

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）（概要）（1 / 3）

平成 25 年 9 月 26 日
東京電力株式会社

1. はじめに

原子力安全・保安院より平成 24 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、当社原子力発電所では、チャンネルボックス（以下、「C/B」という）上部（クリップ）の欠損の確認状況等について同年 9 月 10 日に中間報告を行いました。

その後、上記指示文書に基づく調査が全て完了したことから、その結果について取り纏め、本日、原子力規制委員会に報告しました。

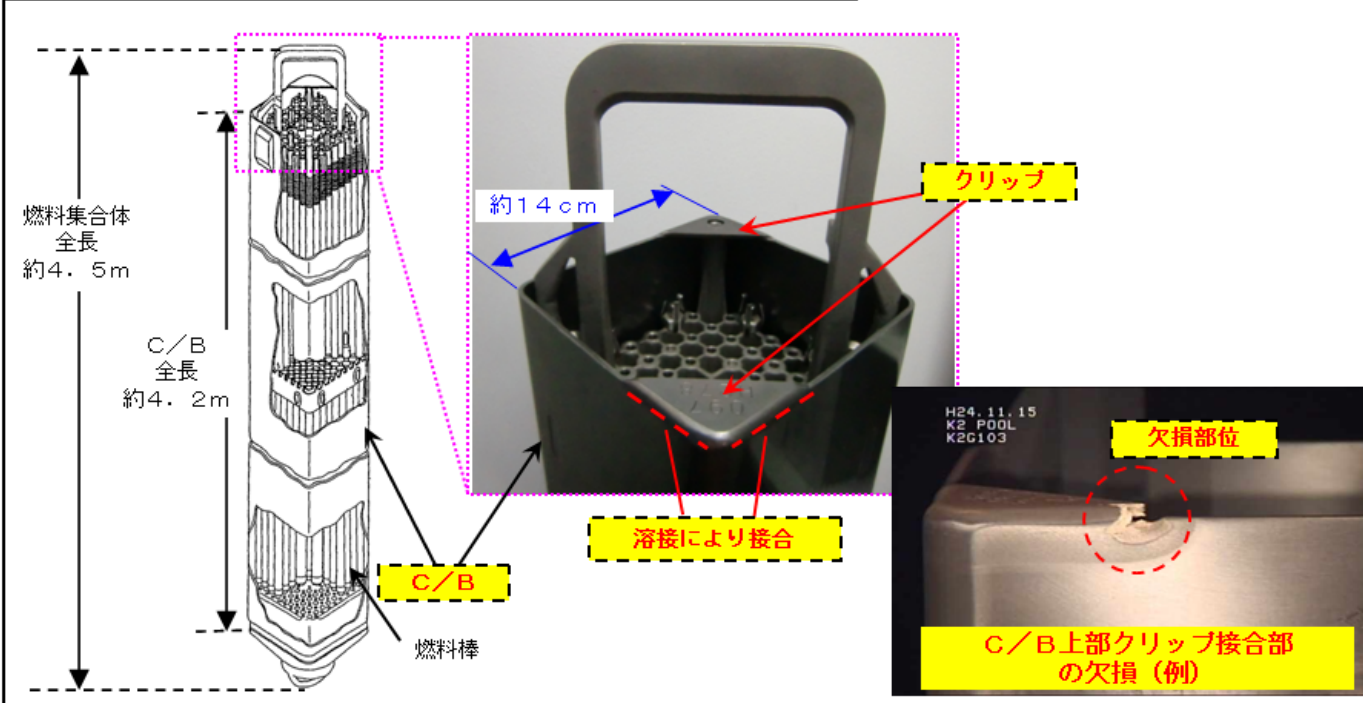
2. C/B 上部（クリップ）の欠損の確認状況

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にある燃料集合体に装着された C/B 18,586 本のうち、162 本の C/B 上部クリップの接合部に欠損を確認しました。

（下表および図 1 参照）

号機	点検本数	欠損を確認した C/B の本数	欠損部位の最大長さ
1 号機	2,430 本	8 本	約 21 mm
2 号機	2,538 本	12 本	約 29 mm
3 号機	2,328 本	23 本	約 28 mm
4 号機	2,360 本	0 本	—
5 号機	2,492 本	50 本	約 17 mm
6 号機	3,230 本	32 本	約 18 mm
7 号機	3,208 本	37 本	約 17 mm
合計	18,586 本	162 本	—

