



プルトニウム転換技術開発施設 における保障措置技術とその実績

石川 一成 細馬 隆* 佐藤 宮雄
東海事業所プルトニウム燃料工場管理課
* 同製造加工部

資料番号：72-7

Achievement of Safeguards Technique
at Plutonium Conversion Development Facility

Kazunari Ishikawa Takashi Hosoma* Tomio Sato
(Co-ordination Section, Tokai Fuel Plant, Tokai Works.
* Plutonium Fuel Production Division, ditto.)

プルトニウム転換技術開発施設は、硝酸プルトニウム溶液と硝酸ウラニル溶液とを混合して、マイクロ波加熱直接脱硝装置を使用して $\text{PuO}_2\text{-UO}_2$ (MOX) 粉末を製造する施設である。施設の処理能力は $10\text{kg (Pu+U)}/\text{日}$ である。この施設の特徴は、プルトニウムを単体で取り扱わないため核拡散防止能力に優れている点である。施設は、昭和58年4月に核燃料物質を受け入れて以来、順調に運転してきた。平成元年9月末現在、MOXの原料粉末で $3,765\text{kg PuO}_2\text{-UO}_2$ を製造した。その間の査察業務は、科学技術庁が $666\text{人}\cdot\text{日}$ 、IAEA は $813\text{人}\cdot\text{日}$ を要した。この間、高精度液位測定装置、非破壊分析装置によるプルトニウム量の測定、蛍光X線分析法による迅速分析等の保障措置技術開発を行い、保障措置上の要件を満たしつつ、施設操業に対する影響の低減と査察対応業務の効率化を図ってきた。

1. はじめに

プルトニウム転換技術開発施設(以下「 10kgMOX 施設」という)は、隣接する東海再処理工場で分離精製された硝酸プルトニウム溶液と再処理工場および他施設から受け入れた硝酸ウラニル溶液とを混合したのち、 $\text{Pu}\cdot\text{U}$ 混合酸化物粉末(Mixed-Oxide Powder=MOX粉末)に転換し、混合酸化物燃料製造の原料粉末としてプルトニウム燃料製造施設およびプルトニウム燃料加工技術開発施設に供給することを目的として建設された。

当初、しゅう酸沈澱法によるプルトニウム単体転換施設として建設が計画されたが、米国の核拡散防止政策の強化に基づき1977年から始まった日米再処理交渉により、計画は凍結された。これに対して動燃事業団では、核拡散防止能力に優れていると考えられた $\text{Pu}\cdot\text{U}$ の混合転換法の研究開発を行った。その結果、プロセスが単純で廃棄物の発生量が少なく、かつ燃料加工に適した粉末物性が得られるマイクロ波加熱直接脱硝法(以下「MH法」という)が最も適切であることを見出した。そしてプルトニウム燃料加工技術開発施設内には、転換能力 $2\text{kgMOX}/\text{日}$ の

混合転換試験設備を設置し、基礎試験を開始した。

これと並行してMH法による混合転換技術を採用したプルトニウム転換技術開発施設の設計を行った。

10kgMOX 施設は1980年7月に日米両政府間で建設着工の合意が得られ、1983年4月からウランによる試験を実施した後、同年10月からプルトニウムによる試験運転を実施し現在に至っている。1989年9月末現在 $3,765\text{kgMOX}$ 原料粉末を製造した。

10kgMOX 施設は、世界で最初の $\text{Pu}\cdot\text{U}$ 混合転換施設であり、MH法による混合転換技術によって得られる粉末の粉末物性はMOX原料粉末に適しており、世界各国から大きな注目を浴びた。さらにINFCEの報告にもあるように核燃料物質の平和利用以外への転用に対して抵抗性があるため、我が国のような平和利用に限り原子力開発を推進する国にとっては、極めて適した施設である。

