

六ヶ所再処理工場におけるウラン試験の成果 と アクティブ試験の状況について

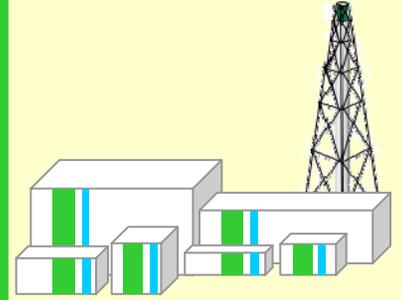


日本原燃株式会社
中村 裕行

1. 再処理工場で行う試験

試験運転の目的

- 機器の動作や性能の確認
- 機器等の不具合や故障を作業前に早期に見つけ出し、手直しを実施
- 運転員や保修員等の技術的能力の向上、運転手順書等の充実



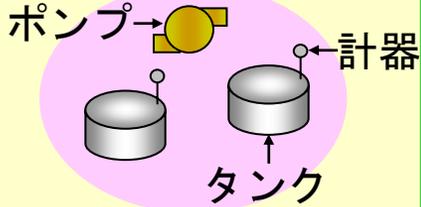
平成13年	平成14年	平成15年	平成16年	平成17年	平成18年	平成19年
通水作動試験（水・空気など：機器の性能及び接続状態の確認）						
	化学試験（硝酸などの化学薬品：機器の調整、耐酸性の確認）					
		ウラン試験（ウラン・化学薬品：各工程の性能確認）				
				アクティブ試験 （使用済燃料・化学薬品：総合確認）		
						▼ 操業

再処理工場の試験は、操業状態に段階的に近づけながら実施

2. ウラン試験の成果について

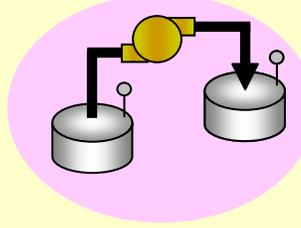
ウラン試験の進め方

① 機器単体の調整



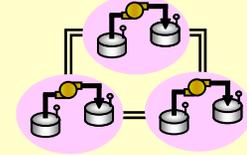
ポンプ、タンクにつながっている計器等が、ウランを使っても正しく動くことを確認

② 系統試験



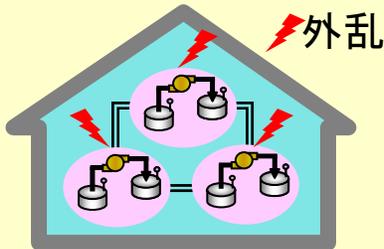
機器を組み合わせ、まとまった系統としての性能を確認

③ 系統包括試験



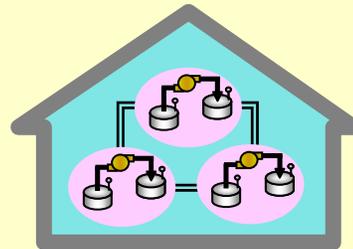
複数の系統を組み合わせて運転し、運転性能を確認

④ 外乱試験



機器の故障や停電等の異常事態（外乱）を模擬し、安全装置が正しく機能することを確認

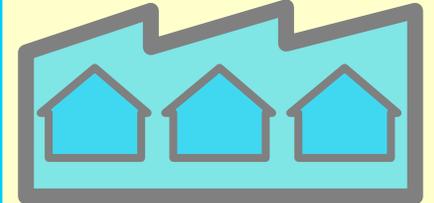
⑤ 建屋統合試験



各系統を統合し、建屋全体としての運転性能や運転操作等を確認

⑥ 総合確認試験

再処理工場全体



アクティブ試験に向けて、工場全体の性能を最終確認

①～⑤は平成16年12月21日開始し、平成17年9月20日終了

⑥は平成18年1月7日開始し、1月22日終了

ウラン試験の実施状況

各建屋におけるウラン試験は、平成16年12月に開始し、平成17年9月に終了
 総合確認試験は、平成18年1月に実施

項目	H16	H17												H18
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
■ 全体工程	12月21日試験開始									9月20日試験終了				1月7日～22日
														
■ 分離建屋の場合(一例)			2月14日試験開始							8月17日試験終了				
														
														

① 機器単体の調整

密度計等の計器類の調整及びポンプ等の移送機器の機能を確認

② 系統試験

ウラン溶液を用いて、パルスカラム※の機能(ウランの挙動の確認等)等を確認

③ 系統包括試験

ウラン溶液を用いて、分離設備、分配設備の処理性能を確認

④ 外乱試験

施設緊急停止操作による施設の停止時の確認、復旧操作の確認等を実施

⑤ 建屋統合試験

建屋全体を対象として、最小、定格、最大処理量で運転し、運転パラメータ等を確認

⑥ 総合確認試験

※パルスカラムとは、ウラン、プルトニウム、核分裂生成物の分離・精製等を行うために使用する円筒状の機器



ウラン試験で使用したウラン

ウラン試験で使用したウラン

- ・ウラン試験で使用したウランは、劣化ウラン（天然に存在するウランに比べ、燃えやすいウラン235の割合が少ないウラン）を使用
- ・試験用ウラン約53トンのうち、建屋統合試験までに約51トンを使用し、総合確認試験では約2トンを使用



形態	主な目的	使用量	
■ 模擬ウラン燃料集合体	せん断設備を使って、模擬ウラン燃料集合体のせん断処理性能を確認	約27トン	約53トン
■ ウラン溶液	分離、精製、脱硝設備における抽出性能などを確認	約24トン	
■ ウラン粉末	空気を用いて製品を専用の容器へ詰める動作を確認	約2トン	

- 天然ウラン：ウラン235が約0.7%
- 原子力発電（軽水炉）の燃料：ウラン235が約3%～5%
- ウラン試験で使用したウラン：ウラン235が天然ウランの約3分の1

ウラン試験の実施結果

各建屋におけるウラン試験の実施結果

- 各建屋において、ウラン溶液等を用いて、再処理設備本体等の性能を確認した
- 各建屋において、「閉じ込め」、「放射性物質の放出管理等」、「臨界安全」、「火災・爆発に対する考慮」等の観点から、各建屋で確認すべき事項についてはすべて確認した
- 試験期間中に発生した不適合等については、総合確認試験の実施までに処置すべき不適合等を確認し、ルールに則り、同試験の開始前までに確実に処置した