図1 「燃料集合体概略図」と「クリップ」および「その接合部における欠損」の写真



3. C/B 上部クリップ接合部の欠損の原因調査結果

欠損については、神戸製鋼製、日立製、Car Tech 製、ABB-ATOM 製の C/B で確認され、その原因は溶接不良（過大な入熱、空気の混入）にあると推定しました。

＜略語＞「神戸製鋼：株式会社神戸製鋼所」、「日立：株式会社日立製作所」、「Car Tech：CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION」、「ABB-ATOM：ASEA BROWN BOVERI ATOM INCORPORATED」

(1) 神戸製鋼製 C/B の原因調査結果

※クリップの自動溶接時は、アルゴンガス雰囲気としたチャンバ内において、溶接部の母材の溶落ち防止のための当て板金としてタンタル板を使用しています。溶接開始時は、このタンタル板を予熱するため、溶接開始点であるクリップ溶接部端部においてアークを出した状態で十数秒程度溶接トーチを保持しています。（図 2 参照）このため、クリップ溶接部端部の入熱量が大きくなるとともに、予熱されたタンタル板の影響もあって、溶接後の冷却速度が低下することを確認しました。

※ジルコニウム合金の溶接部は、溶接による熱の影響で針状の結晶組織が集合した組織へ変化しますが、この針状組織は溶接後の冷却速度が低下するほど粗大化します。図 3 のとおり母材部の微細な結晶組織に対し、溶接部では粗大化していることを確認しました。

※ジルコニウム合金には、耐食性向上のため鉄などの元素を添加していますが、この針状組織においては鉄などの元素はほとんど固溶しないため、それら元素が針状組織の粒界に偏析します。図 4 のとおり母材部では鉄元素が分散しているのに対し、溶接部では偏析していることを確認しました。

