

分置

PNC TN 8440 91-051

公開資料

プルトニウム燃料製造施設における NRTAの適用

動燃技報 No.80(1991)別刷

1991年12月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒 319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松 4-33

　　動力炉・核燃料開発事業団

　　東海事業所

　　技術開発推進部・技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to : Technology Management Section, Tokai Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4-33, Muramatsu, Tokai-Mura, Nakagun, Ibaraki-Ken 319-11, Japan

© 動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) 1991



資料番号：80-6

プルトニウム燃料製造施設におけるNRTAの適用

山本 裕 高橋 三郎 三島 翔
青木 黙 山中 栄治* 平田 智宏*

東海事業所プルトニウム燃料工場
*原子力システム㈱

Application of Near Real Time Material Accountancy
(NRTA) at the PFPP

Yutaka Yamamoto Saburo Takahashi Tsuyoshi Mishima
Isao Aoki Eiji Yamanaka* Tomohiro Hirata*
(Takai Fuel Plant, Tokai Works
* Nuclear Energy System Inc.)

多量の核物質を取り扱う施設では、保障措置上要求される適時性目標を達成させるために、中間在庫検査が毎月実施されている。プルトニウム燃料製造施設（以下「第三開発室」という。）では、査察にNRTA手法を適用することにより、施設操業への影響を最小限とした中間在庫検査が実施されている。NRTAは、施設計量管理データを統計解析することにより、核物質の転用がないことを確認している。NRTAは、このように計算機のデータのみで査察検認を行うため、第三開発室のような計算機システムを主体とした操業を行っている施設に合致した保障措置手段である。

1. はじめに

プルトニウム燃料製造施設（以下「第三開発室」という）は、多量の核物質を取り扱う遠隔自動化された大型のMOX施設である。したがって、第三開発室では、査察における核物質への直接接近がきわめて困難であり、かつ査察時の被ばく量低減という観点から、従来にない新たな保障措置手法が構築されている。本件は、世界で初めて実際の査察に適用された第三開発室でのNRTAについて、その概要を紹介するものである。

2. NRTAの概要

NRTA (Near Real Time Material Accountancy : 近実時間物質収支管理)とは、施設計量管理データを基に、計量誤差の期待値とMUF(在庫差 : Material Unaccounted For)を比較することにより、核物質の転用を検知するものである。このNRTAを導入するためには、NRTA対象区域の受払い量、移動量および在庫量が計算機によりリアルタイムに把握できることが必要となる。

2. 1 施設計量管理システム(AAS)

第三開発室は、従来のプルトニウム燃料製造施設に比べて多量の核物質を取り扱うことから、作業員の被ばく量を極力抑えるため、製造設備、搬送設備および保管設備などに大幅な遠隔自動化を取り入れている。そこで、設備の自動化に合致した新型計量管理システム(AAS : Advanced Accountancy System)を導入している。AASは、核物質の移動および在庫に関するすべての情報を一元的に集中管理しており、核物質の所在、在庫量、プルトニウム含有率を含む分析情報などを正確に把握できるように、以下の特徴を持っている。

- (1) バルク核物質のアイテム化：核物質の移動は、AASに予め登録された粉末搬送容器、ペレット搬送容器等の専用の容器を用いてのみ行われる。この容器の風袋重量を管理することにより、容易に核物質の正確な在庫量を移動の都度把握できるとともに、容器ID(Identification)Noの管理により核物質の所在が把握できるようになっている。
- (2) 物品コードおよび製造ロットの採用：燃料製造を実施していく過程で、核物質は種々の形状および

性状に変化していく。そこで、工程の処理過程毎に物品コードを付けて、リアルタイムな化学的性状および物理的形状を把握することを可能としている。また、製造の処理単位である製造ロットを計量管理に取り入れることにより、プルトニウム含有率などの性状情報の管理を容易なものとしている。以上の管理により、AASは、NRTAに必要なすべての情報を保有しており、短時間の内にそのデータを出力し、提供することができるようになっている。

2.2 NRTA手法

NRTA 区域の物質収支期間 (MBP : Material Balance Period)において、MUFは次のような式で表わされる。

ここでBI (Beginning Inventory) は期首在庫量、R (Receipt) は受入量、S (Shipment) は払出量、およびEI (Ending Inventory) は期末在庫量を表わしている。(1)式では右辺の各項目が測定値であるため、測定誤差が含まれておりMUFは0にならない。NRTA手法とは、MUFと測定値に含まれる測定誤差の期待値を比較することにより、核物質の不当な転用がMUFの中に含まれていないかを調べる方法である。

