

平成 16 年 10 月 15 日

試験研究用原子炉施設におけるクリアランス制度への対応について

日本原子力研究所

1 . 概要

これまで原研では、試験研究用原子炉施設等の廃止措置として、JPDR（動力炉試験炉）、JRTRF（再処理特別研究棟）の解体撤去、並びに JRR-2（研究炉）、NS Mutsu（原子力船むつ）の一括撤去等を実施している。これらの廃止措置に係る経験を基に、現在検討中であるクリアランス制度をどのような手順で取り込むのか、また検認がどのように適用されるのか等について検討を進めている。以下に、これまでの経験に基づくクリアランス制度の具体化に向けた検討状況等について報告する。

2 . 原研における試験研究用原子炉施設の廃止措置経験について

本検討では、発電用原子炉施設と試験研究用原子炉施設とのクリアランス検認手法に関する比較検討を進め、廃止措置における段階的な管理工程（計画段階、作業段階、最終段階）に対応させて、クリアランスレベル検認の基本的考え方等について検討を進めている。

クリアランス手順の検討の参考とするため、原研における廃止措置の経験として試験研究用原子炉（JPDR）の解体手順、廃棄物の区分や確認方法等を以下に示す。

1) 解体手順等について

JPDRにおける解体手順では、周辺機器類の撤去、炉内構造物の撤去、原子炉圧力容器・残存機器類の撤去、放射化コンクリート・汚染コンクリート等の撤去、原子炉格納容器及び周辺コンクリートの解体撤去の順に作業が昭和 61 年から平成 8 年 3 月まで行われた(OHP-1)。

2) 解体廃棄物量について

試験研究用の原子炉施設等の解体工事に伴い発生する固体廃棄物（コンクリート及び金属）の発生量を表 1 に示す^{*1,2}。表には、既に解体撤去された出力 90MW の動力試験炉（JPDR）及び現在解体中の出力 10MW の JRR-2、再処理特別研究棟における低レベル廃棄物及びクリアランスレベル以下のもの、放射性廃棄物でない廃棄物の物量を示す。発生する廃棄物の総量に対する放射性廃棄物でない廃棄物の割合は、JPDR で約 85%、JRR-2 で約 80%、再処理特研で約 90%、ホットラボ施設で約 95%と炉施設、核燃料施設とともに割合は 80%を超える高い比率を示す。これに対し、クリアランスレベル以下のものは、JPDR で約 10%、JRR-2 で約 20%、再処理特研で約 2%、ホットラボ施設で約 5%と割合は低いが

変化していることが分かる。これは、施設の汚染形態の違いによるものであり、クリアランスの検認には汚染形態に応じた施設区分による個別の判断が必要になることが推察される。

3) 廃棄物の区分と確認について

J P D R 解体撤去時には、クリアランスレベルの決定には至らず、原子力安全委員会では、「放射性廃棄物でない廃棄物」^{*3}を分離するための基本的考え方が示された(OHP-2)。

そこで、J P D R では、建家コンクリートの汚染状況の把握については、使用履歴の調査結果に基づいて放射能確認測定を実施し、汚染の範囲と深さを把握し、汚染部分を特定した(OHP-3)。この「放射性廃棄物でない廃棄物」のための除染、分離、放射能測定等の手順について検討を行い、それに基づいて「確認」が進められた(OHP-4)。

確認測定では直接サーベイ法による測定と試料採取による測定を併用し、Ge半導体検出器による「環境放射線モニタリングに関する指針」^{*4}に示される定量可能レベル以下で、汚染核種が検出されない事として確認を進めた。「放射性廃棄物でない廃棄物」の確認測定における測定点数は、直接測定ではおよそ77,000点、測定ではおよそ2,500点の測定が行われた。このように「放射性廃棄物でない廃棄物」の取り扱いに係る放射能測定に係る労力は非常に膨大なものであり、これら確認に伴う作業の合理化検討は今後の大きな課題でもある。

*1 日本原子力研究所「原研における低レベル放射性廃棄物長期対策(中間報告)」(平成14年10月)

*2 日本原子力発電(株)「東海発電所放射性固体廃棄物の推定発生量」

*3 原子力安全委員会月報、15[6]、27(1993)

*4 原子力安全委員会月報、12[3]、124(1989)

3. クリアランス制度の導入における対応について

クリアランス制度の導入に伴う対応として、検認方法の手順の考え方を以下に示す。

クリアランス検認については、試験研究施設ごとに個別な判断が必要になる事から、まず始めに、廃止措置対象施設の残存放射能の形態を基に、施設区分(試験研究炉施設、核燃料物質使用施設等)に分けて、各施設の残存放射能モデル等の検討を進める。

試験研究炉施設におけるクリアランスレベルの検認の基本的な考え方については、民間基準として作成中の日本原子力学会におけるクリアランス検認の技術的基準^{*5}に基づき実施することを検討している。

廃止措置におけるクリアランスレベル検認の基本的なフローは、計画段階では、施設の領域(エリア)の区分 前提条件の設定 組成比の設定を行い、作業段階では、組成比の見直し 特性評価 測定方法の選定を行い、最終段階では、検出効率の準備 誤差の評価 検

認測定の際に検認作業が行われる（OHP-5）。

J P D R の経験を基に、検認手順の具体的な流れを以下に示す（OHP-6）。廃止措置におけるクリアランスレベル検認の基本的なフローの内、施設のエリア設定については、使用履歴によるエリアの設定あるいは区画毎に汚染エリアを設定する（OHP-7）。汚染分布等の確認においては、エリア内の汚染分布を測定により把握し、汚染分布図の作成を行う（OHP-8）。次いで、汚染対象物の選定として、放射化計算あるいは測定により核種評価を行う（OHP-9）。

引き続き、評価対象核種の選択及び組成比の設定等を行い、対象物の測定方法の選択、測定条件の設定を行う。これら適切な測定条件の設定後、対象物の測定を実施し、クリアランスレベルの評価/確認を行う（OHP-10）。

*5 日本原子力学会標準委員会原子燃料サイクル専門部会クリアランス検認分科会「クリアランスレベルの検認方法（案）：200X」（専門部会投票中、標準委員会、パブコメを経て平成17年度内の制定を目指している）