以上から、以下のメカニズムにより、腐食が発生し欠損に至ったものと推定しました。

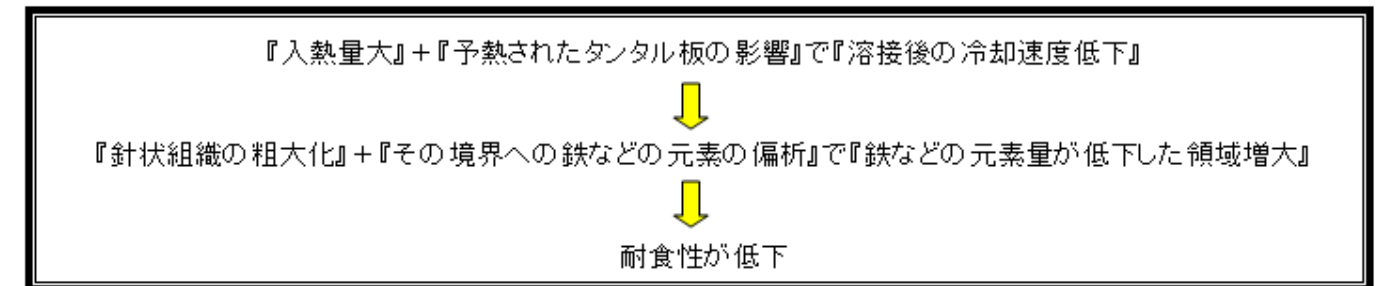
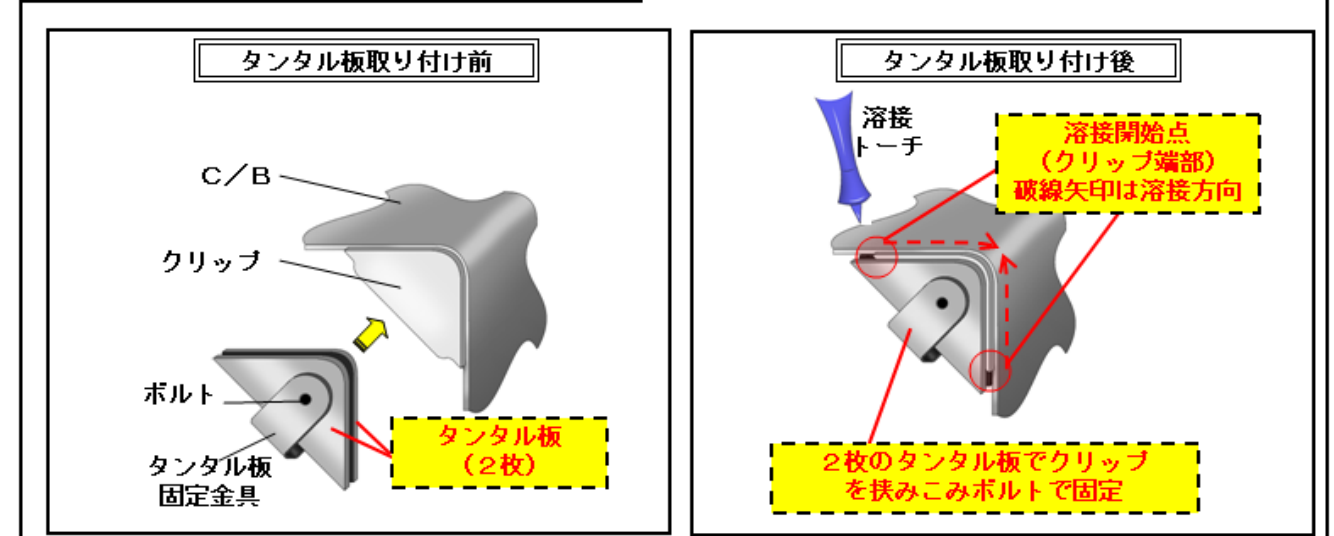
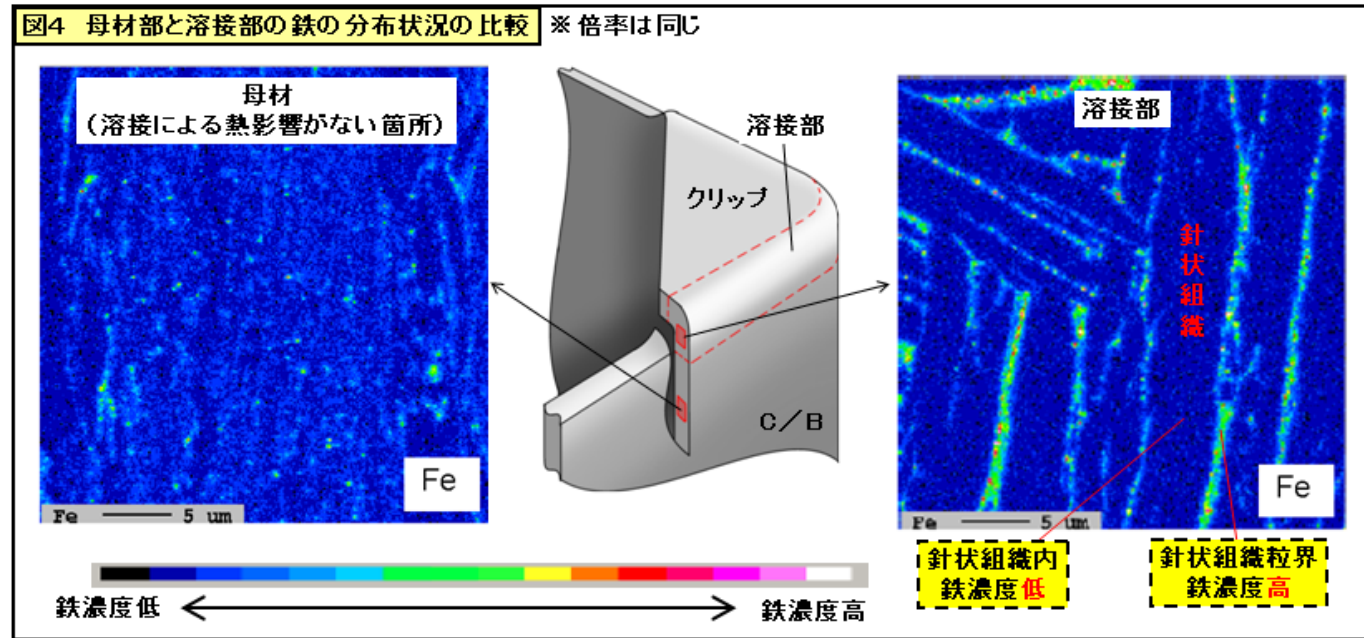
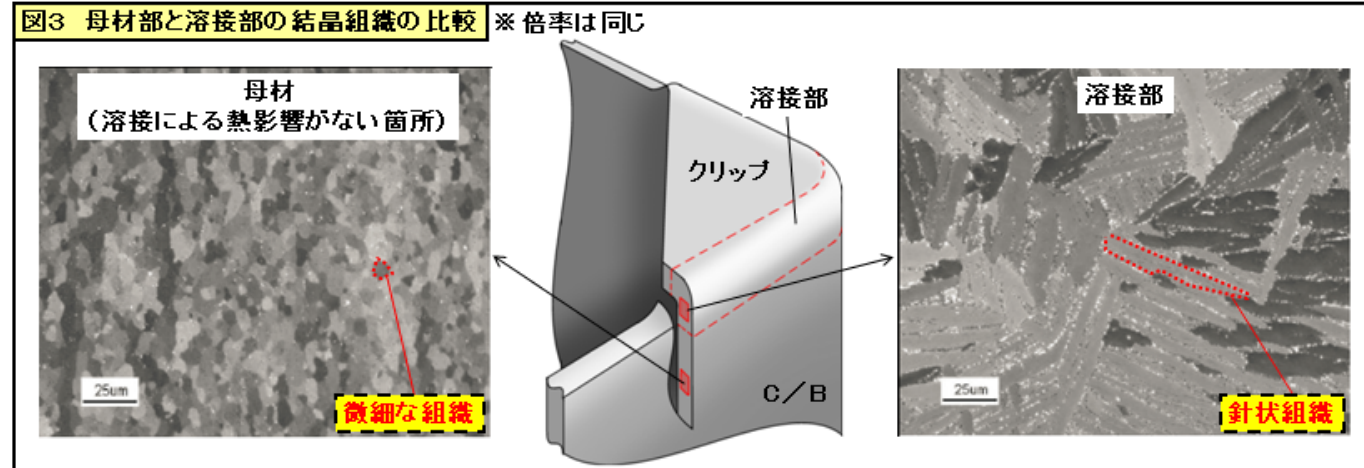