総合確認試験の実施結果

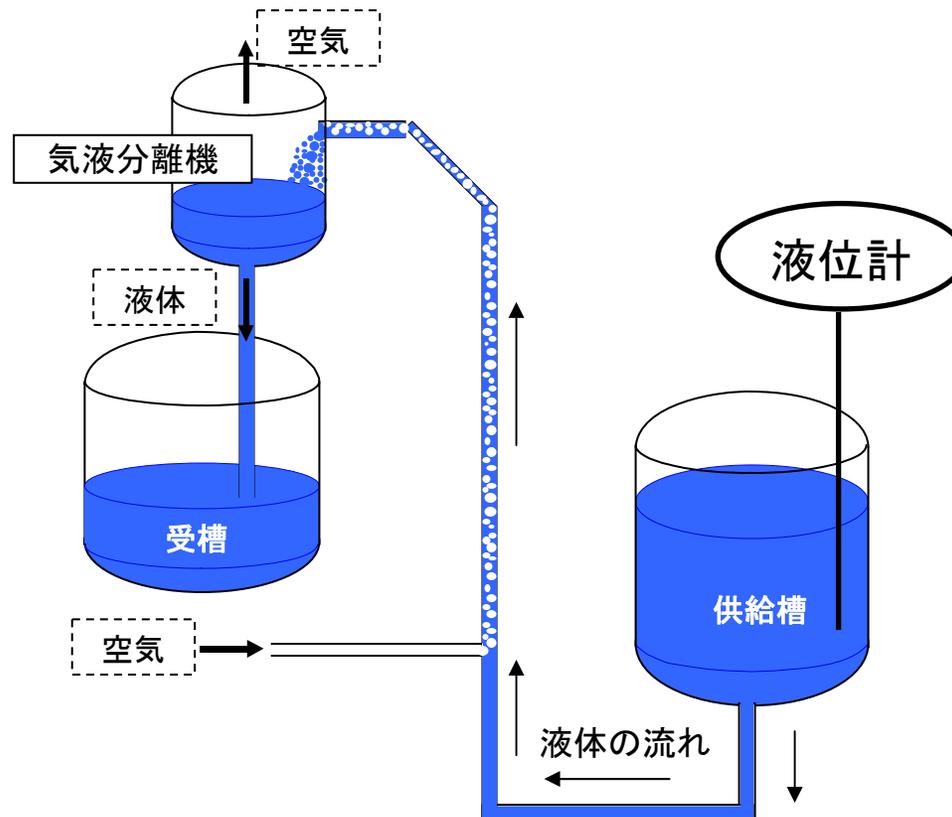
- 総合確認試験では、負圧調整、排気筒風量等の確認を行い、「再処理施設ウラン試験計画書」で計画していた再処理設備本体等の性能及び安全性に関する機能について、すべて確認
- これまでに発生した不適合等については、安全上重要な施設の安全機能に係るものは発生しておらず、その他の不適合等については、適宜改造等の対策を実施し是正措置を図った

ウラン試験全体

- ウラン試験を通して、運転手順書等の充実を図るとともに、現場での作業や運転訓練シミュレータを用いた訓練により、運転・保修要員等の技術的能力の向上を図った

ウラン試験の内容(分離建屋の例ー機器単体の調整)

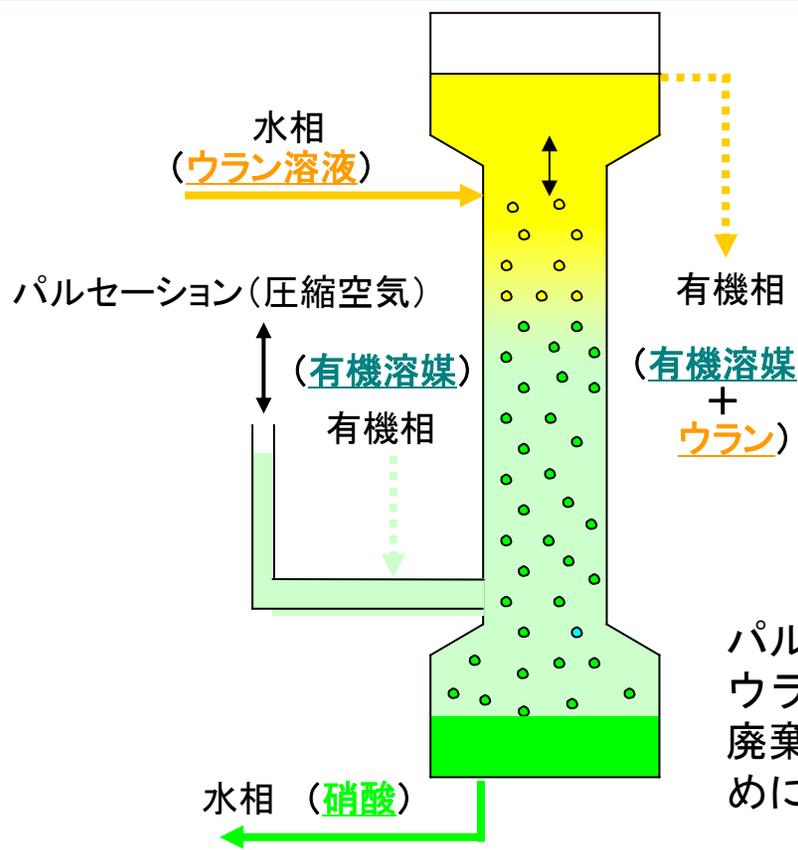
○ウラン溶液(劣化ウランを硝酸で溶かした液)を用いて、移送機器の移送試験(流量の確認等)や計器類の調整(誤差の確認)を実施



エアリフト：液体を移送する機器。液体を浸した配管内に空気を吹き込み、液体と空気の混合状態とする。混合状態のものは液体より比重が軽く、上昇流が形成され、それにより液体が移送される。

ウラン試験の内容(分離建屋の例—系統試験)

