

六ヶ所再処理工場の保障措置システム

ふじまさ かずのり
藤巻 和範

日本原燃株式会社

2006年10月5日

1. はじめに

六ヶ所再処理工場（RRP）は、平成4年12月に事業指定及び事業許可を得て、平成5年4月に着工し、再処理工場の建設工事は終了し、本年3月より実際の使用済燃料を使用してのアクティブ試験を、2007年8月の商業運転開始に向けて、進めているところである。

なお、使用済燃料受入貯蔵施設等については、地元との安全協定を締結し、平成11年12月より操業を開始しており、本年8月末現在で、約1,885トン（受入容量3,000トンに対して）の使用済燃料を発電所より受入れている。

保障措置の観点では、平成16年1月、六ヶ所再処理工場（RRP）に係る施設附属書（FA）が発効され、施設付属書に基づく保障措置が適用されている。

六ヶ所再処理工場は、大型で複雑な施設であり、高度自動化・遠隔システムにより運転されている。保障措置システムについても、これまでの立会主体の保障措置システムから、非立会のシステム及び自動データ収集システムなどの導入により、効率的で、効果的な保障措置システムの適用を、査察側及び施設側の協力の下、目指して開発された。また、六ヶ所保障措置分析所（OSL）を施設内に設置し、査察側による分析業務が適確に行えるなどの設備対応が行われた。

ここでは、六ヶ所再処理工場の物質収支区域（MBA）などの保障措置システムの基本構成を紹介するとともに、個々の物質収支区域での保障措置システムの概要及びその特徴を紹介する。

2. 基本的考え方

当社として、六ヶ所再処理工場へ適用する保障措置手法を査察側に提案した時の基本的な考え方は、多重のシステムによる効果的な保障措置の適用である。すなわち、再処理工場の特徴として、主要な再処理工程の部分及び核燃料物質の製品製造の脱硝工程においては、バルク状態での取扱いとなる部分に、新技術の近実時間計量管理手法（NRTA）を採用し、工場全体として在来型計量管理による核燃料物質の管理を行う。その計量管理の補完手段として、封じ込め／監視（C/S）システムを適用した。これだけでは、最新の測定器による高い精度での測定を実施したとしても、年間処理量が大きいため有意量の転用検知が誤差に隠れてしまうことから、追加的保証手段として「新しい運転確認手段」を溶液工程と粉体工程に開発導入し、施設者側の申告どおりプラントが運転していることを査察側が確認できるシステムとした。

全体としては、図－1「保障措置手法の適用概念図」に示すように、原子力プラントの安全システムの多重防護と同じような考え方に基づいて提案した。

3. 基本的考え方の背景

日・IAEA 保障措置協定（核兵器の不拡散に関する条約第3条1及び4の規定の実施に関する日本国政府と国際原子力機関との協定）では「有意量の核物質が平和的な原子力活動から核兵器等の製造等のために転用されることを適時に探知」することを保障措置の目的としている。

国際原子力機関（IAEA）の保障措置は、計量管理を基本的な手段とし、その補完として封じ込め・監視（C/S）手段を適用している。

六ヶ所再処理工場は800 t／年の使用済燃料を処理し、年間のプルトニウム処理量は約8 tとなる。このような大型商用再処理工場において、プルトニウム処理量が多いことから最新の測定器を工場内に設置することによりその測定精度を技術的に可能な限り向上させる必要があることが指摘されていた。

この課題に取り組むために、再処理技術保有国である仏、独、日、英、米国の五ヶ国及び保障措置を実施する国際原子力機関及びユーラトムの二機関が加わり LASCAR（Large Scale Reprocessing Plant Safeguards）会合が、1988年から1992年の5年間にわたって開催された。