図2 溶接時における「タンタル板」の取り付け概要図



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）（概要）（2 / 3）



≫なお、日立では、神戸製鋼製C/Bで過大な入熱の原因となった当て板金の使用はありませんでした。

以上から、空気混入により耐食性が低下、腐食が発生し欠損に至ったものと推定しました。

(3) Car Tech 製C/Bの原因調査結果

≫点検結果から事象の様相は、日立製C/Bで確認された空気混入によるものと同様の様相を観察しました。

≫神戸製鋼製C/Bのように当て板金の使用はしていませんでしたが、当時の溶接記録の調査から欠損を確認したC/Bを溶接した溶接設備の入熱量が大きいことを確認しました。

以上から、空気混入と過大な入熱の両者が原因となって耐食性が低下、腐食が発生し欠損に至ったものと推定しました。

(4) ABB-ATOM 製C/Bの原因調査結果

≫点検結果から事象の様相は、神戸製鋼製C/Bに見られる特徴を確認しました。

≫ABB-ATOMでは、神戸製鋼製C/B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ません。

以上から、神戸製鋼製C/Bの事象と同じ原因により、欠損に至ったものと推定しました。

4. C/B機能、燃料集合体および原子炉施設への影響

(1) C/B上部クリップの機能への影響

≫C/B上部クリップ部の点検の結果、確認した欠損部位の最大長さは約29mmでした。

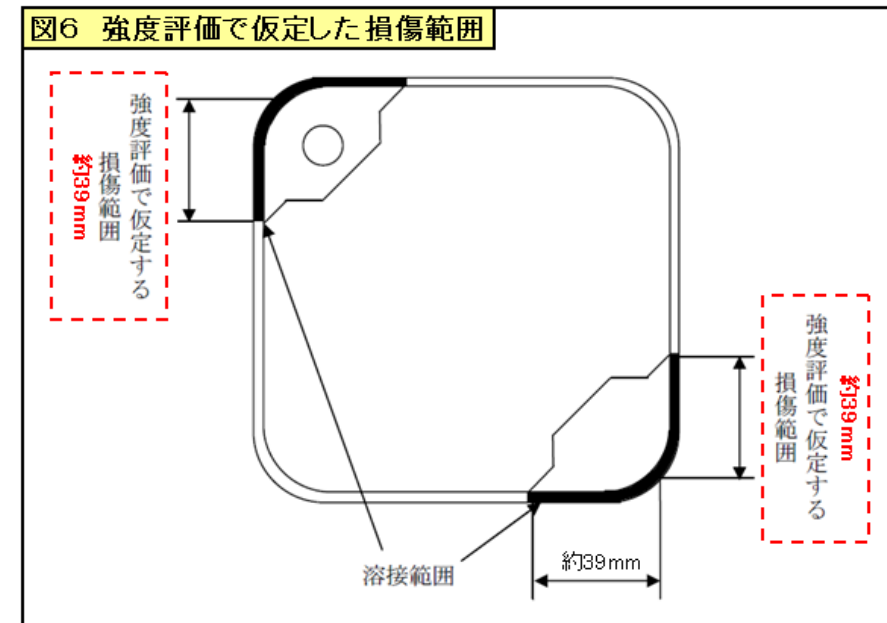
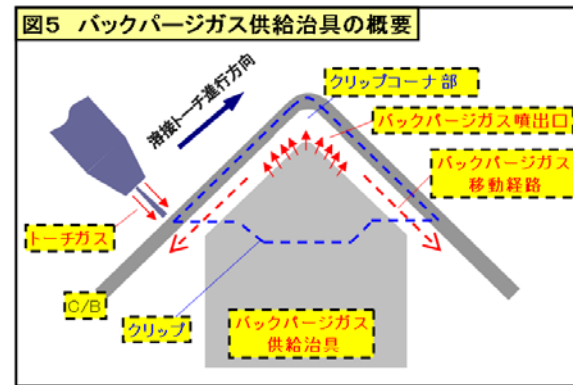
≫図6のように、2枚のクリップのそれぞれにおいて、その溶接長さの半分程度（39mm）にわたって欠損が発生していると仮定しても、その許容最大荷重は1,000kg以上であり、クリップ部に考え得る最大の荷重である燃料集合体とC/Bの合計重量約300kgが加わっても十分余裕があることから、C/B上部クリップの機能への影響はありません。

