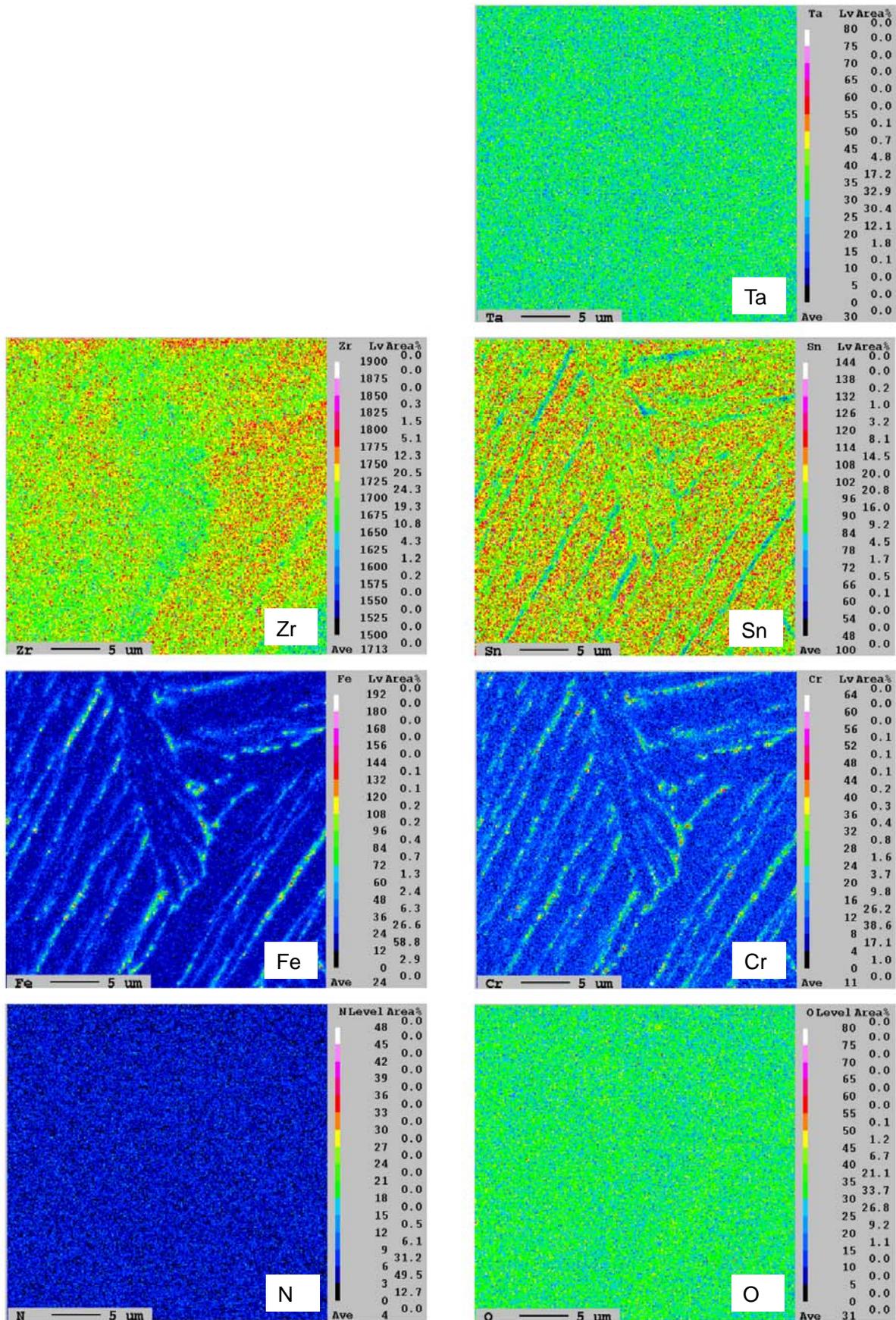
別紙5-図3-3 EPMA分析結果  
 (自動溶接 C面 クリップ端部近傍 ⑥熱影響部 (母材部側))



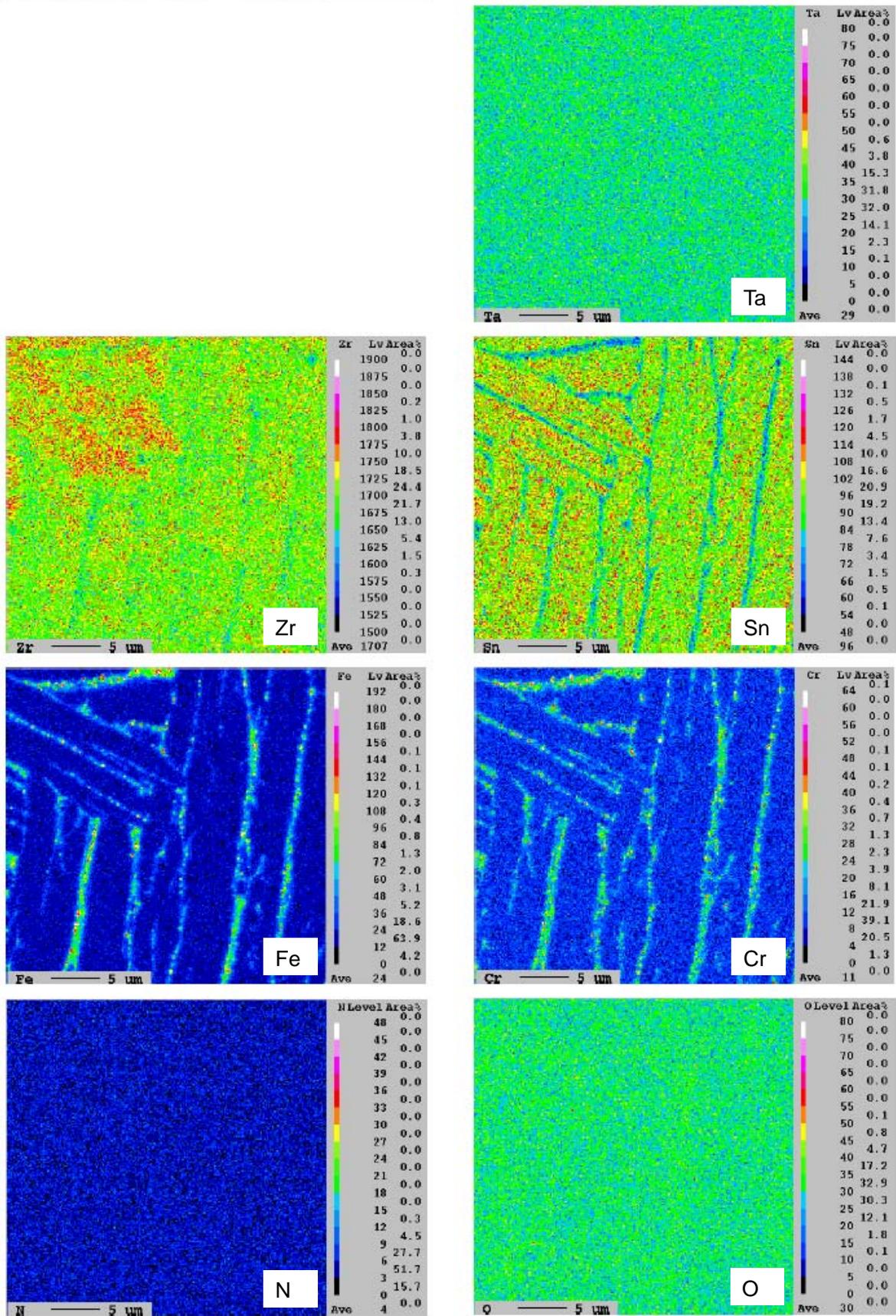
別紙5-図3-4 EPMA分析結果  
 (自動溶接 C面 クリップ端部近傍 ⑦母材部 (本体側))



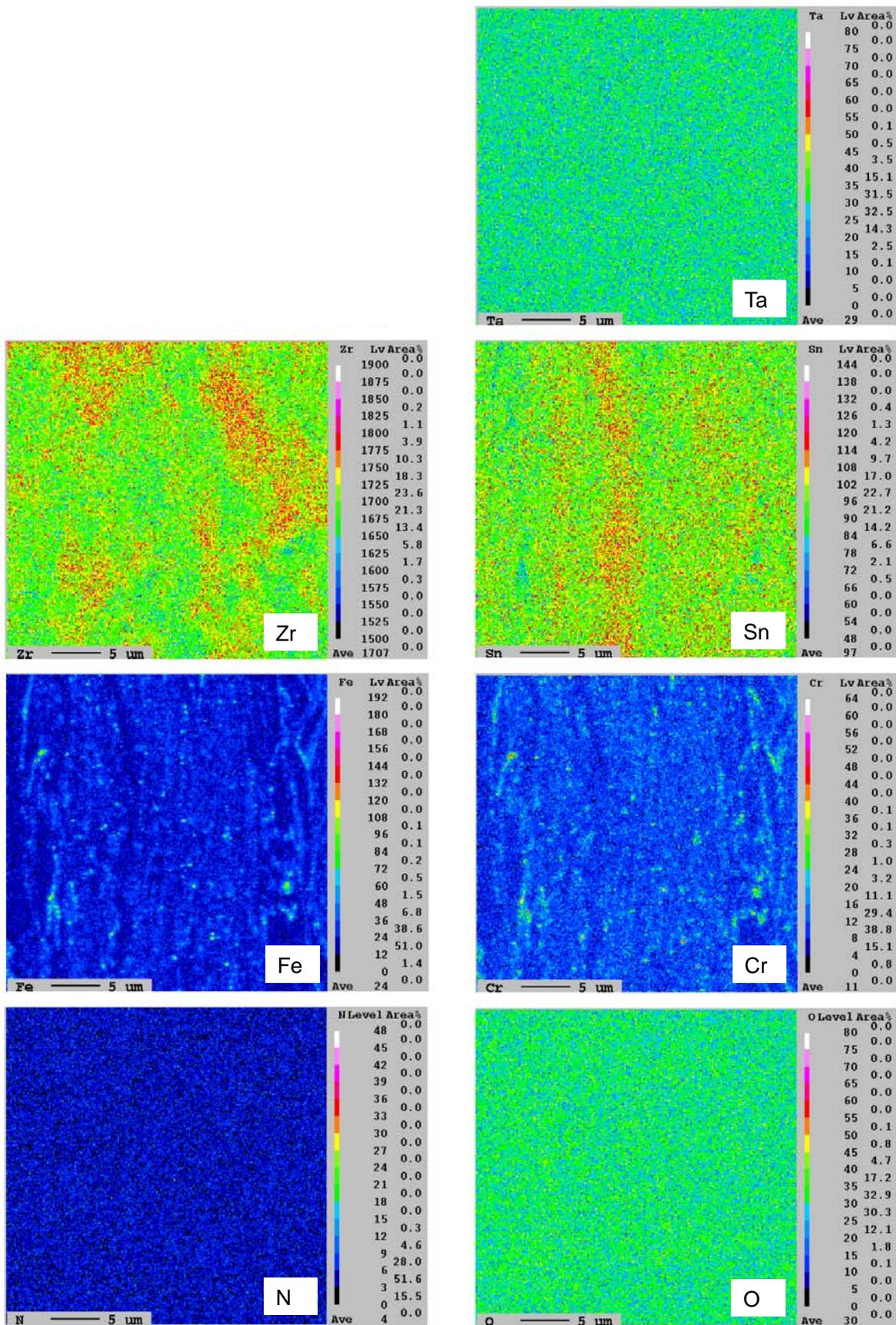
別紙5-図3-5 EPMA分析結果  
 (自動溶接 D面 クリップ端部近傍 ④溶着部)



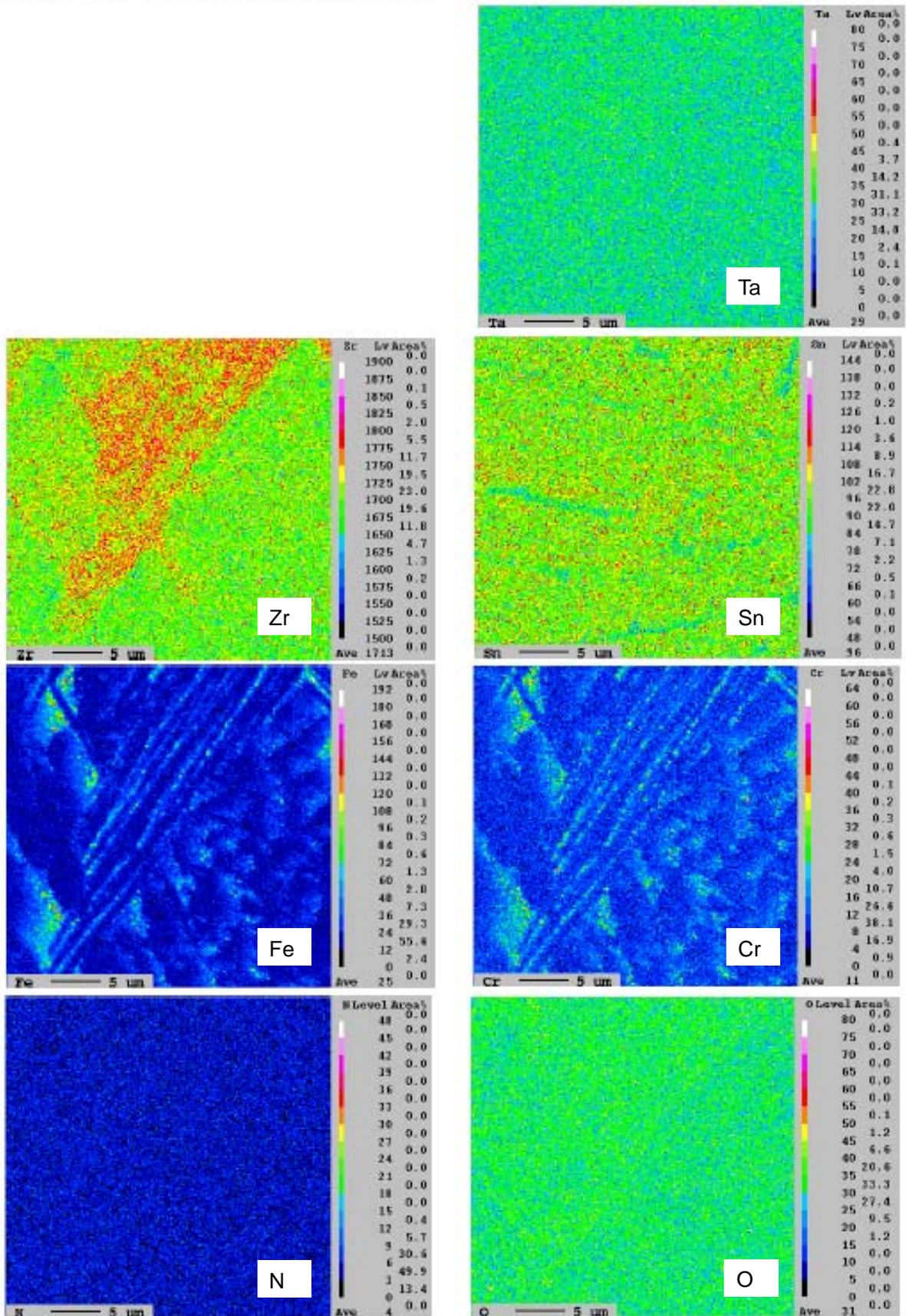
別紙5-図3-6 EPMA分析結果  
 (自動溶接 D面 クリップ端部近傍 ⑤熱影響部 (溶着部側))



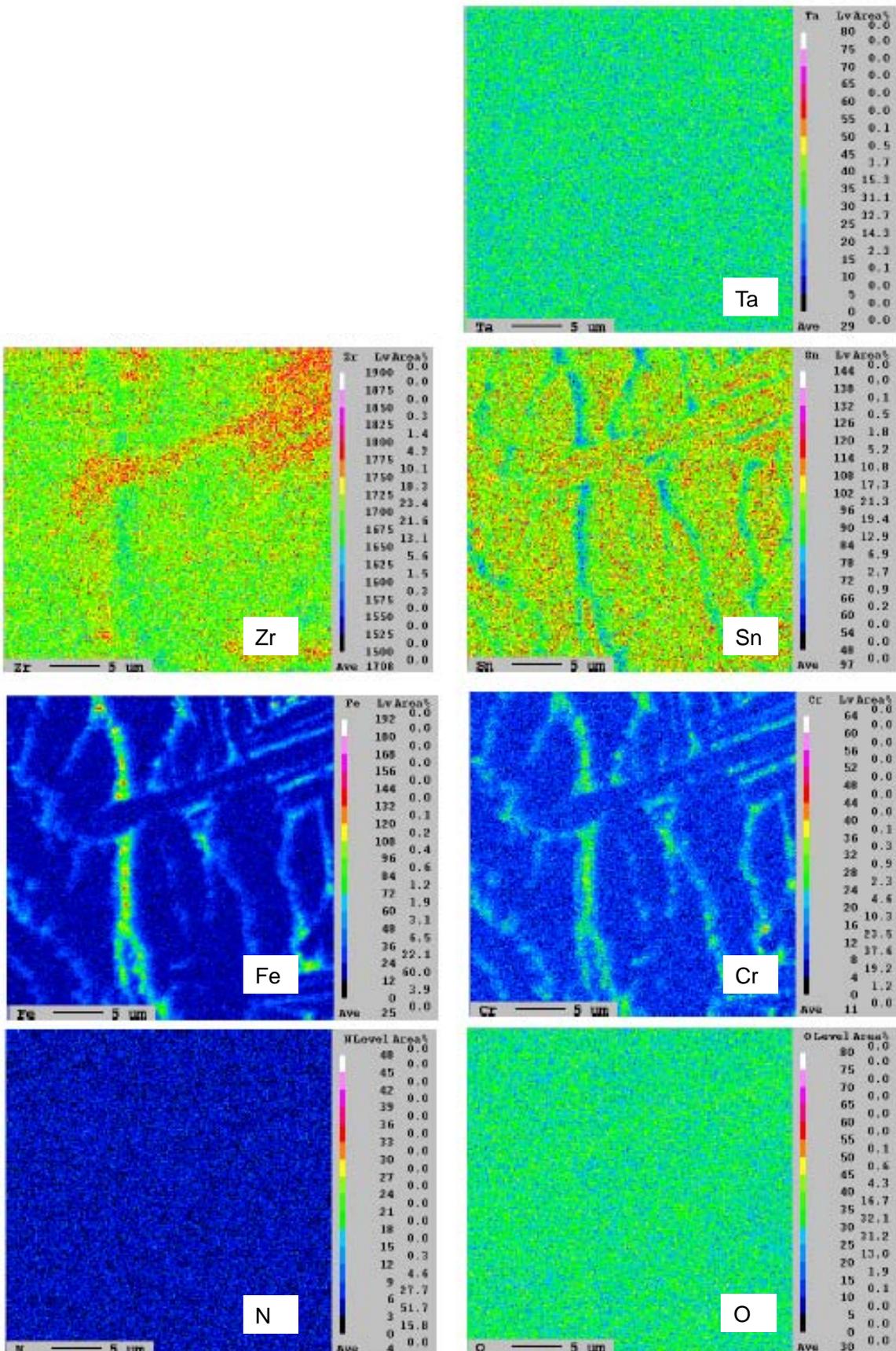
別紙5-図3-7 EPMA分析結果  
 (自動溶接 D面 クリップ端部近傍 ⑥熱影響部 (母材部側))



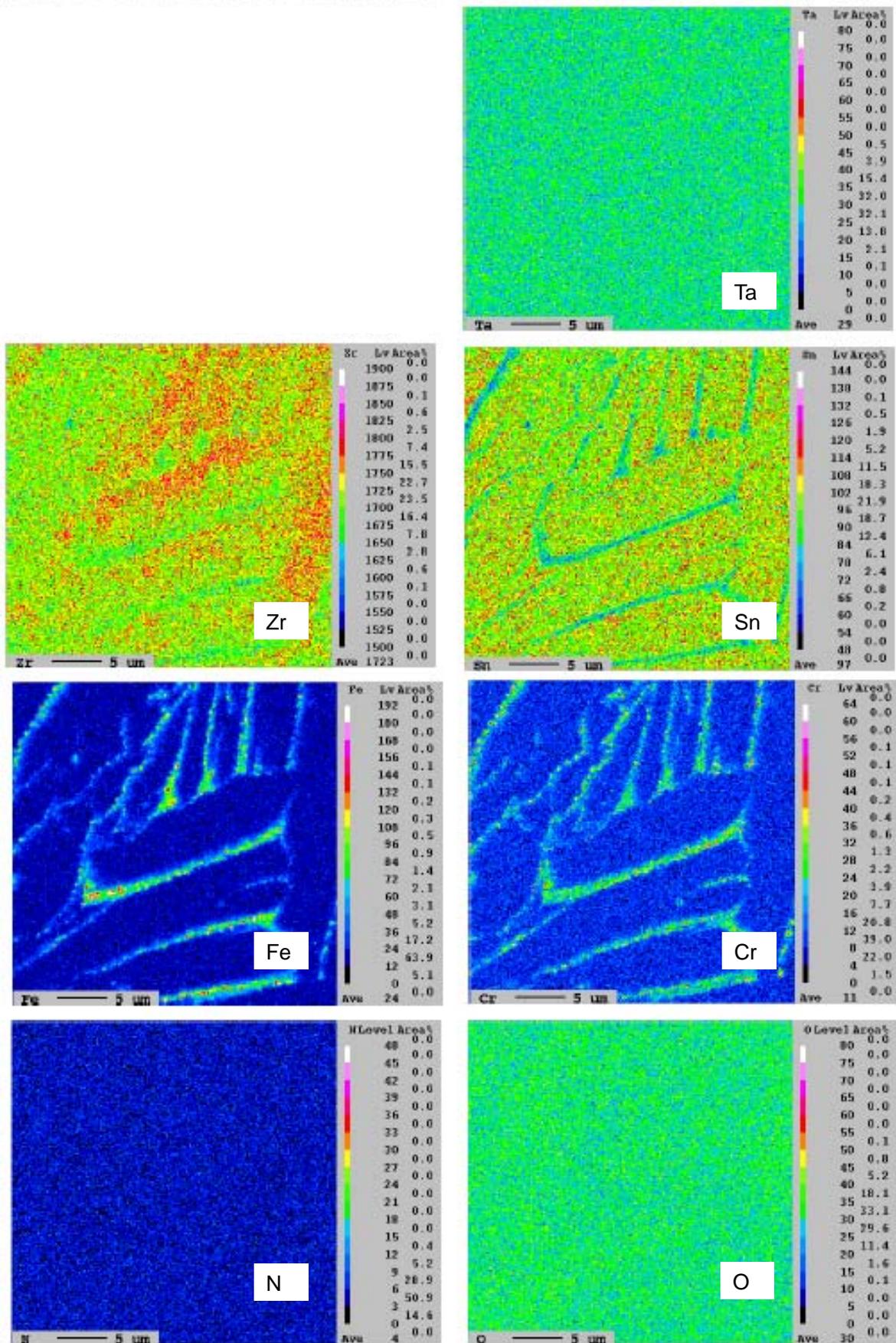
別紙5-図3-8 EPMA分析結果  
 (自動溶接 D面 クリップ端部近傍 ⑦母材部 (本体側))



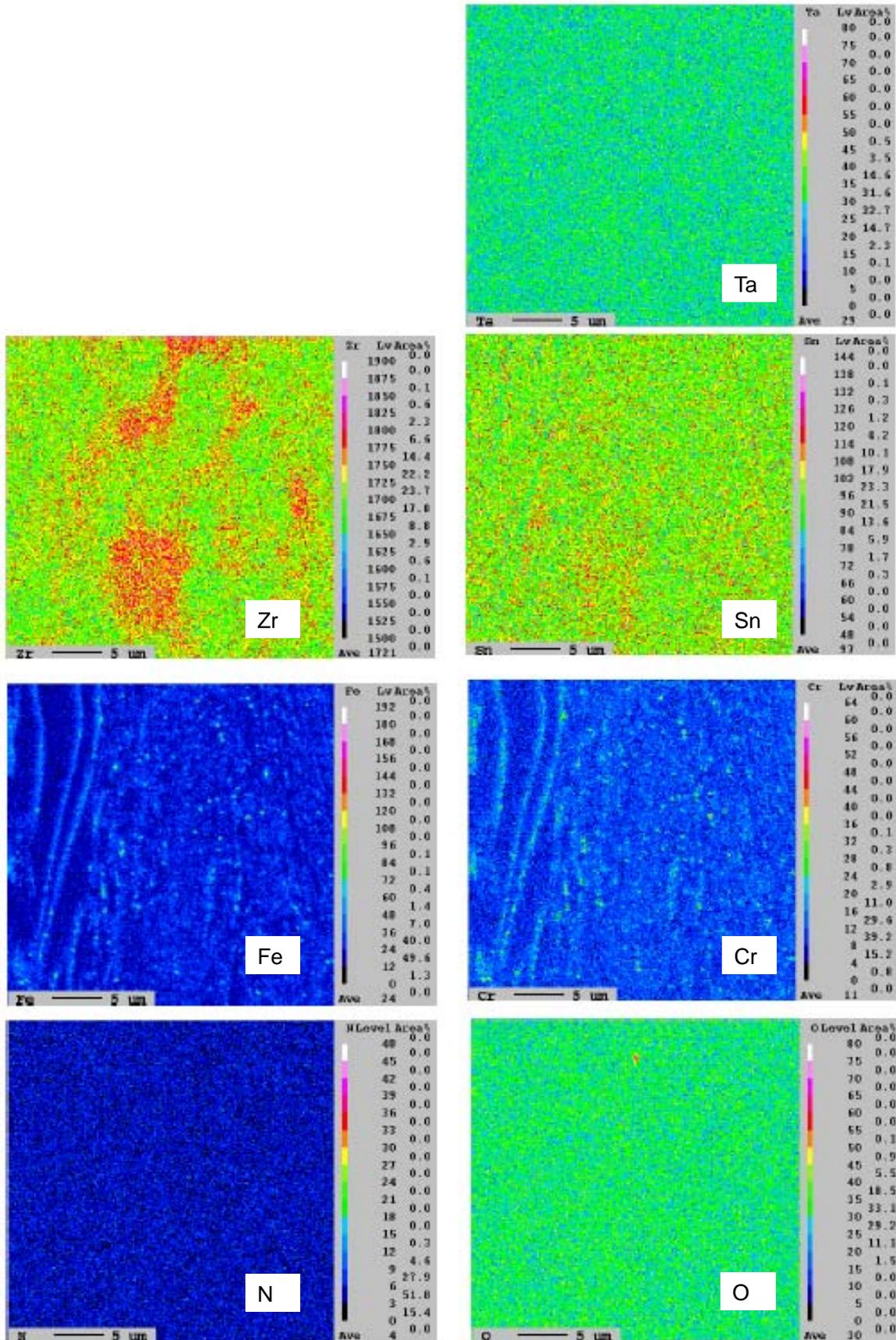
別紙5-図3-9 EPMA分析結果  
 (手動溶接 C面 クリップ端部近傍 ④溶着部)



