

平成 24 年 10 月 26 日
東京電力株式会社

柏崎刈羽原子力発電所 第 5 号機の
燃料集合体ウォータ・ロッドの曲がりについて（中間報告）

1. はじめに

柏崎刈羽原子力発電所 第 5 号機（以下「K5」という）において指示文書「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）に基づく調査の一環として使用済燃料集合体の外観点検を実施していたところ、うち 2 体のウォータ・ロッドに曲がり確認された。

（添付資料-1）

本報告書は、当該事象を受けて発出された指示文書「東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第 5 号機の燃料集合体ウォータ・ロッドの曲がりについて（指示）」（原規防発第 121017001 号）に基づき、原因を究明するための調査の方針及び具体的な調査計画等について中間報告するものである。

なお、本報告書において示した計画に基づいて今後実施する曲がりの状況把握及び原因究明の結果については、その進捗に応じて、速やかに報告を行うこととする。

2. 指示事項

- (1) K5 にて確認された 2 体の燃料集合体のウォータ・ロッドの曲がり及び燃料集合体のその他の構成要素についての状況を把握し、その原因を究明するための調査の方針及び具体的な調査計画を策定し、平成 24 年 10 月 26 日までに報告すること。
- (2) その際、併せて、曲がり確認された 2 体の燃料集合体の履歴とそれまでに把握した曲がりの詳細状況及び K5 におけるその他の燃料集合体の点検状況についても、平成 24 年 10 月 26 日までに報告すること。
- (3) (1)で策定した計画に基づき曲がりの状況把握及び原因究明を行い、その結果について速やかに報告すること。

3. 状況把握及び原因究明のための調査について（指示事項(1)関連）

3.1 現時点で想定される原因について

ウォータ・ロッドに曲がり確認された使用済燃料集合体（以下「当該燃料集合体」という）は、いずれも高燃焼度 8×8 燃料（日本ニュークリア・フュエル（JNF）^{*1}製）であり、燃料番号はそれぞれ K5D22、K5D108 である。これらの燃料集合体は平成 6 年に JNF から発電所に受け入れているが、その際の検査では異常が認められていない。従って、ウォータ・ロッドの曲がりは、その後の発電所における取り扱い時、または、原子炉内での使用時に発生したものと考えられる。

ウォータ・ロッド（ジルコニウム合金製の管材）が曲がる原因には、照射成長^{*2}

に伴う要因（原子炉内での使用時に発生）と外力に伴う要因（取り扱い時等に発生）が想定されるが、以下に示す通り、照射成長に伴う要因については当該燃料集合体の状況に合致せず、本事象の原因ではないと考えられる。

※1：当該の2体の燃料集合体が当社に納入された当時の名称。現在の名称はグローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン（GNF-J）。

※2：ジルコニウムは、中性子照射を受けると結晶が特定方向に伸びることが知られている。そのため、圧延等によって結晶が比較的同じ向きに揃っているジルコニウム合金製品では一般に特定方向（管材の場合は軸方向）への照射成長が観察される。

- ・設計上、ウォータ・ロッドや燃料棒の照射成長は適切に考慮されており、それらの部材の照射成長が拘束されて曲がりが生じるようなことは考えがたい。これまでに高燃焼度8×8燃料は国内で25000体以上の使用実績を有しているが、設計で想定していないウォータ・ロッドの照射成長に伴う不具合が確認されたことはない。
- ・ウォータ・ロッドが過大に照射成長したことに伴って曲がりが生じたと仮定すると、ウォータ・ロッドの上部端栓は燃料集合体の上部タイ・プレートに、下部端栓は下部タイ・プレートに最大限押し込まれた状態になると想定される。この場合、ウォータ・ロッドの上部端栓の上端は、燃料集合体の上部タイ・プレートから突き出すような設計であることから、外観点検において上端が大きく突き出した状況が観察されると考えられる。一方、K5D108の外観点検結果からは、ウォータ・ロッドの上部端栓の上端が上部タイ・プレートの上面よりも低い位置にある様子を確認している。また、K5D22についても、ウォータ・ロッドの上部端栓の上端の状態は他の燃料集合体と比較して特異な点は認められない。これらの結果は、照射成長が想定以上に発生した場合とは状況が合致していない。

（添付資料-2）

- ・燃料集合体の製造時に行う検査に当該燃料集合体は全て合格しており、ウォータ・ロッドに製造不良が生じていることは認められない。
- ・4.に示す通り、当該燃料集合体の原子炉内での装荷履歴には、他の燃料集合体と比較して特異な点は認められない。

従って、当該燃料集合体のウォータ・ロッドが曲がった原因は外力^{※3}によるものと考えられる。発電所において燃料集合体に外力が作用する要因としては、燃料集合体へのチャンネル・ボックス取り付け作業、原子炉内／使用済燃料プール内での燃料集合体移動作業、地震が想定される。

※3：ウォータ・ロッドの曲がりの状況からは、上下方向から外力が加えられ、相対的に強度が低い細径部（ウォータ・ロッドの上部及び下部）が曲がったと考えられる。ウォータ・ロッドは、上部タイ・プレートと下部タイ・プレートに差し込まれた状態で燃料集合体内に組み込まれている。燃料集合体の上部タイ・プレートは、上面を燃料棒（タイ・ロッド）に付けられたナットによって拘束され、下面を燃料棒及びウォータ・ロッドのエクステンション・スプリングによって支えられた状態となっており、上方から外力が加

えられた場合、下方に沈み込む挙動をする。高燃焼度 8×8 燃料の場合、上部タイ・プレートが沈み込んできた場合、燃料棒よりも先にウォータ・ロッドに接触する取り合いとなっており、ウォータ・ロッドに上下方向の応力が加えられることになる。

(添付資料-3)

① 燃料集合体へのチャンネル・ボックス取り付け作業

チャンネル・ボックスは燃料集合体の上部タイ・プレートの上に積載した状態で組み付ける設計となっており、燃料集合体にチャンネル・ボックスを取り付ける作業時には上部タイ・プレートの上方から力を加える形になる^{※4}。この作業時に過大な荷重を加えた可能性が想定される。

当該燃料集合体の履歴を確認したところ、新燃料へのチャンネル・ボックス取り付け以外には、チャンネル・ボックスの取り付け・取り外し履歴はなかった。ただし、新燃料時に取り付けしたチャンネル・ボックスは再使用チャンネル・ボックス^{※5}であり、取り付け作業は水中にて行っていた。また、当該作業を行った当時（平成 6 年）、水中でのチャンネル・ボックス取り付け作業時において、過大な荷重をかけるため^{※6}の運用は行われていなかった。

(添付資料-4)

※4：燃料集合体の上部タイ・プレートに力が加わるのは、上部タイ・プレートにチャンネル・ボックスが着座した瞬間である。この着座が起こる直前にチャンネル・ボックス下端部が下部タイ・プレートの側面を通過することになるが、JNF 製の高燃焼度 8×8 燃料にはここに板ばね（フィンガスプリング）が設けられており、通過させるのに大きな力を加える必要がある。

なお、フィンガスプリングは、チャンネル・ボックスと下部タイ・プレートの隙間からチャンネル・ボックスの外側へ漏れ出る冷却材の流れを制限するための部材であり、ばね力によってチャンネル・ボックスに密着する設計である。

※5：新燃料には新品のチャンネル・ボックスを取り付けるのが通常の運用であり、その場合には燃料集合体に近接して作業を行うために力の加え方等の管理が十分に可能な気中で取り付け作業を行うが、当該燃料集合体には照射された再使用チャンネル・ボックスを取り付けたため、遠隔で作業を行う必要のある水中での取り付け作業となった。なお、チャンネル・ボックスの再使用は、1～2 運転サイクル使用して取り出した初装荷燃料に装着していたチャンネル・ボックスを他の燃料に付け替える運用であり、チャンネル・ボックス廃棄物の発生量低減の観点から実施していた。

※6：当時はフィンガスプリングを採用した燃料集合体への水中におけるチャンネル・ボックス取り付け時にはチャンネル・ボックスを一旦引き上げた後、落とし込んで取り付ける等の運用をしており、燃料集合体に過大な荷重が加えられる作業方法となっていた。しかしながら、平成 10 年にこの作業方法が原因となって原子燃料工業（NFI）製の高燃焼度 8×8 燃料のスペーサの一部（架橋板）を破損させる事象が発生したため、その後は燃料集合体に過大な荷重をかけないように作業方法を見直している。

なお、NFI 製の高燃焼度 8×8 燃料には、フィンガスプリングではなく、同等の機能を

有するリーク制御板が採用されている（このリーク制御板（GNF-J ではフィンガプレートと呼称）は 9×9 燃料（A 型）及び 9×9 燃料（B 型）においても同様に採用している）。リーク制御板は、冷却材の流れに伴って発生する揚力によってチャンネル・ボックスに密着する設計であるため、チャンネル・ボックス取り付け時にはチャンネル・ボックスと強接触することはなく、本来はフィンガスプリングを採用した燃料集合体のようにチャンネル・ボックスを通過させるために大きな力を加える必要はない。平成 10 年の事象は、このような設計上の差異等を適切に考慮した標準的な作業手順が定められていなかったために、作業において過大な荷重を燃料集合体に加えてしまったものである。

② 原子炉内／使用済燃料プール内での燃料集合体移動作業

原子炉内／使用済燃料プール内での燃料取替機を用いた燃料集合体の移動時において、移動中の燃料集合体等が他の燃料集合体の上部に乗り上げて、その燃料集合体の上部タイ・プレートに力を加える可能性が想定される。しかしながら、燃料取替機が燃料集合体等を吊り下ろす速度は、他の燃料集合体に乗り上げる可能性のある高さにおいては十分低くなるよう制御されており、また、乗り上げの発生を速やかに検知し、吊り下ろしを停止する機能を有していることから、本事象の原因である可能性は低い。

③ 地震

新潟県中越沖地震時（平成 19 年）に当該燃料集合体は使用済燃料プールにおいて保管中であった。地震時に当該燃料集合体に加わった応力による影響が想定されるが、以下に示す通り、新潟県中越沖地震による応力は本事象の原因ではないと考えられる。

- ・前述の通り、ウォータ・ロッドの曲がりの状況からは、上下方向から外力が加えられて、細径部（ウォータ・ロッドの上部及び下部）が曲がった様子が見て取れる。一方、地震時に加わる応力は、多くが水平方向加速度に起因するものであり、燃料集合体の中央部（ウォータ・ロッドは太径部に相当）を中心として弓状に振動させる力が働くと考えられる。これはウォータ・ロッドの曲がりの状況と合致していない。また、新潟県中越沖地震時の K5 における鉛直方向加速度は、燃料集合体を浮き上がらせる程の大きさではなく、上下方向の外力を及ぼすものではない。
- ・6. に示す通り、当該燃料集合体 2 体と同時期に使用済燃料プールに保管していた高燃焼度 8×8 燃料の外観点検を既に 9 体実施しているが、これらには同様なウォータ・ロッドの曲がりが認められていない。

