

次世代核燃料サイクル技術における核 拡散抵抗性の寄与

—核燃料サイクル技術における抵抗性比較、および
全核拡散リスクに対する抵抗性の効果について—

平成 24 年 5 月

東京大学大学院-国際保障学研究会

主査：田中知（東京大学大学院） 副主査：久野祐輔（東京大学大学院）

（会員五十音別）

和泉圭紀（日本原子力研究開発機構）一政祐行（防衛省防衛研究所）岩本友則（日本原燃株）喜多智彦（日本原子力産業協会）大塚直人（東京大学大学院）小田卓司（東京大学大学院）小鍛冶理沙（東京大学大学院）後藤晃（中部電力株）小林敏博（日本原子力発電株）齊藤暢彦（株東京電力）三倉通孝（株東芝）篠原伸夫（東京大学大学院、清水直孝（日立 GE ニュークリアエナジー株・電工会）鈴木克之（株グローバル・ニュークリアフエル・ジャパン）田崎真樹子（東京大学大学院）田邊朋行（財電力中央研究所）J-S. Choi（UC バークレイ）玉井広史・寺岡伸章（日本原子力研究開発機構）中熊哲弘（株東京電力）中島博文（日本原子力発電株）富田行雄（電気事業連合会）濱崎学（株三菱重工）稗田恭久（原子燃料工業株）藤本武（日本原子力発電株）深澤哲生（日立 GE ニュークリアエナジー株）干場静夫（元東京大学大学院）松岡浩（元東京大学大学院）宮越裕久（関西電力株）宮本直樹（財核物質管理センター）山崎元泰（明星大学）山村司（元東京大学大学院）

核拡散抵抗性 WG メンバー

久野祐輔，小田卓司，深澤哲生，篠原伸夫，田邊朋行，浜崎学，堀尾健太，
玉井広史，池田悠太

本研究は、上記著者(核拡散抵抗性 WG メンバー)が国際保障学研究会メンバーの監修のもと学術的な見地から実施したものであり、報告書に記載される内容は、上記著者等が所属する組織を代表するものではない。

次世代の核燃料サイクルにおける核拡散抵抗性のあり方

1. 核拡散抵抗性にかかる研究の背景

IAEAを中心に制度的な対策として樹立してきた保障措置はこれまでもっとも有効な核不拡散対策の1つとして社会に受け入れられてきた。1990年代初頭に起きたイラクや北朝鮮の未申告活動の発覚で、従来のNPT協定に基づく保障措置手法(申告されたものを検認する)の問題点を突きつけられたIAEAは、さらなる対策として追加議定書に基づく新たな保障措置対策を打ち出し、その実効性は顕著に向上したと考えられる。しかし、今後の原子力利用のグローバルな拡大にともなう核拡散リスクの増大に対処するためには現在の保障措置等制度的な対策の適用だけでは核の不拡散に限界がある。国際的に原子力の平和利用を一層推進するためには、さらなる効果的な不拡散対策が不可欠と考える¹。

その1つとして「核拡散抵抗性」が取り上げられ議論されるようになった²。核拡散抵抗性、すなわち国家が核兵器・核爆発装置を獲得することを目的とした核物質の転用や未申告生産、技術の不正使用を防ぐため当該原子力システムに核拡散上の抵抗力を持たせることについて、2000年以降、INPRO(革新的原子炉および燃料サイクル国際プロジェクト)³およびGIF-GEN IV(第4世代原子炉システムの国際フォーラム)⁴において活発に議論がなされてきた。核拡散抵抗性では、技術的手段(内在的対策)、保障措置及びその他の制度(外在的対策)の核拡散リスクに対する影響度を、明確に評価しておくことが重要である。

技術的手段は、核物質の「転用」等を困難にするプロセス設計や物質的な障壁等に代表される。これらの手段は転用等に対して相対的困難さを高めるとともに転用スピードを遅延させるという効果がある。核物質の転用のみでなく核燃料サイクルの不正使用を魅力のないものにする技術的手段は、核拡散抵抗性全体のパッケージの一部となる。一方、保障措置やその他の制度的手段は、技術的手段に比べ絶対的な効果をもつが、協定や制度の不履行・破棄などにより効果を失する場合もありうる。

さらに、近年、国際社会は、テロリスト等非国家主体による盗取や破壊行

¹久野祐輔、J-S. Choi : 核拡散抵抗性と保障措置一次世代核燃料サイクル設計における核不拡散対策の基本的考え方, 日本原子力学会誌 (ATOMO Σ), Vol.51, No.2, 94-99 (2009)

²千崎雅生, 久野祐輔, 井上尚子, 勝村聡一郎 : 次世代原子力システムの核拡散抵抗性, 日本原子力学会誌 (ATOMO Σ), Vol.50, No.6, 26-31 (2008)

³ IAEA, “Guidance for the Application of an Assessment Methodology for Innovative Nuclear Energy Systems - INPRO Manual- Proliferation Resistance”, Volume 5 of the Final Report of Phase 1 of the International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO), IAEA-TECDOC-1575, October 2007

⁴ GIF PR&PP Experts Group, “Evaluation methodology for Proliferation Resistance and Physical Protection of Generation IV Nuclear Energy Systems - Revision 5”, GIF/PRPPWG/2006/005, November 2006

為に対する対策を緊急な課題として捉えるようになったが、そこには物理的防護のみでなく核拡散抵抗性技術も重要な役割を担うことができると思われる。政治的安定度や背景の異なる多種の国家が共存する国際社会において、非国家主体への対策も含めながら原子力の平和利用を推進するためには、果たして、どのような抵抗性対策を、どの程度のレベルで施せばよいのか、という大きな命題に突き当たる。

2. 国際保障学研究会としての取り組み

大学としての研究グループである国際保障学研究会では、上述の観点から、原子力の平和利用における核拡散抵抗性の位置づけや効用を議論するとともに、そのあるべき姿について検討することとした。研究の実施に当たっては、以下の項目に重点を置いた。

- 1) そもそも、燃料サイクルの核不拡散対策として「核拡散抵抗性」について「何が求められているのか」、「そのためには何をすべきなのか」「どの程度の効果があるか」について、原点に立ち返りレビューすること。
- 2) 上記「どの程度の効果があるか」について核拡散リスク全体における核拡散抵抗性技術および制度的対策の効果について評価すること（核拡散リスクの確率論的定量評価手法など）
- 3) 検討結果から、核拡散抵抗性のあり方、すなわち、制度的対策＋技術的対策といった負荷的要求に対する「合理的かつ現実的に可能なゴール」とは何か、「本質的に重要かつ有効なポイント」は何か、について検討すること。

なお、本来、原子力平和利用における核拡散抵抗性を議論するに際しては、燃料サイクル全体を対象とするのが一般的である。この場合、本研究会では、多くの燃料サイクルが提案されている中、「使用済み燃料のワンスルー処分（直接処分）」は、今回の議論の対象外とした。その背景には、ワンスルーにおいては、初期において使用済み燃料が有する高放射線量により、高い抵抗性が維持されるとされるものの⁵、時間経過とともに、アクセス性が高まり、また各国の長期的な国情の変化の可能性、すなわち将来の政策転換という潜在的な可能性は否定できないという事実がある。本研究で行う、技術による「抵抗性」がもつ「核拡散リスク」全体における効果が、「短期的」観点にたった抵抗性評価であり、長期的な観点から見た系の抵抗性の議論とは次元の異なる対象であるからである。

3. 「核拡散抵抗性」議論において「何が求められているのか」、「そのためには何をすべきなのか」

有意量の核物質が平和目的の原子力活動から核兵器またはその他の核爆発装置の製造へ転用されることを適時に検知すること、および早期検知される

⁵ 「原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会」（2012年実施）
http://www.flanker.n.t.u-tokyo.ac.jp/modules/security/index.php?content_id=2

という危惧を与えることによって転用しようとする意思を抑止する目的で、国際保障措置がある。保障措置の手段は計量管理、封じ込めおよび監視、査察／現場検証、そして情報の評価から成る。有意量の核物質転用を適時に検知できる状況下にある保障措置システムは、抵抗性措置の中でも強力かつ信頼性の高いものである。未申告活動の検出能力という点で、包括的保障措置＋追加議定書という制度に基づく保障措置の適用により、核物質の抜き取り、プロセスの不正使用はもとより、核兵器製造に係る秘密施設自体の保持の試みも、当該国としてはきわめて困難な状況にあると言える。すなわち高いレベルの保障措置下にある国家においては平和利用からの核兵器への転用はほとんど不可能に近いということが言える（以下、高い検出能（確率）を有する状態を「高いレベルの保障措置」と呼ぶ）。

このような状況下で、なぜ抵抗性技術が必要なのかであるが、今後、多国における使用済み燃料の蓄積、およびウラン資源の高騰や欠乏（供給不足）などから、使用済み燃料の処理、プルトニウム利用のニーズが国際的に高まった場合、新興国（限定された平和国家）または地域において燃料サイクル導入の議論が起こることが予想される。その場合、自主技術を新たに開発するのではなく、先進国から技術を輸入することが考えられるというのが一般的であろう（抵抗性の議論には、いわゆるならず者国家が秘密裏に独自で抵抗性の低い技術を開発するケースは含まない）。そのような国・地域は核燃料サイクルを開始するに当たっては、従来の保障措置協定だけでなく追加議定書の締結などを含む高いレベルの国際制度の受諾が技術入手の条件となることがまず考えられる。しかし、その場合においても政情の変化などによる制度からの脱退等、最悪のシナリオにも耐えうるだけの核不拡散性対策が必要であり、すなわち同サイクル技術自体に内在的な抵抗性をもつことが望ましいわけである。将来のニーズに対し、抵抗性の高い（技術的バリアが充分にある）技術を確立しておけば、上記のようなケースに対しても核不拡散上効果的である。すなわち、国際社会は高抵抗性を有する技術を国際基準・規範（ノーム）として一般化する（それ以外のものは輸出しない）というような策を講じることが重要である^{1, 6}。この考え方が近年の抵抗性議論の根幹にある。非国家主体・テロリストによる盗取に対しては、核物質防護（PP）技術および関連する制度が最も有効であるが、抵抗性技術（例えばプルトニウムの単離-単体として分離することが困難な化学形態にする）を利用し盗取を防ぐこと、すなわち盗取に対する魅力をなくすことも有効性を示すと考えられる。

4. 核燃料サイクルにおける核拡散抵抗性の略式試評価

上記の「高抵抗性を有する技術を国際基準・規範（ノーム）として一般化する」と言う場合においても、経済性を無視した技術は受入れ難いものなる。

⁶ Y.Kuno, N.Inoue, M. Senzaki :Nuclear Proliferation-Resistance and Safeguards for Future Nuclear Fuel Cycle, J Nuclear Materials, 385, 153-156 (2009)

どの程度の抵抗性技術を持たせることが必要になるのか、また、技術の差は、どの程度の効果の違いをもたらすかが、次の議論になるものと思われる。

本来、核拡散抵抗性の検討に際してはサイクル全体を対象に考えることが重要であり、そこに含まれるべき要素技術として、濃縮、燃料製造、原子炉、使用済み燃料貯蔵、再処理、廃棄物処分を対象とすべきであるが、本研究におけるキャパシティブな制限から、ここでは、「使用済み燃料再処理」を、核不拡散上、もっとも重みをなすポイントにとらえ、いくつかの異なった再処理手法における抵抗性の差異について、代表として議論した。対象とする技術は、現時点で開発進捗度の高い技術のみに焦点を置くのではなく、既に提案されている技術についても、今後の技術的ポテンシャルを考慮して検討に加えることとする。

抵抗性評価の要素として、例えば、技術的困難性 (TD)、マテリアルタイプ (MT)、検出確率 (DP) をメインとし、これに拡散者側の (拡散を起こすための) コスト (PC)、および設計建設者側の抵抗性負荷分コスト-検知リソースコスト (DC)、などが評価の観点に加わると考えることができる。おもに GenIV で示される抵抗性評価を参考に、抵抗性に求められる基本的要素毎に評価検討する。

抵抗性の検討に際し、転用、不正使用、脱退、非国家主体 (テロリスト等) によるアタック (内部脅威)、という 4 種の核取得への「脅威」を対象とする。なお、非国家主体 (テロリスト等) によるアタック (外部脅威) については、抵抗性技術等が部分的に有効であるものの、性格が大きく異なるためここでは対象外とした。

4. 1. 核拡散抵抗性評価研究の方法

国際保障学研究会では、以下にのべるケーススタディにおける評価方法を参考に抵抗性評価の方法を定めた。

4. 1. 1 GIF-PR&PP が提案する手法 (ケーススタディにおける手法)⁴

第4世代原子力システム (NES) の技術目標は、四つの分野の目標の一つとして核拡散抵抗性と物理的防護 (PR&PP) を、持続可能性、安全性、信頼性及び経済性ととともに重視した。GEN IV の PR&PP のゴール：原子力システムが、転用や核兵器利用物質の盗取について、全く非魅力的で、もっとも望ましくないものであるという保証を高め、さらに、テロ行為に対する物理的防護を増強した。PR&PP では、評価対象システムに対して、挑戦者 (チャレンジャー) を定義し、これらの挑戦 (チャレンジ) に対するシステムの応答を解析し、最終結果を評価する (パスウェイ評価方式⁷)。NES に対するチャレンジは潜在的拡散国や非国家の敵対者により引き起こされる脅威である。

⁷転用などの脅威シナリオを作成し、そのシナリオに対してシステムがどのようにレスポンスするかを評価。インプロのような属性評価方式は、システム全体の内在的な評価に適するが、保障措置を含めたシステムの性能を評価するには後者 (パスウェイ方式) が適すると考えられる。また、政策決定者やパブリックには属性評価、設計者にはパスウェイ評価がニーズに合うと考えられる。

チャレンジ → システム応答 → 結果(影響)

NESの技術的及び制度的な特性は、システムの対応を評価し、その拡散脅威に対する抵抗性と、破壊活動及びテロの脅威に対する堅固性を決定するために用いる。このシステムの応答の結果は、PR&PPのメジャー（指標）で表現され判定される。PR評価手法においては、NESがシステムの内在的特性、外在的措置を含めて概念が構築され、または設計されていたと仮定される。PR評価の主眼は内在的及び外在的特性間の相互作用を解明し、それらの相互作用を研究し、そして、最適設計に向かう経路を導くことである。各指標について評価を行うために、まず、シナリオが設定され、各指標に対して定量的に評価して表す。定量化の方法（例：アプローチと呼ばれる）は、定性的アプローチ、論理ツリーアプローチ、とマルコフモデルを用いたアプローチの3つを開発。INPROに比べ定量的な評価を志向であり、属性ではなくシナリオベースのパスウェイ評価を行う点が特徴である。

4.1.2 本研究で用いる略式試評価の方法

前述のとおり、ここでは、要素技術のうち最も抵抗性技術に関する議論のキーとなる「再処理」を取り扱い、最後にどのような組み合わせが、より強い抵抗性を有するかについて検討することとした。

作業の進め方として、まず、代表的な再処理技術をいくつか取り上げ、比較評価を実施する。「再処理」については、現在提案されている個々の技術に対するは、すでに再処理WG（五者協議）でINPRO手法をベースに実施されている。ただし、「抵抗性」に関する比較研究については、必ずしも十分なされておらず、更なる検討の余地があるため、あらためて評価を実施する。

本検討における評価においては、GIF-PR&PPが提案する手法の考え方を基本とする。ただし、今回は、各技術の設計情報が利用できる状況にないこと、各要素技術において異なる技術の抵抗性比較を幅広く行うことを目的としたために、PR&PP評価手法で示されるような詳細な検討は行わず略式的な試評価比較を実施することとした。公開情報を基に、脅威毎に各技術の最も脆弱な部分を取り出し、比較するという方法を採用した。試評価にあたって想定したホスト国の能力は、上記例と同一とした。また保障措置が適用される場合については、その技術に適用可能と思われる最大限の保障措置が適用されるという前提で評価を実施した。

なお、PR&PP各PR&PPのESFRシステムスタディ報告書には、「評価は、想定される脅威の範囲の定義と、ターゲットやシステム要素等の特定を可能にする定性的解析から開始すべきである」とあり、ここでは、基礎技術情報をもととした定性評価を実施する。結果は、非常に高い、高い、中程度、低い、非常に低い、の5段階で評価することとした。判断基準は、GenIV-PR&PP評価マニュアル、の「PR指標のための定量的尺度及びスケール(引用文献-表2.5)」(下表4.1.2(1))をベースとした⁴。

表 4.1.2 (1) PR指標のための定量的尺度及びスケール

指標及び尺度	尺度スケール (中間値)	拡散抵抗性
<i>内在的特性によって決定される核拡散抵抗性の指標</i>		
拡散の技術的困難度 (TD) 尺度例：脅威者の能力を考慮した固有の技術的困難性によりパスウェイが失敗する確率	0-5% (2%)	非常に低い
	5-25% (10%)	低い
	25-75% (50%)	中程度
	75-95% (90%)	高い
	95-100% (98%)	非常に高い
拡散コスト (PC) 尺度例：軍事能力に割り当てられる国のリソース割合	0-5% (2%)	非常に低い
	5-25% (10%)	低い
	25-75% (50%)	中程度
	75-100% (90%)	高い
	>100% (>100%)	非常に高い
拡散時間 (PT) 尺度例：パスウェイを完遂するのにかかる全時間	0-3ヶ月 (2ヶ月)	非常に低い
	3ヶ月-1年 (8ヶ月)	低い
	1-10年 (5年)	中程度
	10-30年 (20年)	高い
	>30年 (>30年)	非常に高い
核分裂性物質タイプ (MT) 尺度例：無次元のランク分類 (HEU, WG-Pu, RG-Pu, DB-Pu, LEU) ; 核物質属性に基づく補間	HEU	非常に低い
	WG-Pu	低い
	RG-Pu	中程度
	DB-Pu	高い
	LEU	非常に高い
<i>外的指標と内在的特性によって決定される核拡散抵抗性の指標</i>		
検知確率 (DP) 尺度例：累積検知確率	a	非常に低い
	b	低い
	c	中程度
	d	高い
	e	非常に高い
検知リソース効率 (DE) 尺度例：査察業務量(人・日当り、PDI) 当りの発電量(GWe・年) (又は査察コスト\$)	<0.01 (0.005 GWy/PDI)	非常に低い
	0.01-0.04 (0.02 GWy/PDI)	低い
	0.04-0.1 (0.07 GWy/PDI)	中程度
	0.1-0.3 (0.2 GWy/PDI)	高い
	>0.3 (1.0 GWy/PDI)	非常に高い

(定性的PRランク (非常に低い～非常に高い)、数値範囲及び中間値)

注) HEU=高濃縮ウラン、ノミナルで 95%U-235 ; WG-Pu=兵器級プルトニウム、ノミナルで 94%核分裂性 Pu 同位体 ; RG-Pu=原子炉級プルトニウム、ノミナルで 70%核分裂性 Pu 同位体 ; DB-Pu=高燃焼度プルトニウム、ノミナルで 43%核分裂性 Pu 同位体 ; LEU=低濃縮ウラン、ノミナルで 5%U-235。

- a 劣化ウラン、天然ウラン及び低濃縮ウランに対し IAEA の探知確率より顕著に低い累積探知確率と適時性目標。
- b 1年 で 50% (劣化ウラン、天然ウラン及び低濃縮ウランに対する IAEA の探知確率及び適時性目標に等しい)
- c 3ヶ月 で 20%、1年 で 50% (1 有意量の使用済燃料/照射済核物質に対する IAEA の探

- 知確率及び適時性目標に等しい)
- d 1ヶ月で50%、1年で90%(これは1有意量のHEU/分離Puに対するIAEAの探知確率及び適時性目標に等しい)
- e HEU/分離Puに対するIAEAの探知確率及び適時性目標よりも顕著に大きい累積探知確率。

以下、表中の6つの指標についての詳細を示す：PR&PP マニュアル Rev5⁴から転載

拡散の技術的困難性 (TD) 指標

TD指標は表 2.5 に与えられる例が示すような尺度を用いて評価される。技術的困難性は、困難さを創出し、その技術的問題により失敗する潜在的可能性を生むパスウェイの内在的特性から発生する。このTD指標は、国の能力を反映した尺度で測る場合、パスウェイを識別する助けとなる。つまり、よりリスクが高く、パスウェイを完遂するための時間とリソースが著しく増大し、結果的にパスウェイの完遂が失敗に終わると拡散国が判断するであろうパスウェイを識別する手助けをする。

TDの評価は、パスウェイセグメントを完遂するに当たり、内的な困難性の発生源を特定するために専門家の判断を用いる。例えば、臨界の危険性、放射線、設計情報の不足、アクセス不能、あるいは、輸出管理の対象となっている装置又は物質を加工、生産する能力の欠如などである。パスウェイを完遂するためのTDの評価は、すべてのセグメントについて、その困難性の原因の組み合わせを用いる。

TD指標の尺度スケールは、パスウェイが失敗に終わる確率を反映するため、拡散国が利用可能なリソースと能力に依存する。したがって、例えば、もしある国が運転中の商業的濃縮能力を有する又は専門家の指導が得られれば、その国が隠密の遠心分離濃縮工場を建設し運転するための外部セグメントのTDは低くなるかもしれない。しかし、遠心分離機の周波数変換機のような特定の部品の製造のためのTDは、もしその国が国内にこれらの部品を作る商業的能力を持たないのであれば、TDは高いままかもしれない。原子力部品の大部分は、製造するのに高いTDを有し、国際輸出管理と国の諜報機関により監視されている。DP指標の評価には、そのような装置の獲得を検知する輸出管理の潜在能力を含むかもしれない。

確率的方法を使用することにより、パスウェイの各セグメントに関連するTD指標の集計が容易となるかもしれない。マルコフモデルに基づく例は、Yue, Cheng, Papazoglou, Aazarm,& Bari (2005) に記されている。下表はTDの枢要な特性を総括している。

表 4.1.2(2) 拡散の技術的困難性(TD)指標の特性の概要

特性	記述
定義	セグメント固有の困難性
評価のため考慮されるべき 代表的な属性	臨界の危険性 放射線レベル 公開情報の利用可能性 特殊な輸出管理対象コンポーネント又は物資へのアクセス
尺度例	脅威者の能力を考慮した、固有の技術困難性からパスウェイが失敗する確率
セグメントからパスウェイまでの集計法	内包されるセグメントに基づいたパスウェイ失敗の確率の計算

拡散コスト (PC) 指標

PC指標はドルで評価され、拡散国が軍事支出に利用可能なリソースの総計から推定することができる。原子炉保有国で年間20億(約2,400億円)ドル、燃料サイクル国で年間200億(約2.4兆円)ドルのオーダーであろう。表4.1.2(1)はPCの値として「低い」(<10%)から「非常に高い」(>100%)までをスケールリングしている。この指標はセグメントに関連する行為の完遂を妨害する多重の障壁を突破するのに必要な経済的及び人的投資を表現している。

PC指標は、パスウェイ中の各セグメントについての指標値を合計することにより、パスウェイ全体について集計される。多くの場合、この指標は一つのセグメントが支配的になる。この指標は申告されたGEN IV NESのコストは含まないが、このセグメントを完遂するため、にシステムに加えられる改造にかかるコストは含んでいることに注意されたい。これらの改造は、保障措置検認活動を破ることを意図した改造とともに、プロセス改造のコストを含む。下表4.1.2(3)はPC指標における重要な特性をまとめた。

表 4.1.2(3) 拡散コスト(PC)指標の特性の概要

特性	記述
定義	セグメントの全体コスト
評価のために考慮されるべき	セグメントを完遂するのに最低限必要とされるインフラ整備にかかる最小コスト
代表的な属性	民間インフラと民間人の不正使用から発生するコスト
尺度例	軍事能力に割かれる国のリソース割合
セグメントからパスウェイまでの集計法	セグメント評価の合計。軍事能力に割かれる国のリソースで標準化できる。

拡散時間(PT)指標

表2.5に示すように、PTは時間単位で見積もられ、「非常に低い」(<3ヶ月)から「非常に高い」(>30年)までの範囲である。拡散時間は、獲得と処理のセグメントに伴う行為の完遂を妨害する多重の障壁を克服するのに要する最小時間である。一般的には、PTは拡散国が最初の検知可能な活動(例えば、核物質の転用や、申告施設の不正使用等の行為)を始めた時点から計られる。しかし、もし解析者が拡散国のパスウェイ間での優先順位に影響するほど重要であると判断すれば、解析者は拡散国が計画し始めた時というような、他の開始時間を選ぶことも可能である。解析者は開始時間を選ぶために用いた根拠を明記し、それを一貫して使うべきである。一般的にPTは、処理セグメントの最後で評価され、兵器に加工する時間(MT指標の中に含まれる)を含まない。しかし、実際には、PTと比較して兵器加工時間は短い(2,3週間)と予想できるので、この区別は重要でない。

例えば、使用済燃料の貯蔵施設からの突然の転用は1ヶ月未満しか要しないであろう。照射ターゲットからのプルトニウムの抽出は、抽出施設が既に利用可能(隠密であろうと、申告施設の不正使用を通じて得たにしても)と仮定しても3ヶ月から12ヶ月を必要としよう。こうした推定をするに際し、解析者は仮定を明確に述べなければならない。これらの仮定には、拡散国がそのセグメントに関して、行為を始める前にどんな準備を完了したかを含む。(例えば、拡散国が、このセグメントと仮定されたスループットを始める前に隠密プルトニウム抽出施設を建設し運転開始したという仮定)

1つのパスウェイについて、PT指標は、連続的な活動を合計し、同時並行の活動も考慮して集計する。並行あるいは連続でなされる活動は、各パスウェイの詳細に依存する。下表4.1.2(4)はPT指標の重要な特性をまとめた。

表 4.1.2(4) 拡散時間(P T)指標の特性の概要

特性	記述
定義	セグメントを完遂するのに要するトータル時間
評価のため考慮されるべき 代表的な属性	転用又は生産の最大速さ 貯蔵期間 必要な機器の改造の程度
尺度例	パスウェイを完遂するのに要するトータル時間
セグメントからパスウェイまでの集計法	平行及び連続の活動の適切な集計

核分裂物質のタイプ (MT) 指標

MT指標は、処理セグメント—典型的には金属—によって製造される核分裂性物質のタイプをランク付けする。これは、核爆発物の加工に用いる際の有用性と、拡散国の相対的な優先傾向に基づく。このように、MT指標はパスウェイについてのみ評価され、セグメントについては評価されない。しかし、主要な段階（原文参照）の終わりに MT を報告するに当たっては、MT 指標は重要なものである。例えば、中間結果として、設計者は獲得段階から発生しうる様々なMTについて知りたいかもしれない。

核分裂性物質の性質から発生するある特定の設計上のトレードオフは、拡散国の目標上重要になる分野に影響を及ぼすであろう。すなわち、技術的性能（例えば、収率の信頼性、最初の核実験の成功及び一連の核実験後の性能信頼性の達成の両方において）、核物質の貯蔵能力及び輸送能力(veliberability)などの分野等。

MTと兵器設計の関係に関する詳細な情報は機微であり、PR手法では核物質タイプのおおよそのランク付け(表 2.5)を利用する。このランク付けは、拡散国が最初の2, 3個の兵器を獲得する企図での優先傾向に基づいた相対的なPRを反映するものである。このランク付けは、核爆発物の設計や加工の困難性が非常に低い（非常に低いPRランク）高濃縮ウラン（HEU）のような物質から、低濃縮ウラン（LEU）のように実際的な核爆発物の加工が本質的には不可能（非常に高いPRランク）なものまでである。基本的な範囲は以下の通りである。

- ・非常に低いPR—HEU
- ・低いPR—兵器級プルトニウム (WG-Pu)
- ・中程度のPR—原子炉級プルトニウム (RG-Pu)
- ・高いPR—高燃焼度プルトニウム (DB-Pu)
- ・非常に高いPR—LEU

HEUに対するPRランクが非常に低いのは主として、自発中性子発生率がすべてのプルトニウム組成と比較して、極端に低いことによる。この差は兵器設計を大幅に簡略化し、拡散国は最初の核実験あるいは核兵器の使用において信頼性のある性能を得るという強い自信を与える。

プルトニウムについては、原子炉運転や使用済燃料のリサイクルの条件によって、非常に広い範囲の同位体組成が発生する。。異なるプルトニウム組成の魅力度を分類するための根拠は複雑であり、詳細に提示するには、機微かつ機密になる。ここでは、プルトニウム組成のMTのPRランク付けは U.S. National Research Council on the spent-fuel standard (National Research Council 2000)に基づく。

「全てのカテゴリーの拡散者は、最終的には、合理的な程度に純粋なプルトニウム金属を獲得する能力を得るだろうと仮定するならば、……このカテゴリーでの主要な内的障壁は、プルトニウムの同位体組成がどのくらい兵器級から逸脱しているかに関連する。……」

「……拡散国の場合、我々は『原子炉級プルトニウムからの加工』という障壁を「中程度」の重要性とランク付けしている。そのような国は、可能であれば、同位体組成の逸脱から生じる、核兵器の設計、加工及び保守にかかる負担をおそらく避けたがるであろう。しかし、拡散国は、その国の当初の目的に十分なレベルの兵器性能を達成する形でその負担に対処する能力もおそらく有しているであろう。」

プルトニウムがリサイクルされる場合、同位体組成を更に低品位化することが可能である。MT指標については、このような低品位プルトニウムをDB-Puとしてリスト化しており、これはPu-238濃度が高く、熱発生率が高い。拡散国は、結果としてMT PRランクが比較的低い物質を獲得出来るパスウェイを特定するために、大きな労力を払うと予想される。従って、DB-Puは高いMT PRランクが設定されている。

多くの場合、簡易的なMTランクは、上記におけるMTの定性的議論と共に、パスウェイを比較しランク付けするには十分であろう。そうでないときは、核兵器の設計や加工について専門家の追加的なアドバイスを得るべきである。もし専門家のアドバイスが得られないならば、設計者と解析者は、拡散国のMT指標に対する相対的重要度について、適度に保守的な仮定を適用すべきである。表 4.1.2(5)はMT指標の重要な特性をまとめている。

表 4.1.2(5) 核分裂性物質タイプ(MT)指標の特性の概要

特性	記述
定義	兵器加工用金属の特性
評価のために考慮されるべき 代表的な属性	自発中性子発生率 熱発生率 ガンマ線量 むき出しの球状臨界量
尺度例	無次元のランク分類 (HEU, WG-Pu, RG-Pu, DB-Pu, LEU) ; 物質属性に基づく補間
セグメントからパスウェイ までの集計法	適用不能 (NA)