4．今後の課題について

以上、J P D R の経験を基に概略を説明したが、今後の検討課題として、以下の項目が挙げられる。

- ・ 試験研究炉、核燃料使用施設等における施設の個別の課題
- ・ 炉規法および障害防止法における規制について
- ・ 検認に係る作業・運用上の対応について（検認場所の確保など）
- ・ サイト開放、再利用に伴う検討課題
- ・ 廃止措置等に伴うこれら廃棄物の行き先について（放射性廃棄物の処分、産業廃棄物として処分または再利用に関する検討）

試験研究炉等における施設の個別の課題では、重水炉、高速炉等における重要核種の違いが指摘されているが、基本的な材料は発電炉と同様であり、それぞれ個別に、重水炉では生態遮蔽体中に含まれる Ba-133、高速炉では黒鉛遮蔽体の放射化による C-14 を追加評価することにより、これら個別の問題についてもクリアランスレベルの対応が可能なが報告されている^{*6,7,8}。たとえば、原研における試験研究炉（JRR-2、HTTR 等）においても、原子炉材料に係る基本的なものは同じであり、それぞれ、個別な問題として、遮蔽材（重晶石：BaSO₄）の放射化による Ba-133 あるいは黒鉛遮蔽体の放射化による C-14 を追加して評価することにより、これまで検討されてきたクリアランスレベル及びその検認方法を発電炉と同様に適用することが可能であると考えられる。

核燃料施設（ホットラボ）等については、持ち込まれる照射済み燃料等について炉型等を調査することにより、ORIGEN 等の計算による汚

染核種の選定が可能と考えられることから、試験研究炉等と基本的には同様に対応することが可能であると考えられる^{*9}。また、再処理特別研究棟については、使用履歴、施設区分等による記録等を基に核種の選定が可能と考えられ、基本的には試験研究炉と同様に検認が可能と考えられる。ただし、難測定核種の確認等については、化学分析による確認方法は概ね評価される段階にあるが、合理化を目指した非破壊測定に関しは、実用化に向けた検討が進められている段階である。化学分析による確認にはコストがかかるため、合理化に向けた検討が必要と考えられる。また、これらの詳細な検討については、個々の具体的な廃止措置計画の中で、適時、適切に必要なデータ等の収集整備を図って行く必要がある。

日本原子力研究所の多くの施設において、炉規法および障害防止法を個別に申請をして許可を得ており、両法に基づき、放射性物質等の使用、処理、管理、保管を行っている。特に、障害防止法では、使用履歴、施設区分等による記録等から核種の選定が可能であり、両規制法の下であっても、対象物を検認することが可能と考えられる。また、施設の廃止措置の実施に当たっては、廃棄物発生者は自ら対象とする廃止措置施設について、施設の特性を考慮して個別に廃止措置マニュアル等を検討・整備することが必要と考えられる。

検認に係る作業・運用上の課題（検認場所の確保など）について、廃止措置の作業の段階で発生するクリアランス物の施設内保管から検認までの管理方法や、施設の規模に応じた検認のための測定機器等の具体的な検討が必要となる。特に、小規模な試験研究用施設等では、廃棄物発生者が自ら、これら検認に係る作業マニュアル等を検討・整備することが必要と考えられる。

サイト開放、再利用に伴う検討課題では、IAEA等の検討を踏まえ、適宜検討を進める必要がある。

廃止措置等に伴うこれら廃棄物の最終的な行き先については、現在、RI・研究所等廃棄物を対象に、日本アイソトプ協会、核燃料サイクル開発機構および原研が中心になり、埋設処分場の立地に向けた検討が進められている。クリアランス物については一般廃棄物として搬出されることから、産業廃棄物に係るマニフェストの検討やトレーサビリティについての検討が今後必要になるものと考えられる。

*6 原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会「主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて（平成11年3月）」（以下、「クリアランスレベル報告書」という）

*7 原子力安全委員会原子力安全基準専門部会「重水炉、高速炉等におけるクリアランスレベルについて（平成13年7月）」

*8 原子力安全委員会原子力安全基準専門部会、「原子炉施設におけるクリアランスレベルの検認のあり方について（平成13年3月）」

*9 原子力安全委員会原子力安全基準専門部会「核燃料使用施設（照射済燃料及び材料を

5. まとめ

試験研究用原子炉施設等では、個別な問題は有るものの、それらの特性を考慮して評価する事により、クリアランス制度の取り込みが可能と考えられる。

また、JPDRを対象に、クリアランスレベルの検認手順に関する検討として、事前評価、対象物の測定・判断、保管管理などの実施手順の妥当性について、今後、さらに精査、検証を進める予定である。

その他の核燃料施設等の原子力関連施設に関しては、個々の具体的な廃止措置計画の中で、適時、適切に必要なデータ等の収集整備を図って行く予定である。

なお、従来の「放射性廃棄物でない廃棄物」の考え方にに基づき施設の廃止措置に対応する事は可能では有るが、これらの確認に基づく測定には多くの労力、時間、コストがかかることがJPDRの経験から明らかである。廃止措置・確認作業における測定方法、測定点数の決め方などについては、データを積み重ねて、更なる合理化、効率化を行うことが今後の重要な課題であると考えられる。

表-1 試験研究炉等施設の解体に伴う固体廃棄物発生量(推定)

施設区分 施設名	解体に伴う固体廃棄物発生量(推定) (ton)			
	試験研究炉施設		核燃料使用施設	
	JPDR	JRR-2	再処理特別研究棟	ホットラボ
低レベル放射性廃棄物	1,020	540	1,300	160
クリアランス以下のもの	2,750	2,560	420	1,080
放射性廃棄物でない廃棄物	20,670	10,730	15,800	21,800
廃棄物合計量	24,440	13,831	17,520	23,040

・日本原子力研究所:「原研における低レベル放射性廃棄物長期対策」(平成14年10月)

【参 考】

商業炉の廃止措置で発生するクリアランス及び非放射性廃棄物量(参考値)

(単位:t)

	総物量	コンクリート		金属	
		クリアランス	非放射性	クリアランス	非放射性
BWR	536,650	8,140	486,940	9,380	8,480
PWR	494,920	8,980	442,870	2,860	34,430