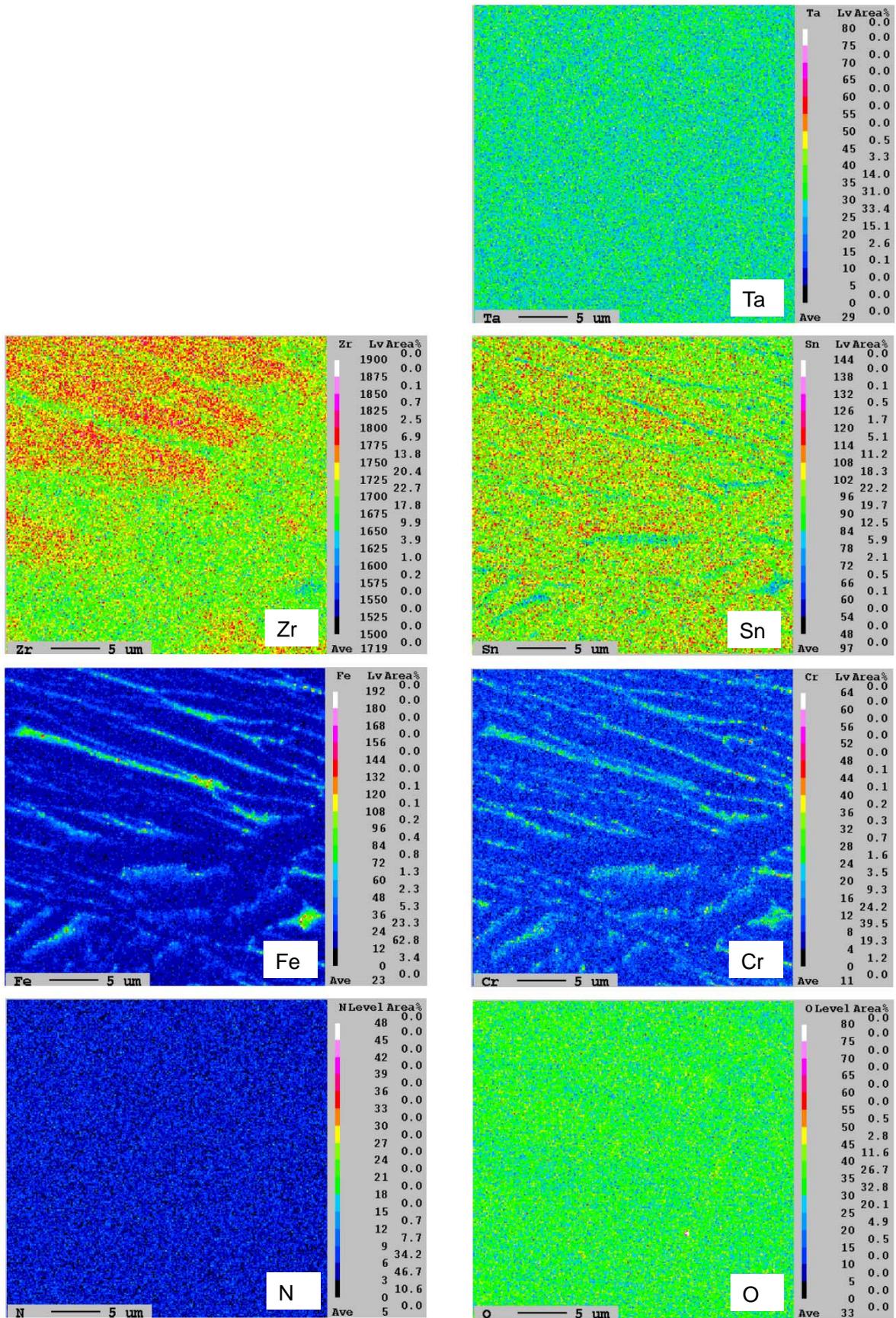
別紙5-図3-10 EPMA分析結果  
 (手動溶接 C面 クリップ端部近傍 ⑤熱影響部 (溶着部側))



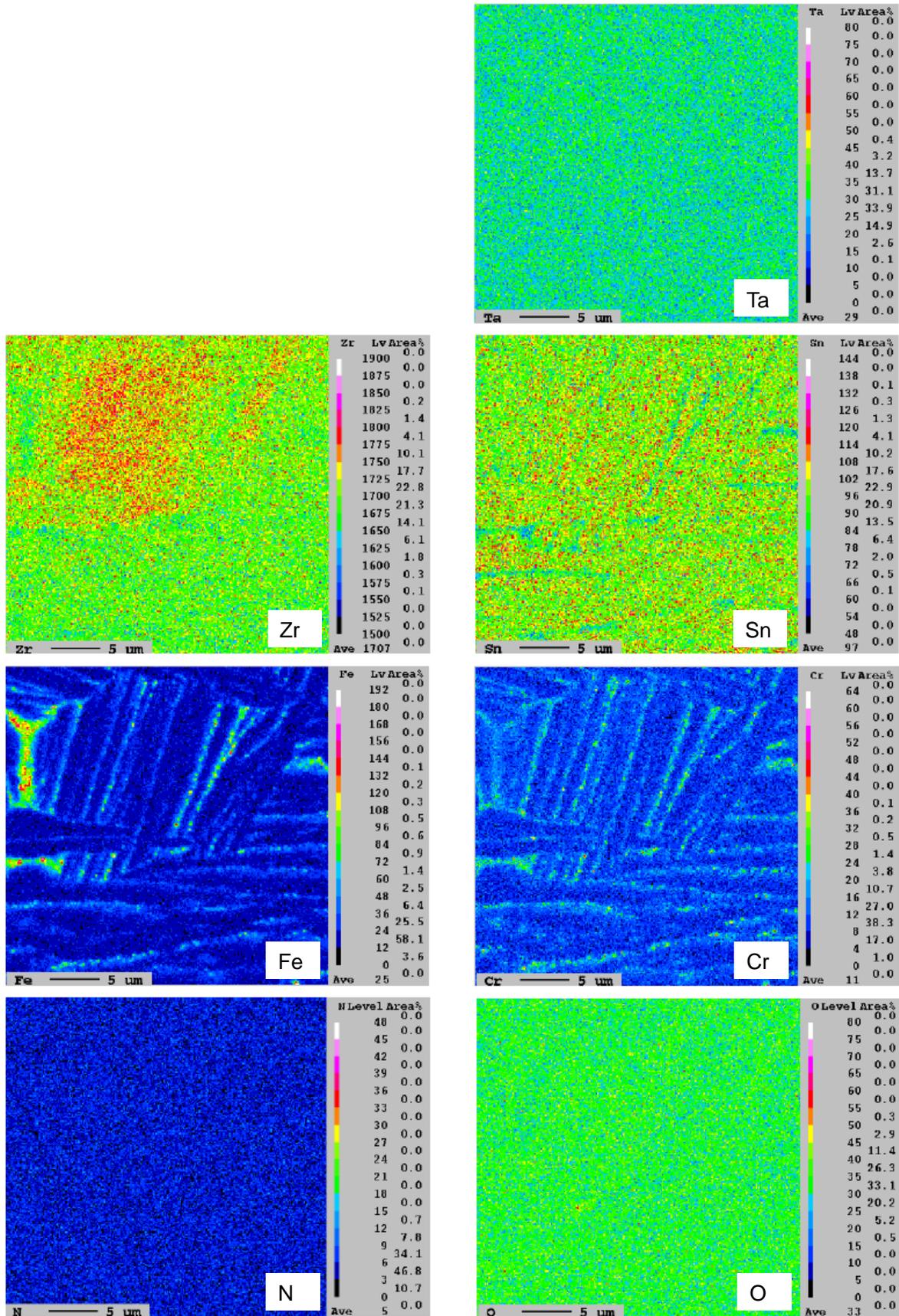
別紙5-図3-11 EPMA分析結果  
 (手動溶接 C面 クリップ端部近傍 ⑥熱影響部 (母材部側))



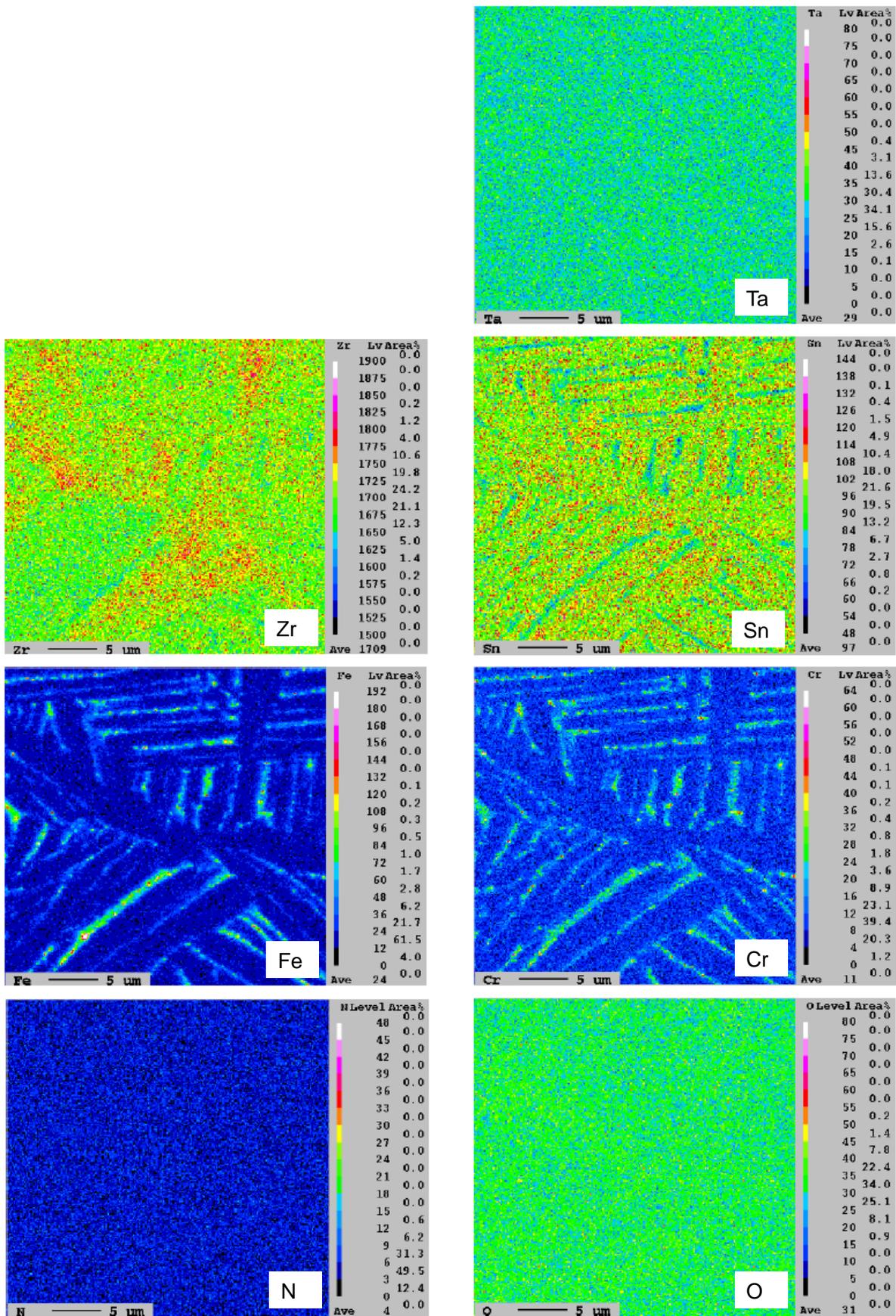
別紙5-図3-12 EPMA分析結果  
 (手動溶接 C面 クリップ端部近傍 ⑦母材部 (本体側))



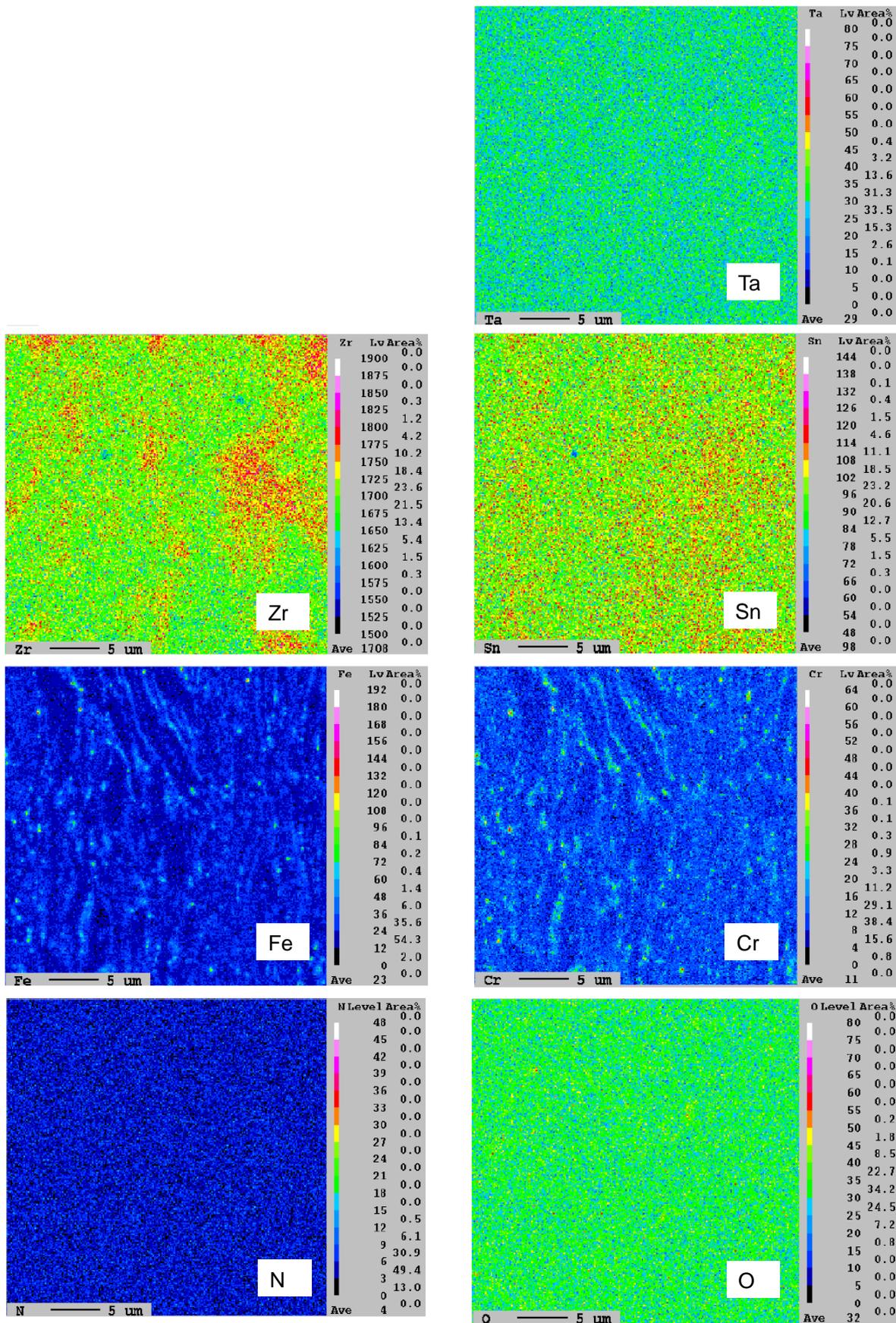
別紙5-図3-13 EPMA分析結果  
 (手動溶接 D面 クリップ端部近傍 ④溶着部)



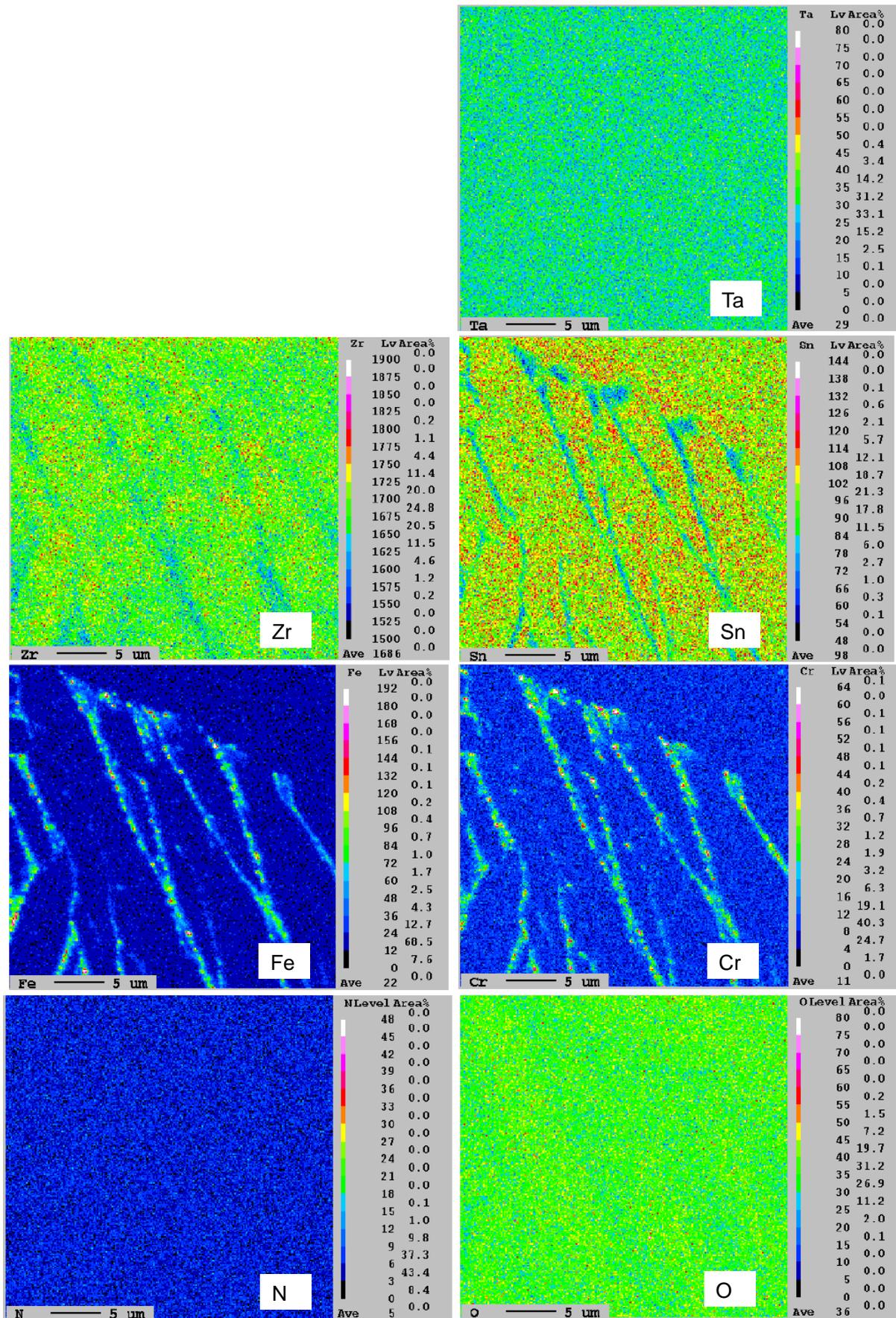
別紙5-図3-14 EPMA分析結果  
 (手動溶接 D面 クリップ端部近傍 ⑤熱影響部 (溶着部側))



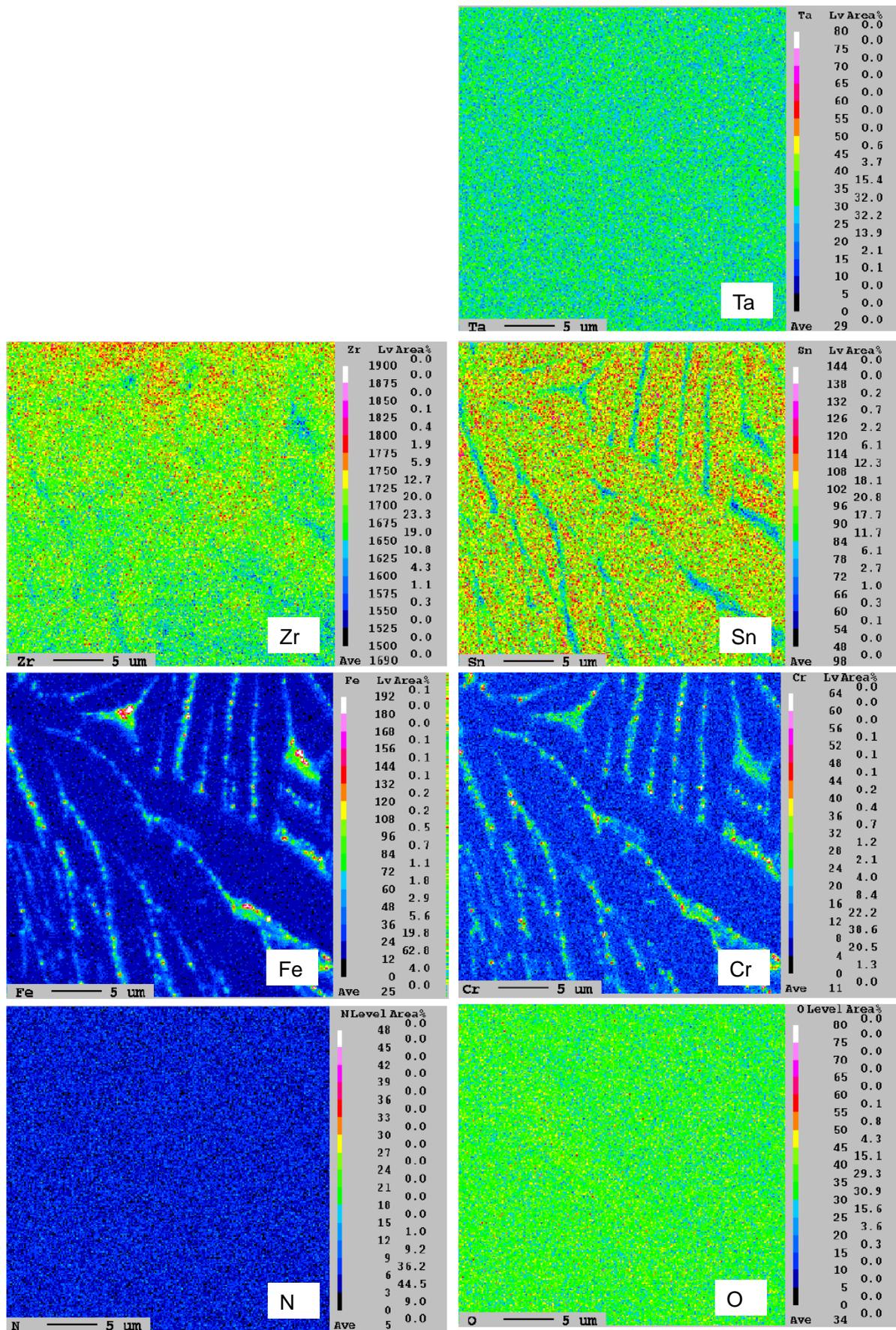
別紙5-図3-15 EPMA分析結果  
 (手動溶接 D面 クリップ端部近傍 ⑥熱影響部 (母材部側))



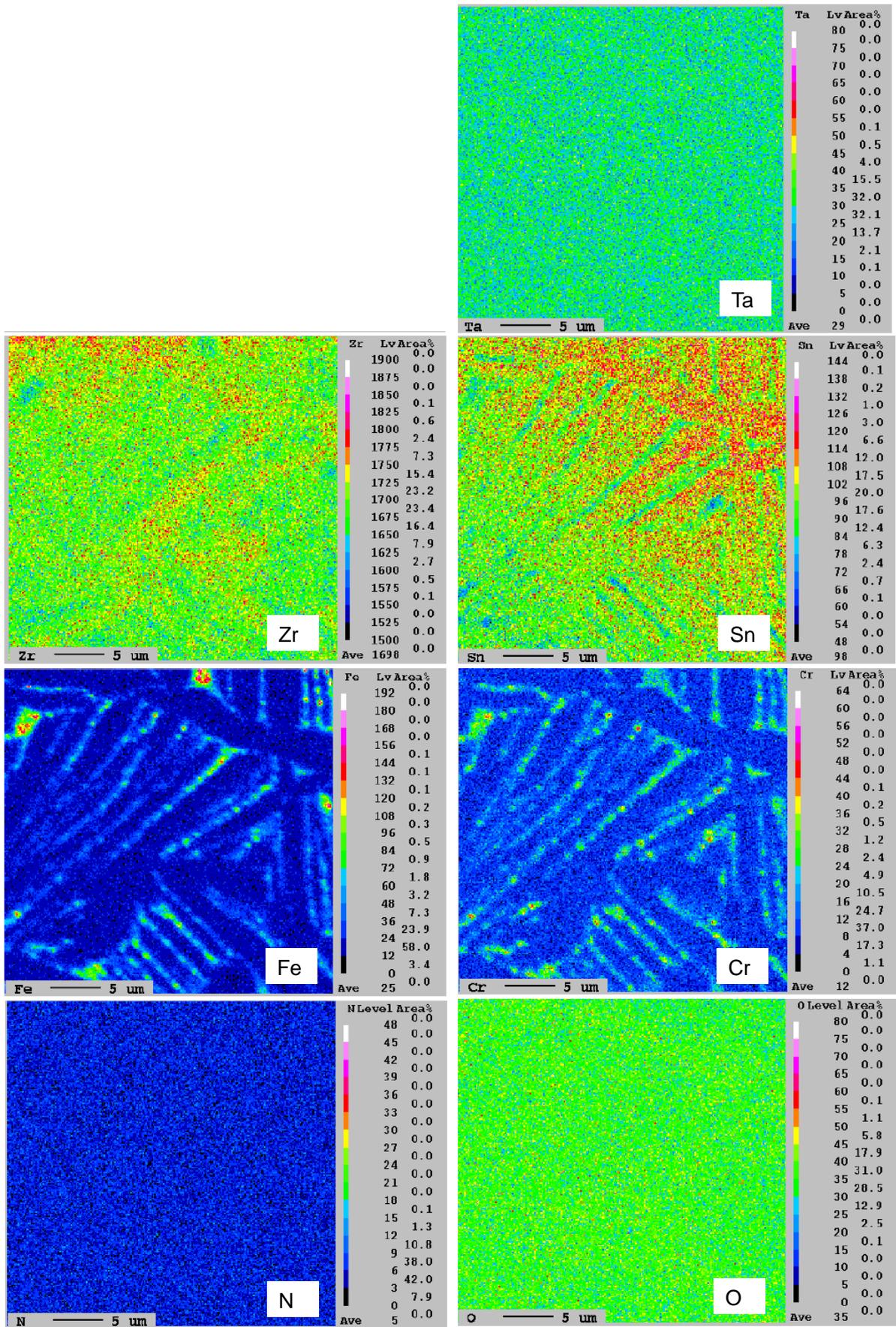
別紙5-図3-16 EPMA分析結果  
 (手動溶接 D面 クリップ端部近傍 ⑦母材部 (本体側))