そのLASCAR会合の検討により以下の様な結論が得られ、1992年5月に最終報告書としてまとめられた。

- ①計量管理に適用する測定器の開発及び測定技術の向上に努め、最新の技術を採用する。
- ②近実時間計量管理（NRTA）を適用し、在来型計量管理より転用検知の「適時性」を改善し、転用検知「感度」を向上させる。
- ③再処理工場内に査察用の化学分析所を設置することにより、測定精度と転用検知の適時性の向上を図る。
- ④査察用として独自に査察機器を取りつけるが、これが不可能な場合には、施設の機器からの信号を検出器近傍より分岐してオーセンティケーションを確実なものとする。
- ⑤高度に自動化された最新鋭の大型商用再処理工場には、査察官非立会検認手法の適用の必要性が認識された。
- ⑥設計情報の早期提出、工場建設中の設計検認を実施する。
- ⑦プロセスパラメータモニタリング等により施設が申告通り運転されていることを確認する。

つまり、大型商用再処理工場に適用する保障措置技術はすでに利用可能な状態となっており、これらの技術を個々の施設の特徴に基づいて選択し、適切に組み合わせることにより国際保障措置の目標が達成される、との結論を得た。

また、すでに商業運転を行っている先行プラントの保障措置の経験を参考にする必要があることが指摘された。

このように、この会合を通じて保障措置に関する各国の政府関係者、再処理施設関係者及び国際原子力機関やユーラトムの考え方が明らかとなり、保障措置分析所、非破壊測定器の設置場所の確保等、国際的な合意が得られるための査察側の要件を六ヶ所再処理工場の設計に反映することができ、六ヶ所再処理工場の保障措置の基本要件を決めることができた。

4. 物質収支区域と保障措置手法

六ヶ所再処理工場は、5つの物質収支区域(MBA)に分割した。(図―2、図―3 参照)

①MBA - 1 (JR1C)

使用済燃料受入・貯蔵施設と前処理施設(せん断から入量計量槽まで)が対象である。

使用済燃料受入・貯蔵施設の受入では、非破壊測定装置(NDA)と水中カメラによる使用済燃料(SF)の員数勘定/同定及び水中カメラによる使用済燃料取出し後の輸送キャスクの空状態及び蓋閉めの確認が実施される。

使用済燃料受入・貯蔵施設のプールエリアでは、エリアカメラによる監視/封じ込め・監視(C/S)レビュー及び水中カメラまたは双眼鏡による使用済燃料の燃料番号の確認が実施される。

前処理施設の燃料供給・せん断では、カメラ・放射線モニタ検出器(CRD)とエリアカメラによる使用済燃料の移動の確認及び燃料供給セル内のカメラ(事業者カメラからの信号分岐)による使用済燃料の番号確認が実施される。

前処理施設のハル・エンドピース払出しエリアでは、カメラ・放射線モニタ検出器によるハルドラムの移動の確認、ハルモニタ(事業者設置の検出器の一部を査察側へ提供)による残留核物質の測定/確認及びソリューションモニタリング(SM)による溶液の確認が実施される。

前処理施設の入量計量・不溶解残渣では、計量調整槽(入量計量槽:IAT)のソリューションモニタリング(SM)による液位・濃度・温度の確認及び試料の採取/分析が実施される。この入量計量槽(IAT)で、再処理工場に入ってくる核物質量が確定される重要な部分であり、ここで、受払間差異(SRD)が計算される。

②MBA - 2 (JR2C)

主工程区域(分離工程、分配工程、ウラン精製工程、プルトニウム精製工程、ウラン脱硝工程)が対象である。

このエリアでは、特に、溶液中のプルトニウム移動の監視が行われる。すなわち、ソリューションモニタリング(SM)を利用して主要槽の液位・濃度・温度・(一部の機器に放射線モニタ)の計測器からの信号分岐や査察側による直接設置の計測器による液量の確認、試料の採取/分析及び近実時間計量管理(NRTA)解析が実施される。

このエリアでの硝酸プルトニウム溶液の最終流れの計量点であるプルトニウム濃縮液計量槽(出量計量槽:OAT)では、ソリューションモニタリング(SM)による液位・濃度・温度の確認及び試料の採取/分析が実施される。