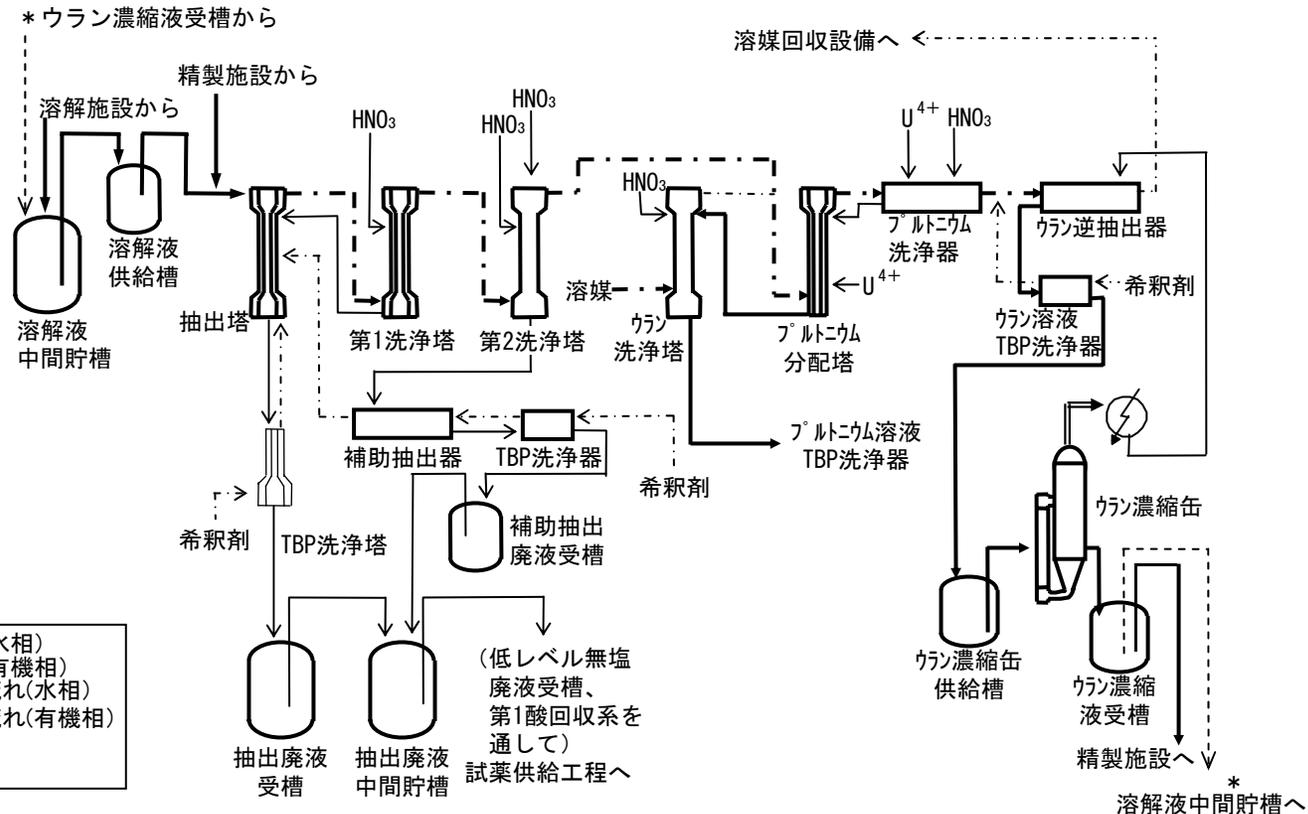
○**ウラン溶液**と**有機溶媒**を用いて、ウランが水相に流出しないことなどを確認するパルスカラムの試験を実施



パルスカラム：
ウラン、プルトニウム、放射性
廃棄物の分離・精製等を行うた
めに使用する円筒状の機器

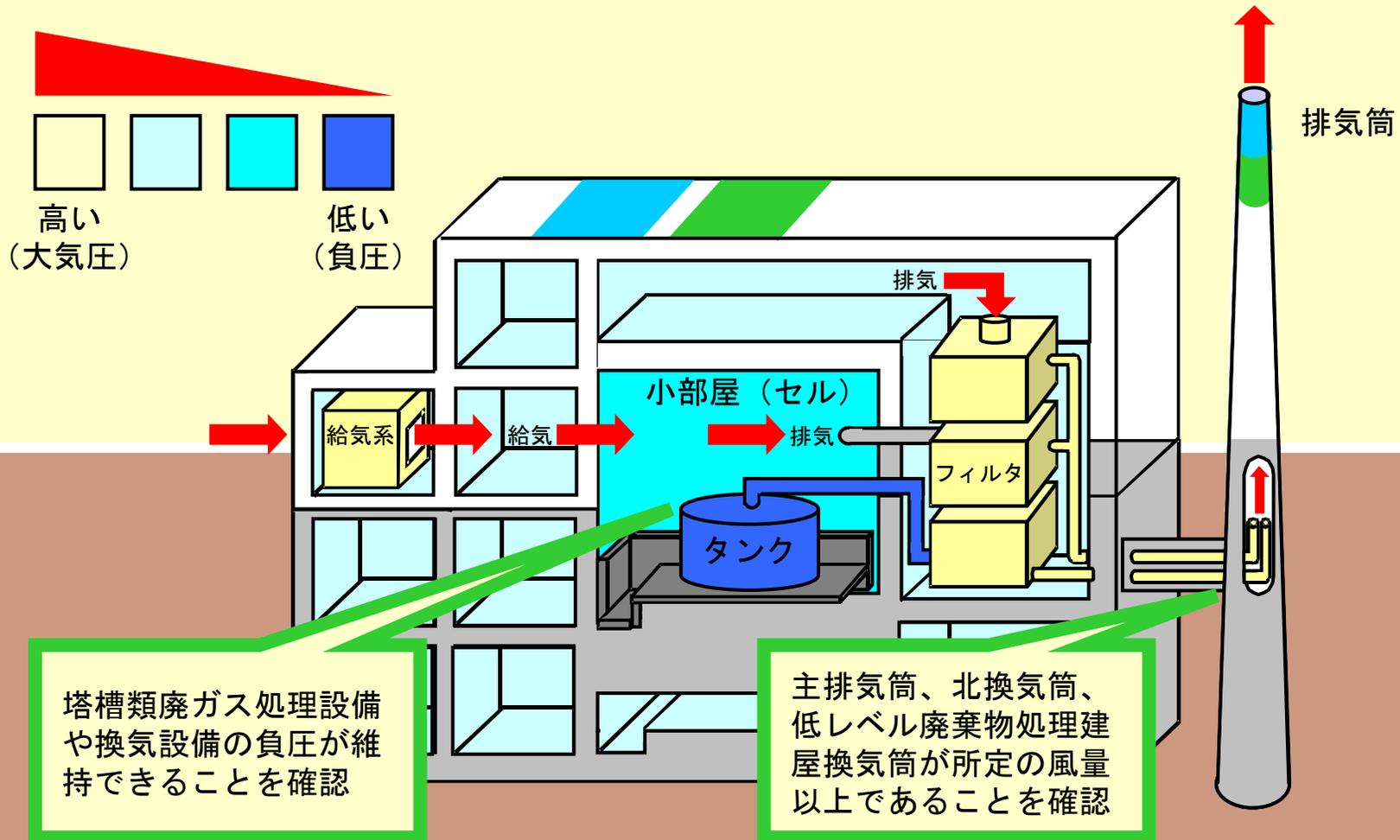
ウラン試験の内容(分離建屋の例—系統包括試験、外乱試験)