（添付資料-5）

3.2 調査の方針及び具体的な調査計画について

3.1 に示した通り、本事象の原因は外力によるものと推定され、また、当該燃料集

合体には新燃料時に水中作業にて再使用チャンネル・ボックスを取り付けたという特異な取り扱い履歴があることがわかった。

こうした事実が本事象の原因に関連しているか否かを確認する観点からは、様々な取り扱い履歴を有する燃料集合体の外観点検を実施し、同様なウォータ・ロッドの曲がりの有無を確認し、比較することが有効と考えられる。

具体的には以下の履歴に合致する燃料集合体を複数体選定した上で、外観点検を実施することとする（10月下旬～11月中旬実施予定）。

選定する燃料集合体	選定の考え方
第4回取替燃料（K5Dxxx） （再使用チャンネル・ボックス装着）	当該燃料集合体と同じ取り扱い履歴を有する燃料集合体を追加で調査し、本事象の発生頻度を把握する。
第4回取替燃料（K5Dxxx） （新品チャンネル・ボックス装着）	新燃料時に水中作業によるチャンネル・ボックス取り付けを経験していない燃料集合体を調査し、当該燃料集合体と比較する。 なお、原子炉内への装荷履歴等、その他の履歴については当該燃料集合体とほぼ同等のものを選定する。
第7回取替燃料（K5Gxxx） （再使用チャンネル・ボックス装着）	平成10年に水中作業の方法を見直した以降に新燃料時の水中作業によるチャンネル・ボックス取り付けを経験している燃料集合体を調査し、当該燃料集合体と比較する。

（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）」に基づき、外観点検を行う予定としている燃料集合体には、これら以外の取り扱い履歴を有する燃料集合体も含まれており（第3回取替燃料（K5Cxxx）（再使用チャンネル・ボックス装着）や第5回取替燃料（K5Exxx）（再使用チャンネル・ボックス装着）等）、実際にはより多様な取り扱い履歴を有する燃料集合体の外観点検を行うことになる。）

また、当該燃料集合体に対しては、現在までに水中カメラを用いた外観点検を行ってきたが、ウォータ・ロッドは燃料集合体内の中心部に配置された部材であることから、その状況をより詳細に観察するためにはファイバースコープを燃料集合体内部に挿入した上で、ウォータ・ロッドが曲がった部分等に近接して外観調査を行うことが適切と考えられる。そのため、より詳細に状況の把握を行う観点から、ファイバースコープを用いた燃料集合体内部の外観調査を行うこととする（11月中旬以降実施予定）。

（添付資料-6）

3.3 本事象が当該燃料集合体に及ぼす影響について

新燃料時に水中作業にて再使用チャンネル・ボックスを取り付けた際にウォータ・

ロッドに曲がりが生じたと想定した場合、当該燃料集合体はウォータ・ロッドが曲がった状態のまま原子炉内で使用されたことになる。その場合でも、以下に示す通り、当該燃料集合体に及ぼす影響は小さいものと現時点では考えられるが、健全性に対する影響については、今後の調査を通じて状況把握を更に進めた上で、解析コード等による評価を行っていくこととする。

- ・ウォータ・ロッドの大きな曲がりには上部及び下部の細径部に発生しており、スペーサによって位置を固定されている太径部（ウォータ・ロッドの中央部）にはほぼ認められていない。従って、出力が高い領域における核的な影響（中性子の減速機能への影響）は小さいと考えられる。なお、当該燃料集合体を原子炉内で使用していた期間（平成7年～平成12年（第5運転サイクル～第8運転サイクル））における燃料棒最大線出力密度の原子炉内での最大値は42.1kW/m（制限値：44.0kW/m以下）、最小限界出力比（高燃焼度8×8燃料）の原子炉内での最小値は1.35（制限値：1.23以上）であった。当該燃料集合体はこれらの値よりも熱的制限値に対して余裕のある状態で使用していた。
- ・ウォータ・ロッド下部の細径部の曲がりは、燃料棒最下部の天然ウランを装填した領域の範囲にほぼ留まっている。この領域では冷却材の沸騰に伴うボイドの発生はほとんどなく、ウォータ・ロッドが曲がったことによる核的な影響はほぼないと考えられる。曲がったウォータ・ロッドが隣接する燃料棒に接触している様子や管材が閉塞して減速材の流路が損なわれている様子は認められない。
- ・ウォータ・ロッド上部の細径部は、燃料棒最上部のプレナム領域^{※7}に相当する部位にあり、曲がっていても核的な影響は基本的に及ぼさない。また、第7スペーサより上のウォータ・ロッド太径部も若干曲がっている様子が認められるが、この部位は出力が比較的低い燃料棒上部の天然ウランを装填した領域の範囲にほぼ留まっている。曲がったウォータ・ロッドが一部隣接する燃料棒に接触している様子が認められるが、燃料棒の当該箇所の発熱状況を考慮すると、除熱の面で問題が生じることはないと考えられる。接触に伴って隣接する燃料棒が曲がっている様子も認められるが、当該箇所はプレナム領域であるため、核的あるいは熱的な影響は小さいと考えられる。

※7：燃料の核分裂に伴い発生する気体状の核分裂生成物を溜めるために設けられた燃料棒上部の空間であり、燃料ペレットは装填されていない。

4. 当該燃料集合体の履歴について（指示事項(2)関連）

当該燃料集合体は、平成6年に発電所に受け入れた後、平成7年～平成12年の期間（4運転サイクル分）原子炉に装荷して使用し、平成12年以降、現在に至るまで使用済燃料プールにて保管している。原子炉内での装荷履歴には、他の燃料集合体と比較して特異な点は認められない。また、原子炉内から取り出した際の燃料集合体の燃焼度についてはK5D22が37425MWd/t、K5D108が39553MWd/tであった。当該燃料集合体を原子炉内で使用していた期間中、漏えい燃料の徴候は認められておら

ず、当該燃料集合体は使用期間を通じて健全性を維持していたものと考えられる。

なお、使用済燃料プールに保管中には、プール内で K5D22 は 2 度（平成 16 年及び平成 22 年）、K5D108 は 3 度（平成 16 年、平成 19 年及び平成 22 年）移動を行っているが、移動作業に関わる不適合事象は特に発生していない。

（添付資料-7）

5. 当該燃料集合体の状況について（指示事項(2)関連）

5.1 ウォータ・ロッドの曲がりの状況

5.1.1 K5D22 の状況

水中カメラを用いた外観点検の結果、ウォータ・ロッド下部の細径部に大きな曲がりが確認された。この曲がりは細径部の下部に設けられた通水孔付近を中心としてほぼ「くの字」の形となるように発生しており、細径部の下側 1/3 程度に及んでいる。曲がりの頂点付近の管材の表面に皺状の変形が確認できるが、管材が閉塞している状況は認められなかった。また、隣接する燃料棒とウォータ・ロッドとの接触も認められなかった。

なお、ウォータ・ロッド上部の細径部も若干曲がっている可能性があるが、その程度はさほど大きなものではない。

（添付資料-1-1）

5.1.2 K5D108 の状況

水中カメラを用いた外観点検の結果、ウォータ・ロッド上部の細径部に大きな曲がりが確認された。この曲がりは細径部の中央部付近を中心としてほぼ「くの字」の形となるように発生しており、細径部の全長に及んでいる。曲がりは更に下方に接続された太径部にも若干の影響を及ぼしているが、第 7 スペーサにおいて矯正される形となっている。隣接する燃料棒とウォータ・ロッドとが接触し、押し込む形で隣接する燃料棒にも曲がりが生じている様子が確認できた。

なお、ウォータ・ロッド下部の細径部も若干曲がっている可能性があるが、その程度はさほど大きなものではない。

（添付資料-1-2）

5.2 その他の構成要素の状況

高燃焼度 8×8 燃料は、燃料棒 60 本（うち 8 本はタイ・ロッド）、ウォータ・ロッド 1 本、上部タイ・プレート、下部タイ・プレート各 1 個、スペーサ 7 個等の部材によって構成されている。水中カメラを用いた外観点検の結果、5.1 に示した事項以外には当該燃料集合体の構成要素に特に異常は認められていない。

（添付資料-8）

6. K5 におけるその他の燃料集合体の点検状況について（指示事項(2)関連）

K5 においては、チャンネル・ボックス上部（クリップ）の一部欠損が認められた

燃料集合体 33 体（新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料 1 体、高燃焼度 8×8 燃料 32 体）の外観点検を計画し、これまでに 11 体（すべて高燃焼度 8×8 燃料（NFI 製 8 体、JNF 製 3 体（当該燃料集合体 2 体含む））の外観点検を終了している。

既に外観点検を終了した 11 体のうち、当該燃料集合体以外の 9 体にはウォータ・ロッドの曲がりを含め、異常は特に認められていない。

（添付資料-9）

7. まとめ

- ・本事象の原因は、ウォータ・ロッドに作用した外力によるものと推定され、また、当該燃料集合体には新燃料時に水中作業にて再使用チャンネル・ボックスを取り付けたという特異な取り扱い履歴があることがわかった。この取り付け作業は、平成 10 年に作業方法を見直す以前に行われており、過大な荷重が加えられた可能性があると考えられる。
- ・この事実を踏まえ、今後、様々な取り扱い履歴を有する燃料集合体の外観点検を実施し、同様なウォータ・ロッドの曲がりの有無を確認し、比較することとする。
- ・また、ウォータ・ロッド曲がりの状況の把握をより詳細に行う観点から、今後、ファイバースコープを用いた燃料集合体内部の外観調査を行うこととする。
- ・本事象が当該燃料集合体に及ぼす影響は小さいものと現時点では考えられるが、今後の調査を通じて状況把握を更に進めた上で、解析コード等による評価を行っていくこととする。