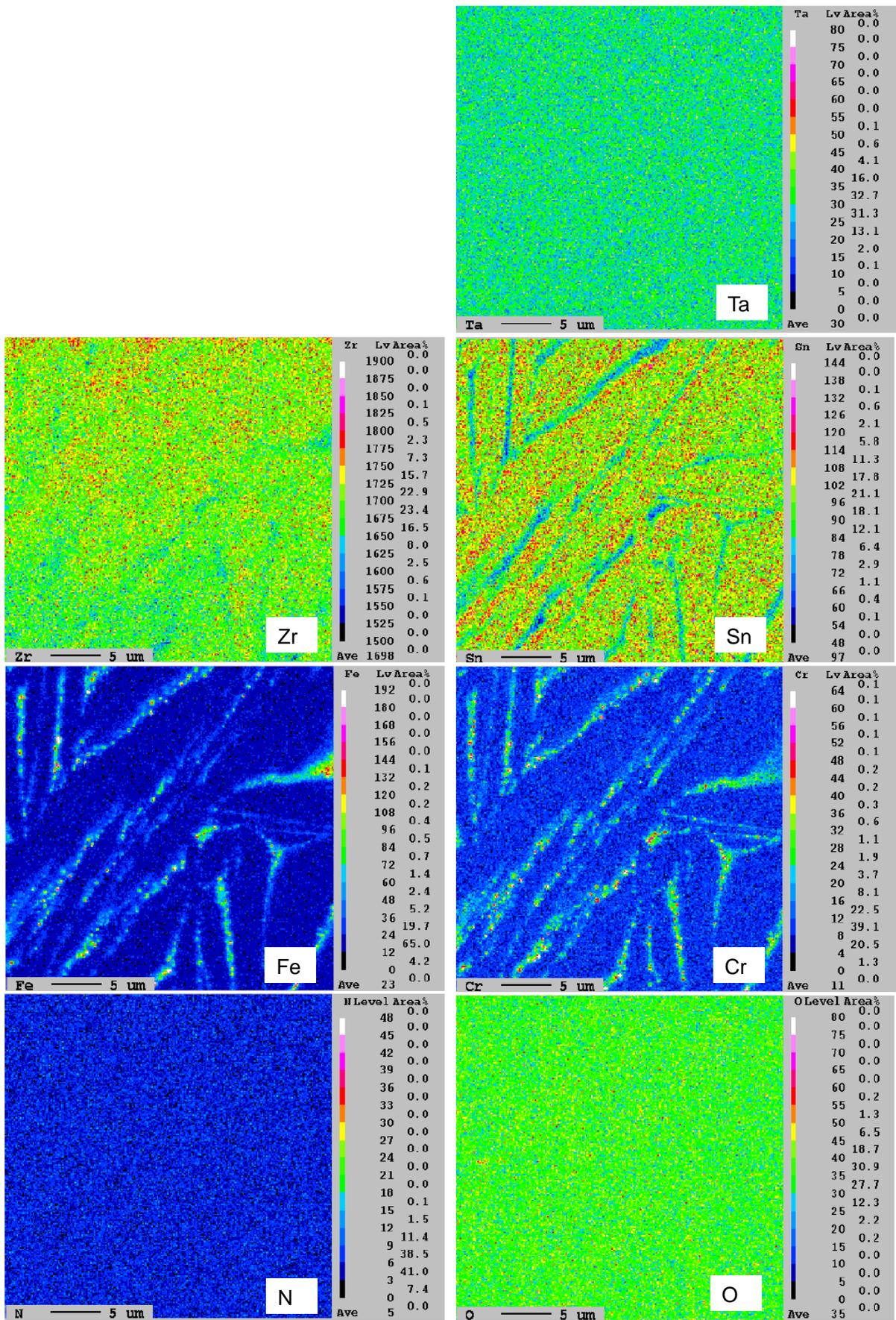
別紙5-図4-1 EPMA分析結果  
 (周溶接部 ②薄板側熱影響部 (母材部側))



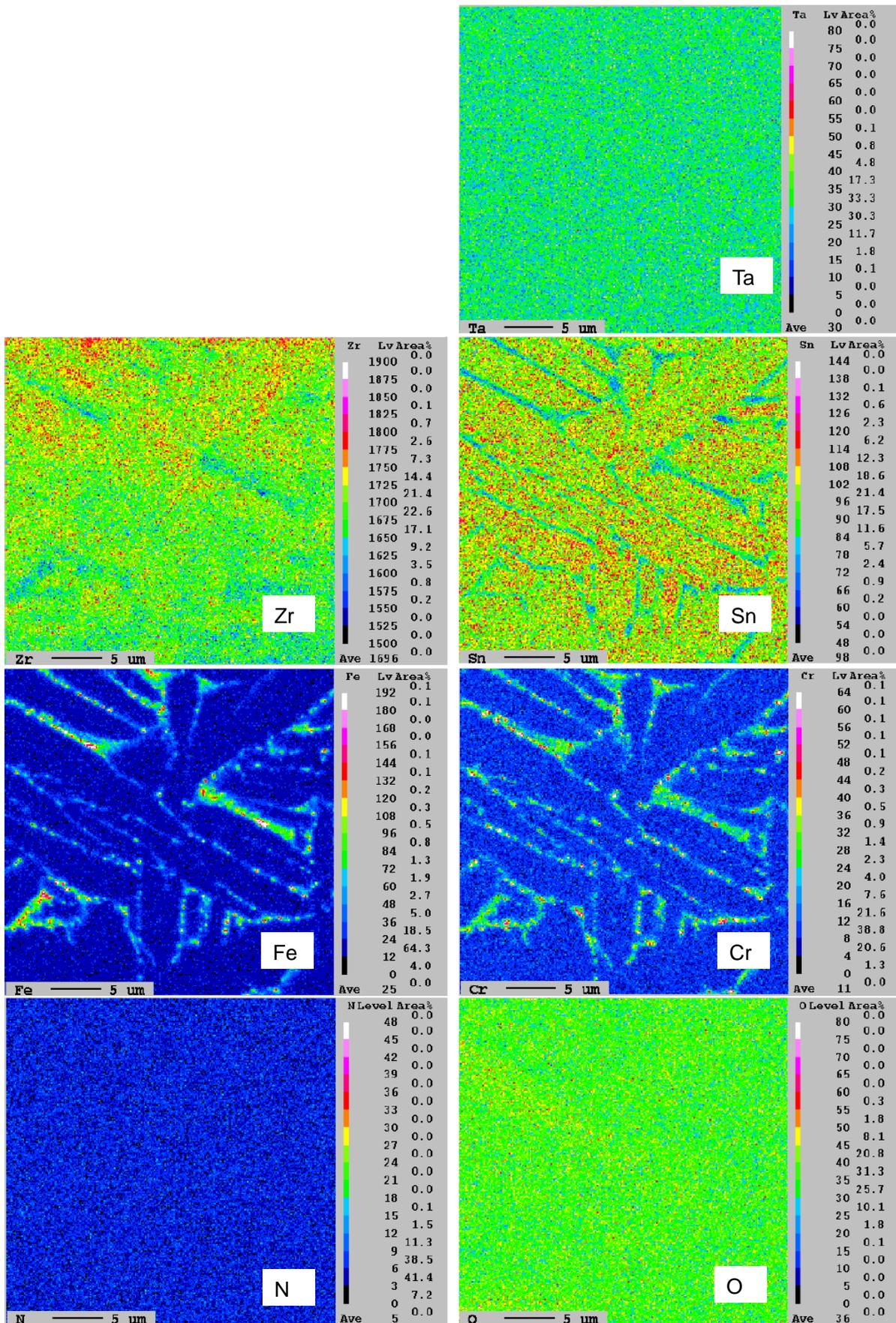
別紙5-図4-2 EPMA分析結果  
 (周溶接部 ③薄板側熱影響部 (溶着部側))



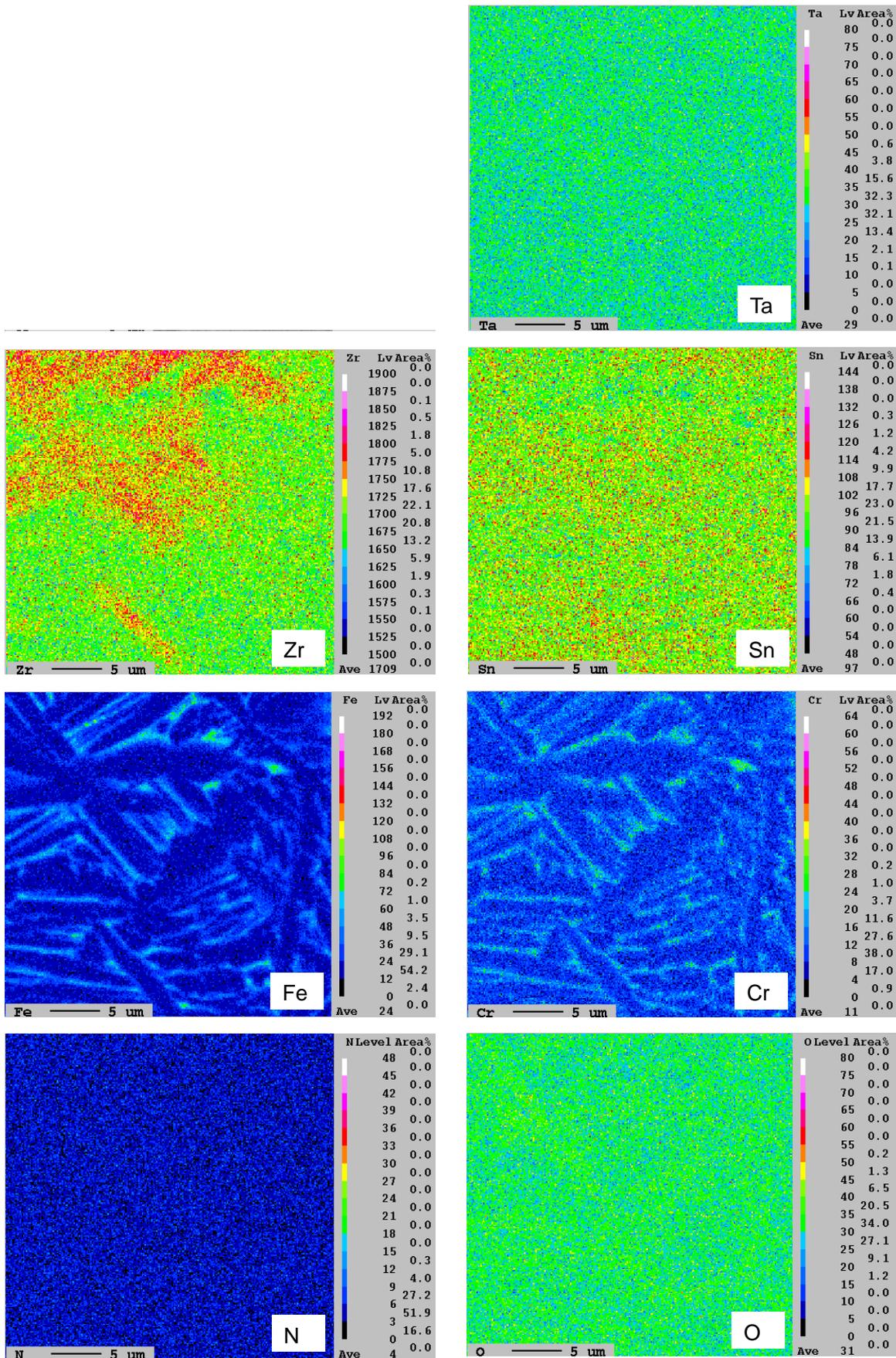
別紙5-図4-3 EPMA分析結果  
(周溶接部 ④溶着部)



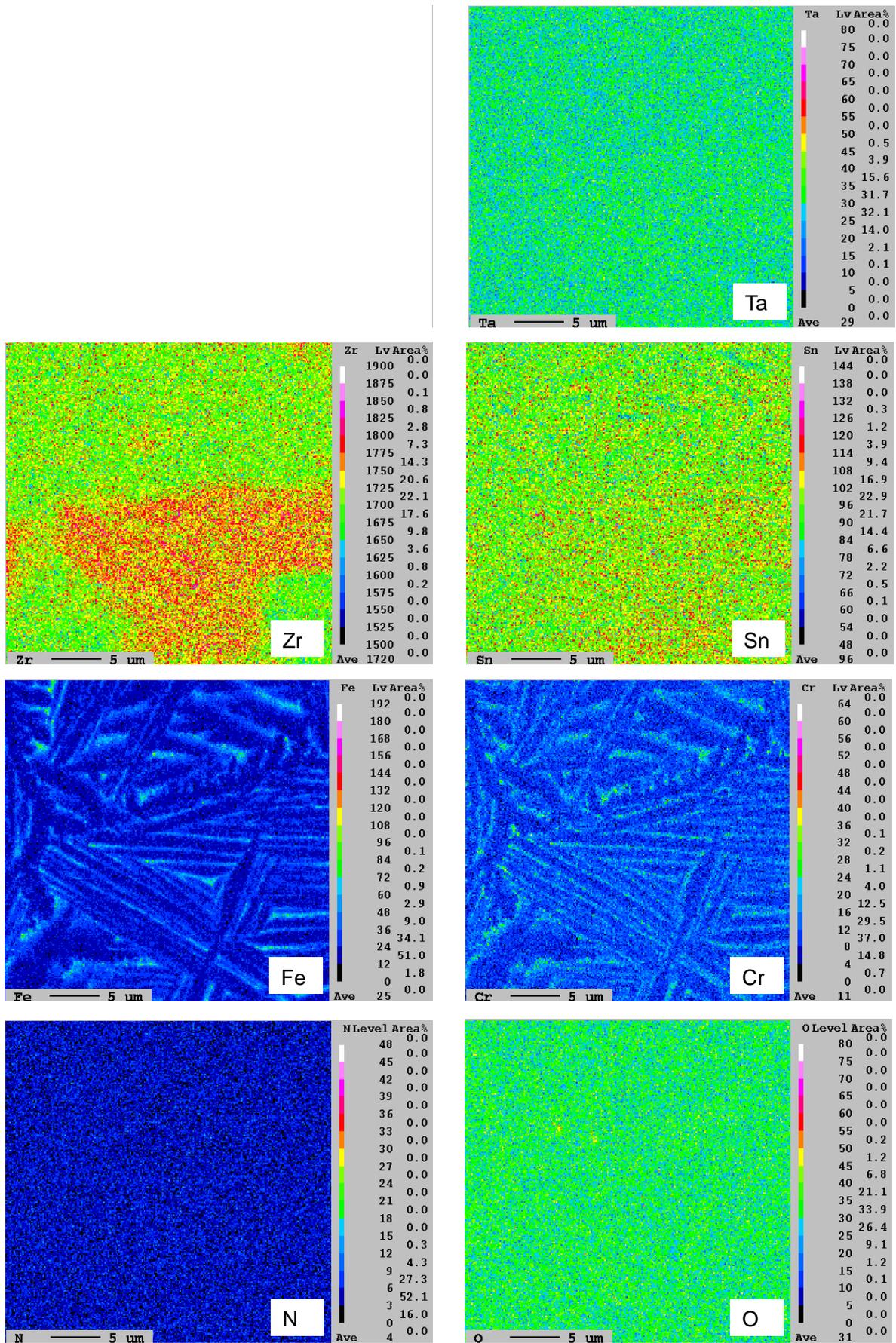
別紙5-図4-4 EPMA分析結果  
 (周溶接部 ⑤厚板側熱影響部 (溶着部側))



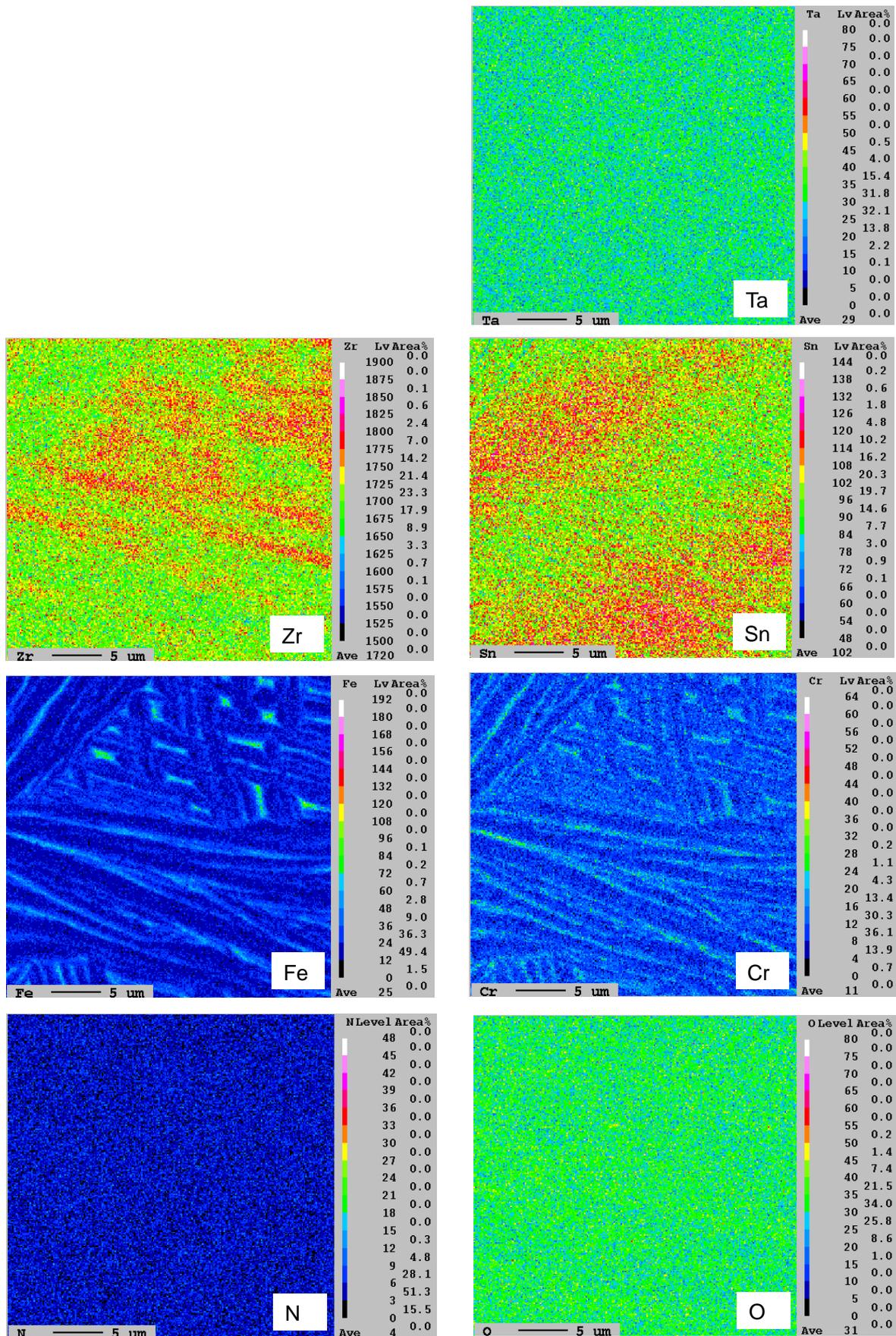
別紙5-図4-5 EPMA分析結果  
(周溶接部 ⑥厚板側熱影響部 (母材部側))



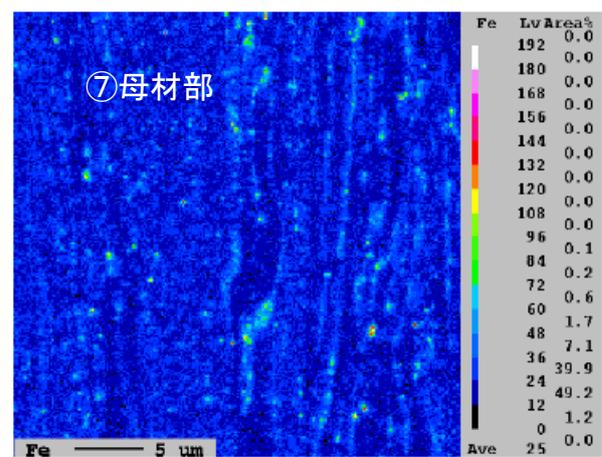
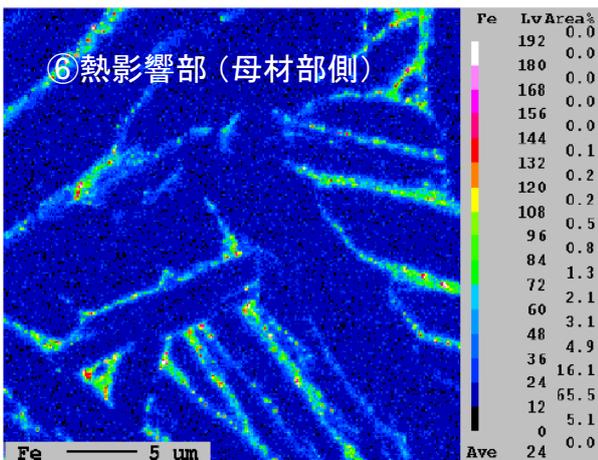
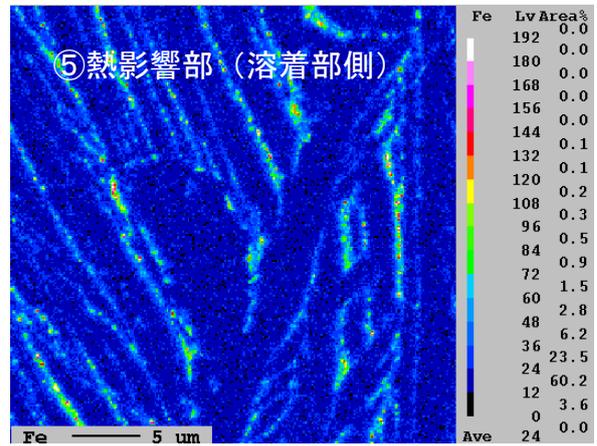
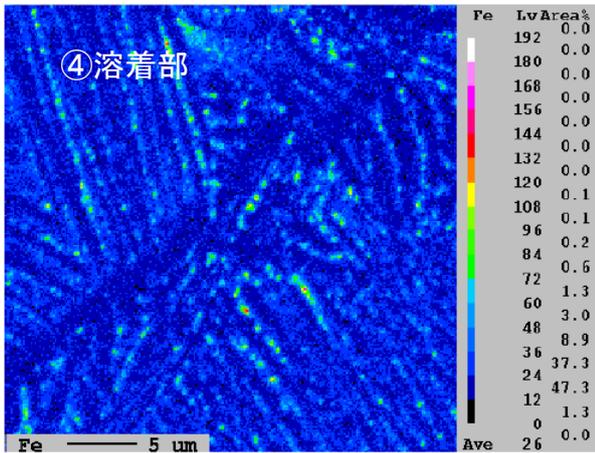
別紙5-図4-6 EPMA分析結果  
 (長手溶接部 ②熱影響部 (母材部側))



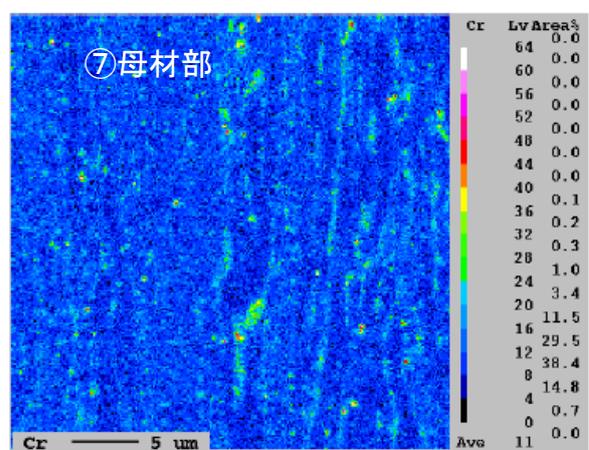
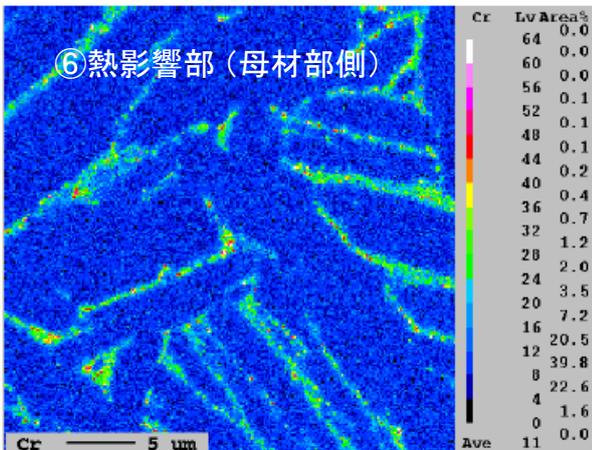
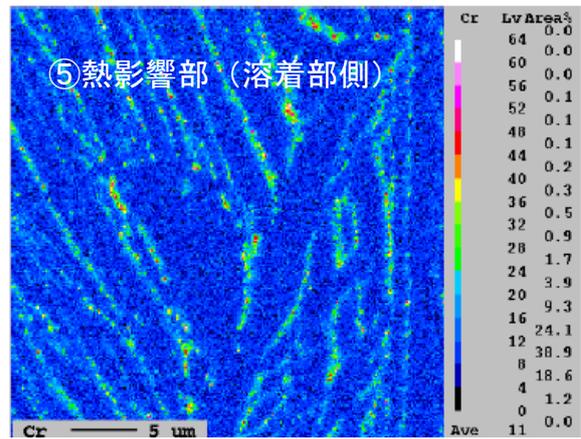
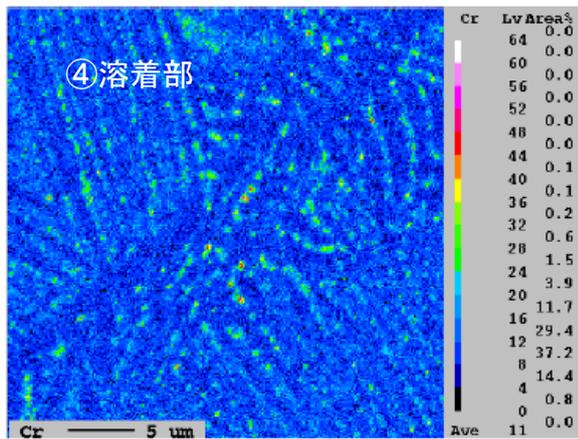
別紙5-図4-7 EPMA分析結果  
 (長手溶接部 ③熱影響部 (溶着部側))