・エネ総研 平成11年度「実用発電用原子炉廃炉技術調査報告書」より引用

参考資料

JPDRの廃止措置において発生した解体廃棄物の内、放射性廃棄物は約3,770トンであり、放射能レベルの低い、非固形化コンクリート廃棄物約1,670トンを対象に、埋設実地試験が行われた。これら廃棄物については、放射化計算及びサンプリングによる測定から最大放射能濃度を算出している。

原研における廃棄物埋設事業許認可申請^{*1}に示された、非固形化コンクリート廃棄物の最大放射能濃度を基に、埋設された廃棄物について、原子力安全委員会が提示しているクリアランスレベルを用いて比較した結果を表1に示す。

JPDRの埋設対象廃棄物(コンクリート)中に、存在確率の高い核種としてCo-60、Eu-152があげられる。現在、原子力安全委員会から提示された値を基に、D/Cの結果を見ると、埋設された廃棄物がクリアランスレベルであることが推察される。また、JPDRの解体廃棄物については、原子力安全委員会で主要核種として抽出された評価対象核種により、クリアランスレベルを評価することが可能であることが分かる。

また、検認に関しては、影響の大きいCo-60、Eu-152、Cs-137は、核種であり、外部からの測定が十分可能である。そのほか、難測定核種の存在は極わずかで、影響も小さいことから、組成比との対比で検討できるものと考えられる。これらのことから、廃棄物のクリアランス検認については、対象廃棄物毎の特性(材質や性質)を判断することで対応が可能と考えられる。