8. 添付資料

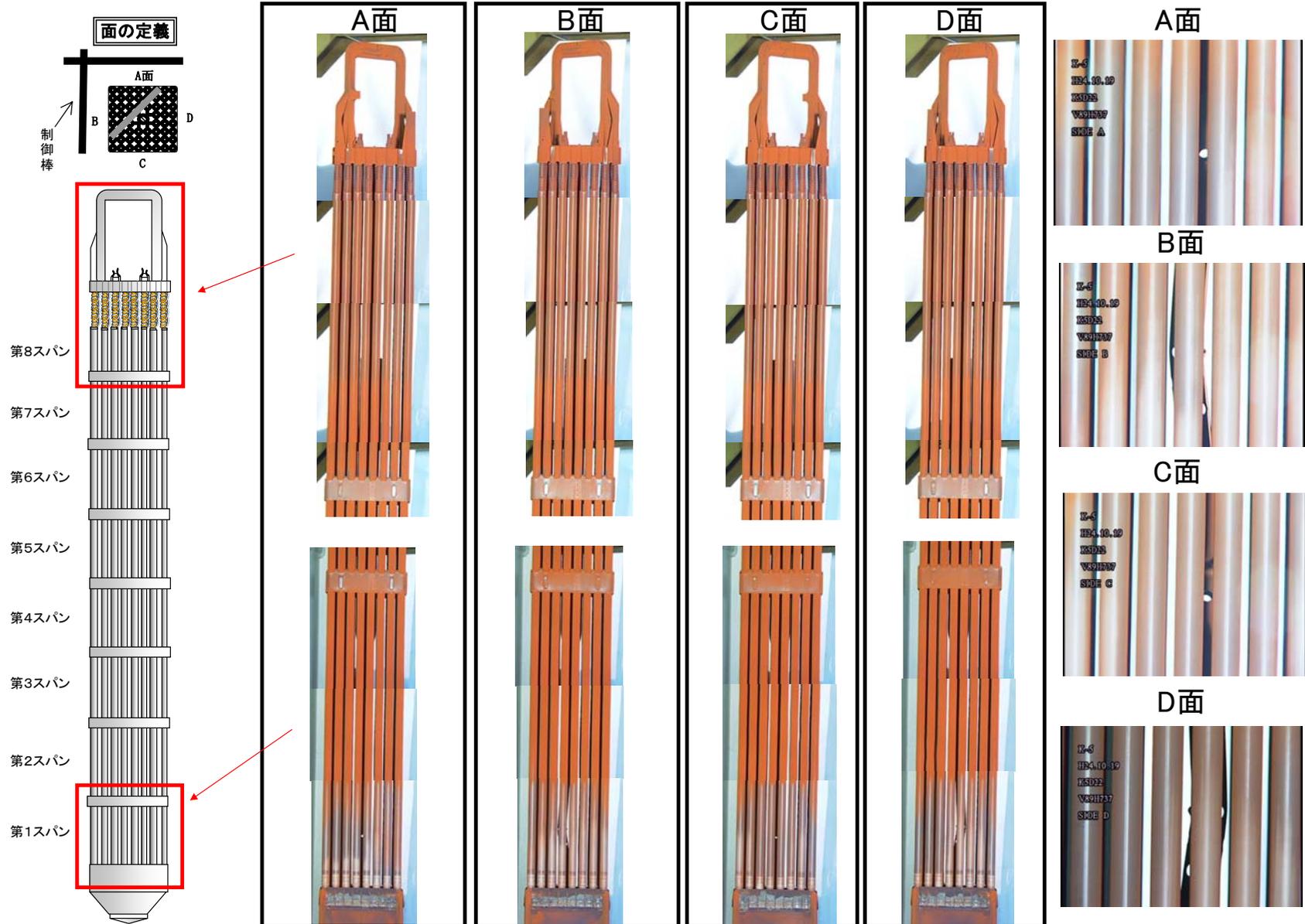
- ・添付資料-1 当該燃料集合体の外観写真
- ・添付資料-2 K5D108 のウォータ・ロッドの上部端栓の上端の状況
- ・添付資料-3 高燃焼度 8×8 燃料の上部取合図
- ・添付資料-4 燃料集合体へのチャンネル・ボックス取り付け作業図
- ・添付資料-5 要因分析図
- ・添付資料-6 状況把握及び原因究明のための調査スケジュール
- ・添付資料-7 当該燃料集合体の履歴
- ・添付資料-8 当該燃料集合体の全長外観
- ・添付資料-9 K5 における燃料集合体の点検状況

以 上

当該燃料集合体の外観写真
 (K5 側方から観察したウォータ・ロッドの曲がりの状況(K5D22))

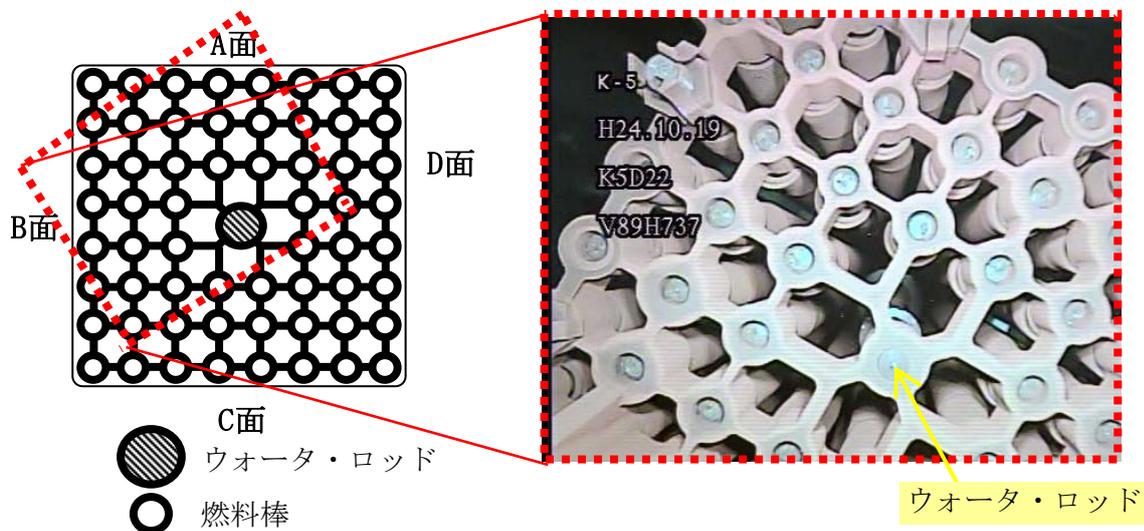
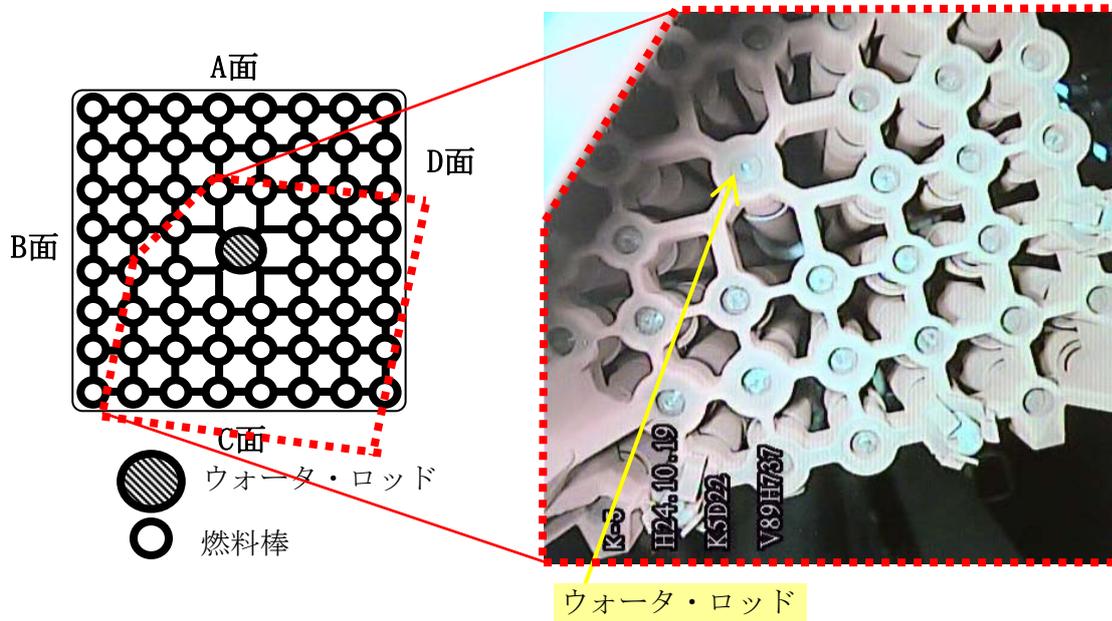
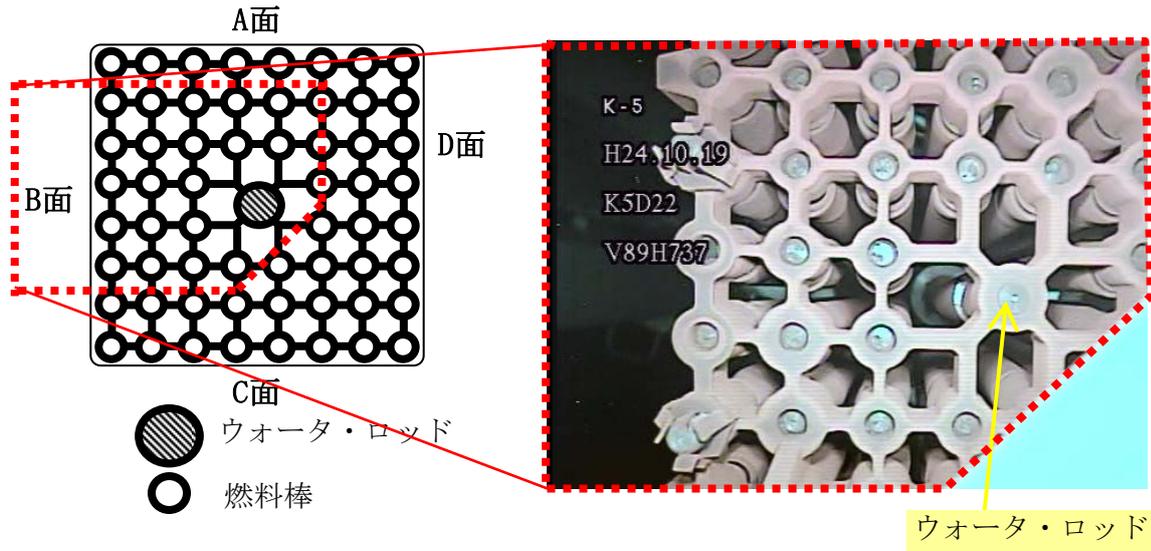
第1スパンの拡大写真