註) 保障学研究会では、MTに化学的組成の違いを考慮すべきと考えた。すなわち、転用不正使用他で取り出した物質を核兵器に利用する場合、化学的組成の違いが、大きな障壁となりえると考えた。よって、純度の違いを考慮し、濃縮ウラン、プルトニウムが他の元素と有意に混合した状態（そのままの状態では兵器利用できない化学組成）にある場合は、下記の評価を用いた。

核分裂性物質タイプ (MT) 純粋のUまたはPuではなく2元素以上の混合物の状態 尺度例：無次元のランク分類 (HEU, WG-Pu, RG-Pu, DB-Pu, LEU) ; 核物質属性に基づく補間	—	非常に低い
	HEU	低い
	WG-Pu	中程度
	RG-Pu	高い
	DB-Pu, LEU	非常に高い

検出確率 (DP) 指標

DP指標は、パスウェイセグメントで記述される行為が検知される確率を表現している。DPは、(1) パスウェイセグメントの実行で発生する異常を検知する測定、及び、(2) 異常が、合法的で不慮の理由によるものではなく、実際のパスウェイセグメントでの行為で発生していると査定するために実施される測定の結果である。DPは一般に累積確率関数として表現される。しかしながら、もし明確な保障措置のアプローチの情報が利用できなければ、DPは非常に広い不確実性の帯として表現されるであろう。

さらに、種々の隠密戦略がDPに影響するかもしれない。隠密戦略の影響は、戦略を含むパスウェイ解析で決定されるのであって、隠密戦略の影響の仮定に対して任意のDP不確実性を付与しているわけではない。

保障措置は継続的に発展する技術を含んでいる。多数のシステム属性が、保障措置適用の最適アプローチ及び高いDPを与えるその最適アプローチの有効性の両方に影響する。これらのシステム属性の系統的な検討は、「保障措置適用性 (Safeguardability)」(付録D.1) の評価としてなされている。これは、設計者が効果的な保障措置の適用を容易にする設計オプションを選択し、高いDPを付与する保障措置手法の最適な組み合わせを特定するよう導く。

内部核物質転用セグメントを検出するために、物質移動の検知と(転用の)結果としての物質在庫量の変化を検知できるように複数の測定が組み合わせられる。検知の不確実性は三つの要因から起こる。(1) 機器分析の不確実性、(2)故意でない核物質のホールドアップ、事業者の故意でない封印の破損、正当な安全上のあるいはアクセスの制限による、査察の故意でない遅延のような、合理的な原因から来る測定異常の可能性、(3) 実際の施設の構造・配置が保障措置システムの設計中に仮定されたものと同一であることの不確実性、例えば、未申告の貫通箇所が存在したり、新たに施設に付加されたりしている場合等。

内部施設不正使用セグメントを検知するためには、不正使用を検知すべき測定が、セグメントの行為が発生させる異常を検知できるように、調整されなければならない。不正使用の検知における不確実性は、上述の内部物質転用セグメントで列挙したものと同様の要因から発生する。

外部セグメントを検出するための方法は、商業衛星写真や環境サンプリングのようなツールの使用やまた、第三者機関から提供される様々なタイプの情報の利用も含む。それらは、機微又はデュアルユースの装置や技術の購入や移転を監視し検知するための国の輸出管理プログラムからの情報や国の技術的手段(National Technical Means)で集められた情報がある。外部セグメントにおいて、濃縮プラントにおける高周波変換装置のような装置を申告施設から転用する場合、申告施設の中の当該装置の在庫を監視することで検知できるであろう。IAEAは現在隠密活動や施設の検知目標を持たないが、保障措置データベース以外の情報、公開情報及び第三者機関を含む種々の情報源から得られる情報を利用している。

現代の統合保障措置では、異常が検知されるとそれに合わせて査察頻度等保障措置上の検知のためのリソースが増大する。これはより少ない検知リソースで、より高い検知の累積信頼度を提供するものである。同様にして、複数の多様な測定を提供する保障措置アプローチは、パスウェイセグメントで記述された行為を検知でき、DPを増大させ

る。

内部パスウェイセグメントでは、表 4.1.2(1)に示されるDPに対する標準的な尺度スケールはIAEA保障措置クライテリアに含まれ適用可能なIAEA保障措置検知目標(Goal)との比較に基づいている。「中程度」のDPは、使用済燃料及び照射済み物質についてのIAEAの保障措置検知目標に合致する。「高い」DPはHEU及び分離プルトニウムについてのIAEA目標と合致し、「低い」DPは劣化ウラン、天然ウラン、LEUについてのIAEA目標と合致する。

外部パスウェイセグメントについては、そのセグメントが明らかに目に見える、熱的な、あるいは他の痕跡を発していなければ、DPは大きな不確実性を有する。もし検知不確実性が大きく、特に実際のDPが容易には評価できず、表 4.1.2(1)に記載されている尺度スケールでは提示できない場合は、外部セグメントを検知するために利用できる方法の定性的、一般的記述を意思決定者に提供することが有用かもしれない。もし実際のDPが容易に評価できず、表 4.1.2(1)に記載されているような尺度スケールで提示できない場合は特にそうである。表 4.1.2(6)はDP指標の重要な特性をまとめた。

表 4.1.2(6) 探知確率(DP)指標の特性

特性	記述
定義	パスウェイセグメントの検知の累積確率及び信頼度レベル
評価のため考慮されるべき代表的な属性	設計情報検認 (DIV) に重要な属性 レイアウトの透明性 3Dシナリオ復元モデルの使用可能性 運転中の装置に対する目視ができる可能性 施設文書及びデータの包括性 核物質計量に重要な属性 物質痕跡の特異性 放射線痕跡の硬度 パッシブ測定法の適用可能性 アイテム/バルク スループットデータ バッチ/連続プロセス 核物質の熱発生率 封じ込め監視 (C/S) に重要な属性 運転の慣習 自動化の程度 移動アイテムの標準化 目視監視の適用可能性 移動中アイテムの可能な移動ルートの数
尺度例	累積検知確率
セグメントからパスウェイまでの集計法	含まれるセグメントに基づくパスウェイ検知確率の計算 (例えば、パスウェイ探知の確率が $P(d) = 1 - P(nd)$ ここで、パスウェイの非探知確率は $P(nd) = \prod (1 - P_i(d))$ また、探知事象は互いに独立であるという仮定の下で、 $P_i(d)$ は i 番目のセグメントの探知確率である。

探知リソース効率 (DE) 指標

DE指標は、各パスウェイセグメントについて、検知手法を実施するのに要する人工数 [例えば、査察人・日(PDI)] 又はコスト見積もりを合計して評価される。保障措置リソースは論理的な仮定 (例えば、1つの機器が複数のセグメントの検知能力があるかもしれない) を用いて、1つのパスウェイに含まれるすべてのセグメントについて合計される。時間やコストの見積もりは、必然的に、現在受け入れられている保障措置アプローチに基づくが、しかし、予測される保障措置アプローチや保障措置技術の変化 (例えば、リモートモニタリングの使用増加) は、ほとんどの原子力施設の数十年のライフサイクルの全期間にわたって起こり得るということを考慮するべきである。DE指標は、そのシステム要素によって支えられるエネルギー生産のような変数で正規化され、査察にかかる時間またはコスト当たりの正規化変数の比で表される (例えば、PDIあたりのGW_yの単位で)。表 4.1.2(7)はDE指標の枢要な特性をまとめたものである。

表 4.1.2(7) 検知リソース効率(DE)指標の特性の概要

特性	記述
定義	そのセグメントにかかる保障措置の査察に要する時間又はコスト
評価のため考慮されるべき代表的な属性	表 2.10 参照
尺度例	査察人・日 (PDI) (又は査察費用\$) 当りで支えられる発電容量のGW (e) 年 (又は他の規格化変数)
セグメントからパスウェイまでの集計法	全査察時間又は全保障措置コストの集計、支えられる原子力エネルギー生産 [GW (e) 年]のような適切なスケールへの規格化

なお、本研究において、核セキュリティに関しては、抵抗性のインサイダーへの効果についてのみ取り扱うこととし、PPについては、一律に同様のレベルの防護をかけることができると仮定、詳細な検討は省略した。

4.2 再処理技術における抵抗性比較 (略式試評価)

上述のとおり、本研究では、「使用済み燃料再処理」を、核不拡散上、もっとも重みをなすポイントととらえ、いくつかの異なった再処理手法における抵抗性の差異について議論した。対象とする技術は、現時点で開発進捗度の高い技術のみに焦点を置くのではなく、既に提案されている技術についても、今後の技術的ポテンシャルを考慮して検討した。おいて下記の情報をベースに「比較」の対象を選択した。

4.2.1 現在提案されている再処理技術⁸

プロセスの概要

研究開発進捗度が高いものはPUREX法、COEX法、コプロセッシング法であり、

⁸乾式再処理技術を除き、第 28 回原子力委員会資料 1-1 号より転載)

続いて先進湿式法、UREX+法、モノアミド法、乾式再処理であり、基礎領域の研究開発段階にあるものはFLUOREX法、NCP沈殿法、超臨界直接抽出法、イオン交換法、GANEX法である。

【PUREX 法】

PUREX 法は、高除染でウラン及びプルトニウムを個別に回収することを目的に開発された溶媒抽出プロセスであり、抽出剤としてリン酸トリブチル(TBP)を使用する。使用済燃料溶解液よりウラン、プルトニウムを共抽出後、還元剤を用いてウランとプルトニウムを分離し、精製することにより高除染のウラン溶液及びプルトニウム溶液を個別に回収している。軽水炉使用済燃料を対象とした 800tHM/年～1200tHM/年の商業プラントが仏、英、日で稼働中(あるいは稼働目前)であり、技術的に完成度の高い再処理技術である。また、商用再処理プラントを用いて軽水炉 MOX 使用済燃料を再処理した実績を有する。PUREX 法を用いてFBR使用済燃料あるいは軽水炉MOX使用済燃料を含む軽水炉使用済燃料を再処理するに際して、技術の成立性を脅かすような大きな課題は無い。しかし、廃棄物発生量の低減化や経済性向上に係る改善余地が残されており、今後の処理対象燃料の高燃焼度化やMOX利用(プルサーマル利用及びFBR-MOX利用を含む)に伴う、 α 放射能増加による溶媒劣化に係る対策、不溶解残渣の増加に係る対策等について開発課題が残されている。

PUREX 法は、現時点において最も完成度の高い再処理技術であるが、将来、核拡散抵抗性の更なる向上に関する国際的な制約の強化の影響を受ける可能性がある。

【コプロセッシング法】

コプロセッシング法は、ウランの一部を常にプルトニウムに同伴させることにより再処理工程内でプルトニウムを単体で抽出した状態が存在しないようPUREX法を改良した技術であり、PUREX法に比べ核拡散抵抗性を向上させたプロセスである。わが国では、これまでに東海再処理施設(TRP)の小型試験設備(OTL)や高レベル放射性物質研究施設(CPF)において、軽水炉やFBRの実使用済燃料を用いたケミカルフローシート研究や計算コードによるシミュレーション解析が実施されており、コプロセッシング法の技術的成立性は確認されている。プルトニウムに特定割合のウランを安定的に混入させるためには、PUREX法に比べ許容される運転条件(試薬の濃度や供給流量、操作温度等)幅が狭くなることが判っており、工学レベルでのプロセス設計に向けて、運転条件の許容変動幅の把握や、これを可能とするプロセス制御技術の成立性の見極めが、主要な開発課題となる。なお、コプロセッシング法は、廃棄物発生量の低減化や経済性向上等のPUREX法と同等の改善余地や開発課題も併せ持っている。コプロセッシング法は、PUREX法開発を通して得てきたプロセスや機器開発成果を殆ど全て利用可能であり、技術開発に伴うハードルは低く、第二再処理工場用の最も有力な候補プロセスとして開発を進めておくべき技術である。

【先進湿式法】

先進湿式法は、FBR 再処理への適用を想定して開発してきたプロセスで、使用済燃料溶解液へ晶析法を適用することにより低除染でウランを粗回収し、後段の溶媒抽出工程のコンパクト化を図ることにより経済性向上及び廃棄物発生量の低減化を狙ったプロセスであり、後段の溶媒抽出工程ではプルトニウムを単体で抽出せずウラン・プルトニウム・ネプツニウムの共回収(簡素化溶媒抽出法)を行うプロセスである。原理的にプルトニウムを単体で抽出することが困難であることから核拡散抵抗性が高く、また、PUREX 法やコプロセッシング法と同じ試薬を使用していることから、多くのバリエーションが存在する設備共用ケースにおいて、PUREX 法やコプロセッシング法のような進歩の高いプロセスとの間で溶媒洗浄工程やユーティリティー等の共用化を図りやすいという利点も有する。晶析法については、小規模ホット試験によるプロセス開発と工学規模ウラン試験(10t/年)による機器開発が並行して行われているが、小規模ホット試験によるプロセス開発は未だ十分な成果が得られていない。また、簡素化溶媒抽出法については、小規模ホット試験によるプロセス開発を実施中であり、設備のコンパクト化や溶媒劣化の緩和などの利点から簡素化溶媒抽出法での採用を想定している遠心抽出器についても工学規模ウラン試験(50t/年)による機器開発を実施中ではあるが、遠心抽出器開発上重要な不溶解残渣による閉塞事象の機構の解明は不十分である。先進湿式法の核燃料サイクル上での優位性を左右する可能性のある、先進湿式法により回収される低除染ウラン製品やウラン・プルトニウム混合製品の利用方法を含めた核燃料サイクルシステムの有効性・合理性について、再検討しておくことが最優先課題である。この際、特に以下の点に留意する必要がある。すなわち、晶析法で粗回収されるウランの利用方法について、低除染で粗回収されたウランをそのまま FBR 燃料の原料としてリサイクル利用する場合には燃料加工設備のセル内設置・遠隔操作化等が不可欠となり、信頼性担保やコスト増加が惹起される。一方、低除染で粗回収されたウランを後段で精製する場合には溶媒抽出工程のコンパクト化という晶析法のメリットが損なわれる可能性が高い。これらを勘案すると、晶析法により低除染で粗回収されるウラン製品の利用方法を含めた核燃料サイクルシステムの有効性・合理性の再検討または回収ウランを利用しないことの核燃料サイクルシステムとしての合理性検証が極めて重要である。また、晶析法そのものに内在する同法の技術的成立性を左右する可能性のある課題として、不溶解残渣等の微量の固体不純物が含まれる条件下での回収ウランの除染性能の把握や固液ハンドリングを伴う晶析装置の信頼性の確立が重要である。簡素化溶媒抽出法のプロセスについては、PUREX 法において蓄積された技術的知見を利用可能であり、ネプツニウムの共回収率の管理に多少の課題は残るものの解決の見通しは得られている。遠心抽出器等の機器は、開発された機器がプラント全体の保守方式と整合が取られていることが不可欠であることから、機器開発の方向性(保守方式、型式選定等)はプラント全体の保守方式に大きく依存する。このため、プラントの保守方式をまず定量的に評価・確認した上で、遠心抽出器開発の方向性について再評価を行うことが不可欠である。また、上記と

関連し、遠心抽出器に内在する技術的成立性を左右する可能性のある課題である不溶解残渣による詰まり対策等の課題解決が重要である。先進湿式法は、工程のコンパクト化に対する開発効果が大きく、また、核拡散抵抗性も高いプロセスであると考えられる。前述の様に、晶析法は、その技術開発に伴うハードルは高いと考えられ、当面、上述した最優先課題への対応を進め、その成果を基に2010年頃に同法の採否判断が行われることが妥当な技術である。遠心抽出器については、技術開発に伴うハードルも中程度と考えられ、且つ、PUREX法やコプロセッシング法、モノアミド法等の溶媒抽出技術全般に適用可能な技術であることから、開発を継続することが妥当な技術であるが、その際に、上述した再評価を実施することが不可欠な技術である。なお、先進湿式法開発の一環として行われている前処理工程の開発は、他のプロセスが採用された場合でも必要となる要素を多く含んでいることから「研究開発の進め方、役割分担、進捗度の判断等に際して念頭におくべき再処理プロセスの実用化に必要な分野・領域」を念頭においた上で、着実に開発を行う必要がある。

【モノアミド法】

モノアミド法は、TBPに代わる抽出剤としてモノアミド抽出剤を用いた溶媒抽出プロセスである。モノアミド抽出剤はCHON元素から構成されており、廃抽出剤の処理に伴い特別な廃棄物を発生することが無いため廃棄物発生量の低減が見込まれる他、タイプの異なるモノアミド抽出剤を開発することによりウランやプルトニウムに対して多様な選択分離性能を持たせることが可能であり、核拡散抵抗性向上や分離工程の簡素化が期待できる。また、TBPに代わる抽出剤として利用可能なことから、新たな機器開発を要しないという利点を有する。ウラン、プルトニウム、模擬FPを用いた小規模試験を通して、合成した抽出剤の基本性能の評価や分離フローシートの研究を実施している段階にある。有望な抽出剤に対して、今後、ホット環境での性能(分離性能、抽出容量、耐放射線性等)や安定性・安全性、溶媒洗浄法等についての基礎データの取得が必須となる。また、モノアミド法を第二再処理工場で採用するためには、TBP抽出剤との比較において優位性を有する必要があるが、数十年間使い込まれてきたTBPの信頼性を上回るだけのモノアミド法の利点を定量的に示すことが、今後の重要な課題である。以上から、モノアミド法の技術開発に伴うハードルは高いと考えられるが、技術開発課題は溶媒開発に絞られ、新たな機器開発を要さないことから、多額の開発投資は不要であり、潜在的な可能性を考慮すると、第二再処理工場の候補技術(候補溶媒)として、小規模試験の積み重ねによる基礎的な研究開発を着実に進めるべき技術である。

【FLUOREX法】

FLUOREX法は、使用済燃料をせん断し、燃料部分を粉体化した後、高温でフッ素ガスと反応させ、ウランは高除染のUF₆として回収、プルトニウムやFP及び残留ウランは酸化物に再転換後、溶解し、溶媒抽出工程にてウラン・プルトニウムの共回収を行うプロセスである。高速処理の可能なフッ化工程で大

部分のウランを分離することにより後段の溶媒抽出工程のコンパクト化を狙った技術であり、ウランが UF6 として回収されることから再濃縮利用に適していること、プルトニウム/ウラン比の異なる多様な燃料に対してもフッ化工程でのウラン回収率の制御を通してウラン・プルトニウム製品側のプルトニウム/ウラン比を制御可能であること等の利点も期待される再処理技術である。ウラン、プルトニウム及び使用済燃料を用いた小規模フッ化試験や小規模の酸化物転換に係る模擬試験等を通して化学プロセスの成立性を見極めていく段階にある。

FLUOREX 法は、フッ化プロセスと湿式プロセスを組み合わせたものであり工程が複雑であると考えられることから経済性の立証が最優先課題であり、その他に、使用済燃料の脱被覆・粉体化处理装置の開発や粉体取り扱い技術の確立、回収 UF6 の高除染化に伴う核種挙動の把握(回収 UF6 の除染係数の把握)、湿式工程へのフッ素混入に伴う材料腐食への影響評価等の技術的成立性を左右する可能性のある開発課題の解決が優先課題である。また、ウラン、プルトニウム、FP のフッ化挙動把握やフッ化残渣のフッ化炉からの抜き出し性の確認、フッ素含有廃棄物処理への対応等に関する技術的課題解決も重要である。さらに、回収ウランを UF6 として回収することの優位性について、回収ウランの再濃縮需要の観点から再評価することも重要である。以上から、FLUOREX 法の技術開発に伴うハードルは非常に高いと考えられ、また、国内で工学規模のホット試験を実施できる施設が無いことからホット試験の実施を海外機関に依存している事を考慮すると、第二再処理工場の設計が開始されると目される頃までに、上述の重要な課題解決が見通せる段階に至ることは簡単ではないと予想され、今後の研究開発成果を踏まえて 2010 年頃に、以降の開発規模やその継続の是非を再評価すべき技術である。

【NCP 沈殿法】

NCP 沈殿法は、FBR 再処理への適用を想定した低除染プロセスであり、使用済燃料溶解液にウラン選択性の高い沈殿剤を加え、大部分のウランを沈殿分離(粗分離)した後、次にウラン・プルトニウム選択性の高い沈殿剤を加えることによりウラン・プルトニウム沈殿を生成させ、各沈殿物を焼成することによりペレット燃料化するプロセスである。高選択・制御性沈殿剤の組合せ適用により工程の合理化が図られること、沈殿剤の添加量でプルトニウム富化度を調整可能なこと、沈殿剤は CHON 元素で構成されており焼成により二次廃棄物を発生しないこと等の利点が期待される。ウラン、プルトニウム、模擬 FP を用いた小規模沈殿試験等を通して化学プロセスの成立性についての確認や、工学規模の沈殿槽を用いたウラン沈殿物生成試験、実機相当の遠心分離装置を用いた沈殿物分離試験等が行われている段階にある。今後、沈殿操作時における廃液側へのウラン、プルトニウムの移行率の把握(ウラン、プルトニウムの回収率の把握を含む)や、固液ハンドリングを伴う沈殿装置の信頼性や耐久性、保守性の確立、沈殿物の酸化ばい焼後の炭素含有率の低減等の技術的成立性を左右する可能性のある開発課題の解決が最優先課題であり、また、除染性能向上策の検討や沈殿による配管等の閉塞への対応等に関する課

題解決も重要である。以上から、NCP 沈殿法の技術開発に伴うハードルは非常に高いと考えられ、その分離原理から回収ウランやウラン・プルトニウムの高除染化が望めないプロセスであり、NCP 沈殿法を採用するためには燃料加工工程のセル内設置・遠隔操作化が前提となる。したがって、NCP 沈殿法の開発は、燃料加工工程の開発と整合性を取りつつ進める必要があり、当面、化学プロセスの成立性に係る開発を中心に進め、NCP 沈殿法に係る今後の研究開発成果と燃料加工工程の開発状況を踏まえて 2010 年頃に、以降の開発規模やその継続の是非を再評価すべき技術である。

【超臨界直接抽出法】

超臨界直接抽出法は、せん断・粉化した使用済燃料を充填した直接抽出塔に、TBP 硝酸錯体を超臨界 CO₂ に溶解させ通気し、燃料中のウラン、プルトニウム、MA を高圧状態で直接抽出し、MA 洗浄塔を経て、ウラン・プルトニウム逆抽出塔でウラン・プルトニウム・ネプツニウムを得るプロセスである。固体の状態から直接ウラン・プルトニウムを抽出し FP を分離することから抽出工程の大幅な簡素化が図られること、抽出残渣を最小限の硝酸で溶解し高レベル廃液とすることから廃液濃縮設備が簡素化されること、既に MA 分離機能を一部内在しており本格的な MA 回収プロセスへの発展が容易であること等の利点が期待される再処理技術である。ウラン、プルトニウム及び使用済燃料を用いた小規模抽出試験や高圧シールバルブの工学規模試作品を用いたシール特性試験等を通して化学プロセスの成立性を見極めている段階にある。使用済燃料の脱被覆・粉体化处理装置の開発や粉体取り扱い技術の確立、使用済燃料の粉体(固体粒子)を取り扱う条件下で使用される高圧シールバルブの開発等の技術的成立性を左右する可能性のある開発課題の解決が最優先課題であり、その他に超臨界直接抽出性能(除染性能等)やその抽出メカニズムの解明、高圧使用条件下における安全性評価等に関する課題解決が重要である。超臨界直接抽出法は、その開発に成功すれば工程の大幅な簡素化が期待されるものであるが、前述の様に技術開発に伴うハードルは非常に高いと考えられ、今後の研究開発成果を踏まえて 2010 年頃に、以降の開発規模やその継続の是非を再評価すべき技術である。

【イオン交換法】

イオン交換法は、使用済燃料溶解液より、イオン交換樹脂にてウラン・プルトニウム及び FP を分離するプロセスであり、プロセス全体をコンパクトにできる可能性を有している。ウラン、プルトニウム及び使用済燃料を用いた小規模分離試験等を通して化学プロセスの成立性についての確認試験が過去に行われている。実用化に向けては、樹脂と硝酸の反応等による火災・爆発に係る安全性の確認のほか、溶解液中のスラッジによるイオン交換塔の閉塞対策や分離処理の際の溶離液切り替え時のクロスコンタミ対策等の技術的成立性を左右する可能性のある開発課題の解決が最優先課題である。以上から、イオン交換法の技術開発に伴うハードルは非常に高いと考えられ、また、現在、開発主体が不在であり、実用化に向けた技術開発の見通しも不透明であ

り、現時点においてイオン交換法の開発を再開することが現実的な選択とは考えられない。

【COEX 法】

核拡散抵抗性向上を目的に、仏国 AREVA/GEA にて開発中の再処理技術であり、ウラン・プルトニウム混合溶液の酸化物への転換にシュウ酸沈殿法を用いているものの分離工程についてはコプロセッシング法と同様と推定される。仏国において小型パルスカラムを使ったホット試験を実施済みだが詳細は不明である。

【UREX+法】

社会的要求の変化に対応できる融通性をもった再処理技術として米国 DOE/ANL にて開発中であり、使用済燃料溶解液に AHA (アセトヒドロキサム酸) を加えウランのみを TBP にて溶媒抽出した後、残った溶解液から溶媒抽出によりプルトニウム・ネプツニウムを回収するとともに、多様な試薬等を使用し、長寿命 FP や発熱性 FP 及び TRU 元素を分離回収するプロセスである。米国において小型遠心抽出器を使ったホット試験を実施中である。

【GANEX 法】

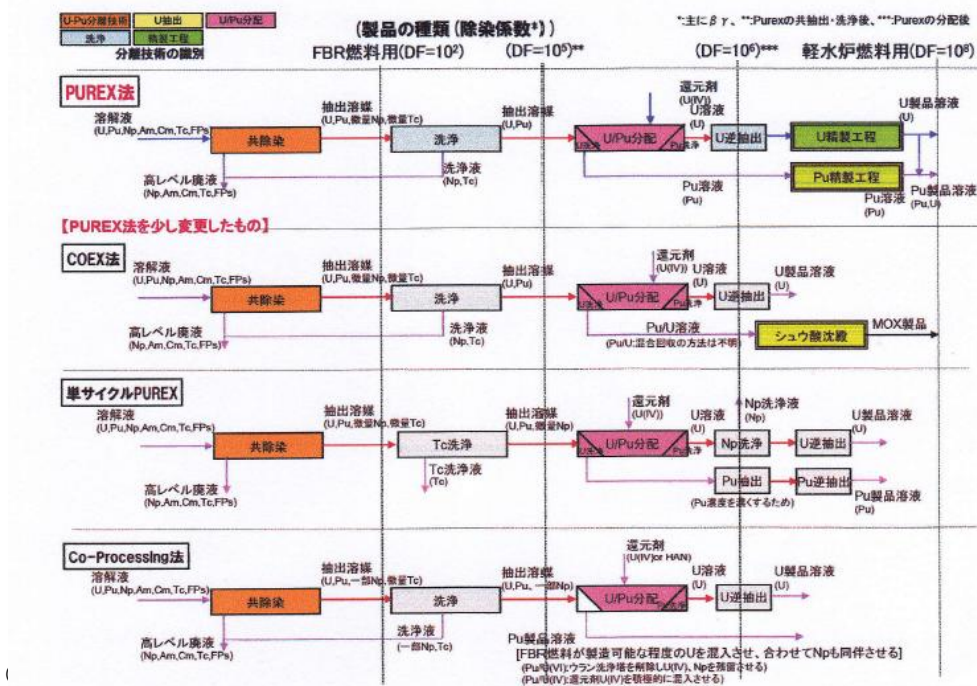
仏国 GEA にて開発中の再処理技術であり、モノアミドを用いた溶媒抽出法により大部分のウランを分離した後、ウラン・プルトニウム・MA の一括回収を目指したプロセスである。一括回収に係る具体的方法 (選定溶媒) や開発状況の詳細は不明である。海外技術については、継続して情報収集、文献調査を実施していくことが必要である。

【乾式再処理 (パイロプロセス)】⁹

乾式再処理技術 (金属電解法) は、金属の精錬技術を応用したもので、工程が単純で高い経済性が期待されると共に、核拡散抵抗性、環境負荷低減の観点から優れた可能性を有している。(以下1例) 金属燃料の場合は、使用済燃料せん断片からボンドナトリウム (Na) を除去した後、電解精製工程へ移送する。酸化物燃料の場合は、脱被覆工程においてせん断ピンから被覆管を除去した後、Li 還元工程において塩化リチウム (LiCl) 溶融塩中で金属リチウム (Li) により、金属へ還元する。こうして得られたアクチニド元素を含む金属は、電解精製工程において、塩化リチウム-塩化カリウム (LiCl-KCl) 溶融塩中で溶解し、固体陰極あるいは液体カドミウム (Cd) 陰極でアクチニド元素を核分裂生成物から分離して回収する。回収したアクチニド元素には、溶融塩や液体カドミウムといった溶媒が付着しているため、陰極処理工程において付着物を高温で蒸留分離する。陰極処理で得られたアクチニド金属はそのまま金属燃料のための再処理製品となる。酸化物燃料とする場合は、酸

⁹明珍 宗孝 青瀬 晋一乾式再処理技術開発における要素技術開発の現状サイクル機構
技報 No. 24 別冊 2004.11

化処理を行い再処理製品とする。一方、電解精製工程等の使用済み溶融塩には多くの核分裂生成物が含まれるため、定期的に塩リサイクル処理（パイロコンタクタによる超ウラン元素回収及びゼオライトカラムによる核分裂生成物除去）を行い、溶融塩を再生する。



(電力中央研究所・107014FBR 移行期サイクルに適した再処理プロセス技術の調査と開発方針の検討)

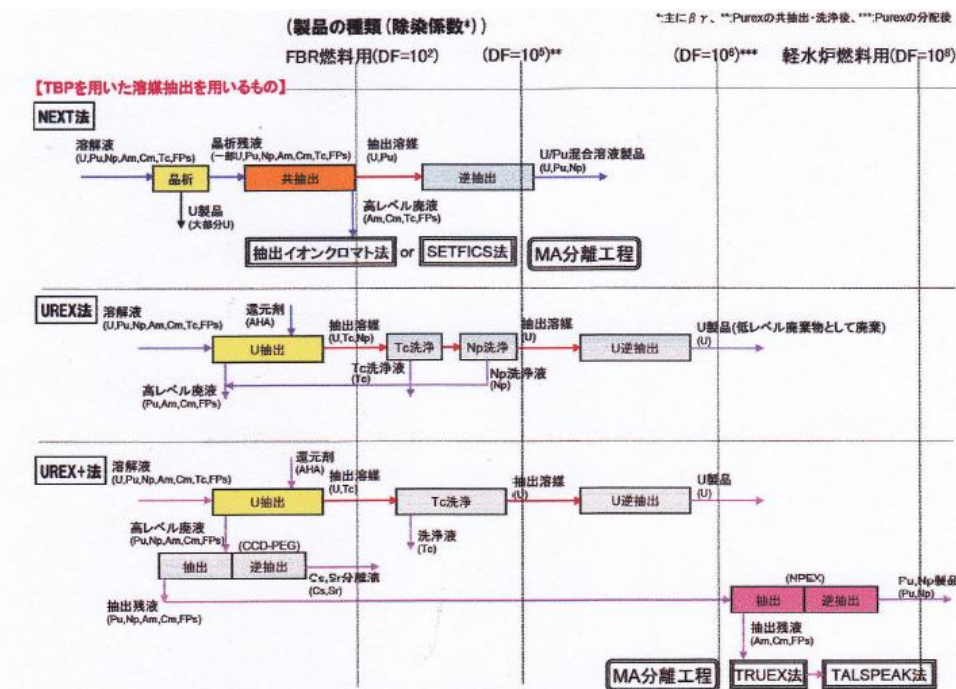


図2 調査した再処理プロセス(その2)