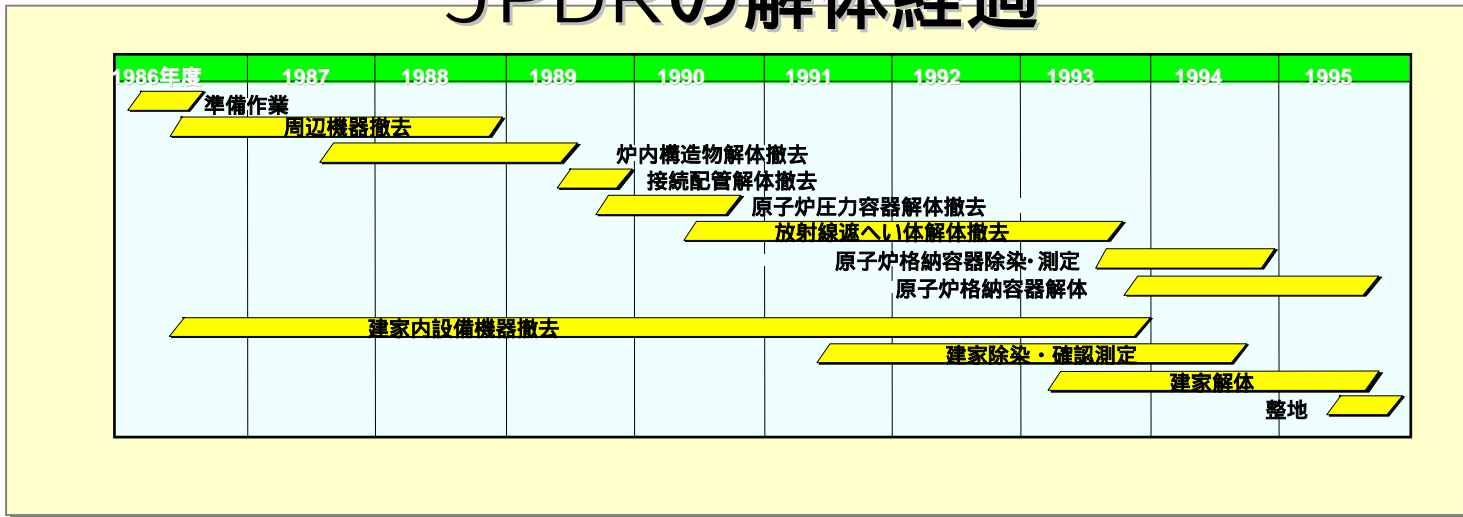
*1 日本原子力研究所：「廃棄物埋設事業許可申請書」(平成5年10月申請、5月、11月一部補正)

表 - 1 JPDR極低レベル放射性廃棄物のトレンチ埋設処分廃棄物について

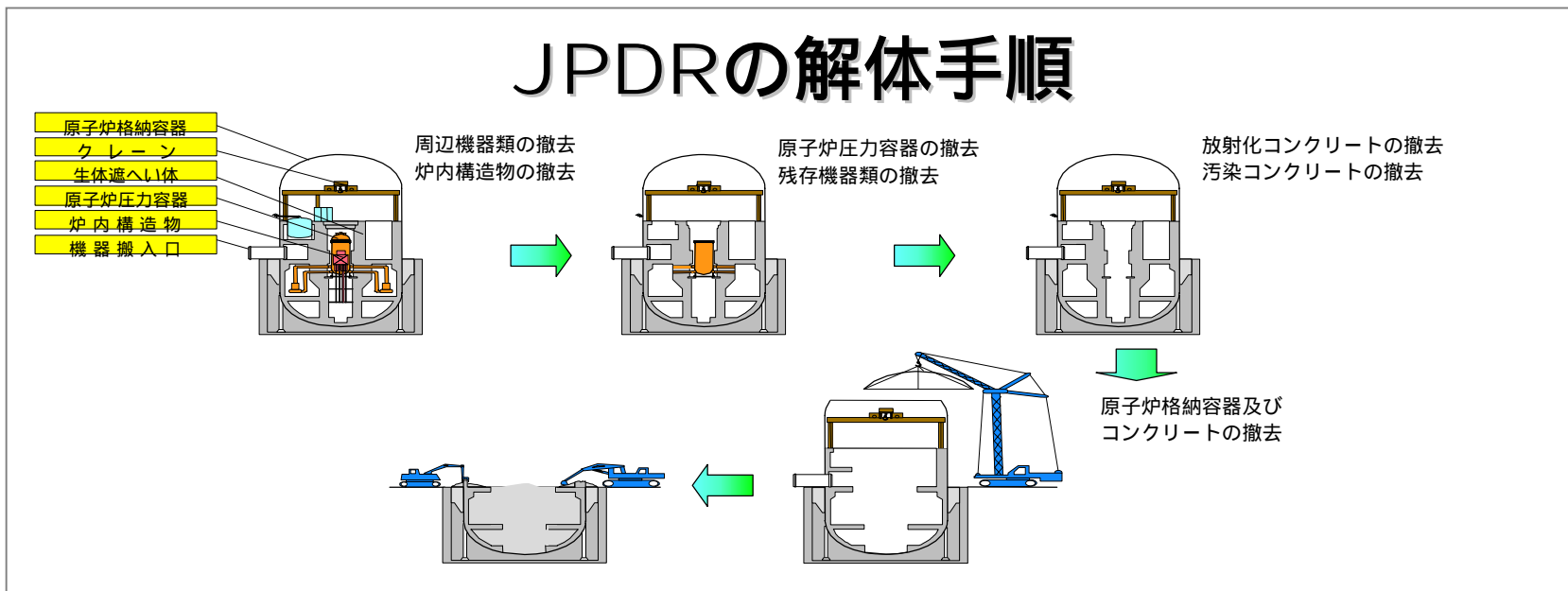
JPDR埋設核種	半減期 (γ)	安全委員会 (CL) (C:Bq/g)	JPDR埋設 最大濃度 (D:Bq/t)	D/C比
H-3	1.23E+01	200	1.10E+06	5.50E-03
C-14	5.73E+03	5	2.00E+04	4.00E-03
Cl-36	3.01E+05	2	7.70E+01	3.85E-05
Ca-41	1.03E+05	80	4.80E+03	6.00E-05
Co-60	5.27E+00	0.4	1.60E+05	4.00E-01
Ni-63	1.00E+02	2000	3.00E+04	1.50E-05
Sr-90	2.81E+04	1	2.00E+04	2.00E-02
Cs-137	3.01E+01	1	1.00E+04	1.00E-02
Eu-152	1.35E+01	0.4	1.10E+05	2.75E-01
Eu-154	8.59E+00	0.4	5.00E+03	1.25E-02
全		0.2	6.40E+02	3.20E-03
合計				7.30E-01