-6-

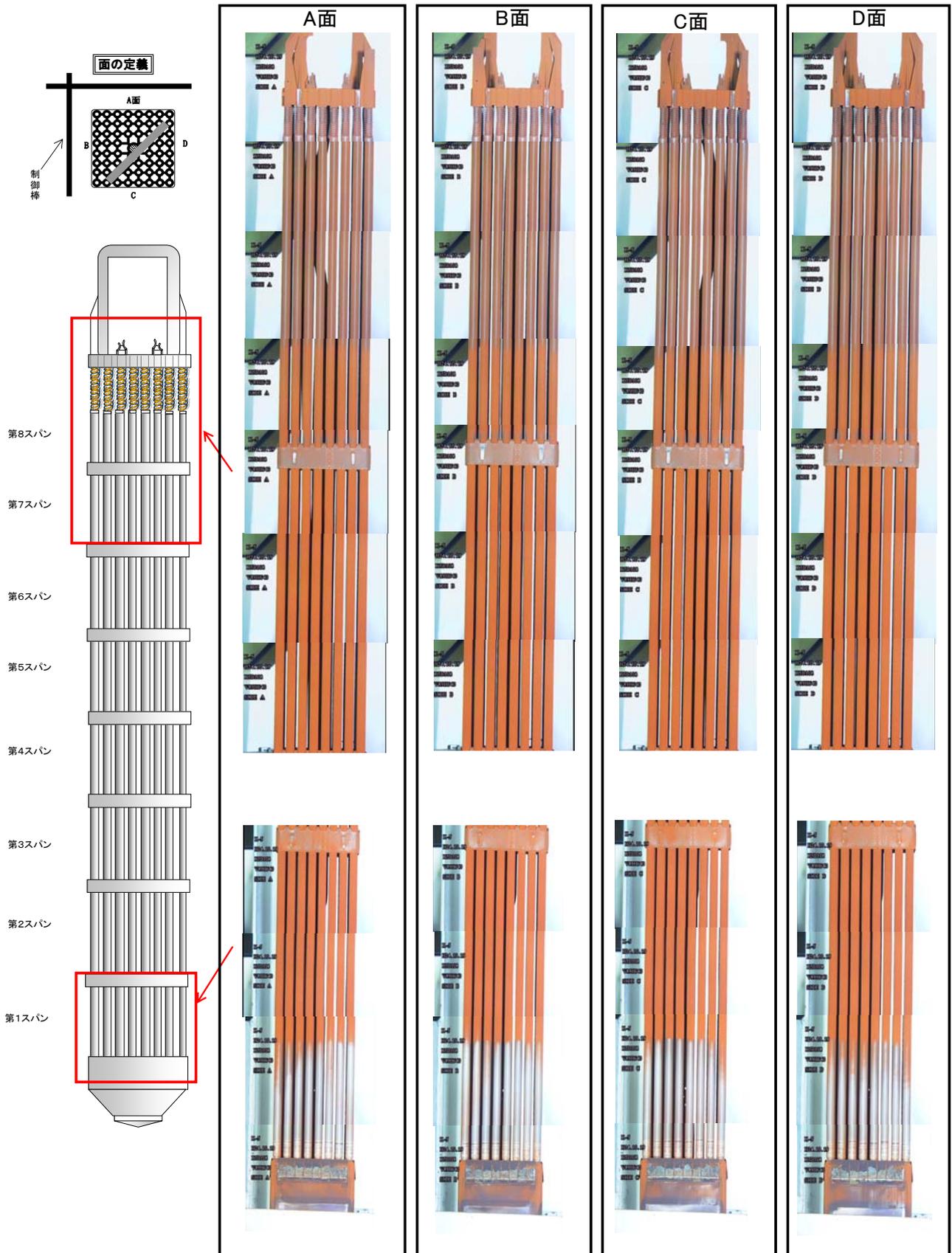


当該燃料集合体の外観写真
 (燃料集合体の上方から観察した
 ウォータ・ロッド曲がりの状況 (K5D22))

添付資料-1-1b

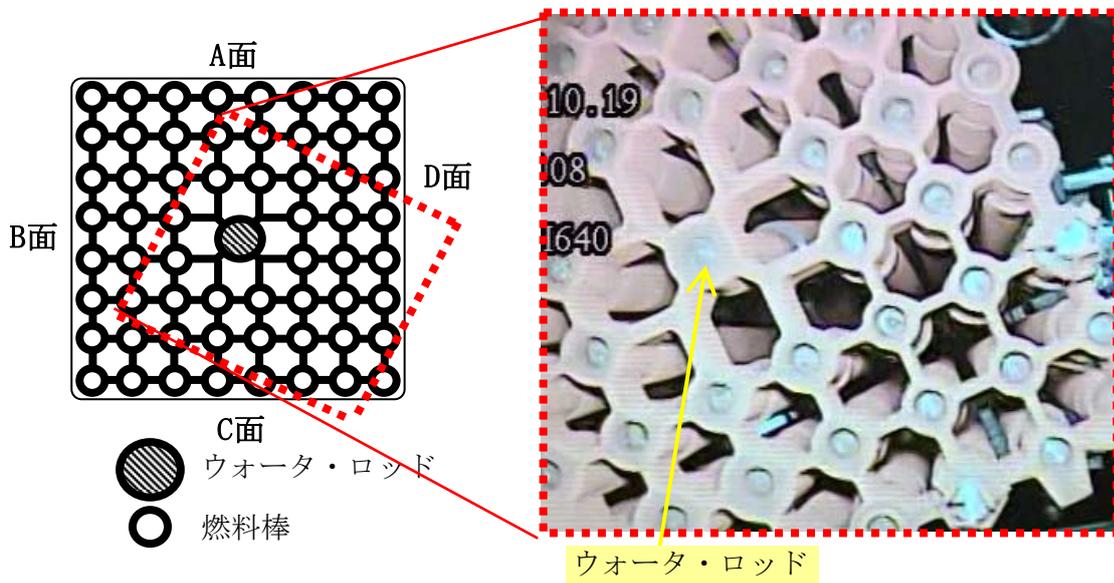
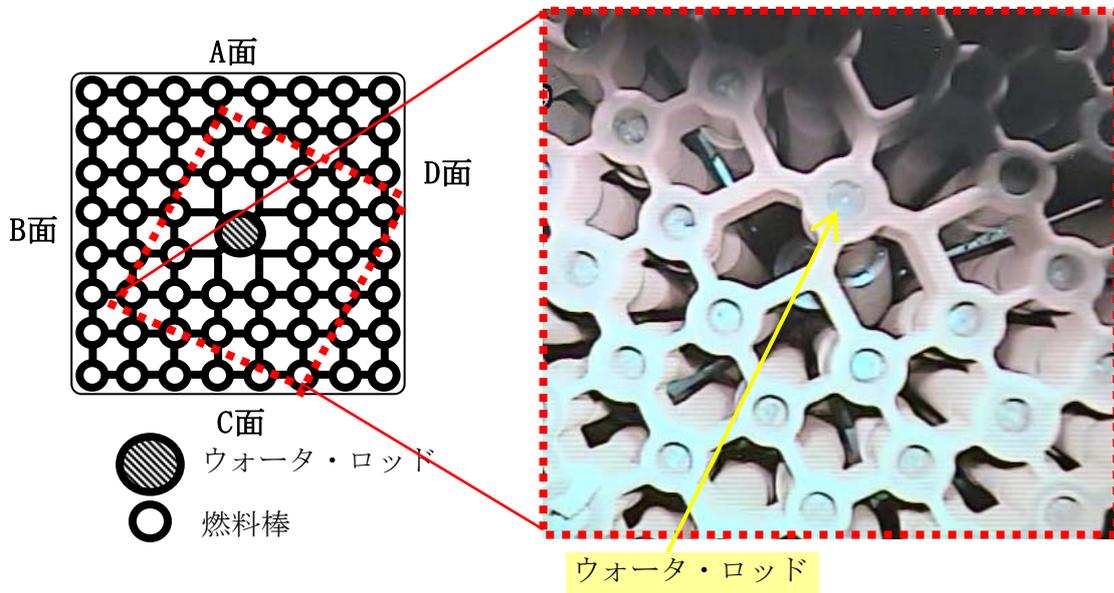
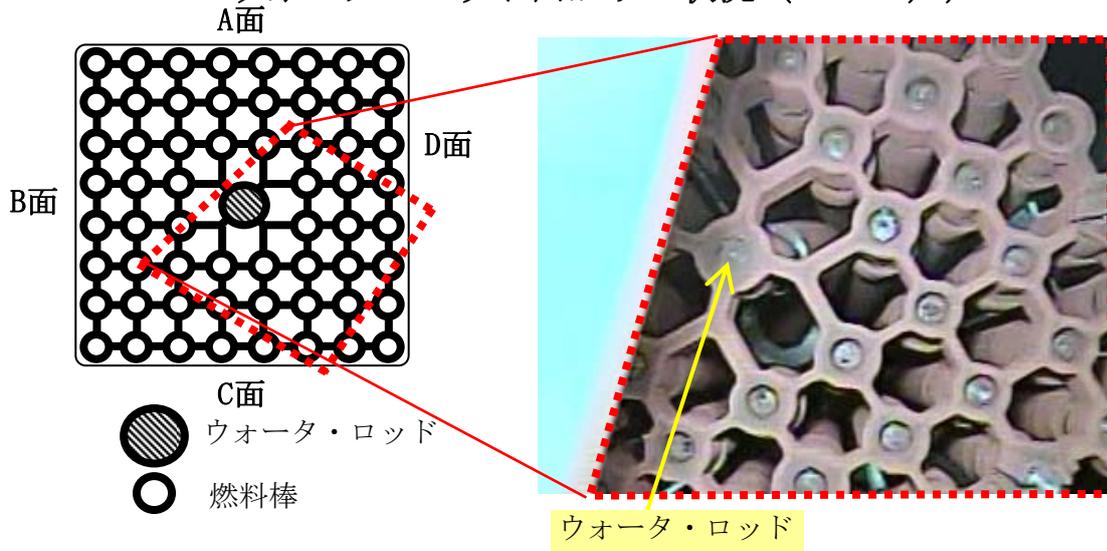


当該燃料集合体の外観写真
 (K5 側方から観察したウォーター・ロッドの曲がりの状況 (K5D108))



当該燃料集合体の外観写真
(燃料集合体の上方から観察した

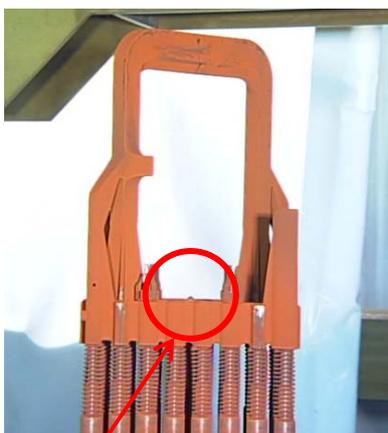
ウォータ・ロッド曲がりの状況 (K5D108))