(電力中央研究所・107014FBR 移行期サイクルに適した再処理プロセス技術の調査と開発方針の検討)

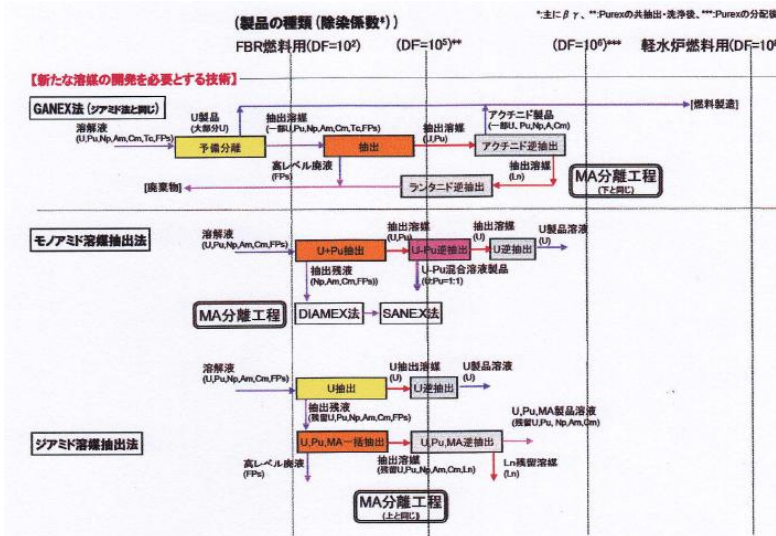


図3 調査した再処理プロセス(その3)

(電力中央研究所：L07014FBR 移行期サイクルに適した再処理プロセス技術の調査と開発方針の検討)

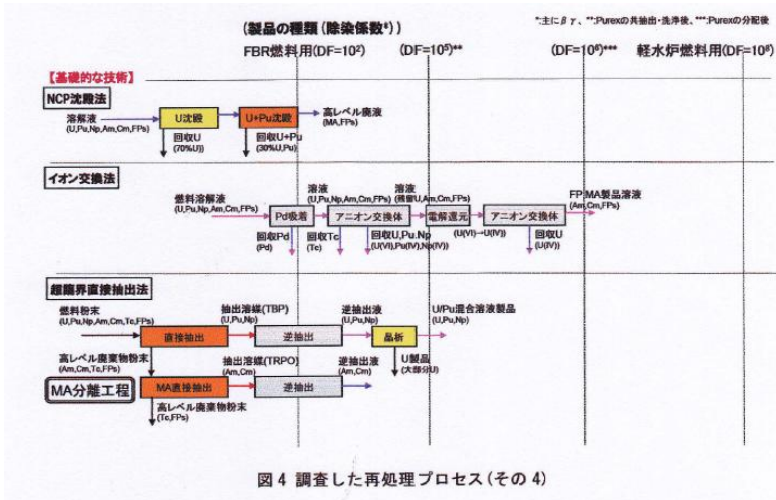


図4 調査した再処理プロセス(その4)

(電力中央研究所：L07014FBR 移行期サイクルに適した再処理プロセス技術の調査と開発方針の検討)

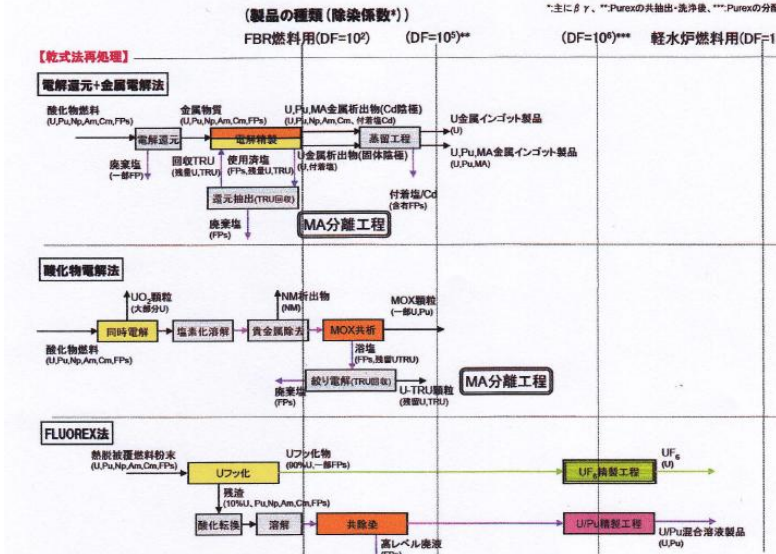


図5 調査した再処理プロセス(その5)

(電力中央研究所：L07014FBR 移行期サイクルに適した再処理プロセス技術の調査と開発方針の検討)

4.2.2 核拡散抵抗性の評価-基準

前記の第28回原子力委員会資料1-1号（5社協議資料）において「核拡散抵抗性については下記の表記がなされている。

世界で唯一の非核兵器国で商業用再処理施設を有する我が国に対する信頼性を維持し、FBR路線を維持してゆくために、核拡散抵抗性に関し我が国自らが世界をリードすることが不可欠であり、このためには、核拡散抵抗性の考え方、具体的評価方策を体系的に用意することが必要である。すなわち、「核拡散抵抗性」を抽象的な概念に止めず、少なくとも技術的に何を担保しておけば、どの程度の核拡散抵抗性を確保することが可能かを定量的に整理し、核燃料サイクルコスト及び技術開発の難易度を、抽象的な言葉だけの核拡散抵抗性の向上と混乱して議論することのないよう努めるべきであり、原子炉及び再処理・燃料加工技術の開発者と核不拡散の専門家の連携した取り組みが必要である。再処理プロセスの選定に際しても、プロセスが持つ固有の当該性格を技術的かつ定量的に評価する必要がある。

再処理は、燃料サイクルの1要素技術であり、本来、燃料サイクル全体の抵抗性を議論する場合、再処理技術Aが、燃料サイクルBにおいてどのような位置づけにあるかという観点からの評価が必要である。しかし、ここでは、まず個々の技術を、単純に独立してとりあげ評価し、サイクル全体での評価は別途行うこととする。

再処理技術は、他の技術と異なり、小規模な施設を有すれば、有意量のPuを回収することは比較的容易である。しかし、本検討においては、当初から秘密裏施設を保有し、別途分離回収するというケースについては、「抵抗性限界」の議論で扱うこととし、考慮にいれないこととする。本技術比較では、商用規模で導入するケースを対象に抵抗性の強弱を論ずるものである

実際の設計において脆弱なポイントが生じる可能性または設計により強固な抵抗性（不正使用がより困難な状況、例えば故意的に抽出段数を変えることにより不正に純粋なPuの逆抽出-回収を困難にするなど）を持たせる事が可能であるが、ここでは、抵抗性上の特殊な設計は考慮にいれずに一般的な設計が実施されるという前提にて検討する。

以下、各再処理技術それぞれについて、4つの脅威、転用、不正使用、脱退、非国家主体（テロリスト等）によるアタック（内部脅威）に対し評価するが、その場合、導入される保障措置のレベルに従い、次の3つのランク、すなわち保障措置（包括的保障措置協定=CSA+追加議定書=AP）レベルであり、特に当事国が統合保障措置（IS）下にある場合、または保障措置がCSAのみの場合、まったく保障措置の掛かっていない場合にわけ評価をおこなった。

ただし、再処理技術の違いにより適用できる計量管理や保障措置検知技術は異なるが、現在可能な範囲の技術の適用を仮定し評価することとする（現技術の僅かな改良にて対応できるものは想定に含めるが、斬新な技術開発を要するものは想定に含めない）。

[概略的な判断の基準]

技術的困難性 (TD) について；TD については、保障措置のレベルから独立した技術的障壁の程度として評価する。また「転用」が対象の場合、(不正使用ではないため) 単に物質の取り出し(抜き取り)の容易さを議論することになり、よって、その場合は、各技術における脆弱部(プロダクト系)の除染係数が結果の判断に寄与する。下記の既存の研究(電力中央研究所：L07014FBR 移行期サイクルに適した再処理プロセス技術の調査と開発方針の検討)を参考に判定を行った。「不正使用」については、Pu 不正な分離の可否、不適切なプロセスへの移送可否などで判断する。「脱退」については、脱退が生じた時点での公然転用と公然不正使用それぞれについて評価する。「テロリスト(インサイダー)」については、内部に潜入し得ることは、「転用」までと仮定し、システムの「不正使用」はないと仮定する。

拡散コスト (PC) について；Pu の抜き取りにかかるコスト(転用)、単独分離のコスト(不正使用)、などから判断する。

拡散時間 (PT) について；分離、金属への転換、兵器化という3つの観点から判断。分離については、扱うプルトニウムがピュアなケース(不正使用によるケースを含む)、Pu+U の混合、Pu+U+MA (FP) などにわけ検討する。また金属への転換、兵器化については、上記の CSA+AP の保障措置レベルにおいては、秘密裡施設は存在しないという仮定が成立するため、PT は、脱退時のみ、その時点からの設備設置となる。脱退以外の場合では、DP が高くなり、PT は非常に高い(長時間)と設定することができる。CSA のみの場合、保障措置なしの場合は、秘密裡施設保有可で検討を行うことができる。

検知確率 (DP) について；上述のとおり、CSA+AP (国家が IS 下の状況)、CSA のみの状態、CSA なしの状態の3ランクで判断

物質タイプ (MT) について；扱う Pu 同位体が兵器グレード(WG)か原子炉グレード(RG)、また Pu の化学的状态(単独、他との混合)によって判断する。TD と同様、保障措置のレベルから独立した技術的障壁の程度として評価する。ただし、MT が保障措置に影響する場合は、DP にて考慮する。

検出効率 (DE)；CSA+AP: 中程度、CSA のみ：低、CSA なし：NA とした。

5. 評価結果

【PUREX 法】

ケース: PUREX-1-1

脅威: **転用**

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu 精製工程からの Pu の抜き取り、U/Pu 混合直前の貯槽からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu 精製サイクルプロダクト系からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取りなど、または、または、U/Pu 混合直前の貯槽からの Pu の抜き取り。ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム)

TD: 非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる)。

PC: 非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるレベルであるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 中程度 (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造となる。しかしながら当時国 (IS 下) は金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を秘密裡に実施することを試みる必要があるため、年単位の期間を要することになる)

DP: 非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況においては転用は非常に困難)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

DE: 高い (CSA+AP, 国家が IS 下で検出容易)

ケース: PUREX-1-2

脅威: **転用**

制度環境: 包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu 精製工程からの Pu の抜き取り、U/Pu 混合直前の貯槽からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu 精製サイクルプロダクト系からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取りなど、または、U/Pu 混合直前の貯槽からの Pu の抜き取り。ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム)

TD: 非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる)。

PC: 非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるレベルであるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属への転換時間のみとなる。当時国は金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裡に準備することが可能であるため、1 年未満での実現が可能と考えられる)

DP: 中程度 (CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の使用は検認できないため不十分)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

DE: 中程度 (CSA、適度に検地可)

ケース: PUREX-1-3

脅威: 転用

制度環境: 保障措置なし

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu 精製工程からの Pu の抜き取り、U/Pu 混合直前の貯槽からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu 精製サイクルプロダクト系からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取りなど、または、U/Pu 混合直前の貯槽からの Pu の抜き取り。ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム)

TD: 非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる)。

PC: 非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるレベルであるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 非常に低い (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる、抜き取りも、転換施設保有も極めて容易であり、当時国は抜き取り開始に先立ち、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる)

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

DE: NA

ケース: PUREX-2-1

脅威: **不正使用**

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なポイントは、PUREX の場合は、U/Pu 混合転換 (酸化物への) 工程における Pu の単独転換と考えられる。

ターゲット・パスウエー: U/Pu 混合転換における PuN の単独転換。PuO₂ として Pu を抜き取る。ターゲット物質: PuO₂

TD: 非常に低い (U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、不正使用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる)。

PC: 非常に低い (U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、不正使用に際しての拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 中程度 (抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしながら当時国は金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。当時国 (IS 下) は金属への転換施設を PT は、それらの準備等を秘密裡に実施することを試みる必要があるため、年単位の期間を要することになる)

DP: 非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況においては不正使用は非常に困難)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: 高い (CSA+AP, 国家が IS 下で検出容易)

ケース: PUREX-2-2

脅威: **不正使用**

制度環境: 包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なポイントは、PUREX の場合は、U/Pu 混合転換 (酸化物への) 工程における Pu の単独転換と考えられる。

ターゲット・パスウエー: U/Pu 混合転換における PuN の単独転換。PuO₂ とし

て Pu を抜き取る。ターゲット物質：PuO₂

TD：非常に低い（U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、不正使用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる）。

PC：非常に低い（U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、不正使用に際しての拡散者が要するコストは非常に低いものとなる）

PT：低い（抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。当時国は金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裡に準備することが可能であるため、1 年未満での実現が可能と考えられる）

DP：中程度（CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した不正使用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分）

MT-1：低い（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物資は純粋な WG の Pu（PuO₂）であるが、酸化物系から金属への転換が要）

MT-2：中程度（軽水炉燃料：抜き取られる物資は純粋な RG の Pu（PuO₂）であるが、酸化物系から金属への転換が要）

DE：中程度（CSA、適度に検地可）

ケース：PUREX-2-3

脅威：不正使用

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なポイントは、PUREX の場合は、U/Pu 混合転換（酸化物への）工程における Pu の単独転換と考えられる。

ターゲット・パスウエー：U/Pu 混合転換における PuN の単独転換。PuO₂ として Pu を抜き取る。ターゲット物質：PuO₂

TD：非常に低い（U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、不正使用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる）。

PC：非常に低い（U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、不正使用に際しての拡散者が要するコストは非常に低いものとなる）

PT：非常に低い（抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。抜き取りも、転換施設保有も極めて容易であり、当時国は抜き取り開始に先立ち、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる）

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: NA

ケース: PUREX-3-1

脅威: **脱退** (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境: 公然転用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu 精製工程からの Pu の抜き取り、U/Pu 混合直前の貯槽からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu 精製サイクルプロダクト系からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取りなど、または、または、U/Pu 混合直前の貯槽からの Pu の抜き取り。ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム)

TD: 非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。公然転用でありその他の妨害となる要因はない)。

PC: 非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるレベルであるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。公然転用であり、遅延となる要因はないが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる)

DP: 非常に低い (公然転用であり、検知は不可能)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

DE: NA (公然転用であるため対象外)

ケース: PUREX-3-2

脅威: **脱退** (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境: 公然不正使用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なポイントは、PUREX の場合は、U/Pu 混合転換 (酸化物への) 工程にお

ける Pu の単独転換と考えられる。

ターゲット・パスウエー：U/Pu 混合転換における PuN の単独転換。PuO₂ として Pu を抜き取る。ターゲット物質：PuO₂

TD：非常に低い（U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、不正使用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。公然転用でありその他の妨害となる要因はない）。

PC：非常に低い（U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、不正使用に際しての拡散者が要するコストは非常に低いものとなる）

PT：低い（抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。公然転用であり、遅延となる要因はないが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる）

DP：非常に低い（公然転用であり、検知は不可能）

MT-1：低い（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要）

MT-2：中程度（軽水炉燃料：抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要）

DE：NA（公然転用であるため対象外）

ケース：PUREX-4-1

脅威：「テロリスト（インサイダー）」への抵抗性評価

制度環境：高いレベルの保障措置下（CSA+AP（国家が IS 下））

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者（インサイダー）に魅力があり不正使用上脆弱なポイントは、PUREX の場合は、PuN の転用（抜き取り）、および U/Pu 混合転換（酸化物への）工程不正使用における Pu の単独転換と転用（抜き取り）と考えられる。

ターゲット・パスウエー：Pu 精製サイクルプロダクト系からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り、U/Pu 混合直前の貯槽からの Pu の抜き取り、U/Pu 混合転換における PuN の単独転換。PuO₂ として Pu を、内部関係者の協力で抜き取る。

ターゲット物質：PuN（硝酸プルトニウム）および PuO₂

TD：非常に低い（Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。また（U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、不正使用に際しての技術的障壁は非

常に小さいものとなる。インサイダーの誘導によるものであり容易)。

PC:非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるレベルであるため、拡散者が要するコストは低いものとなる。U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、不正使用に際しての拡散者が要するコストは非常に低いものとなる。インサイダーの誘導によるものであり容易)

PT:中程度 (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、IS 下において非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することは、極めて困難：仮に成功しても兵器取得までに長期の時間を要する)

DP:非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況においては転用・不正使用は非常に困難)

MT-1:低い(高速炉ブランケット燃料:抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuN または PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

MT-2:中程度 (軽水炉燃料:抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN または PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE:高い (CSA+AP, 国家が IS 下で検出容易)

ケース:PUREX-4-2

脅威:「テロリスト (インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境:包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なポイントは、PUREX の場合は、U/Pu 混合転換 (酸化物への) 工程における Pu の単独転換と考えられる。

ターゲット・パスウエー: Pu 精製サイクルプロダクト系からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り、U/Pu 混合直前の貯槽からの Pu の抜き取り、U/Pu 混合転換における PuN の単独転換。PuO₂ として Pu を、内部関係者の協力で抜き取る。

ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム) および PuO₂

TD:非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。また (U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、不正使用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。インサイダーの誘導によるものであり容易)。

PC:非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるレベルであるため、拡散者が要するコストは低いものとなる。U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、

単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、不正使用に際しての拡散者が要するコストは非常に低いものとなる。インサイダーの誘導によるものであり容易)

PT: 低い（抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) または PuO₂ であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する)

DP: 中程度 (CSA-計量管理等により検知可、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuN または PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN または PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: 中程度 (CSA、適度に検知可)

ケース: PUREX-4-3

脅威: 「テロリスト (インサイダー)」 への抵抗性評価

制度環境: 保障措置なし

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なポイントは、PUREX の場合は、U/Pu 混合転換 (酸化物への) 工程における Pu の単独転換と考えられる。

ターゲット・パスウエー: Pu 精製サイクルプロダクト系からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り、U/Pu 混合直前の貯槽からの Pu の抜き取り、U/Pu 混合転換における PuN の単独転換。PuO₂ として Pu を、内部関係者の協力で抜き取る。

ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム) および PuO₂

TD: 非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。また (U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、不正使用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。インサイダーの誘導によるものであり容易)。

PC: 非常に低い (Pu 精製工程では、Pu は PuN として単離され、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるレベルであるため、拡散者が要するコストは低いものとなる。U/Pu 混合転換における PuN の単独転換は、単に UNH の供給を停止するのみで可。一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、不正使用に際しての拡散者が要するコストは低いものとなる。インサイダーの誘導によるものであり容易)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) または PuO₂ であり、硝酸系

から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する))

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし、計量管理もないため検知は機能しない)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuN または PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN または PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: NA (保障措置検知能なし)

【コプロセッシング法】 【COEX 法】

ケース: COPRO-1-1

脅威: 転用

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (GSA+AP (国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U (Np) の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U (Np) の抜き取り、少量分割抜き取りなど。ターゲット物質: UNH および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD: 非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う)。

PC: 非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 高い (抜き取られる物資は純粋な Pu-U (Np) 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国 (IS 下) は、別の分離施設、金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裡に実施することを試みる必要があるため、長期 (10 年単位) の時間を要することになる)

DP: 非常に高い (GSA+AP, 国家が IS 下の状況において転用は非常に困難)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH,

UOx)等との混合物であり、そこからPuの分離、硝酸Puから金属への転換が要)

DE:高い (CSA+AP, 国家がIS下で検知容易)

ケース: COPRO-1-2

脅威: **転用**

制度環境: 包括的保障措置 (CSAのみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出されたPu-U (Np)の精製工程、脱硝工程、いずれかからのPu (主にUとの混合物として)の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系からのPu-U (Np)の抜き取り、少量分割抜き取りなど。ターゲット物質: UNH および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD: 非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋なPuではないため抵抗性はPUREXに比べ高い。これについては、TDではなくMTにて扱う)。

PC: 非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 中程度 (抜き取られる物資は純粋なPu-U (Np) 等混合物であり、要する時間は、Puの分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるため (CSA下では可能)、年単位の時間を要することになる)

DP: 中程度 (CSA、ただし、CSA下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質からのPuの分離、さらに同Puの金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RGのPu (PuN, PuO₂)のU (UNH, UOx)等との混合物であり、そこからPuの分離、硝酸Puから金属への転換が要)

DE: 中程度 (CSA、適度に検出可)

ケース: COPRO-1-3

脅威: **転用**

制度環境: 保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U (Np) の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U (Np) の抜き取り、少量分割抜き取りなど。ターゲット物質：UNH および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD：非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う)。

PC：非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT：低い (抜き取られる物資は純粋な Pu-U (Np) 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるが、当時国は抜き取り開始に先立ち、分離施設、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後比較的短期での実現が可能と考えられる)

DP：非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1：高い (高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要)

MT-2：高い (軽水炉燃料：抜き取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE：NA

ケース：COPRO-2-1

脅威：不正使用

制度環境：高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U (Np) の共抽出・精製工程 (Pu の不正単離) ・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-U (Np) 共抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。ターゲット物質：PuN (硝酸プルトニウム) および Pu 酸化物

TD：中程度 (U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、

酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セルで扱うことが出来るが、不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる。

PC:低い (U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための、酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い)

PT:中程度 (抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしながら当時国は金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裡に実施することを試みる必要があるため、長期 (10 年単位) の時間を要することになる)

DP:非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況においては不正使用は非常に困難)

MT-1:中程度 (高速炉ブランケット燃料:抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。不正使用により純粋な RG の PuO₂ が得られるが、酸化物系から金属への転換が要)

MT-2:中程度 (軽水炉燃料:抜き取られる物資は純粋な RG の PuO₂ であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE:高い (CSA+AP, 国家が IS 下で、検出容易)

ケース: COPRO-2-2

脅威: **不正使用**

制度環境: 包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U (Np) の共抽出・精製工程 (Pu の不正単離) ・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-U (Np) 共抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム) および Pu 酸化物

TD: 中程度 (U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セルで扱うことが出来るが、不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる)。

PC:低い (U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための、酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い)

PT: 中程度 (抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。当時国は金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裡に準備することが可能であるため、1 年未満での実現が可能と考えられる)

DP: 中程度 (CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した不正使用

や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分)

MT-1: 中程度 (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。不正使用により純粋な RG の PuO_2 が得られるが、酸化物系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の PuO_2 であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: 中程度 (CSA、適度に検出可)

ケース: COPRO-2-3

脅威: **不正使用**

制度環境: 保障措置なし

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U (Np) の共抽出・精製工程 (Pu の不正単離) ・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-U (Np) 共抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム) および Pu 酸化物

TD: 中程度 (U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セルで扱うことが出来るが、不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる)。

PC: 低い (U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための、酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い)

PT: 非常に低い (抜き取られる物資は PuO_2 であり、分離および金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。抜き取りも、転換施設保有も極めて容易であり、当時国は抜き取り開始に先立ち、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる)

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアとの混合が成されないと仮定できる。すなわち WG の Pu が取り出されるため Pu の金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の PuO_2 であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: NA

ケース: COPRO-3-1

脅威: **脱退** (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境: 公然転用

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり公然転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U (Np) の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U (Np) の抜き取り、少量分割抜き取りなど。ターゲット物質：UNH および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD：非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、公然転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う)。

PC：非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT：低い (抜き取られる物資は純粋な Pu-U (Np) 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設をもつ必要があるが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる)

DP：非常に低い (公然転用であり、検知は不可能)

MT-1：高い (高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要)

MT-2：高い (軽水炉燃料：抜き取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE：NA (公然転用であるため対象外)

ケース：COPRO-3-2

脅威：脱退 (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境：公然不正使用

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり公然不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U (Np) の共抽出・精製工程 (Pu の不正単離) ・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-U (Np) 共抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。ターゲット物質：PuN (硝酸プルトニウム) および Pu 酸化物

TD：中程度 (U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セ

ルで扱うことが出来るが、公然不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる）。

PC:低い (U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための、酸化還元剤の公然不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。公然転用であり、遅延となる要因はないが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる)

DP: 非常に低い (公然転用であり、検知は不可能)

MT-1:低い (高速炉ブランケット燃料:抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアとの混合が成されないと仮定できる。すなわち WG の Pu が取り出されるため Pu の金属への転換が要)

MT-2:中程度 (軽水炉燃料:抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: NA (公然転用であるため対象外)

ケース:COPRO-4-1

脅威:「テロリスト (インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境:高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析:想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり、転用として共抽出された Pu-U (Np) の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー:Pu-U (Np) 共抽出・精製工程系からの Pu (主に U との混合物として) の抜き取り。

ターゲット物質: UNH および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD:非常に低い: (Pu-U (Np) 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。

PC:非常に低い (Pu-U (Np) 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT:中程度 (抜き取られる物資は純粋な Pu-U (Np) 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、IS 下において非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することは、極めて困難:仮に成功しても兵器取得

までに長期の時間を要する)

DP: 非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況において転用は非常に困難)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物質は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE: 高い (CSA+AP, 国家が IS 下で検出容易)

ケース: COPRO-4-2

脅威: 「テロリスト (インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境: 包括的保障措施 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり、転用として共抽出された Pu-U (Np) の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-U (Np) 共抽出・精製工程系からの Pu (主に U との混合物として) の抜き取り。

ターゲット物質: UNH および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD: 非常に低い: (Pu-U (Np) 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。

PC: 非常に低い (Pu-U (Np) 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 低い (抜き取られる物質は純粋な Pu-U (Np) 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する)

DP: 中程度 (CSA-計量管理等により検知可、ただし、CSA 下での保障措施検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物質は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が

要)

DE: 中程度 (CSA、適度に検出可)

ケース: COPRO-4-3

脅威: 「テロリスト (インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境: 保障措置なし

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり、転用として共抽出された Pu-U (Np) の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-U (Np) 共抽出・精製工程系からの Pu (主に U との混合物として) の抜き取り。

ターゲット物質: UNH および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD: 非常に低い: (Pu-U (Np) 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。

PC: 非常に低い (Pu-U (Np) 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な Pu-U (Np) 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する)

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし、計量管理もないため検知は機能しない)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE: NA (保障措置検知能なし)

【先進湿式法】

方式	先進湿式法		
脅威	転用		
ケース	先進湿式-1-1	先進湿式-1-2	先進湿式-1-3
制度環境	CSA+AP (国家が IS 下)	CSA のみ	SG なし
経路解析	想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U(Np)に回収 MA を再混合する直前の工程において、Pu(主に U との混合物として)の抜き取りを対象とする		
ターゲット・パスウェー	Pu-U(Np)への MA 混合直前の工程からの Pu-U(Np)の抜き取り、少量分割抜き取り等		
ターゲット物質	UNH、および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (Np を含む)		
TD	<u>中程度</u> ：低除染のため放射線量が高くホットセルでの作業となるため、技術的障壁は中程度と考えられる	<u>中程度</u> ：低除染のため放射線量が高くホットセルでの作業となるため、技術的障壁は中程度と考えられる	<u>中程度</u> ：低除染のため放射線量が高くホットセルでの作業となるため、技術的障壁は中程度と考えられる
PC	<u>中程度</u> ：放射線遮蔽設備等の追加を要するため、拡散者が要するコストは中程度と考えられる (抜き取られる物質は純粋な Pu ではないので抵抗性は PUREX に比べ高いが、これについては TD でなく MT にて扱う)	<u>中程度</u> ：放射線遮蔽設備等の追加を要するため、拡散者が要するコストは中程度と考えられる (抜き取られる物質は純粋な Pu ではないので抵抗性は PUREX に比べ高いが、これについては TD でなく MT にて扱う)	<u>中程度</u> ：放射線遮蔽設備等の追加を要するため、拡散者が要するコストは中程度と考えられる (抜き取られる物質は純粋な Pu ではないので抵抗性は PUREX に比べ高いが、これについては TD でなく MT にて扱う)

PT	<p><u>高い</u>： 抜取られる物資は Pu-U(Np)の混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当事国 (IS 下) は、別の分離施設、金属への転換施設を持つことができず、兵器製造施設もない。更に十分な放射線遮蔽設備が必要である。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裏に実施することを試みる必要があるため、長期の時間(10年単位)を要することになる</p>	<p><u>中程度</u>： 抜取られる物資は Pu-U(Np) の混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当事国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設に加えて十分な放射線遮蔽設備を秘密裏に持つ必要があり (CSA 下では可能)、年単位の時間を要することになる</p>	<p><u>低い</u>： 抜取られる物資は Pu-U(Np)の混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間及び兵器製造時間となる。抜取りは極めて容易であり、当事国は抜取り開始に先立ち、金属への転換施設、兵器製造施設に加えて十分な放射線遮蔽設備を公然と準備することが可能であるため、抜取り後比較的短期での実現が可能と考えられる</p>
DP	<p><u>非常に高い</u> (CSA + AP)： 国家が IS 下の状況において転用は非常に困難</p>	<p><u>中程度</u> (CSA)： CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裏施設の存在は検認できないため不十分</p>	<p><u>非常に低い</u>： 保障措置検知能なし</p>
MT-1	<p><u>高い</u> (高速ブランケット燃料)： 使用済炉心燃料と混合処理されるという前提では、抜取られる物資は、RG の Pu (PuN) と U (UNH) の混合物であり、Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換を要する</p>	<p><u>高い</u> (高速炉ブランケット燃料)： 使用済炉心燃料と混合処理されるという前提では、抜取られる物資は、RG の Pu (PuN) と U (UNH) の混合物であり、Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換を要する</p>	<p><u>高い</u> (高速炉ブランケット燃料)： 使用済炉心燃料と混合処理されるという前提では、抜取られる物資は、RG の Pu (PuN) と U (UNH) の混合物であり、Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換を要する</p>