なお、現在、原子力安全委員会において提示されているクリアランスレベルの値について、RS-G1.7で提示しているクリアランスレベルの値の違いや仮定したモデルの違い、使用されているパラメータの違いなどについて、見直し検討中が進められている段階である。

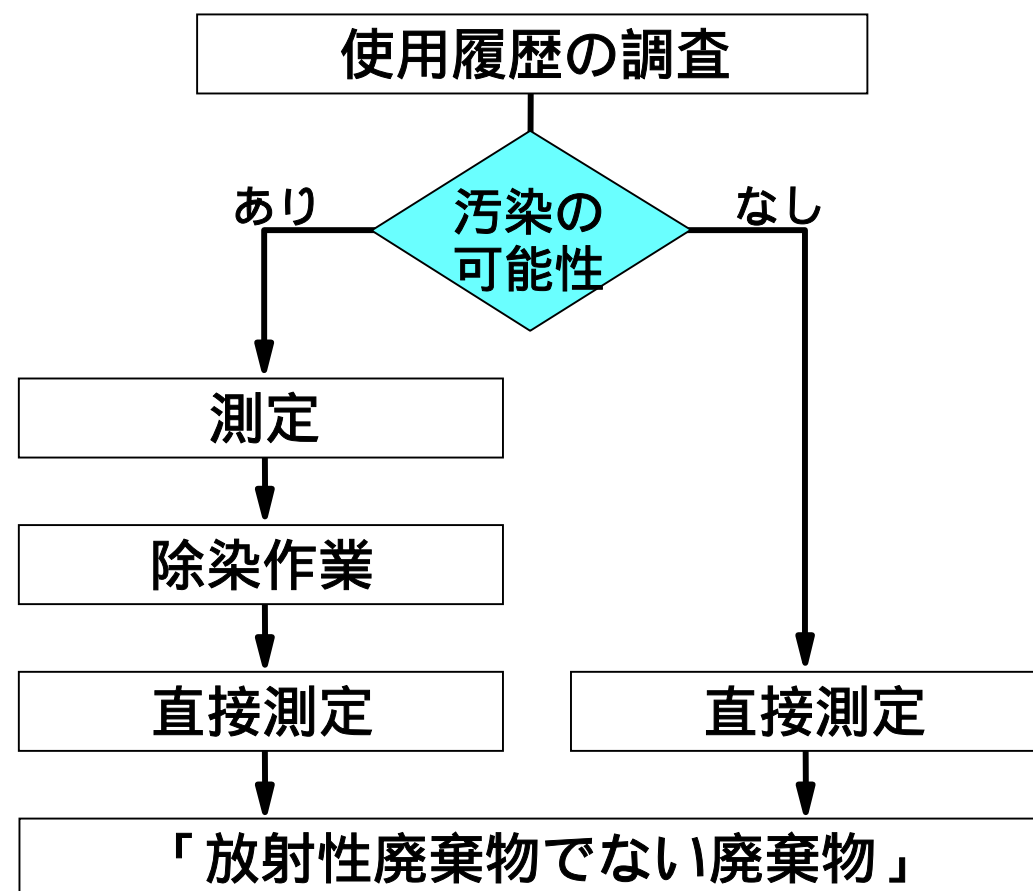
JPDRの解体経過



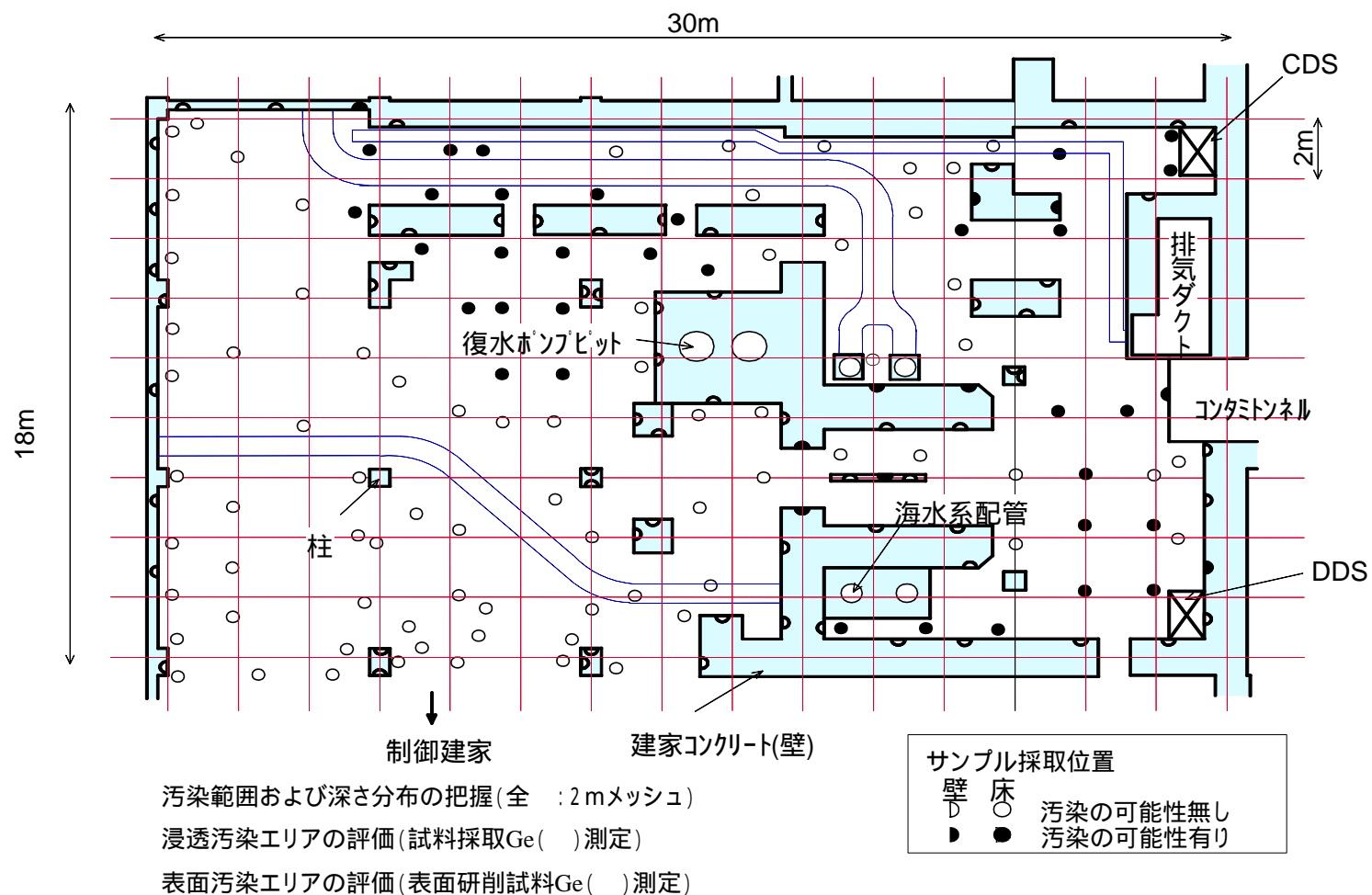
JPDRの解体手順



「放射性廃棄物でない廃棄物」 として解体するための手順



汚染特性の調査と分布図の作成



建家解体に至る処置手順の概略

- 施設の使用履歴・設置状況の調査
 - ▶ 汚染のない領域と汚染領域の分離
- 汚染特性の評価
 - ▶ 汚染範囲と深さの把握（概略）
- 汚染部の分離
 - ▶ 表面汚染部は表面剥離
 - ▶ 浸透汚染部は汚染部+5mmを剥離
- 確認測定
 - ▶ 作業員 / 放管による測定
 - ▶ 監督官庁による確認
- 保安規定の変更
- 建家の解体

