

立コミ本第13号
2022年4月14日

佐賀県知事
山口祥義様

九州電力株式会社
代表取締役 池辺和弘
社長執行役員

玄海原子力発電所3号機 1次冷却材中の放射性よう素濃度の上昇について

拝啓 時下ますますご清栄のこととお喜び申し上げます。

かねてから当社事業につきましては、格別のご高配を賜り厚くお礼申し上げます。

さて、玄海原子力発電所3号機については、通常運転中の2021年11月30日に、1次冷却材中の放射性よう素濃度に上昇傾向が認められたことから、第16回定期検査において、原子炉から取り出した燃料集合体全数の調査を実施しました。

つきましては、調査結果を取りまとめましたので、「原子力発電所の安全確保に関する協定書」第5条第5号に基づき、別紙のとおりご連絡申し上げます。

今後とも、原子力発電所の安全確保に万全を期してまいる所存でございますので、よろしくご指導を賜りますようお願い申し上げます。

敬 具

別紙

玄海原子力発電所 3 号機

1 次冷却材中の放射性よう素濃度の上昇について

2022年4月

九州電力株式会社

1. 件名

玄海原子力発電所3号機 1次冷却材中の放射性よう素濃度の上昇について

2. 事象発生の日付

2021年11月30日（放射性よう素濃度上昇を確認）

2022年 3月 7日（燃料集合体 SHIPPING 調査にて1体の漏えいを確認）

3. 事象発生の設備

原子炉本体 燃料集合体

4. 事象発生時の運転状況

通常運転中（第16サイクル）

5. 経緯

玄海原子力発電所3号機（加圧水型軽水炉、定格電気出力1,180MW）は、通常運転中のところ、2021年11月29日に採取した1次冷却材中のよう素131濃度の測定を11月30日に行った結果、 0.74 Bq/cm^3 とこれまでの測定値（約 0.11 Bq/cm^3 ）に比べ若干上昇したことが認められた。そのため監視強化を行い、保安規定に定める運転上の制限値（ $63,000 \text{ Bq/cm}^3$ ）を十分下回っていることを確認しながら運転を継続し、第16回定期検査のため2022年1月20日18時27分から出力降下を開始し、1月21日1時00分に発電機を解列、同日4時07分に原子炉を停止した。

停止時のよう素131の増加量測定結果は、よう素131の増加量管理値（ $3.7 \times 10^9 \text{ Bq}$ ）を超える $1.1 \times 10^{11} \text{ Bq}$ であった。この結果及び運転中のよう素131濃度の推移等を踏まえ、燃料集合体に微少な漏えいが発生した可能性があるとして判断し、第16回定期検査の中で燃料集合体 SHIPPING 調査及び漏えい燃料集合体外観調査等の燃料集合体の調査を行うこととした。

（添付資料-1～3）

2022年2月25日から2022年3月7日にかけて、燃料集合体全数（193体）について SHIPPING 調査を実施した結果、燃料集合体1体（QAHG36）に漏えいがあることが確認された。

2022年3月5日に漏えい燃料集合体外観調査を実施し、2022年3月13日から2022年3月19日にかけて漏えい燃料棒調査を実施した結果、燃料棒1本に微少な漏えいが認められた。

なお、本事象は運転上の制限値を十分下回っており、発電所の安全性及び環境への放射能の影響はなかった。

6. 原因調査

燃料集合体からの漏えいが発生した原因を究明するため、当該燃料集合体及び燃料棒等に関する外観の調査、並びに運転、水質、取扱い及び製造の履歴等の調査を行った。

また、過去に発生した燃料集合体からの漏えいに係る知見に加え、MOX燃料装荷による影響の可能性を考慮に入れた要因分析を実施した。

(添付資料－4)

(1) 燃料集合体 SHIPPING 調査

燃料集合体全数（A型ウラン燃料113体、B型ウラン燃料60体、MOX燃料20体、計193体）についてSHIPPING調査を実施した結果、A型ウラン燃料集合体1体(QAHG36)に漏えいがあることを確認した。

(添付資料－5～8)

(2) 漏えい燃料集合体外観調査

当該燃料集合体について、水中テレビカメラを用いて外観調査を実施した結果、損傷、変形及び異物は認められなかった。

(添付資料－9, 10)

(3) 漏えい燃料棒調査

当該燃料集合体の全燃料棒（264本）について、超音波による調査を実施した結果、漏えい燃料棒1本を確認した。その燃料棒について、ファイバースコープによる外表面及び第1～第9支持格子内部を調査した結果、損傷や著しい腐食、異物の混入及び支持格子内の燃料棒と支持板やばね板との間での隙間や入り込みは認められなかった。なお、漏えい燃料棒の外観を確認するにあたり、健全な最高燃焼度燃料棒1本をファイバースコープにて観察した結果を参考とした。

また、玄海原子力発電所では使用していないものの、過去に他プラントにおいて発生した従来型の高燃焼度17×17A型燃料の最下部支持格子での摩耗との関連性の有無を確認するため、漏えい燃料集合体の最下部支持格子内全箇所について、ファイバースコープによる調査を実施した結果、支持格子内の燃料棒と支持板やばね板との間での隙間や入り込みは認められなかった。

(添付資料－11～14)

(4) 運転履歴調査

当該燃料集合体が装荷されていたサイクル中の原子炉の出力履歴を調査した結果、原子炉の熱的制限値に対し余裕があり、異常は認められなかった。

(添付資料－15)

(5) 水質履歴調査

当該燃料集合体が装荷されていたサイクル中の1次冷却材の水質を調査した結果、水質が保安規定で定める基準値を十分満足しており、異常は認められなかった。

(添付資料-15)

(6) 製造履歴調査

当該燃料集合体について、製造履歴を確認した結果、異常は認められなかった。

(添付資料-15)

(7) 取扱履歴調査

当該燃料集合体について、発電所受入後の取扱状況を新燃料受入検査記録、新燃料装荷前検査記録、燃料集合体外観検査記録及び燃料取出・装荷等の記録により確認した結果、異常は認められなかった。

(添付資料-15)

(8) 設計に係る過去の知見等の調査

バッフルジェット等の燃料漏えいに係る過去の知見の燃料設計面に対する反映を調査した結果、いずれも適切に反映されていたことを確認した。

(添付資料-4)

(9) MOX燃料装荷に伴う影響調査

MOX燃料装荷に伴う影響調査として、MOX燃料とウラン燃料の集合体構造の違い、核特性の違い及びボロン濃度上昇による1次冷却材の水質への影響について調査を行った。

MOX燃料集合体の構造は基本的にウラン燃料と同じであり、問題となる冷却材流れ等の影響もA型ウラン燃料と同じである。従って、冷却材流れによる集合体/燃料棒振動等の影響は、MOX燃料が隣接しても、A型ウラン燃料が隣接しても同等である。

MOX燃料とウラン燃料との核特性の違いについては、炉心設計に適切に考慮されており、運転履歴調査の結果、最大線出力密度等は制限値を満足していることを確認している。

また、1次冷却材の水質が、保安規定で定める基準値を満足していることを確認している。

以上の調査結果より、MOX燃料の装荷が漏えいの要因とはならない。

(添付資料-4)

(10) まとめ

燃料集合体の漏えいにつながる要因について、当該燃料集合体及び燃料棒等に関する外観の調査、並びに運転、水質、取扱い及び製造の履歴等の調査を行った結果、いずれの調査においても異常は認められなかった。

また、MOX燃料装荷に伴う影響の可能性についても調査を行った結果、漏えいへの影響は認められなかった。

7. 原因

当該燃料集合体及び燃料棒等に対する外観の調査、並びに運転、水質、取扱い及び製造の履歴等の調査を行った結果、いずれも異常は認められなかった。また、MOX燃料装荷に伴い考えられる影響についても調査を行った結果、MOX燃料装荷による影響は認められなかった。

上記のとおり、漏えいの直接的な原因は特定されなかったことから、今回の1次冷却材中のよう素131濃度上昇は、燃料棒に偶発的に発生したピンホールからの微少な漏えいが原因であると推定される。

8. 対策

当該A型ウラン燃料集合体(QAHG36)については、使用済燃料として扱い、再使用しないこととする。

以 上

添 付 資 料

- 1 主要経緯
- 2 第16サイクル運転中よう素131濃度推移
- 3 第16サイクル停止時よう素131増加量
- 4 玄海3号機第16サイクル 燃料棒からの放射性物質の漏えいに関する要因分析
- 5 燃料集合体 SHIPPING 調査概要
- 6 燃料集合体 SHIPPING 調査結果
- 7 第16サイクル燃料装荷図
- 8 漏えい燃料集合体履歴
- 9 漏えい燃料集合体外観調査概要
- 10 漏えい燃料集合体外観調査結果
- 11 漏えい燃料棒調査（超音波）装置概要
- 12 漏えい燃料棒調査結果（超音波による漏えい燃料棒の確認）
- 13 漏えい燃料棒調査（ファイバースコープ）装置概要
- 14 漏えい燃料棒調査結果（ファイバースコープによる外観観察）
- 15 運転、水質、製造、取扱履歴調査結果