MT-2	高い（軽水炉燃料）： 扱われる物資は、RG の Pu (PuN,) と U (UNH) の混合物であ り、Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換 を要する	高い（軽水炉燃料）： 扱われる物資は、 RG の Pu (PuN,) と U (UNH) の混合物で あり、Pu の分離、硝 酸 Pu から金属への転 換を要する	高い（軽水炉燃料）： 扱われる物資は、RG の Pu (PuN,) と U (UNH) の混合物であり、Pu の 分離、硝酸 Pu から金属 への転換を要する
DE	中程度：CSA+AP、国 家が IS 下。ただし、高 い放射線場のため、査 察コストが増大する可 能性あり	低い：CSA。ただし、 高い放射線場のため、 査察コストが増大す る可能性あり	NA

方式	先進湿式法		
脅威	不正使用		
ケース	先進湿式-2-1	先進湿式-2-2	先進湿式-2-3
制度環境	CSA+AP（国家が IS 下）	CSA のみ	SG なし
経路解析	想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U(Np)の共抽出・精製工程（Pu の不正単離）・転換からの Pu の分離回収を対象とする		
ターゲット・パスウェイ	Pu-U(Np)の共抽出・精製工程系からの Pu の抜取り		
ターゲット物質	PuN（硝酸プルトニウム）および Pu 酸化物		

TD	<p><u>中程度</u>：N/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や抽出段数の調整のためのリワーク操作をホットセルにて行う必要があり、技術的障壁は中程度と考えられる</p>	<p><u>中程度</u>：N/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や抽出段数の調整のためのリワーク操作をホットセルにて行う必要があり、技術的障壁は中程度と考えられる</p>	<p><u>中程度</u>：N/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や抽出段数の調整のためのリワーク操作をホットセルにて行う必要があり、技術的障壁は中程度と考えられる</p>
PC	<p><u>中程度</u>：U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク操作をホットセルにて行う必要があり、拡散者が要するコストは中程度と考えられる</p>	<p><u>中程度</u>：U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク操作をホットセルにて行う必要があり、拡散者が要するコストは中程度と考えられる</p>	<p><u>中程度</u>：U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク操作をホットセルにて行う必要があり、拡散者が要するコストは中程度と考えられる</p>
PT	<p><u>高い</u>：<u>抜取られる物資は PuN または PuO₂ であり、金属への転換時間及び兵器製造時間となる。当事国 (IS 下) は、金属への転換施設を持つことができず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裏に実施することを試みる必要があるため、長期の時間(10 年単位)を要することになる</u></p>	<p><u>中程度</u>：<u>抜取られる物資は PuN または PuO₂ であり、金属への転換時間及び兵器製造時間となる。当事国は、金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裏に持つ必要があり (CSA 下では可能)、年単位の時間を要することになる</u></p>	<p><u>非常に低い</u>：<u>抜取られる物資は PuN または PuO₂ であり、金属への転換時間及び兵器製造時間となる。抜取り、転換施設の保有は容易で、抜取り開始に先立ち、これらの施設・設備を公然と準備することが可能であり、抜取り後短期での実現化可能と考えられる</u></p>
DP	<p><u>非常に高い (CSA + AP)</u>：<u>国家が IS 下の状況において不正使用は非常に困難</u></p>	<p><u>中程度</u>：<u>CSA 下での保障措置検知技術を回避した不正使用や秘密裡施設の存在は検認が不十分のため</u></p>	<p><u>非常に低い</u>：<u>保障措置検知能なし</u></p>

MT-1	中程度（高速炉ブランケット燃料）：使用済炉心燃料と混合処理されるという前提では、抜取られる物資は、RGのPu（PuN、PuO ₂ ）であり、金属への転換を要する	中程度（高速炉ブランケット燃料）：使用済炉心燃料と混合処理されるという前提では、抜取られる物資はRGのPu（PuN、PuO ₂ ）であり、金属への転換を要する	低い（高速炉ブランケット燃料）：保障措置が機能せず、ブランケット燃料単独処理も可能という前提では、抜取られる物資はWGのPu（PuN、PuO ₂ ）であり、金属への転換を要する
MT-2	中程度（軽水炉燃料）：抜取られる物資はRGのPu（PuN、PuO ₂ ）であり、金属への転換を要する	中程度（軽水炉燃料）：抜取られる物資はRGのPu（PuN、PuO ₂ ）であり、金属への転換を要する	中程度（軽水炉燃料）：抜取られる物資はRGのPu（PuN、PuO ₂ ）であり、金属への転換を要する
DE	中程度：CSA+AP、国家がIS下。ただし、高い放射線場のため、査察コストが増大する可能性あり	低い：リソース投資の割には効率が低い。また、高い放射線場のため、査察コストが増大する可能性あり	NA

方式	先進湿式法	
脅威	脱退：CSA+AP（国家がIS下）からの脱退	
ケース	先進湿式-3-1	先進湿式-3-2
対象とする環境	公然転用	公然不正使用
経路解析	想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり公然転用上脆弱なケースとして、共抽出されたPu-U(Np)に回収MAを再混合する直前の工程において、Pu(主にUとの混合物として)の抜取りを対象とする	想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり公然不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U(Np)の共抽出・精製工程(Puの不正単離)・転換からのPuの分離回収を対象とする
ターゲット・パスウェイ	Pu-U(Np)へのMA混合直前の工程からのPu-U(Np)の抜き取り、少量分割抜取り等	Pu-U(Np)の共抽出・精製工程系からのPuの抜取り
ターゲット物質	UNH、およびPuN（硝酸ウラン、硝酸プルトニウム）混合物（Npを含む）	PuN（硝酸プルトニウム）およびPu酸化物

TD	<p>中程度：低除染のため放射線量が 高くホットセルでの作業となる ため、技術的障壁は中程度と考 えられる</p>	<p>中程度：N/Pu 共抽出・精製工程・ 転換工程における PuN の単独分 離は、酸化還元剤の不正添加で可 能。不正使用に際しては、試薬の 不正使用のための交換や抽出段 数の調整のためのリワーク操作 をホットセルにて行う必要があ り、技術的障壁は中程度と考えら れる</p>
PC	<p>中程度：放射線遮蔽設備等の追加 を要するため、拡散者が要するコ ストは中程度と考えられる</p>	<p>中程度：U/Pu 共抽出・精製工程・ 転換工程における PuN の単独分 離のための酸化還元剤の不正添 加、不正使用のためのリワーク操 作をホットセルにて行う必要が あり、拡散者が要するコストは中 程度と考えられる</p>
PT	<p>低い：<u>抜取られる物資は Pu-U(Np) の混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系から金属 への転換時間および兵器製造時 間となる。当事国は、別の分離施 設、金属への転換施設、兵器製造 施設のほかに更に十分な放射線 遮蔽設備が必要である。脱退時 がそれらの施設・設備の準備開始 時間となるため、3 ヶ月以上は要 すると思われる</u></p>	<p>低い：<u>抜取られる物資は純粋な PuN または PuO₂ であり、金属 への転換時間及び兵器製造時間 となる。公然不正使用であり、遅 延となる要因はないが、脱退時 が転換施設、兵器製造施設の準備 開始期間となるため、3 ヶ月以上 は要すると思われる</u></p>
DP	<p>非常に低い：公然転用であり、検 知は不可能</p>	<p>非常に低い：公然不正使用であ り、検知は不可能</p>
MT-1	<p>高い（高速ブランケット燃料）： 使用済炉心燃料と混合処理され るという前提では、<u>抜取られる物 資は、WG の Pu(PuN) と U(UNH) の混合物であり、Pu の分離、硝 酸 Pu から金属への転換を要する</u></p>	<p>低い（高速炉ブランケット燃 料）：<u>公然不正使用であり、ブラ ンケット燃料単独処理も可能と いう前提では、<u>抜取られる物資 は、WG の Pu (PuN、PuO₂) で あり、金属への転換を要する</u></u></p>

MT-2	高い（軽水炉燃料）： 採取される物資は、RG の Pu (PuN) と U (UNH) の混合物であり、Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換を要する	中程度（軽水炉燃料）： 採取される物資は RG の Pu (PuN、PuO ₂) であり金属への転換を要する
DE	NA：公然転用であるため対象外	NA：公然不正使用であるため対象外

方式	先進湿式法		
脅威	テロリスト(インサイダー)		
ケース	先進湿式-4-1	先進湿式-4-2	先進湿式-4-3
制度環境	CSA+AP（国家が IS 下）	CSA のみ	SG なし
経路解析	想定される経路のうち、もっとも拡散者(インサイダー)に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U(Np)の脱硝工程あるいは転換工程において、Pu(主に U との混合物として)の採取りを対象とする		
ターゲット・パスウェイ	Pu-U(Np)の脱硝工程あるいは転換工程からの Pu-U(Np)の抜き取り、少量分割抜き取り等		
ターゲット物質	UNH、および PuN（硝酸ウラン、硝酸プルトニウム）混合物（Np を含む）、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物（Np 酸化物を含む）		
TD	中程度：低除染のため放射線量が高くホットセルでの作業となるため、技術的障壁は中程度と考えられる	中程度：低除染のため放射線量が高くホットセルでの作業となるため、技術的障壁は中程度と考えられる	中程度：低除染のため放射線量が高くホットセルでの作業となるため、技術的障壁は中程度と考えられる
PC	中程度：低除染のため放射線量が高くホットセルでの作業となるため、拡散者が要するコストは中程度と考えられる	中程度：低除染のため放射線量が高くホットセルでの作業となるため、拡散者が要するコストは中程度と考えられる	中程度：低除染のため放射線量が高くホットセルでの作業となるため、拡散者が要するコストは中程度と考えられる

PT	高い： 抜取られる物資は Pu-U(Np)に更に MA が添加された混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。インサイダーテロリストが分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を持つことは容易ではなく、長	高い： 抜取られる物資は Pu-U(Np)に更に MA が添加された混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。インサイダーテロリストが分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を持つことは容易ではな	高い： 抜取られる物資は Pu-U(Np)に更に MA が添加された混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。インサイダーテロリストが分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を持つことは
DP	非常に高い（CSA + AP）： 国家が IS 下の状況において転用は非常に困難	高い（CSA）： CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裏施設の存在は検認できないため、十分高いとはいえない	非常に低い： 保障措置検知能なし、計量管理もないため検知は機能しない
MT-1	高い（高速ブランケット燃料）： 使用済炉心燃料と混合処理されるという前提では、抜取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO ₂) と U (UNH, UOx) と MA の混合物であり、Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換を要する	高い（高速ブランケット燃料）： 使用済炉心燃料と混合処理されるという前提では、抜取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO ₂) と U (UNH, UOx) と MA の混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換を要する	高い（高速ブランケット燃料）： 使用済炉心燃料と混合処理されるという前提では、抜取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO ₂) と U (UNH, UOx) と MA の混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換を要する
MT-2	高い（軽水炉燃料）： 抜取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO ₂) と U (UNH, UOx) と MA の混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換を要する	高い（軽水炉燃料）： 抜取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO ₂) と U (UNH, UOx) と MA の混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換を要する	高い（軽水炉燃料）： 抜取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO ₂) と U (UNH, UOx) と MA の混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換を要する
DE	中程度： CSA+AP、国家が IS 下。ただし、高い放射線場のため、検出コストが増大する可能性あり	低い： 高い放射線場のため、検出コストが増大する可能性あり	NA

【モノアミド法】

ケース：Monoamido-1-1

脅威：転用

制度環境：高いレベルの保障措置下（CSA+AP（国家が IS 下））

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U の精製工程からの Pu（主に U との混合物として）の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー：Pu-U 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U-Pu 混合物（硝酸系溶液および酸化物と想定）

TD：中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。

PC：中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない

PT：高い

抜き取られる物質は純粋な Pu-U 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当事国（IS 下）は、別の分離施設、金属への転換施設を持つことができず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裡に実施することを試みる必要があるため、長期（10 年単位）の時間を要することになる。

DP：非常に高い

CSA+AP、国家が IS 下の状況において転用は非常に困難。

MT-1：高い（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資は、U との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

MT-2：高い（軽水炉燃料）

抜き取られる物質は、RG の Pu の U との混合物であり、そこから Pu の分離、金属への転換が必要。

DE：中程度（CSA+AP、国家が IS 下）

CSA+AP、国家が IS 下。

ケース：Monoamido-1-2

脅威：転用

制度環境：包括的保障措置（CSA のみ）

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U の精製工程からの Pu（主に U との混合物として）の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー：Pu-U 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U-Pu 混合物（硝酸系溶液および酸化物と想定）

TD：中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。

PC：中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない

PT：中程度

抜き取られる物質は純粋な Pu-U 混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当事国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡に持つ必要があるため（CSA 下では可能）、年単位の時間を要することになる。

DP：中程度

CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検知できないため不十分。

MT-1：高い（高速炉ブランケット燃料）：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物質は、U との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

MT-2：高い（軽水炉燃料）

抜き取られる物質は、RG の Pu の U 等との混合物であり、そこから Pu の分離、金属への転換が必要。

DE：低い

CSA、リソース投資の割には効果が低い。

ケース：Monoamido-1-3

脅威：転用

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U の精製工程からの Pu（主に U との混合物として）の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー：Pu-U 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U-Pu 混合物（硝酸系溶液および酸化物と想定）

TD：中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵

抗性は PUREX に比べ高い。

PC: 中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない)

PT: 低い

抜き取られる物質は純粋な Pu-U 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当事国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡に持つ必要があるが、当事国は抜き取り開始に先立ち、分離施設、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後比較的短期での実現が可能と考えられる。

DP: 非常に低い

保障措置検知能なし。

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物質は、U との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料)

抜き取られる物質は、RG の Pu の U 等との混合物であり、そこから Pu の分離、金属への転換が必要。

DE: NA

ケース: Monoamido-2-1

脅威: 不正使用

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U の共抽出・精製工程 (Pu の不正単離)・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウェー: Pu-U 共抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。

ターゲット物質: U-Pu 混合物または Pu (硝酸系溶液および酸化物と想定)

TD: 中程度 (不正使用により Pu の純度を高めることが考えられるため、抵抗性は低い。ただし物質を純粋な Pu とするためには試薬の交換等が必要であり CSA+AP 下では困難、中程度)

PC: 中程度 (Pu-U からの Pu の逆抽出後の工程の変更について要するコストは低い、遮蔽セルからの抜き取りを考慮すればコストは低いものではない)

PT: 中程度

抜き取られる物質は純粋な PuN, PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしながら当事国 (IS 下) は金属への転換施設を持つことができず、兵器製造施設もない。当事国 (IS 下) はそれらの準備等を IS 下で秘密裡に実施することを試みる必要があるため、年単位の時間を要することになる。

DP：非常に高い

CSA+AP、国家が IS 下の状況において不正使用は非常に困難。

MT-1：中程度（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資には Pu であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

MT-2：中程度（軽水炉燃料：抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U との混合物であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

DE：中程度

CSA+AP、国家が IS 下。

ケース：Monoamido-2-2

脅威：不正使用

制度環境：包括的保障措置（CSA のみ）

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U の共抽出・精製工程（Pu の不正単離）・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウェー：Pu-U 共抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。

ターゲット物質：U-Pu 混合物または Pu（硝酸系溶液および酸化物と想定）

TD：中程度（不正使用により Pu の純度を高めることが考えられるため、抵抗性は低い。ただし物質を純粋な Pu とするためには試薬の交換等が必要であり CSA 下では困難、中程度）

PC：中程度（Pu-U からの Pu の逆抽出後の工程の変更について要するコストは低いが、遮蔽セルからの抜き取りを考慮すればコストは低いものではない

PT：低い

抜き取られる物質は純粋な PuN, PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当事国は金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裡に準備することが可能であるため、1 年未満での実現が可能と考えられる。

DP：中程度

MT-1：中程度（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資には Pu であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

MT-2：中程度（軽水炉燃料：抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U との混合物であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

DE：低い

CSA リソース投資の割には効果が低い。

ケース：Monoamido-2-3

脅威：不正使用

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U の共抽出・精製工程（Pu の不正単離）・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウェー：Pu-U 共抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。

ターゲット物質：U-Pu 混合物または Pu（硝酸系溶液および酸化物と想定）

TD：低い（不正使用により Pu の純度を高めることが考えられるため、抵抗性は低い）。

PC：中程度（Pu-U からの Pu の逆抽出後の工程の変更について要するコストは低いですが、遮蔽セルからの抜き取りを考慮すればコストは低いものではない）

PT：非常に低い

抜き取られる物質は純粋な PuN, PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。抜き取りも、転換施設保有もきわめて容易であり、当事国は抜き取り開始に先立ち金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる。

DP：非常に低い

保障措置検知能なし。

MT-1：中程度（**高速炉ブランケット燃料**：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資は Pu であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

MT-2：中程度（**軽水炉燃料**：抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U との混合物であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

DE：NA

ケース：Monoamido-3-1

脅威：脱退（CSA+AP（国家が IS 下）からの脱退）

対象とする環境：公然転用

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり公然転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U の精製工程からの Pu（主に U との混合物として）の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー：Pu-U 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U-Pu 混合物（硝酸系溶液および酸化物と想定）

TD：中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、脱退による転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。

PC：中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない）

PT:低い（抜き取られる物資はU/Pu混合物であり、Pu分離、および、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設をもつ必要があるが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3か月以上は要すると思われる）

DP:非常に低い

公然転用であり、検知は不可能。

MT-1：中程度（高速炉ブランケット燃料）

抜き取られる物質は、WGのPuのUの混合物であり、そこからPuの分離、金属への転換が必要。

MT-2：高い（軽水炉燃料）

抜き取られる物質は、RGのPuのUの混合物であり、そこからPuの分離、金属への転換が必要。

DE：NA（公然転用であるため対象外）

ケース：Monoamido-3-2

脅威：脱退（CSA+AP（国家がIS下）からの脱退）

対象とする環境：公然不正使用

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-Uの共抽出・精製工程（Puの不正単離）・転換からのPuの分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウェー：Pu-U共抽出・精製工程系からのPuの抜き取り。

ターゲット物質：PuN, PuO₂

TD：低い（不正使用によりPuを抜き取ることが考えられるため、抵抗性は低い。ただし物質を純粋なPuとするためには試薬の交換等が必要であるが、公然不正使用では容易）

PC：中程度（Pu-UからのPuの逆抽出後の工程の変更について要するコストは低い、遮蔽セルからの抜き取りを考慮すればコストは低いものではない。）

PT：低い

抜き取られる物質は純粋なPuN, PuO₂であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。公然不正使用であり、遅延となる要因はないが、脱退時が転換施設・兵器製造施設の準備開始時間となるため、3か月以上は要すると思われる。

DP：非常に低い

公然不正使用であり、検知は不可能。

MT-1:低い（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるが、公然不正使用では、同プロセスなしでWGのPuの扱いとなる可能性がある。硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

MT-2:中程度（軽水炉燃料：抜き取られる物資は、RGのPuの可能性はあるが、そこからPuの分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

DE: NA (公然不正使用であるため対象外)

ケース : Monoamido-4-1

脅威 : **テロリスト (インサイダー) への抵抗性評価**

制度環境 : 高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析 : 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U の精製工程からの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー : Pu-U 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質 : U-Pu 混合物 (硝酸系溶液および酸化物と想定)

TD : 中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。

PC : 中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない)

PT : 中程度

抜き取られる物質は純粋な Pu-U 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途持つことは容易ではなく、IS 下において非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することは、極めて困難で、仮に成功しても兵器取得までに長期の時間を要する。

DP : 非常に高い

CSA+AP、国家が IS 下の状況において転用は非常に困難。

MT-1 : 高い (高速炉ブランケット燃料 : 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資は、U との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2 : 高い (軽水炉燃料)

抜き取られる物質は、RG の Pu の U との混合物であり、そこから Pu の分離、金属への転換が必要。

DE : 中程度

CSA+AP、国家が IS 下

ケース : Monoamido-4-2

脅威 : **テロリスト (インサイダー) への抵抗性評価**

制度環境 : 包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析 : 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱

なケースとして、共抽出された Pu-U の精製工程からの Pu（主に U との混合物として）の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー： Pu-U 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質： U-Pu 混合物（硝酸系溶液および酸化物と想定）

TD： 中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。

PC： 中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない)

PT： 低い

抜き取られる物質は純粋な Pu-U 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途持つことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに数カ月以上の時間を要する。

DP： 中程度

CSA—計量管理等により検知可能、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分。

MT-1： 高い（高速炉ブランケット燃料）：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資は、U との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2： 高い（軽水炉燃料）

抜き取られる物質は、RG の Pu の U 等との混合物であり、そこから Pu の分離、金属への転換が必要。

DE： 低い

CSA リソース投資の割には効果が低い。

ケース： Monoamido-4-3

脅威： テロリスト（インサイダー）への抵抗性評価

制度環境： 保障措置なし

経路解析： 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U の精製工程からの Pu（主に U との混合物として）の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー： Pu-U 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質： U-Pu 混合物（硝酸系溶液および酸化物と想定）

TD：中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。

PC：中程度 Pu-U 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない)

PT：低い

抜き取られる物質は純粋な Pu-U 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途持つことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに長期の時間を要する。

DP：非常に低い

保障措置検知能なし、計量管理もないため検知は機能しない。

MT-1：高い（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資は、U との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2：高い（軽水炉燃料）

抜き取られる物質は、RG の Pu の U 等との混合物であり、そこから Pu の分離、金属への転換が必要。

DE：NA

保障措置検知能なし

【FLUOREX 法】

ケース：FLUOREX-1-1

脅威：転用

制度環境：高いレベルの保障措置下（CSA+AP(国家が IS 下)）

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U (Np) の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U (Np) の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：UNH および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD：非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについ

ては、TD ではなく MT にて扱う)。

PC:非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT:高い (抜き取られる物資は純粋な Pu-U (Np) 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国 (IS 下) は、別の分離施設、金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裡に実施することを試みる必要があるため、長期 (10 単位) の時間を要することになる)

DP:非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況において転用は非常に困難)

MT-1:高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は、せん断 (脱被覆粉砕) 工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる (RG)。Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

MT-2:高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる (RG)。Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE:中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース: FLUOREX-1-2

脅威: 転用

制度環境: 包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U (Np) の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系からの Pu-U (Np) の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質: UNH および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD:非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う)。

PC:非常に低い (Pu-U (Np) 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT:中程度 (抜き取られる物資は純粋な Pu-U (Np) 等混合物であり、要する

時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるため（CSA 下では可能）、年単位の時間を要することになる）

DP: 中程度（CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分）

MT-1: 高い（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物資は、せん断（脱被覆粉砕）工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる（RG）。Pu（PuN, PuO₂）の U（UNH, UO_x）等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要）

MT-2: 高い（軽水炉燃料：抜き取られる物資は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる（RG）。Pu（PuN, PuO₂）の U（UNH, UO_x）等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要）

DE: 低い（CSA、リソース投資の割には効果が低い）

ケース：FLUOREX-1-3

脅威：転用

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、共抽出された Pu-U（Np）の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu（主に U との混合物として）の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-U（Np）精製サイクルプロダクト系からの Pu-U（Np）の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：UNH および PuN（硝酸ウラン、硝酸プルトニウム）混合物（場合によっては Np を含む）、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物（場合によっては Np 酸化物を含む）

TD: 非常に低い（Pu-U（Np）精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う）。

PC: 非常に低い（Pu-U（Np）精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる）

PT: 低い（抜き取られる物資は純粋な Pu-U（Np）等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるが、当時国は抜き取り開始に先立ち、分離施設、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後比較的短期での実現が可能と考えられる）

DP:非常に低い（保障措置検知能なし）

MT-1:高い（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物資は、せん断（脱被覆粉砕）工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる（RG）。Pu（PuN, PuO₂）のU（UNH, UO_x）等との混合物であり、そこからPuの分離、硝酸Puから金属への転換が要）

MT-2:高い（軽水炉燃料：抜き取られる物資は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる（RG）。Pu（PuN, PuO₂）のU（UNH, UO_x）等との混合物であり、そこからPuの分離、硝酸Puから金属への転換が要）

DE:NA

ケース：FLUOREX-2-1

脅威：不正使用

制度環境：高いレベルの保障措置下（CSA+AP（国家がIS下））

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U（Np）の共抽出・精製工程（Puの不正単離）・転換からのPuの分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-U（Np）共抽出・精製工程系からのPuの抜き取り。ターゲット物質：PuN（硝酸プルトニウム）およびPu酸化物

TD：中程度（U/Pu共抽出・精製工程・転換工程におけるPuNの単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セルで扱うことが出来るが、不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる）。

PC:低い（U/Pu共抽出・精製工程・転換工程におけるPuNの単独分離のための、酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い）

PT:中程度（抜き取られる物資は純粋なPuO₂であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしながら当時国は金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。当時国（IS下）は金属への転換施設をPTは、それらの準備等を秘密裡に実施することを試みる必要があるため、年単位の期間を要することになる）

DP:非常に高い（CSA+AP, 国家がIS下の状況においては不正使用は非常に困難）

MT-1:中程度（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断（脱被覆粉砕）工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また不正使用により抜き取られる物資にはPuであり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

MT-2:中程度（軽水炉燃料：不正使用により抜き取られる物資は、RGのPuであるがUとの混合物であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

DE:中程度（CSA+AP, 国家がIS下）

ケース：FLUOREX-2-2

脅威：**不正使用**

制度環境：包括的保障措施（CSAのみ）

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U（Np）の共抽出・精製工程（Puの不正単離）・転換からのPuの分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-U（Np）共抽出・精製工程系からのPuの抜き取り。ターゲット物質：PuN（硝酸プルトニウム）およびPu酸化物

TD：中程度（U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セルで扱うことが出来るが、不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる）。

PC：低い（U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための、酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い）

PT：低い（抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。当時国は金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裡に準備することが可能であるため、1年未満での実現が可能と考えられる）

DP：中程度（CSA、ただし、CSA 下での保障措施検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分）

MT-1：中程度（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物資は、せん断（脱被覆粉碎）工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また不正使用により抜き取られる物資には Pu であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

MT-2：中程度（軽水炉燃料：不正使用により抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U との混合物であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

DE：低い（CSA リソース投資の割には効果が低い）

ケース：FLUOREX-2-3

脅威：**不正使用**

制度環境：保障措施なし

制度環境：包括的保障措施（CSAのみ）

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U（Np）の共抽出・精製工程（Puの不正単離）・転換からのPuの分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-U（Np）共抽出・精製工程系からのPuの抜き取り。ターゲット物質：PuN（硝酸プルトニウム）およびPu酸化物

TD：中程度（U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、

酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セルで扱うことが出来るが、不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる)。

PC:低い (U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための、酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い)

PT: 非常に低い (抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。抜き取りも、転換施設保有も極めて容易であり、当時国は抜き取り開始に先立ち、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる)

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1:低い (高速炉ブランケット燃料:抜き取られる物質は、せん断(脱被覆粉砕)工程にてブランケット(WG)の選択的な処理が可能と仮定できる。また不正使用により抜き取られる物資にはPuであり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2:中程度 (軽水炉燃料:不正使用により抜き取られる物資は、RGのPuであるがUとの混合物であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

DE: NA

ケース:FLUOREX-3-1

脅威:脱退 (CSA+AP(国家がIS下)からの脱退)

対象とする環境:公然転用

経路解析:想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり公然転用上脆弱なケースとして、共抽出されたPu-U(Np)の精製工程、脱硝工程、いずれかからのPu(主にUとの混合物として)の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー:Pu-U(Np)精製サイクルプロダクト系からのPu-U(Np)の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質:UNHおよびPuN(硝酸ウラン、硝酸プルトニウム)混合物(場合によってはNpを含む)、U酸化物およびPu酸化物の混合物(場合によってはNp酸化物を含む)

TD:非常に低い (Pu-U(Np)精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス(または軽度の遮蔽セル)で扱われるため、公然転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋なPuではないため抵抗性はPUREXに比べ高い。これについては、TDではなくMTにて扱う)。

PC:非常に低い (Pu-U(Np)精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス(または軽度の遮蔽セル)で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT:低い (抜き取られる物資は純粋なPu-U(Np)等混合物であり、要する時

間は、Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設をもつ必要があるが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる)

DP: 非常に低い (公然転用であり、検知は不可能)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は、せん断 (脱被覆粉砕) 工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる (RG)。Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる (RG)。Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE: NA (公然転用であるため対象外)

ケース: FLUOREX-3-2

脅威: **脱退** (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境: 公然不正使用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり公然不正使用上脆弱なケースとして、Pu-U (Np) の共抽出・精製工程 (Pu の不正単離)・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-U (Np) 共抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム) および Pu 酸化物

TD: 中程度 (U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セルで扱うことが出来るが、公然不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる)。

PC: 低い (U/Pu 共抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための、酸化還元剤の公然不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。公然転用であり、遅延となる要因はないが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる)

DP: 非常に低い (公然転用であり、検知は不可能)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断 (脱被覆粉砕) 工程にてブランケット (WG) の選択的な処理が可能と仮定できる。また不正使用により抜き取られる物資には Pu であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 不正使用により抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U との混合物であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

DE: NA (公然転用であるため対象外)

ケース: FLUOREX-4-1

脅威: 「テロリスト (インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり、転用として共抽出された Pu-U (Np) の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-U (Np) 共抽出・精製工程系からの Pu (主に U との混合物として) の抜き取り。

ターゲット物質: UNH および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD: 非常に低い: (Pu-U (Np) 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。

PC: 非常に低い (Pu-U (Np) 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 中程度 (抜き取られる物資は純粋な Pu-U (Np) 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、IS 下において非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することは、極めて困難: 仮に成功しても兵器取得までに長期の時間を要する)

DP: 非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況において転用は非常に困難)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は、せん断 (脱被覆粉砕) 工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる (RG) 。Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる (RG) 。Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE: 中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース: FLUOREX-4-2

脅威：「テロリスト（インサイダー）」への抵抗性評価

制度環境：包括的保障措置（CSAのみ）

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり、転用として共抽出されたPu-U（Np）の精製工程、脱硝工程、いずれかからのPu（主にUとの混合物として）の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-U（Np）共抽出・精製工程系からのPu（主にUとの混合物として）の抜き取り。

ターゲット物質：UNH および PuN（硝酸ウラン、硝酸プルトニウム）混合物（場合によってはNpを含む）、U酸化物およびPu酸化物の混合物（場合によってはNp酸化物を含む）

TD：非常に低い：（Pu-U（Np）共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。

PC：非常に低い（Pu-U（Np）共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる）

PT：低い（抜き取られる物資は純粋なPu-U（Np）等混合物であり、要する時間は、Puの分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する）

DP：中程度（CSA-計量管理等により検知可、ただし、CSA下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分）

MT-1：高い（**高速炉ブランケット燃料：**抜き取られる物資は、せん断（脱被覆粉砕）工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる（RG）。Pu（PuN, PuO₂）のU（UNH, UO_x）等との混合物であり、そこからPuの分離、硝酸Puから金属への転換が要）