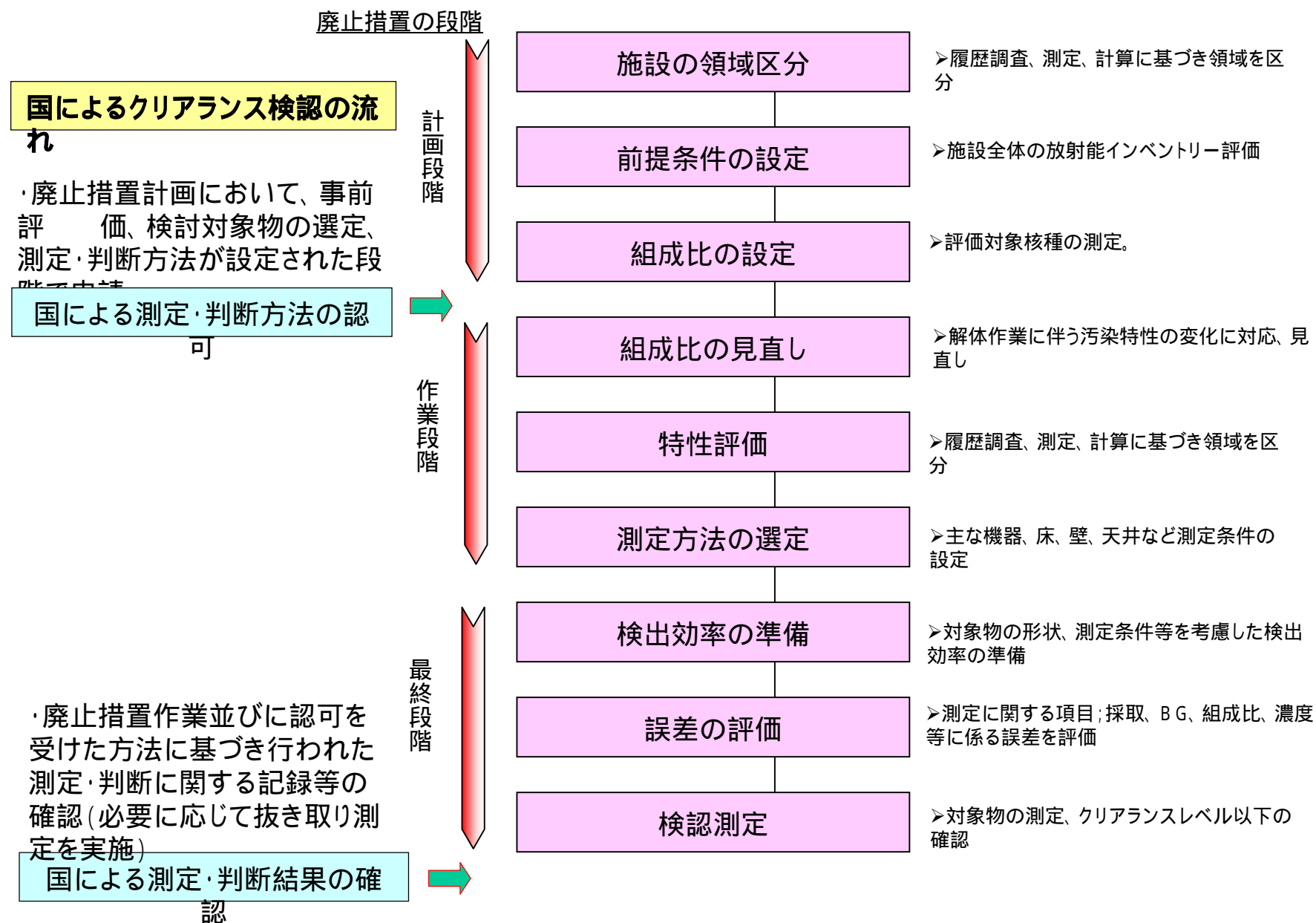


スキャブラーによる床面の除染

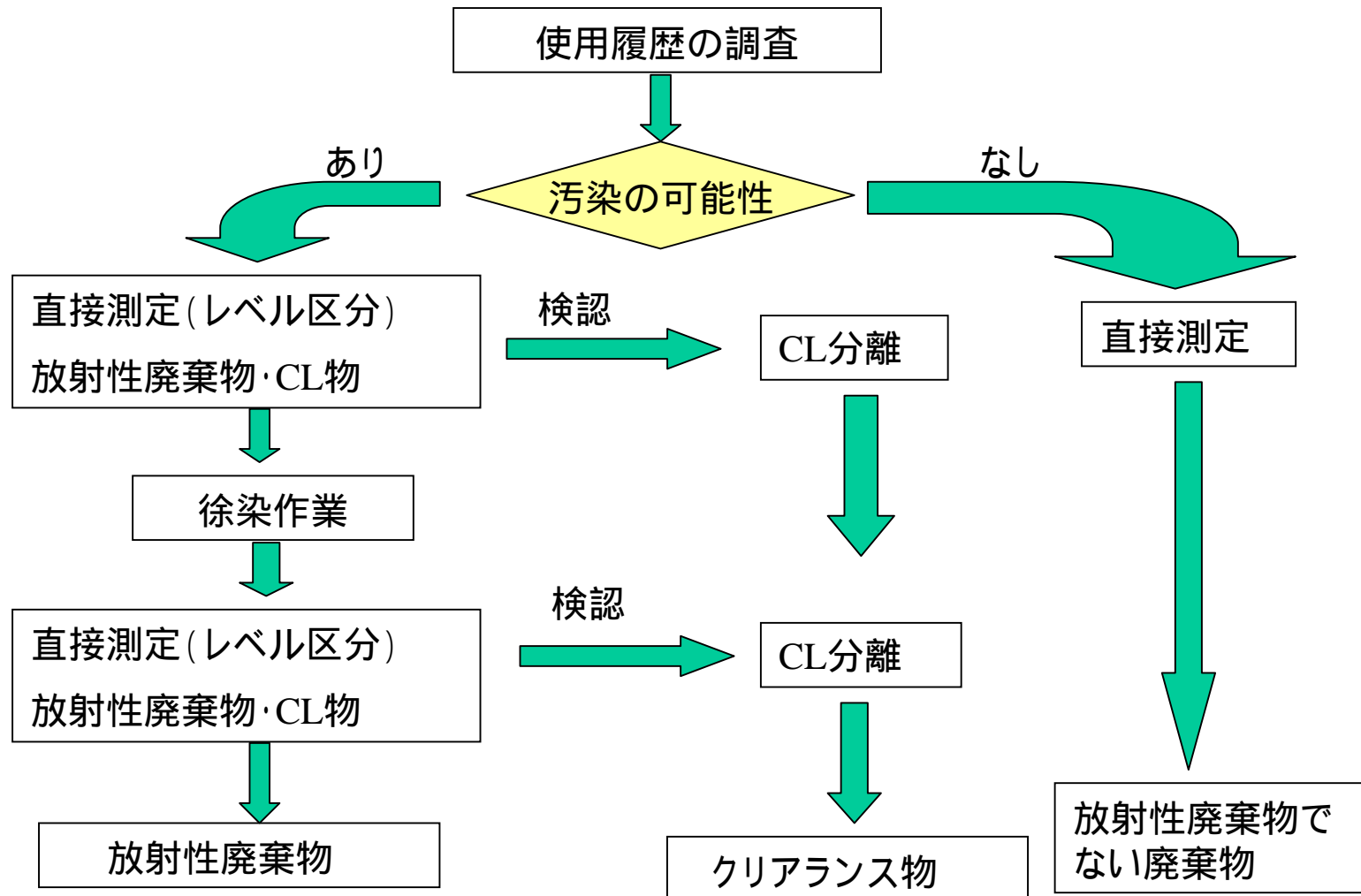


コンタマツによる放射能測定

■クリアランス制度を導入した場合のクリアランスレベル検認の基本フロー OHP - 5



クリアランスレベルとして解体するための作業手順



クリアランスの検認を行うための基本的な作業手順等については、発電炉等と同様と考えられるが、核燃料使用施設等において、二次的汚染等が考えられる場合には、汚染形態あるいは施設区分ごとに、施設の特性に対応したマニュアル等を整備する必要がある。