- **ウラン溶液**及び**有機溶媒**を用いて、系統全体の性能確認、処理量を変更した場合のパラメータ（流量、温度等）確認、起動・停止時の手順などを確認（系統包括試験）
- 異常時のインターロック作動確認試験や施設の緊急停止試験を実施（外乱試験）



総合確認試験の実施結果

総合確認試験の一例（負圧調整、風量確認）



ウラン試験の過程で発生した不適合等

- ウラン試験の過程で発生した不適合等は、ウラン試験開始の平成16年12月21日から総合確認試験の終了の平成18年1月22日までに、261件の不適合等が発生
- このうち、安全上重要な施設の安全機能に係る不適合等の発生はなし

■安全上重要な施設の安全機能に係る不適合等	0 件
■その他の安全性に関する機能に係る不適合等	82 件
■安全性に関する機能に係らない不適合等	179 件
計	261 件

■不適合等とは、「不適合事項」と「改善事項」

■不適合事項とは、仕様や機能等、所定の要求を満たしていないため、是正措置が必要な事項

■改善事項とは、運転操作性・保守性の向上、先行施設のトラブルを当社施設へ反映する等、改善・予防処置が必要な事項

■各建屋のウラン試験（平成16年12月21日より平成17年9月20日まで）に発生した不適合等は210件

■総合確認試験の期間中（平成18年1月7日より1月22日まで）に発生した不適合等は5件（改善事項は0件）

- 運転要員、保守要員、放射線管理要員は、これまで実施してきた試験等を通して、それぞれの技能の向上を図ってきている
- また、不適合等により得られた知見を運転手順書等へ反映し、運転要員や保守要員等の技術的能力の向上につなげてきている
- アクティブ試験の実施に向けて、臨界安全管理に関する教育、汚染拡大防止・被ばく低減防止に係る放射線管理に関する教育を実施しているとともに、異常時・非常時対応の習熟度を向上させるため、臨界発生時の防災訓練を実施している
- その他、先行施設におけるヒューマンエラーの事例の教育を実施



運転訓練シミュレータにおける異常時の処置に関する対応訓練の様子



品質保証大会の様子

トラブルの発生状況

■ウラン試験の期間中、安全協定に基づくトラブルは20件発生

■いずれのトラブルも工場外への影響はなく、法令報告の対象となるトラブルもなし

■また、国際原子力機関（IAEA）と経済協力開発機構の原子力機関（OECD/NEA）が策定したトラブルの国際的に共通な評価尺度（INES）においても、すべて対象外

■発生したトラブルについては、原因究明や再発防止対策等を講じるとともに、類似施設に同種の問題がないかを確認し、適切に対応

項目	再処理工場全体で発生したトラブル
■A情報（直ちに情報）	4 件
■B情報（速やか情報）	6 件
■C情報（お知らせ情報）	10 件
計	20 件



A情報 4件の内訳

- 煙の発生（分離建屋）
 - 硝酸性溶液の漏えい（前処理建屋）
 - 事業所敷地内の火災
 - BP取扱いピットからの漏水（使用済燃料受入れ・貯蔵建屋）
- : ウラン試験に関するトラブル

3. ウラン試験からアクティブ試験までの手続



ウラン試験からアクティブ試験までの手続

試験運転では、地元(青森県)の県民の理解と協力を得ながら、実施

○ウラン試験からアクティブ試験までの主な手続

項目	2005年						2006年							
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月		
■ 試験工程	ウラン試験						アクティブ試験							
	建屋毎の試験									第1ステップ				
							総合確認試験							
■ 報告書・計画書							▼ 試験報告書(その1)(11/1)		▼ 試験報告書(その2)(1/31)					
							▼ アクティブ試験計画書(12/22)							
■ 地元(県・村)との主な手続							① 「建屋毎のウラン試験」から「総合確認試験」まで			② 「総合確認試験」から「アクティブ試験」まで				
							③ 岩手県関係者への説明等の対応							
													▼ 県・村安全協定締結(3/29)	
													▼ 隣接市町村 安全協定締結(3/31)	



ウラン試験からアクティブ試験までの手続(①)

① 「建屋毎のウラン試験」から「総合確認試験」まで (2005年9月～12月までの対応)

- 9月20日 建屋毎のウラン試験終了(2004年12月21日より開始)
- 11月1日 上記試験結果の報告書(ウラン試験報告書(その1)) 国に提出
- 11月10日 ウラン試験報告書(その1)に対して、国が妥当であると評価
- 11月10日 第12回 青森県原子力政策懇話会(試験結果の報告)
- 11月18日～20日 ウラン試験結果報告に係る県民説明会(青森県主催)実施
- 11月18日 再処理施設工事計画の変更の届出

アクティブ試験開始	平成17年12月→平成18年2月
しゅん工	平成19年5月→平成19年7月

- 12月19日 第31回 青森県原子力安全対策委員会(試験結果の報告)
- 12月22日 アクティブ試験計画書 国に提出
- 12月27日 再処理施設保安規定 変更認可(12月13日変更認可申請)
- 12月28日 高レベル廃液ガラス固化建屋、第1ガラス固化体貯蔵建屋(棟)
改造工事終了の青森県知事への報告

② 「総合確認試験」から「アクティブ試験」まで (2006年1月～3月までの対応)

- 1月7日～22日 ウラン試験の総合確認試験
- 1月31日 ウラン試験報告書(その2) 国に提出
- 2月14日 アクティブ試験計画、ウラン試験結果について、国が妥当と評価
- 2月20日 アクティブ試験計画等について、原子力安全委員会が妥当と評価
- 2月20日 再処理施設工事計画の変更の届出

アクティブ試験開始	平成18年2月→平成18年3月
しゅん工	平成19年7月→平成19年8月

- 2月22日 青森県議会全員協議会(2月16日 議員説明会)
- 2月23日 六ヶ所村議会全員協議会(2月16日 議員説明会)
- 2月24日 第13回青森県原子力政策懇話会(アクティブ試験安全協定素案等)
- 2月23日～3月23日 青森県県議会2月定例会
- 3月27日 第9回核燃料サイクル協議会
- 3月27日 再処理施設保安規定 変更認可(2月14日変更認可申請)
- 3月29日 青森県、六ヶ所村 アクティブ試験用安全協定締結
- 3月31日 隣接市町村 アクティブ試験用安全協定締結
- 3月31日 アクティブ試験開始