MT-2：高い（**軽水炉燃料：**抜き取られる物資は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる（RG）。Pu（PuN, PuO₂）のU（UNH, UO_x）等との混合物であり、そこからPuの分離、硝酸Puから金属への転換が要）

DE：低い（CSAリソース投資の割には効果が低い）

ケース：FLUOREX-4-3

脅威：「テロリスト（インサイダー）」への抵抗性評価

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり、転用として共抽出されたPu-U（Np）の精製工程、脱硝工程、いずれかからのPu（主に

Uとの混合物として)の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-U (Np) 共抽出・精製工程系からの Pu (主に U との混合物として)の抜き取り。

ターゲット物質：UNH および PuN (硝酸ウラン、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD：非常に低い：(Pu-U (Np) 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。

PC：非常に低い (Pu-U (Np) 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT：低い (抜き取られる物資は純粋な Pu-U (Np) 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する)

DP：非常に低い (保障措置検知能なし、計量管理もないため検知は機能しない)

MT-1：高い (高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物資は、せん断 (脱被覆粉砕) 工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる (RG)。Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

MT-2：高い (軽水炉燃料：抜き取られる物資は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる (RG)。Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE：NA (保障措置検知能なし)

【NCP 沈殿法】

ケース：NCP-1-1

脅威：**転用**

制度環境：高いレベルの保障措置下 (GSA+AP (国家が IS 下))

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、高選択・制御性沈殿剤による U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程、焼成工程からの Pu (主に U との混合物として)の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：高選択・制御性沈殿剤による Pu/U 共沈工程以降の沈殿分離工程、焼成工程かからの Pu (主に U との混合物として)系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U/Pu 共沈物質、UO_x、PuO_x 混合物

TD: 中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、プロダクトが低除染であるため、一般に遮蔽セルで扱われることが予想される。よって少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さくない(中程度)。また抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い(これについては、TD ではなく MT にて扱う)高レベルの保障措置下では、沈殿剤の変更や沈殿操作の変更は困難であるが、それは転用-TD の議論に含めない。

PC: 中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、遮蔽セルで扱われることが予想されるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際して、拡散者が要するコストは低いものではない。

PT: 高い 抜き取られる物質は、一部の少量 FP 等を含有する Pu-U 混合物であり、要する時間は、その物質から Pu の精製分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国 (IS 下) は、別の分離施設、金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裡に実施することを試みる必要があるため、長期 (10 年単位) の時間を要することになる)

DP: 高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況において転用は非常に困難、但し計量管理に難点があり 1 ポイント減)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質 (CHON による Pu 沈殿物と CHON による U 沈殿物との混合物および一部の少量 FP 等を含有する物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物質は、RG の Pu (CHON による Pu 沈殿物、PuO₂) の U (CHON による U 沈殿物、UO_x) 等との混合物-一部の少量 FP 等を含有する-であり、そこから Pu の分離、PuO₂ から金属への転換が要)

DE: 中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース: NCP-1-2

脅威: **転用**

制度環境: 包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、高選択・制御性沈殿剤による U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程、焼成工程からの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: 高選択・制御性沈殿剤による Pu/U 共沈工程以降の沈殿分離工程、焼成工程かからの Pu (主に U との混合物として) 系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど

ターゲット物質: U/Pu 共沈物質、UO_x、PuO_x 混合物

TD: 中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、プロダクトが低除染であるため、一般に遮蔽セルで扱われることが予想される。よって少量

分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さくない(中程度)。また抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い(これについては、TD ではなく MT にて扱う)高レベルの保障措置下では、沈殿剤の変更や沈殿操作の変更は困難であるが、それは転用-TD の議論に含めない。

PC:中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、一般に遮蔽セルで扱われることが予想されるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際して、拡散者が要するコストは低いものではない。

PT:中程度 抜き取られる物質は、一部の少量 FP 等を含有する Pu-U 混合物であり、要する時間は、抜き取られる物質からの Pu の分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるため(CSA 下では可能)、年単位の時間を要することになる)

DP:低い(CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分、的確な計量管理が不可のため、他より1ランク低い)

MT-1:高い(高速炉ブランケット燃料:抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質(CHON による Pu 沈殿物と CHON による U 沈殿物との混合物および一部の少量 FP 等を含有する物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要)

MT-2:高い(軽水炉燃料:抜き取られる物質は、RG の Pu (CHON による Pu 沈殿物、PuO₂) の U (CHON による U 沈殿物、UO_x) 等との混合物—一部の少量 FP 等を含有する—であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE:低い(CSA、リソース投資の割には効果が低い)

ケース: NPC-1-3

脅威: **転用**

制度環境: 保障措置なし

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、高選択・制御性沈殿剤による U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程、焼成工程からの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: 高選択・制御性沈殿剤による Pu/U 共沈工程以降の沈殿分離工程、焼成工程かからの Pu (主に U との混合物として) 系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど

ターゲット物質: U/Pu 共沈物質、UO_x、PuO_x 混合物

TD:中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、プロダクトが低除染であるため、一般に遮蔽セルで扱われることが予想される。よって少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さくない(中程度)。また抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い(これについては、TD ではなく MT にて扱う)高レベルの保障措置下では、沈

殿剤の変更や沈殿操作の変更は困難であるが、それは転用-TD の議論に含めない。

PC:中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、一般に遮蔽セルで扱われることが予想されるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際して、拡散者が要するコストは低いものではない。

PT:低い (抜き取られる物質は、一部の少量 FP 等を含有する Pu-U 混合物であり、要する時間は、抜き取られる物質からの Pu の分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるが、当時国は抜き取り開始に先立ち、分離施設、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後比較的短期での実現が可能と考えられる)

DP:非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1:高い (高速炉ブランケット燃料:抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質 (CHON による Pu 沈殿物と CHON による U 沈殿物との混合物および一部の少量 FP 等を含有する物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要)

MT-2:高い (軽水炉燃料:抜き取られる物質は、RG の Pu (CHON による Pu 沈殿物、PuO₂) の U (CHON による U 沈殿物、UO_x) 等との混合物-一部の少量 FP 等を含有する-であり、そこから Pu の分離、PuO₂ から金属への転換が要)

DE:NA

ケース: NPC-2-1

脅威: **不正使用**

制度環境: **高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))**

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程における高選択制御性沈殿剤の量調製などによる Pu/U 比を調整、または抽出剤の変更による同工程からの Pu の選択的分離・抜き取り (など) を対象とする。

ターゲット・パスウエー: 高選択・制御性沈殿剤による Pu/U 共沈工程以降の沈殿分離工程、焼成工程からの Pu の分離・抜き取り。

ターゲット物質: Pu 沈殿物、PuO_x

TD: (低い) 中程度 Pu/U 共沈工程工程系は、FP 等との分離が行われるが、高選択制御性沈殿剤の量調製などにより、Pu/U 比を調整可であるため (すなわち、試薬の不正使用のための交換を伴わない) 不正使用に対しては抵抗性が低い。または Pu 単独抽出の場合は、抽出剤の変更を要するため TD としての抵抗性は中程度と考えられる。抵抗性高除染が困難なケースが考えられるが、それは MT にて扱う。なお、高レベルの保障措置下では、沈殿剤の変更や沈殿操作の変更は困難であるが、それは転用-TD の議論に含めない。

PC:中程度 不正使用自体は、抽出剤の量や交換で可能なため、PC は低い、しかし、ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、遮蔽セルで扱われる

ことが期待されるためコストは中程度。

PT: 中程度 (不正使用により抜き取られる物資は一部の少量 FP 等を含有するものの PuO_2 であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしながら当時国は金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。当時国 (IS 下) は金属への転換施設を PT は、それらの準備等を秘密裡に実施することを試みる必要があるため、年単位の期間を要することになる)

DP: 非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況において不正使用は非常に困難) AP, 国家が IS 下)

MT-1: 中程度 (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は一部の少量 FP 等を含有するものの、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質 (PuO_2) 金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は一部の少量 FP 等を含有するものの RG の PuO_2 であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: 中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース: NPC-2-2

脅威: **不正使用**

制度環境: 包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程における高選択制御性沈殿剤の量調製などによる Pu/U 比を調整、または抽出剤の変更による同工程からの Pu の選択的分離・抜き取り (など) を対象とする。

ターゲット・パスウエー: 高選択・制御性沈殿剤による Pu/U 共沈工程以降の沈殿分離工程、焼成工程からの Pu の分離・抜き取り。

ターゲット物質: Pu 沈殿物、 PuO_x

TD: (低い) 中程度 Pu/U 共沈工程工程系は、FP 等との分離が行われるが、高選択制御性沈殿剤の量調製などにより、Pu/U 比を調整可であるため (すなわち、試薬の不正使用のための交換を伴わない) 不正使用に対しては抵抗性が低い。または Pu 単独抽出の場合は、抽出剤の変更を要するため TD としての抵抗性は中程度と考えられる。抵抗性高除染が困難なケースが考えられるが、それは MT にて扱う。なお、高レベルの保障措置下では、沈殿剤の変更や沈殿操作の変更は困難であるが、それは転用-TD の議論に含めない。

PC: 中程度 不正使用自体は、抽出剤の量や交換で可能なため、PC は低い、しかし、ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、遮蔽セルで扱われることが期待されるためコストは中程度。

PT: 低い (不正使用により抜き取られる物資は一部の少量 FP 等を含有するものの PuO_2 であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裡に準備することが可能であるため、1 年未満での実現が可能と考えられる)

DP: 中程度 (CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した不正使用

や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分)

MT-1: 中程度 (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は一部の少量 FP 等を含有するものの、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質 (PuO₂) 金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は一部の少量 FP 等を含有するものの RG の PuO₂ であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: 低い (CSA リソース投資の割には効果が低い)

ケース: NCP-2-3

脅威: **不正使用**

制度環境: 保障措置なし

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、高選択・制御性沈殿剤による U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程、焼成工程からの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程における高選択制御性沈殿剤の量調製などによる Pu/U 比を調整、または抽出剤の変更による同工程からの Pu の選択的分離・抜き取り (など) を対象とする。

ターゲット・パスウエー: 高選択・制御性沈殿剤による Pu/U 共沈工程以降の沈殿分離工程、焼成工程からの Pu の分離・抜き取り。

ターゲット物質: Pu 沈殿物、PuO_x

TD: 低い (中程度) Pu/U 共沈工程工程系は、FP 等との分離が行われるが、高選択制御性沈殿剤の量調製などにより、Pu/U 比を調整可であるため (すなわち、試薬の不正使用のための交換を伴わない) 不正使用に対しては抵抗性が低い。または Pu 単独抽出の場合は、抽出剤の変更を要するため TD としての抵抗性は中程度と考えられる。抵抗性高除染が困難なケースが考えられるが、それは MT にて扱う。なお、高レベルの保障措置下では、沈殿剤の変更や沈殿操作の変更は困難であるが、それは転用-TD の議論に含めない。

PC: 中程度 不正使用自体は、抽出剤の量や交換で可能なため、PC は低い、しかし、ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程からの抜き取りは、遮蔽セルで扱われることが期待されるためコストは中程度。

PT: 非常に低い (不正使用により抜き取られる物資は一部の少量 FP 等を含有するものの PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時は金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裡に準備することが可能であるため、1 年未満での実現が可能と考えられる)

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: せん断におけるブランケット (WG) とコア (RG) の混合は、成されないことが仮定できる。すなわち少量 FP 等を含有するものの WG の PuO₂ の取り出しとなる酸化物系から金属への転換が要)

MT-2:中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は一部の少量 FP 等を含有するものの RG の PuO₂ であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: NA

ケース: NCP-3-1

脅威: **脱退** (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境: 公然転用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、高選択・制御性沈殿剤による U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程、焼成工程からの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: 高選択・制御性沈殿剤による Pu/U 共沈工程以降の沈殿分離工程、焼成工程かからの Pu (主に U との混合物として) 系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど

ターゲット物質: U/Pu 共沈物質、UO_x、PuO_x 混合物

TD: 中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、プロダクトが低除染であるため、一般に遮蔽セルで扱われることが予想される。よって少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さくない(中程度)。また抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い(これについては、TD ではなく MT にて扱う) 高レベルの保障措置下では、沈殿剤の変更や沈殿操作の変更は困難であるが、それは転用-TD の議論に含めない。

PC: 中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、遮蔽セルで扱われることが予想されるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際して、拡散者が要するコストは低いものではない。

抜き取られる物質からの Pu の分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるが、

PT: 低い (抜き取られる物質は、一部の少量 FP 等を含有する Pu-U 混合物であり、要する時間は、Pu 分離、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設をもつ必要があるが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる)

DP: 非常に低い (公然転用であり、検知は不可能)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質 (CHON による Pu 沈殿物と CHON による U 沈殿物との混合物および一部の少量 FP 等を含有する物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu (CHON による Pu 沈殿物、PuO₂) の U (CHON による U 沈殿物、UO_x) 等との混合物-一部の少量 FP 等を含有する-であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE:NA (公然転用であるため対象外)

ケース: NCP-3-2

脅威: **脱退** (CSA+AP(国家が IS 下)からの脱退)

対象とする環境: 公然不正使用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程における高選択制御性沈殿剤の量調製などによる Pu/U 比を調整、または抽出剤の変更による同工程からの Pu の選択的分離・抜き取り (など) を対象とする。

ターゲット・パスウエー: 高選択・制御性沈殿剤による Pu/U 共沈工程以降の沈殿分離工程、焼成工程からの Pu の分離・抜き取り。

ターゲット物質: Pu 沈殿物、PuO_x

TD: 低い Pu/U 共沈工程工程系は、FP 等との分離が行われるが、高選択制御性沈殿剤の量調製などにより、Pu/U 比を調整可であるため (すなわち、試薬の不正使用のための交換を伴わない) 公然不正使用に対しては抵抗性が低い。または Pu 単独抽出の場合は、抽出剤の変更を要するが、公然不正使用では容易。よって抵抗性は低い。

PC: 低い 不正使用自体は、抽出剤の量や交換で可能なため、PC は低い。

高除染が困難なケースが考えられるが、それは MT にて扱う。

PT: 低い (不正使用により抜き取られる物資は一部の少量 FP 等を含有するものの PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしながら当時国は金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。公然転用であり、遅延となる要因はないが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる)

DP: 非常に低い (公然不正使用) であり、検知は不可能)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: せん断におけるブランケット (WG) とコア (RG) の混合は、成されないことが仮定できる。すなわち少量 FP 等を含有するものの WG の PuO₂ の取り出しとなる酸化物系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は一部の少量 FP 等を含有するものの RG の PuO₂ であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: NA (公然不正使用であるため対象外)

ケース: NCP-4-1

脅威: 「**テロリスト (インサイダー)**」への抵抗性評価

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (CSA+AP(国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、高選択・制御性沈殿剤による U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程、焼成工程からの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: 高選択・制御性沈殿剤による Pu/U 共沈工程以降の

沈殿分離工程、焼成工程かからの Pu (主に U との混合物として) 系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U/Pu 共沈物質、UO_x、PuO_x 混合物

TD：中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、プロダクトが低除染であるため、一般に遮蔽セルで扱われることが予想される。よって少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さくない(中程度)。また抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い(これについては、TD ではなく MT にて扱う)高レベルの保障措置下では、沈殿剤の変更や沈殿操作の変更は困難であるが、それは転用-TD の議論に含めない。

PC：中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、遮蔽セルで扱われることが予想されるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際して、拡散者が要するコストは低いものではない。

PT：高い 抜き取られる物質は、一部の少量 FP 等を含有する Pu-U 混合物であり、要する時間は、その物質から Pu の精製分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。インサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、IS 下において非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することは、極めて困難：仮に成功しても兵器取得までに長期の時間を要する)

DP：非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況においてインサイダーによる転用は非常に困難)

MT-1：高い (高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質 (CHON による Pu 沈殿物と CHON による U 沈殿物との混合物および一部の少量 FP 等を含有する物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要)

MT-2：高い (軽水炉燃料：抜き取られる物質は、RG の Pu (CHON による Pu 沈殿物、PuO₂) の U (CHON による U 沈殿物、UO_x) 等との混合物-一部の少量 FP 等を含有する-であり、そこから Pu の分離、PuO₂ から金属への転換が要)

DE：中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース： NCP-4-2

脅威：「テロリスト (インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境：包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、高選択・制御性沈殿剤による U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程、焼成工程からの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：高選択・制御性沈殿剤による Pu/U 共沈工程以降の沈殿分離工程、焼成工程かからの Pu (主に U との混合物として) 系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど

ターゲット物質：U/Pu 共沈物質、UO_x、PuO_x 混合物

TD：中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、プロダクトが低除染であるため、一般に遮蔽セルで扱われることが予想される。よって少量分割抜き取りなどによる転用に際してのインサイダーテロリストに対しての技術的障壁は小さくない（中程度）。また抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い（これについては、TD ではなく MT にて扱う）高レベルの保障措置下では、沈殿剤の変更や沈殿操作の変更は困難であるが、それは転用-TD の議論に含めない。

PC：中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、一般に遮蔽セルで扱われることが予想されるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際して、拡散者が要するコストは低いものではない。

PT：中程度 抜き取られる物質は、一部の少量 FP 等を含有する Pu-U 混合物であり、要する時間は、抜き取られる物質からの Pu の分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても、兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する）

DP：中程度（CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分）

MT-1：高い（**高速炉ブランケット燃料**：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質（CHON による Pu 沈殿物と CHON による U 沈殿物との混合物および一部の少量 FP 等を含有する物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要

MT-2：高い（**軽水炉燃料**：抜き取られる物質は、RG の Pu（CHON による Pu 沈殿物、PuO₂）の U（CHON による U 沈殿物、UO_x）等との混合物—一部の少量 FP 等を含有する—であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要）

DE：低い（CSA、リソース投資の割には効果が低い）

ケース： NCP-4-3

脅威：「テロリスト（インサイダー）」への抵抗性評価

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、高選択・制御性沈殿剤による U/Pu 共沈工程・沈殿分離工程、焼成工程からの Pu（主に U との混合物として）の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：高選択・制御性沈殿剤による Pu/U 共沈工程以降の沈殿分離工程、焼成工程からの Pu（主に U との混合物として）系からの Pu-U の抜き取り、少量分割抜き取りなど

ターゲット物質：U/Pu 共沈物質、UO_x、PuO_x 混合物

TD：中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、プロダクトが低除染であるため、一般に遮蔽セルで扱われることが予想される。よって少量

分割抜き取りなどによる転用に際してのインサイダーテロリストに対しての技術的障壁は小さくない（中程度）。また抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い（これについては、TD ではなく MT にて扱う）高レベルの保障措置下では、沈殿剤の変更や沈殿操作の変更は困難であるが、それは転用-TD の議論に含めない。

PC: 中程度 ターゲットとなる沈殿分離工程、焼成工程は、一般に遮蔽セルで扱われることが予想されるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際して、拡散者が要するコストは低いものではない。

PT: 低い（抜き取られる物質は、一部の少量 FP 等を含有する Pu-U 混合物であり、要する時間は、抜き取られる物質からの Pu の分離時間、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する）

DP: 非常に低い（保障措置検知能なし計量管理もない）

MT-1: 高い（**高速炉ブランケット燃料**：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるため、その物質（CHON による Pu 沈殿物と CHON による U 沈殿物との混合物および一部の少量 FP 等を含有する物質からの Pu の分離、さらに同 Pu の金属への転換が要

MT-2: 高い（**軽水炉燃料**：抜き取られる物質は、RG の Pu（CHON による Pu 沈殿物、PuO₂）の U（CHON による U 沈殿物、UO_x）等との混合物—一部の少量 FP 等を含有する—であり、そこから Pu の分離、PuO₂ から金属への転換が要）

DE: NA（保障措置検知能なし）

【超臨界直接抽出法】

ケース: SPDRX-1-1

脅威: **転用**

制度環境: **高いレベルの保障措置下** (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu-U(Np) の逆抽出工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー: Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系からの Pu-U(Np) の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質: UNH および PuN (硝酸ウラニル、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD: 中程度 (超臨界直接抽出法は低除染プロセスであり、Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、技術的障壁は中程度と見なせる。また、抜き取られる物質は純粋な Pu ではないので抵抗性は PUREX に比べ高いが、これについては TD でなく MT にて扱う。)

PC: 中程度 (Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、拡散者が要するコストは中程度と見なせる。)

PT: 高い (抜き取られる物質は Pu-U(Np) 等混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間及び兵器製造時間となる。当事国 (IS 下) は、別の分離施設、金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裡に実施することを試みる必要があるため、長期 (10 年単位) の時間を要することになる。)

DP: 高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況においては転用は非常に困難であるが、超臨界直接抽出法では SRD 確定エリアに主工程が入るため、少量抜き取りの検知が比較的困難 (計量管理・在庫管理に難) という弱点は残るため、「非常に高い」とまでは評価できない。)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料) : 使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると、抜き取られる物質は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu ないし PuO₂ から金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料) : 抜き取られる物質は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu ないし PuO₂ から金属への転換が要)

DE: 中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース: SPDRX-1-2

脅威: **転用**

制度環境: 包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu-U(Np) の逆抽出工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系からの Pu-U(Np) の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質: UNH および PuN (硝酸ウラニル、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD: 中程度 (超臨界直接抽出法は低除染プロセスであり、Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、技術的障壁は中程度と見なせる。また、抜き取られる物質は純粋な Pu ではないので抵抗性は PUREX に比べ高いが、これについては TD でなく MT にて扱う。)

PC: 中程度 (Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、拡散者が要するコストは中程度と見なせる。)

PT: 中程度 (抜き取られる物質は Pu-U(Np) 等混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間及び兵器製造時間となる。当事国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ

必要があるため(CSA 下では可能)、年単位での時間を要することになる。)

DP:低い (CSA, ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分。更に超臨界直接抽出法では SRD 確定エリアに主工程が入るため(計量管理・在庫管理に難)、少量抜き取りの検知が比較的困難。)

MT-1:高い(高速炉ブランケット燃料: 使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると、抜き取られる物質は、RG の Pu(PuN, PuO₂) の U(U_{NH}, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu ないし PuO₂ から金属への転換が要)

MT-2:高い(軽水炉燃料: 抜き取られる物質は、RG の Pu(PuN, PuO₂) の U(U_{NH}, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu ないし PuO₂ から金属への転換が要)

DE:低い(CSA、リソース投資の割には効率が低い)

ケース:SPDRX-1-3

脅威: **転用**

制度環境: 保障措置なし

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu-U(Np) の逆抽出工程、脱硝工程、いずれかからの Pu(主に U との混合物として)の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー: Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系からの Pu-U(Np) の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質: UNH および PuN(硝酸ウラニル、硝酸プルトニウム)混合物(場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物(場合によっては Np 酸化物を含む)

TD:中程度 (超臨界直接抽出法は低除染プロセスであり、Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、技術的障壁は中程度と見なせる。また、抜き取られる物質は純粋な Pu ではないので抵抗性は PUREX に比べ高いが、これについては TD でなく MT にて扱う。)

PC:中程度 (Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、拡散者が要するコストは中程度と見なせる。)

PT:非常に低い (抜き取られる物質は Pu-U(Np) 等混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間及び兵器製造時間となる。抜き取りは極めて容易であり、当事国は抜き取り開始に先立ち、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる。)

DP:非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1:高い(高速炉ブランケット燃料: 使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると、抜き取られる物質は、RG の Pu(PuN, PuO₂) の U(U_{NH}, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu ないし PuO₂ から金属への転換

が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物質は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の U (UNH, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu ないし PuO₂ から金属への転換が要)

DE: NA

ケース: SPDRX-2-1

脅威: **不正使用**

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu-U (Np) 抽出・逆抽出工程からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウェイ: Pu-U (Np) 抽出・逆抽出工程系からの Pu の抜き取り。

ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム) および Pu 酸化物

TD: 高い (Pu-U (Np) 抽出・逆抽出工程における Pu の単独分離は、還元剤等の不正添加で可能。一方、超臨界直接抽出法は低除染プロセスであり、Pu-U (Np) 逆抽出サイクルもしゃへいセルに配置され、しかも高圧のプロセスである。不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整等の必要性も考えられるため、技術的障壁は高いと見なせる。)

PC: 高い (Pu-U (Np) 逆抽出サイクルもしゃへいセルに配置され、しかも高圧のプロセスであるため、拡散者が各種不正操作に要するコストは高いと見なせる。)

PT: 中程度 (抜き取られる物質は PuN または PuO₂ であり、金属への転換時間及び兵器製造時間となる。当事国 (IS 下) は、金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裡に実施することを試みる必要があるため、年単位の時間を要することになる。)

DP: 高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況においては不正使用は非常に困難であるが、超臨界直接抽出法では SRD 確定エリアに主工程が入るため (計量管理・在庫管理に難)、少量抜き取りの検知が比較的困難という弱点は残るため、「非常に高い」とまでは評価できない。)

MT-1: 中程度 (高速炉ブランケット燃料: ブランケット燃料単独処理はできず、使用済炉心燃料と混合処理されるという前提では、抜き取られる物質は、RG の Pu (PuN, PuO₂) であり、金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物質は、RG の Pu (PuN, PuO₂) であり、金属への転換が要)

DE: 中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース: SPDRX-2-2

脅威: **不正使用**

制度環境：包括的保障措施 (CSA のみ)

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu-U (Np) 抽出・逆抽出工程からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウェー：Pu-U (Np) 抽出・逆抽出工程系からの Pu の抜き取り。

ターゲット物質：PuN (硝酸プルトニウム) および Pu 酸化物

TD: 高い (Pu-U (Np) 抽出・逆抽出工程における Pu の単独分離は、還元剤等の不正添加で可能。一方、超臨界直接抽出法は低除染プロセスであり、Pu-U (Np) 逆抽出サイクルもしゃへいセルに配置され、しかも高圧のプロセスである。不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整等の必要性も考えられるため、技術的障壁は高いと見なせる。)

PC: 高い (Pu-U (Np) 逆抽出サイクルもしゃへいセルに配置され、しかも高圧のプロセスであるため、拡散者が各種不正操作に要するコストは高いと見なせる。)

PT: 中程度 (抜き取られる物質は PuN または PuO₂ であり、金属への転換時間及び兵器製造時間となる。当事国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるため (CSA 下では可能)、年単位での時間を要することになる。)

DP: 低い (CSA、ただし、CSA 下での保障措施検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分。更に超臨界直接抽出法では SRD 確定エリアに主工程が入るため、少量抜き取りの検知が比較的困難。)

MT-1: 中程度 (高速炉ブランケット燃料：ブランケット燃料単独処理はできず、使用済炉心燃料と混合処理されるという前提では、抜き取られる物質は、RG の Pu (PuN, PuO₂) であり、金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料：抜き取られる物質は、RG の Pu (PuN, PuO₂) であり、金属への転換が要)

DE: 低い (CSA、リソース投資の割には効率が低い)

ケース：SPDRX-2-3

脅威：不正使用

制度環境：保障措施なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu-U (Np) 抽出・逆抽出工程からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウェー：Pu-U (Np) 抽出・逆抽出工程系からの Pu の抜き取り。

ターゲット物質：PuN (硝酸プルトニウム) および Pu 酸化物

TD: 中程度 (Pu-U (Np) 抽出・逆抽出工程における Pu の単独分離は、還元剤等の不正添加で可能。一方、超臨界直接抽出法は低除染プロセスであり、Pu-U (Np) 逆抽出サイクルもしゃへいセルに配置され、しかも高圧のプロセス

である。不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整等の必要性も考えられるが、保障措置がない場合、不正使用は比較的容易)

PC: 高い (Pu-U(Np) 逆抽出サイクルもしゃへいセルに配置され、しかも高圧のプロセスであるため、拡散者が各種不正操作に要するコストは高いと見なせる。)

PT: 非常に低い (抜き取られる物質は PuN または PuO₂ であり、要する時間は硝酸系、酸化物から金属への転換時間及び兵器製造時間となる。抜き取りは極めて容易であり、当事国は抜き取り開始に先立ち、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる。)

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 保障措置が機能せず、ブランケット燃料単独処理も可能という前提では、抜き取られる物質は、WG の Pu (PuN, PuO₂) であり、金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物質は、RG の Pu (PuN, PuO₂) であり、金属への転換が要)

DE: NA

ケース: SPDRX-3-1

脅威: **脱退** (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境: 公然転用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり公然転用上脆弱なケースとして、Pu-U(Np) の逆抽出工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー: Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系からの Pu-U(Np) の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質: UNH および PuN (硝酸ウラニル、硝酸プルトニウム) 混合物 (場合によっては Np を含む)、U 酸化物および Pu 酸化物の混合物 (場合によっては Np 酸化物を含む)

TD: 中程度 (超臨界直接抽出法は低除染プロセスであり、Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、公然転用に際しても技術的障壁は中程度と見なせる。また、抜き取られる物質は純粋な Pu ではないので抵抗性は PUREX に比べ高いが、これについては TD でなく MT にて扱う。)

PC: 中程度 (Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、拡散者が要するコストは中程度と見なせる。)

PT: 低い (抜き取られる物質は Pu-U(Np) 等混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間及び兵器製造時間となる。当事国 (IS 下) は、別の分離施設、金属への転換施設をもつ必要があるが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始期間となるため、3 ヶ月以上は要す

ると思われる)

DP:非常に低い (公然転用であり、検知は無意味)

MT-1:中程度(高速炉ブランケット燃料: 使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると、抜き取られる物質は、RG の Pu(PuN, PuO₂) の U(U_{NH}, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu ないし PuO₂ から金属への転換が要)

MT-2:高い(軽水炉燃料: 抜き取られる物質は、RG の Pu(PuN, PuO₂) の U(U_{NH}, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu ないし PuO₂ から金属への転換が要)

DE:NA(公然転用であり対象外)

ケース:SPDRX-3-2

脅威: **脱退**(CSA+AP(国家が IS 下)からの脱退)

対象とする環境: 公然不正使用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu-U(Np)抽出・逆抽出工程からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウェー: Pu-U(Np)抽出・逆抽出工程系からの Pu の抜き取り。

ターゲット物質: PuN(硝酸プルトニウム)および Pu 酸化物

TD:高い (Pu-U(Np)抽出・逆抽出工程における Pu の単独分離は、還元剤等の不正添加で可能。一方、超臨界直接抽出法は低除染プロセスであり、Pu-U(Np)逆抽出サイクルもしゃへいセルに配置され、しかも高圧のプロセスである。公然不正使用に際しても、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整等の必要性も考えられるため、技術的障壁は高いと見なせる。)

PC:高い (Pu-U(Np)逆抽出サイクルもしゃへいセルに配置され、しかも高圧のプロセスであるため、拡散者が各種不正操作に要するコストは高いと見なせる。)