2. 施設の概要

10kgMOX 施設は再処理施設内にあり、地上4階、地下1階、述べ床面積約 $5,400\text{m}^2$ とコンパクトな施

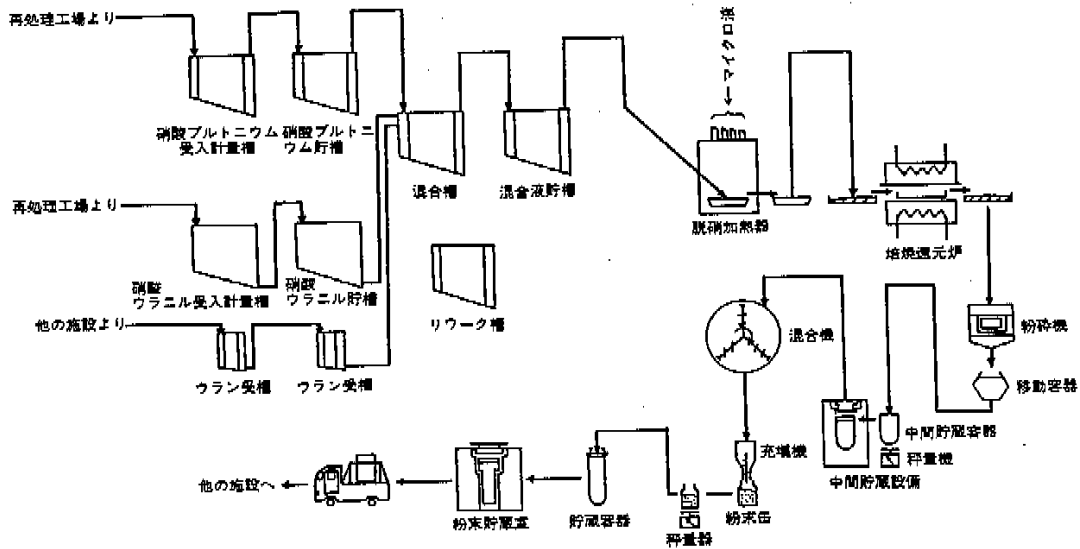


図1 10kgMOX施設の核燃料物質の流れ

設である。

4階は管理区域への出入口と放射線管理室があり、3階は給気および排気室がある。2階は中央監視室、品質管理工程（分析室）があり、さらに廃気処理室等がある。1階は主工程室（転換工程）廃液一次処理室およびローディングドック室から成っている。地下1階は製品貯蔵庫、硝酸プルトニウム溶液受入貯蔵室および廃液二次処理室等から成っている。

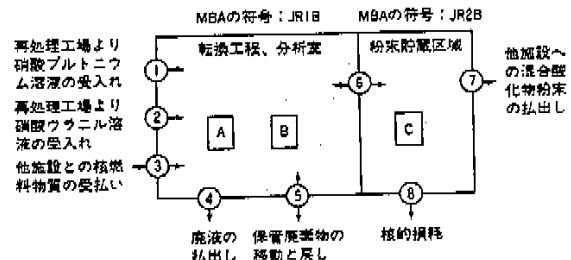
3. 施設の計量管理

図1に示す様に10kgMOX施設における核燃料物質の流れとして、硝酸プルトニウム溶液は再処理工場から送られてくる。一方硝酸ウラニル溶液は、再処理工場から送られてくる場合と国内の他の施設から送られてくる場合とがある。再処理工場からの受け入れはパイプラインにより行われている。

送られてきた硝酸プルトニウム溶液および硝酸ウラニル溶液は $Pu/U=1$ で混合され、マイクロ波加熱直接脱硝装置で脱硝される。脱硝後、焙焼還元工程を経て PuO_2-2UO_2 (MOX粉末) となり、粉砕工程で処理され粉末貯蔵室に送られる。さらに粉末貯蔵室からプルトニウム燃料製造施設またはプルトニウム燃料加工技術開発施設に払い出される。

10kgMOX施設は、図2で示す様に2つの物質収支区域(MBA)、JR1BおよびJR2Bから構成されている。JR1Bは、流れの主要測定点①~⑤と在庫の主要測定AおよびBから成っている。JR2Bは流れの主要測定点⑥~⑧と在庫の主要測定点Cから成っ

ている。主要測定点⑥は、JR1BとJR2Bの境界の主要測定点であり共通である。核燃料物質の計量管理は、この物質収支区域および主要測定点単位で実施している。



流れのKMP (FKMP)

- ① 再処理工場より硝酸プルトニウム溶液の受入れ
- ② 再処理工場より硝酸ウラニル溶液の受入れ
- ③ 他施設より硝酸ウラニル溶液の受入れおよび少量の核燃料物質の受払い
- ④ 再処理工場への廃液の払出し
- ⑤ 保管廃棄物の移動と戻し
- ⑥ MBA間のプルトニウム・ウラン混合酸化物粉末の移動
- ⑦ 他施設へのプルトニウム・ウラン混合酸化物粉末の払出し
- ⑧ 核的損耗

在庫のKMP (KMP)

- A 工程内在庫
- B 分析室在庫および基礎実験室
- C 粉末貯蔵室在庫

図2 10kgMOX施設における物質収支区域

表1 10kgMOX施設における核燃料物質の取り扱い実績と査察実績

	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年
全査察回数	15回	38回	34回	37回	49回	50回	25回
全査察業務量 ・科学技術庁 ・IAEA	29人・日 28人・日	98人・日 112人・日	72人・日 79人・日	79人・日 119人・日	122人・日 178人・日	126人・日 156人・日	140人・日 141人・日
取 扱 い 実 績	Pu受入回数	2回	3回	2回	5回	10回	6回
	Pu受入量	99 kgPu	91 kgPu	67 kgPu	250 kgPu	453 kgPu	295 kgPu
	MOX 充填回数	1回	15回	16回	13回	22回	26回
	MOX 充填量	3 kgPu	171 kgPu	74 kgPu	209 kgPu	344 kgPu	285 kgPu