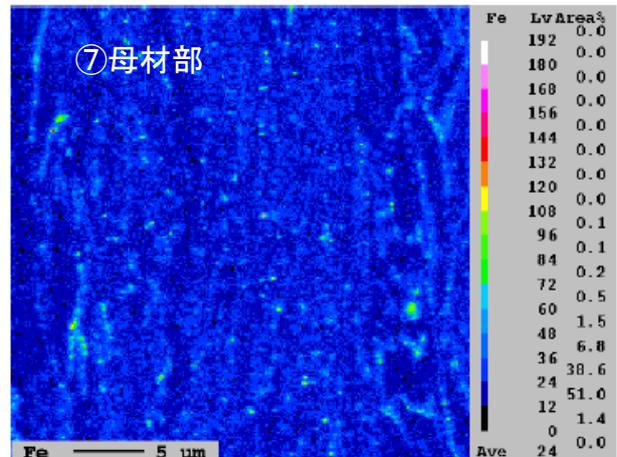
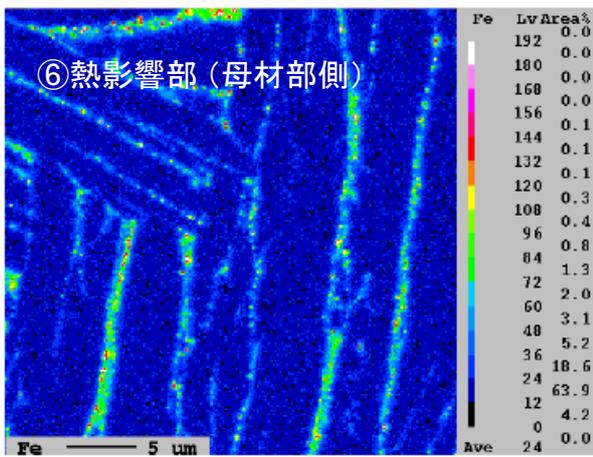
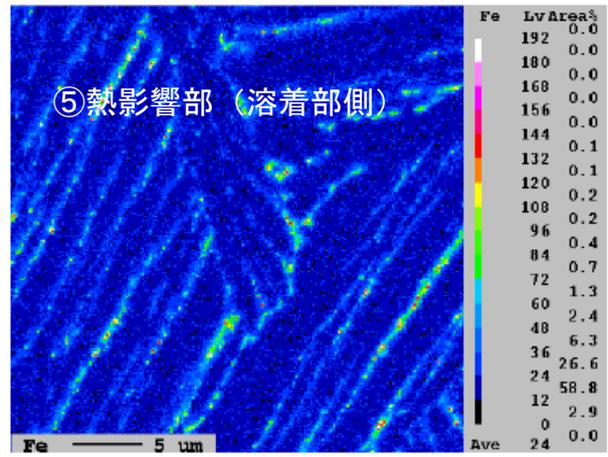
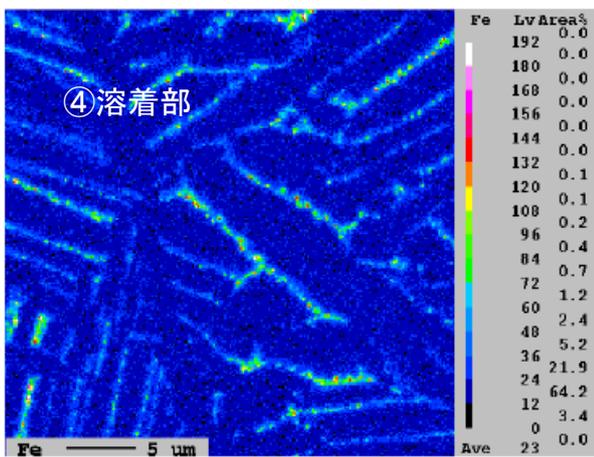
別紙5-図4-8 EPMA分析結果  
(長手溶接部 ④溶着部)



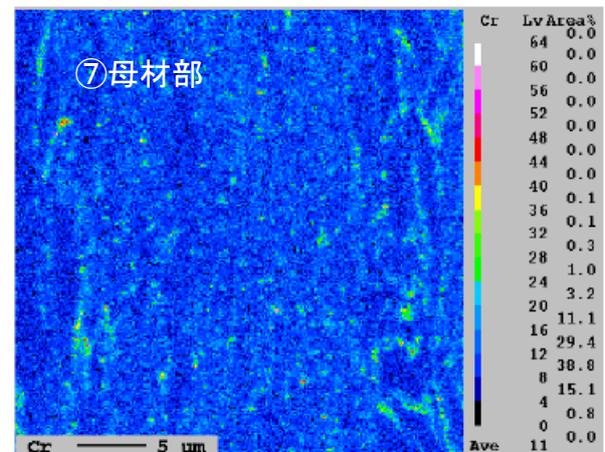
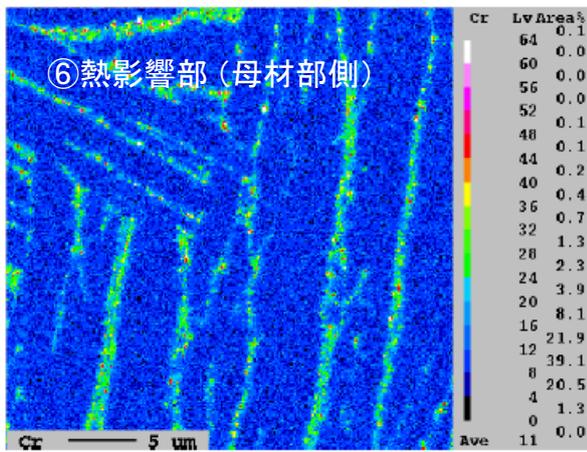
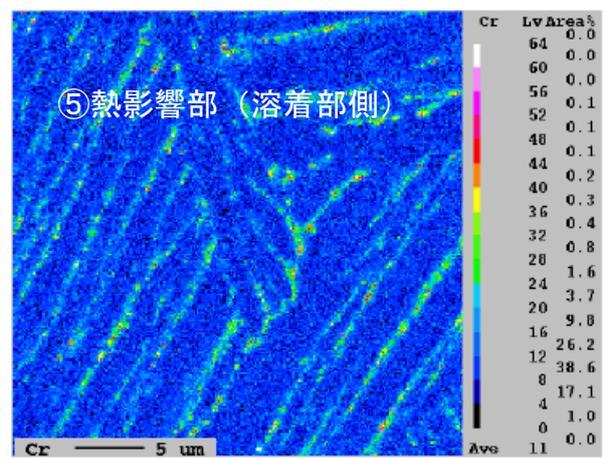
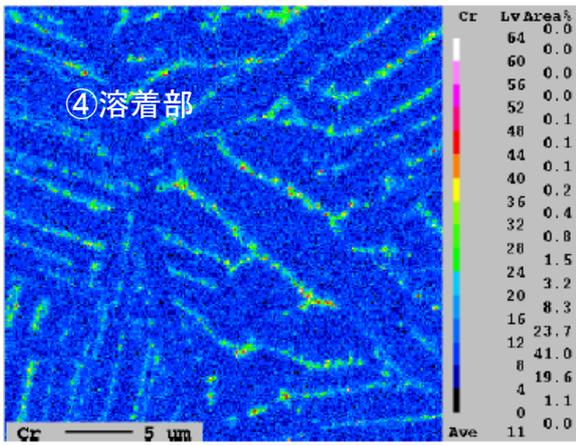
別紙5-図5-1 各測定点におけるFeのEPMA分析結果  
(自動溶接 C面 クリップ端部近傍)



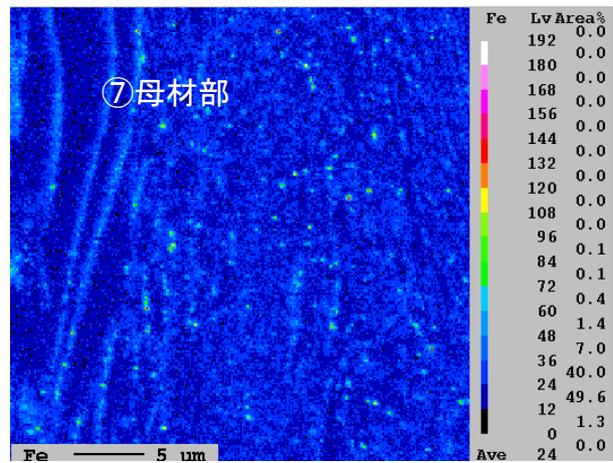
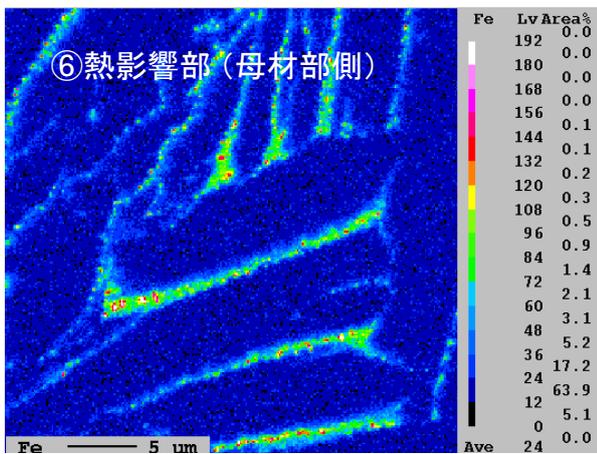
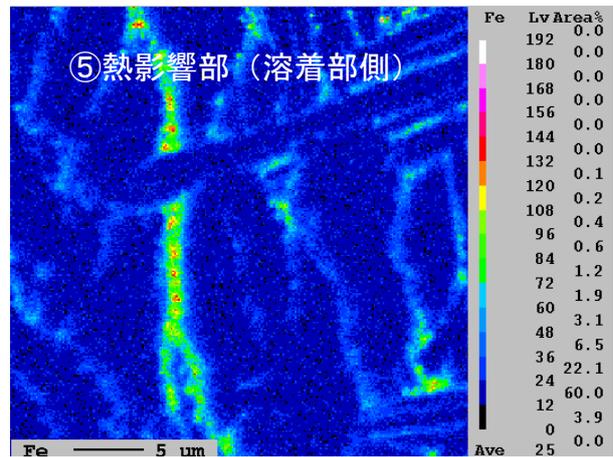
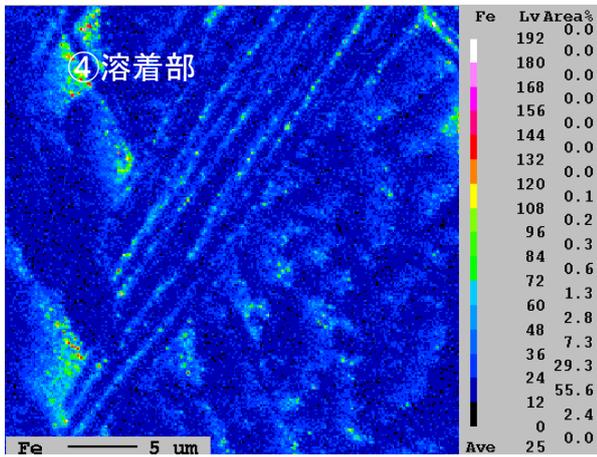
別紙5-図5-2 各測定点におけるCrのEPMA分析結果  
(自動溶接 C面 クリップ端部近傍)



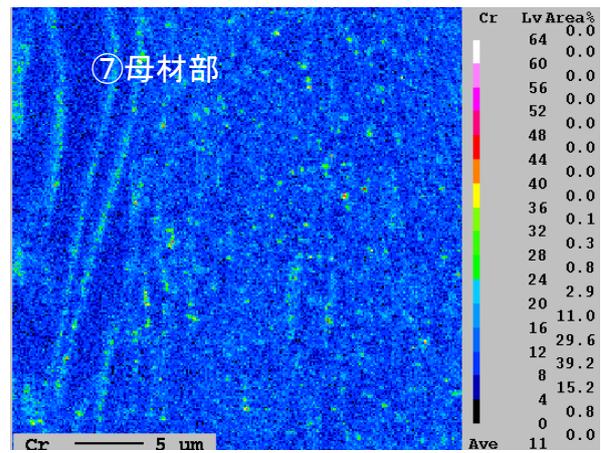
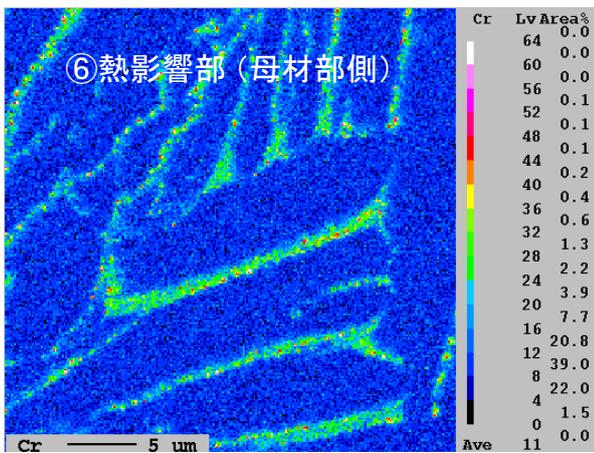
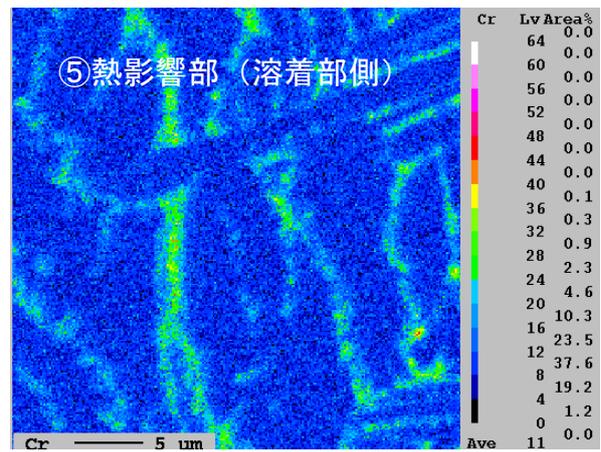
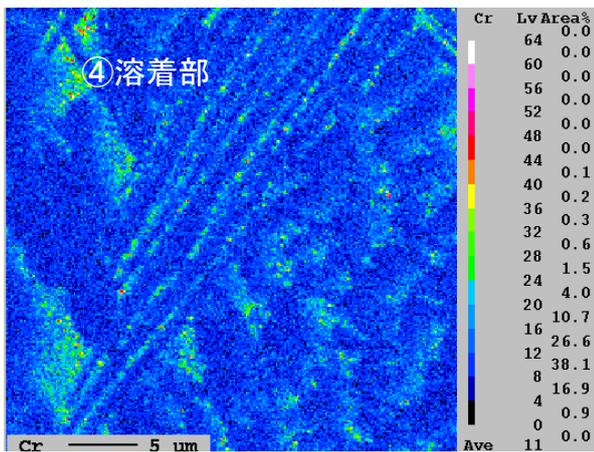
別紙5-図5-3 各測定点におけるFeのEPMA分析結果  
(自動溶接 D面 クリップ端部近傍)



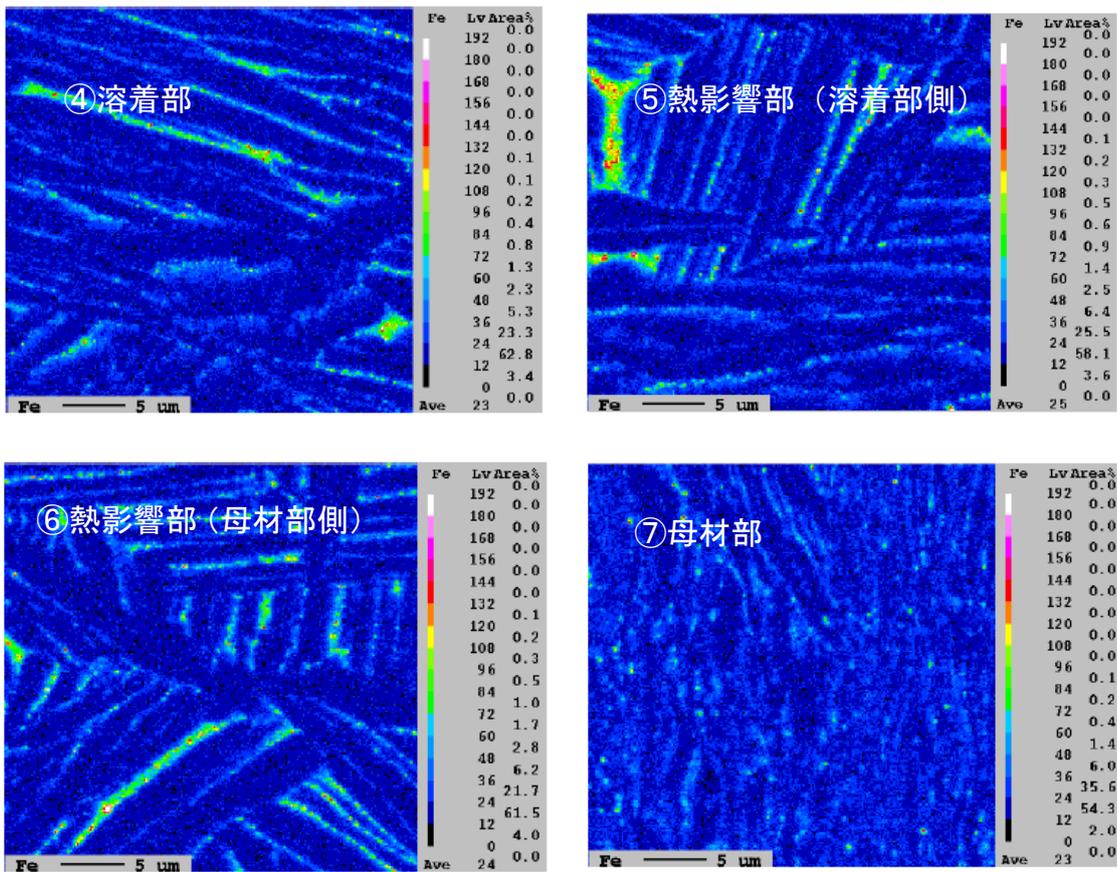
別紙5-図5-4 各測定点におけるCrのEPMA分析結果  
(自動溶接 D面 クリップ端部近傍)



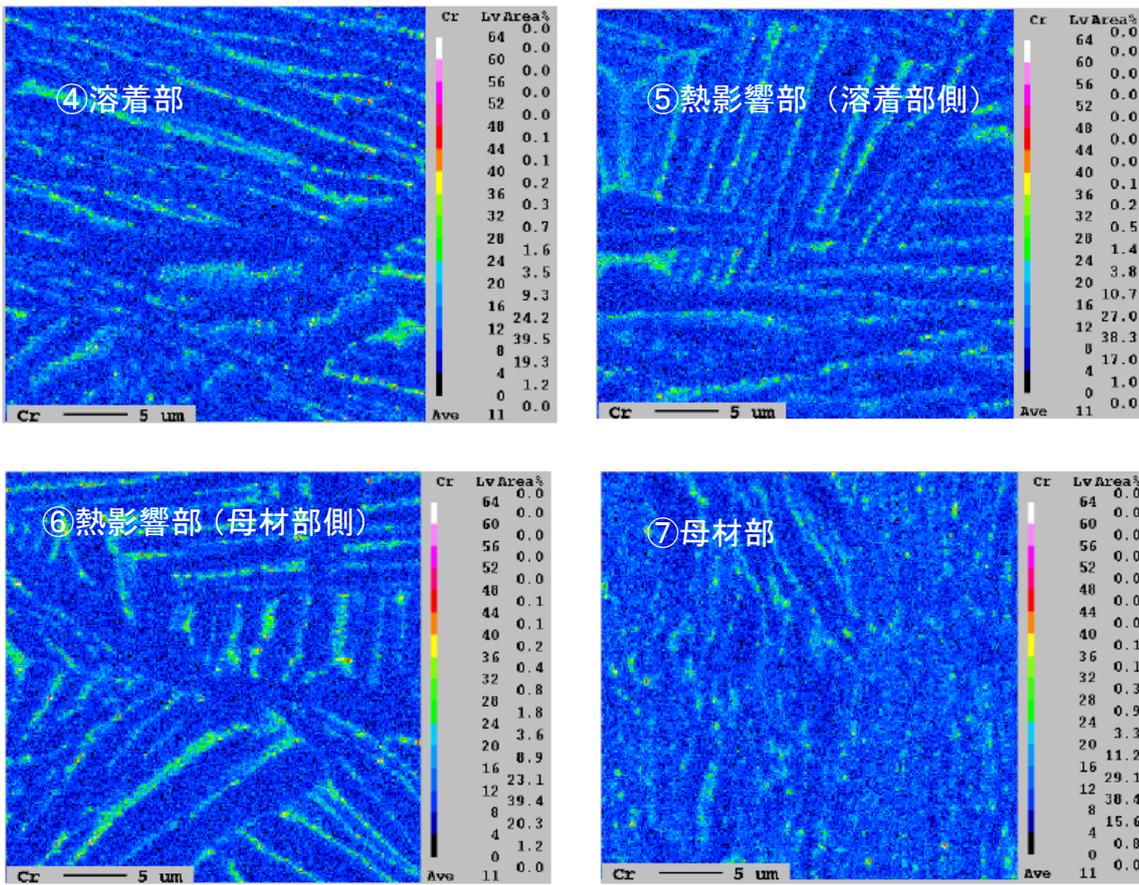
別紙5-図5-5 各測定点におけるFeのEPMA分析結果  
(手動溶接 C面 クリップ端部近傍)



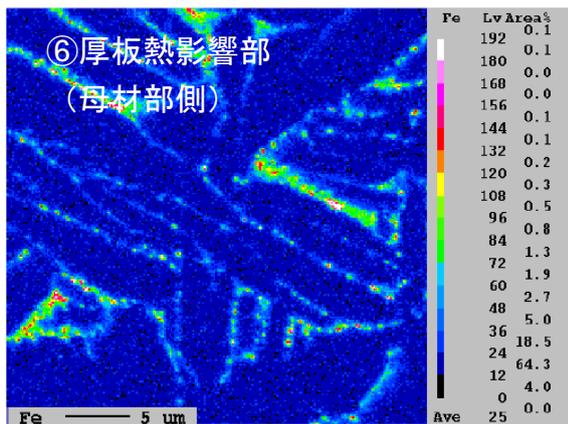
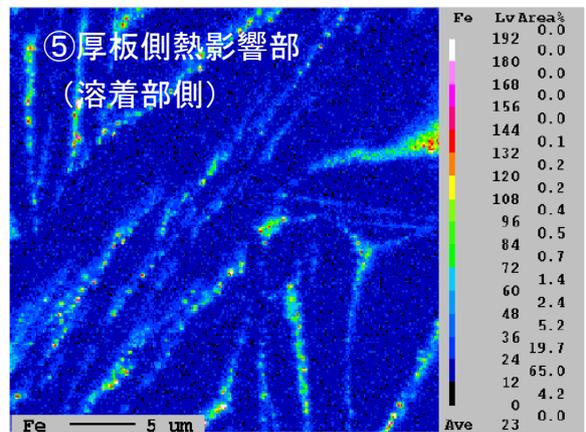
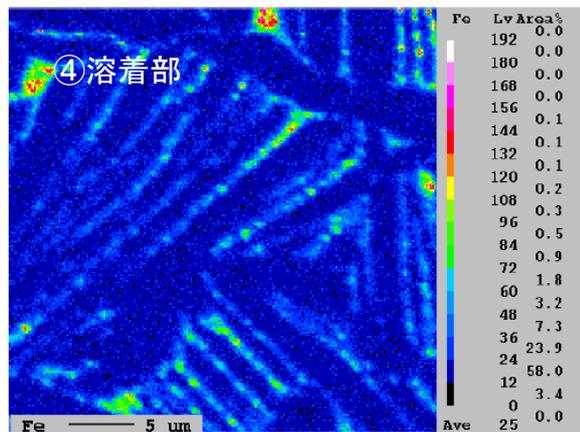
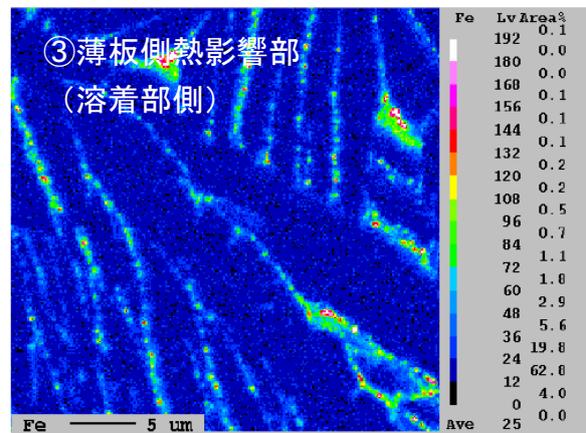
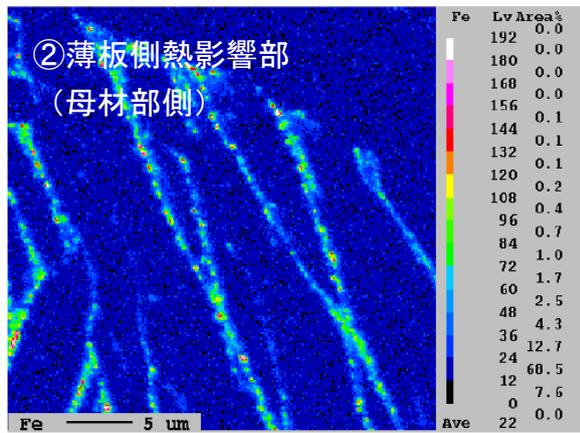
別紙5-図5-6 各測定点におけるCrのEPMA分析結果  
(手動溶接 C面 クリップ端部近傍)