PT:低い (抜き取られる物質は PuN または PuO₂ であり、金属への転換時間及び兵器製造時間となる。公然転用であり、遅延となる要因はないが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始期間となるため、3 ヶ月以上は要すると思われる)

DP:非常に低い (公然不正使用であり、検知は無意味)

MT-1:低い(高速炉ブランケット燃料: 公然不正使用であり、ブランケット燃料単独処理も可能という前提では、抜き取られる物質は、WG の Pu(PuN, PuO₂) であり、金属への転換が要)

MT-2:中程度(軽水炉燃料: 抜き取られる物質は、RG の Pu(PuN, PuO₂) であり、金属への転換が要)

DE:NA(公然転用であるため対象外)

ケース:SPDRX-4-1

脅威:「テロリスト(インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境:高いレベルの保障措置下(CSA+AP(国家がIS下))

経路解析:想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu-U(Np)の逆抽出工程、脱硝工程、いずれかからのPu(主にUとの混合物として)の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー:Pu-U(Np)逆抽出サイクルプロダクト系からのPu-U(Np)の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質:UNHおよびPuN(硝酸ウラニル、硝酸プルトニウム)混合物(場合によってはNpを含む)、U酸化物およびPu酸化物の混合物(場合によってはNp酸化物を含む)

TD:中程度 (超臨界直接抽出法は低除染プロセスであり、Pu-U(Np)逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、技術的障壁は中程度と見なせる。)

PC:中程度 (Pu-U(Np)逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、拡散者が要するコストは中程度と見なせる。)

PT:高い (抜き取られる物質はPu-U(Np)等混合物であり、要する時間はPuの分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間及び兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を持つことは容易ではなく、IS下において非国家主体がそれらのための設備・施設を物質取得後に準備することは、極めて困難:仮に成功しても兵器取得までに長期の期間を要する)

DP:高い (CSA+AP, 国家がIS下の状況においては転用は非常に困難であるが、超臨界直接抽出法ではSRD確定エリアに主工程が入るため、少量抜き取りの検知が比較的困難(計量管理・在庫管理に難)という弱点は残るため、「非常に高い」とまでは評価できない。)

MT-1:高い(高速炉ブランケット燃料):使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると、抜き取られる物質は、RGのPu(PuN, PuO₂)のU(UNH, UO_x)等との混合物であり、そこからPuの分離、硝酸PuないしPuO₂から金属への転換が要)

MT-2:高い(軽水炉燃料):抜き取られる物質は、RGのPu(PuN, PuO₂)のU(UNH, UO_x)等との混合物であり、そこからPuの分離、硝酸PuないしPuO₂から金属への転換が要)

DE:中程度(CSA+AP, 国家がIS下)

ケース:SPDRX-4-2

脅威:「テロリスト(インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境:包括的保障措置(CSAのみ)

経路解析:想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu-U(Np)の逆抽出工程、脱硝工程、いずれかからのPu(主に

Uとの混合物として)の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー：Pu-U(Np)逆抽出サイクルプロダクト系からのPu-U(Np)の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：UNHおよびPuN(硝酸ウラニル、硝酸プルトニウム)混合物(場合によってはNpを含む)、U酸化物およびPu酸化物の混合物(場合によってはNp酸化物を含む)

TD:中程度 (超臨界直接抽出法は低除染プロセスであり、Pu-U(Np)逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、技術的障壁は中程度と見なせる。)

PC:中程度 (Pu-U(Np)逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、拡散者が要するコストは中程度と見なせる。)

PT:低い (抜き取られる物質はPu-U(Np)等混合物であり、要する時間はPuの分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間及び兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を持つことは容易ではなく、IS下において非国家主体がそれらのための設備・施設を物質取得後に準備することは、極めて困難：仮に成功しても兵器取得までに数ヶ月以上の時間を要する)

DP:低い (CSA、ただし、CSA下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分。更に超臨界直接抽出法ではSRD確定エリアに主工程が入るため、少量抜き取りの検知が比較的困難。)

MT-1:高い(高速炉ブランケット燃料：使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると、抜き取られる物質は、RGのPu(PuN, PuO₂)のU(UNH, UO_x)等との混合物であり、そこからPuの分離、硝酸PuないしPuO₂から金属への転換が要)

MT-2:高い(軽水炉燃料：抜き取られる物質は、RGのPu(PuN, PuO₂)のU(UNH, UO_x)等との混合物であり、そこからPuの分離、硝酸PuないしPuO₂から金属への転換が要)

DE:低い(CSA、リソース投資の割には効率が低い)

ケース：SPDRX-4-3

脅威：「**テロリスト(インサイダー)**」への抵抗性評価

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu-U(Np)の逆抽出工程、脱硝工程、いずれかからのPu(主にUとの混合物として)の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウェー：Pu-U(Np)逆抽出サイクルプロダクト系からのPu-U(Np)の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：UNHおよびPuN(硝酸ウラニル、硝酸プルトニウム)混合物(場合によってはNpを含む)、U酸化物およびPu酸化物の混合物(場合によってはNp酸化物を含む)

TD: 中程度 (超臨界直接抽出法は低除染プロセスであり、Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、技術的障壁は中程度と見なせる。)

PC: 中程度 (Pu-U(Np) 逆抽出サイクルプロダクト系もしゃへいセルに配置されるため、拡散者が要するコストは中程度と見なせる。)

PT: 低い (抜き取られる物質は Pu-U(Np) 等混合物であり、要する時間は Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間及び兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を持つことは容易ではなく、IS 下において非国家主体がそれらのための設備・施設を物質取得後に準備することは、極めて困難：仮に成功しても兵器取得までに数ヶ月以上の時間を要する)

DP: 非常に低い (保障措置検知能無し、計量管理もないため検知は機能しない。)

MT-1: 高い(高速炉ブランケット燃料：使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると、抜き取られる物質は、RG の Pu(PuN, PuO₂) の U(U_{NH}, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu ないし PuO₂ から金属への転換が要)

MT-2: 高い(軽水炉燃料：抜き取られる物質は、RG の Pu(PuN, PuO₂) の U(U_{NH}, UO_x) 等との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu ないし PuO₂ から金属への転換が要)

DE: NA(保障措置検知能なし)

【イオン交換法】

ケース: ION_EX-1-1

脅威: **転用**

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (CSA+AP(国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu 溶液分離工程 (Fraction Collector) からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu 溶液分離工程 (Step 4: Pu Elution) からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り。

ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム)

TD: 中程度 (Pu 溶液分離工程では、Pu は PuN として単離され、遮蔽セルで扱われ、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、転用に際しての技術的障壁は中程度となる)

PC: 中程度 (Pu 溶液分離工程では、遮蔽セルで扱われ、拡散者が要するコストは中程度となる)

PT: 中程度 (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属へ

の転換時間および兵器製造となる。しかしながら当時国（IS 下）は金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を秘密裡に実施することを試みる必要があるため、年単位の期間を要することになる）

DP: 非常に高い（CSA+AP, 国家が IS 下の状況において、転用は非常に困難）

MT-1: 中程度（高速炉ブランケット燃料：使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると抜き取られる物資は純粋な RG の Pu（PuN）であるが、硝酸系から金属への転換が要）

MT-2: 中程度（軽水炉燃料：抜き取られる物資は純粋な RG の Pu（PuN）であるが、硝酸系から金属への転換が要）

DE: 中程度（CSA+AP, 国家が IS 下）

ケース：ION_EX-1-2

脅威：**転用**

制度環境：包括的保障措置（CSA のみ）

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu 溶液分離工程（Fraction Collector）からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu 溶液分離工程（Step 4: Pu Elution）からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り。

ターゲット物質：PuN（硝酸プルトニウム）

TD：中程度（Pu 溶液分離工程では、Pu は PuN として単離され、グローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われ、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、転用に際しての技術的障壁は中程度となる）

PC: 中程度（Pu 溶液分離工程では、遮蔽セルで扱われ、拡散者が要するコストは中程度となる）

PT: 低い（抜き取られる物資は純粋な Pu（PuN）であり、硝酸系から金属への転換時間のみとなる。当時国は金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裡に準備することが可能であるため、1 年未満での実現が可能と考えられる）

DP: 中程度（CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分）

MT-1：中程度高い（高速炉ブランケット燃料：使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると抜き取られる物資は純粋な RG の Pu（PuN）であるが、硝酸系から金属への転換が要）

MT-2: 中程度高い（軽水炉燃料：抜き取られる物資は純粋な RG の Pu（PuN）であるが、硝酸系から金属への転換が要）

DE: 低い（CSA、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、リソース投資の割には効果が低い）

ケース: ION_EX-1-3

脅威: **転用**

制度環境: 保障措置なし

経路解析: 定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu 溶液分離工程 (Fraction Collector) からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu 溶液分離工程 (Step 4: Pu Elution) からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り。

ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム)

TD: 中程度 (Pu 溶液分離工程では、Pu は PuN として単離され、遮蔽セルで扱われ、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、転用に際しての技術的障壁は中程度となる)

PC: 中程度 (Pu 溶液分離工程では、遮蔽セルで扱われ、拡散者が要するコストは中程度となる)

PT: 非常に低い (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる、抜き取りも、転換施設保有も極めて容易であり、当時国は抜き取り開始に先立ち、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる)

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1: 中程度高い (高速炉ブランケット燃料: 使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

DE: NA

ケース: ION_EX-2-1

脅威: **不正使用**

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (GSA+AP (国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu 溶液分離工程 (Fraction Collector) からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu 溶液分離工程 (Step 4: Pu Elution) からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り。

ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム)

TD: 中程度 (Pu 溶液分離工程では、Pu は PuN として単離され、遮蔽セルで扱われ、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要で

あるため施設が複雑になり、不正使用に際しての技術的障壁は中程度となる)
PC: 中程度 (Pu 溶液分離工程では、遮蔽セルで扱われ、拡散者が要するコストは中程度となる)

PT: 中程度 (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造となる。しかしながら当時国 (IS 下) は金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を秘密裡に実施することを試みる必要があるため、年単位の期間を要することになる)

DP: 非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況において、転用は非常に困難)

MT-1: 中程度高い (高速炉ブランケット燃料: 使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

DE: 中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース: ION_EX-2-2

脅威: **不正使用**

制度環境: 包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu 溶液分離工程 (Fraction Collector) からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu 溶液分離工程 (Step 4: Pu Elution) からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り。

ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム)

TD: 中程度 (Pu 溶液分離工程では、Pu は PuN として単離され、遮蔽セルで扱われ、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、転用に際しての技術的障壁は中程度となる)

PC: 中程度 (Pu 溶液分離工程では、遮蔽セルで扱われ、拡散者が要するコストは中程度となる)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属への転換時間のみとなる。当時国は金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裡に準備することが可能であるため、1年未満での実現が可能と考えられる)

DP: 中程度 (CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分)

MT-1: 中程度 (高速炉ブランケット燃料: 使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

DE:低い (CSA、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、リソース投資の割には効果が低い)

ケース: ION_EX-2-3

脅威: **不正使用**

制度環境: 保障措置なし

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu 溶液分離工程 (Fraction Collector) からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu 溶液分離工程 (Step 4: Pu Elution) からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り。

ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム)

TD: 中程度 (Pu 溶液分離工程では、Pu は PuN として単離され、遮蔽セルで扱われ、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、転用に際しての技術的障壁は中程度となる)

PC: 中程度 (Pu 溶液分離工程では、遮蔽セルで扱われ、拡散者が要するコストは中程度となる)

PT: 非常に低い (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる、抜き取りも、転換施設保有も極めて容易であり、当時国は抜き取り開始に先立ち、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる)

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1: 低い高い (高速炉ブランケット燃料: 使用済炉心燃料との混合処理が不正使用によりなされないことを想定すると抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度高い (軽水炉燃料: 使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

DE: NA

ケース: ION_EX-3-1

脅威: **脱退** (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境: 公然転用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu 溶液分離工程 (Fraction Collector) からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu 溶液分離工程 (Step 4: Pu Elution) からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り。

ターゲット物質：PuN（硝酸プルトニウム）

TD：低い（Pu 溶液分離工程では、Pu は PuN として単離され、遮蔽セルで扱われ、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、転用に際しての技術的障壁は低いものとなる。公然転用でありその他の妨害となる要因はない）

PC：低い（Pu 溶液分離工程では、遮蔽セルで扱われ、拡散者が要するコストは低いものとなる）

PT：低い（抜き取られる物資は純粋な Pu（PuN）であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造となる。公然転用であり、遅延となる要因はないが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる）

DP：非常に低い（公然転用であり、検知は不可能）

MT-1：中程度（高速炉ブランケット燃料：使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると抜き取られる物資は純粋な RG の Pu（PuN）であるが、硝酸系から金属への転換が要）

MT-2：中程度（軽水炉燃料：抜き取られる物資は純粋な RG の Pu（PuN）であるが、硝酸系から金属への転換が要）

DE：NA（公然転用であるため対象外）

ケース：ION_EX-3-2

脅威：脱退（CSA+AP（国家が IS 下）からの脱退）

対象とする環境：公然不正使用

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu 溶液分離工程（Fraction Collector）からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu 溶液分離工程（Step 4: Pu Elution）からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り。

ターゲット物質：PuN（硝酸プルトニウム）

TD：低い（Pu 溶液分離工程では、Pu は PuN として単離され、遮蔽セルで扱われ、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、転用に際しての技術的障壁は低いものとなる。公然転用でありその他の妨害となる要因はない）

PC：低い（Pu 溶液分離工程では、遮蔽セルで扱われ、拡散者が要するコストは低いものとなる）

PT：低い（抜き取られる物資は純粋な Pu（PuN）であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造となる。公然転用であり、遅延となる要因はないが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる）

DP：非常に低い（公然転用であり、検知は不可能）

MT-1:低い (高速炉ブランケット燃料: 使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

MT-2:中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

DE:NA (公然転用であるため対象外)

ケース: ION_EX-4-1

脅威: 「テロリスト (インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu 溶液分離工程 (Fraction Collector) からの Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: 内部協力者の協力による Pu 溶液分離工程 (Step 4: Pu Elution) からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り。

ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム)

TD:低い (Pu 溶液分離工程では、Pu は PuN として単離され、遮蔽セルで扱われ、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、転用に際しての技術的障壁は小さいものとなる。)

PC:低い (Pu 溶液分離工程では、遮蔽セルで扱われ、拡散者が要するコストは低いものとなる。インサイダーの誘導によるものであり容易)

PT:中程度 (抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしながらインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、IS 下において非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することは、極めて困難: 仮に成功しても兵器取得までに長期の時間を要する)

DP:非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況において、転用は非常に困難)

MT-1:中程度高い (高速炉ブランケット燃料: 使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

MT-2:中程度高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要)

DE:中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース: ION_EX-4-2

脅威: 「テロリスト (インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境: 包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、Pu 溶液分離工程 (Fraction Collector) からの不正使用に

よる Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：内部協力者の協力による Pu 溶液分離工程（Step 4: Pu Elution）からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り。

ターゲット物質：PuN（硝酸プルトニウム）

TD：低い（Pu 溶液分離工程では、Pu は PuN として単離され、遮蔽セルで扱われ、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、不正使用に際しての技術的障壁は低いものとなる。インサイダーの誘導によるものであり容易）

PC：低い（Pu 溶液分離工程では、遮蔽セルで扱われ、拡散者が要するコストは低いものとなる。インサイダーの誘導によるものであり容易）

PT：低い（抜き取られる物資は純粋な Pu（PuN）であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしながらインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する）

DP：中程度（CSA-計量管理等により検知可、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分）

MT-1：中程度高い（**高速炉ブランケット燃料**：使用済炉心燃料と混合処理されることを想定すると抜き取られる物資は純粋な RG の Pu（PuN）であるが、硝酸系から金属への転換が要）

MT-2：中程度高い（**軽水炉燃料**：抜き取られる物資は純粋な RG の Pu（PuN）であるが、硝酸系から金属への転換が要）

DE：低い（CSA リソース投資の割には効果が低い）

ケース：ION_EX-4-3

脅威：「**テロリスト（インサイダー）**」への抵抗性評価

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用・不正使用上脆弱なケースとして、Pu 溶液分離工程（Fraction Collector）からの不正使用による Pu の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：内部協力者の協力による Pu 溶液分離工程（Step 4: Pu Elution）からの Pu の抜き取り、少量分割抜き取り。

ターゲット物質：PuN（硝酸プルトニウム）

TD：低い（Pu 溶液分離工程では、Pu は PuN として単離され、遮蔽セルで扱われ、一般にイオン交換分離工程では溶液切り替えなど慎重な技術が必要であるため施設が複雑になり、転用・不正使用に際しての技術的障壁は低いものとなる。インサイダーの誘導によるものであり容易）

PC：低い（Pu 溶液分離工程では、遮蔽セルで扱われ、拡散者が要するコストは低いものとなる。インサイダーの誘導によるものであり容易）

PT:低い（抜き取られる物資は純粋な Pu (PuN) であり、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしながらインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する）

DP:非常に低い（保障措置検知能なし、計量管理もないため検知は機能しない）

MT-1:低い高い（高速炉ブランケット燃料：使用済炉心燃料と混合処理されない（不正使用）ことを想定すると抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要）

MT-2:中程度高い（軽水炉燃料：抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuN) であるが、硝酸系から金属への転換が要）

DE:NA（保障措置検知能なし）

【UREX+法】

ここでは NPEX プロセスを含めたものを対象とする。

ケース:UREX+-1-1

脅威：**転用**

制度環境：高いレベルの保障措置下（GSA+AP(国家が IS 下)）

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、抽出された Pu-Np の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (Np

との混合物として)の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-Np 精製サイクルプロダクト系からの Pu-Np の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：Pu 及び Np 混合硝酸系溶液、Pu 酸化物および Np 酸化物の混合物

TD：非常に低い（Pu-Np 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う）。

PC:非常に低い（Pu-Np 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス（または軽度の遮蔽セル）で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる）

PT:高い（抜き取られる物資は純粋な Pu-Np 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国（IS 下）は、別の分離施設、金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裡に実施することを試みる必要があるため、長期（10 年単位）の時間を要することになる）

DP:非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況において転用は非常に困難)

MT-1:高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は、せん断 (脱被覆粉砕) 工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。RG の Pu (PuN, PuO₂) と Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

MT-2:高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE:中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース: UREX+-1-2

脅威: **転用**

制度環境: 包括的保障措施 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、抽出された Pu-Np の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (Np

との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-Np 精製サイクルプロダクト系からの Pu-Np の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質: Pu 及び Np 混合硝酸系溶液、Pu 酸化物および Np 酸化物の混合物

TD:非常に低い (Pu-Np 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う)。

PC:非常に低い (Pu-Np 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT:中程度 (抜き取られる物資は純粋な Pu-Np 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるため (CSA 下では可能)、年単位の時間を要することになる)

DP:中程度 (CSA、ただし、CSA 下での保障措施検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分)

MT-1:高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は、せん断 (脱被覆粉砕) 工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。RG の Pu (PuN, PuO₂) と Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

MT-2:高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の Np (硝

酸化物、酸化物)との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE:低い (CSA、リソース投資の割には効果が低い)

ケース: UREX+-1-3

脅威: **転用**

制度環境: 保障措置なし

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、抽出された Pu-Np の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (Np

との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-Np 精製サイクルプロダクト系からの Pu-Np の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質: Pu 及び Np 混合硝酸系溶液、Pu 酸化物および Np 酸化物の混合物

TD: 非常に低い (Pu-Np 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性はPUREXに比べ高い。これについては、TDではなくMTにて扱う)。

PC: 非常に低い (Pu-Np 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な Pu-Np 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるが、当時国は抜き取り開始に先立ち、分離施設、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後比較的短期での実現が可能と考えられる)

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は、せん断 (脱被覆粉砕) 工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。RG の Pu (PuN, PuO₂) と Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE: NA

ケース： UREX+-2-1

脅威： **不正使用**

制度環境： 高いレベルの保障措置下（CSA+AP(国家が IS 下)）

経路解析： 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-Np の抽出・精製工程（Pu の不正単離）・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー： Pu-Np 抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。

ターゲット物質： PuN（硝酸プルトニウム）および Pu 酸化物

TD： 中程度（Pu/Np 抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セルで扱うことが出来るが、不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる）。

PC： 低い（Pu/Np 抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための、酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い）

PT： 中程度（抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしながら当時国は金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裡に実施することを試みる必要があるため、長期（10 年単位）の時間を要することになる）

DP： 非常に高い（CSA+AP, 国家が IS 下の状況においては不正使用は非常に困難）

MT-1： 中程度高い（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断（脱被覆粉碎）工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。高い保障措置下では不正使用により Pu のみを抜き取ることは困難であり、また硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

MT-2： 中程度高い（軽水炉燃料：高い保障措置下では不正使用により Pu のみを抜き取ることは困難であり、また仮に抜き取られても RG の PuO₂ であり、さらに酸化物系から金属への転換が要）

DE： 中程度（CSA+AP, 国家が IS 下）

ケース： UREX+-2-2

脅威： **不正使用**

制度環境： 包括的保障措置（CSA のみ）

経路解析： 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-Np の抽出・精製工程（Pu の不正単離）・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー： Pu-Np 抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。

ターゲット物質： PuN（硝酸プルトニウム）および Pu 酸化物

TD：中程度（Pu/Np 抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セルで扱うことが出来るが、不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる）。

PC：低い（Pu/Np 抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための、酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い）

PT：低い（抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。当時国は金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裡に準備することが可能であるため、1年未満での実現が可能と考えられる）

DP：中程度（CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した不正使用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分）

MT-1：中程度高い？（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断（脱被覆粉碎）工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また不正使用により抜き取られる物資には Pu であり、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

MT-2：中程度高い？（軽水炉燃料：抜き取られる物資は純粋な RG の PuO₂ であるが、酸化物系から金属への転換が要）

DE：低い（CSA リソース投資の割には効果が低い）

ケース：UREX+-2-3

脅威：不正使用

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、Pu-Np の抽出・精製工程（Pu の不正単離）・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー：Pu-Np 抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。

ターゲット物質：PuN（硝酸プルトニウム）および Pu 酸化物

TD：中程度（Pu/Np 抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セルで扱うことが出来るが、不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる）。

PC：低い（Pu/Np 抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための、酸化還元剤の不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い）

PT：非常に低い（抜き取られる物資は PuO₂ であり、分離および金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。抜き取りも、転換施設保有も極めて容易であり、当時国は抜き取り開始に先立ち、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる）

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: せん断 (脱被覆粉碎) 工程にて既にブランケットとコアの混合工程は不正により実施されない、よって抜き取られる物資は純粋な WG の PuO_2 であるが、酸化物系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の PuO_2 であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: NA

ケース: UREX+-3-1

脅威: 脱退 (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境: 公然転用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり公然転用上脆弱なケースとして、抽出された Pu-Np の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に Np との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-Np 精製サイクルプロダクト系からの Pu-Np の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質: Pu 及び Np 混合硝酸系溶液、Pu 酸化物および Np 酸化物の混合物

TD: 非常に低い (Pu-Np 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、公然転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う)。

PC: 非常に低い (Pu-Np 精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な Pu-Np 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系、酸化物から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設をもつ必要があるが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる)

DP: 非常に低い (公然転用であり、検知は不可能)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は、せん断 (脱被覆粉碎) 工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。RG の Pu (PuN, PuO_2) と Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO_2) の Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE: NA (公然転用であるため対象外)

ケース: UREX+-3-2

脅威: **脱退** (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境: 公然不正使用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり公然不正使用上脆弱なケースとして、Pu-Np の抽出・精製工程 (Pu の不正単離)・転換からの Pu の分離回収を対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-Np 抽出・精製工程系からの Pu の抜き取り。

ターゲット物質: PuN (硝酸プルトニウム) および Pu 酸化物

TD: 中程度 (Pu/Np 抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離は、酸化還元剤の不正添加で可能。一般にグローブボックスまたは軽度の遮蔽セルで扱うことが出来るが、公然不正使用に際しては、試薬の不正使用のための交換や、抽出段数の調整のためのリワーク捜査などの技術的障壁が考えられる)。

PC: 低い (Pu/Np 抽出・精製工程・転換工程における PuN の単独分離のための、酸化還元剤の公然不正添加、不正使用のためのリワーク捜査などに要するコストは低い)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な PuO₂ であり、金属への転換時間および兵器製造時間のみとなる。公然転用であり、遅延となる要因はないが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3 か月以上は要すると思われる)

DP: 非常に低い (公然転用であり、検知は不可能)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: せん断 (脱被覆粉碎) 工程にて既にブランケットとコアの混合工程は不正により実施されない、よって抜き取られる物資は純粋な WG の Pu (PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は純粋な RG の Pu (PuO₂) であるが、酸化物系から金属への転換が要)

DE: NA (公然転用であるため対象外)

ケース: UREX+-4-1

脅威: 「**テロリスト (インサイダー)**」への抵抗性評価

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり、転用上脆弱なケースとして、抽出された Pu-Np の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に Np との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-Np 抽出・精製工程系からの Pu (主に Np との混合物として) の抜き取り。

ターゲット物質: Pu 及び Np 混合硝酸系溶液、Pu 酸化物および Np 酸化物の混合物

TD: 非常に低い: (Pu-Np 抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。

PC: 非常に低い (Pu-Np 抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 中程度 (抜き取られる物資は純粋な Pu-Np 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、IS 下において非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することは、極めて困難: 仮に成功しても兵器取得までに長期の時間を要する)

DP: 非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況において転用は非常に困難)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は、せん断 (脱被覆粉砕) 工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。RG の Pu (PuN, PuO₂) と Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE: 中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース: UREX+-4-2

脅威: 「テロリスト (インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境: 包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり、転用上魅力的なケースとして抽出された Pu-Np の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に Np との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-Np 抽出・精製工程系からの Pu (主に Np との混合物として) の抜き取り。

ターゲット物質: Pu 及び Np 混合硝酸系溶液、Pu 酸化物および Np 酸化物の混合物

TD: 非常に低い: (Pu-Np 抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。

PC: 非常に低い (Pu-Np 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な Pu-Np 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。し

かしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する)

DP: 中程度 (CSA-計量管理等により検知可、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は、せん断 (脱被覆粉砕) 工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。RG の Pu (PuN, PuO₂) と Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE: 低い (CSA リソース投資の割には効果が低い)

ケース: UREX+-4-3

脅威: 「テロリスト (インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境: 保障措置なし

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり、転用として共抽出された Pu-Np の精製工程、脱硝工程、いずれかからの Pu (主に Np との混合物として) の抜き取りを対象とする。

ターゲット・パスウエー: Pu-Np 共抽出・精製工程系からの Pu (主に Np との混合物として) の抜き取り。

ターゲット物質: Pu 及び Np 混合硝酸系溶液、Pu 酸化物および Np 酸化物の混合物

TD: 非常に低い: (Pu-Np 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため転用に際しての技術的障壁は非常に小さいものとなる。

PC: 非常に低い (Pu-Np 共抽出・精製サイクルプロダクト系は、一般にグローブボックス (または軽度の遮蔽セル) で扱われるため、拡散者が要するコストは非常に低いものとなる)

PT: 低い (抜き取られる物資は純粋な Pu-Np 等混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する)

DP: 非常に低い (保障措置検知能なし、計量管理もないため検知は機能しない)

MT-1: 高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物資は、せん断 (脱被覆

粉碎) 工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。RG の Pu (PuN, PuO₂) と Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

MT-2: 高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu (PuN, PuO₂) の Np (硝酸化物、酸化物) との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が要)

DE: NA (保障措置検知能なし)

【GANEX 法】

ケース: GANEX-1-1

脅威: 転用

制度環境: 高いレベルの保障措置下 (CSA+AP (国家が IS 下))

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、U 粗分離後に共抽出された Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程からの Pu (U-MA との混合物として) の抜き取りを対象とする。(但し、一括回収に係る具体的方法 (選定溶媒) や開発状況の詳細は不明である)

ターゲット・パスウエー: Pu-U-MA 回収工程プロダクト系からの Pu-U-MA の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質: U-Pu-MA 混合物 (硝酸系溶液および酸化物と想定)

TD: 中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う)。酸濃度の違いにより抽出特性が変わる一プロセス変更が容易だが、これは不正使用にて扱う。

PC: 中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない)

PT: 高い (抜き取られる物資は純粋な Pu-U-MA 混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国 (IS 下) は、別の分離施設、金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。PT は、それらの準備等を IS 下で秘密裡に実施することを試みる必要があるため、長期 (10 年単位) の時間を要することになる)

DP: 非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況において転用は非常に困難)

MT-1: 非常に高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資は、U や MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2: 非常に高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U や MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転

換が要)

DE: 中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース: GANEX-1-2

脅威: 転用

制度環境: 包括的保障措置下 (CSA のみ)

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、U 粗分離後に共抽出された Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程かからの Pu (U-MA との混合物として) の抜き取りを対象とする。(但し、一括回収に係る具体的方法(選定溶媒)や開発状況の詳細は不明である)

ターゲット・パスウエー: Pu-U-MA 回収工程プロダクト系からの Pu-U-MA の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質: U-Pu-MA 混合物 (硝酸系溶液おとび酸化物と想定)

TD: 中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う)。酸濃度の違いにより抽出特性が変わる一プロセス変更が容易だが、これは不正使用にて扱う。

PC: 中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない)

PT: 中程度(抜き取られる物資は純粋な Pu-U-MA 混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるため (CSA 下では可能)、年単位の時間を要することになる)

DP: 中程度 (CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分)

MT-1: 非常に高い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資は、U や MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2: 非常に高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U-MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

DE: 低い (CSA、リソース投資の割には効果が低い)

ケース: GANEX-1-3

脅威: 転用

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、U粗分離後に共抽出された Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程かからの Pu (U-MA との混合物として) の抜き取りを対象とする。(但し、一括回収に係る具体的方法(選定溶媒)や開発状況の詳細は不明である)

ターゲット・パスウエー：Pu-U-MA 回収工程プロダクト系からの Pu-U-MA の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U-Pu-MA 混合物 (硝酸系溶液おとび酸化物と想定)

TD：中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う)。酸濃度の違いにより抽出特性が変わる一プロセス変更が容易一が、これは不正使用にて扱う。

PC：中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない)

PT：低い (抜き取られる物資は純粋な Pu-U-MA 混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設を秘密裡にもつ必要があるが、当時国は抜き取り開始に先立ち、分離施設、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後比較的短期での実現が可能と考えられる)

DP：非常に低い (保障措置検知能なし)

MT-1：非常に高い (高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資は、U や MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2：非常に高い (軽水炉燃料：抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U-MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

DE：NA

ケース：GANEX-2-1

脅威：不正使用

制度環境：高いレベルの保障措置下 (GSA+AP (国家が IS 下))

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、U粗分離後に共抽出された Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程の変更 (酸濃度変更、酸化還元剤添加) により Pu-U 混合物の純度を高める、または Pu を抜き取ること (U との混合物または Pu の単