③ 岩手県関係者への説明等の対応

■ 説明会（勉強会含む）

2005年10月14日 岩手県議会議員他

2005年12月16日 岩手県漁連

2006年3月28日 岩手県久慈市・宮古市での説明会

（岩手県、岩手県漁連、沿岸15市町村長及び議長を対象）

■ 六ヶ所再処理事業所 視察会

2005年10月～2006年9月までに、25回のサイト視察会を開催

視察会の主な参加者

岩手県マスコミ関係者、市議会議員、町長・町議会議員、自民党岩手県連、エネルギー懇談会等の団体

4. アクティブ試験の状況について

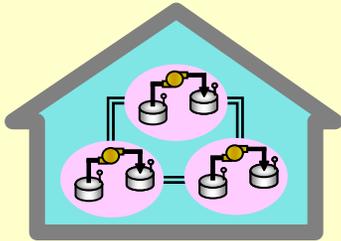
アクティブ試験の進め方(1/2)

(1) アクティブ試験の目的

- ・これまでの試験を通じて、アクティブ試験の実施に必要な安全機能は確認済み
- ・アクティブ試験では、実際の使用済燃料を用いて、安全機能や機器設備の性能を確認
- ・具体的には、環境への放出放射エネルギー、核分裂生成物の分離性能、ウランとプルトニウムの分配性能等を確認

(2) アクティブ試験の進め方

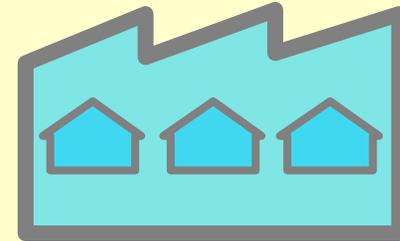
各施設



施設の安全機能及び機器・設備の性能を確認



工場全体



連続運転及び工場全体の運転性能を確認

■段階的に放射性物質などの内蔵量を増やすとともに、処理能力を上げていながら、これらの確認を実施



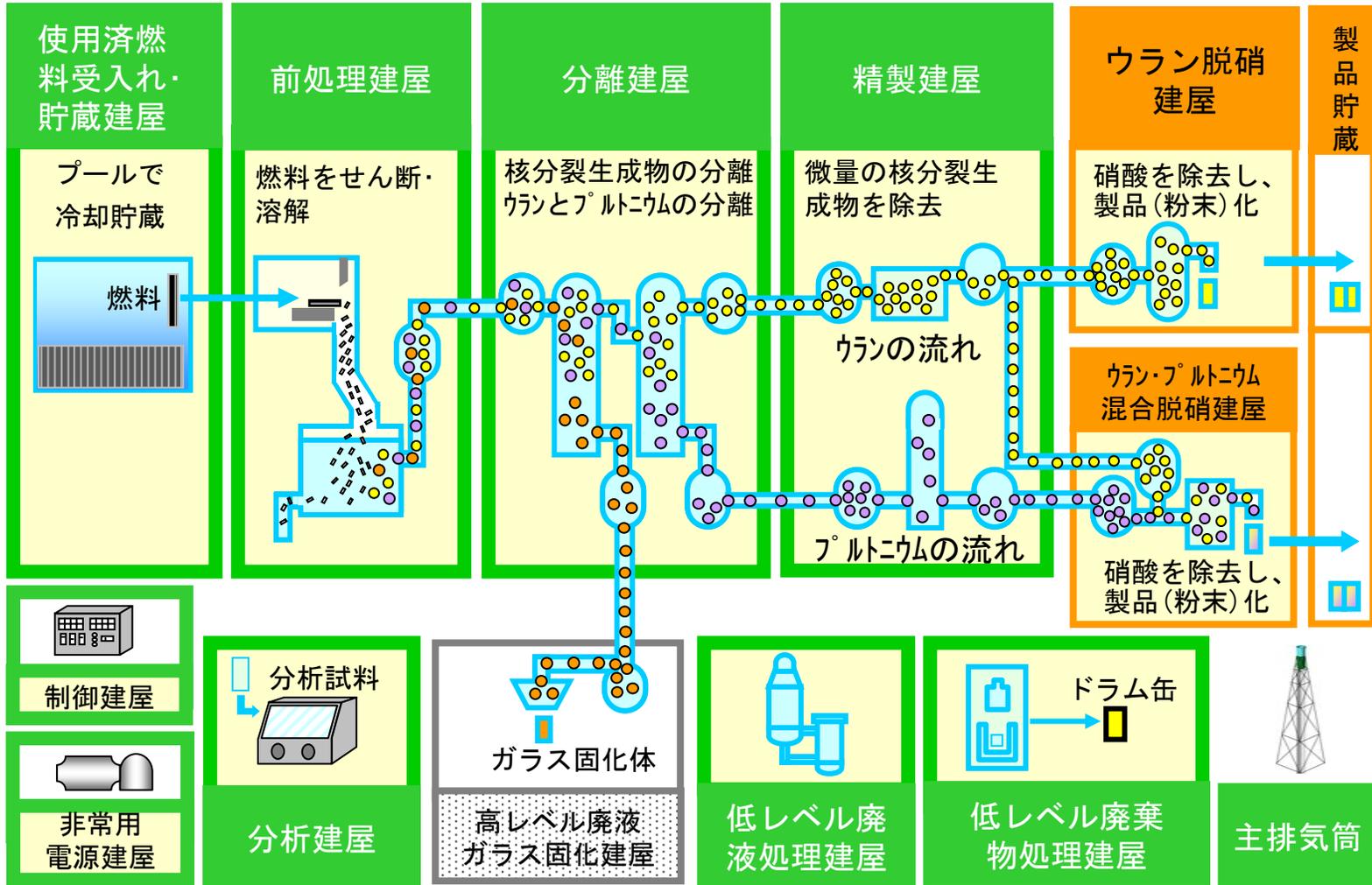
■このため、使用済燃料の燃料のタイプ・燃焼度・冷却期間・処理量を整理し、5つのステップを設けて実施

アクティブ試験の進め方(2/2)