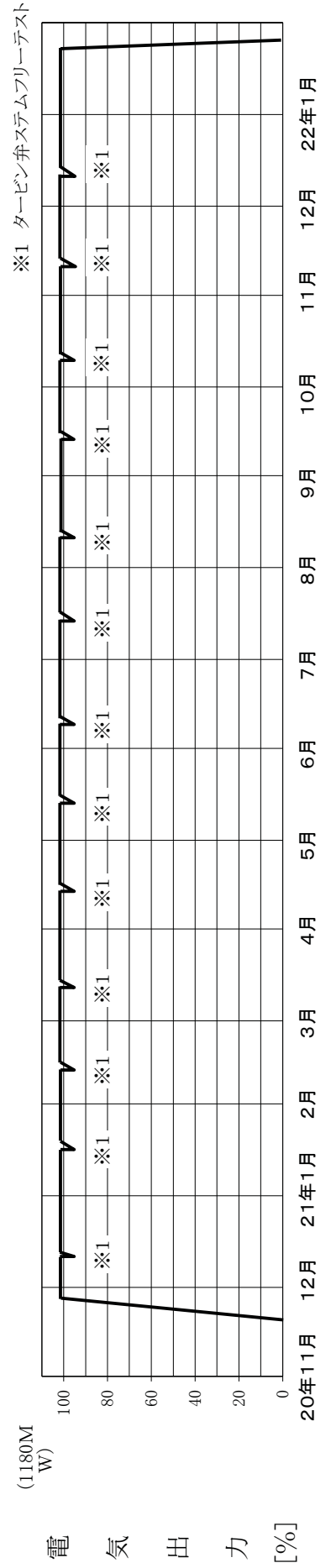
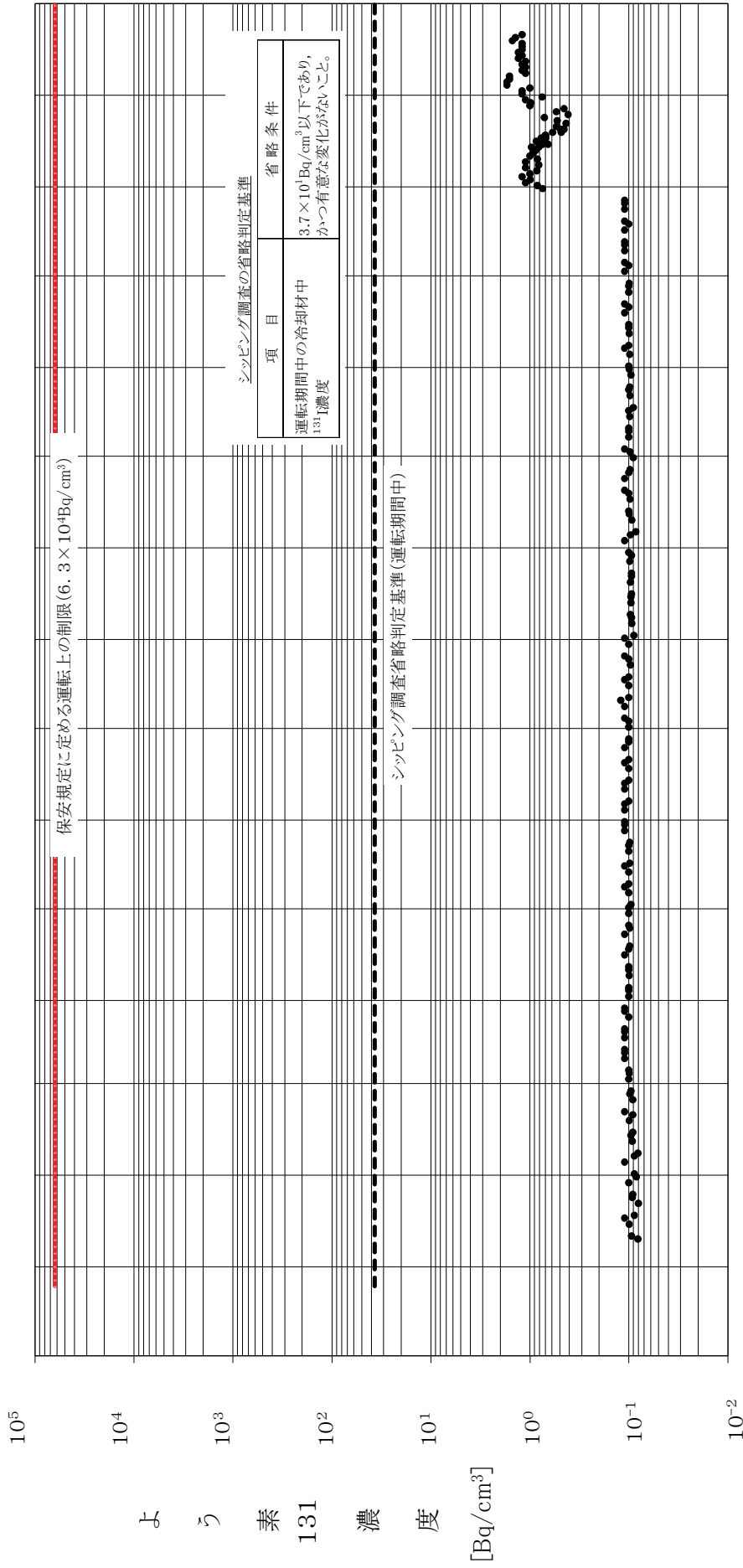
参考－1 燃料集合体の概要図

参考－2 燃料設計仕様概要

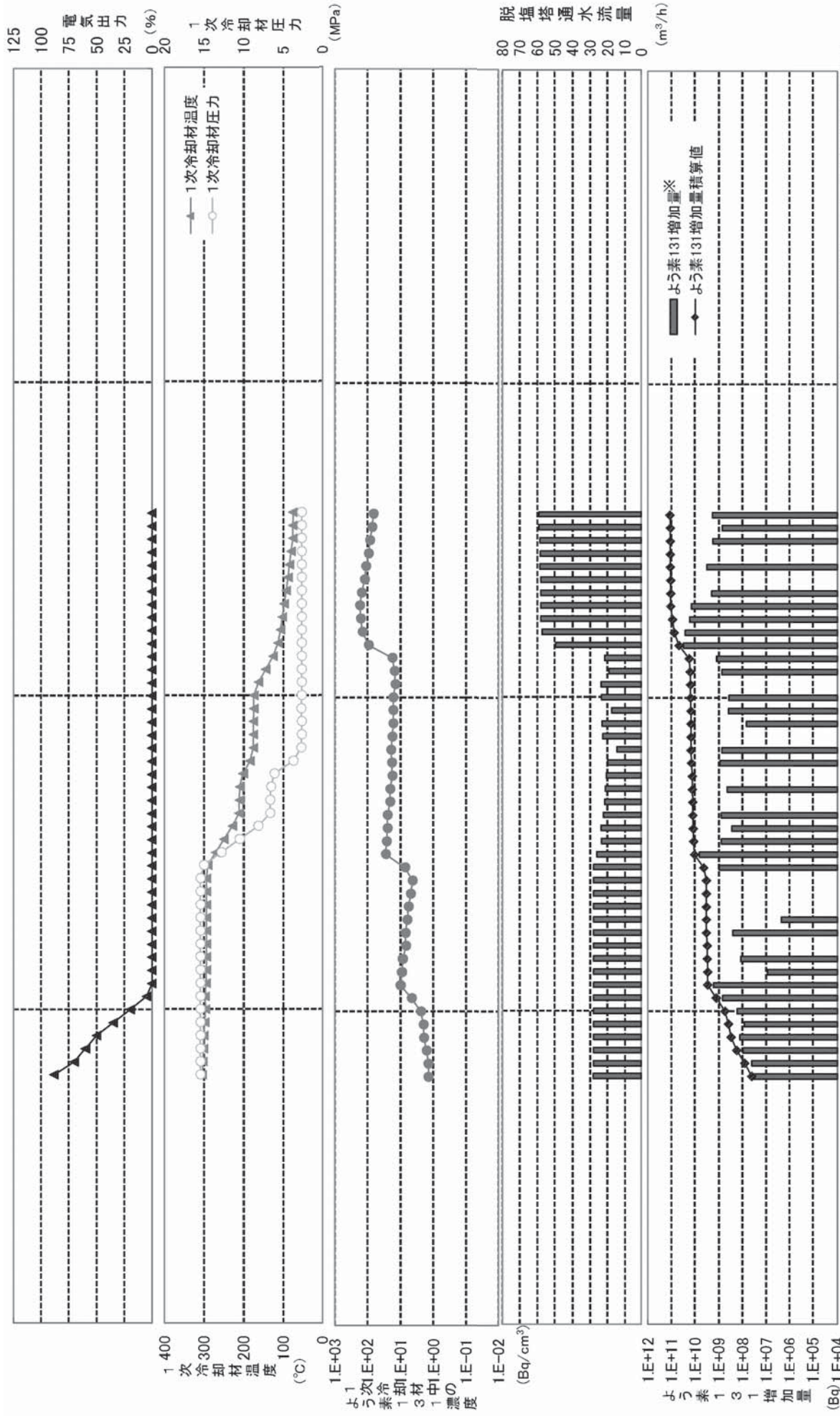
主 要 経 緯

日 時	主 要 経 緯
2021年11月30日	11月29日に試料採取した1次冷却材中のよう素131濃度が若干上昇(0.74 Bq/cm ³)していることが確認されたため、監視強化を開始 (上昇前:約0.11 Bq/cm ³)
2022年 1月20日 18時27分	負荷降下開始(第16回定期検査)
2022年 1月21日 1時00分 4時07分	発電機解列 原子炉停止
2022年 2月19日 ～2月24日	燃料取出し、燃料集合体外観検査
2022年 2月25日 ～3月 7日	燃料集合体 SHIPPING 調査
2022年 3月 5日	漏えい燃料集合体外観調査
2022年 3月13日 ～3月19日	漏えい燃料棒調査(超音波・ファイバースコープ)
2022年 3月 8日 ～3月22日	運転、水質、製造、取扱履歴調査