(2) 日立製C/Bの原因調査結果

≫図5のとおり、空気混入による溶接不良を防止するため、溶接トーチ側（トーチガス）とその裏側（バックパージガス）からアルゴンガスを吹き付け、空気を遮断しつつ溶接を行っています。

≫バックパージガスは、図5のとおりクリップコーナー部近傍で吹き出し、クリップ端部を通過して外部に流出する経路となっているため、バックパージガスの供給不足などが発生した場合、クリップ端部側のガスの濃度が低下し、空気に対するシールド性が低下します。

≫バックパージガスの供給不足を模擬した再現試験を行った結果、クリップ端部において同事象を確認しました。



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）（概要）（3 / 3）

平成 25 年 9 月 26 日

東京電力株式会社

（2）C/B機能への影響

原因調査の結果、欠損する可能性がある範囲は、クリップ溶接部に限られることから、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）に影響はありません。

（3）燃料集合体への影響

欠損を確認した 162 体の燃料集合体について外観点検を行った結果、5 号機においてウォータ・ロッドに曲がりを確認した 17 体を除き、損傷、変形等の異常はありませんでした。ウォータ・ロッドが曲がった原因は、燃料集合体へのC/B装着時の過大な荷重*であり、C/B上部クリップの欠損によるものではないことから、燃料集合体への影響はありません。

※『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しております。

（4）原子炉施設への影響

欠損部の一部を採取して分析した結果、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ました。試料採取の際に細かい粉体に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、原子炉施設の機器やシステムの安全性に影響を与えることはありません。

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、6. に記述するとおりクリップ溶接部の欠損状況を管理していくことにより、クリップが脱落することがないようにしていきます。

（4）ABB-ATOM 製C/Bの再発防止対策

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の製造を行っていません。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します。

6. 欠損を確認したC/Bの継続使用の可否について

欠損を確認したC/Bは、4. のとおり継続して使用することに問題はありません。

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の確認を行ってまいります。

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の欠損状況の確認を行ってまいります。

以 上

5. C/B上部クリップ接合部の欠損に対する製造段階における再発防止対策

（1）神戸製鋼製C/Bの再発防止対策

タンタル板を使用廃止するとともに新規溶接設備の導入を行い、入熱量の低減と冷却速度の低下を防止する溶接設備に変更することとします。

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、6. に記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します。

（2）日立製C/Bの再発防止対策

旧溶接設備（欠損を確認したC/Bを製造した溶接設備）から変更した現在の溶接設備（平成 14 年導入）では、空気混入を防止するための設備及び作業管理の対策が施されており、この溶接設備で製造されたC/Bでは欠損はありませんでした。

このことから空気混入防止対策は有効であり、新たな再発防止対策は不要です。

（3）Car Tech 製C/Bの再発防止対策

旧溶接設備（欠損を確認したC/Bを製造した溶接設備）から変更した現在の溶接設備（平成 9 年導入）では、入熱量低減と空気混入を防止するための対策が施されています。

他電力会社においては、平成 10 年以降に納入されたものについて欠損は確認されていません。

しかしながら当社では、平成 10 年以降の納入品の使用量は少数に留まり、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、6. に記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します。