第1ステップ	<ul style="list-style-type: none"> ■施設の安全機能及び機器・設備の性能確認 	<ul style="list-style-type: none"> ■PWR燃料 	<ul style="list-style-type: none"> ■燃 焼 度 低～中 ■冷却期間 長～中 	<ul style="list-style-type: none"> ■約 30トン
 ホールドポイント1	<ul style="list-style-type: none"> ■線量当量率、空気中の放射性物質濃度、溶解性能、核分裂生成物の分離性能、プルトニウムの分配性能、プルトニウム逆抽出性能、環境への放出放射能の評価 			
第2ステップ	<ul style="list-style-type: none"> ■施設の安全機能及び機器・設備の性能確認 	<ul style="list-style-type: none"> ■PWR燃料 ■BWR燃料 	<ul style="list-style-type: none"> ■燃 焼 度 低～中 ■冷却期間 長～中 	<ul style="list-style-type: none"> ■約 60トン
 ホールドポイント2	<ul style="list-style-type: none"> ■線量当量率、空気中の放射性物質濃度、溶解性能、核分裂生成物の分離性能、プルトニウムの分配性能、プルトニウム逆抽出性能、環境への放出放射能の評価 			
第3ステップ	<ul style="list-style-type: none"> ■施設の安全機能及び機器・設備の性能確認 	<ul style="list-style-type: none"> ■PWR燃料 ■BWR燃料 	<ul style="list-style-type: none"> ■燃 焼 度 低～中 ■冷却期間 長～中 	<ul style="list-style-type: none"> ■約 70トン
第4ステップ	<ul style="list-style-type: none"> ■連続運転及び工場全体の運転性能 	<ul style="list-style-type: none"> ■PWR燃料 	<ul style="list-style-type: none"> ■燃 焼 度 中～高 ■冷却期間 長～中 	<ul style="list-style-type: none"> ■約110トン
第5ステップ	<ul style="list-style-type: none"> ■連続運転及び工場全体の運転性能 	<ul style="list-style-type: none"> ■BWR燃料 	<ul style="list-style-type: none"> ■燃 焼 度 中～高 ■冷却期間 長～中 	<ul style="list-style-type: none"> ■約160トン

※ホールドポイントでは、次の段階に移行するかどうかの安全性について、技術評価委員会において評価する

再処理工場の主要工程



- 第1ステップでは、緑枠の建屋について実施
- 第2ステップでは、それに加え、オレンジ枠の建屋を追加



アクティブ試験中の使用済燃料のせん断状況

第1ステップでのせん断状況

- PWR（17×17型）燃料 67体
(燃焼度：約12,000～約17,000 MWd/tU_{pr}、冷却期間：約20年)
(燃焼度：約30,000～約33,000 MWd/tU_{pr}、冷却期間：約10～18年)
- せん断時に想定される引っかかり、噛み込み、詰まり等、試験工程に影響を与える大きなトラブル等もなく、機器の性能を確認

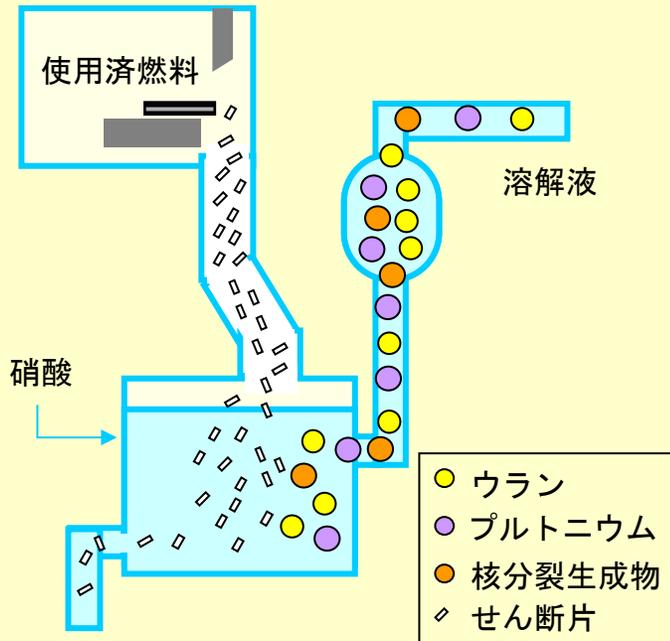
第2ステップでのせん断状況

- PWR（17×17型）燃料 6体
- 第2ステップでは、上記、燃料も含めて、PWR燃料 約50トン（約110体）、BWR燃料 約10トン（約60体）のせん断予定