第16サイクル運転中より素131濃度推移



第16サイクル停止時よう素131増加量



※よう素増加量計算結果がマイナス値の場合は零として集計

玄海3号機第16サイクル 燃料棒からの放射性物質の漏えいに関する要因分析

漏えい要因		調査基準		調査結果		判定
設計 要因	バックルジェット	バックル板間の大きなギャップとバックル板内水の大きな歪みの存在	歪みがアップフロー化されていること。	玄海3号機はアップフロー化されておりバックルジェットが発生する可能性はない。また、当該燃料は炉心中央部に封入されておりバックルジェットが要因とは考えられない。なお、漏えい燃料集合体外観調査及び漏えい燃料棒外観調査の結果、異常は認められなかった。	×	×
	グリッドフレッチャイニング	燃料集合体の過大な振動による支持格子と燃料棒の接触部における摩耗損傷の発生	流動条件下において、グリッドの振動が発生しないこと。	模擬燃料集合体を用いた流動振動試験を実施し、グリッドの振動が発生しないことが確認されているため、問題ない。なお、漏えい燃料棒外観調査の結果、異常は認められなかった。	×	×
	異物フレッチャイニング	燃料集合体内の流動による燃料棒の振動により支持格子内の燃料棒接触部における摩耗損傷の発生	安全側に設定した燃料棒保持条件で評価しても、摩耗深さは被覆管肉厚よりも大きくならないこと。	被覆管の摩耗深さは、流動試験を基に安全側に設定した燃料棒保持条件で評価しても、被覆管肉厚の10%以下と小さいことが確認されており、問題ない。	×	×
		異物が燃料棒に接触することによる摩耗損傷の発生	異物対策構造を採用していること。	異物対策として異物フィルト下留ノズルを採用している。また、漏えい燃料集合体外観調査及び漏えい燃料棒外観調査の結果、異常は認められなかった。	×	×
	クリープコラプス	クリープコラプスによる燃料被覆管の損傷	クリープコラプスに対して対応した設計であること。	燃料棒は製造時に10で適切な圧力に加圧する設計となっており又焼きましりの少ないベレットを採用しているため、問題ない。なお、漏えい燃料集合体外観調査及び漏えい燃料棒外観調査の結果、異常は認められなかった。	×	×
製造 要因	被覆管の水素脆化	過大なベレット水分やNi付着による燃料棒の過度な水素吸収による割れ	製造時のベレット水分に問題ないこと及びNi付着防止対策が施されていること。	製造履歴調査の結果、ベレット水分（水素当量）に問題はなかった。また、燃料棒挿入時にはNiが燃料棒に付着しない製造方法を採用しているため、問題ない。なお、漏えい燃料集合体外観調査及び漏えい燃料棒外観調査の結果、異常は認められなかった。	×	×
	製造時欠陥	製造不良による損傷の発生	材質、燃料棒外観及び強度試験結果等に問題のないこと。	製造履歴調査の結果、材質、燃料棒外観、溶接検査結果等に問題はなかった。また、漏えい燃料集合体外観調査及び漏えい燃料棒外観調査の結果、異常は認められなかった。	×	×
輸送・ 取扱 要因	輸送/取扱不良	構造物との干渉及び輸送/取扱時の過大な荷重による損傷	新燃料受入検査、及び新燃料検査前検査の結果に問題のないこと。輸送時及び燃料取扱時の荷重に異常がないこと。	取扱履歴調査の結果、異常は認められなかった。また、漏えい燃料集合体外観調査及び漏えい燃料棒外観調査の結果、異常は認められなかった。	×	×
	PCI	急激な出力上昇による過大な応力、歪による割れ	運転中の出力変化（起動時、停止時、およびシステムフリーデータ実施時）が出力変化に関する制限を満足していることを確認した。	運転中の出力変化（起動時、停止時、およびシステムフリーデータ実施時）が出力変化に関する制限を満足していることを確認した。また、漏えい燃料集合体外観調査及び漏えい燃料棒外観調査の結果、異常は認められなかった。	×	×
	腐食	冷却材水質の異常による損傷の発生	水質データが管理基準値を満足していること。	1次冷却材の水質が、保安規定で定める基準値を満足していることを確認した。また、漏えい燃料集合体外観調査及び漏えい燃料棒外観調査の結果、異常は認められなかった。	×	×
運 転 要 因	被覆管の溶融/焼損	炉心特性の異常による損傷の発生	最大線出力密度等が制限値を満足していること。	運転履歴調査の結果、最大線出力密度等が制限値を満足していることを確認した。また、漏えい燃料集合体外観調査及び漏えい燃料棒外観調査の結果、異常は認められなかった。	×	×
	MOX燃料使用	MOX燃料とウラン燃料の集合体構造の違い、核種性の違い及び炉内濃度上昇による影響	集合体/燃料棒振動等への影響がないこと。最大線出力密度等が制限値を満足していること。水質データが管理基準値を満足していること。	MOX燃料集合体の構造は基本的にウラン燃料と同じであり、問題となる冷却材流れ等の影響もA型ウラン燃料と同じである。また、冷却材流れによる集合体/燃料棒振動等の影響は、MOX燃料が挿入しても、A型ウラン燃料が挿入したときと同程度である。また、MOX燃料とウラン燃料との核種性の違いは炉心設計に適切に考慮されており、MOX燃料の燃焼が原因で漏えいが生じることはない。運転履歴調査の結果、最大線出力密度等が制限値を満足していることを確認した。また、1次冷却材の水質が、保安規定で定める基準値を満足していることを確認した。	×	×

注：健全な最高燃燃度燃度燃料棒調査結果と比較しても、当該燃料棒に特異な点は認められなかった。

燃料集合体 SHIPPING 調査概要

1. 調査目的

燃料集合体からの放射性物質の漏えいの有無を確認し、燃料集合体の健全性を確認する。

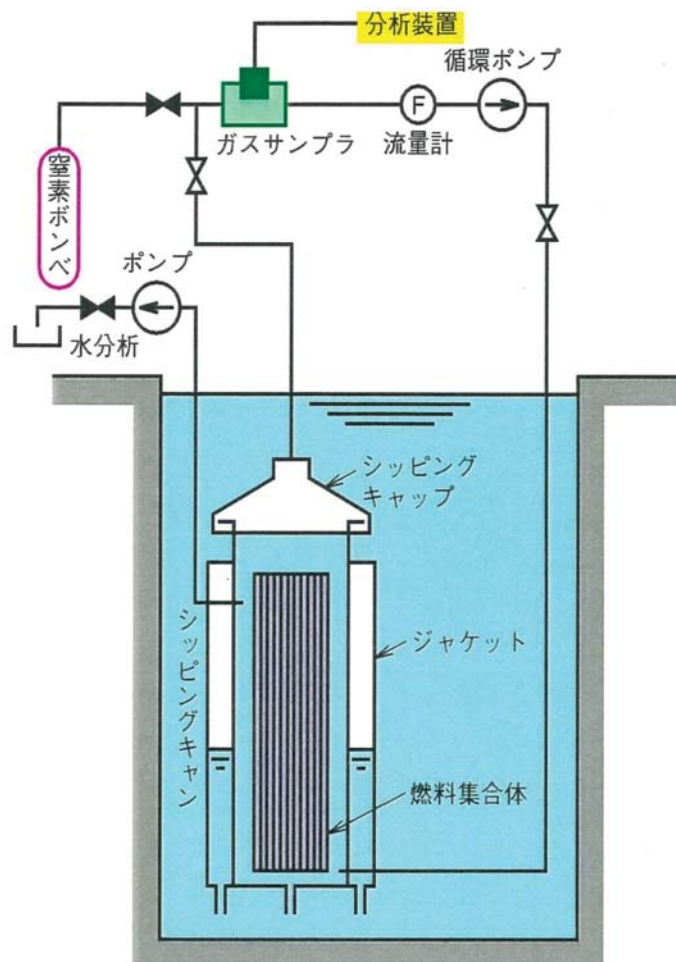
2. 検査方法

(1) ガス分析

SHIPPING キャンの中に燃料集合体を入れて、キャリアガスとして N_2 ガスを循環させ、NaI(Tl)シンチレーションカウンタで着目核種（キセノン133）の γ 線計測を行い、漏えいの判定を行う。

(2) 水分析

ガス分析実施後、SHIPPING キャン内の水をサンプリングし、漏えい燃料棒から放出された核種（ヨウ素131、セシウム137及びセシウム134）をGe γ 線多重波高分析装置にて測定し、核種が検出された燃料について漏えいの判定を行う。



SHIPPING 調査装置系統図

燃料集合体シッピング調査結果

1. 「漏えい」と判定された燃料集合体

燃料集合体番号 QAHG36 計 1体

2. 調査日

2022年 2月25日～2022年 3月 7日

3. 燃料集合体シッピング調査結果

a. 燃料集合体シッピング調査（ガス分析）結果

燃料集合体番号	c p m比	キセノンピーク比	判 定
QAHG36	2.1	2.95	漏えい

(判定基準)

c p m比	キセノンピーク比	判 定
$\frac{\text{最後の4分間の和}}{\text{最初の4分間の和}}$	$\frac{\text{キセノンピーク面積}}{\text{バックグラウンド面積}}$	
2以下	—	漏えいなし
2を超え3以下	1.5以下	
	1.5を超える	漏えい
3を超える	—	

b. 燃料集合体シッピング調査（水分析）結果

燃料集合体 番 号	An / \bar{A} *			判 定
	よう素 131	セシウム 137	セシウム 134	
QAHG36	8.22	187.99	240.98	漏えい

(判定基準)

An / \bar{A}	判 定
2未満	漏えいなし
2以上5未満	漏えいの疑い
5以上	漏えい


※


An : 着目核種 (例えば、よう素131) が検出されたある燃料集合体の着目核種の正味の計数値


 \bar{A} : n体の燃料集合体の正味の計数値を統計処理した平均値に、Anの個々の検出限界の平均値を加えたもの


	R	P	N	M	L	K	J	H	G	F	E	D	C	B	A
1					QBHG11	QAHJ85	QBHK02	QAHJ19	QBHJ99	QAHJ88	QBHG14				
					PD127	PD01	PD03	PD04	PD05	PD06	PD126				
2			QFHA30	QAHJ93	QBHL71	QAHJ77	QAHJ39	QBHG06	QAHJ37	QAHJ78	QBHL69	QAHJ91	QFHA27		
			PD118	R142	PD07	R116	SS5	R115	PD09	R195	PD15	R125	PD115		
3		QFHA28	QAHJ24	QAHJ55	QBHH64	QBHK41	QBHF96	QAHJ31	QBHF91	QBHK36	QBHH67	QAHJ53	QAHJ26	QFHA26	
		PD111	PD16	PD18	R151	PD57	R168	PD20	R178	PD63	R177	PD21	PD24	PD108	
4		QAHJ90	QAHJ58	QBHE57	QFHA22	QAHH41	QAHJ41	QAHK13	QAHJ42	QAHH40	QFHA33	QBHE58	QAHJ57	QAHJ96	
		R181	PD25	R191	PD14	PD77	PD28	R110	PD30	PD83	PD12	R121	PD31	R119	
5	QBHG13	QBHL68	QBHH61	QFHA37	QAHK17	QAHJ75	QAHK24	QBHH57	QAHK23	QAHJ74	QAHK25	QFHA34	QBHH62	QBHL74	QBHG17
	PD96	PD33	R165	PD122	PD34	PD74	PD98	PD22	PD104	PD85	PD38	PD129	R176	PD40	PD89
6	QAHJ82	QAHH54	QBHK38	QAHH46	QAHJ76	QAHK10	QAHK26	QAHH80	QAHK33	QAHK06	QAHJ73	QAHH45	QBHK35	QAHH55	QAHJ83
	PD41	R130	PD32	PD48	PD13	R127	PD46	R152	PD47	R128	PD08	PD43	PD36	R122	PD49
7	QBHJ98	QAHJ44	QBHF84	QAHJ43	QAHK12	QAHK27	QAHG26	QFHA39	QAHG22	QAHK28	QAHK22	QAHJ50	QBHF97	QAHJ36	QBHK05
	PD51	PD52	R143	PD53	PD26	PD54	PD56	PD11	PD59	PD60	PD139	PD61	R193	PD66	PD67
8	QAHJ21	QBHG03	QAHJ34	QAHK09	QBHH58	QAHH83	QFHA38	QAHJ98	QFHA41	QAHH82	QBHH59	QAHK08	QAHJ33	QBHG04	QAHJ22
	PD68	R180	PD69	R120	PD107	R166	PD65	R141	PD72	R154	PD27	R111	PD70	R156	PD71
9	QBHK04	QAHJ52	QBHF86	QAHJ38	QAHK18	QAHK32	QAHG36	QFHA40	QAHG45	QAHK31	QAHK16	QAHJ40	QBHF92	QAHJ48	QBHJ97
	PD73	PD75	R167	PD78	PD117	PD79	PD80	PD136	PD81	PD82	PD109	PD86	R112	PD87	PD88
10	QAHJ87	QAHH53	QBHK34	QAHH47	QAHJ72	QAHK11	QAHK29	QAHH81	QAHK30	QAHK14	QAHJ69	QAHH44	QBHK37	QAHH52	QAHJ86
	PD90	R144	PD99	PD93	PD137	R164	PD92	R190	PD94	R189	PD135	PD91	PD101	R129	PD95
11	QBHG16	QBHL73	QBHH60	QFHA32	QAHK21	QAHJ70	QAHK20	QBHH56	QAHK19	QAHJ71	QAHK15	QFHA31	QBHH65	QBHL67	QBHG15
	PD50	PD97	R126	PD35	PD100	PD55	PD29	PD120	PD37	PD64	PD102	PD42	R192	PD106	PD39
12		QAHJ95	QAHJ54	QBHE59	QFHA23	QAHH42	QAHJ47	QAHK07	QAHJ35	QAHH43	QFHA35	QBHE60	QAHJ46	QAHJ94	
		R140	PD110	R118	PD105	PD58	PD112	R117	PD113	PD62	PD103	R109	PD114	R163	
13		QFHA24	QAHJ25	QAHJ49	QBHH63	QBHK40	QBHF93	QAHJ32	QBHF94	QBHK39	QBHH66	QAHJ51	QAHJ23	QFHA29	
		PD10	PD116	PD119	R153	PD76	R113	PD121	R194	PD84	R139	PD123	PD124	PD02	
14			QFHA36	QAHJ92	QBHL70	QAHJ80	QAHJ45	QBHG05	QAHJ56	QAHJ79	QBHL72	QAHJ89	QFHA25		
			PD45	R114	PD125	R169	PD128	R179	SS6	R182	PD130	R155	PD44		
15					QBHG18	QAHJ84	QBHK01	QAHJ20	QBHK03	QAHJ81	QBHG12				
					PD19	PD131	PD132	PD133	PD134	PD138	PD17				