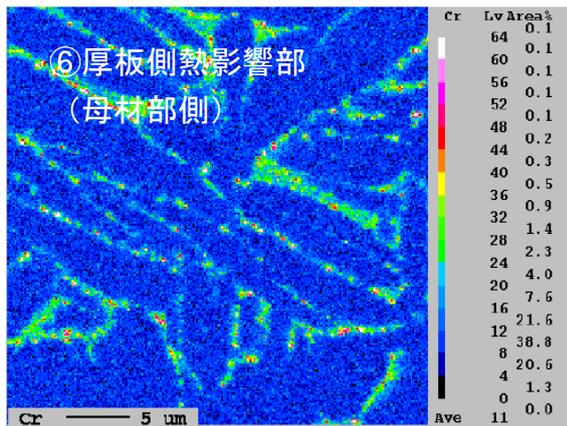
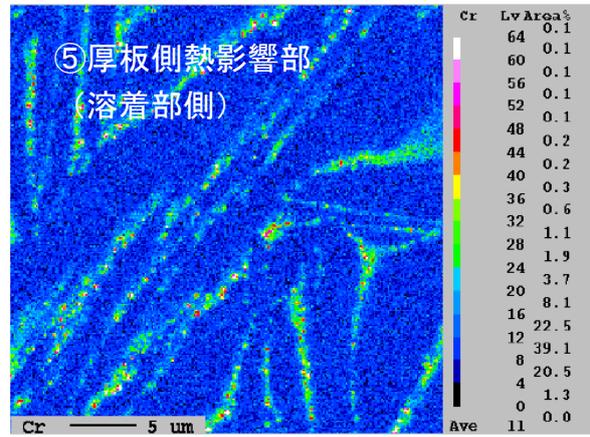
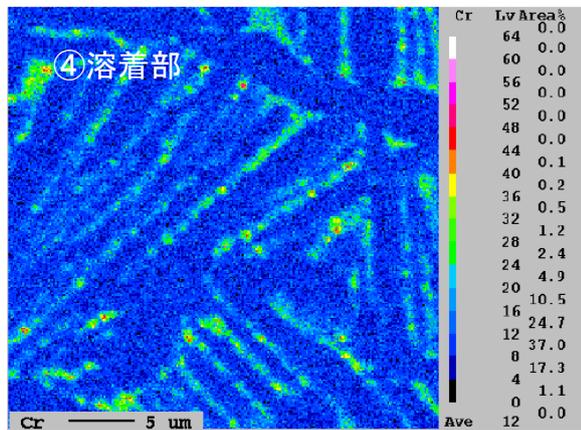
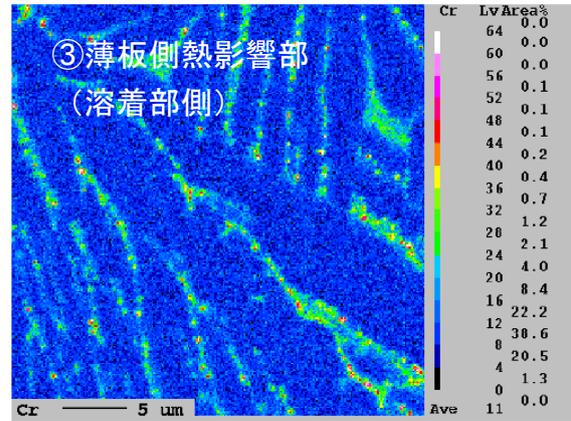
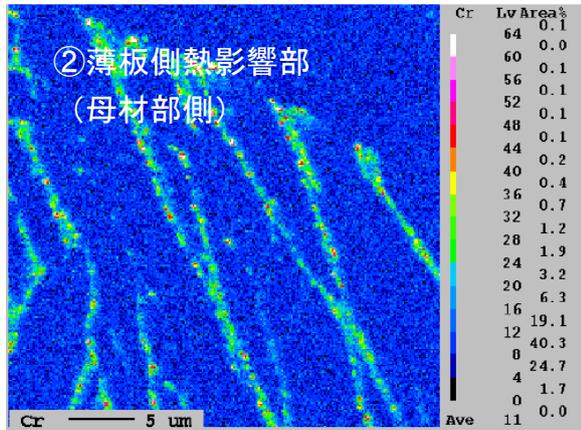
別紙5-図5-7 各測定点におけるFeのEPMA分析結果  
(手動溶接 D面 クリップ端部近傍)



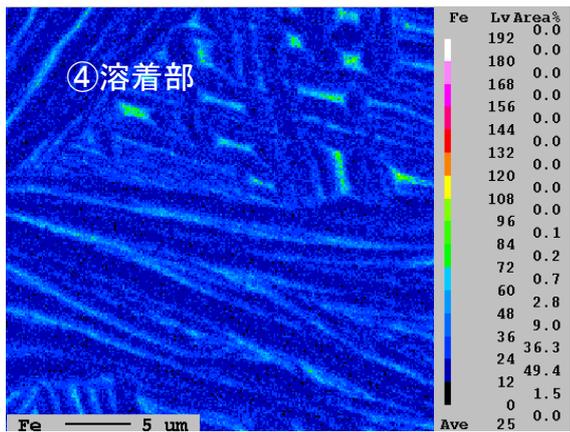
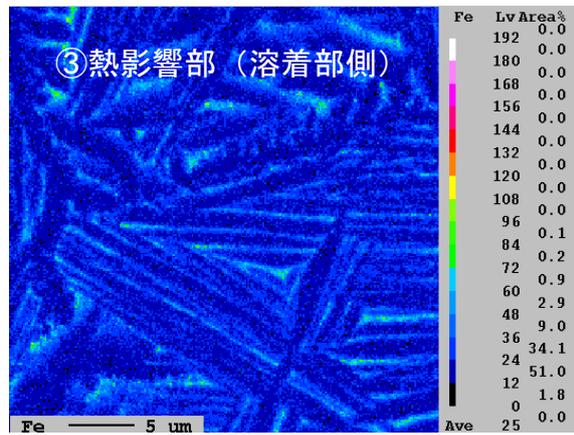
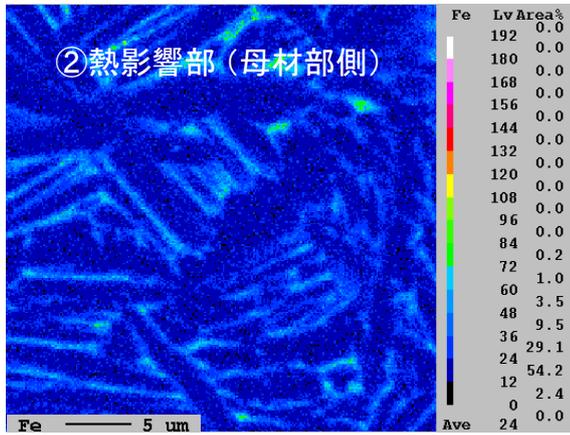
別紙5-図5-8 各測定点におけるCrのEPMA分析結果  
(手動溶接 D面 クリップ端部近傍)



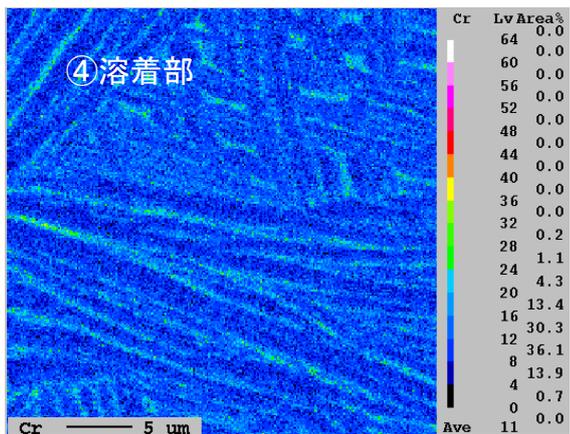
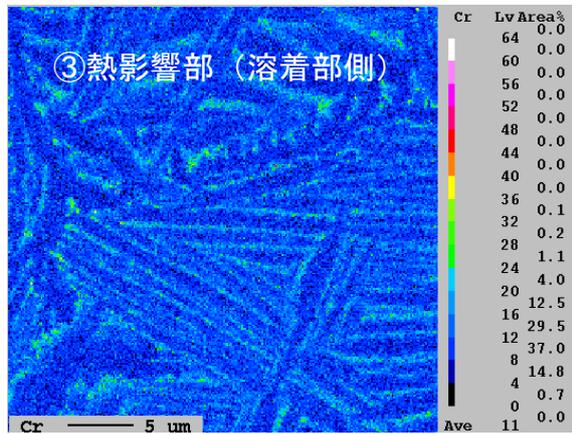
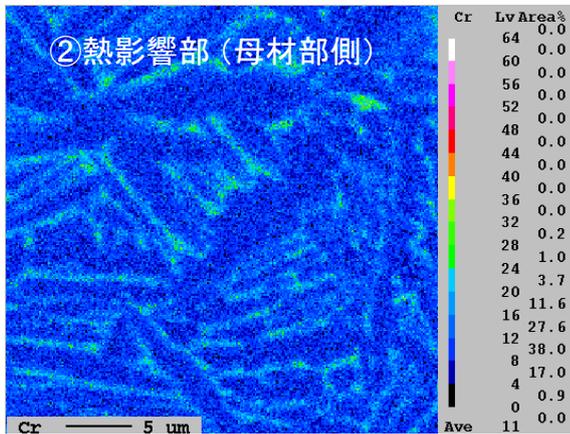
別紙5-図5-9 各測定点におけるFeのEPMA分析結果  
(周溶接部)



別紙5-図5-10 各測定点におけるCrのEPMA分析結果  
(周溶接部)



別紙5-図5-11 各測定点におけるFeのEPMA分析結果  
(長手溶接部)



別紙5-図5-12 各測定点におけるCrのEPMA分析結果  
(長手溶接部)

## 別紙6 腐食試験

溶接パラメータが腐食に及ぼす影響を定性的に評価することを目的に腐食試験を実施した。

## 1. 試験対象

下記のC/B試験片を対象に腐食試験を実施した。

- ①自動溶接試験片（1本目）及び自動溶接試験片（5本目）
- ②手動溶接試験片
- ③溶接条件影響評価試験片（自動溶接にて製作）

溶接条件影響評価試験片	溶接条件
シールドガス流量影響評価試験片 （シールドガス流量：0 L/min）	シールドガス流量を 0 L/min
シールドガス流量影響評価試験片 （シールドガス流量：規定値の2.5倍）	シールドガス流量を 規定値の2.5倍
アフターシールドガス流量 影響評価試験片	アフターシールドガス流量を 規定値の1/3
パーズ時間影響評価試験片	A r パーズ時間を 1分
空気混入影響評価試験片	アフターシールドガスに 1 L/minにて空気を混入
湿度影響評価試験片	チャンバ内に 水分を含ませたガーゼを配置
溶接面影響評価試験片	C面より溶接開始
入熱影響評価試験片	溶接開始時溶接トーチ保持時間を 9.9秒
電流値影響評価試験片	電流値を 規定値の約1.5倍

## 2. 試験条件

腐食試験の試験条件を別紙6-表1に示す。

別紙 6 - 表 1 腐食試験条件 ( 1 / 2 )

試験片	腐食試験の分類	試験温度・試験時間	
自動溶接試験片 ( 1 本目 )	バッチ式腐食試験	5 0 0 ° C ・ 2 4 時間	
自動溶接試験片 ( 5 本目 )			
自動溶接試験片 ( 1 本目 )			
試験片	腐食試験の分類	試験温度・試験時間	
手動溶接試験片	バッチ式腐食試験	5 0 0 ° C ・ 2 4 時間	
試験片	腐食試験の分類	試験温度・試験時間	
溶接条件影響評価試験片	バッチ式腐食試験	5 0 0 ° C ・ 2 4 時間	
			シールドガス流量影響評価試験片 (シールドガス流量：0 L / m i n )
			シールドガス流量影響評価試験片 (シールドガス流量：規定値の 2.5 倍)
			アフターシールドガス流量影響評価試験片
			パージ時間影響評価試験片
			空気混入影響評価試験片
			湿度影響評価試験片
			溶接面影響評価試験片
			入熱影響評価試験片
電流値影響評価試験片			

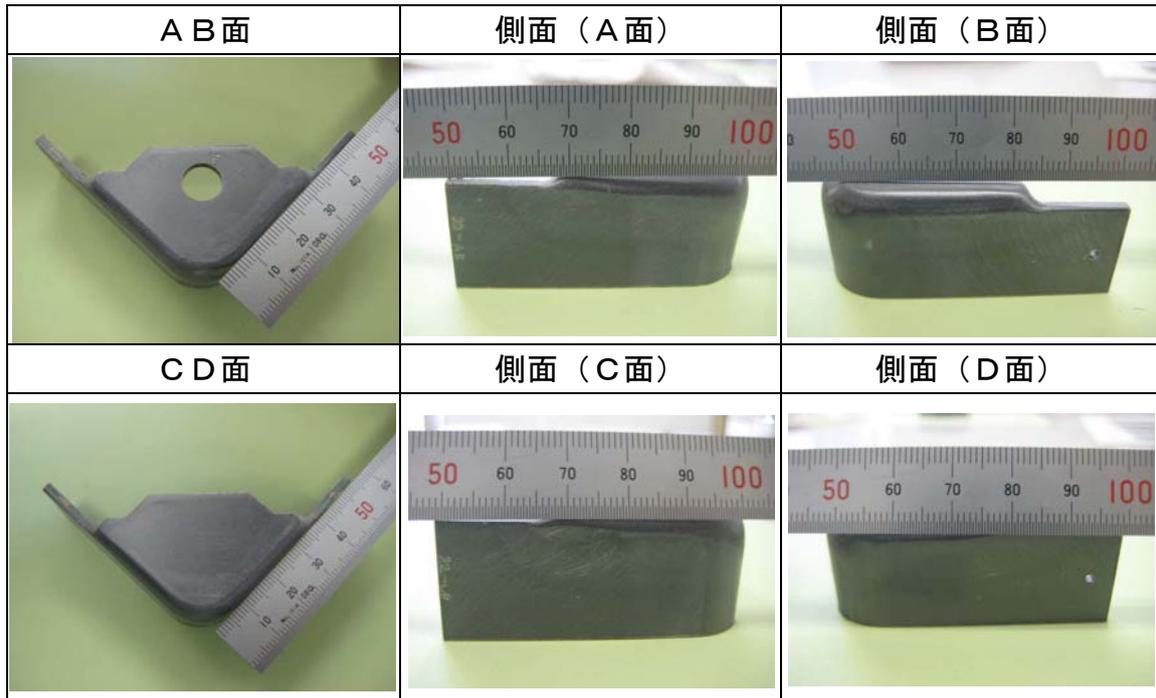
バッチ式腐食試験：酸素を添加していない水蒸気雰囲気内の試験容器内で行う試験

別紙6－表1 腐食試験条件（2/2）

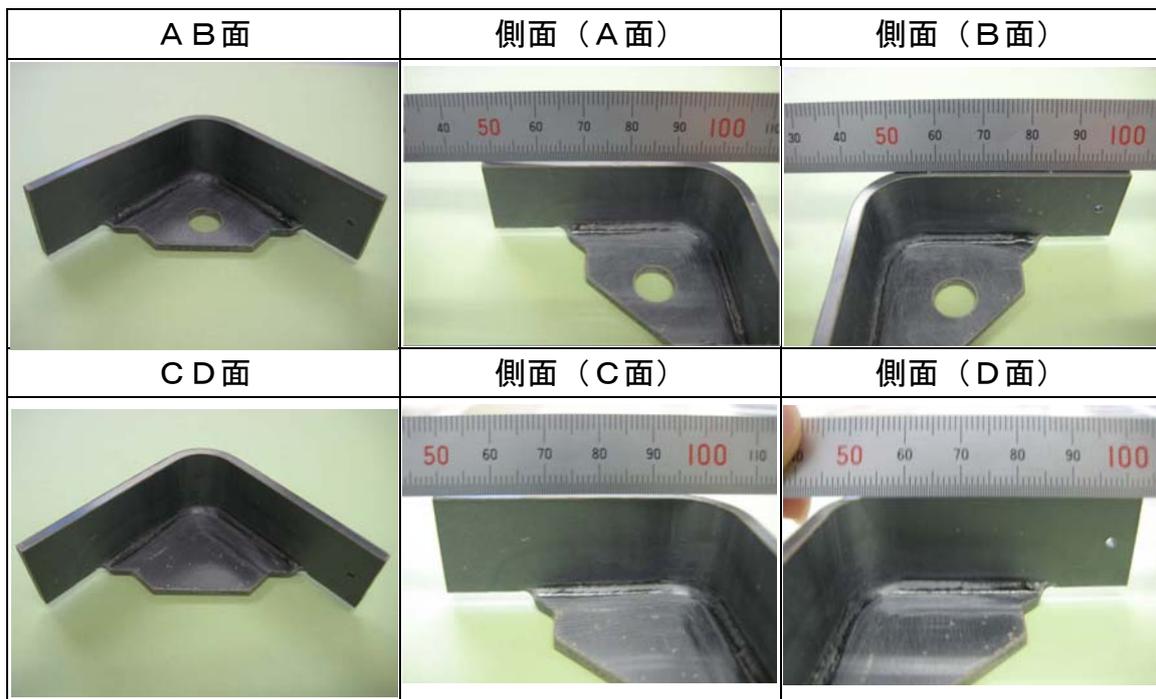
試験片		腐食試験の種類	試験温度・試験時間
溶接条件影響 評価試験片	入熱影響評価試験片	バッチ式腐食試験	500℃・72時間
	電流値影響評価試験片		
	入熱影響評価試験片	ループ式腐食試験	525℃・72時間
	電流値影響評価試験片		
	入熱影響評価試験片		525℃・72時間
	電流値影響評価試験片		

バッチ式腐食試験：酸素を添加していない水蒸気雰囲気中の試験容器内で行う試験  
 ループ式腐食試験：溶存酸素量を10ppmに調整した純水を水蒸気化し、試験容器内を循環させて行う試験

3. 試験結果  
(表面)

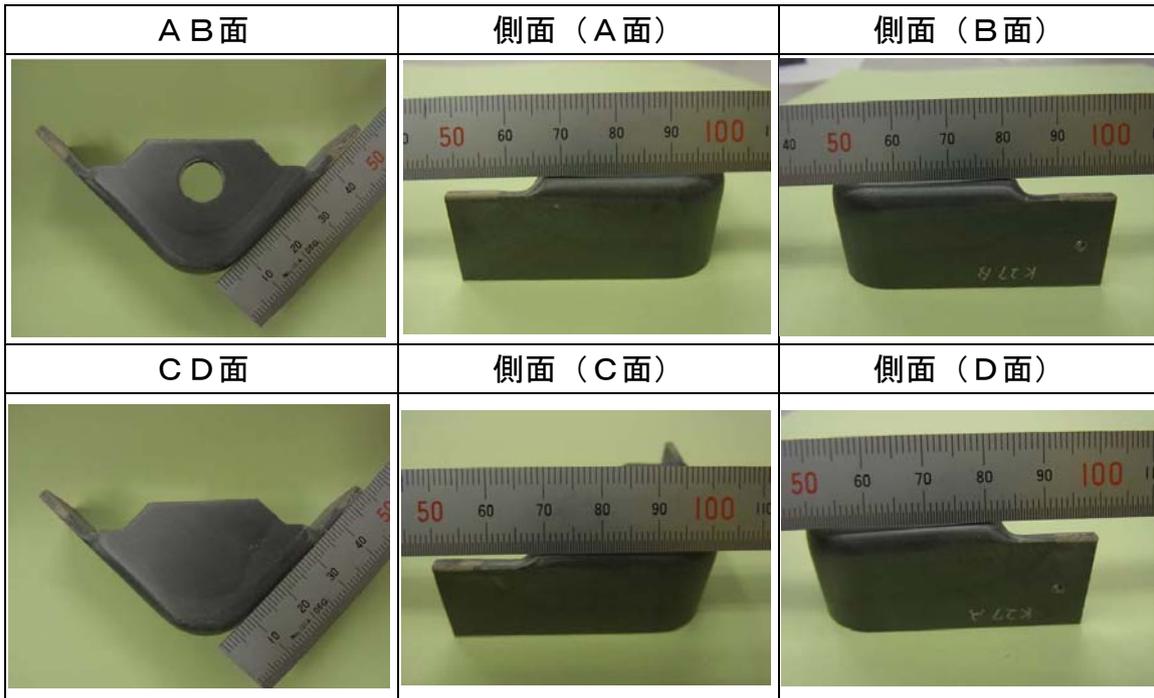


(裏面)

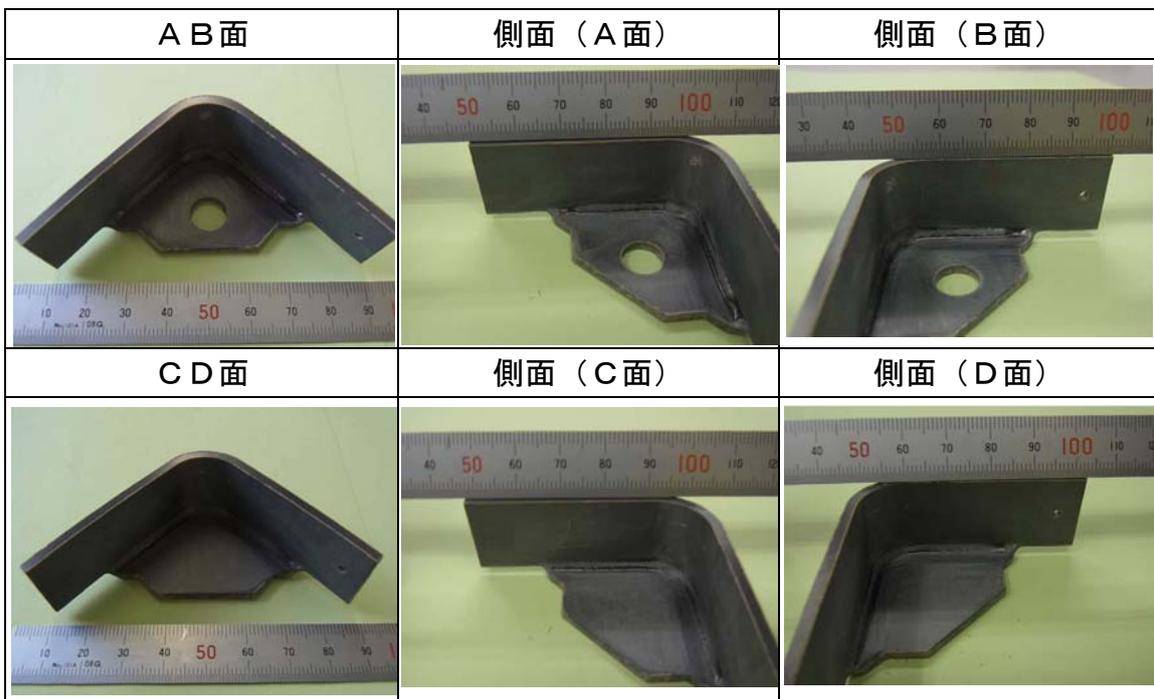


別紙6－図1 腐食試験結果  
(自動溶接試験片(1本目))  
(バッチ式、500℃水蒸気、24時間)

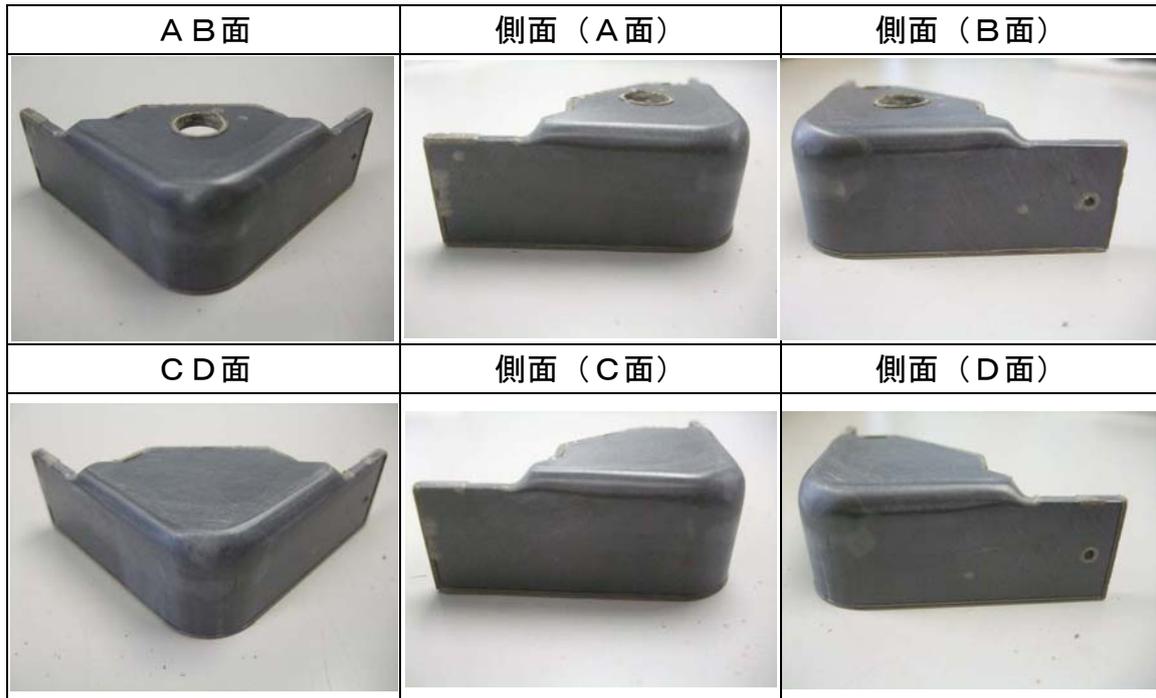
(表面)



(裏面)