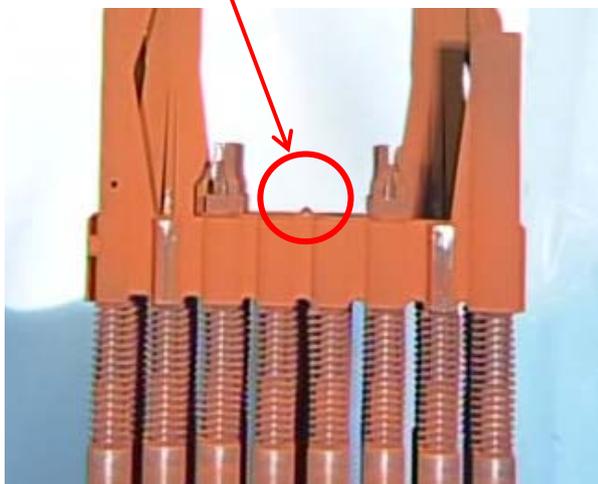
K5D108のウォータ・ロッドの
上部端栓の上端の状況

添付資料-2

正常な燃料

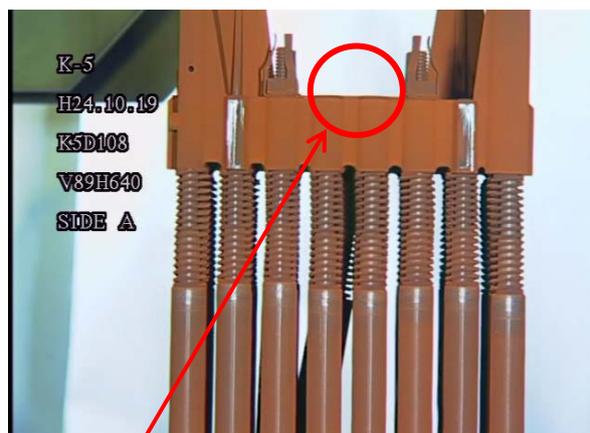


ウォータ・ロッド上部端栓の上端が
上部タイ・プレートより突き出ている。

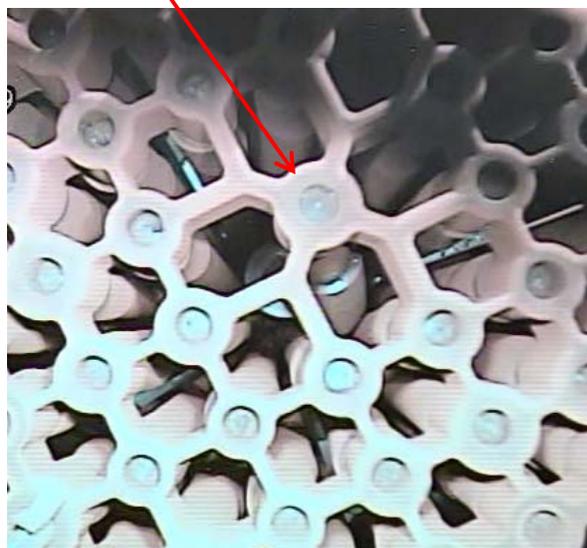


拡大した写真

K5D108

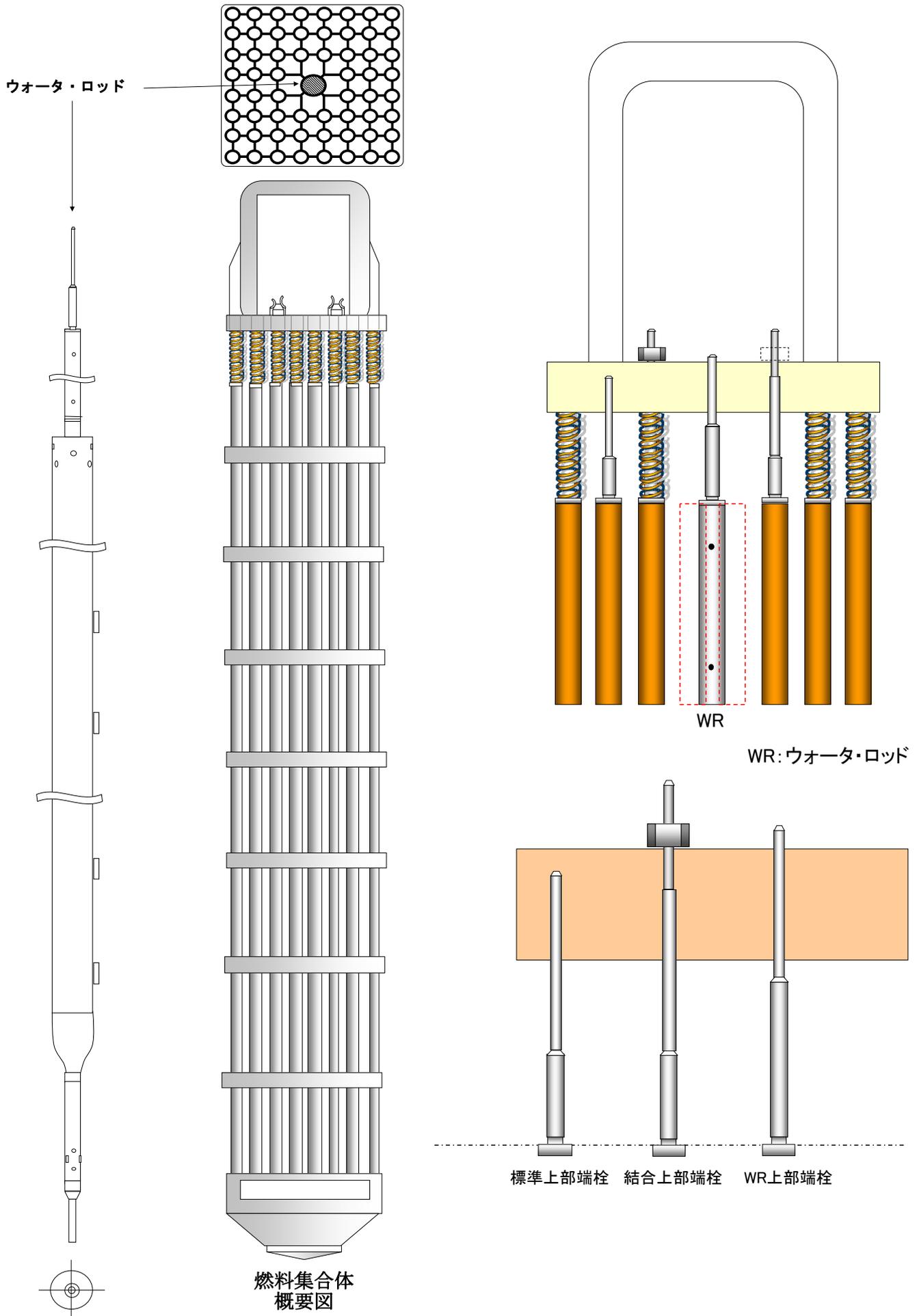


ウォータ・ロッド上部端栓の上端が
上部タイ・プレートから突き出していない。



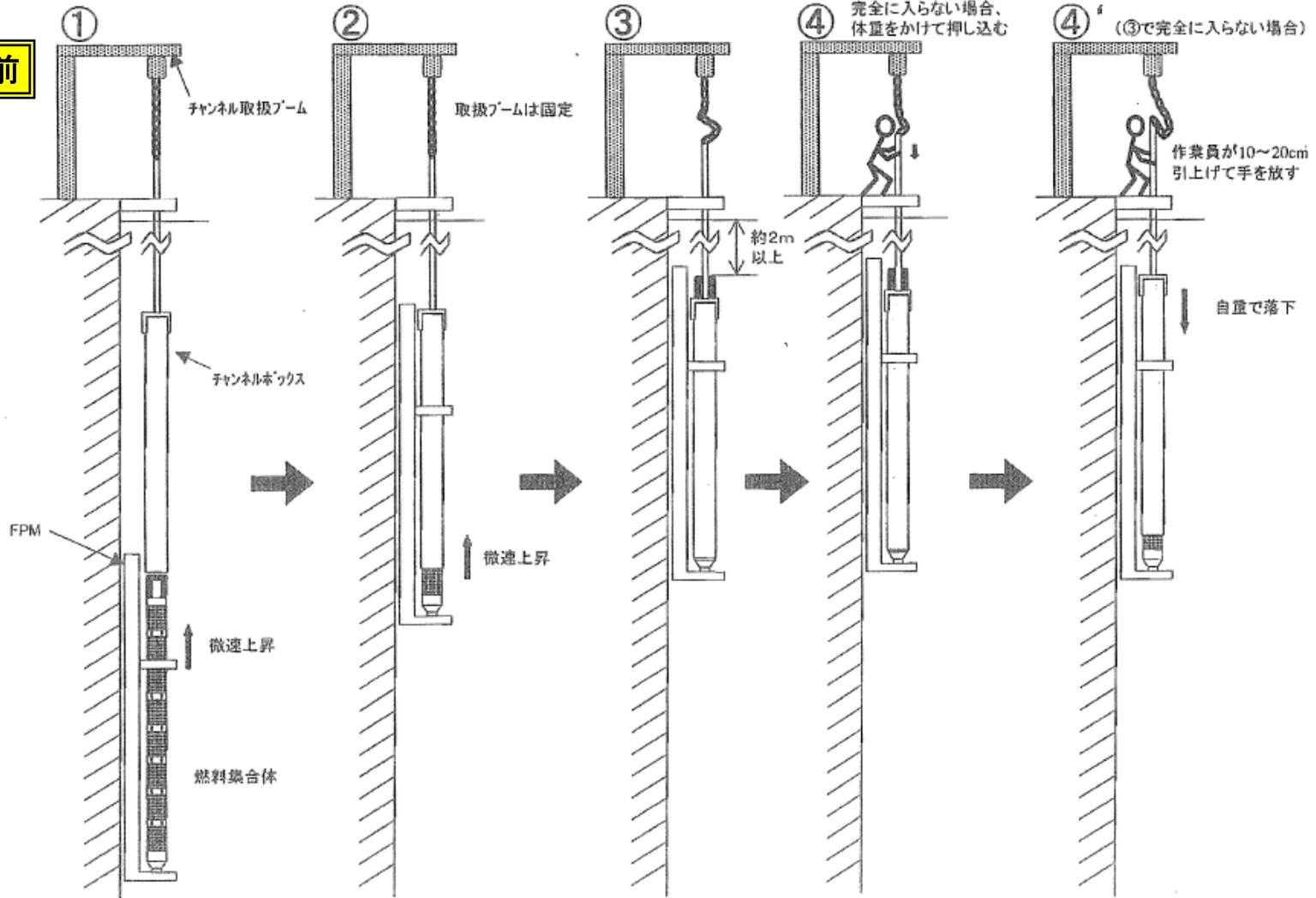
上部タイ・プレート上方からの写真

高燃焼度8×8燃料の上部取合図



燃料集合体へのチャンネル・ボックス取り付け作業図

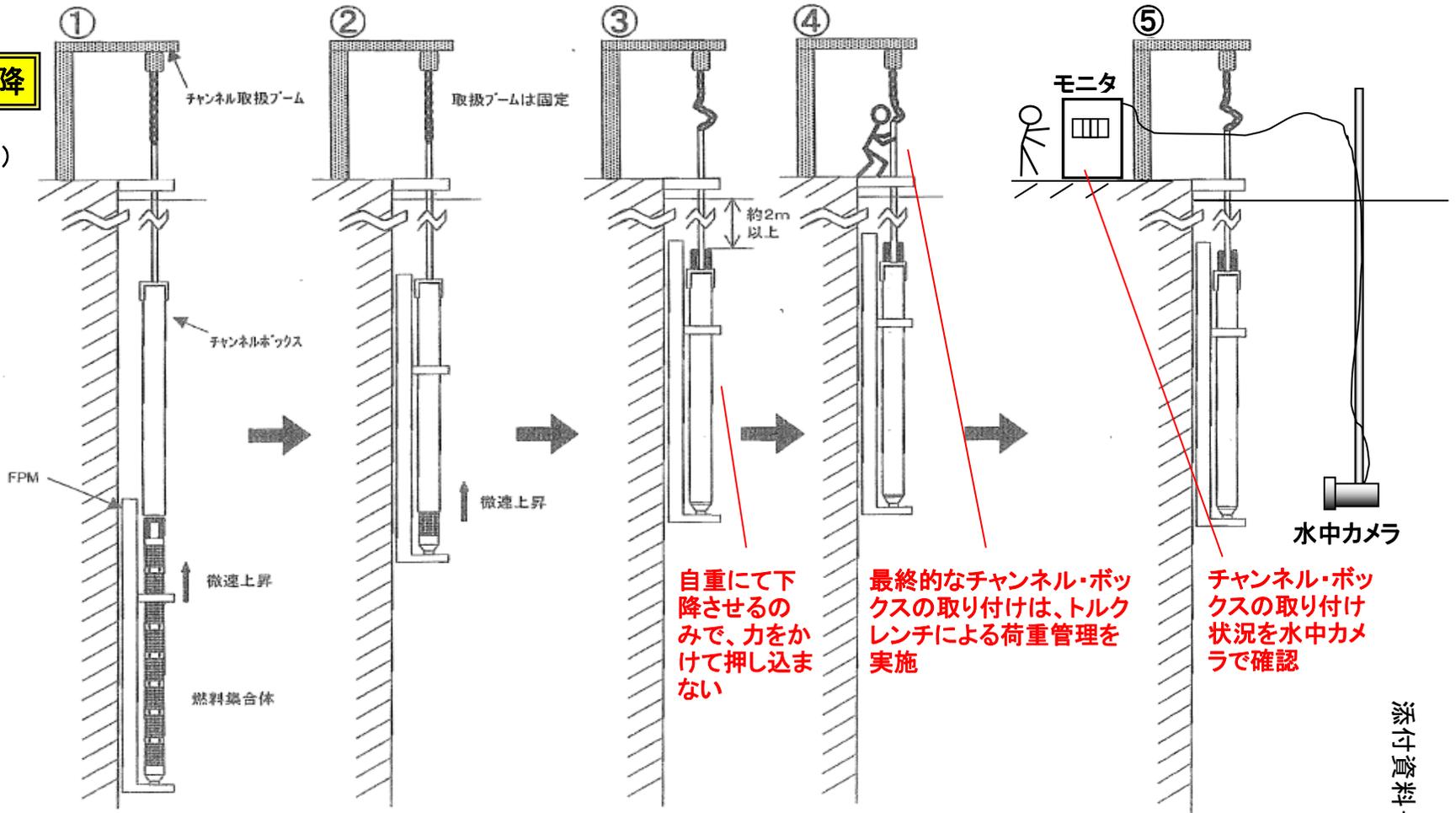
平成10年※以前



※原子燃料工業(NFI)製の高燃焼度8×8燃料のスペーサの一部(架橋板)を破損させる事象が発生

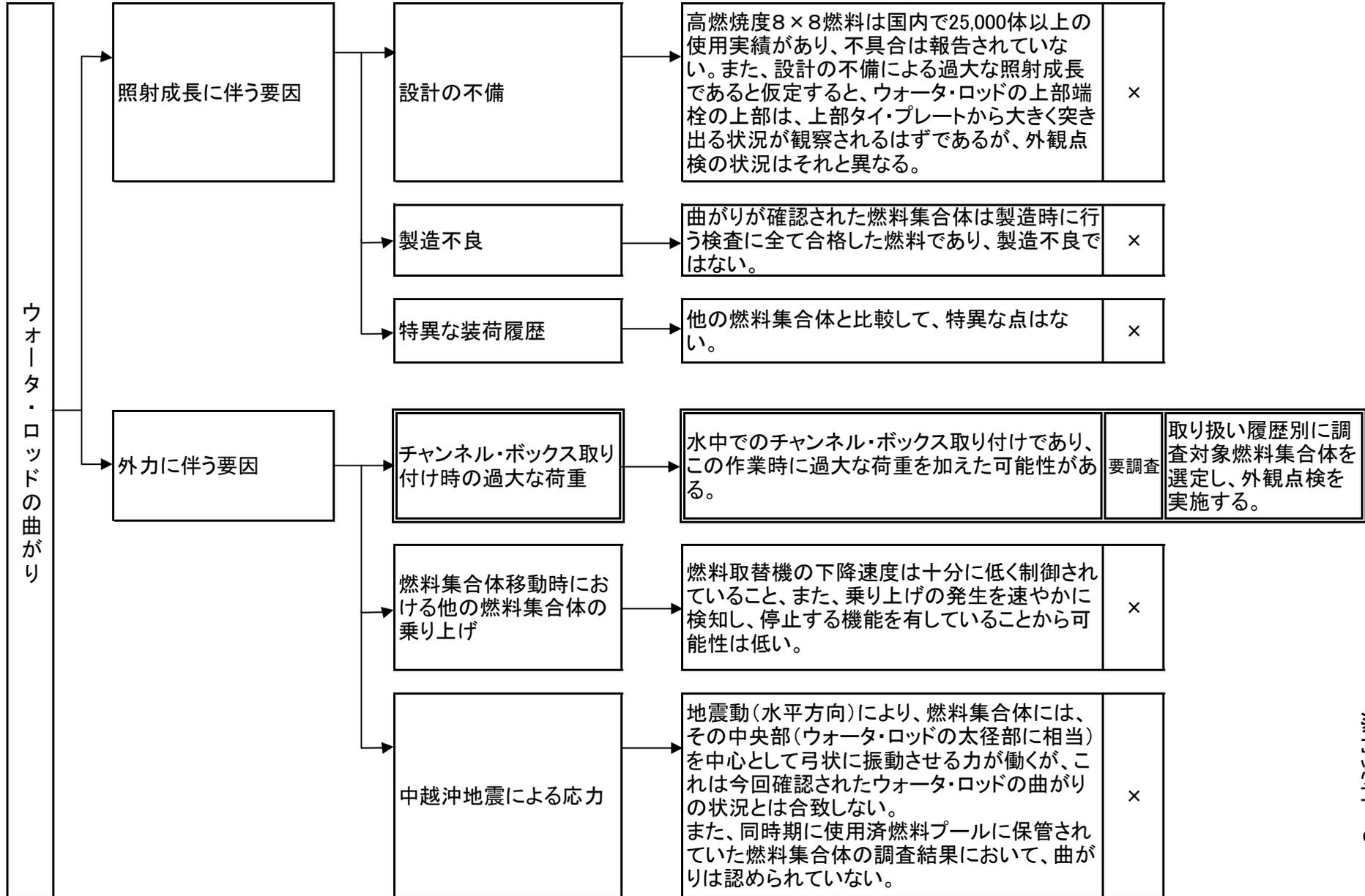
燃料集合体へのチャンネル・ボックス取り付け作業図

平成10年※以降
(フィンガ
スプリングの場合)



※原子燃料工業(NFI)製の高燃焼度8×8燃料のスペーサの一部(架橋板)を破損させる事象が発生

要因分析図