上段：燃料集合体番号
下段：内挿物番号

：漏えい燃料集合体装荷位置

：A型ウラン燃料

：B型ウラン燃料

：A型MOX燃料

内挿物の種類

R：制御棒クラスタ

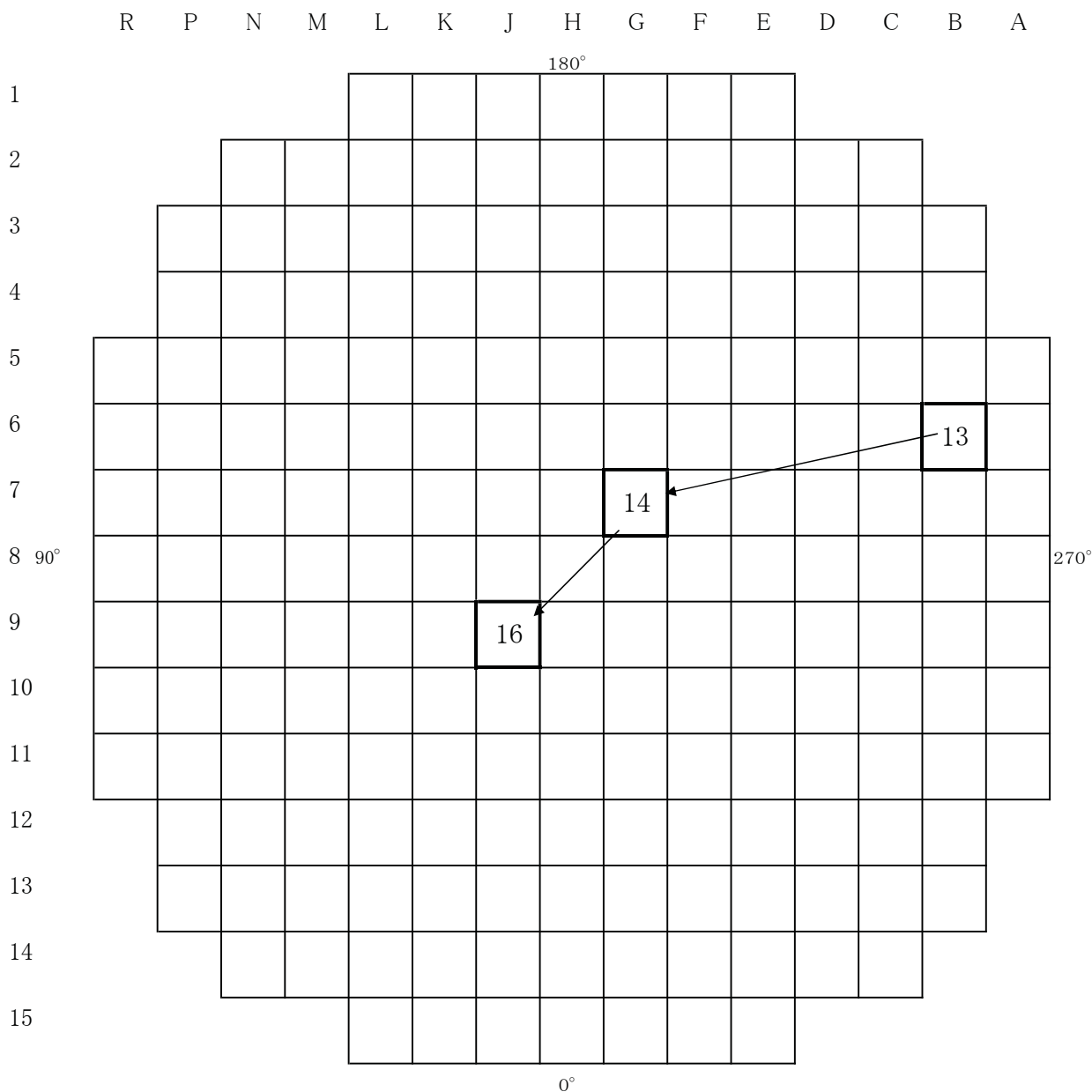
PD：プラグニングデバイス

SS：2次中性子源

第16サイクル燃料装荷図

漏えい燃料集合体履歴

- 1. 燃料集合体番号 : QAHG36
- 2. 初期濃縮度 : 約4.1wt%
- 3. 燃料集合体燃焼度 : 46, 929MWd/t
- 4. 炉心装荷位置 : B-6 (第13サイクル炉心装荷位置) (17, 989MWd/t)
 G-7 (第14サイクル炉心装荷位置) (33, 282MWd/t)
 J-9 (第16サイクル炉心装荷位置) (46, 929MWd/t)
 () 内燃焼度は、サイクル末期のもの



内は装荷時運転サイクル

漏えい燃料集合体外観調査概要

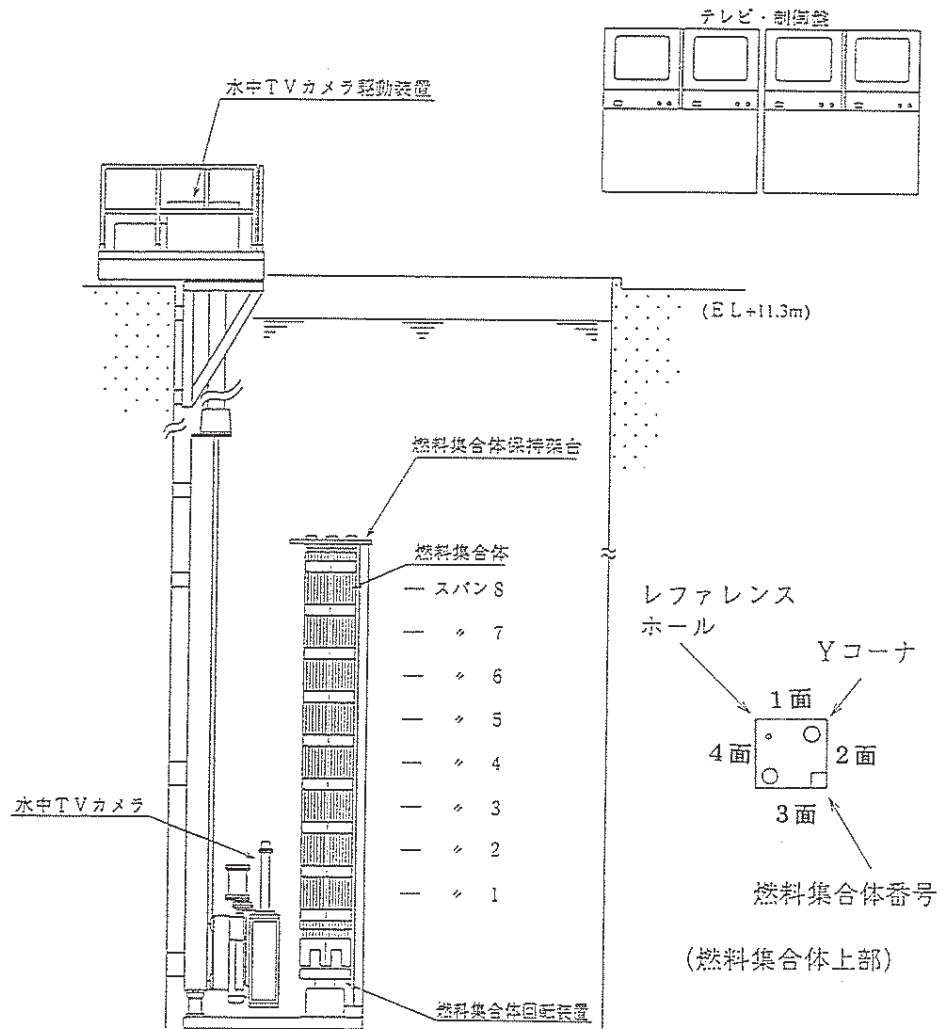
1. 調査目的

燃料集合体の外観を水中テレビカメラを用いて目視にて、損傷、変形がないこと及び異物の有無を確認する。

2. 調査方法

検査ピット内で水中テレビカメラを使って燃料集合体の各面をモニタテレビに写し出しながら、燃料集合体の外観を調査する。

- (1) 対象燃料集合体を燃料集合体回転装置にセットする。
- (2) 最初の面についてカメラを移動しながら上部ノズル部、燃料棒、支持格子及び下部ノズル部を調査する。
- (3) 他の面についても同様に調査する。