③MBA - 3 (JR3C)

廃棄物処理区域(高レベル廃液貯蔵工程、高レベル廃液ガラス固化工程、ガラス固化体貯蔵工程、低レベル液体廃棄物処理工程、低レベル固体廃棄物処理工程、低レベル固体廃棄物貯蔵工程)が対象である。

このエリアでは、固体廃棄物の容器(クレーンとドラム缶)内の核物質量の角型容器分析装置(WCAS)とドラム缶分析装置(WDAS)による測定/確認、ガラス固化体内の核物質量のガラス固化キャニスタ分析装置(VCAS)による測定/確認及び試料採取と液量測定による核物質の確認が実施される。

④MBA - 4 (JR4C)

ウラン・プルトニウム混合脱硝区域(混合脱硝工程)が対象である。

このエリアでは、ソリューションモニタリング(SM)を利用して主要槽の液位・濃度・温度の計測器からの信号分岐や査察側による直接設置の計測器による液量の確認、グローブボックス

(GB) 内の粉末のウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)中のプルトニウム量を測定するプルトニウム在庫測定システム(PIMS)や保管ピット用非破壊測定装置(TCVS)による在庫量の測定／確認、試料の採取／分析及び近実時間計量管理(NRTA) 解析が実施される。

また、このエリアの最終となる流れの計量点では、改良ウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)キャニスタ分析システム(iPCAS)によるキャニスタ内プルトニウム量の測定及びカメラによる容器番号(ID)の確認が実施される。

⑤MBA-5 (JR5C)

製品貯蔵区域(ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵工程、ウラン酸化物貯蔵工程)が対象である。

ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵施設では、ウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)がキャニスタに充填された状態で貯蔵されることから、ウラン・プルトニウム混合脱硝施設からキャニスタの移動をエリアカメラによる監視、キャニスタ移動方向検知システム(DCPD)による移動の確認及び封じ込め・監視 (C/S) レビューが実施される。

ウラン酸化物貯蔵施設では、エリアカメラによる監視／封じ込め・監視 (C/S) レビュー及びNDAや重量計による貯蔵容器内ウラン量の測定が実施される。

5. その他

①ソリューションモニタリング

溶液工程に適用するソリューションモニタリング(SM)は、第一義的には、追加的保証手段として、施設側の申告どおりの運転がされていることの確認のため、溶液系の主要な槽・査察上重要な機器の信号分岐又は査察側の直接計測器取付けによる溶液移送等の確認のため開発され、設置している。

このソリューションモニタリング(SM)を利用して、計量管理システム(在来型及び近実時間計量管理(NRTA)) 検認の支援、溶液移送の流れ及び在庫のモニタ並びに設計検認についての知識の連続性(CoK)の維持及び試料採取(サンプリング) システムの確認に利用している。

②中間在庫検認(毎月)

プルトニウムの適時性要件を満たすために、中間在庫検認(IIV)を実施する。ここでは、帳簿の検認(在庫変動及び在庫の記録の検認)、カメラ・放射線モニタ検出器を含むエリアカメラによる封じ込め・監視 (C/S) レビュー及び近実時間計量管理(NRTA) (工程内検認対象槽からの試料採取、分析を含む) /ソリューションモニタリング(SM)による検認が実施される。

③実在庫の検認(毎年)

5つの物質収支区域において、それぞれ実在庫の検認(PIV)が14ヶ月を超えない期間で実施される。

MBA-1では、使用済燃料受入・貯蔵施設において、封じ込め・監視 (C/S) レビュー、帳簿の確認、員数勘定、燃料番号の確認及びチェレンコフ光の確認が実施される。前処理施設には、実在庫の検認時には、核物質がない状態となるように、PIV開始前に、クリーンアウト(洗浄)