状況把握及び原因究明のための調査スケジュール

<5号機>	調査工程		
	10月	11月	12月
ファイバースコープによるウォータ・ロッドの曲がり状況調査		□	
他の燃料集合体調査による原因究明	□		
曲がり状況調査及び他の燃料集合体調査結果に基づく評価	□		

当該燃料集合体の履歴

■K5D22

1994.09.29	燃料工場より当所5号機へ受け入れ
1994.10.04	R/Bオペフロの使用済燃料プール内の燃料検査台上にて再使用チャンネル・ボックス(V89H737)を取り付ける
	チャンネル・ボックス取付後、使用済燃料プール(P21-35)に貯蔵
1995.06.12	第4回定期検査時に第5サイクル用燃料として原子炉(55-40)へ装荷
	第5回定期検査では移動は行わず、第6サイクルも原子炉(55-40)にて使用
1997.12.26	第6回定期検査時に燃料取替のため一時的に使用済燃料プール(P29-43)に移動
1998.02.22	第6回定期検査時に第7サイクル用燃料として原子炉(31-52)へ装荷
1999.06.01	第7回定期検査時に第8サイクル用燃料として原子炉(49-56)へ装荷(原子炉内での移動)
2000.09.05	第8回定期検査時に使用済燃料として原子炉より取り出し、使用済燃料プール(P64-31)に貯蔵
2004.05.25	使用済燃料プール内での貯蔵位置整理のため使用済燃料プール(P24-39)に貯蔵
2010.02.26	使用済燃料プール内での貯蔵位置整理のため使用済燃料プール(S75-53)に貯蔵