離)を対象とする。(一括回収に係る具体的方法(選定溶媒)や開発状況の詳細は不明であるが、不正使用により Pu を単独で回収することは困難)

ターゲット・パスウエー：Pu-U-MA 回収工程プロダクト系からの Pu-U、または Pu の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U-Pu 混合物、または Pu (硝酸系溶液おとび酸化物と想定) 後者は可能性低

TD：中程度 (不正使用により Pu-U 混合物の純度を高める、または Pu を抜き取ることが考えられるため、抵抗性は低い。ただし物質を純粋な Pu とするためには試薬の交換等が必要であり CSA+AP 下では困難、中程度)

PC：中程度 (U Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程の変更について要するコストは低いが、遮蔽セルからの抜き取りを考慮すればコストは低いものではない。

PT：高い (抜き取られる物資は U/Pu 混合物、または PuO₂、であり、Pu 分離精製、および、金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしながら当時国は金属への転換施設をもつことが出来ず、兵器製造施設もない。当時国 (IS 下) は金属への転換施設を PT は、それらの準備等を秘密裡に実施することを試みる必要があるため、10 年単位の期間を要することになる)

DP：非常に高い (CSA+AP, 国家が IS 下の状況においては不正使用は非常に困難)

MT-1：高い (高速炉ブランケット燃料)：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資には、U や MA が混入しておりまたは Pu であり (前者ではそこから Pu の分離が要)、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2：高い (軽水炉燃料)：抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

DE：中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース：GANEX-2-2

脅威：不正使用

制度環境：包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、U 粗分離後に共抽出された Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程の変更 (酸濃度変更、酸化還元剤添加) により Pu-U 混合物の純度を高める、または Pu を抜き取ること (U との混合物または Pu の分離) を対象とする。(一括回収に係る具体的方法(選定溶媒)や開発状況の詳細は不明であるが、不正使用により Pu を単独で回収することは困難)

ターゲット・パスウエー：Pu-U-MA 回収工程プロダクト系からの Pu-U、または Pu の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U-Pu 混合物、または Pu (硝酸系溶液おとび酸化物と想定) 後者は可能性低

TD：中程度（不正使用により Pu-U 混合物の純度を高める、または Pu を抜き取ることが考えられるため、抵抗性は低い。ただし物質を純粋な Pu とするためには試薬の交換等が必要であり CSA+AP 下では困難、中程度）

PC：中程度（U Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程の変更について要するコストは低いが、遮蔽セルからの抜き取りを考慮すればコストは低いものではない。

PT：中程度（抜き取られる物資は U/Pu 混合物または純粋な PuO₂ であり、Pu 分離（前者）、および、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は金属への転換施設や兵器製造施設を秘密裡に準備することが可能であるため、1 年未満での実現が可能と考えられる）

DP：中程度（CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した不正使用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分）

MT-1：高い（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資には、U や MA が混入しておりまたは Pu であり（前者ではそこから Pu の分離が要）、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

MT-2：高い（軽水炉燃料：抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要）

DE：低い（CSA リソース投資の割には効果が低い）

ケース： GANEX-2-3

脅威：不正使用

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、U 粗分離後に共抽出された Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程の変更（酸濃度変更、酸化還元剤添加）により Pu-U 混合物の純度を高める、または Pu を抜き取ること（U との混合物または Pu の単離）を対象とする。（一括回収に係る具体的方法（選定溶媒）や開発状況の詳細は不明であるが、不正使用により Pu を単独で回収することは困難）

ターゲット・パスウエー：Pu-U-MA 回収工程プロダクト系からの Pu-U、または Pu の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U-Pu 混合物、または Pu（硝酸系溶液おとび酸化物と想定）
後者は可能性低

TD：中程度（不正使用により Pu-U 混合物の純度を高める、または Pu を抜き取ることが考えられるため、抵抗性は低い。ただし物質を純粋な Pu とするためには試薬の交換等が必要であり CSA+AP 下では困難、中程度）

PC：中程度（U Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程の変更について要するコストは低いが、遮蔽セルからの抜き取りを考慮すればコストは低いものではない。

PT:低い(抜き取られる物資はU/Pu混合物または純粋なPuO₂であり、Pu分離、(前者)および、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は抜き取り開始に先立ち、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる)

DP:非常に低い(保障措置検知能なし)

MT-1:低い(高速炉ブランケット燃料:抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるが、保障措置なしでは、同プロセスなしでWGのPuの扱いとなる可能性がある。硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2:中程度(軽水炉燃料:抜き取られる物資は、RGのPuの可能性はあるが、そこからPuの分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

DE: NA

ケース: GANEX-3-1

脅威: **脱退** (CSA+AP(国家がIS下)からの脱退)

対象とする環境: 公然転用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、U粗分離後に共抽出されたPu-U-MA-FPからのPu-U-MAの一括逆抽出後の工程かからのPu(U-MAとの混合物として)の抜き取りを対象とする。(但し、一括回収に係る具体的方法(選定溶媒)や開発状況の詳細は不明である)

ターゲット・パスウエー: Pu-U-MA回収工程プロダクト系からのPu-U-MAの抜き取り。

ターゲット物質: U-Pu-MA混合物(硝酸系溶液おとび酸化物と想定)

TD: 中程度 Pu-U-MA回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋なPuではないため抵抗性はPUREXに比べ高い。これについては、TDではなくMTにて扱う)。酸濃度の違いにより抽出特性が変わる一プロセス変更が容易だが、これは不正使用にて扱う。

PC: 中程度 Pu-U-MA回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない)

PT:低い(抜き取られる物資はU/Pu混合物であり、Pu分離、および、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は、別の分離施設、金属への転換施設、兵器製造施設をもつ必要があるが、脱退時が転換施設、兵器製造施設の準備開始時間となるため、3か月以上は要すると思われる)

DP:非常に低い(公然転用であり、検知は不可能)

MT-1:非常に高い(高速炉ブランケット燃料:抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資は、UやMAとの混合物であり、そこからPuの分離、硝酸化物・酸

化物から金属への転換が要)

MT-2: 非常に高い (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U や MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

DE: NA (公然転用であるため対象外)

ケース: GANEX-3-2

脅威: **脱退** (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境: 公然不正使用

経路解析: 想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり不正使用上脆弱なケースとして、U 粗分離後に共抽出された Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程の変更 (酸濃度変更、酸化還元剤添加) により Pu-U 混合物の純度を高める、または Pu を抜き取ること (U との混合物または Pu の単離) を対象とする。(一括回収に係る具体的方法 (選定溶媒) や開発状況の詳細は不明であるが、不正使用により Pu を単独で回収することは困難)

ターゲット・パスウエー: Pu-U-MA 回収工程プロダクト系からの Pu-U、または Pu の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質: U-Pu 混合物、または Pu (硝酸系溶液おとび酸化物と想定)

TD: 低い (不正使用により Pu-U 混合物の純度を高める、または Pu を抜き取ることが考えられるため、抵抗性は低い。ただし物質を純粋な Pu とするためには試薬の交換等が必要であるが、公然不正使用では容易)

PC: 中程度 (U Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程の変更について要するコストは低いが、遮蔽セルからの抜き取りを考慮すればコストは低いものではない。

PT: 低い (抜き取られる物資は U/Pu 混合物または純粋な PuO₂ であり、Pu 分離、(前者) および、金属への転換時間および兵器製造時間となる。当時国は抜き取り開始に先立ち、金属への転換施設や兵器製造施設を公然と準備することが可能であるため、抜き取り後短期での実現が可能と考えられる)

DP: 非常に低い (公然不正使用であり、検知は不可能)

MT-1: 低い (高速炉ブランケット燃料: 抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できるが、公然不正使用では、同プロセスなしで WG の Pu の扱いとなる可能性がある。硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2: 中程度 (軽水炉燃料: 抜き取られる物資は、RG の Pu の可能性があるが、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

DE: NA (公然不正使用であるため対象外)

ケース: GANEX-4-1

脅威: 「テロリスト (インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境：高いレベルの保障措置下（CSA+AP(国家が IS 下)）

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、U 粗分離後に共抽出された Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程かからの Pu (U-MA との混合物として) の抜き取りを対象とする。(但し、一括回収に係る具体的方法(選定溶媒)や開発状況の詳細は不明である)

ターゲット・パスウエー：Pu-U-MA 回収工程プロダクト系からの Pu-U-MA の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U-Pu-MA 混合物 (硝酸系溶液および酸化物と想定)

TD：中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う)。酸濃度の違いにより抽出特性が変わる一プロセス変更が容易一が、これは不正使用にて扱う。

PC：中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない)

PT：中程度(抜き取られる物質は純粋な Pu-U-MA 混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、IS 下において非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することは、極めて困難：仮に成功しても兵器取得までに長期の時間を要する)

DP：非常に高い (C (CSA+AP, 国家が IS 下の状況において転用は非常に困難)

MT-1：非常に高い (高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物質は、U や MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2：非常に高い (軽水炉燃料：抜き取られる物質は、RG の Pu であるが U や MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

DE：中程度 (CSA+AP, 国家が IS 下)

ケース： GANEX-4-2

脅威：「テロリスト(インサイダー)」への抵抗性評価

制度環境：包括的保障措置 (CSA のみ)

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、U 粗分離後に共抽出された Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程かからの Pu (U-MA との混合物として) の抜き取りを対象とする。(但し、一括回収に係る具体的方法(選定溶媒)や開発状況の詳細は不

明である)

ターゲット・パスウエー：Pu-U-MA 回収工程プロダクト系からの Pu-U-MA の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U-Pu-MA 混合物（硝酸系溶液および酸化物と想定）

TD：中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う）。酸濃度の違いにより抽出特性が変わる—プロセス変更が容易—が、これは不正使用にて扱う。

PC：中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない)

PT：中程度（抜き取られる物資は純粋な Pu-U-MA 混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する)

DP：中程度（CSA、ただし、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検認できないため不十分)

MT-1：非常に高い（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資は、U や MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2：非常に高い（軽水炉燃料：抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U-MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

DE：低い（CSA、リソース投資の割には効果が低い)

ケース： GANEX-4-3

脅威：「**テロリスト（インサイダー）への抵抗性評価**

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、U 粗分離後に共抽出された Pu-U-MA-FP からの Pu-U-MA の一括逆抽出後の工程かからの Pu (U-MA との混合物として) の抜き取りを対象とする。（但し、一括回収に係る具体的方法(選定溶媒)や開発状況の詳細は不明である)

ターゲット・パスウエー：Pu-U-MA 回収工程プロダクト系からの Pu-U-MA の抜き取り、少量分割抜き取りなど。

ターゲット物質：U-Pu-MA 混合物（硝酸系溶液および酸化物と想定）

TD：中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、一般に遮蔽セルで扱われることが期待できるため、少量分割抜き取りなどによる転用に際しての技術的障壁は小さいものではない。ただし抜き取られる物質は純粋な Pu ではないため抵抗性は PUREX に比べ高い。これについては、TD ではなく MT にて扱う）。酸濃度の違いにより抽出特性が変わる—プロセス変更が容易—が、これは不正使用にて扱う。

PC：中程度 Pu-U-MA 回収工程プロダクト系は、遮蔽セルで扱われることが期待できるため、拡散者が要するコストは低いものではない)

PT：中程度（抜き取られる物資は純粋な Pu-U-MA 混合物であり、要する時間は、Pu の分離時間、硝酸系から金属への転換時間および兵器製造時間となる。しかしインサイダーテロリストが金属への転換や兵器製造施設を別途もつことは容易ではなく、仮に非国家主体がそれらのための設備・施設を物質盗取後に準備することに成功しても兵器取得までに兵器取得までに数カ月以上の時間を要する)

DP：非常に低い（保障措置検知能なし、計量管理もないため検知は機能しない)

MT-1：非常に高い（高速炉ブランケット燃料：抜き取られる物質は、せん断工程にて既にブランケットとコアが混合されたものと仮定できる。また抜き取られる物資は、U や MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

MT-2：非常に高い（軽水炉燃料：抜き取られる物資は、RG の Pu であるが U-MA との混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸化物・酸化物から金属への転換が要)

DE：NA（保障措置検知能なし)

【乾式再処理（パイロプロセス）】

ケース：PYRO-1-1

脅威：**転用**

制度環境：高いレベルの保障措置下（CSA+AP（国家が IS 下））

経路解析：想定される脅威のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、射出成型（燃料製造）工程における、プルトニウムと超ウラン元素（TRU）の混合物の抜き取りを想定する。

ターゲット・パスウェイ：陰極回収物（液体カドミウム陰極回収物）処理工程から射出成型工程への工程間での抜き取り、射出成型工程における抜き取り等

ターゲット物資：Pu-TRU 混合物

TD：中程度（乾式再処理においては、プルトニウムは単離された形ではなく、超ウラン元素との混合物として存在する。このため、崩壊熱及び放射能レベルが高く、人の接近を困難としている。したがって、転用（抜き取り）に関しては、技術的障壁が存在する。）

PC：中程度（抜き取りを容易にするために、ホットセルの改造等が必要となる。また、取り出された Pu-TRU 混合物から Pu を単離するためには、別途 PUREX 法等の Pu 回収技術が必要となる（もっとも、後述のように、乾式再処理の電解精製工程において、各単体の標準電極電位の違いをもとに、Pu を単離することは理論的には可能である）。したがって、ある程度の転用コストを要するものと考えられる。）

PT：高い（抜き取られる物資は、ホットセル内で取り扱われ、崩壊熱及び放射能レベルの高い、Pu-TRU 混合物であり、接近困難性を具備する。したがって、拡散に要する時間は、①当該物資の抜き取り及びハンドリングに係る（接近困難性を緩和する）措置の準備時間、②Pu の分離時間（Pu の分離に PUREX 法が利用される場合には、さらにその準備時間（設備の用意等）と硝酸系から金属への転換時間が加算される）、及び③兵器製造時間、となる。当該国（IS 下）は、別の分離施設を保有することができず、また当然ながら兵器製造施設を建設することもできない。当該国は、これらの準備等を IS 下で秘密裡に実施する必要があり、それには困難を伴う。）

DP：高い（乾式再処理における保障措置の技術的課題として、プロセスにおける核物質管理技術、すなわちリアルタイム計量が開発途上にあることがあげられる。これは、液体の中で対象物質が均質となる PUREX 法等に対して、乾式再処理法においては、固体及び液体とが共存し対象物質が不均質となり、モニタリング技術に工夫が必要とされるからである。しかしながらその一方で、IS の下では、拡散に係る行動が検知・捕捉される確率は非常に高い。これらを踏まえ、総合的に勘案するならば、CSA+AP、国家が IS 下の状況下における乾式再処理での転用行為の検知確率は高いと判断できる。）

MT-1：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。）

MT-2：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。）

DE：低い（リアルタイム計量が開発途上。但し、抜き取り対象物質そのものが接近困難であり自己防護性を具備していることから、少ない査察業務量で転用リスクを抑えることが可能と考えられる一方で、高い放射線場での査察は査察コストを増大させる可能性がある。）

ケース：PYRO-1-2

脅威：転用

制度環境：包括的保障措置（CSA のみ）

経路解析：想定される脅威のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、射出成型（燃料製造）工程における、プルトニウムと超ウラン元素（TRU）の混合物の抜き取りを想定する。

ターゲット・パスウェイ：陰極回収物（液体カドミウム陰極回収物）処理工程から射出成型工程への工程間での抜き取り、射出成型工程における抜き取り等

ターゲット物資：Pu-TRU 混合物

TD：中程度（乾式再処理においては、プルトニウムは単離された形ではなく、超ウラン元素との混合物として存在する。このため、崩壊熱及び放射能レベルが高く、人の接近を困難としている。したがって、転用（抜き取り）に関しては、技術的障壁が存在する。）

PC：中程度（抜き取りを容易にするために、ホットセルの改造等が必要となる。また、取り出された Pu-TRU 混合物から Pu を単離するためには、別途 PUREX 法等の Pu 回収技術が必要となる（もっとも、後述のように、乾式再処理の電解精製工程において、各単体の標準電極電位の違いをもとに、Pu を単離することは理論的には可能である）。したがって、ある程度の転用コストを要するものと考えられる。）

PT：中程度（抜き取られる物資は、ホットセル内で取り扱われ、崩壊熱及び放射能レベルの高い、Pu-TRU 混合物であり、接近困難性を具備する。したがって、拡散に要する時間は、①当該物資の抜き取り及びハンドリングに係る（接近困難性を緩和する）措置の準備時間、②Pu の分離時間（Pu の分離に PUREX 法が利用される場合には、さらにその準備時間（設備の用意等）と硝酸系から金属への転換時間が加算される）、及び③兵器製造時間、となる。当該国は、これらの準備等を秘密裡に実施する必要があるが、1 年未満で実施できるかどうかは不明。）

DP：低い（乾式再処理における保障措置の技術的課題として、プロセスにおける核物質管理技術、すなわちリアルタイム計量が開発途上にあることがあげられる。これは、液体の中で対象物質が均質となる PUREX 法等に対して、乾式再処理法においては、固体及び液体とが共存し対象物質が不均質となり、モニタリング技術に工夫が必要とされるからである。また、本想定シナリオにおいては、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検知ができない。）

MT-1：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。）

MT-2：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。）

DE：低い（リアルタイム計量が開発途上。但し、抜き取り対象物質そのものが接近困難であり自己防護性を具備していることから、少ない査察業務量で転用リスクを抑えることが可能と考えられる一方で、高い放射線場での査察は査察コストを増大させる可能性がある。）

ケース：PYRO-1-3

脅威：転用

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される脅威のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、射出成型（燃料製造）工程における、プルトニウムと超ウ

ラン元素（TRU）の混合物の抜き取りを想定する。

ターゲット・パスウェイ：陰極回収物（液体カドミウム陰極回収物）処理工程から射出成型工程への工程間での抜き取り、射出成型工程における抜き取り等？

ターゲット物資：Pu-TRU 混合物

TD：中程度（乾式再処理においては、プルトニウムは単離された形ではなく、超ウラン元素との混合物として存在する。このため、崩壊熱及び放射能レベルが高く、人の接近を困難としている。したがって、転用（抜き取り）に関しては、技術的障壁が存在する。）

PC：中程度（抜き取りを容易にするために、ホットセルの改造等が必要となる。また、取り出された Pu-TRU 混合物から Pu を単離するためには、別途 PUREX 法等の Pu 回収技術が必要となる（もっとも、後述のように、乾式再処理の電解精製工程において、各単体の標準電極電位の違いをもとに、Pu を単離することは理論的には可能である）。したがって、ある程度の転用コストを要するものと考えられる。）

PT：低い（抜き取られる物資は、ホットセル内で取り扱われ、崩壊熱及び放射能レベルの高い、Pu-TRU 混合物であり、接近困難性を具備する。したがって、拡散に要する時間は、①当該物資の抜き取り及びハンドリングに係る（接近困難性を緩和する）措置の準備時間、②Pu の分離時間（Pu の分離に PUREX 法が利用される場合には、さらにその準備時間（設備の用意等）と硝酸系から金属への転換時間が加算される）、及び③兵器製造時間、となる。当該国は、査察を受けずにこれらの準備等を行うことができるものの、高放射線の遮蔽を介しての作業が必要となる等、それにはある程度の期間が必要とされるため、「PT が非常に低い」という評価までには至らない。）

DP：非常に低い（保障措置検知能なし）

MT-1：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。）

MT-2：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。）

DE：NA

ケース：PYRO-2-1

脅威：不正使用

制度環境：高いレベルの保障措置下（CSA+AP（国家が IS 下））

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に、（少なくとも理論上は）魅力があり不正使用上脆弱なポイントとなる点は、電解精製工程において、各単体の標準電極電位の違いをもとに、陰極の電位を調整して、プルトニウムを単独で分離回収することである（但し高純度は難しい）。

ターゲット・パスウェイ：電解精製工程における Pu の単独分離回収（純粋 Pu までは想定しない）。

ターゲット物資：金属プルトニウム

TD：高い（Cd への U や TRU の析出電位は相互に近接している。このため、電解精製プロセスにおいて、陰極の電位を調整してもこれら元素を単独で分離回収することは実際には難しい（陰極の電位を調整しながら、バッチ処理を何回も繰り返すことになるものと予想される）。したがって、不正使用に関しては、技術的障壁が存在する。）

PC：中程度（既存の電解精製プロセスを利用して、陰極の電位を調整するだけであるため、大規模設備等の変更に係るコストは低いと推察される。しかしながら、上述のように、電位調整してもプルトニウムを単独で分離回収することは困難であり、実際には電位調整しながら、何回も電気分解を繰り返すこと等が予想される。このため、機会費用という観点からは相当程度のコストが発生するものと推察される。）

PT：高い（不正使用に要する時間は、①電解精製プロセスでのプルトニウムの単独分離回収に係る時間、及び②兵器製造時間、となる。上述のように、①に係る時間は長時間に及ぶものと推察される。）

DP：高い（乾式再処理における保障措置の技術的課題として、プロセスにおける核物質管理技術、すなわちリアルタイム計量が開発途上にあることがあげられる。しかしながら、国家が IS 下にある場合は、プルトニウムの単独回収に時間がかかればかかるほど（不正使用者は電位調整と回収を秘密裡に実施しなければならない）、当該行為が検知されやすくなる。）

MT-1：非常に高い（Pu の単独分離回収がもしも可能となれば低いが、現実的にはそのような不正使用の可能性は低い）。

MT-2：非常に高い（Pu の単独分離回収がもしも可能となれば低いが、現実的にはそのような不正使用の可能性は低い）。

DE：中程度（電極調整を通じた単独 Pu 回収行為が長時間に及べば及ぶほど検知されやすくなるため、その分少ない査察業務量で不正使用リスクを抑えることができるとも考えられる。）

ケース：PYRO-2-2

脅威：不正使用

制度環境：包括的保障措置（CSA のみ）

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に、（少なくとも理論上は）魅力があり不正使用上脆弱なポイントとなる点は、電解精製工程において、各単体の標準電極電位の違いをもとに、陰極の電位を調整して、プルトニウムを単独で分離回収することである。

ターゲット・パスウェイ：電解精製工程における Pu の単独分離回収。

ターゲット物資：金属プルトニウム

TD：高い（Cd への U や TRU の析出電位は相互に近接している。このため、電解精製プロセスにおいて、陰極の電位を調整してもこれら元素を単独で分離

回収することは実際には難しい（陰極の電位を調整しながら、バッチ処理を何回も繰り返すことになるものと予想される）。したがって、不正使用に関しては、技術的障壁が存在する。）

PC：中程度（既存の電解精製プロセスを利用して、陰極の電位を調整するだけであるため、大規模設備等の変更に係るコストは低いと推察される。しかしながら、上述のように、電位調整してもプルトニウムを単独で分離回収することは困難であり、実際には電位調整しながら、何回も電気分解を繰り返すこと等が予想される。このため、機会費用という観点からは相当程度のコストが発生するものと推察される。）

PT：中程度（不正使用に要する時間は、①電解精製プロセスでのプルトニウムの単独分離回収に係る時間、及び②兵器製造時間、となる。上述のように、①に係る時間は長時間に及ぶものと推察される。但し、これらの不正使用のプロセスが1年未満で実施可能かどうか、については定かではない。）

DP：低い（乾式再処理における保障措置の技術的課題として、プロセスにおける核物質管理技術、すなわちリアルタイム計量が開発途上にあることがあげられる。しかしながら、プルトニウムの単独回収に時間がかかり1年未満で回収できなければ（不正使用者は電位調整と回収を秘密裡に実施しなければならない）、当該行為は検知される。）

MT-1：非常に高い（Puの単独分離回収がもしも可能となれば低いが、現実的にはそのような不正使用の可能性は低い）。

MT-2：非常に高い（Puの単独分離回収がもしも可能となれば低いが、現実的にはそのような不正使用の可能性は低い）。

DE：低い（電極調整を通じた単独Pu回収行為が長時間に及べば及ぶほど検知されやすくなる。高い放射線場での査察は査察コストを増大させる可能性がある）

ケース：PYRO-2-3

脅威：不正使用

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される経路のうち、もっとも拡散者に、（少なくとも理論上は）魅力があり不正使用上脆弱なポイントとなる点は、電解精製工程において、各単体の標準電極電位の違いをもとに、陰極の電位を調整して、プルトニウムを単独で分離回収することである。

ターゲット・パスウェイ：電解精製工程におけるPuの単独分離回収。

ターゲット物資：金属プルトニウム

TD：高い（CdへのUやTRUの析出電位は相互に近接している。このため、電解精製プロセスにおいて、陰極の電位を調整してもこれら元素を単独で分離回収することは実際には難しい（陰極の電位を調整しながら、バッチ処理を何回も繰り返すことになるものと予想される）。したがって、不正使用に関しては、技術的障壁が存在する。）

PC：中程度（既存の電解精製プロセスを利用して、陰極の電位を調整するだけであるため、大規模設備等の変更に係るコストは低いと推察される。しかしながら、上述のように、電位調整してもプルトニウムを単独で分離回収することは困難であり、実際には電位調整しながら、何回も電気分解を繰り返すこと等が予想される。このため、機会費用という観点からは相当程度のコストが発生するものと推察される。）

PT：低い（不正使用に要する時間は、①電解精製プロセスでのプルトニウムの単独分離回収に係る時間、及び②兵器製造時間、となる。当該国は、査察を受けずにこれらを行うことができるものの、①に係る時間は長時間に及ぶものと推察されるため、「PT が非常に低い」という評価までには至らない。

DP：非常に低い（不正使用者は陰極電位調整と単独 Pu 回収とを保障措置のない状況下において実施することができる。）

MT-1：低い（Pu の単独分離回収がもしも可能となれば低い。）

MT-2：中程度（Pu の単独分離回収がもしも可能となれば低い。ただし Pu は RG である）

DE：NA

ケース：PYRO-3-1

脅威：脱退（CSA+AP（国家が IS 下）からの脱退）

対象とする環境：公然転用

経路解析：想定される脅威のうち、もっとも拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとして、射出成型（燃料製造）工程における、プルトニウムと超ウラン元素（TRU）の混合物の抜き取りを想定する。

ターゲット・パスウェイ：陰極回収物（液体カドミウム陰極回収物）処理工程から射出成型工程への工程間での抜き取り、射出成型工程における抜き取り等？

ターゲット物資：Pu-TRU 混合物

TD：中程度（乾式再処理においては、プルトニウムは単離された形ではなく、超ウラン元素との混合物として存在する。このため、崩壊熱及び放射能レベルが高く、人の接近を困難としている。したがって、転用（抜き取り）に関しては、技術的障壁が存在する。）

PC：中程度（抜き取りを容易にするために、ホットセルの改造等が必要となる。また、取り出された Pu-TRU 混合物から Pu を単離するためには、別途 PUREX 法等の Pu 回収技術が必要となる（もっとも、後述のように、乾式再処理の電解精製工程において、各単体の標準電極電位の違いをもとに、Pu を単離することは理論的には可能である）。したがって、ある程度の転用コストを要するものと考えられる。）

PT：低い（抜き取られる物資は、ホットセル内で取り扱われ、崩壊熱及び放射能レベルの高い、Pu-TRU 混合物であり、接近困難性を具備する。したがって、拡散に要する時間は、①当該物資の抜き取り及びハンドリングに係る（接

近困難性を緩和する) 措置の準備時間、②Pu の分離時間 (Pu の分離に PUREX 法が利用される場合には、さらにその準備時間 (設備の用意等) と硝酸系から金属への転換時間が加算される)、及び③兵器製造時間、となる。当該国は、査察を受けずにこれらの準備等を行うことができるものの、高放射線の遮蔽を介しての作業が必要となる等、それにはある程度の期間が必要とされるため、「PT が非常に低い」という評価までには至らない。)

DP : 非常に低い (公然転用であるため、保障措置検知能なし)

MT-1 : 非常に高い (抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。)

MT-2 : 非常に高い (抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。)

DE : NA (公然転用であるため対象外)

ケース : PYRO-3-2

脅威 : **脱退** (CSA+AP (国家が IS 下) からの脱退)

対象とする環境 : 公然不正使用

経路解析 : 想定される経路のうち、もっとも拡散者に、(少なくとも理論上は) 魅力があり不正使用上脆弱なポイントとなる点は、電解精製工程において、各単体の標準電極電位の違いをもとに、陰極の電位を調整して、プルトニウムを単独で分離回収することである。

ターゲット・パスウェイ : 電解精製工程における Pu の単独分離回収。

ターゲット物質 : 金属プルトニウム

TD : 高い (Cd への U や TRU の析出電位は相互に近接している。このため、電解精製プロセスにおいて、陰極の電位を調整してもこれら元素を単独で分離回収することは実際には難しい (陰極の電位を調整しながら、バッチ処理を何回も繰り返すことになるものと予想される)。したがって、不正使用に関しては、技術的障壁が存在する。)

PC : 中程度 (既存の電解精製プロセスを利用して、陰極の電位を調整するだけであるため、大規模設備等の変更に係るコストは低いと推察される。しかしながら、上述のように、電位調整してもプルトニウムを単独で分離回収することは困難であり、実際には電位調整しながら、何回も電気分解を繰り返すこと等が予想される。このため、機会費用という観点からは相当程度のコストが発生するものと推察される。)

PT : 低い (不正使用に要する時間は、①電解精製プロセスでのプルトニウムの単独分離回収に係る時間、及び②兵器製造時間、となる。当該国は、査察を受けずにこれらを行うことができるものの、①に係る時間は長時間に及ぶものと推察されるため、「PT が非常に低い」という評価までには至らない。)

DP : 非常に低い (不正使用者は陰極電位調整と単独 Pu 回収とを保障措置のない状況下において実施することができる。)

MT-1 : 低い (Pu の単独分離回収がもしも可能となれば低い。)

MT-2：低い（Puの単独分離回収がもしも可能となれば低い。）

DE：NA（公然転用であるため対象外）

ケース：PYRO-4-1

脅威：「テロリスト（インサイダー）」への抵抗性評価

制度環境：高いレベルの保障措置下（CSA+AP（国家がIS下））

経路解析：想定される脅威のうち、もっともインサイダーに魅力があり転用上脆弱なケースとして、射出成型（燃料製造）工程における、プルトニウムと超ウラン元素（TRU）の混合物の抜き取りを想定する。

ターゲット・パスウェイ：陰極回収物（液体カドミウム陰極回収物）処理工程から射出成型工程への工程間での抜き取り、射出成型工程における抜き取り等 ターゲット物資は、Pu-TRU混合物。

ターゲット物資：金属プルトニウム。インサイダー単独での拡散は不可能であり、内部関係者の協力が不可欠であると思われる。

TD：中程度（乾式再処理においては、プルトニウムは単離された形ではなく、超ウラン元素との混合物として存在する。このため、崩壊熱及び放射能レベルが高く、人の接近を困難としている。したがって、転用（抜き取り）に関しては、技術的障壁が存在する。）