燃料集合体外観調査概要図

漏えい燃料集合体外観調査結果

1. 燃料集合体番号：QAHG36

(1) 調査日：2022年 3月 5日

(2) 結果：異常なし

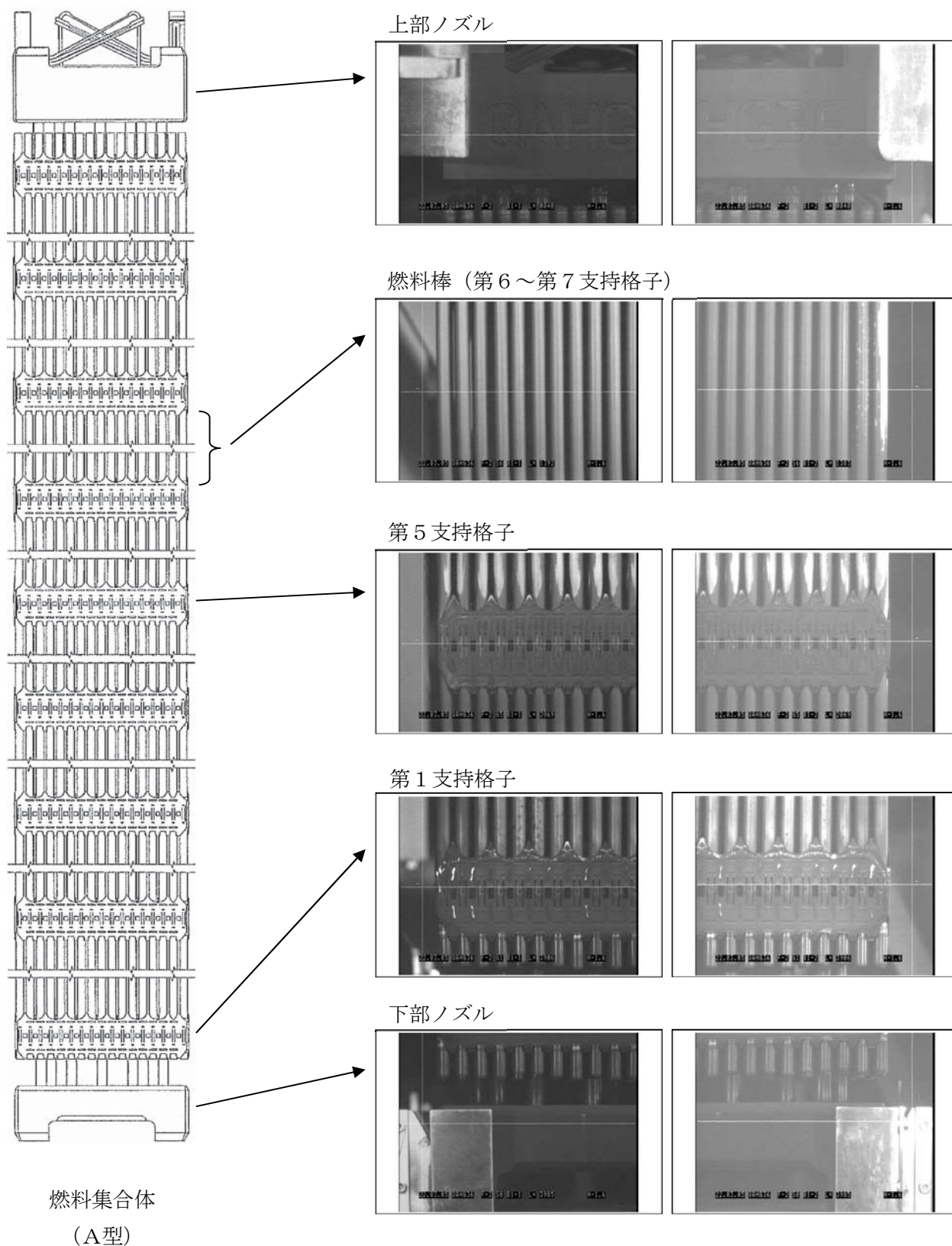


図-1 漏えい燃料集合体外観の調査結果 (代表例)

漏えい燃料棒調査（超音波）装置概要

漏えい燃料棒調査（超音波）装置は、燃料棒への浸水の有無を超音波により確認し、漏えい燃料棒を検出する装置である。

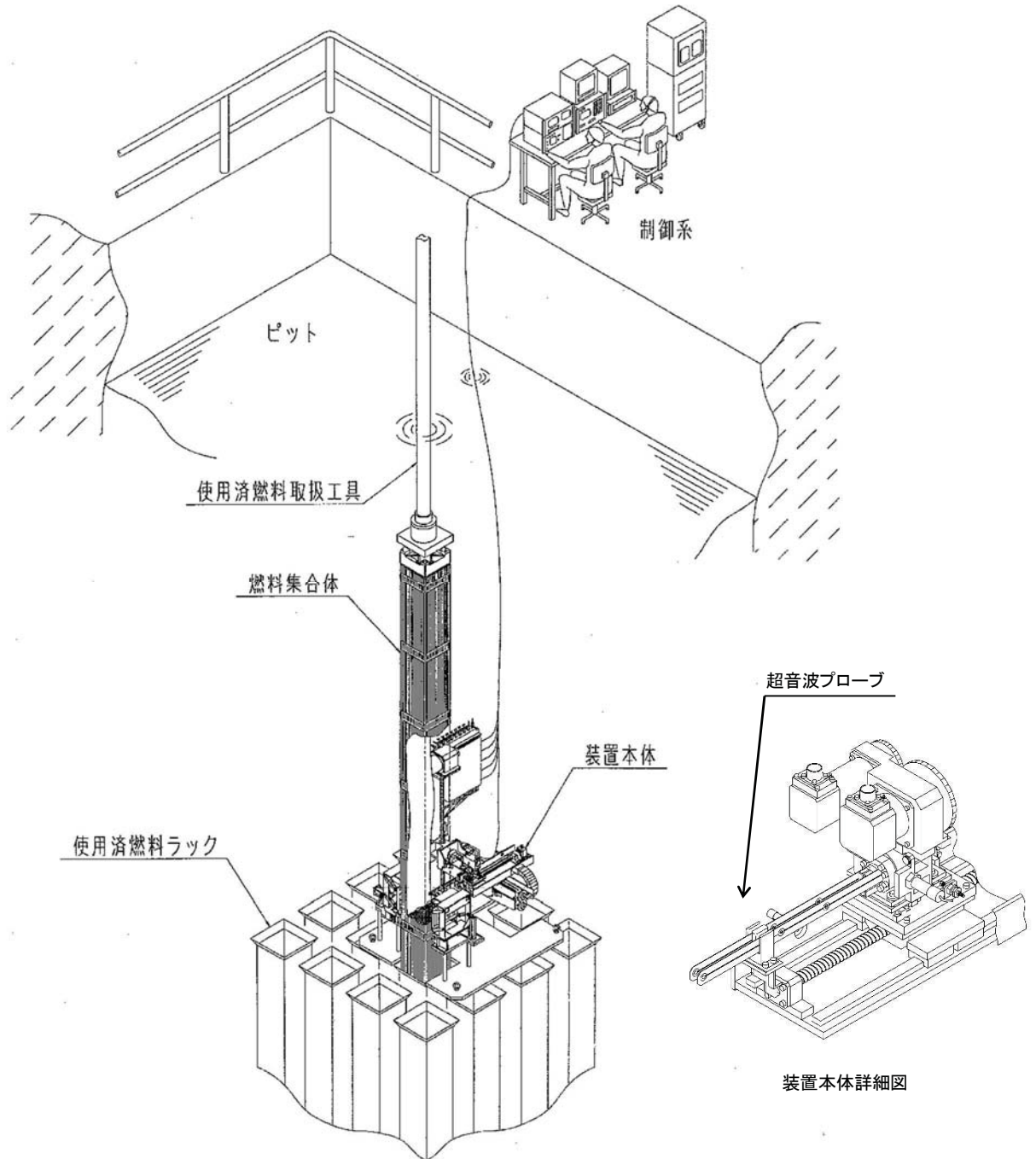


図1 漏えい燃料棒調査（超音波）装置概略図

漏えい燃料棒調査 (超音波) 装置は、マニピュレータにより超音波プローブを燃料棒の間げきに挿入し、プローブ発信子から超音波を発信する (図2)。発信された超音波は、水及び被覆管を伝搬した後、超音波プローブの受信子で受信される。超音波は燃料棒内の水によって吸収され減衰するため、測定された超音波受信強度を健全燃料棒と比較評価することで、燃料棒への浸水の有無を判定し、漏えい燃料棒を検出する (図3)。