NRTAにより出力されるグラフは3種類あり、出力グラフ例を図1に示す。

(1) MUF TEST：転用が無い場合の各MBPでのMUFの値は、平均が0の正規分布に従うので、MUFの値と計量誤差の期待値から一括転用を検知するのに適している。

(2) CUMUF TEST：各MBPについて、当該MBPを含めたそれ以前の全MBPでのMUF値を合計した量がCUMUF(累積MUF)である。したがって、長期に渡って少量ずつ転用が有ってもそれを蓄積して拡大した形で示すことができる。

(3) GEMUF TEST : MUFR (詳細は以下に記す) から計算される統計量で、急激な一括転用を検知するのに適している。

すべてのグラフで、MUF（グラフの実線）が測定誤差の期待値（グラフの点線）内に入っているならば、一括転用および少量転用の無いことが保証される。各MBPのMUFには傾向があり、複数のMBPのMUFをまとめて評価する時には、MUFの偏りを考慮に入れなければならない。あるMBPのMUFを求める時に、それ以前のMBPに測定したあるアイテムの在庫のデータを用いたり、同じ測定器を用いていることなどにより、各MBPのMUFには当然ある傾向がでてくる。そこで、各MBPのMUFをより正確に評価するために、MUFに次のような処理を

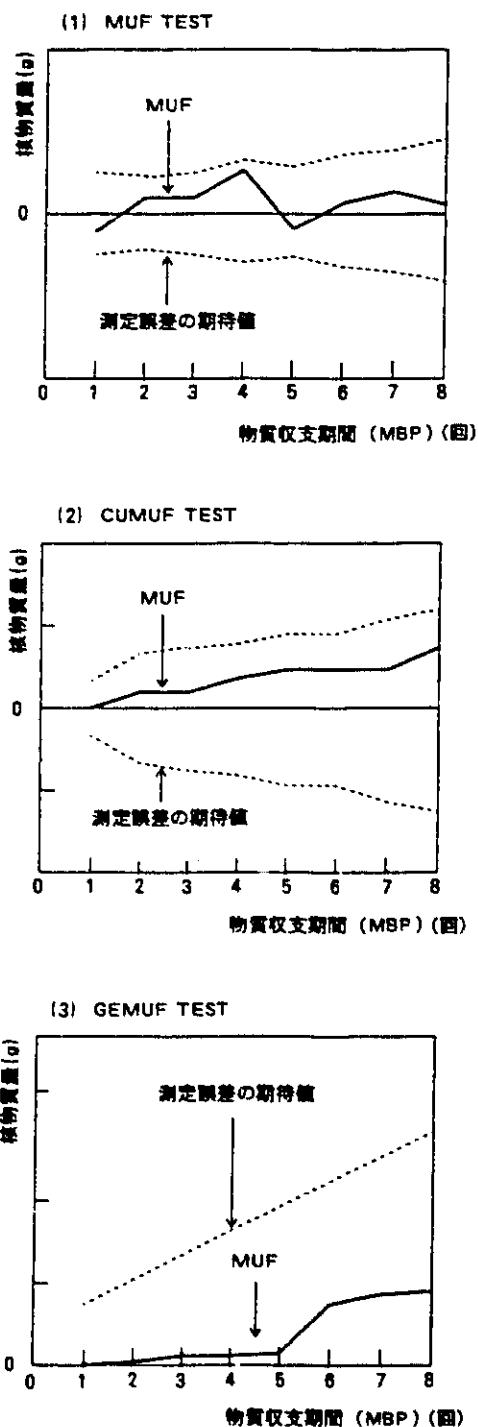
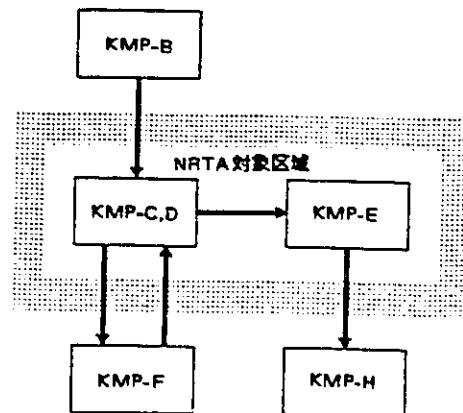


図1 MUFの出力グラフ(例)

施している。最初にあるMBPに着目し、それ以前のMBPのMUFとの積の期待値をすべて求める。このようにして、MBP数(n)に応じて $n \times n$ 個の量が得られる。この量から、MBP間のMUFの依存性が判る。これは、共分散行列と呼ばれるものである。次に、以前に発生した実際のMUFから、着目したMBPのMUFを、上記で求めた共分散行列を用いて予測し、この予測したMUFを実際のMUFから引いたもの(残差MUF(MUFR))を算出する。