操作が行われ、試料採取などによりその確認が行われるが、実在庫検認(PIV)時には実態上何も実施されない。

MB A - 2 では、主工程区域において、帳簿の確認、槽の液位等の確認及び試料採取と分析が行われ、在庫の計量点での核物質量が検認される。

MB A - 3 では、廃棄物処理・貯蔵区域において、帳簿の確認及び在庫の検認が実施される。

MB A - 4 では、ウラン・プルトニウム混合脱硝区域において、帳簿の確認、槽の液位等の確認、試料採取・分析及びウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)粉末残留量の確認が実施される。

MB A - 5 では、製品貯蔵区域において、封じ込め・監視 (C/S) レビュー、帳簿の確認、番号確認、核物質含有量の確認が、実施される。なお、この区域は、査察業務量の低減等の観点から、二重封じ込め・監視 (C/S) (Dual C/S)を適用することとしている。

④保障措置分析所 (OSL)

六ヶ所再処理工場では、大型再処理工場の保障措置のあり方を検討する国際会議である L A S C A R 会合において、保障措置分析所(OSL)を施設近傍に設けるべきとの提言を受けて、施設者の分析建屋の一面に保障措置分析所(OSL)を設置し、独立分析が実施できるようにしている。

そこでは、六ヶ所再処理工場が採用している自動サンプリングシステム（気送管による試料の自動採取・移送システム）を共用することとしており、現場のサンプリング場所（ベンチ）にて、試料を取り込むジャグ（気送子）の移送場所を確認するジャグ通過検知器(IJPD)による自動サンプリングの確認、試料の分析（核物質濃度、同位対比等）及び試料の収去を実施することとしている。

図一 3 は、上記に示した、保障措置手法の中から、封じ込め・監視 (C/S) と非破壊分析装置(NDA) だけを取り出し、どの物質収支区域にどのようなシステムを適用しているのかについて、図示したものである。

6. 国際原子力機関との折衝・設計検認活動

日・IAEA 保障措置協定に基づき六ヶ所再処理工場の保障措置を構築していかなければならない。国際原子力機関との接触は、LASCAR 会合が開始された 1988 年頃より始まった。

まず、使用済燃料受入・貯蔵施設について国際原子力機関と具体的な折衝が始まった。1992 年にプレリミナリー設計情報質問表(DIQ)を提出し、保障措置手法の検討が開始され、1994 年に施設附属書(FA)案が提出され、1996 年 12 月に発効された。

再処理本体のプレリミナリー設計情報質問表(DIQ)は、1993 年に提出し、再処理各区域の保障措置を検討するワーキンググループが設置され、適用する保障措置手法の検討が始まった。また、設計情報調査(DIE)や設計情報検認 (DIV) が建設当初から実質的にも実施されてきた。再処理本体の DIV については、1999 年 9 月に設計情報検認 (DIV) トライアルを実施、2000 年 2 月から前処理建屋の DIV より開始し、これまで、58 回の設計情報検認 (DIV) が実施されている。