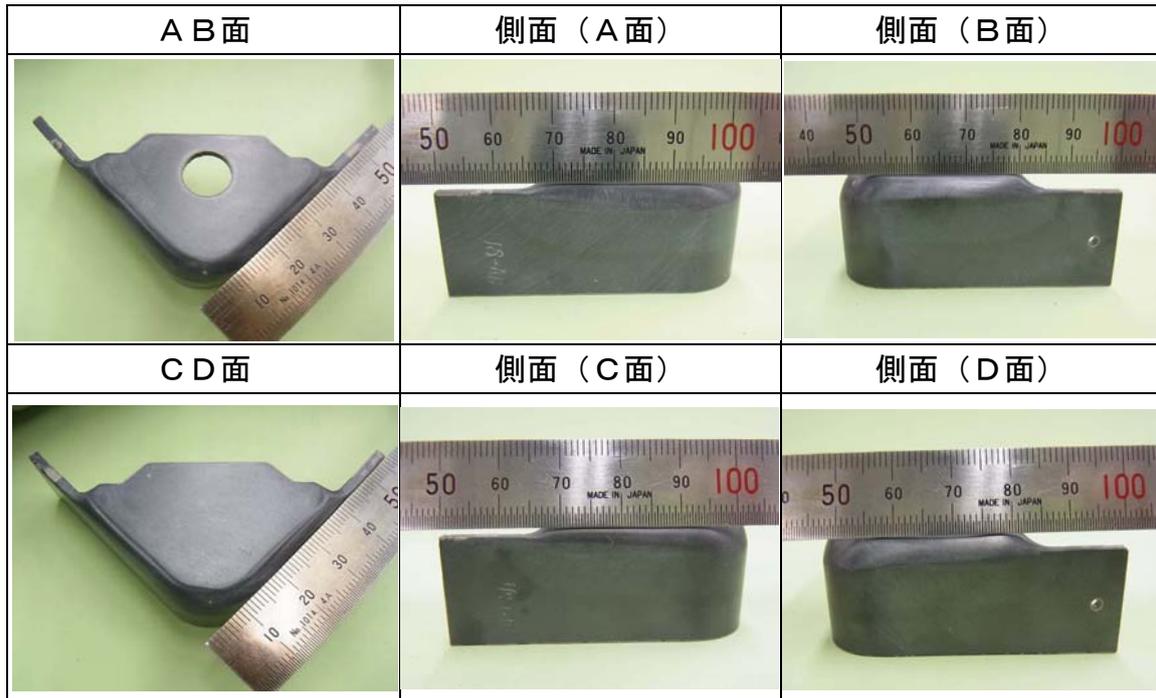


別紙6-図2 腐食試験結果  
 (自動溶接試験片(5本目))  
 (バッチ式、500℃水蒸気、24時間)

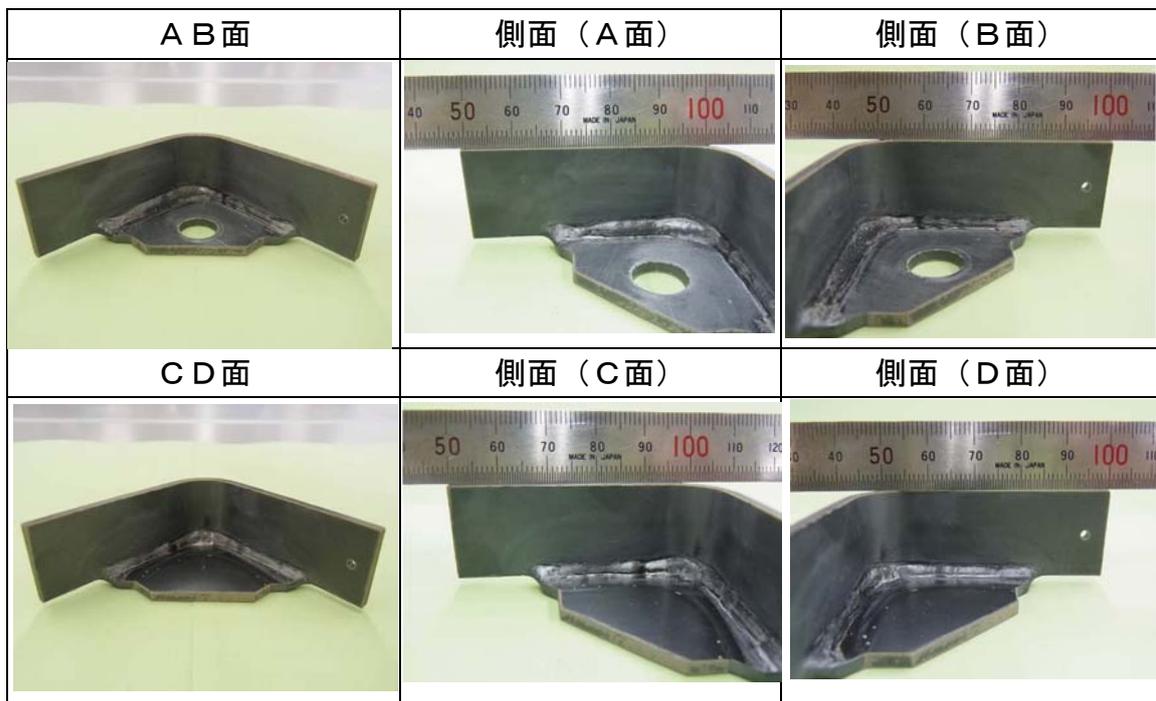


別紙6-図3 腐食試験結果  
 (自動溶接試験片(1本目))  
 (バッチ式、500℃水蒸気、72時間)

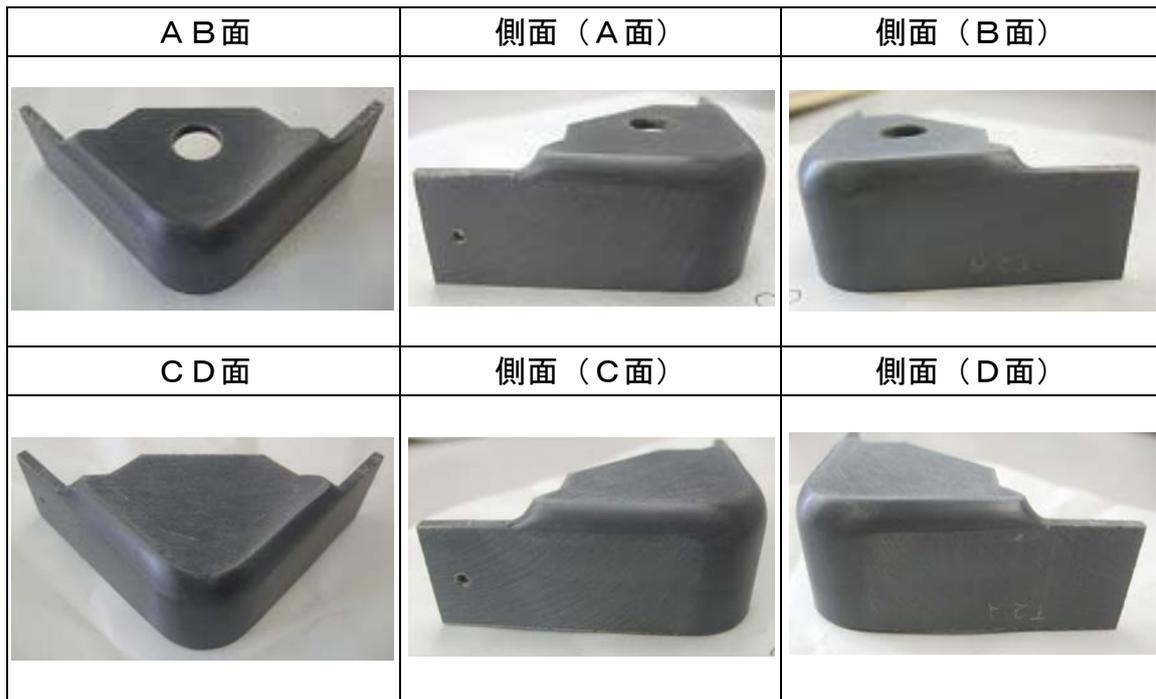
(表面)



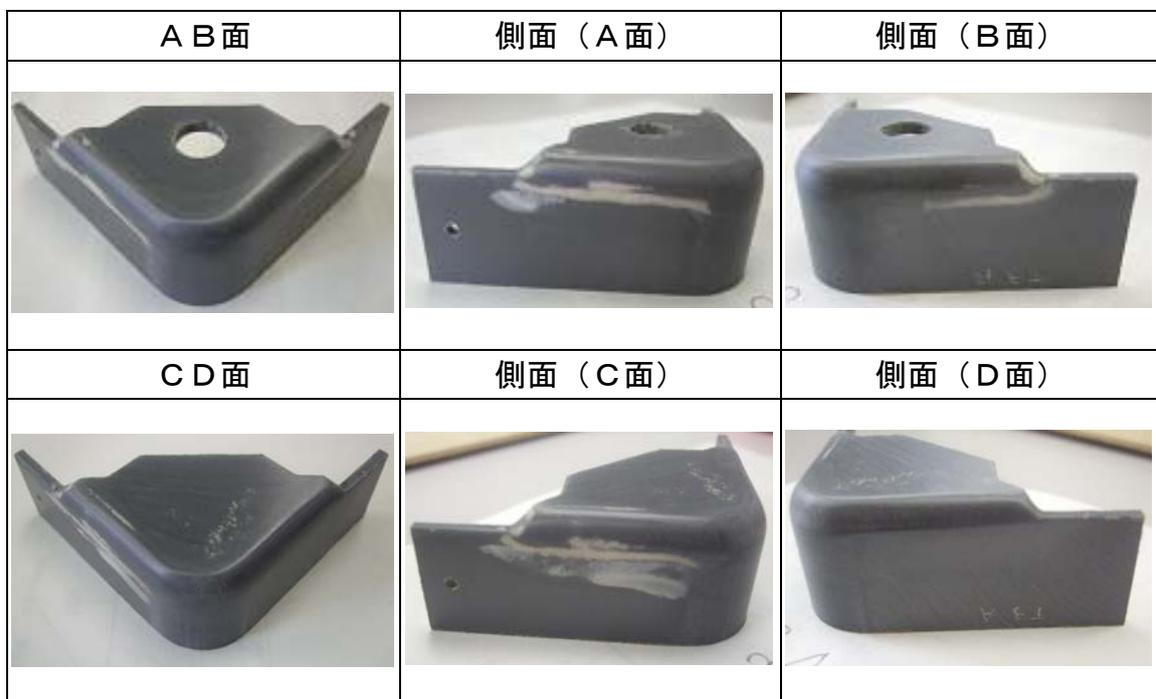
(裏面)



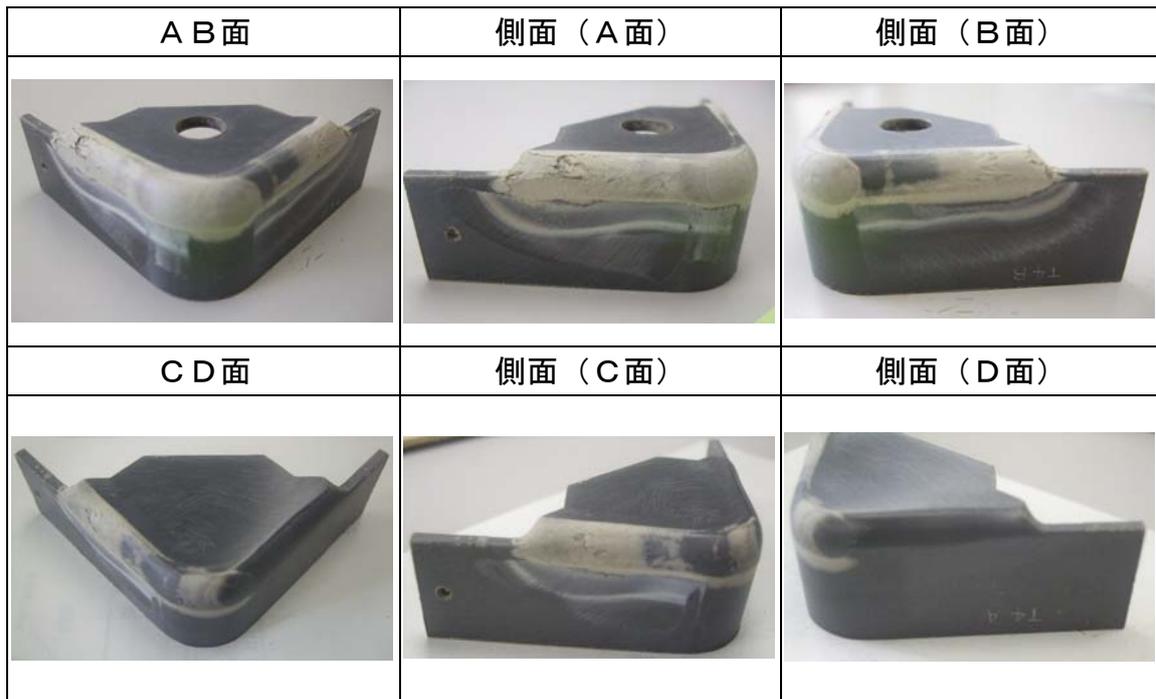
別紙6-図4 腐食試験結果  
 (手動溶接試験片)  
 (バッチ式、500℃水蒸気、24時間)



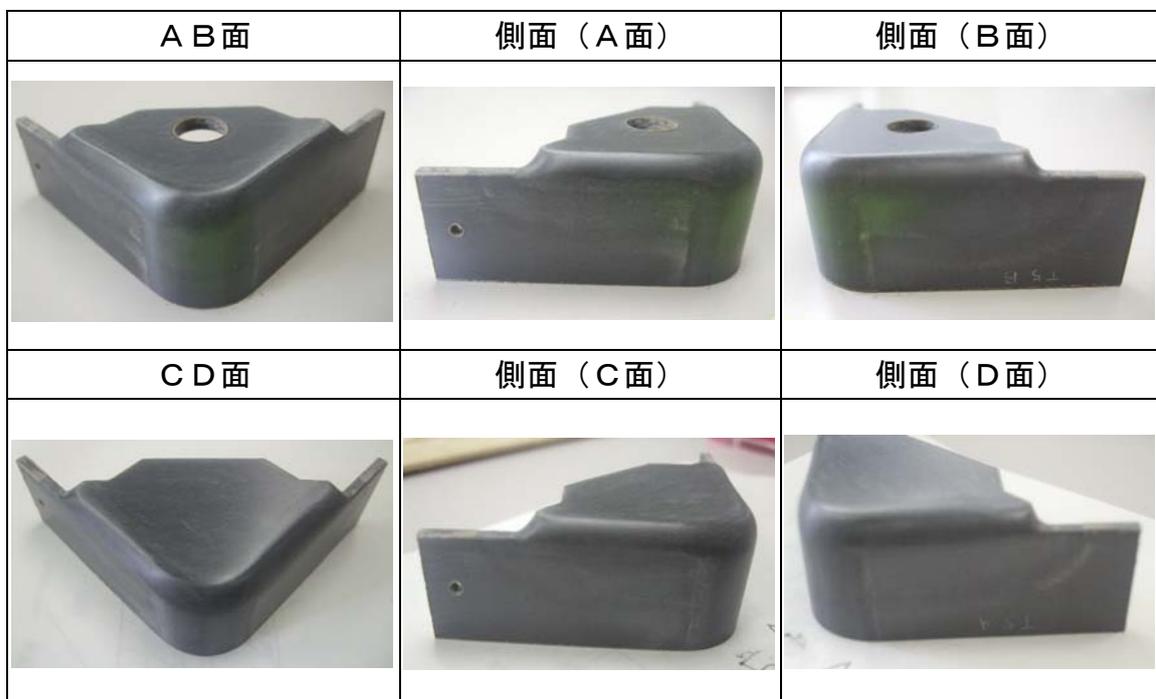
別紙6-図5 腐食試験結果  
 (シールドガス流量影響評価試験片 (0L/min))  
 (バッチ式、500°C水蒸気、24時間)



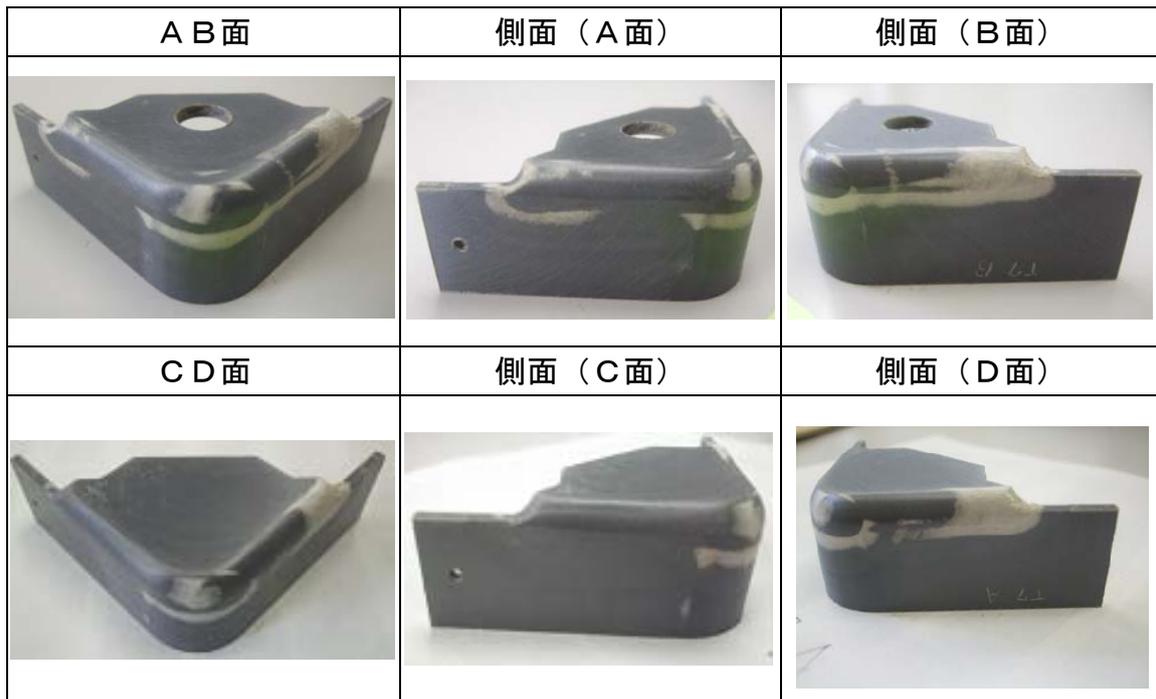
別紙6-図6 腐食試験結果  
 (シールドガス流量影響評価試験片 (規定値の25倍))  
 (バッチ式、500°C水蒸気、24時間)



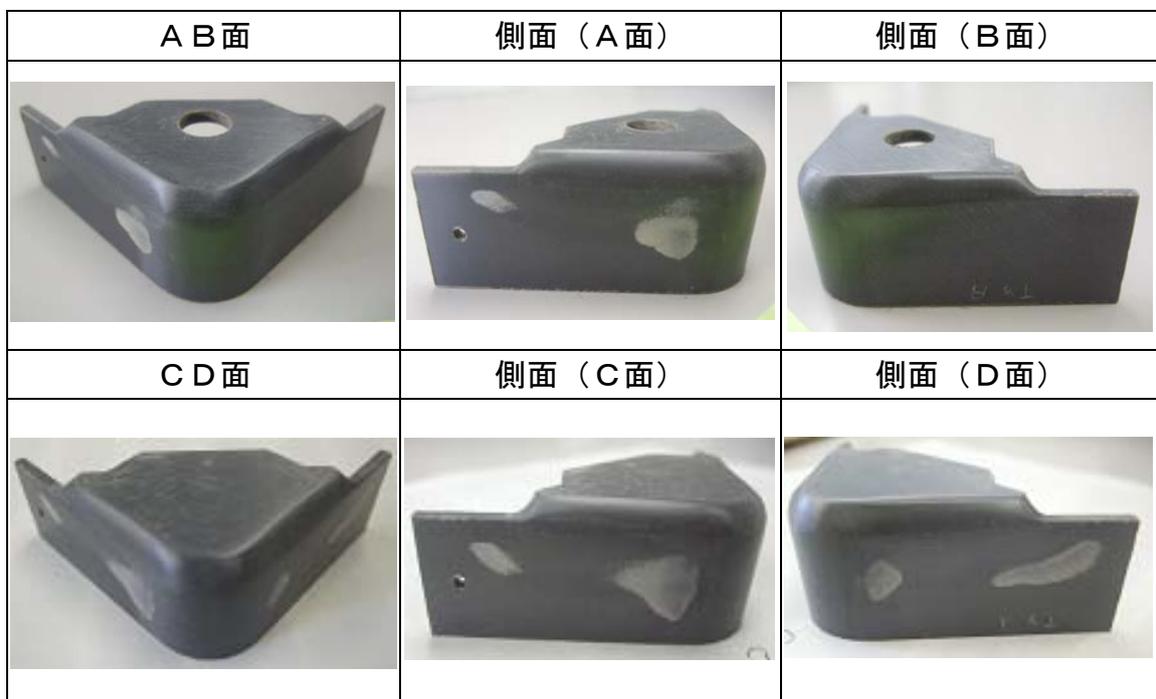
別紙6-図7 腐食試験結果  
 (アフターシールドガス流量影響評価試験片)  
 (バッチ式、500℃水蒸気、24時間)



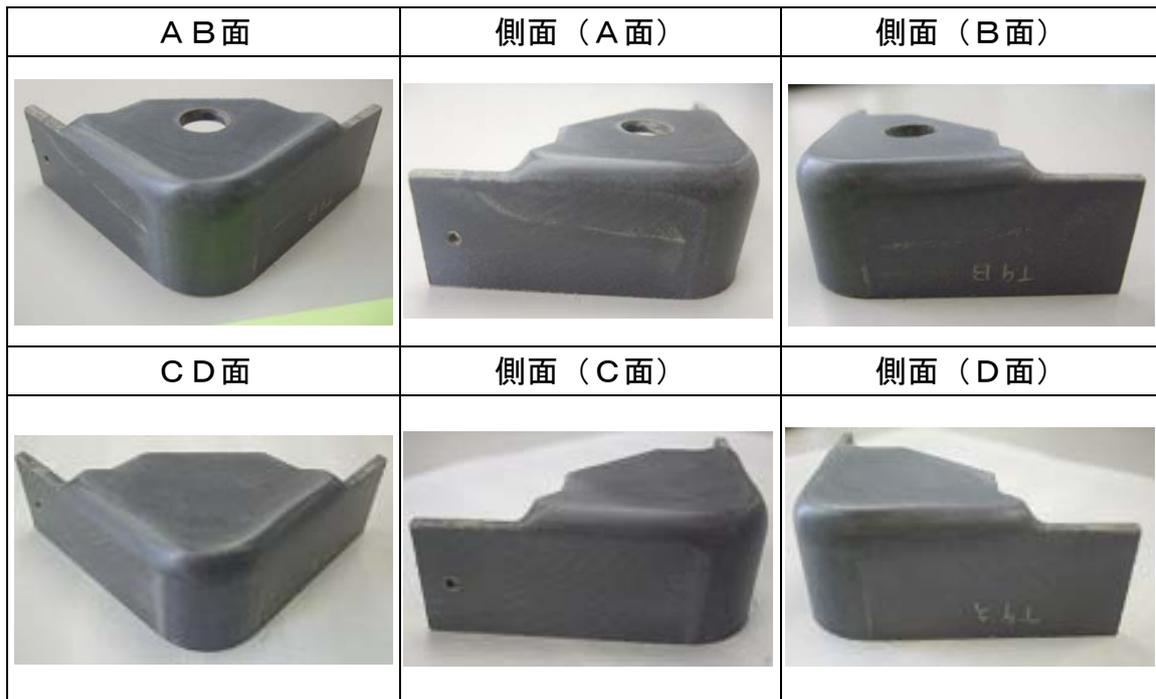
別紙6-図8 腐食試験結果  
 (パージ時間影響評価試験片)  
 (バッチ式、500℃水蒸気、24時間)



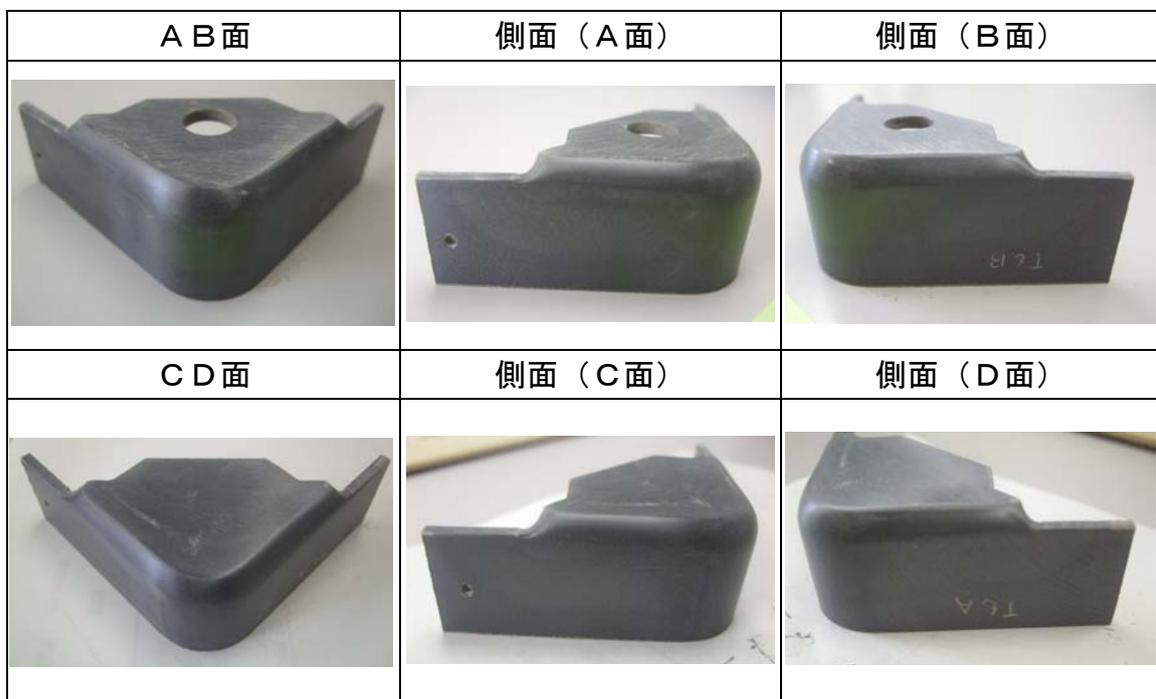
別紙6-図9 腐食試験結果  
 (空気混入影響評価試験片)  
 (バッチ式、500℃水蒸気、24時間)