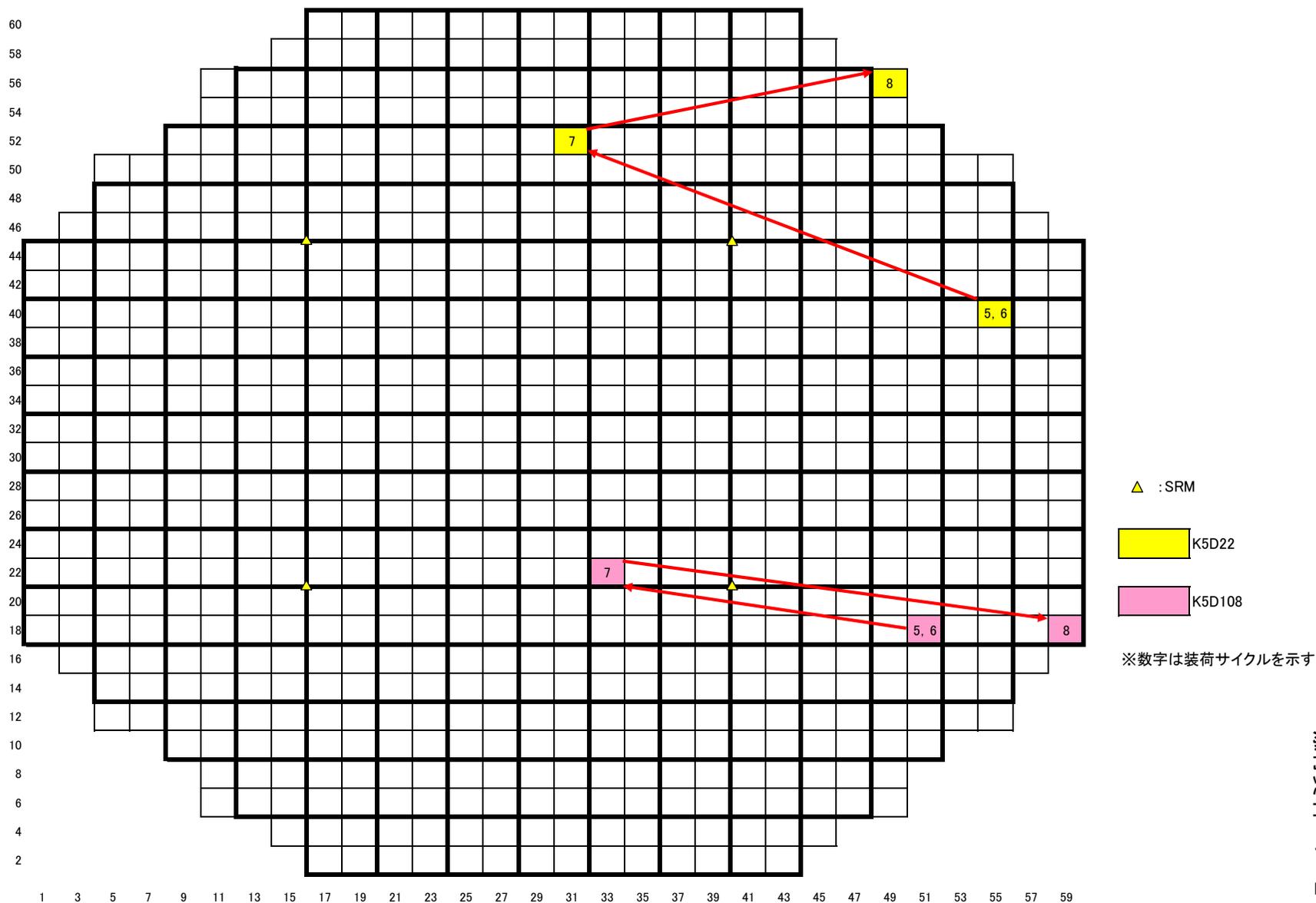
■K5D108

1994.09.29	燃料工場より当所5号機へ受け入れ
1994.10.12	R/Bオペフロの使用済燃料プール内の燃料検査台上にて再使用チャンネル・ボックス(V89H640)を取り付ける
	チャンネル・ボックス取付後、使用済燃料プール(P26-22)に貯蔵
1995.06.12	第4回定期検査時に第5サイクル用燃料として原子炉(51-18)へ装荷
	第5回定期検査では移動は行わず、第6サイクルも原子炉(51-18)にて使用
1997.12.29	第6回定期検査時に燃料取替のため一時的に使用済燃料プール(P22-36)に移動
1998.02.24	第6回定期検査時に第7サイクル用燃料として原子炉(33-22)へ装荷
1999.05.29	第7回定期検査時に第8サイクル用燃料として原子炉(59-18)へ装荷(原子炉内での移動)
2000.09.03	第8回定期検査時に使用済燃料として原子炉より取り出し、使用済燃料プール(P60-26)に貯蔵
2004.05.21	使用済燃料プール内での貯蔵位置整理のため使用済燃料プール(P10-42)に貯蔵
2007.10.28	使用済燃料プール内での貯蔵位置整理のため使用済燃料プール(P23-18)に貯蔵
2010.02.26	使用済燃料プール内での貯蔵位置整理のため使用済燃料プール(S76-50)に貯蔵

当該燃料集合体の履歴

(K5D22並びにK5D108の炉内装荷履歴)

-20-



当該燃料集合体の履歴 (原子炉運転中及び冷温停止時におけるよう素・希ガス状況)

■原子炉冷温停止時における冷却材中のよう素-131の増加量

	柏崎刈羽原子力発電所 原子炉施設保安規定 第24条制限値*	燃料 SHIPPING 検査 実施基準	よう素-131の増加量
第5サイクル	$2.2 \times 10^{14} \text{Bq}$ 以下	$3.7 \times 10^9 \text{Bq}$	$8.2 \times 10^7 \text{Bq}$
第6サイクル			$1.2 \times 10^8 \text{Bq}$
第7サイクル			$9.2 \times 10^7 \text{Bq}$
第8サイクル			$7.2 \times 10^7 \text{Bq}$

※運転当時の柏崎刈羽原子力発電所原子炉施設保安規定の条項

■運転中における冷却材中のよう素-131濃度

	柏崎刈羽原子力発電所 原子炉施設保安規定 第23条制限値*	燃料 SHIPPING 検査 実施基準	よう素-131濃度
第5サイクル	$4.6 \times 10^3 \text{Bq/g}$ 以下	$3.7 \times 10^1 \text{Bq/g}$ かつ有意な変化がないこと	$4 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$ 以下 有意な変化なし
第6サイクル			$5 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$ 以下 有意な変化なし
第7サイクル			$7 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$ 以下 有意な変化なし
第8サイクル			$5 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$ 以下 有意な変化なし

※運転当時の柏崎刈羽原子力発電所原子炉施設保安規定の条項

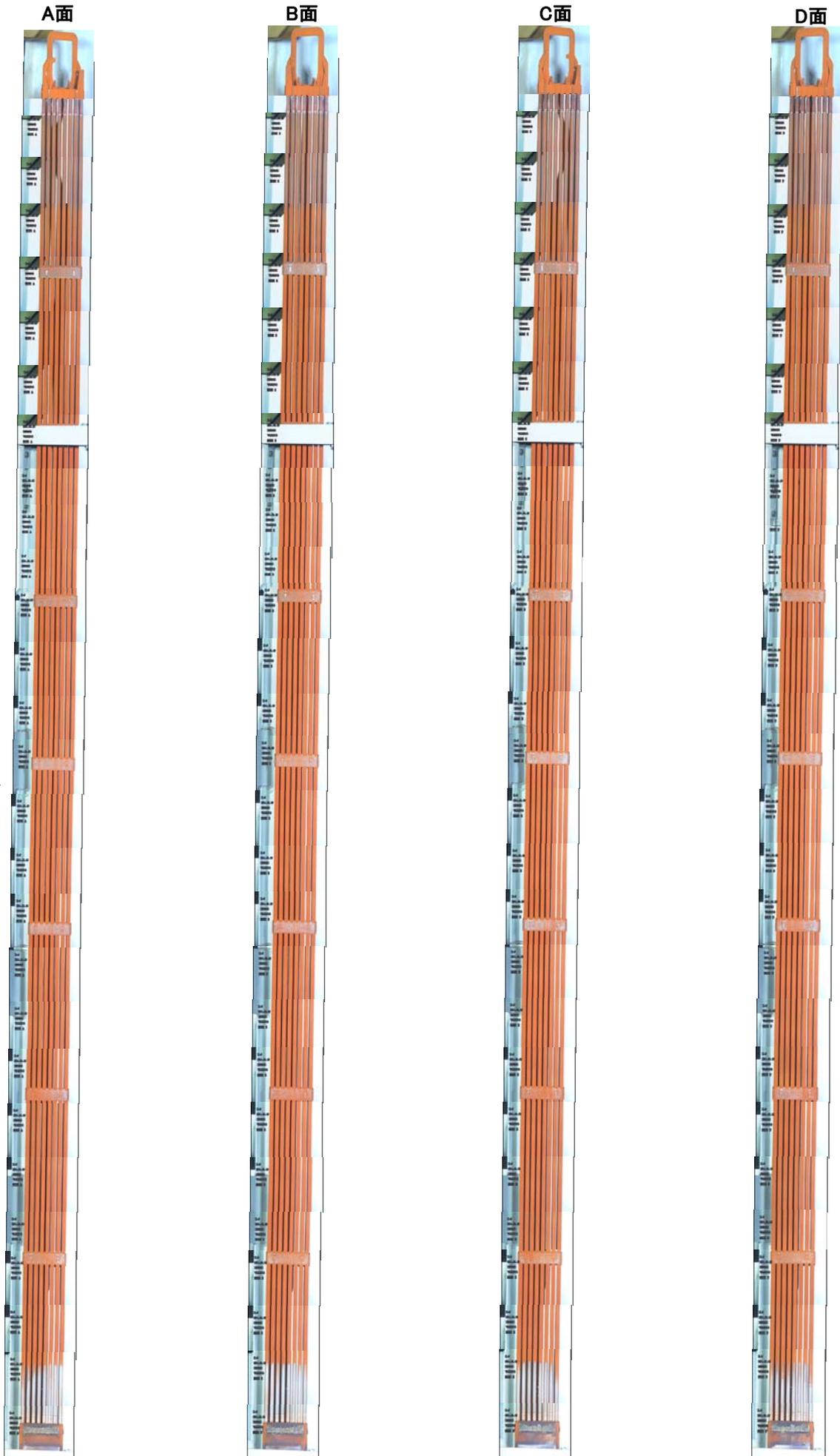
■運転中における排ガス放射線モニタ指示値

	柏崎刈羽原子力発電所 原子炉施設保安規定	燃料 SHIPPING 検査 実施基準	排ガス放射線モニタ指示値
第5サイクル	規定なし	有意な変化がないこと	有意な変化なし
第6サイクル			有意な変化なし
第7サイクル			有意な変化なし
第8サイクル			有意な変化なし