KMP-B : Pu貯蔵庫
 KMP-C : 製造工程 (原料)
 KMP-D : 製造工程 (粉末・ペレット)
 KMP-E : 加工組立工程
 KMP-F : 分析工程
 KMP-H : 集合体貯蔵庫

図2 NRTA対象区域

MUFRは、以前のMUFからの影響を取り除いたそのMBPのMUFであり、各MBPで独立な値をとり、かつ、最も誤差の期待値の小さい量となる。したがって、MUFRと共に分散行列から求めた誤差の期待値を比較することにより、偶然性に左右されないより正確なMUFの評価ができるようになる。

2.3 適用

NRTAは、現在図2に示すようにペレット製造工程および加工組立工程に適用され、AASにより作成された在庫および移動の情報を基に、毎月行われる査察で科学技術庁およびIAEAにより、評価されている。

AASにて作成する在庫データおよび移動データは、主に以下の様な内容である。

- (1) 在庫データ：各MBPのBIおよびEIとなるデータで容器単位に、主要測定点(KMP: Key Measurement Point), Pu重量, 分析ID, 秤量器ID等のデータを含む。
- (2) 移動データ：各KMP間の移動データであり、RおよびSとなるデータで項目は在庫データと同じである。

NRTAでは、在庫および移動のデータによりMUFを算出する。また、各分析ID、秤量器IDに関する誤差情報より、当該MBPの誤差の期待値を求める。それらの統計量を基に MUF, CUMUF,

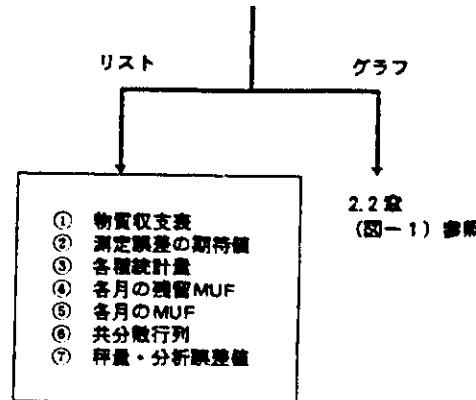
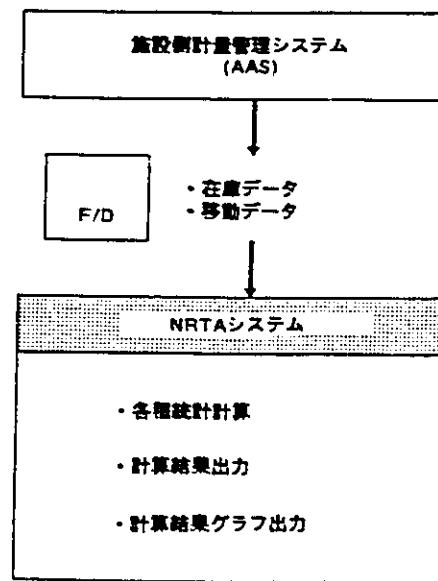


図3 データの流れ

GEMUF等の統計テストを行い、MUFの評価のための結果をリストおよびグラフで出力する。図3にデータの流れを示す。また、運用に際して、F/Dの情報は、従来の査察に提出している情報より詳細な情報であることから、F/Dは、施設外に持ち出さないで、NRTAの最終結果のみ持ち帰ることが予め合意されている。

3. 効果

査察では、中間在庫検認のために非検知確率 $\beta = 0.5$ でサンプルが選定され検認が行われる。NRTAの適用により、評価結果が良好な場合 (MUFが誤差の期待値の範囲内) は、 $\beta = 0.8$ が採用され、検認サンプルが約1/3となる。このことは、施設操業への影響および査察作業量が大幅に軽減されることによって、査察側および施設側双方にとって大きなメリットである。また、NRTAは、概念的に毎月実在庫調査検認(PIV: Physical Inventory Verifica-

tion)に準ずる行為を行っていることに等しく、したがって、年1回実施されているクリーンアウトを伴うPIVを実施する必要がない。今後実績を積んでいくことによって、PIVを廃止することが期待されている。

4. まとめ

第三開発室が自動化された大型施設であることか

ら、施設の設計段階より保障措置を十分に考慮し、その1つとしてオンラインリアルタイムな施設計量管理システムを構築してきた。この施設システムの特徴を活用することによって、世界で初めてNRTAを実際の査察に適用することが可能となった。今後NRTAの信頼性をさらに向上させるために統計解析および誤差評価手法等の検討を引き続き行うことが必要である。