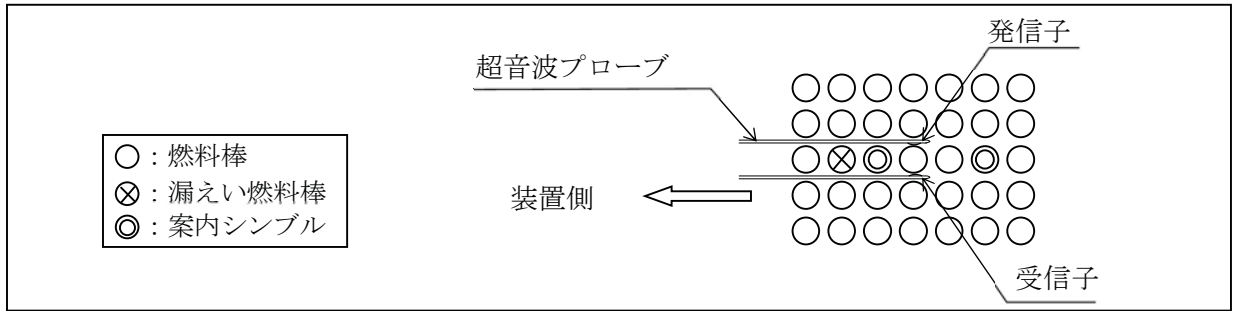


図2 超音波プローブ挿入状況

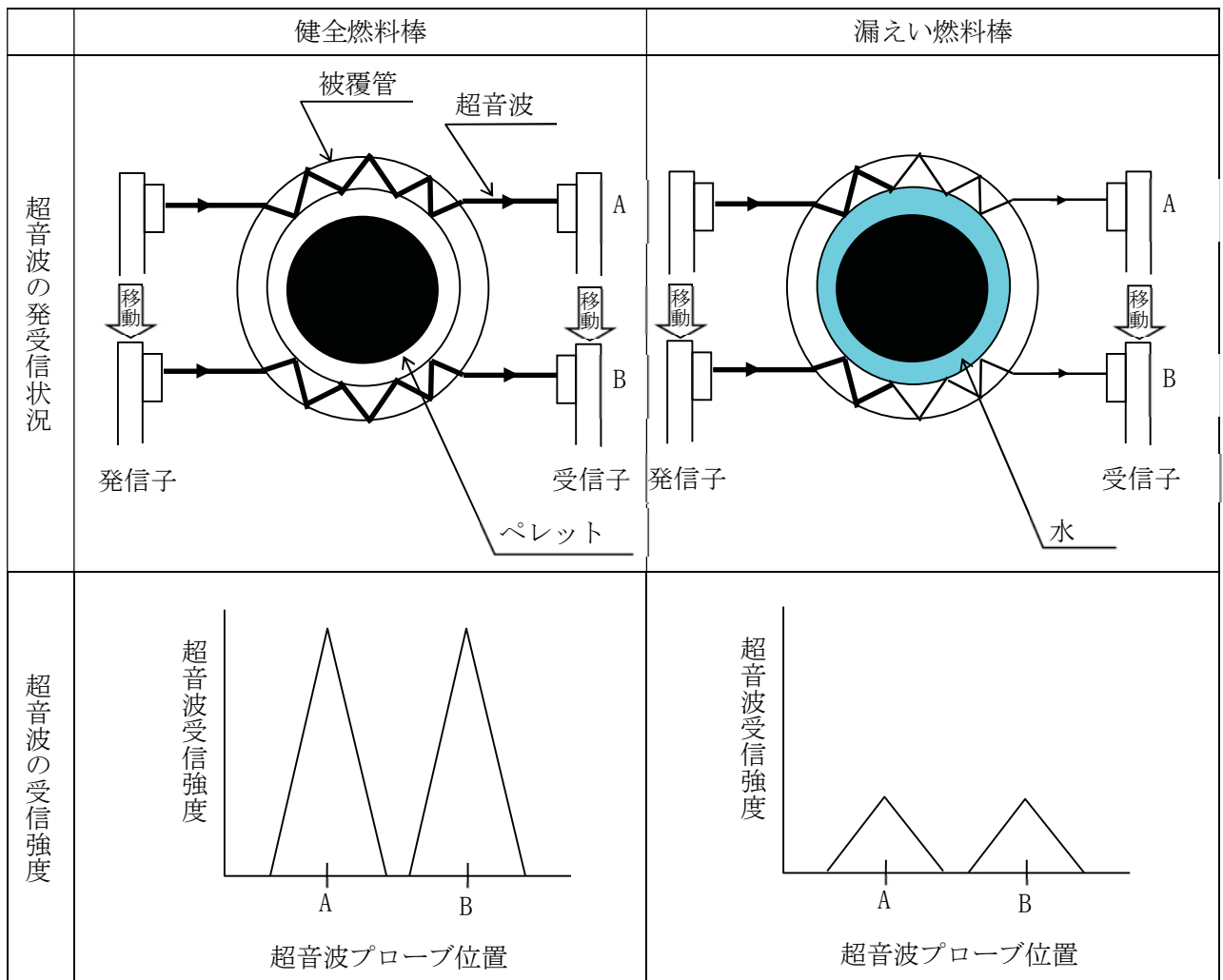


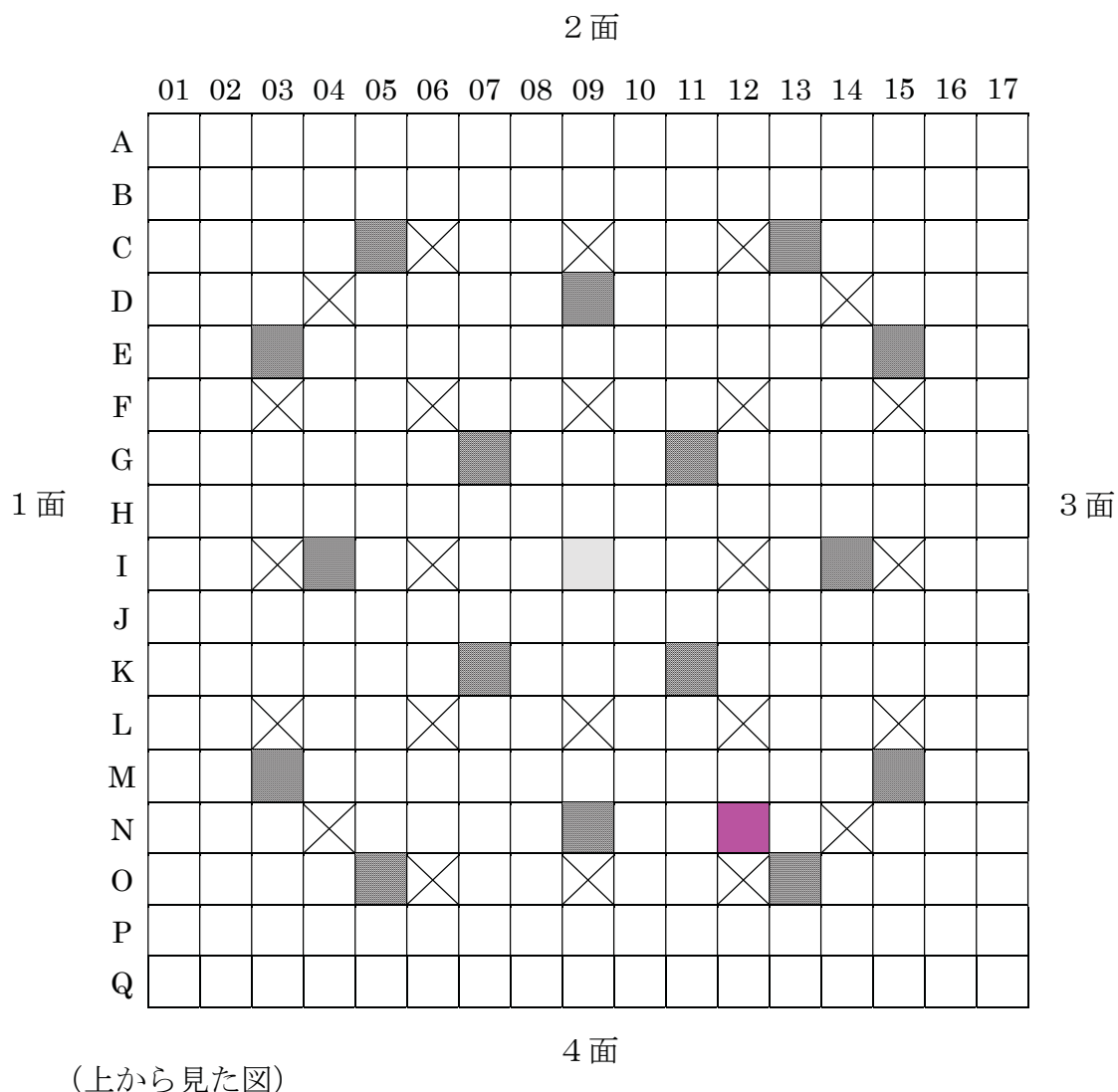
図3 超音波による検出原理説明図

漏えい燃料棒調査結果（超音波による漏えい燃料棒の確認）

1. 燃料集合体番号：QAHG36

(1) 調査日：2022年 3月13日

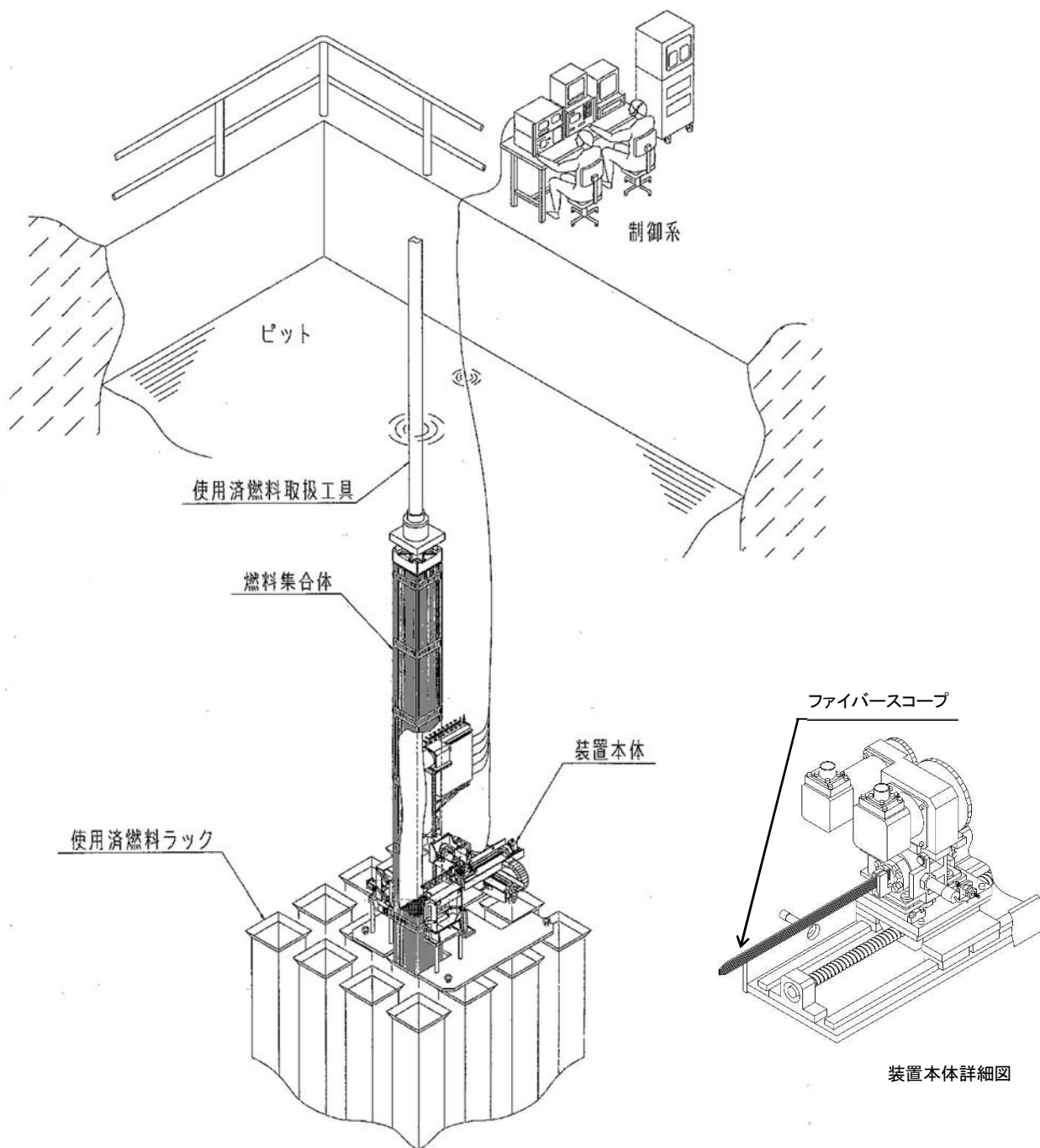
(2) 漏えい燃料棒：1本（位置：N-12）



- : 燃料棒
- : 燃料棒（ガドリニア入り）
- ⊗ : 制御棒案内シンブル
- : 炉内計装用案内シンブル
- : 漏えい燃料棒位置（N-12）

漏えい燃料棒調査（ファイバースコープ）装置概要

漏えい燃料棒調査（ファイバースコープ）装置は、漏えい燃料棒調査（超音波）装置で確認された漏えい燃料棒の表面状態をファイバースコープを用いて観察する装置である。



漏えい燃料棒調査（ファイバースコープ）装置概略図

漏えい燃料棒調査結果 (ファイバースコープによる外観観察)