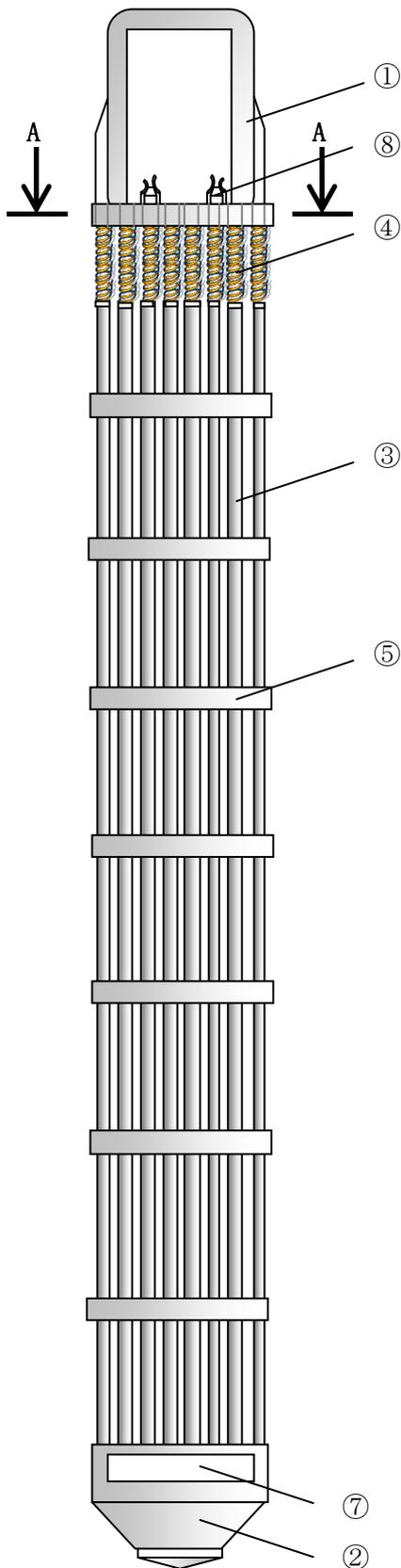
当該燃料集合体の全長外観 (K5D22)



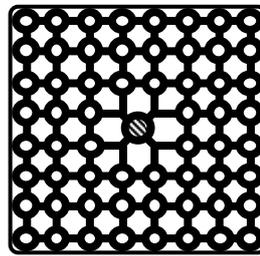
当該燃料集合体の全長外観 (K5D108)



当該燃料集合体の全長外観
 (ウォータ・ロッドの曲がり確認された燃料集合体の主要な構成要素について)

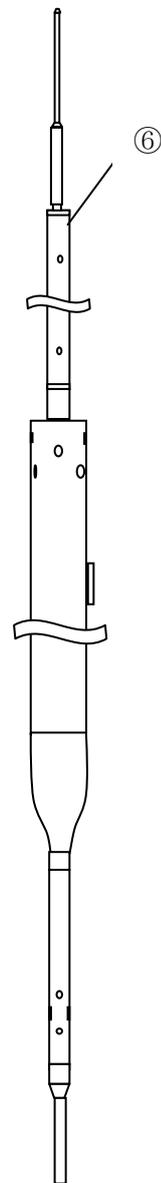


①	上部タイ・プレート
②	下部タイ・プレート
③	燃料棒
④	エクспанション・スプリング
⑤	スペーサ
⑥	ウォータ・ロッド
⑦	板ばね (フィンガスプリング)
⑧	ナット、ワッシャ



- (斜線) : ウォータ・ロッド
- (黒) : 燃料棒

A-A断面図



ウォータ・ロッド
概要図

燃料集合体
概要図

K5における燃料集合体の点検状況

No	添付資料 No	燃料番号	点検結果	製造者	燃料タイプ	使用した運転サイクル	チャンネル・ ボックス取付 年月（再or新）	燃焼度 (MWd/t)	備考
1	9-1	K5GN60	異常なし	NFI	高燃焼度 8×8燃料	サイクル8～11 (4運転サイクル使用)	平成10年11月(新)	45,293	—
2	9-2	K5GN109	異常なし	NFI	高燃焼度 8×8燃料	サイクル9～12 (4運転サイクル使用)	平成10年11月(新)	43,744	—
3	9-3	K5GN125	異常なし	NFI	高燃焼度 8×8燃料	サイクル9～12 (4運転サイクル使用)	平成10年11月(再)	43,680	—
4	9-4	K5GN116	異常なし	NFI	高燃焼度 8×8燃料	サイクル9～12 (4運転サイクル使用)	平成10年11月(再)	43,476	—
5	9-5	K5GN34	異常なし	NFI	高燃焼度 8×8燃料	サイクル8～12 (5運転サイクル使用)	平成10年11月(新)	41,989	—
6	9-6	K5GN122	異常なし	NFI	高燃焼度 8×8燃料	サイクル9～12 (4運転サイクル使用)	平成10年11月(再)	39,305	—
7	9-7	K5GN134	異常なし	NFI	高燃焼度 8×8燃料	サイクル9～12 (4運転サイクル使用)	平成10年11月(再)	40,942	—
8	9-8	K5GN129	異常なし	NFI	高燃焼度 8×8燃料	サイクル9～12 (4運転サイクル使用)	平成10年11月(再)	39,851	—
9	9-9	K5C149	異常なし	JNF	高燃焼度 8×8燃料	サイクル4～7 (4運転サイクル使用)	平成5年9月(再)	43,928	—

(以下、参考)

10	—	K5D22	異常あり	JNF	高燃焼度 8×8燃料	サイクル5～8 (4運転サイクル使用)	平成6年10月(再)	37,425	ウォータ・ロッドに曲が りが確認された燃料
11	—	K5D108	異常あり	JNF	高燃焼度 8×8燃料	サイクル5～8 (4運転サイクル使用)	平成6年10月(再)	39,553	ウォータ・ロッドに曲が りが確認された燃料

水中テレビカメラによる外観観察結果(K5GN60)

水中テレビカメラによる代表映像の写真を以下に示す。

面の定義

制御棒

上部
タイ・プレート

第8スパン

← スパーサ

第7スパン

第6スパン

第5スパン

第4スパン

第3スパン

第2スパン

第1スパン

下部
タイ・プレート

A面

観察結果: 異常なし

第5スパン

第4スパン

第3スパン

第2スパン

第1スパン

A面からの燃料棒外観確認

C面からの透過光による
燃料棒-ウォータ・ロッド間隔の
A面からの確認

水中テレビカメラによる外観観察結果(K5GN109)

水中テレビカメラによる代表映像の写真を以下に示す。

面の定義

制御棒

A面

B

C

D

観察結果: 異常なし

上部
タイ・プレート

第8スパン

第7スパン ← スパーサ

第6スパン

第5スパン

第4スパン

第3スパン

第2スパン

第1スパン

下部
タイ・プレート

A面

①-④
H24.10.11
K5GN109
V98K109
SIDE A

K-5
H24.10.11
K5GN109
V98K109
SIDE A

第5スパン

第4スパン

①-④
H24.10.11
K5GN109
V98K109
SIDE A

K-5
H24.10.11
K5GN109
V98K109
SIDE A

第1スパン

①-④
H24.10.11
K5GN109
V98K109
SIDE A

K-5
H24.10.11
K5GN109
V98K109
SIDE A

A面からの燃料棒外観確認

C面からの透過光による
燃料棒-ウォータ・ロッド間隔の
A面からの確認

水中テレビカメラによる外観観察結果(K5GN125)

水中テレビカメラによる代表映像の写真を以下に示す。

面の定義

制御棒

A面

B

C

D

観察結果: 異常なし

上部
タイ・プレート

第8スパン

← スパーサ

第7スパン

第6スパン

第5スパン

第4スパン

第3スパン

第2スパン

第1スパン

下部
タイ・プレート

A面

第7スパン

第6スパン

第5スパン

第4スパン

第2スパン

第1スパン

A面からの燃料棒外観確認

C面からの透過光による
燃料棒-ウォーター・ロッド間隔の
A面からの確認

水中テレビカメラによる外観観察結果(K5GN116)

水中テレビカメラによる代表映像の写真を以下に示す。

面の定義

制御棒

A面

B

C

D

観察結果: 異常なし

上部
タイ・プレート

第8スパン

第7スパン ← スパーサ

第6スパン

第5スパン

第4スパン

第3スパン

第2スパン

第1スパン

下部
タイ・プレート

A面

第7スパン

第6スパン

第5スパン

第4スパン

第2スパン

第1スパン

A面からの燃料棒外観確認

C面からの透過光による
燃料棒-ウォーター・ロッド間隔の
A面からの確認

水中テレビカメラによる外観観察結果(K5GN34)

水中テレビカメラによる代表映像の写真を以下に示す。

面の定義

制御棒

A面

B

C

D

観察結果: 異常なし

上部
タイ・プレート

第8スパン

第7スパン ← スペーサ

第6スパン

第5スパン

第4スパン

第3スパン

第2スパン

第1スパン

下部
タイ・プレート

A面

A面からの燃料棒外観確認

C面からの透過光による
燃料棒-ウォーター・ロッド間隔の
A面からの確認

水中テレビカメラによる外観観察結果(K5GN122)

水中テレビカメラによる代表映像の写真を以下に示す。

面の定義

制御棒

A面

B

C

D

観察結果: 異常なし

上部
タイ・プレート

第8スパン

第7スパン ← スペーサ

第6スパン

第5スパン

第4スパン

第3スパン

第2スパン

第1スパン

下部
タイ・プレート

A面

第5スパン

第4スパン

第2スパン

第1スパン

A面からの燃料棒外観確認

C面からの透過光による
燃料棒-ウォーター・ロッド間隔の
A面からの確認

水中テレビカメラによる外観観察結果(K5GN134)

水中テレビカメラによる代表映像の写真を以下に示す。

面の定義

制御棒

上部
タイ・プレート

第8スパン

← スペーサ

第7スパン

第6スパン

第5スパン

第4スパン

第3スパン

第2スパン

第1スパン

下部
タイ・プレート

A面

観察結果: 異常なし

A面からの燃料棒外観確認

C面からの透過光による燃料棒-ウォータ・ロッド間隔のA面からの確認

水中テレビカメラによる外観観察結果(K5GN129)

水中テレビカメラによる代表映像の写真を以下に示す。

面の定義

制御棒

上部
タイ・プレート

第8スパン

← スパーサ

第7スパン

第6スパン

第5スパン

第4スパン

第3スパン

第2スパン

第1スパン

下部
タイ・プレート

A面

観察結果: 異常なし

A面からの燃料棒外観確認

C面からの透過光による
燃料棒-ウォータ・ロッド間隔の
A面からの確認

水中テレビカメラによる外観観察結果(K5C149)

水中テレビカメラによる代表映像の写真を以下に示す。

面の定義

制御棒

A面

B

C

D

観察結果: 異常なし

上部
タイ・プレート

第8スパン

第7スパン ← スペース

第6スパン

第5スパン

第4スパン

第3スパン

第2スパン

第1スパン

下部
タイ・プレート

A面

第5スパン

第4スパン

第2スパン

第1スパン

A面からの燃料棒外観確認

C面からの透過光による
燃料棒-ウォータ・ロッド間隔の
A面からの確認