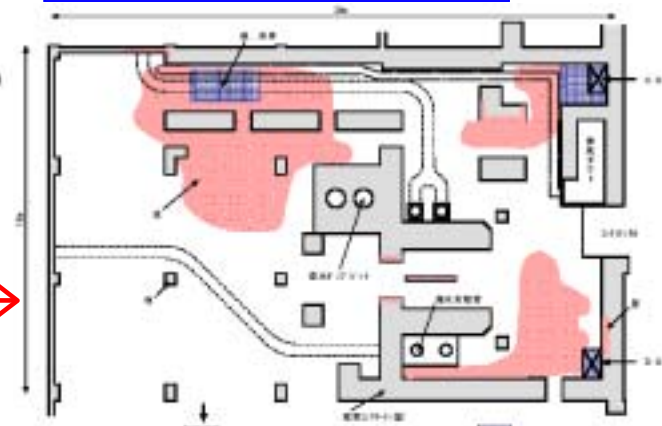
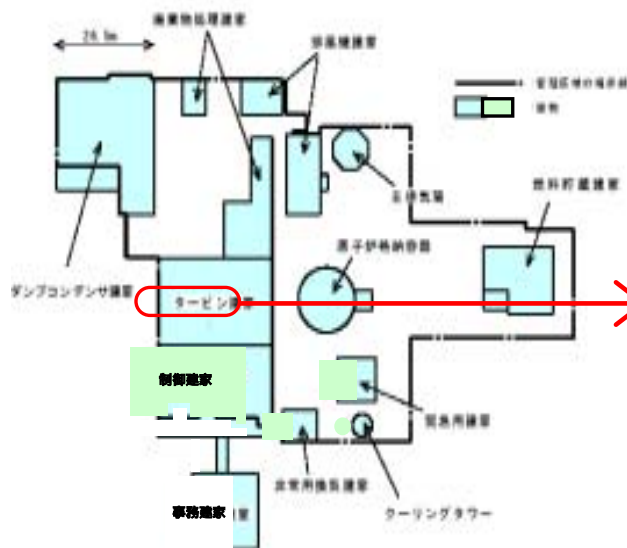
JPDRを対象とした検認手順の概略案

(1/2)

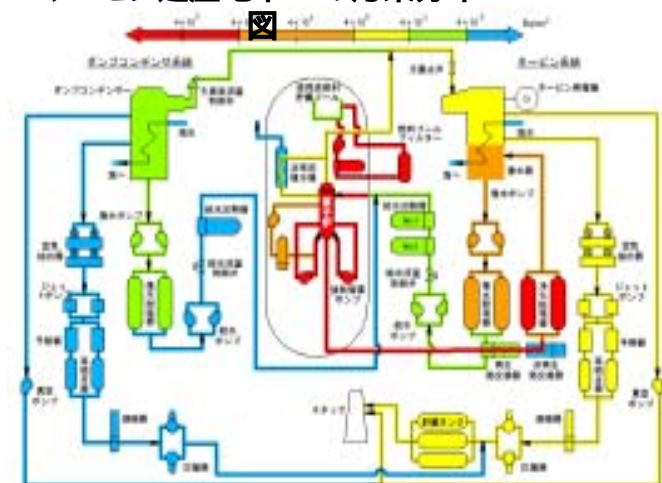
施設のエリア設定

汚染分布と汚染の程度の確認
(汚染調査)

対象物の選定



タービン建屋地下1Fの汚染分布



主要システムの汚染密度分布

➤測定による汚染分布の把握

- 使用履歴によりエリア設定
- 区画毎に設定

凡例

- 汚染のない区域(4カ所)
- 汚染が含まれる区域

使用履歴による廃棄物区分管理

汚染の無い区域については非放射性廃棄物として取り扱う。

➤核種評価

-原子炉施設

放射化:計算

移行:測定

-核燃料物質使用施設

照射済核種使用施設

核分裂:計算

移行:測定

特定核種使用施設

使用核種:許可・使用履歴

移行:測定

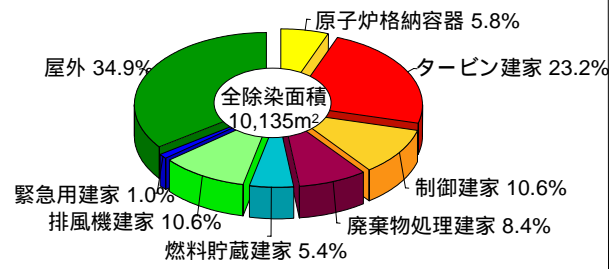
使用履歴の調査・汚染分布評価

使用履歴の調査による分類結果の例（タービン建家）

領域名称	部位	床	壁	天井	領域名称	部位	床	壁	天井
発電機室					再生・非再生熱交換機室				
送風機室					アンローディングベイ室	()			()
コンプレッサ室					地下1階				
オフガス室					コンタミトンネル				()
コンデンサ室					ホールドアップエリア			()	()
給水ポンプ室				()	オフガスタンク室			()	()
復水脱塩器室			()	()	ケーブルトンネル				
復水脱塩器再生室					排気ダクト				
原子炉水浄化脱塩器室									

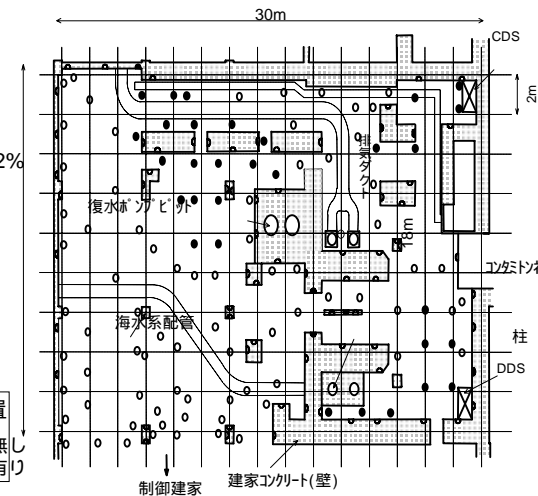
□：汚染の可能性がない部分、○：汚染の可能性のある部分、()は実測した結果を示す。このように、汚染が予測された部分であっても、汚染形態の違いにより、汚染が認められない部分が存在する。確認にあつては全面測定等ではなく、代表サンプルでの測定で代用するなど区分ごとに検討が可能であることから、測定に関する合理化が期待される。