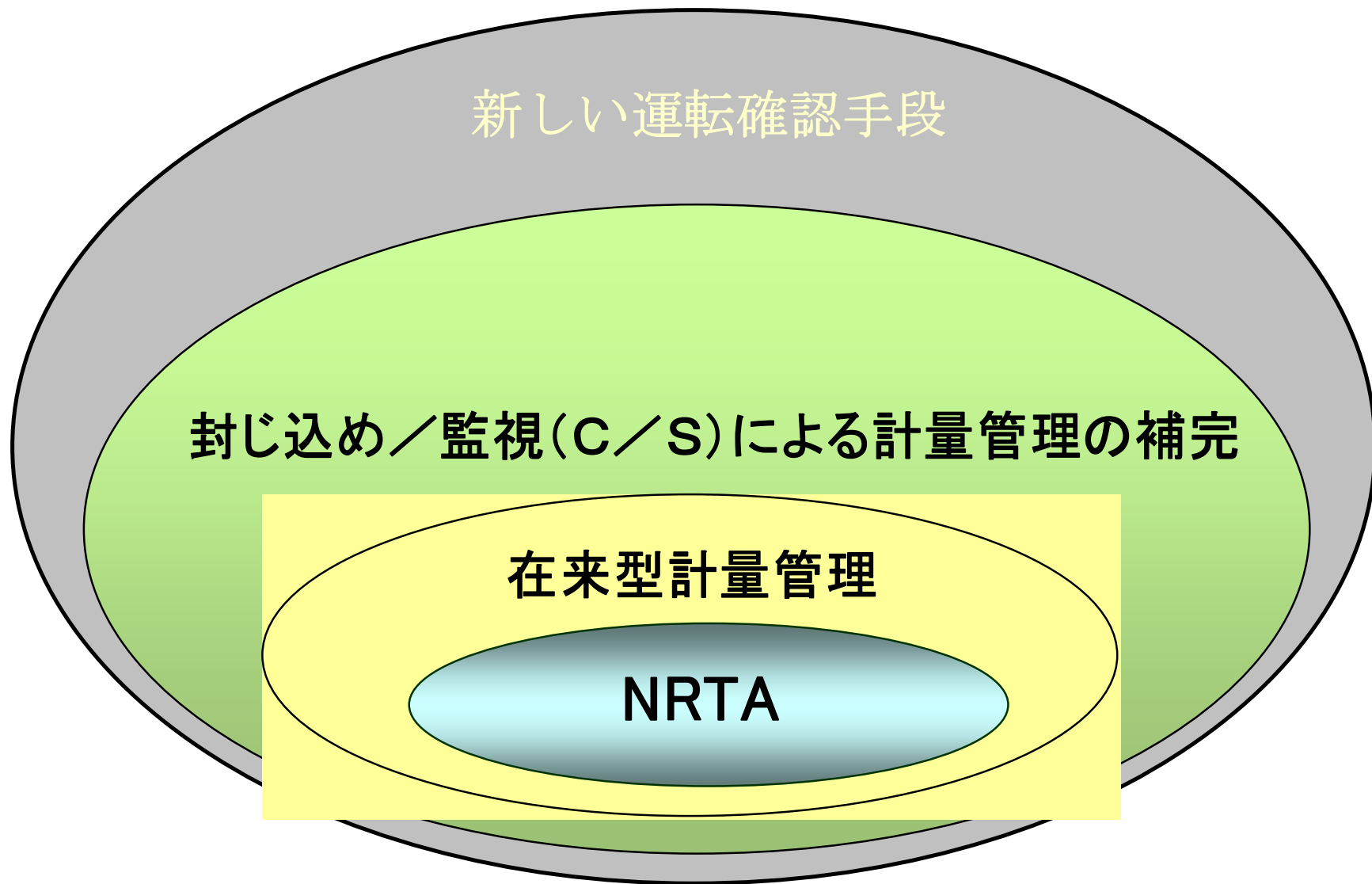
7. まとめ

六ヶ所再処理工場に適用する保障措置システムの構築については、文部科学省保障措置室や国際原子力機関及び核管センターとの協議の中で、構築されてきたものである。

大型再処理施設として、これまでの現場で計測器から読み取る方式ではなく、査察官が非立会で効率的かつ効果的に検認業務が行えて、施設の運転に支障を来たさないようなシステム構築を目指していた。