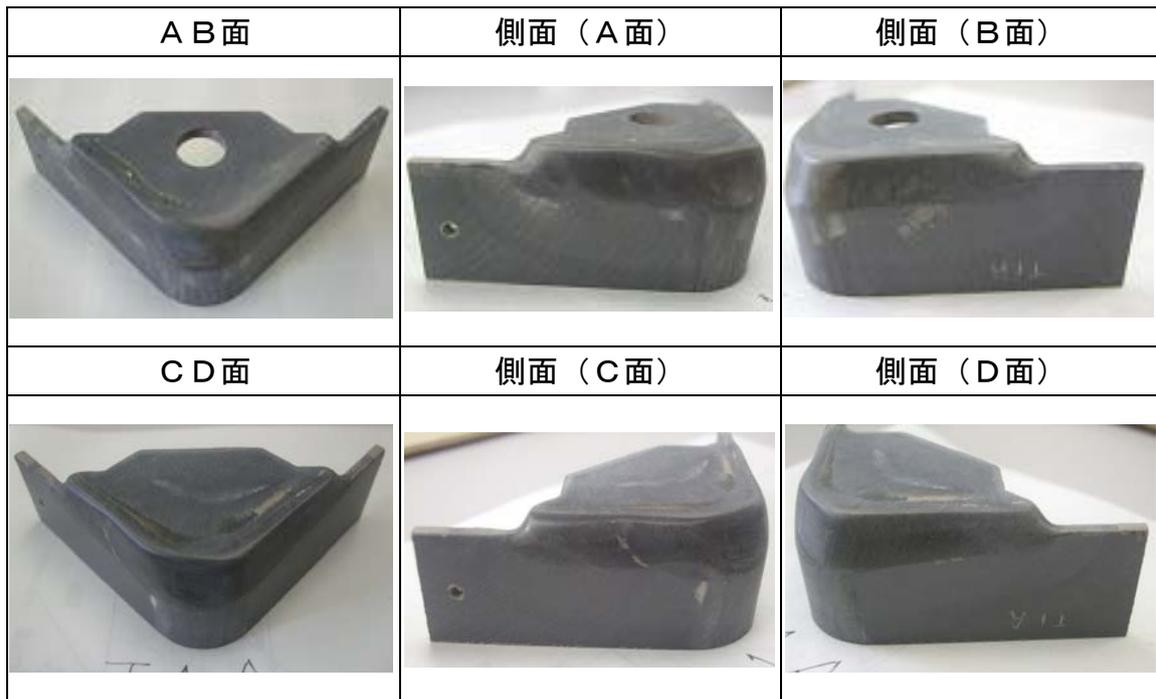
別紙6-図10 腐食試験結果  
 (湿度影響評価試験片)  
 (バッチ式、500℃水蒸気、24時間)



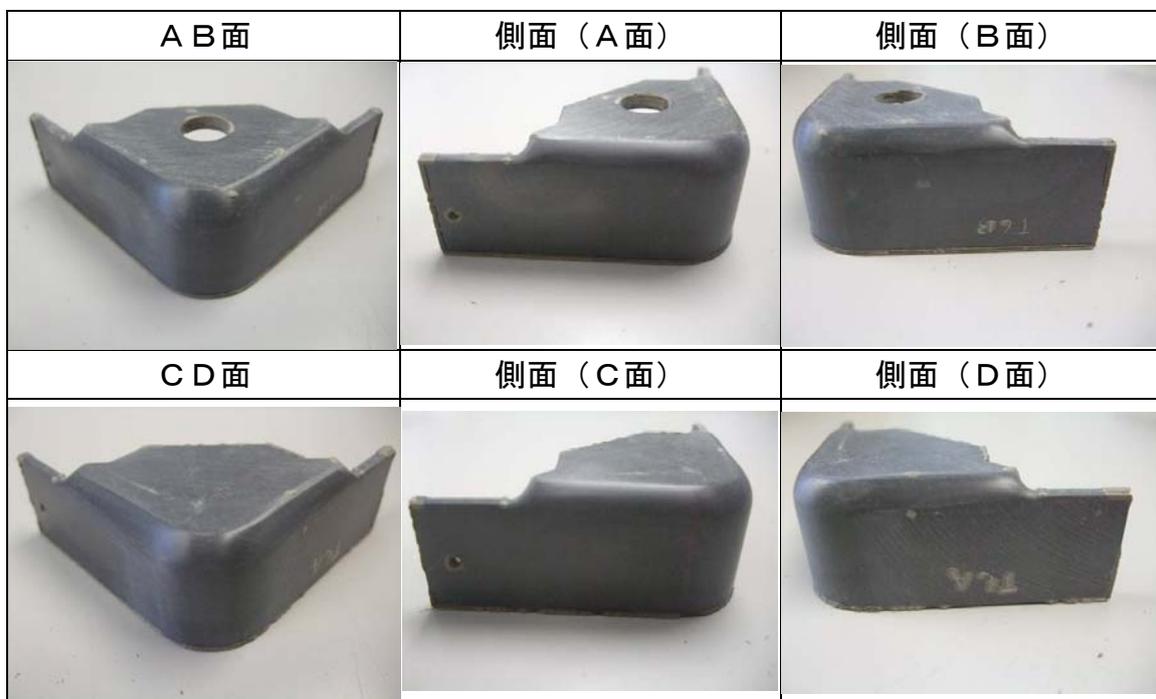
別紙6-図11 腐食試験結果  
 (溶接開始面影響評価試験片)  
 (バッチ式、500℃水蒸気、24時間)



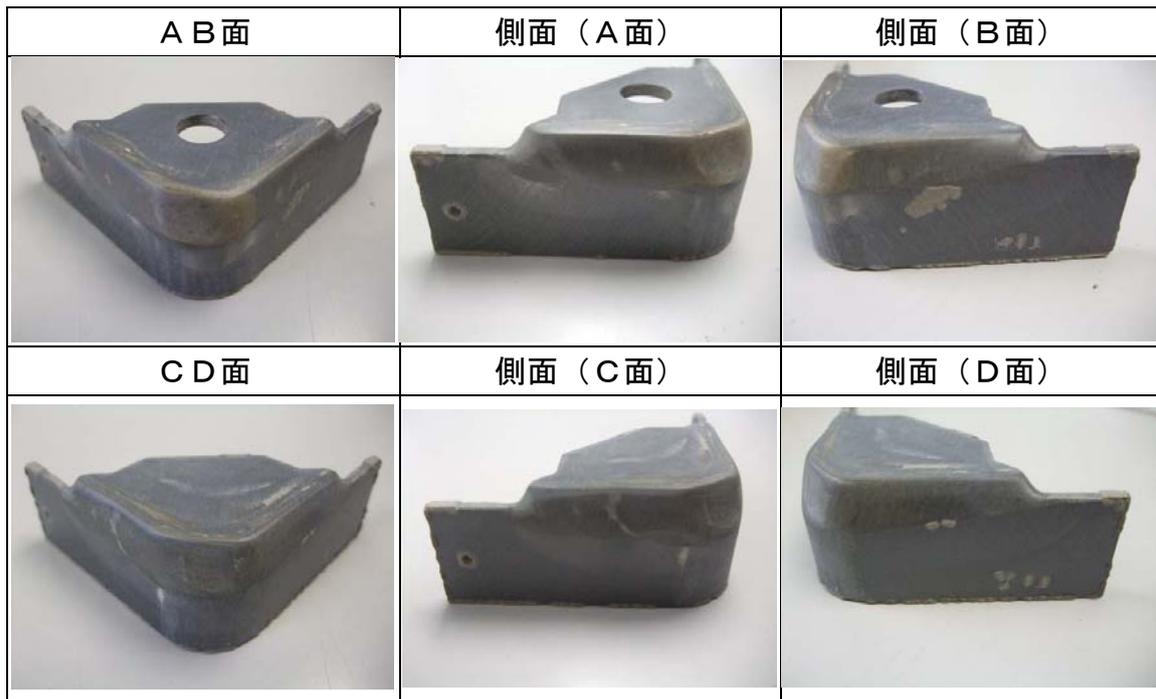
別紙6-図12 腐食試験結果  
 (入熱影響評価試験片)  
 (バッチ式、500℃水蒸気、24時間)



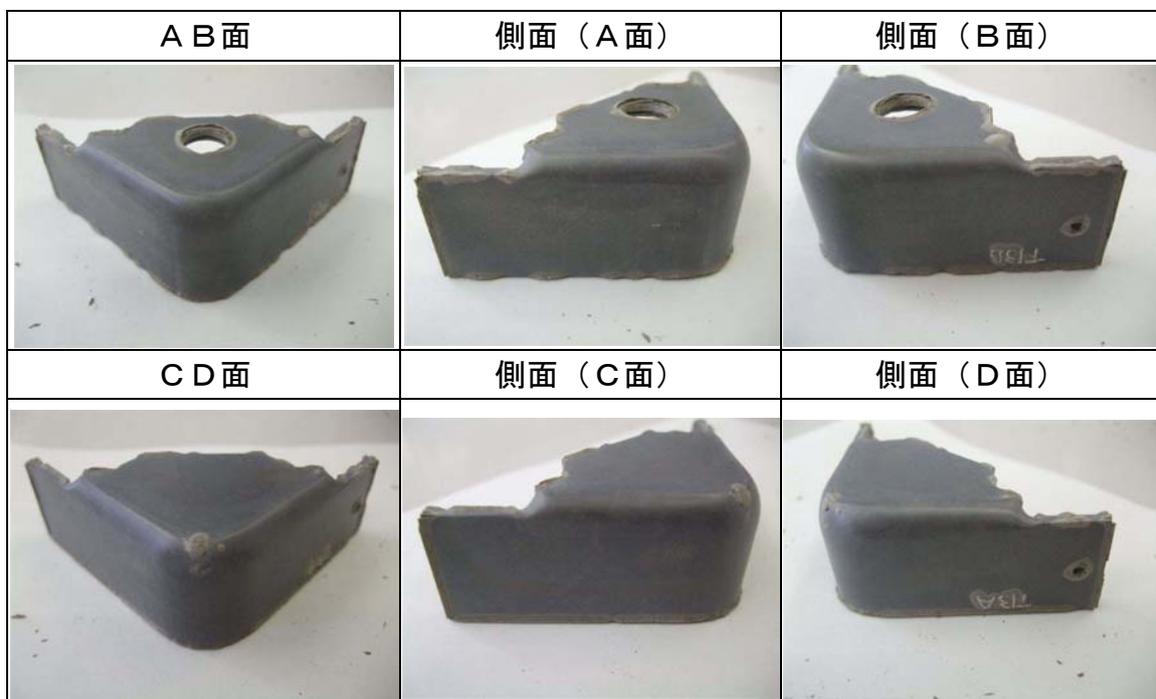
別紙6-図13 腐食試験結果  
 (電流値影響評価試験片)  
 (バッチ式、500°C水蒸気、24時間)



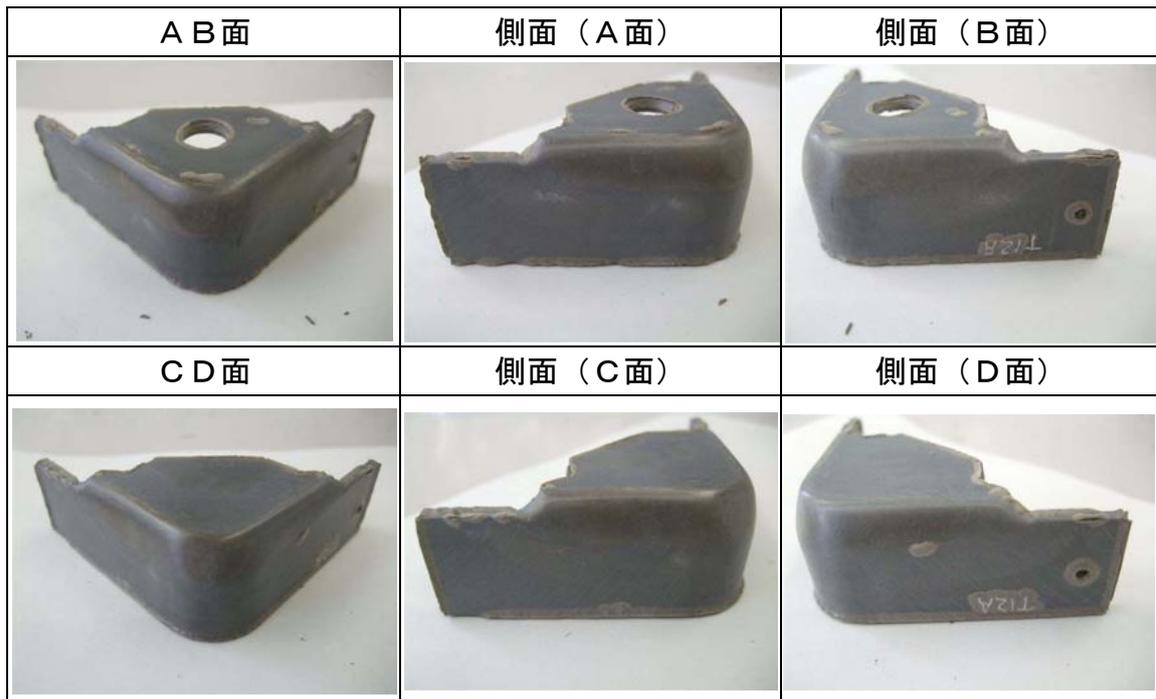
別紙6-図14 腐食試験結果  
 (入熱影響評価試験片)  
 (バッチ式、500°C水蒸気、72時間)



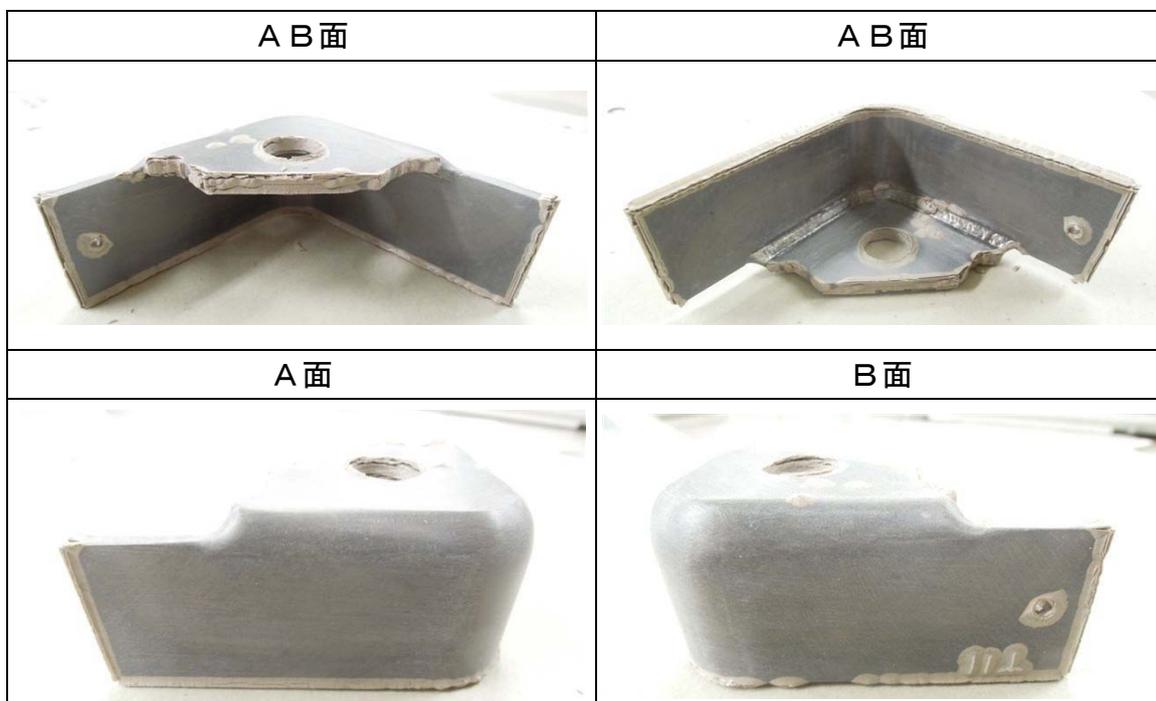
別紙6-図15 腐食試験結果  
 (電流値影響評価試験片)  
 (バッチ式、500℃水蒸気、72時間)



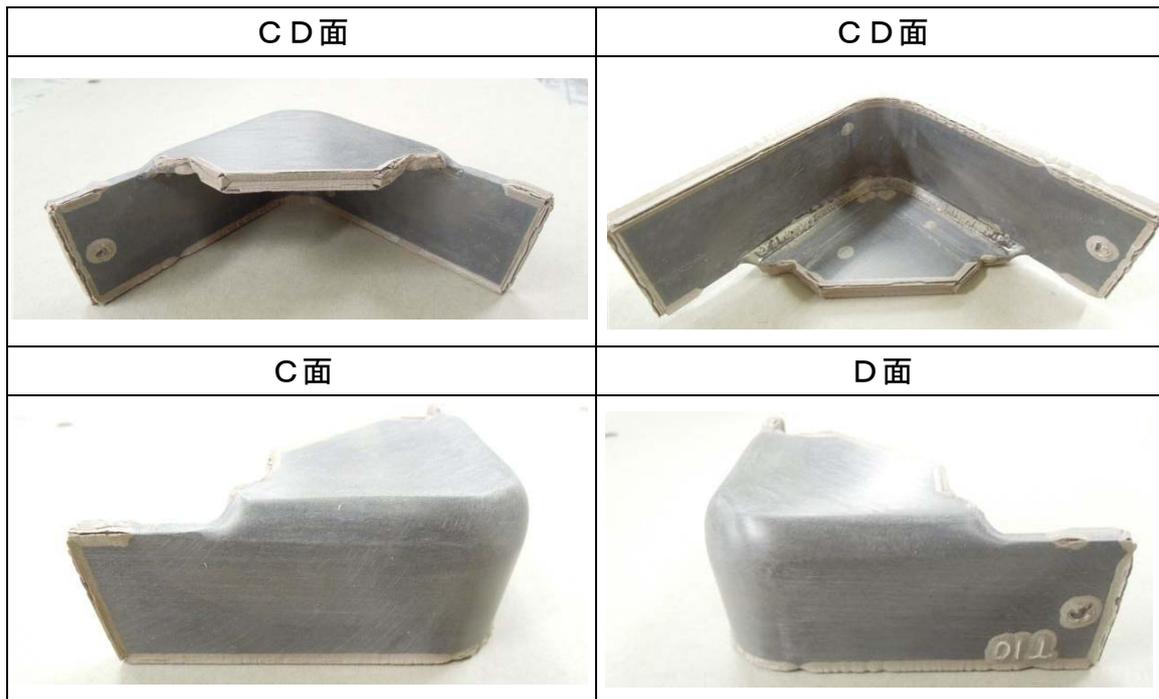
別紙6-図16 腐食試験結果  
 (入熱影響評価試験片)  
 (バッチ式、525℃水蒸気、72時間)



別6-図17 腐食試験結果  
 (電流値影響評価試験片)  
 (バッチ式、525℃水蒸気、72時間)



別紙6-図18 腐食試験結果  
 (入熱影響評価試験片)  
 (ループ式、525℃水蒸気、72時間)



別紙6-図19 腐食試験結果  
(電流値影響評価試験片)  
(ループ式、52.5℃水蒸気、72時間)

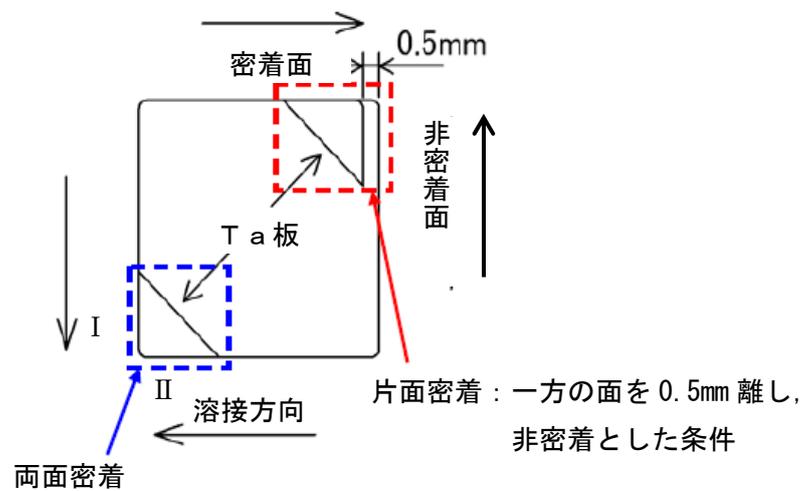
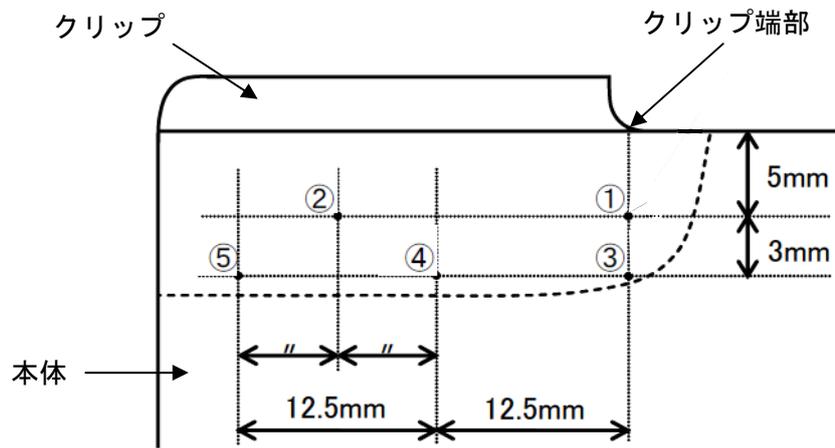
## 別紙7 溶接時温度測定

### 1. 試験方法

T a 板の接触状態による、溶接時の温度変化の違いを確認することを目的に、熱電対による温度測定を行った。

### 2. 測定位置及び測定条件

- ・ C/B上部（クリップ）熱影響部における下記①～⑤の5箇所について、T a 板を両面密着及び片面密着させた場合の温度測定を行う。
- ・ 片面密着の場合における溶接開始面は、非密着面スタートと密着面スタートの両方とする。



3. 測定結果

(1) 両面密着 (溶接開始面: II面)

別紙7-表1 溶接時温度測定結果 (両面密着 (溶接開始面: II面))

n 数	対象 面	測定 箇所	II面溶接時の温度			I面溶接時の温度					
			最高温度 (°C)	冷却速度 (°C/sec)	800°C-850 °Cの滞留 時間(sec)	最高温度 (°C)	冷却速度 (°C/sec)	800°C-850 °Cの滞留 時間(sec)			
1 回 目	I	①	/	/	/	1050	10	5.5			
		②				1389	22	3			
		③				876	8	6.5			
		④				1091	22	2.5			
		⑤				983	16	3.5			
	II	①				1210	11	5	/	/	/
		②				1389*	9	4			
		③				984	8	6.5			
		④				1145	21	3			
		⑤				1040	39	2			

\*最高温度が測定機のレンジを越えたため参考値とする

(2) 片面密着 (溶接開始面 : 密着面)

別紙7-表2 溶接時温度測定結果 (片面密着 (溶接開始面 : 密着面))

n 数	対象面	測定箇所	密着面溶接時の温度			非密着面溶接時の温度		
			最高温度 (°C)	冷却速度 (°C/sec)	800°C-850°Cの滞留時間(sec)	最高温度 (°C)	冷却速度 (°C/sec)	800°C-850°Cの滞留時間(sec)
1 回目 *	非密着面	①	/			測定不能*	(計算不可)	(計算不可)
		②				測定不能*	(計算不可)	(計算不可)
		③				1090	11	5
		④				1271	18	3
		⑤				1184	20	3
	密着面	①	933	6	8	/		
		②	1375	23	2.5			
		③	770	—	—			
		④	1102	19	3.5			
		⑤	1188	44	1.5			
2 回目 *	非密着面	①	/			1411	16	3.5
		②				測定不能*	(計算不可)	(計算不可)
		③				1161	15	3.5
		④				1283	17	3
		⑤				1226	21	2.5
	密着面	①	1143	15	4	/		
		②	1418	29	2.5			
		③	835	5	30			
		④	1126	24	2.5			
		⑤	1155	41	2			
3 回目 *	非密着面	①	/			1316	15	4
		②				1418	19	3
		③				1091	13	4.5
		④				1199	17	3.5
		⑤				1146	19	3
	密着面	①	1011	7	7.5	/		
		②	1286	23	2.5			
		③	773	—	—			
		④	1110	21	3			
		⑤	1085	24	2.5			

\* 溶接中に熱電対がはずれたため、3回の測定を実施した

(3) 片面密着 (溶接開始面 : 非密着面)

別紙7－表3 溶接時温度測定結果 (片面密着 (溶接開始面 : 非密着面))

対象面	測定箇所	密着面溶接時の温度			非密着面溶接時の温度		
		最高温度 (°C)	冷却速度 (°C/sec)	800°C-850°Cの滞留時間(sec)	最高温度 (°C)	冷却速度 (°C/sec)	800°C-850°Cの滞留時間(sec)
非密着面	①	/	/	/	1235	12	5
	②				1291	24	2.5
	③				994	12	5
	④				1120	24	2.5
	⑤				978	20	3
密着面	①	1068	7	8	/	/	/
	②	1255	19	3			
	③	857	5	10			
	④	1070	20	3			
	⑤	1146	25	2			

別紙8 腐食試験（模擬熱処理試験片）

耐食性の低下が推定された溶接熱影響部の熱履歴を模擬した試験片を対象に腐食試験を実施した。

1. 試験対象

下記に示す4つのケースで熱処理を実施した模擬熱処理試験片を対象に腐食試験を実施した。

試験片	熱処理条件		備考
	最高到達温度	冷却速度	
模擬熱処理 試験片	1100℃	5℃/秒	Arガス雰囲気にて熱処理 を実施
	1100℃	25℃/秒	
	900℃	5℃/秒	
	900℃	25℃/秒	