1. 燃料集合体番号：QAHG36 (漏えい燃料棒位置：N-12)
- (1) 調査日：2022年 3月14日～3月19日
- (2) 結果：異常なし

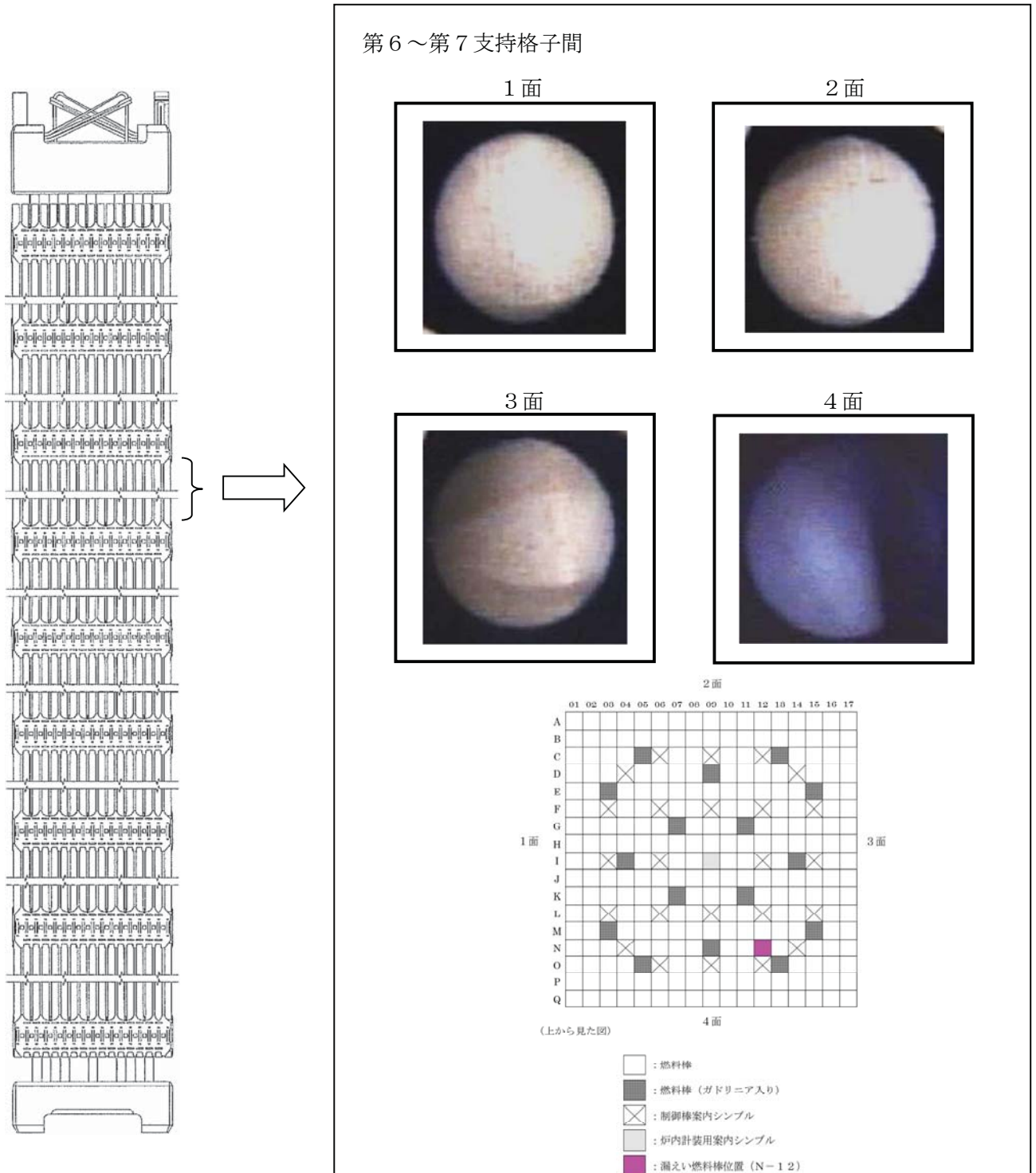


図-1 漏えい燃料棒の外表面の調査結果 (代表例)

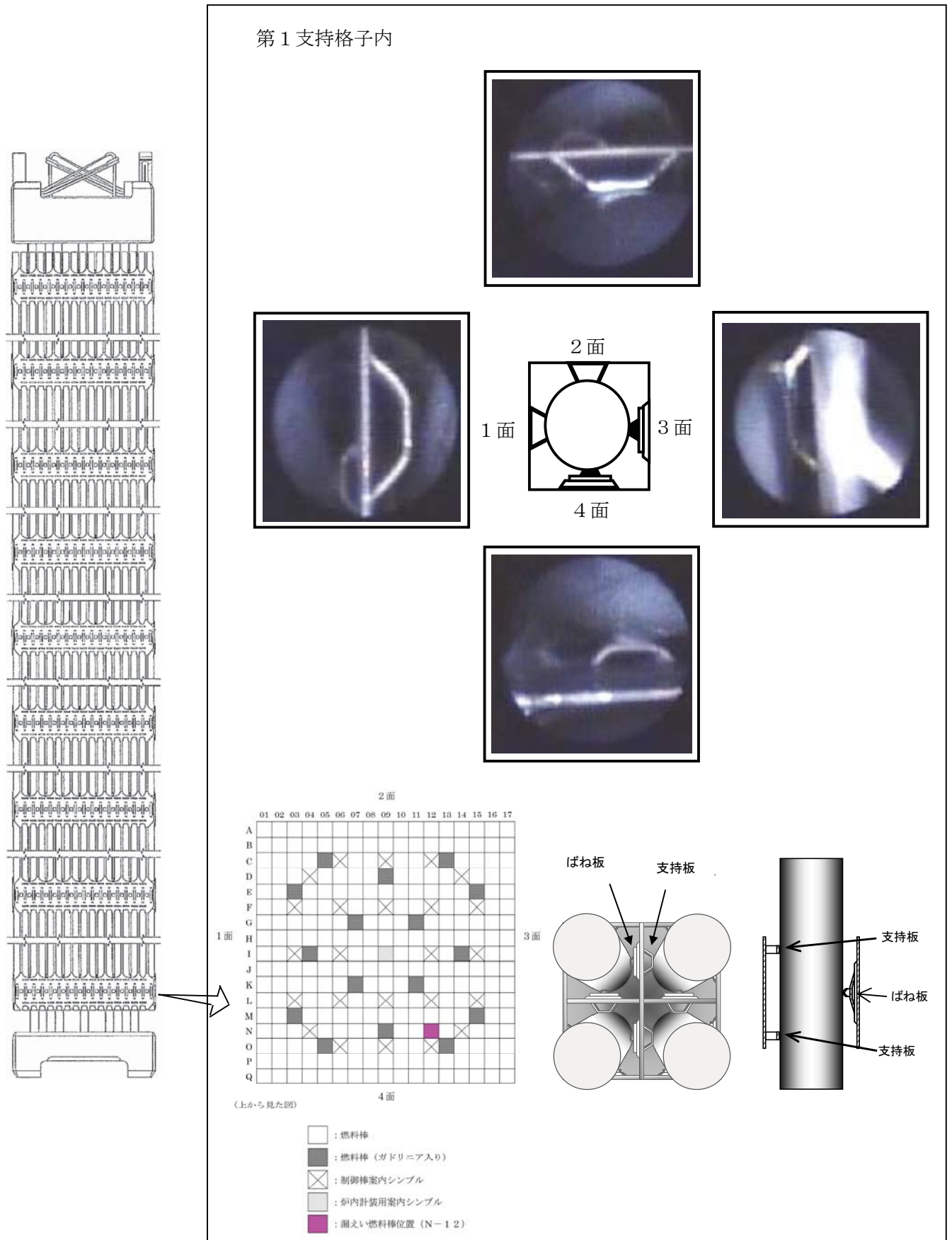


図-2 漏えい燃料棒の支持格子内の調査結果 (代表例)

運転、水質、製造、取扱履歴調査結果

1. 運転履歴調査結果

調査項目	制限値	運転中の値 (炉心中の最も厳しい値)		
		第13サイクル	第14サイクル	第16サイクル
最大線出力密度(kw/m)	43.1 以下	36.0 以下	34.7 以下	36.5 以下
DNB比	1.17 以上	2.24 以上	2.17 以上	2.18 以上

2. 水質履歴調査結果

調査項目	基準値	運 転 中 の 値		
		第13サイクル	第14サイクル	第16サイクル
電気伝導率 (μ S/cm)	1~40	13.8~28.4	20.2~27.2	10.3~33.0
pH	4~11	6.1~7.4	6.2~7.3	6.2~7.7
塩素イオン (ppm)	0.15 以下	0.05 未満	0.05 未満	0.05 未満
溶存酸素 (ppm)	0.1 以下	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満
溶存水素 ($\text{cm}^3\text{-STP/kg}\cdot\text{H}_2\text{O}$)	15~50	21.4~30.0	25.2~32.1	21.1~31.0