前処理建屋

■ 前処理建屋の役割

使用済燃料を3～4cmの小片にせん断した後、硝酸により溶かし溶解液とすること



試験結果の概要

■ 目的

- ・ せん断・溶解できることの確認
- ・ 臨界上安全であることの確認

■ 主な確認項目

- ・ ウラン濃度
- ・ プルトニウム濃度
- ・ 酸濃度

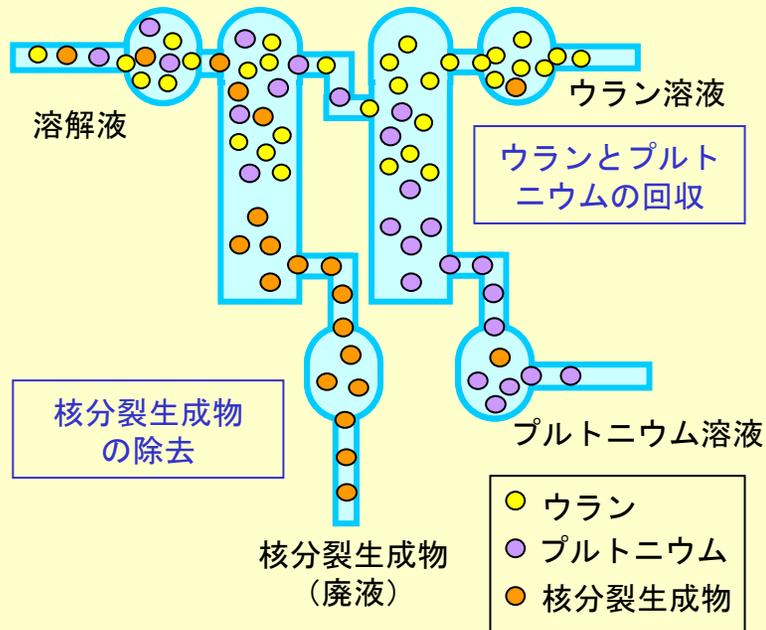
■ 結果

良好

分離建屋

■ 分離建屋の役割

溶解液からウラン、プルトニウム溶液を回収し、核分裂生成物を除去すること



試験結果の概要

■ 目的

- ・ プルトニウムが回収できることの確認
- ・ 核分裂生成物が除去できることの確認
- ・ 臨界上安全であることの確認

■ 主な確認項目

- ・ 廃液中のプルトニウム濃度
- ・ ウラン溶液中のプルトニウム濃度
- ・ ウラン溶液及びプルトニウム溶液中の核分裂生成物濃度

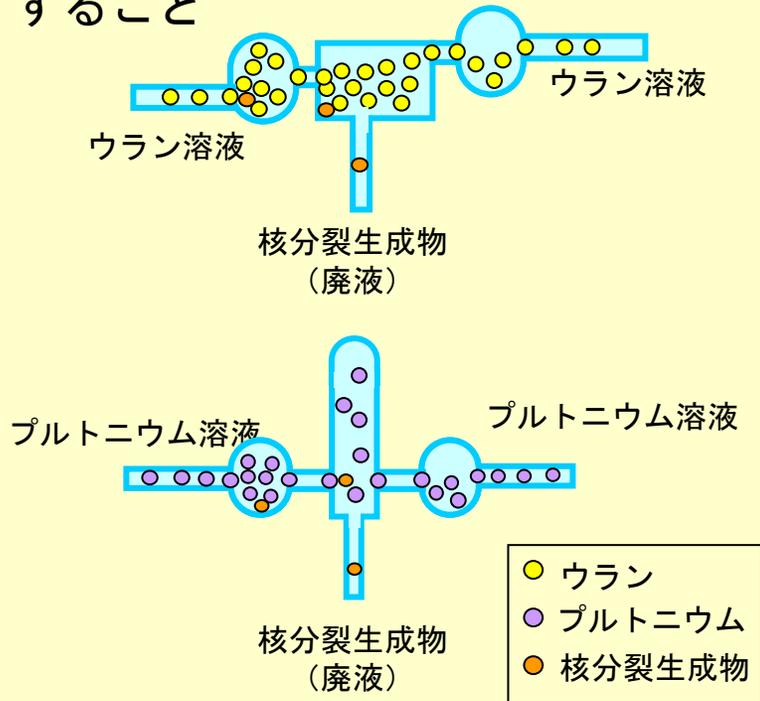
■ 結果

良好

精製建屋

■ 精製建屋の役割

ウラン溶液とプルトニウム溶液から微量の核分裂生成物を除去すること



試験結果の概要

■ 目的

- ・ 核分裂生成物が除去できることの確認
- ・ 臨界上安全であることの確認

■ 主な確認項目

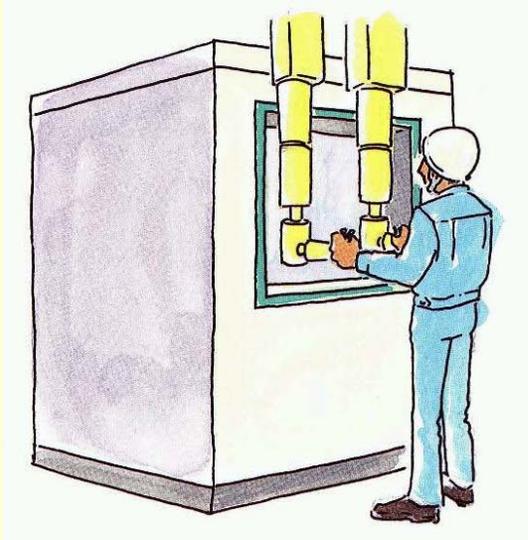
- ・ 廃液中のプルトニウム濃度
- ・ 溶媒中のプルトニウム濃度
- ・ ウラン溶液及びプルトニウム溶液中の核分裂生成物濃度