1989年は9月30日まで

4. 核燃料物質の取扱い実績と査察実績

1983年4月から運転開始以来の核燃料物質の取り扱い実績と査察実績は表1のとおりである。プルトニウムによる試験運転は1983年の10月から実施しており、この年のMOX充填回数は1回であった。そのため、査察業務量も全体として少なくなっている。1984年からは本格的に運転され、全査察業務量も増えていることがわかる。1985年度における全査察回数に対してプルトニウムの取扱量(MOX充填量)が少ないのは、低比率転換(U:10対Pu:1)を実施したためである。この表からもわかる様に、MOX充填回数と全査察業務量はほぼ比例していることがわかる。

5. 査察内容

10kgMOX施設で運転時に実施されている主な査察内容は以下のとおりである。

(1) 硝酸プルトニウム溶液(および硝酸ウラン溶液)の受入れ査察

硝酸プルトニウム溶液の受入れ査察は、その都度実施され、通常2日間必要である。第1日目に液位測定装置の校正および硝酸プルトニウム溶液の受入れ、攪拌を実施し、2日目には液量の確定およびサンプルの処理が実施される。

(2) 中間査察

中間査察は月1回4日間連続で実施される査察である。この中間査察は1989年1月から始まった。実施の方法は、施設に在るプルトニウム在庫を確認(確認)することである。運転中のプルトニウムは確認できない場合もあるため、工程内のプルトニウムの移動状況をモニタリングによる確認となる。その他、査察項目としては液位の測定(確認)、非破壊検査(以下「NDA」という)の実施、保障措置上の封印の適用等がある。

(3) 実在庫量の確認査察

この査察は2回/年実施されていたが、1989年1月から1回/年となった。この査察の目的は、施設にあるすべての核燃料物質を確認することである。

(4) 槽の検定査察

槽は液量を決定する上で重要な機器であり、年に1回、概知の液量を槽に入れて検定を行う。プルトニウム受入計量槽については、硝酸溶液を用いて検定する。

(5) 査察内容の相違点

10kgMOX施設はIAEAとの施設付属書(FA)交渉の結果、査察内容が一部変更となった。1988年12月までの査察内容と1989年1月からの査察内容との相違点は次のとおりである。

- ① 中間査察(通常査察)が月1回1日から月1回4日連続になったこと
- ② MOX原料粉末を貯蔵容器に充填の都度実施されていたMOX原料粉末充填査察が廃止になったこと
- ③ 実在庫量の検認査察が2回/年から1回/年になったこと
- ④ 槽の検定査察がプルトニウム受入計量槽1槽から4槽に増えたこと

等である。

この査察内容の変更前と変更後の10kgMOX施設への影響は、実在庫量の検認査察が1回/年になった事にみられる様に工程運転への自由度が増した事である。

6. 保障措置技術の開発および改良事項

10kgMOX施設では、プルトニウムを溶液状態と粉末状態の両方で取り扱う。このため、溶液状態のプルトニウムに対しては、精度の高い液量測定など再処理工場と共通した技術が求められ、また粉末状態のプルトニウムに対しては、NDAによる製品MOX貯蔵容器の測定などプルトニウム燃料製造施設

設と共通した技術が求められる。その他、溶液にも粉末にも適用できる迅速分析法としての蛍光 X 線分析が、保障措置技術開発上のポイントとしてあげられる。

6.1 高精度の液量測定

10kgMOX 施設のプロトニウム受入計量槽では、1 回の測定で50-60kgのプロトニウム(液量として250-300ℓ)を計量する。この値は10kgMOX 施設の受入量としても、また再処理工場の私出量としても用いられ、計量精度の点で保障措置上重要である。槽の液量は、ディップチューブ間の差圧から密度と液位を求めた後、校正式により液位から液量を求める。この方法では、槽はそれ自体が測定系の一部となるため、変形の困難さ・測定用配管の長さなど、目標とする精度を十分に考慮した設計となっている。差圧測定には、水晶振動子が差圧による歪みを受けた際に生じる振動数の変化を利用したエレクトロマノメータを用いるとともに、校正式の作成においては、基準となる液量を純水の重量測定により決定した。これらにより、液量測定の総合精度として0.2%以内の値を得ている。保障措置上の精度保証としては、年1回実施する槽校正を査察官の立会いのもとに行っている他、国内の一次圧力標準と比較検定された圧力基準器を用いて、液量測定の都度、エレクトロマノメータの校正を行っている。これまで実施された槽校正および液量測定の結果は、すべて精度内に収まっている。写真1はエレクトロマノメータ装置の一部で表示部である。