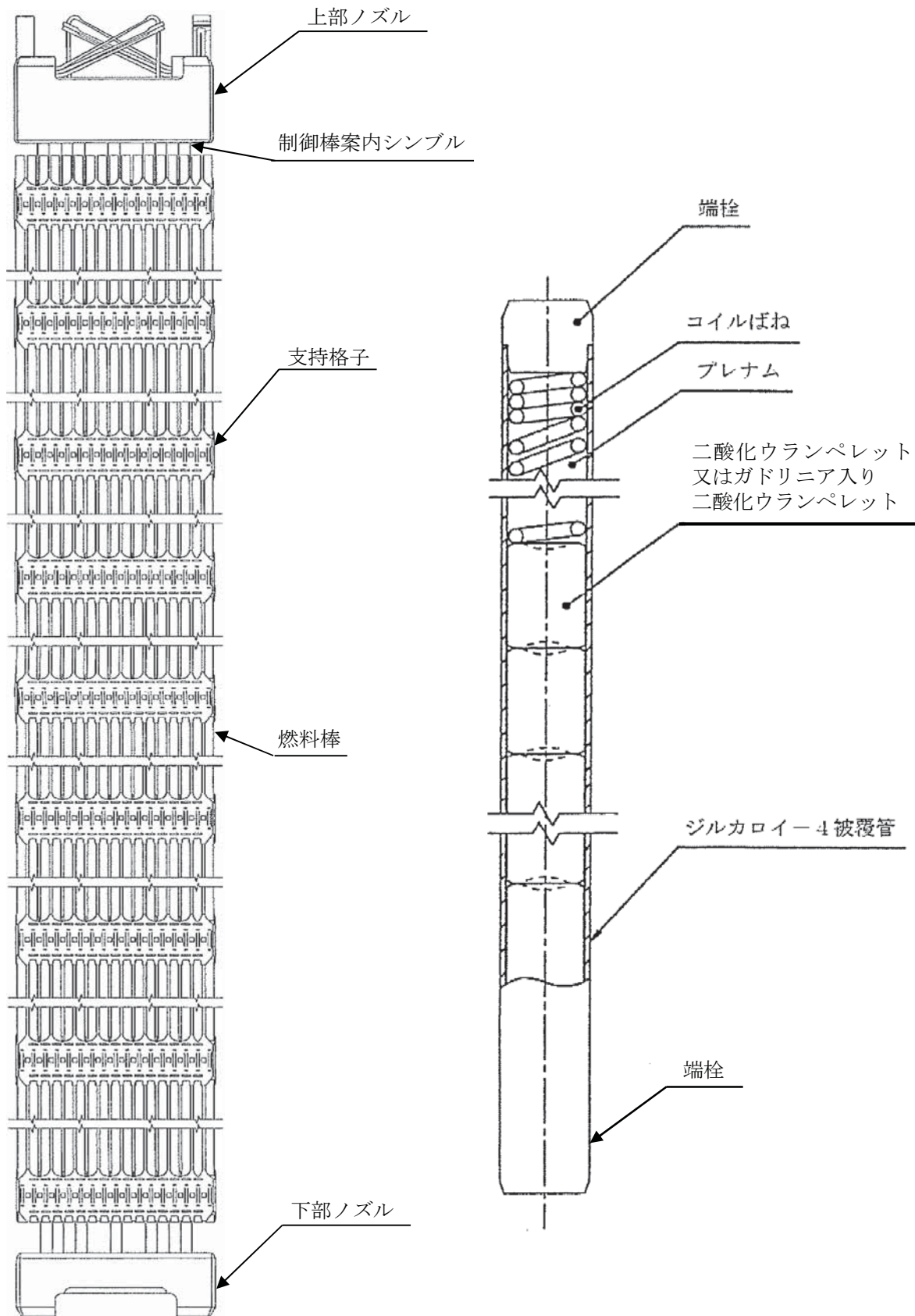
3. 製造履歴調査結果 (製造・品質記録により調査)

調査項目	確認内容	確認結果
ペレット	濃縮度、化学成分、外観、寸法、密度	良
被覆管	化学成分、欠陥、寸法、金相、機械的性質、耐食性、外観、熱処理条件	良
コイルばね	化学成分、機械的性質、寸法、外観、ばね定数	良
燃料棒	溶接部の健全性、表面汚染、外観、寸法、He 加圧量、内部構造	良
端栓	化学成分、機械的性質、寸法、外観、耐食性	良
支持格子	化学成分、機械的性質、寸法、外観、ばね力	良
燃料集合体	外観、寸法	良

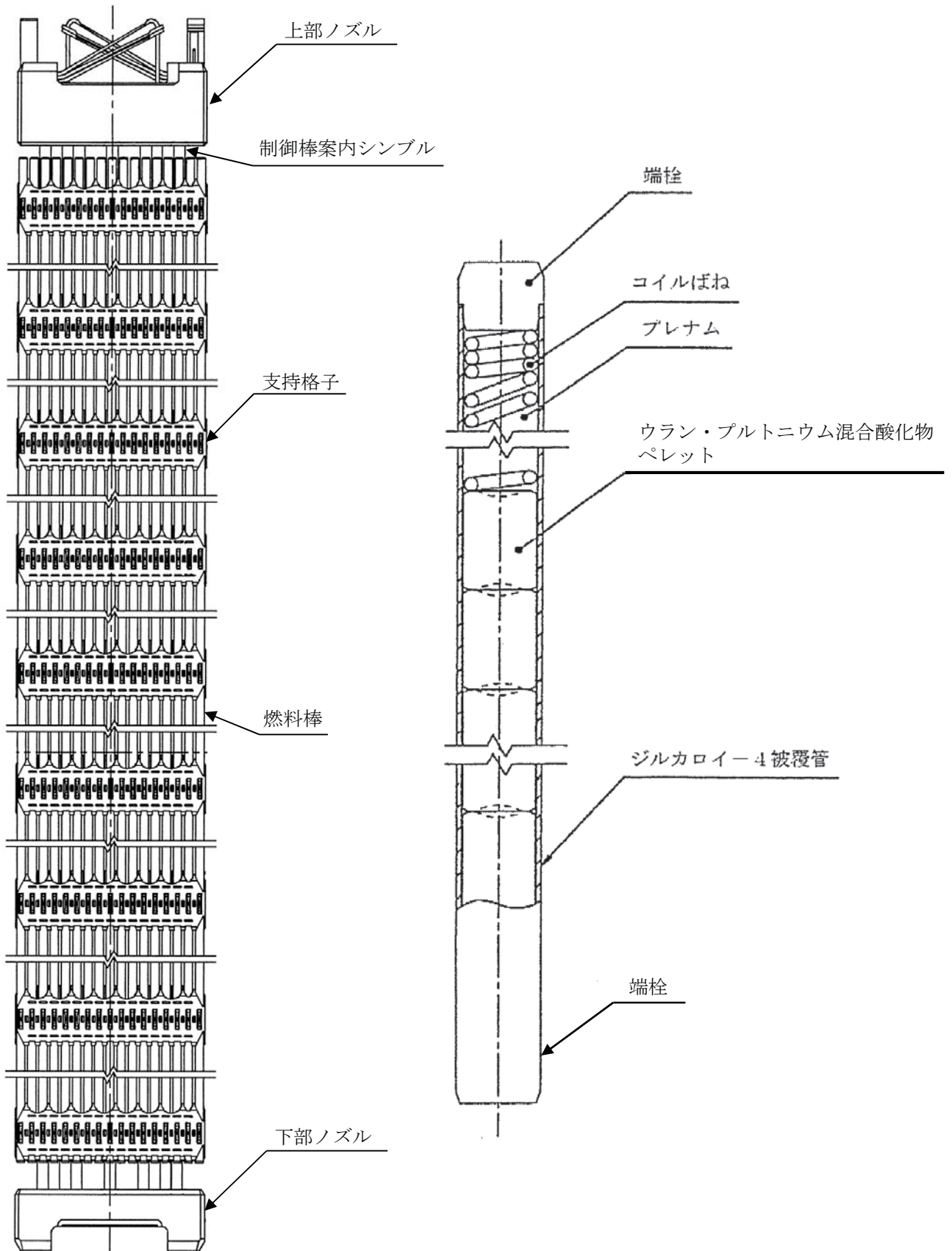
4. 取扱履歴調査結果

調査項目	実施年月日	確認結果	
新燃料受入	2008年12月 4日、12月16日	良	
第12回定検	新燃料移動	2009年 9月23日	良
	装荷	2009年10月18日	良
第13回定検	取出	2011年 1月 7日~ 1月 8日	良
	シッピング検査	2011年 1月16日	良
	装荷	2011年 3月11日	良
	再取出	2013年 3月 8日	良
	外観検査	2013年 7月18日	良
	外観検査	2017年 7月21日	良
	再装荷	2018年 2月17日	良
第14回定検	取出	2019年 5月24日	良
第15回定検	外観検査	2020年 9月29日	良
	装荷	2020年11月 2日	良

※：装荷・取出には、関連の移動・検査等を含む。



燃料集合体の概要図
(A型ウラン燃料)



燃料集合体の概要図
(A型MOX燃料)

燃料設計仕様概要

項 目		17×17型 A型燃料集合体	17×17型 MOX燃料集合体(A型)
ペレット	材料	二酸化ウラン (一部ガドリニアを含む)	ウラン・プルトニウム混合酸化物
	濃縮度	約 4.1 wt% (ガドリニア入り燃料に ついては約 2.6wt%)	約 4.1 wt%濃縮ウラン相当以下
	直径	約 8.19 mm	約 8.19 mm
	長さ	約 11.5 mm	約 11.5 mm
	密度	約 95%理論密度	約 95%理論密度
被覆管	材料	ジルカロイ－4	ジルカロイ－4
	外径	約 9.50 mm	約 9.50 mm
	厚さ	約 0.57 mm	約 0.57 mm
	被覆管－ペレット間げき(直径)	約 0.17 mm	約 0.17 mm
燃料棒	燃料棒全長	約 3.9 m	約 3.9 m
燃料集合体	燃料棒配列	17×17	17×17
	燃料棒数	264 本	264 本
	燃料棒ピッチ	約 12.6 mm	約 12.6 mm
	集合体全長	約 4.1 m	約 4.1 m
	集合体断面寸法	約 214mm×約 214 mm	約 214mm×約 214 mm
	支持格子材料	ニッケル・クロム・鉄合金	ニッケル・クロム・鉄合金
	支持格子数	9	9
	制御棒案内シングル材料	ジルカロイ－4	ジルカロイ－4
	制御棒案内シングル数	24	24
	炉内計装用案内シングル材料	ジルカロイ－4	ジルカロイ－4
	炉内計装用案内シングル数	1	1
	燃料集合体最高燃焼度	48,000 MWd/t	45,000 MWd/t