■ 結果

良好

再処理施設全体

管理区域内における作業環境



試験結果の概要

■ 目的

現場の放射線作業環境が作業員にとって安全であること

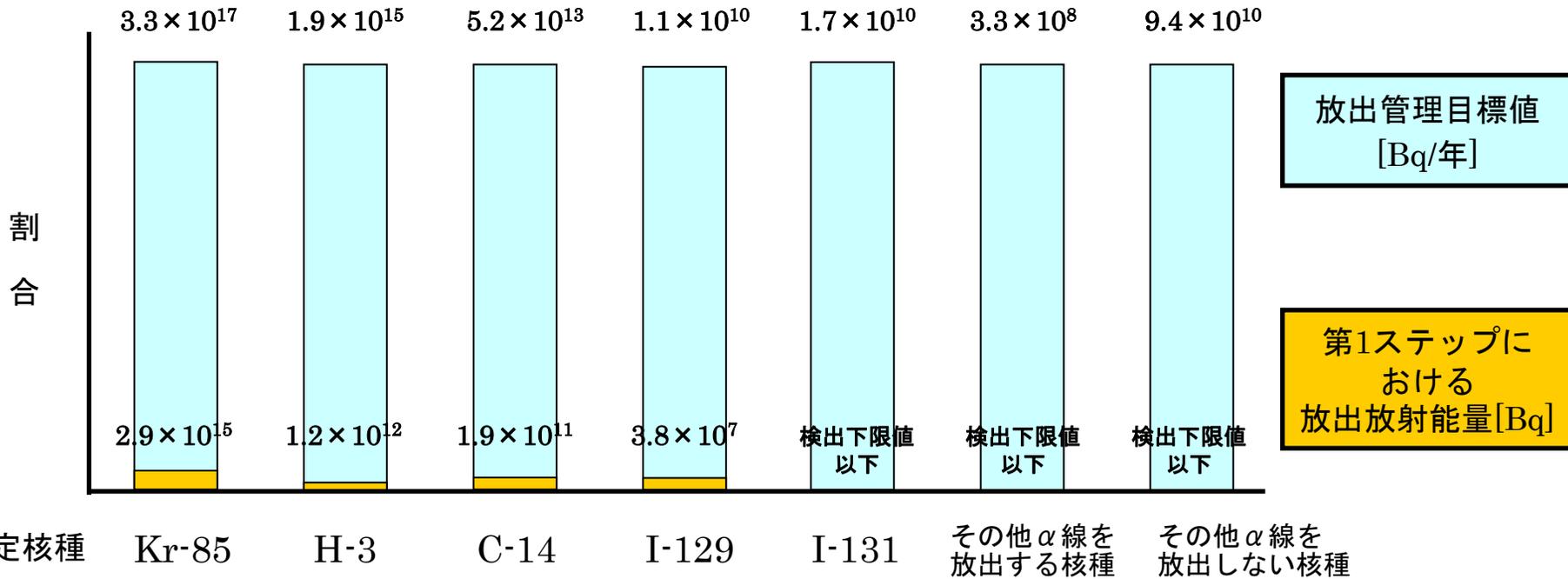
■ 主な確認項目

- ・ 線量当量率
- ・ 空気中の放射性物質濃度

■ 結果

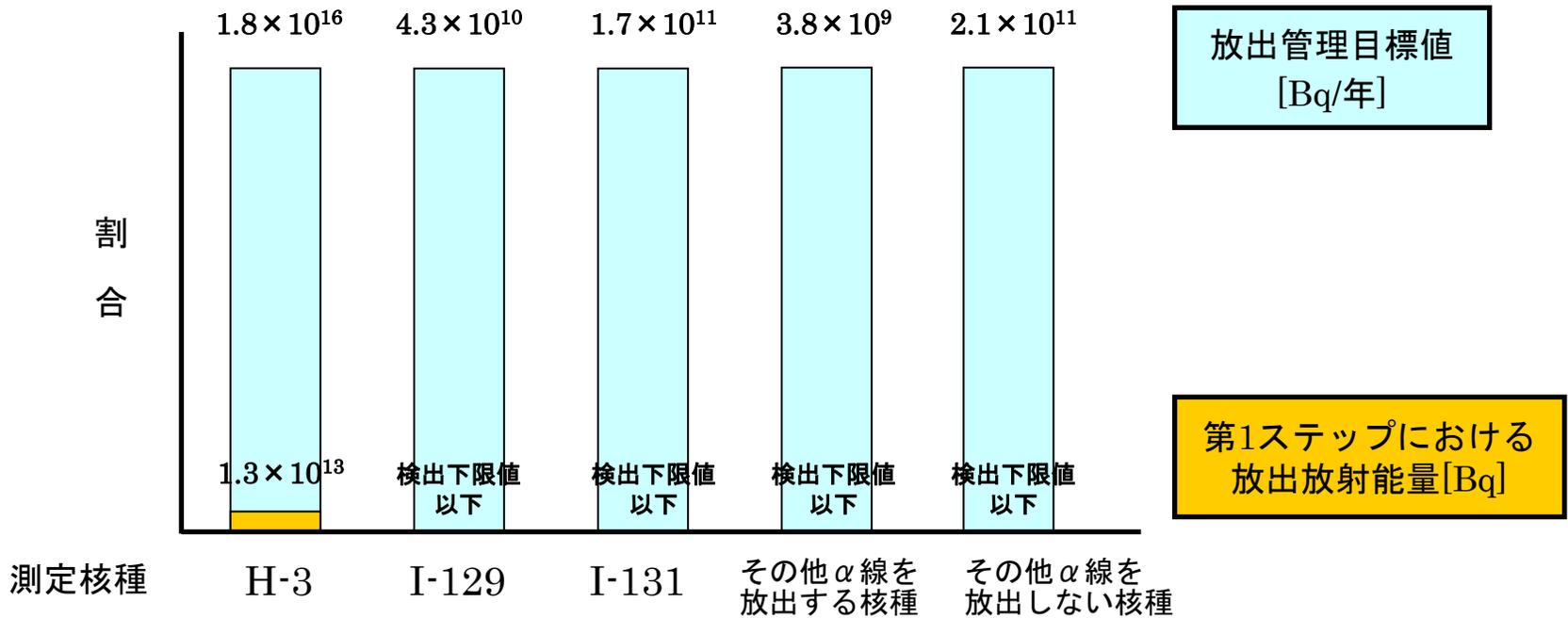
良好

第1ステップにおける放出放射エネルギーと放出管理目標値【大気】



- ・ 第1ステップにおいて、大気への放出放射エネルギーに関するデータを取得
- ・ 放出放射エネルギーについては、放出管理目標値を十分下回っている
- ・ 第2ステップにおいて、環境への放出放射エネルギーの評価を実施

第1ステップにおける放出放射エネルギーと放出管理目標値【海洋】



- ・ 第1ステップにおいて、海洋への放出放射エネルギーに関するデータを取得
- ・ 放出放射エネルギーについては、放出管理目標値を十分下回っている
- ・ 第2ステップにおいて、環境への放出放射エネルギーの評価を実施

トラブルの発生状況

アクティブ試験 第1ステップにおけるトラブルの発生状況

- 法令報告の対象トラブルは 0 件
- トラブル等対応要領に規定するトラブルは 2 件



■ A情報	0 件	
■ B情報	2 件	①溶解槽セル内における洗浄水の漏えいについて ②精製建屋内における試薬の漏えいについて
■ C情報	0 件	

- ・ 5月の体内取込みについては、取込みが微量であったため、C情報未満
- ・ 6月の体内取込みについては、事象発生当初トラブル情報に該当するおそれがあるものとして関係機関に連絡するとともに、公表したが、調査の結果、内部被ばくはないことが確認されたため、C情報未満



不適合等の処置状況

■ アクティブ試験（第1ステップ）の過程で発生した不適合等

	不適合等			合計
	安全上重要な施設の安全機能に係る不適合等	その他の安全性に係る不適合等	安全性に関係しない不適合等	
発生件数	0	3	3	6
処置済件数	—	2	2	4
処置中のうち、第2ステップ開始までに処置を終了するもの	—	1	1	2
処置中のうち、第2ステップ開始以降においても処置を継続するもの	—	0	0	0

■ アクティブ試験を実施していない施設で発生した不適合等

- ・ アクティブ試験を実施していない施設で発生した不適合等は33件
- ・ 安全上重要な施設の安全機能に係る不適合等はなし
- ・ 33件のうち、第2ステップ開始以降においても処置を継続する不適合等8件については、第2ステップへの移行にあたり安全上支障がないことを確認済み

(不適合等には、改善事項を含む)

アクティブ試験 第1ステップの実施結果

- プルトニウム及び核分裂生成物の含有量が少ない燃料により、機器・設備の性能及び再処理施設の安全機能を有していることを確認
- 不適合等については、適切に処置を行い、第2ステップへの移行にあたり安全上支障がないことを確認



アクティブ試験 第2ステップでは

- 試験する建屋の範囲を拡大し、脱硝性能確認試験等を実施する予定
- 第1ステップよりもプルトニウム及び核分裂生成物の含有量が多い燃料を処理することにより引き続き安全機能の確認、及び環境への放出放射エネルギーの評価を実施予定
- 現在、分析再現性確認試験を、安全確保を最優先になすべきことを一歩ずつ慎重かつ着実に進めている

再処理事業を進めていく上での当面の課題

- 再処理 800トン体制の確立
 - ・ 技術的能力の向上
 - ・ 要員体制の評価
- 品質保証のより一層の充実
 - ・ 前どりの品質保証の実施