建家表面の汚染分布評価



除染面積の内訳

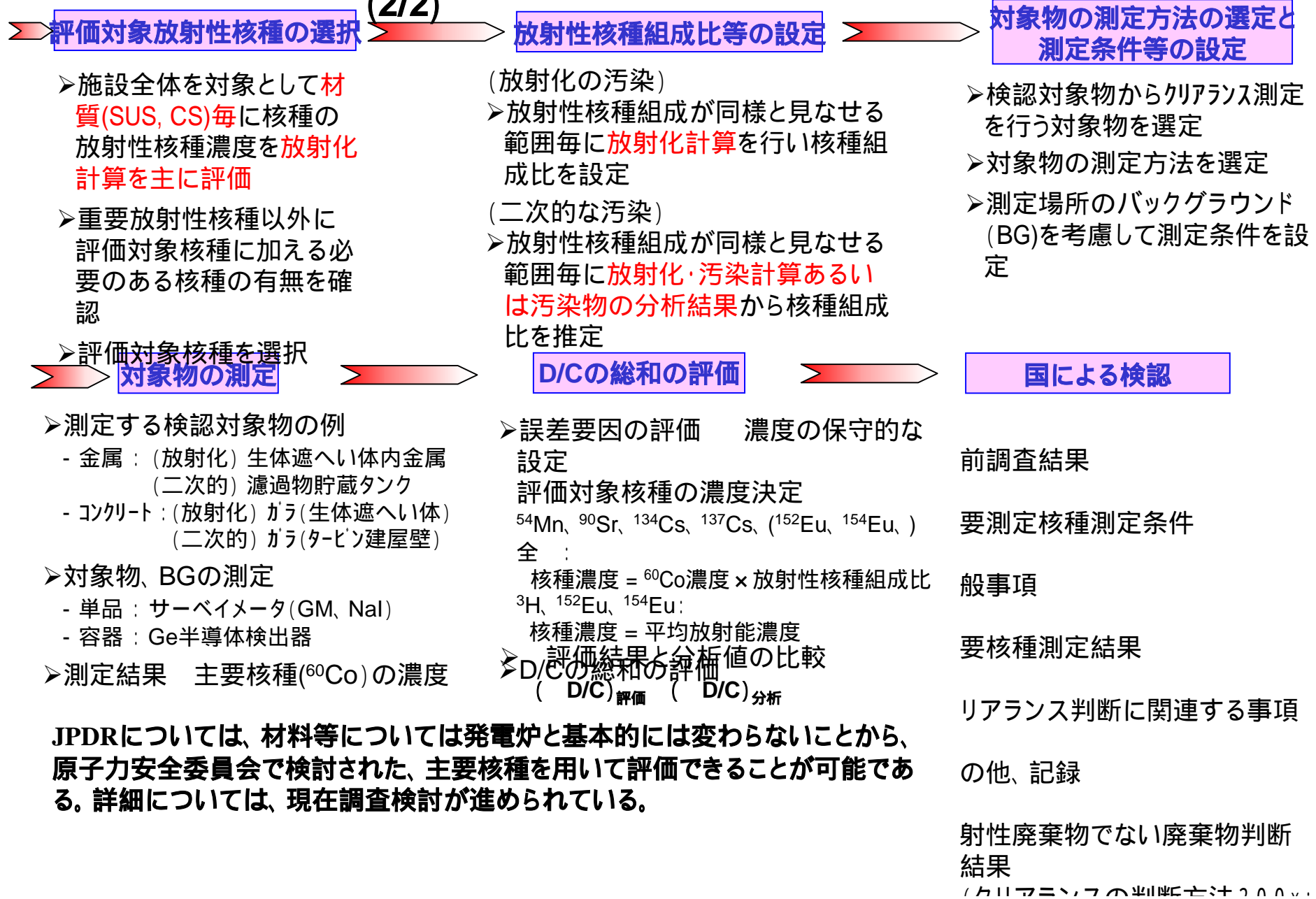
サンプル採取位置
 □ 壁床
 ○ 汚染の可能性無し
 ● 汚染の可能性有り



1. 区分については、測定して確認後、非放射性廃棄物として取り扱う。
2. 区分については、はつり・分離/除染後、放射性廃棄物とクリアランス物に分類する。

JPDRを対象とした検認手順の概略案

(2/2)



確認測定

- 汚染のないことが明らかなエリア
 - 念のため全面サーベイ
- 剥離終了後のエリア
 - 全面サーベイ
 - 表面研削試料を採取しGe測定

建家名称	床 (m ²)	壁 (m ²)	天井 (m ²)	測定面積 (m ²)	測定点数
原子炉格納容器	549	1,392	630	2,571	6,708
タービン建家	1,716	3,227	1,724	6,667	20,296
制御建家	1,016	1,572	1,016	3,604	10,606 (非放)
廃棄物処理建家	473	1,284	465	2,222	6,843
燃料貯蔵建家	304	1,176	304	1,784	3,899
排風機建家	217	1,155	197	1,569	6,174
緊急用建家	89	132	89	310	1,216 (非放)
屋外	3,965	1,050	75	5,090	12,049 (非放)
合計	8,329	10,988	4,500	23,817	67,791

全面サーベイの結果

「放射性廃棄物でない廃棄物」を (非放) と付記した。JPDRでは、汚染がないと予測された区域においても「念のための確認測定」を実施し、実際に汚染が無いことを実証しており、施設区分あるいは使用履歴等における記録から判断される情報を基に、確認測定点数の合理化が可能であることを示した。

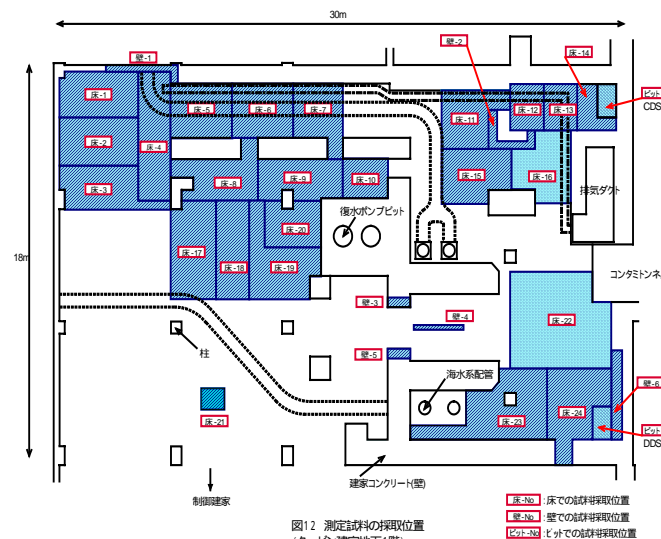


図12 測定試料の採取位置 (タービン建家地下1階)

表面研削試料の採取領域

- 国による汚染のないことの確認
 - 測定記録の検査
 - 選択エリアの全面サーベイ
 - 選択エリアの表面研削試料Ge測定
- (JPDRの場合は「放射性廃棄物でない廃棄物」としての確認を実施)