6.2 NDA による貯蔵容器の測定

MOX 原料粉末製品として、10kgMOX 施設では1日あたり平均貯蔵容器1本(プロトニウムで約5kg)が秤量の後、工程から製品貯蔵庫へ払い出される。製品貯蔵庫の取扱い貯蔵容器数は最大81本である。

これに対して秤量の都度査察官立会いとサンプルの採取および処理を実施することは、施設者、査察者ともに大きな負担となるため、NDAを用いたプロトニウム量の直接測定を導入することがIAEAより提案された。交渉の結果、NDA装置が設置された。これによって保障措置上の要件を満たすとともに、運転スケジュールへの影響を少なくすることができた。

6.3 蛍光 X 線法による分析

硝酸プロトニウム溶液受入時および中間査察時において保障措置上の適時性を高め、また取去したサ

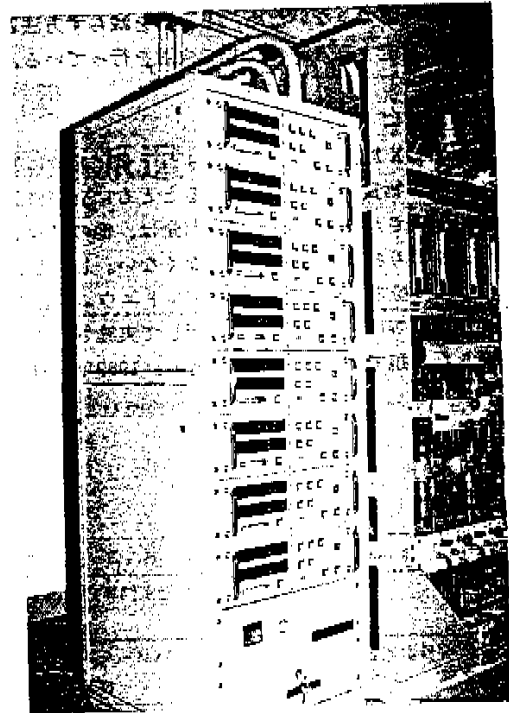


写真1 エレクトロマノメータ(表示部)

ンプルの輸送等に伴う業務低減のため、蛍光 X 線分析法による分析の導入を施設側から提案した。現在、中間査察時における硝酸プロトニウム溶液についてはこの方法が導入され、硝酸プロトニウム-硝酸ウラン混合溶液については、他の分析方法との比較検討中である。また、技術的には粉末の場合でも問題ないが、検証という観点からは解決しなければならない点があり、IAEA との間で現在検討中である。

7. 今後の課題

10kgMOX 施設では、操業以来ほぼ計画どおり工程運転を行い、保障措置(査察対応)関係においてもトラブルもなく実施してきた。また、IAEA の保障措置実施報告評価(SIR)においても概ね満足すべき結果となっている。しかし、FA 発行前の特定査察期間中であり、合意されたFAに基づく査察という意味では、1989年から新たな評価が行われることとなる。今後の保障措置技術開発の方向としては、施設内に在るプロトニウム在庫を月1回の頻度で確認することが求められ、そのため適切な封じ込め装置や監視装置等の導入などを図り、運転への影響を少なくしてゆくことがあげられる。また中間査察では、工程中に滞留しているプロトニウムは、現在の査察

方法では検認できないため、①滞留を減らす方法と、②滞留を測定する方法の両方で検討を行っている。

8. おわりに

10kgMOX 施設では、1983年4月7日、施設に初めて核燃料物質が受け入れられるとともに査察検認活動も開始された。その査察業務量は、他のプルトニウムを取り扱う施設と比べ少なくない。しかし、MOX 原料粉末充填査察や硝酸プルトニウム溶液受け入れ査察等は、施設運転と平行して実施されるため大きな負担ではなかったといえる。1989年1月か

ら工程モニタリングが採用され、これにより4日間連続での査察となり、施設者側の作業量も増えている。今後、10kgMOX 施設では保障措置目的に合致しつつ、施設操業と調和のとれた保障措置技術を追求していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 石川一成他：核燃料サイクルの保障措置、プルトニウム転換技術開発施設、核物質管理ニュース Vol. 4, No. 4, 1985. 3
- 2) 核拡散ハンドブック昭和83年度 p42「国際核燃料サイクル評価 (INFCE)」