最新のデジタル機器・装置を使用して、カメラ映像を含めて、現場からのデータ収集を非立会でできるシステムを構築することができたと考えている。

また、当社として、原子炉等規制法に基づく計量管理規定を制定し、図一6に示す組織で対応している。



図一1 保障措置手法の適用概念図

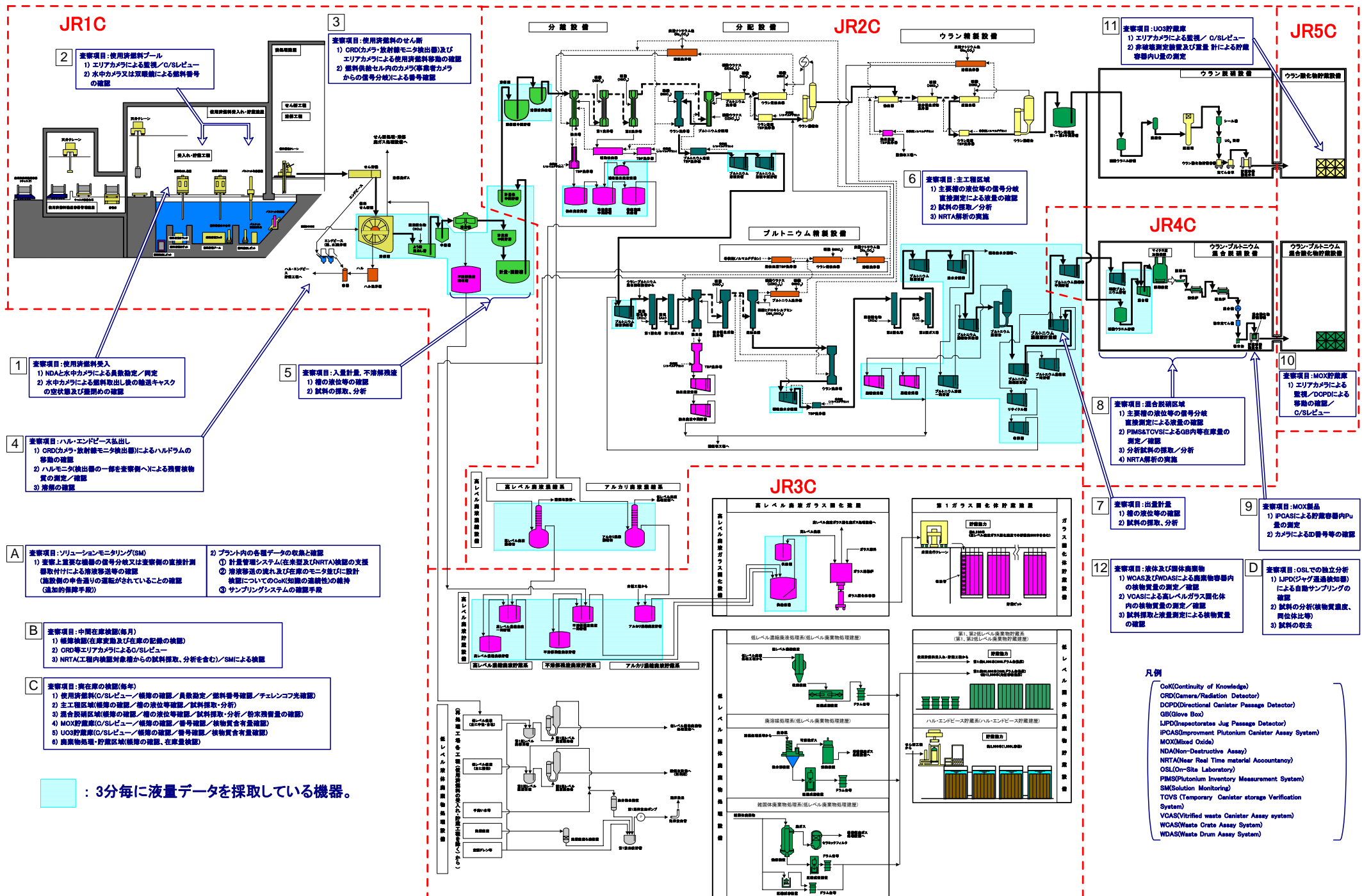
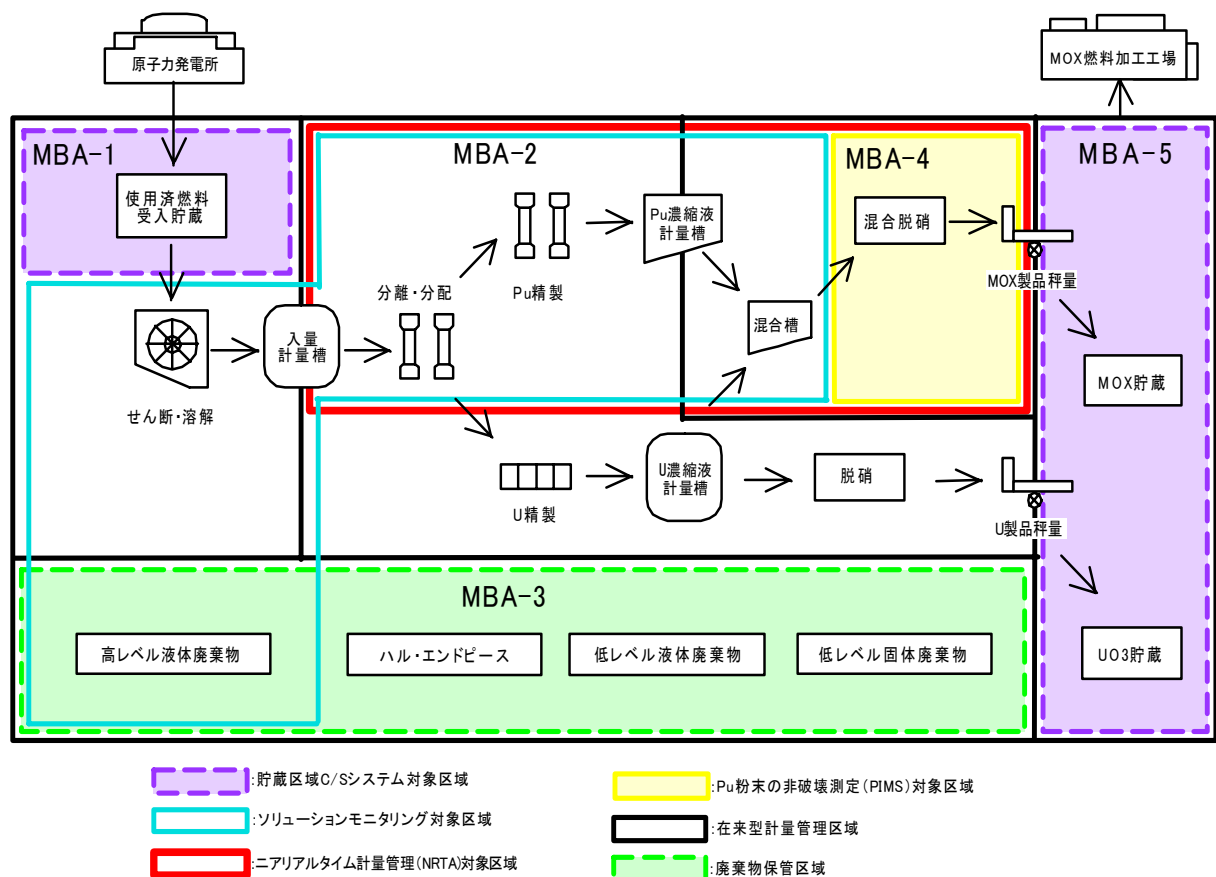


図-2 六ヶ所再処理工場(RRP)の主な査察内容

MBA—1 使用済燃料受 入・貯蔵区域と 前処理区域 MBA 符号： JR1C	MBA—2 主工程区域 MBA 符号： JR 2 C	MBA—4 混合脱硝区域 MBA 符号： JR 4 C	MBA—5 製品貯蔵区域 MBA 符号： JR 5 C
MBA—3 廃棄物処理・貯蔵区域 MBA 符号： JR 3 C			

図4 六ヶ所再処理工場の物質収支区域（MBA）



図—5 六ヶ所再処理工場に適用する保障措置手法