最高到達温度：ジルコニウム合金がβ相領域となる温度（1100℃）と（α+β）二相領域となる温度（900℃）を設定

冷却速度：冷却速度が速い場合、遅い場合を設定

2. 試験条件

腐食試験の試験条件を別紙8-表1に示す。腐食試験片数は5体とし、バッチ式腐食試験に3体、ループ式腐食試験に2体使用した。

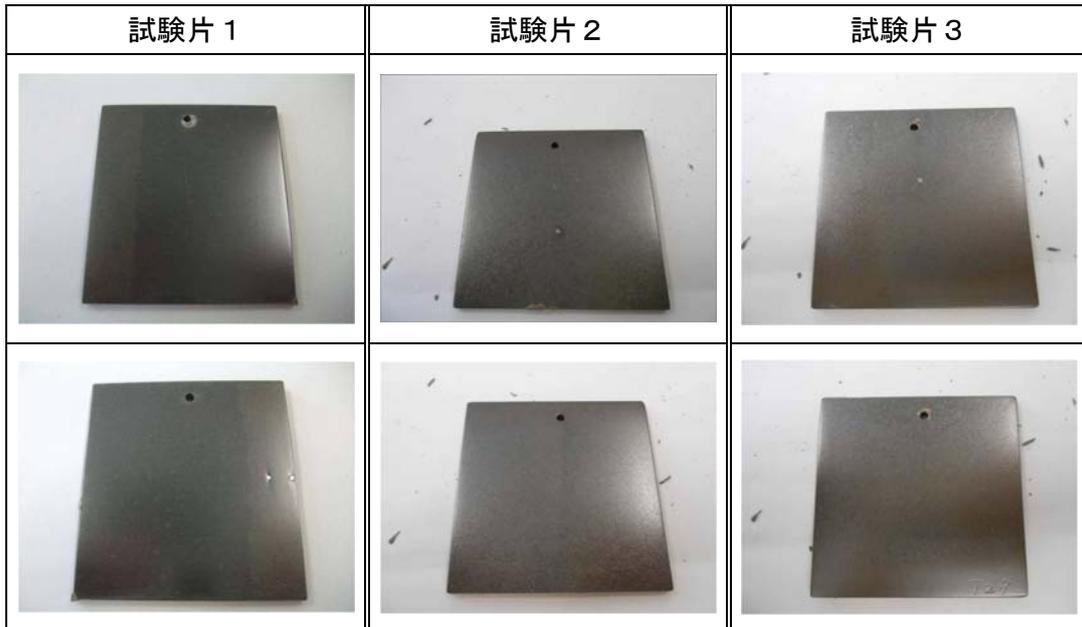
別紙8-表1 腐食試験条件

模擬熱処理試験片		腐食試験 の分類	試験温度 試験時間
熱処理条件	最高到達温度 1100℃・冷却速度 5℃/秒	バッチ式 腐食試験	525℃ 72時間
	最高到達温度 1100℃・冷却速度 25℃/秒		
	最高到達温度 900℃・冷却速度 5℃/秒		
	最高到達温度 900℃・冷却速度 25℃/秒		
	最高到達温度 1100℃・冷却速度 5℃/秒	ループ式 腐食試験	525℃ 72時間
	最高到達温度 1100℃・冷却速度 25℃/秒		
	最高到達温度 900℃・冷却速度 5℃/秒		
	最高到達温度 900℃・冷却速度 25℃/秒		

バッチ式腐食試験：酸素を添加していない水蒸気雰囲気内の試験容器内で行う試験

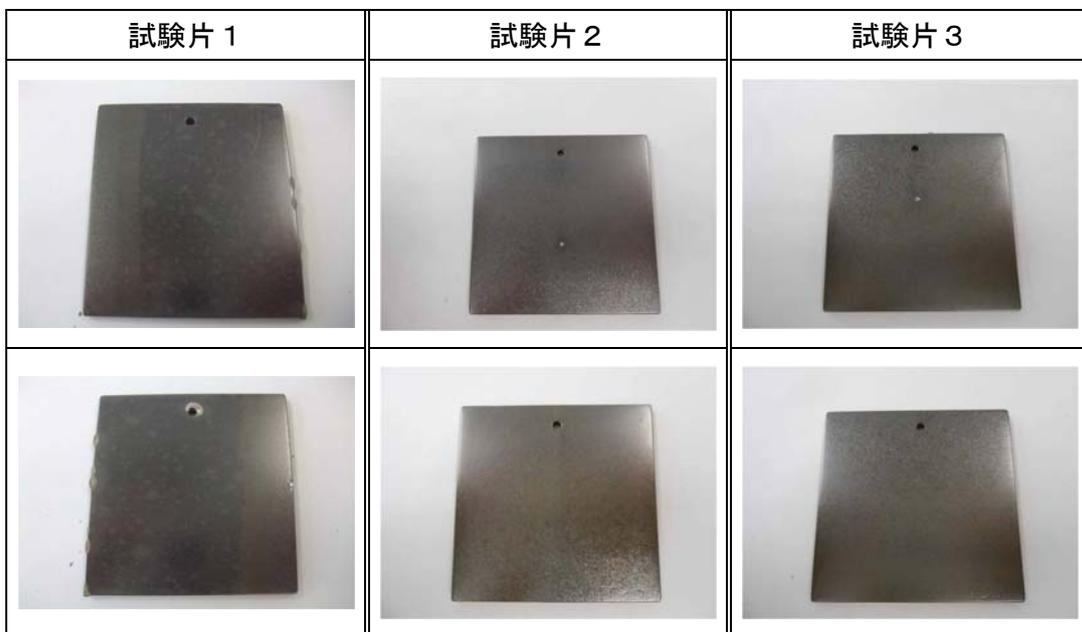
ループ式腐食試験：溶存酸素量を10ppmに調整した純水を水蒸気化し試験容器内を循環させて行う試験

3. 試験結果



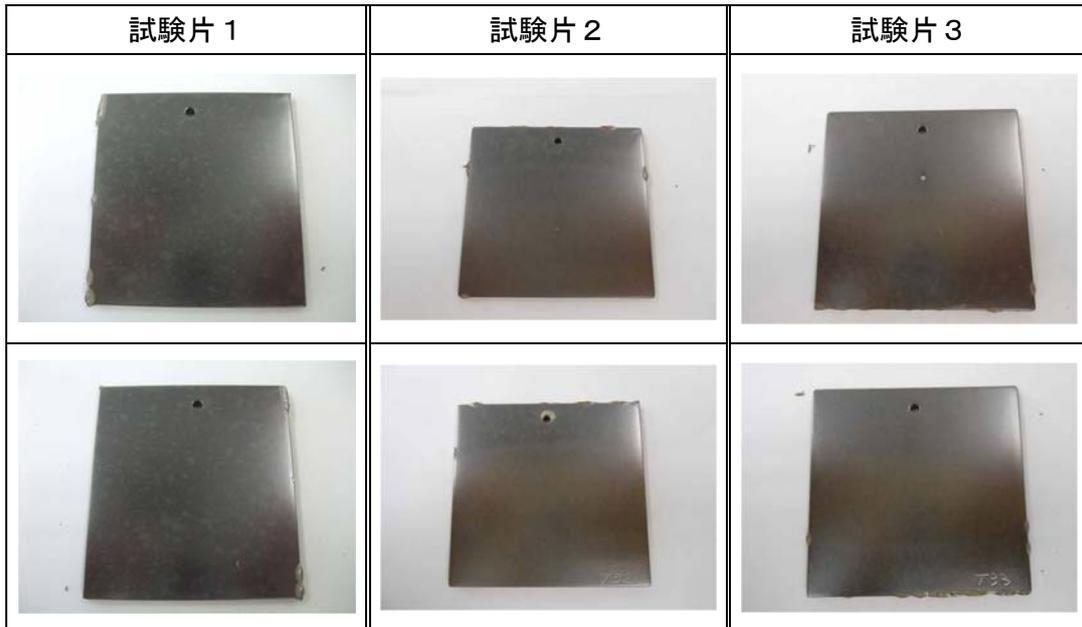
別紙 8-図 1-1 腐食試験結果

(バッチ式、熱処理条件：最高到達温度 1100℃ 冷却速度 5℃/秒)



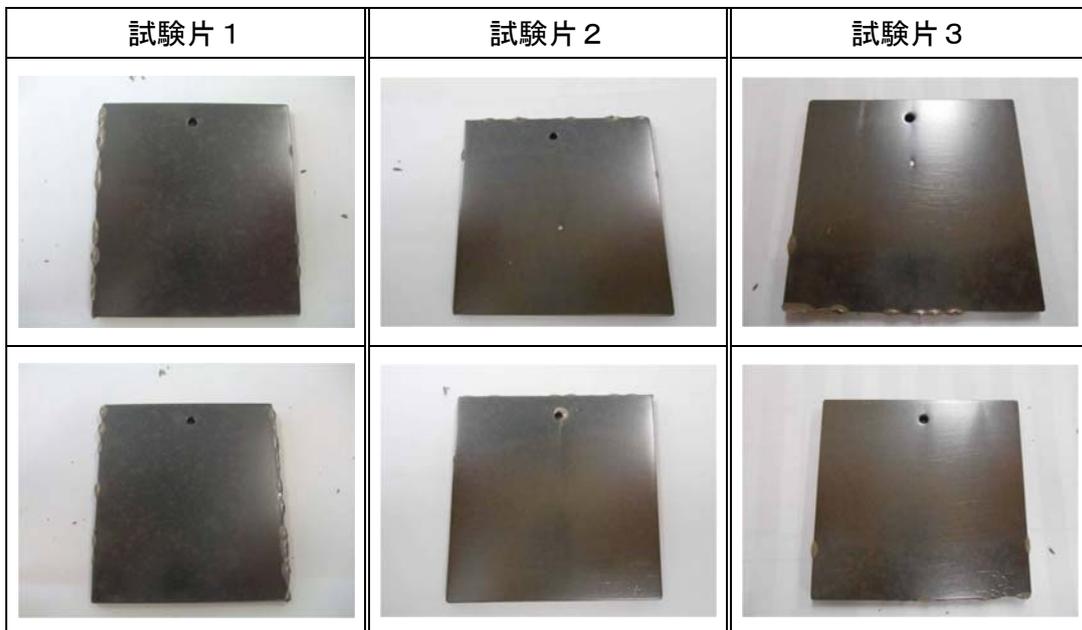
別紙 8-図 1-2 腐食試験結果

(バッチ式、熱処理条件：最高到達温度 1100℃ 冷却速度 25℃/秒)



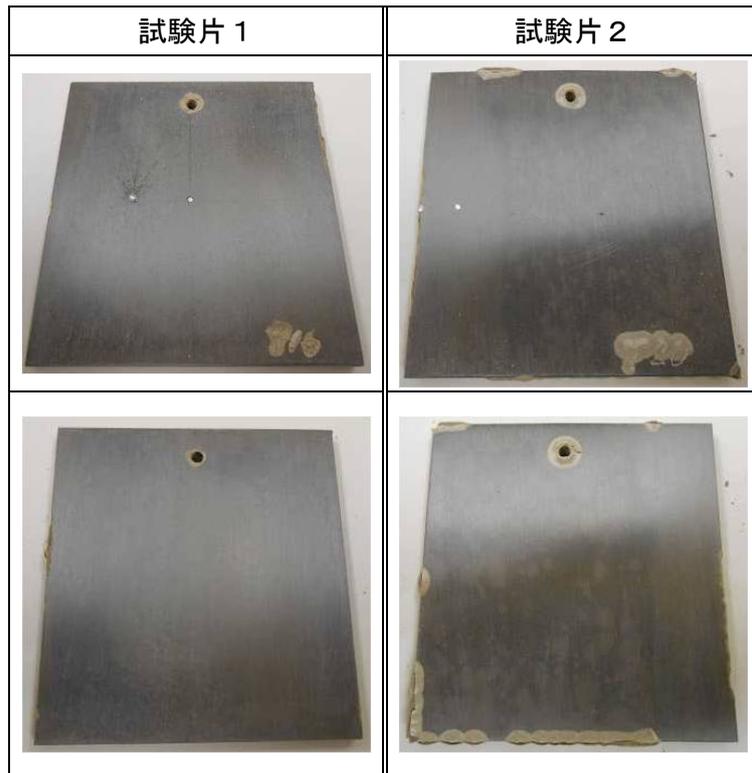
別紙 8-図 1-3 腐食試験結果

(バッチ式、熱処理条件：最高到達温度 900℃ 冷却速度 5℃/秒)



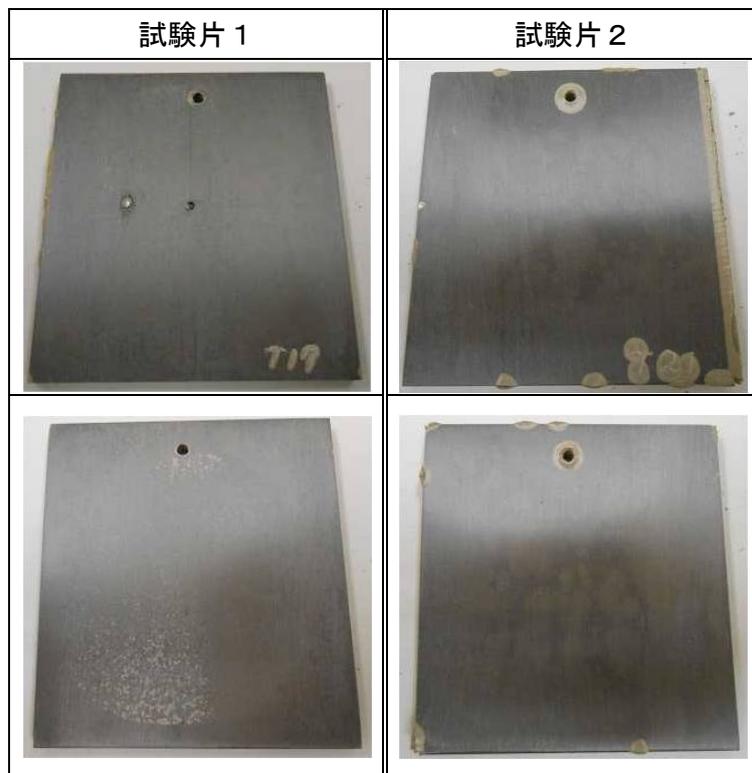
別紙 8-図 1-4 腐食試験結果

(バッチ式、熱処理条件：最高到達温度 900℃ 冷却速度 25℃/秒)



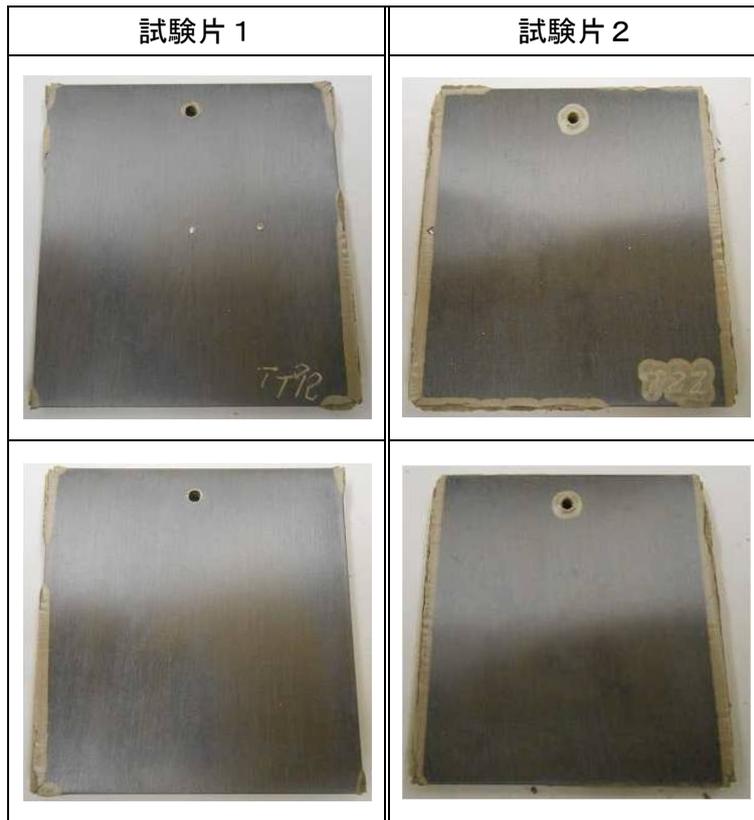
別紙 8-図 2-1 腐食試験結果

(ループ式、熱処理条件：最高到達温度 1100℃ 冷却速度 5℃/秒)



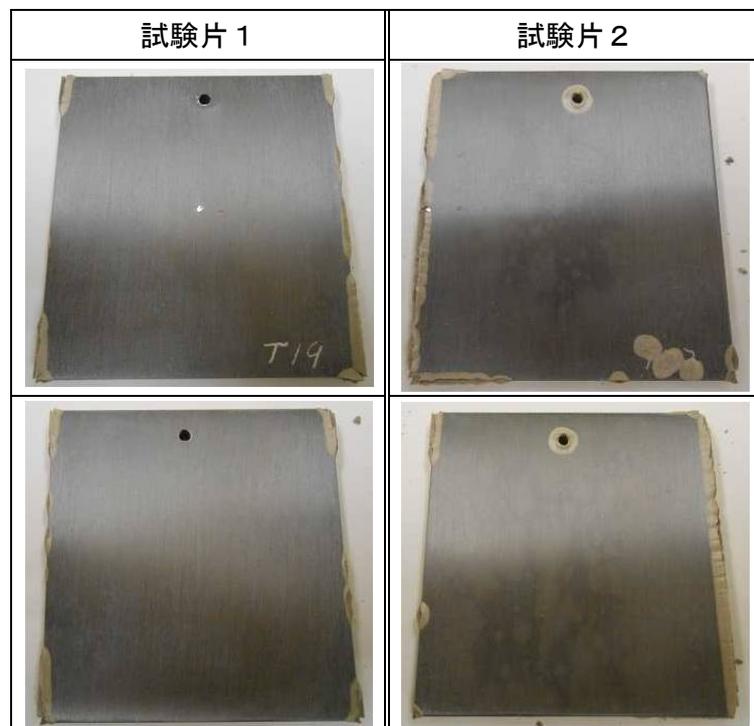
別紙 8-図 2-2 腐食試験結果

(ループ式、熱処理条件：最高到達温度 1100℃ 冷却速度 25℃/秒)



別紙 8 - 図 2 - 3 腐食試験結果

(ループ式、熱処理条件：最高到達温度 900℃ 冷却速度 5℃/秒)



別紙 8 - 図 2 - 4 腐食試験結果

(ループ式、熱処理条件：最高到達温度 900℃ 冷却速度 25℃/秒)

別紙8-表2 バッチ式腐食試験 腐食増量

熱処理条件		試験片番号	腐食増量 (g/m <sup>2</sup> )	平均の腐食増量 (g/m <sup>2</sup> )
最高到達温度	冷却速度			
1100℃	5℃/秒	1	13.9	14.4
		2	14.2	
		3	15.2	
1100℃	25℃/秒	1	22.9	16.6
		2	12.9	
		3	13.9	
900℃	5℃/秒	1	23.6	26.8
		2	30.5	
		3	26.4	
900℃	25℃/秒	1	57.7	37.2
		2	26.7	
		3	27.1	

別紙8-表3 ループ式腐食試験 腐食増量

熱処理条件		試験片番号	腐食増量 (g/m <sup>2</sup> )	平均の腐食増量 (g/m <sup>2</sup> )
最高到達温度	冷却速度			
1100℃	5℃/秒	1	14.80	28.57
		2	42.34	
1100℃	25℃/秒	1	21.84	35.80
		2	49.75	
900℃	5℃/秒	1	61.94	103.36
		2	144.78	
900℃	25℃/秒	1	54.01	64.38
		2	74.75	

平成 9 年に柏崎刈羽原子力発電所 5 号機において  
確認した事象に関して実施した調査について

平成 9 年 5 月に柏崎刈羽原子力発電所 5 号機の初装荷燃料に取り付けていた C/B を新燃料に取り付けて再使用するために、C/B の外観点検を行った。点検の結果、C/B 上部クリップ接合部付近が白色化している C/B を確認した。

白色化を確認した C/B は日立製作所において製造され、納入されたものであり、以下のとおり日立製作所とともに調査を実施した。

その結果、当該事象の原因は、クリップ接合部の溶接施工時に溶接部近傍に供給するバックパージガスの流量不足が生じたために、クリップ接合部の端部付近に局所的に空気の混入が発生し、部分的な耐食性の低下が起こったことが原因と結論付けている。

(1) 事象の影響範囲の特定

平成 9 年当時、C/B の外観点検は、側面部の性状に特に注目しつつ、C/B の側方から、コーナー部を画面の中心に置いて、2 つの側面を同時に観察する形で行っていた（各面に対して 45 度方向から観察する形）。この点検によって点検対象 52 本のうち 1 本に白色化を確認した。

それを受けて、改めて C/B の上方からクリップ接合部付近に注目した外観点検を行い、計 7 本の C/B（上記 1 本を含む）に白色化を確認した。C/B によって白色化の程度に差異があり、上記の外観点検で白色化を確認した 1 本は比較的白色化の程度が大きいものであった<sup>※1</sup>。

複数の C/B に同様な事象を確認したことから、確認対象を拡大することとし、同時期に製造した初装荷燃料向けの C/B 770 本全ての調査を行うこととした。調査は過去の燃料集合体炉内配置検査時の録画記録を用いて行うこととし、結果、103 本（上記 7 本を含む）に同様な白色化を確認した。

※1：新たに白色化を確認した 6 本の C/B のうち、4 本の白色化の程度はこの 1 本と同様に比較的大きいものであった。そこで、これら 5 本の C/B は念のために継続使用を行わないこととした。一方、比較的白色化の程度が小さいと評価した 2 本の C/B については継続使用することとした。

(2) 白色化の様相の調査

C/B の白色化が生じた部位について、外面から水中カメラを用いて観察するとともに（7 本全てに対して実施）、うち 4 本についてはファイバースコープを用いて内面も観察した。その結果、以下のことが判明した。

なお、C/B にクリップは 2 つ（チャンネルファスナを取り付ける側とその対角側）あるが、そのどちらにも白色化を確認している。

- ・白色化した部位はクリップ接合部の端部（溶接開始部付近<sup>※2</sup>）のみであり、溶接部全体には及んでいなかった。

- ・白色化した部位の中では、溶接部が崩れている状態に見える一方、母材部（熱影響部も含む）は健全に見えた。
- ・白色化した部位は内面も白色化していた。

以上の観察結果は、溶接部において耐食性の低下が部分的に生じた結果、白色化が発生したことを示唆するものであった。

※2：クリップ接合部の溶接は、端部（クリップの鋭角側）からコーナー部（クリップの直角部）方向へ複数回に分けて行う。

### (3) 溶接部に耐食性の低下が生じた原因の調査

#### (3)-1 溶接設備・溶接士について

初装荷燃料向けのC/B770本のクリップ接合部の溶接施工は、昭和63年～平成元年に実施しており、そのうち、白色化を確認した103本の施工時期は昭和63年10月～平成元年3月の期間であった（溶接本数に対する白色化の発生率で見ると、この期間の中でも特に昭和63年11月～平成元年2月が高い）。

昭和63年～平成元年の期間で溶接設備の更新は行っておらず、また、白色化を確認した103本の溶接施工を行った溶接士に偏りが無いことから、耐食性の低下は設備や人の特異性によるものではない。

#### (3)-2 溶接施工条件について

クリップ接合部の溶接は自動TIG溶接装置を用いて行っており、溶接時の電流、電圧、溶接速度、プリフロー時間（溶接直前にトーチのシールドガスを流しておく時間）は装置への設定値である。また、溶接部近傍への空気の混入を防止するためのトーチのシールドガス（以下、トーチガスという）、バックパージガス（溶接部裏側へ供給する不活性気体）はボンベから供給していた（流量計にて流量設定）。

これらの溶接施工条件のうち、プリフロー時間、トーチガス流量、バックパージガス流量について、作業指示書に定めた規定値から変更した場合の耐食性への影響を確認することとし、再現試験<sup>※3</sup>を実施した。その結果、バックパージガス流量を変更したケースにおいて実現現象を再現することができたことから、耐食性の低下はバックパージガスの流量不足が生じたために発生したと推定した。

- ・プリフロー時間：時間を極端に短くしたケースでは若干腐食が発生したが、実現現象を再現するものではないと判断。
- ・トーチガス流量：流量を低下させたケースでは腐食が発生したが、溶接部全面にわたっており、実現現象を再現するものではないと判断。
- ・バックパージガス流量：流量を低下させたケースでクリップ接合部の端部のみに腐食が発生し、実現現象を再現。

※3：溶接施工条件を変更した上で試験片の溶接を行い、当該試験片の高温蒸気による腐食試験によって腐食発生の有無を確認した。

## (3)-3 使用材料について

初装荷燃料向けのC/B 770本のうち、白色化を確認した103本に使用した各部材の素材ロットに特段の偏りはなく、耐食性の低下は材料の特異性によるものではない。

## (3)-4 溶接時の部材間の寸法精度の影響について

溶接時には部材間のギャップが規定値となるよう調整しており、その寸法調整にばらつきが生じたことで耐食性に影響を及ぼしたことも考えられる。しかしながら、ギャップの値を変更して行った再現試験の結果、白色化は発生せず、耐食性の低下は部材間の寸法精度の問題によるものではないと判断した。

## (3)-5 原子炉内での使用条件による影響について

白色化を確認したC/B 103本は、低濃縮初装荷燃料に100本、中濃縮初装荷燃料に3本を装着して原子炉内で使用した<sup>※4</sup>。白色化を確認したC/Bの製造時期が比較的集中していることから、装着先が低濃縮初装荷燃料に集中したものと考えられる。これら103本のC/Bを装着した初装荷燃料の使用条件は、その他の初装荷燃料と差異はなく、耐食性の低下は原子炉内での使用条件の特異性によるものではない。

※4：取替燃料によって構成する炉心は、燃焼期間が異なる燃料体（新燃料、1サイクル燃焼燃料、2サイクル燃焼燃料、...）が混在しており、それらを適切に配列することで出力分布が大きく偏らない炉心配置としている。一方、初装荷燃料にはそのような燃焼期間の差異がないことから、<sup>235</sup>U濃縮度の異なる複数の設計の燃料集合体（新型8×8ジルコニウムライナ燃料の場合、「低濃縮」、「中濃縮」、「高濃縮」の3種類）を用意することで同様な構成の炉心配置を実現している。なお、低濃縮初装荷燃料の場合、1～2運転サイクルで全ての燃料集合体を使用済燃料として取り出すことになるため、その燃料集合体に装着していたC/Bを他の燃料集合体へ付け替えて再使用することが多い。

以 上