PC：中程度（抜き取りを容易にするために、ホットセルの改造等が必要となる。また、取り出されたPu-TRU混合物からPuを単離するためには、別途PUREX法等のPu回収技術が必要となる（もっとも、後述のように、乾式再処理の電解精製工程において、各単体の標準電極電位の違いをもとに、Puを単離することは理論的には可能である）。したがって、ある程度の転用コストを要するものと考えられる。）

PT：高い（抜き取られる物資は、ホットセル内で取り扱われ、崩壊熱及び放射能レベルの高い、Pu-TRU混合物であり、接近困難性を具備する。したがって、拡散に要する時間は、①当該物資の抜き取り及びハンドリングに係る（接近困難性を緩和する）措置の準備時間、②Puの分離時間（Puの分離にPUREX法が利用される場合には、さらにその準備時間（設備の用意等）と硝酸系から金属への転換時間が加算される）、及び③兵器製造時間、となる。当該国（IS下）の中では、別の分離施設を保有することができず、また当然ながら兵器製造施設を建設することもできない。インサイダーは内部関係者と協力しつつ、これらの準備等をIS下にある国家の下で秘密裡に実施する必要があり、それには困難を伴う。）

DP：高い（乾式再処理における保障措置の技術的課題として、プロセスにおける核物質管理技術、すなわちリアルタイム計量が開発途上にあることがあげられる。これは、液体の中で対象物質が均質となるPUREX法等に対して、乾式再処理法においては、固体及び液体とが共存し対象物質が不均質となり、モニタリング技術に工夫が必要とされるからである。しかしながらその一方で、ISの下では、拡散に係る行動が検知・捕捉される確率は非常に高い。こ

れらを踏まえ、総合的に勘案するならば、CSA+AP、国家が IS 下の状況下における乾式再処理でのインサイダーによる転用行為の検知確率は高いと判断できる。）

MT-1：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。）

MT-2：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。）

DE：低い（リアルタイム計量が開発途上。但し、抜き取り対象物質そのものが接近困難であり自己防護性を具備していることから、少ない査察業務量で転用リスクを抑えることが可能と考えられる一方で、高い放射線場での査察は査察コストを増大させる可能性がある。）

ケース：PYRO-4-2

脅威：「テロリスト（インサイダー）」への抵抗性評価

制度環境：包括的保障措置（CSA のみ）

経路解析：想定される脅威のうち、もっともインサイダーに魅力があり転用上脆弱なケースとして、射出成型（燃料製造）工程における、プルトニウムと超ウラン元素（TRU）の混合物の抜き取りを想定する。

ターゲット・パスウェイ：陰極回収物（液体カドミウム陰極回収物）処理工程から射出成型工程への工程間での抜き取り、射出成型工程における抜き取り等 ターゲット物資は、Pu-TRU 混合物。

ターゲット物資：金属プルトニウム。インサイダー単独での拡散は不可能であり、内部関係者の協力が不可欠であると思われる。

TD：中程度（乾式再処理においては、プルトニウムは単離された形ではなく、超ウラン元素との混合物として存在する。このため、崩壊熱及び放射能レベルが高く、人の接近を困難としている。したがって、転用（抜き取り）に関しては、技術的障壁が存在する。）

PC：中程度（抜き取りを容易にするために、ホットセルの改造等が必要となる。また、取り出された Pu-TRU 混合物から Pu を単離するためには、別途 PUREX 法等の Pu 回収技術が必要となる（もっとも、後述のように、乾式再処理の電解精製工程において、各単体の標準電極電位の違いをもとに、Pu を単離することは理論的には可能である）。したがって、ある程度の転用コストを要するものと考えられる。）

PT：中程度（抜き取られる物資は、ホットセル内で取り扱われ、崩壊熱及び放射能レベルの高い、Pu-TRU 混合物であり、接近困難性を具備する。したがって、拡散に要する時間は、①当該物資の抜き取り及びハンドリングに係る（接近困難性を緩和する）措置の準備時間、②Pu の分離時間（Pu の分離に PUREX 法が利用される場合には、さらにその準備時間（設備の用意等）と硝酸系から金属への転換時間が加算される）、及び③兵器製造時間、となる。インサイダーは内部関係者と協力しつつ、これらの準備等を秘密裡に実施する必

要があるが、1年未満でそれを実施できるかどうかは不明。)

DP：低い（乾式再処理における保障措置の技術的課題として、プロセスにおける核物質管理技術、すなわちリアルタイム計量が開発途上にあることがあげられる。これは、液体の中で対象物質が均質となる PUREX 法等に対して、乾式再処理法においては、固体及び液体とが共存し対象物質が不均質となり、モニタリング技術に工夫が必要とされるからである。また、本想定シナリオにおいては、CSA 下での保障措置検知技術を回避した転用や秘密裡施設の存在は検知ができない。)

MT-1：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。)

MT-2：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA 混合物であり、そこから Pu の分離、硝酸 Pu から金属への転換が必要となる。)

DE：低い（リアルタイム計量が開発途上。但し、抜き取り対象物質そのものが接近困難であり自己防護性を具備していることから、少ない査察業務量で転用リスクを抑えることが可能と考えられる一方で、高い放射線場での査察は査察コストを増大させる可能性がある。)

ケース：PYRO-4-3

脅威：「テロリスト（インサイダー）」への抵抗性評価

制度環境：保障措置なし

経路解析：想定される脅威のうち、もっともインサイダーに魅力があり転用上脆弱なケースとして、射出成型（燃料製造）工程における、プルトニウムと超ウラン元素（TRU）の混合物の抜き取りを想定する。

ターゲット・パスウェイ：陰極回収物（液体カドミウム陰極回収物）処理工程から射出成型工程への工程間での抜き取り、射出成型工程における抜き取り等 ターゲット物資は、Pu-TRU 混合物。

ターゲット物資：金属プルトニウム。インサイダー単独での拡散は不可能であり、内部関係者の協力が不可欠であると思われる。

TD：中程度（乾式再処理においては、プルトニウムは単離された形ではなく、超ウラン元素との混合物として存在する。このため、崩壊熱及び放射能レベルが高く、人の接近を困難としている。したがって、転用（抜き取り）に関しては、技術的障壁が存在する。)

PC：中程度（抜き取りを容易にするために、ホットセルの改造等が必要となる。また、取り出された Pu-TRU 混合物から Pu を単離するためには、別途 PUREX 法等の Pu 回収技術が必要となる（もっとも、後述のように、乾式再処理の電解精製工程において、各単体の標準電極電位の違いをもとに、Pu を単離することは理論的には可能である）。したがって、ある程度の転用コストを要するものと考えられる。)

PT：低い（抜き取られる物資は、ホットセル内で取り扱われ、崩壊熱及び放射能レベルの高い、Pu-TRU 混合物であり、接近困難性を具備する。したがっ

て、拡散に要する時間は、①当該物資の抜き取り及びハンドリングに係る（接近困難性を緩和する）措置の準備時間、②Puの分離時間（Puの分離にPUREX法が利用される場合には、さらにその準備時間（設備の用意等）と硝酸系から金属への転換時間が加算される）、及び③兵器製造時間、となる。インサイダーは、査察を受けずにこれらの準備等を行うことができるものの、高放射線の遮蔽を介しての作業が必要となる等、それにはある程度の期間が必要とされるため、「PTが非常に低い」という評価までには至らない。）

DP：非常に低い（保障措置検知能なし）

MT-1：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA混合物であり、そこからPuの分離、硝酸Puから金属への転換が必要となる。）

MT-2：非常に高い（抜き取られる物資は、Pu、U、MA混合物であり、そこからPuの分離、硝酸Puから金属への転換が必要となる。）

DE：NA

表 1. 「転用」への抵抗性評価（再処理技術）

◎ 非常に高い、○高い、△中程度、×低い、XX非常に低い

MT: 高速炉ブランケット燃料（WG）、軽水炉燃料（RG）の順で併記

技術	制度 レベル	転用への PR					
		TD	PC	PT	DP	MT FBE-Bra, LWR	DE
PUREX	CSA+AP	XX	XX	△	◎	X, △	○
	CSA	XX	XX	X	△	X, △	△
	SG 無	XX	XX	XX	XX	X, △	NA
コプロ COEX	CSA+AP	XX	XX	○	◎	0, 0	○
	CSA	XX	XX	△	△	0, 0	△
	SG 無	XX	XX	X	XX	0, 0	NA
先進 湿式	CSA+AP	△	△	○	◎	0, 0	△
	CSA	△	△	△	△	0, 0	X
	SG 無	△	△	X	XX	0, 0	NA
モノア ミド	CSA+AP	△	△	○	◎	0, 0	△
	CSA	△	△	△	△	0, 0	X
	SG 無	△	△	X	XX	0, 0	NA
FLUOREX	CSA+AP	XX	XX	○	○	0, 0	△
	CSA	XX	XX	△	△	0, 0	X
	SG 無	XX	XX	X	XX	0, 0	NA
NPC 沈殿	CSA+AP	△	△	○	◎	0, 0	△
	CSA	△	△	△	△	0, 0	X
	SG 無	△	△	X	XX	0, 0	NA
超臨界	CSA+AP	△	△	○	○	0, 0	△
	CSA	△	△	△	X	0, 0	X
	SG 無	△	△	XX	XX	0, 0	NA
イオン 交換	CSA+AP	△	△	○	◎	0, 0	△
	CSA	△	△	△	△	0, 0	X
	SG 無	△	△	XX	XX	0, 0	NA
UREX+	CSA+AP	XX	XX	○	◎	0, 0	△
	CSA	XX	XX	△	△	0, 0	X

	SG 無	XX	XX	X	XX	0、0	NA
GANEX	CSA+AP	△	△	○	◎	◎、◎	△
	CSA	△	△	△	△	◎、◎	X
	SG 無	△	△	X	XX	◎、◎	NA
乾式 パイロ	CSA+AP	△	△	○	○	◎、◎	X
	CSA	△	△	△	X	◎、◎	X
	SG 無	△	△	X	XX	◎、◎	NA

脅威：転用
CSA+AP (IS) 下での抵抗性比較

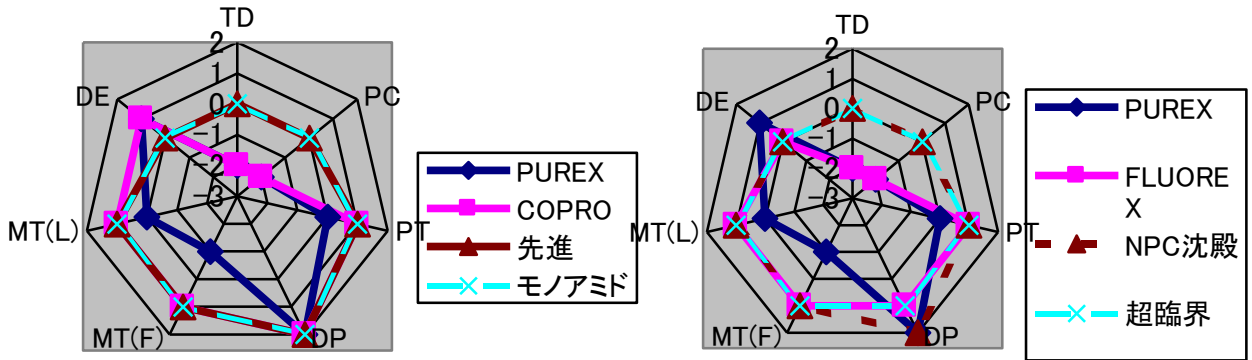


図1-1

図 1-2

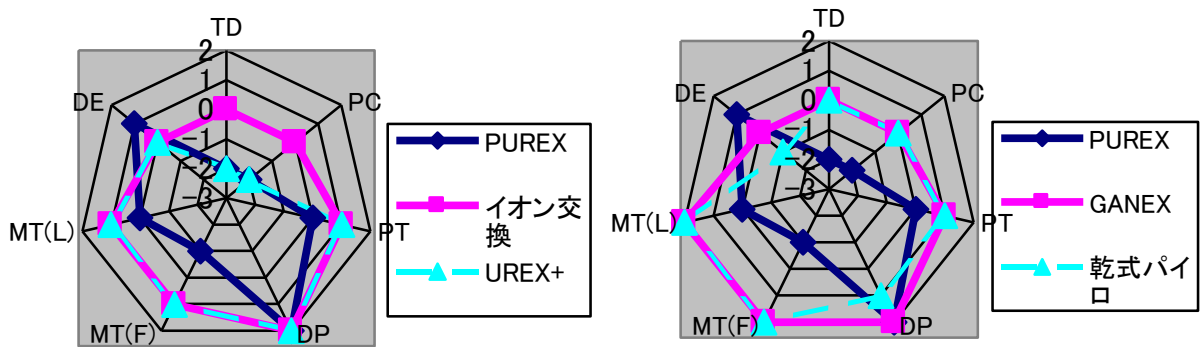


図 1-3

図 1-4

脅威：転用

CSA のみでの抵抗性比較

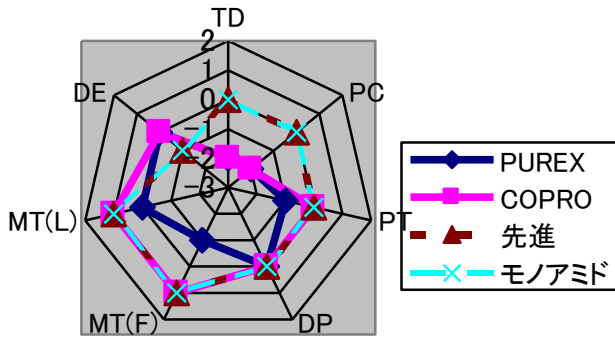


図 1-5

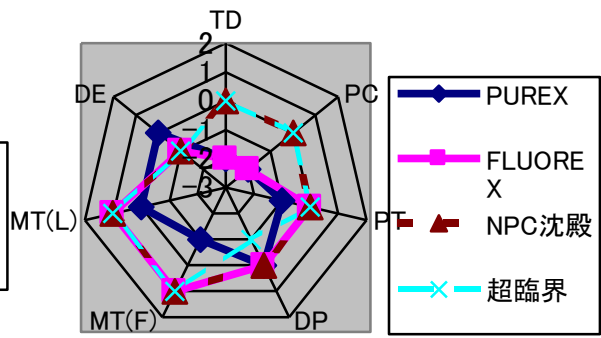


図 1-6

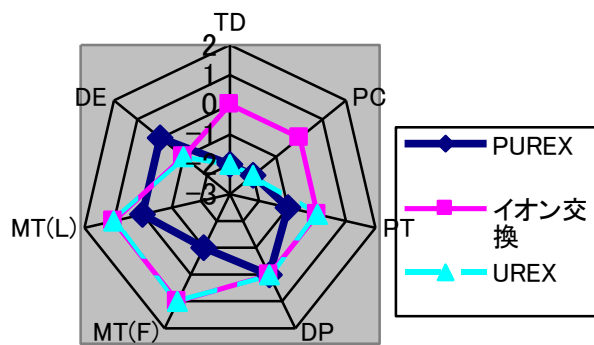


図 1-7

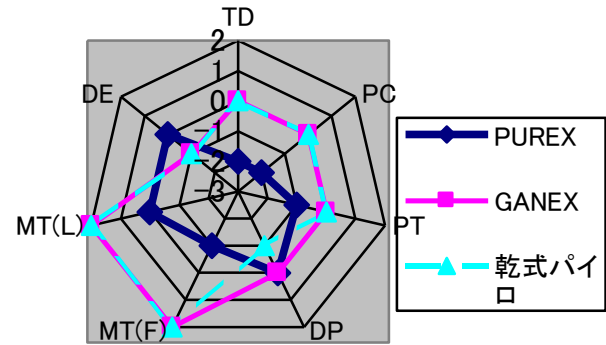


図 1-8

脅威：転用
 保障措置なしにおける抵抗性比較

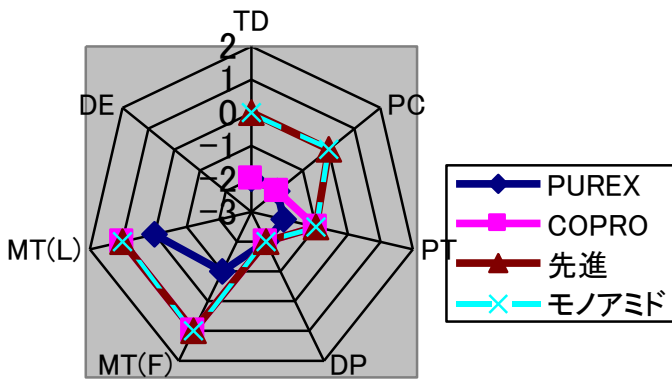


図 1-9

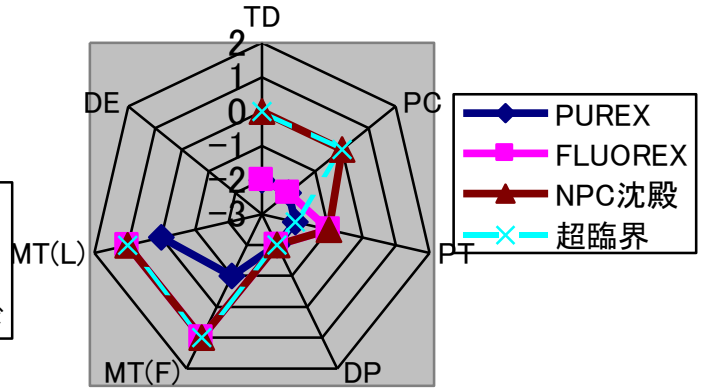


図 1-10

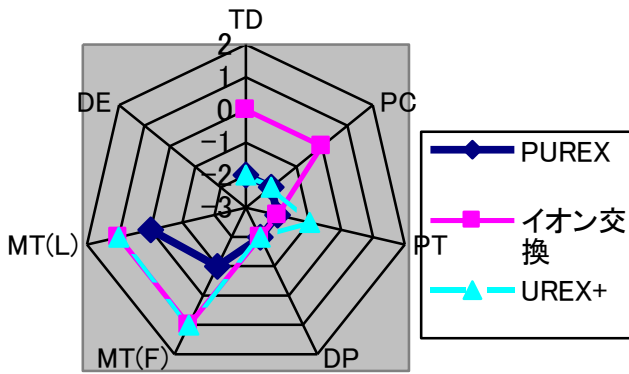


図 1-11

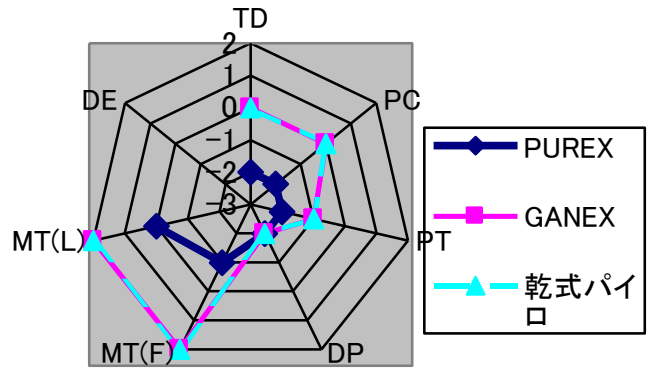


図 1-12

表2. 「不正使用」への抵抗性評価（再処理技術）

◎ 非常に高い、○高い、△中程度、×低い、XX非常に低い

MT: 高速炉ブランケット燃料（WG）、軽水炉燃料（RG）の順で併記

技術	制度 レベル	不正使用への PR					
		TD	PC	PT	DP	MT	DE
PUREX	CSA+AP	XX	XX	△	◎	×, △	○
	CSA	XX	XX	×	△	×, △	△
	SG 無	XX	XX	XX	XX	×, △	NA
コプロ COEX	CSA+AP	△	×	△	◎	△, △	○
	CSA	△	×	×	△	△, △	△
	SG 無	△	×	XX	XX	×, △	NA
先進 湿式	CSA+AP	△	△	○	◎	△, △	△
	CSA	△	△	△	△	△, △	×
	SG 無	△	△	XX	XX	×, △	NA
モノア ミド	CSA+AP	△	△	○	◎	△, △	△
	CSA	△	△	×	△	×	×
	SG 無	×	△	XX	XX	△, △	NA
FLUOREX	CSA+AP	△	×	△	◎	△, △	△
	CSA	△	×	×	○	△, △	×
	SG 無	△	×	XX	XX	×, △	NA
NPC 沈殿	CSA+AP	△	△	△	◎	△, △	△
	CSA	△	△	×	△	△, △	×
	SG 無	×	△	XX	XX	×, △	NA
超臨界	CSA+AP	○	○	△	○	△, △	△
	CSA	○	○	△	×	△, △	×
	SG 無	△	○	XX	XX	×, △	NA
イオン 交換	CSA+AP	△	△	△	◎	○, ○	△
	CSA	△	×	×	△	○, ○	×
	SG 無	△	△	XX	XX	×, △	NA
UREX+	CSA+AP	△	×	△	◎	△, △	△
	CSA	△	×	×	△	△, △	×

	SG 無	△	X	XX	XX	X, △	NA
GANEX	CSA+AP	△	△	○	◎	○, ○	△
	CSA	△	△	△	△	○, ○	X
	SG 無	△	△	X	XX	X, △	NA
乾式 パイロ	CSA+AP	○	△	○	○	◎, ◎	△
	CSA	○	△	△	X	◎, ◎	X
	SG 無	○	△	X	XX	X, X	NA

脅威：不正使用
CSA+AP (IS) 下での抵抗性比較

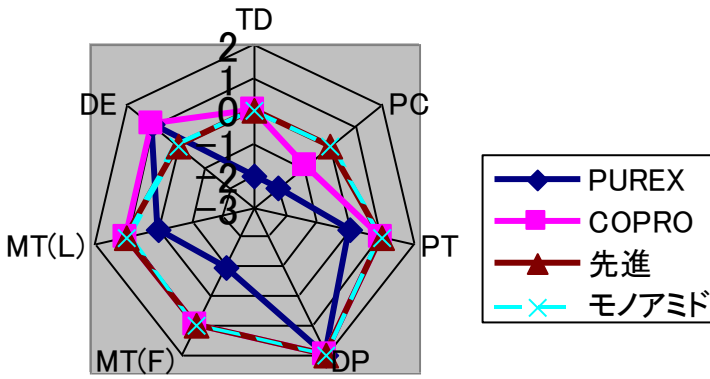


図 2-1

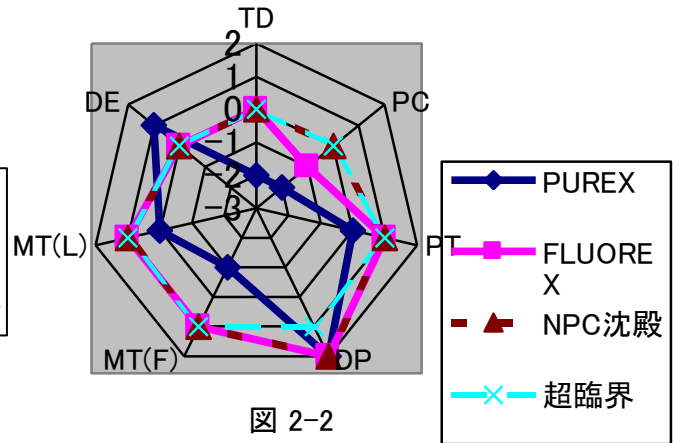


図 2-2

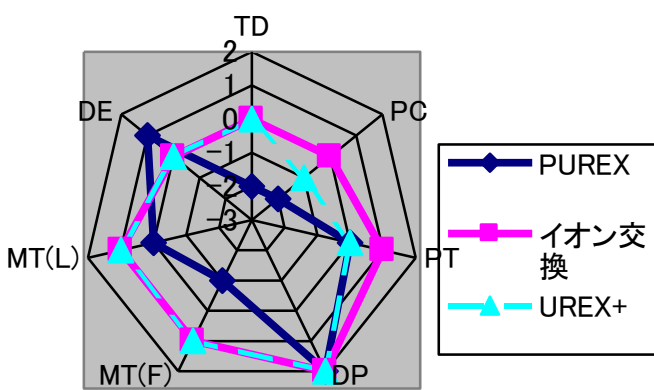


図 2-3

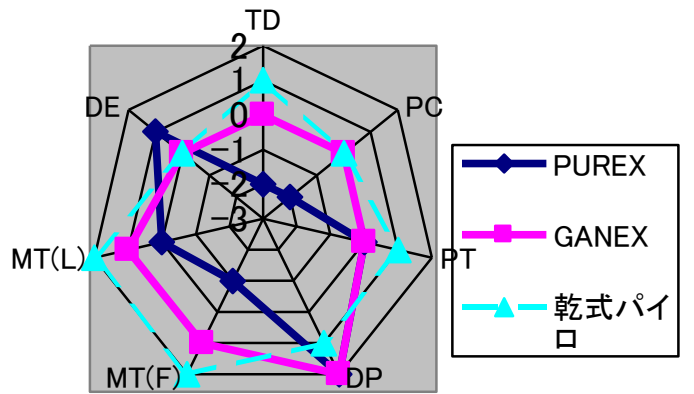


図 2-4

脅威：不正使用
CSA のみでの抵抗性比較

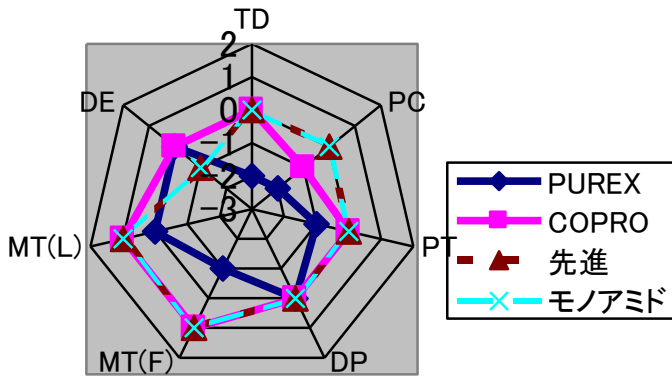


図 2-5

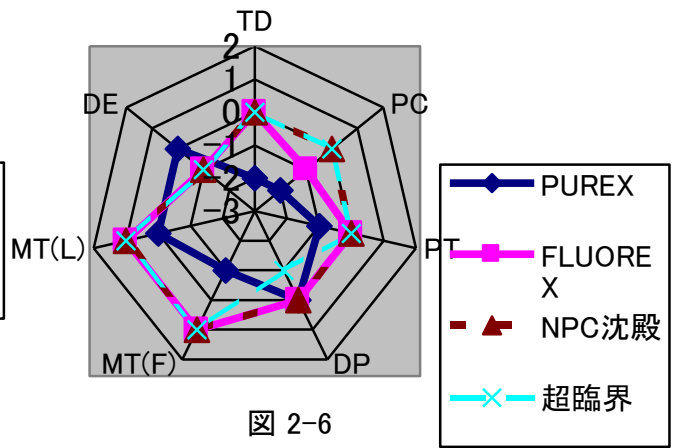


図 2-6

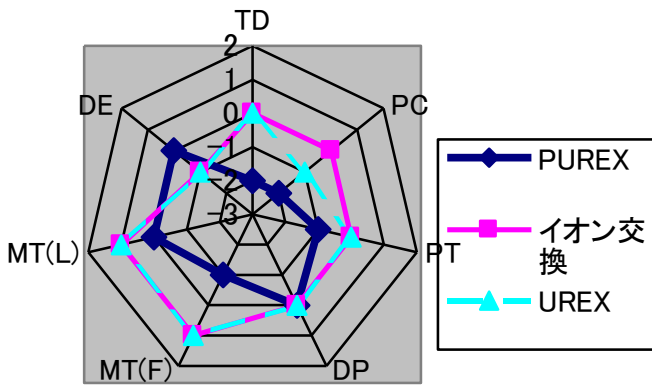


図 2-7

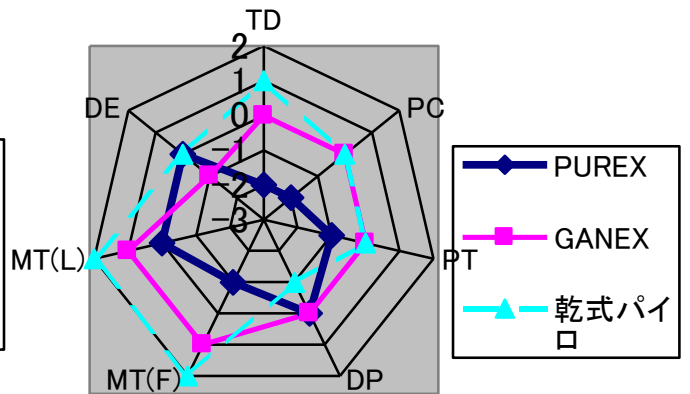


図 2-8

脅威：不正使用
 保障措置なしの下での抵抗性比較

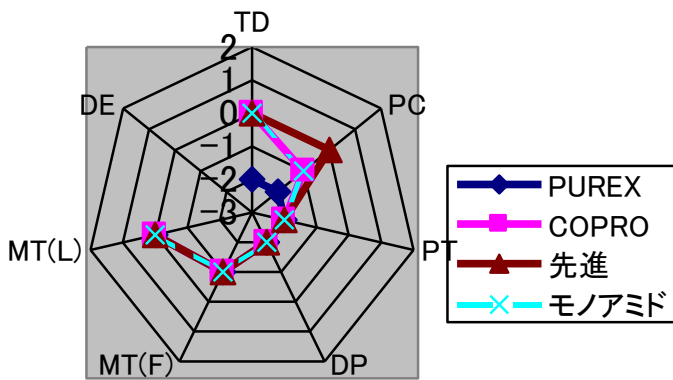


図 2-9

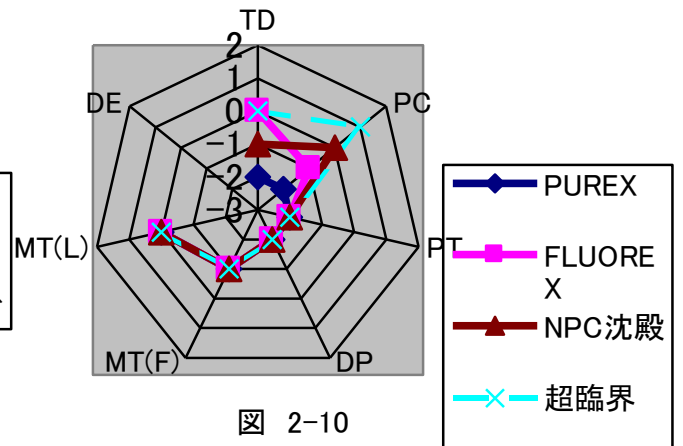


図 2-10

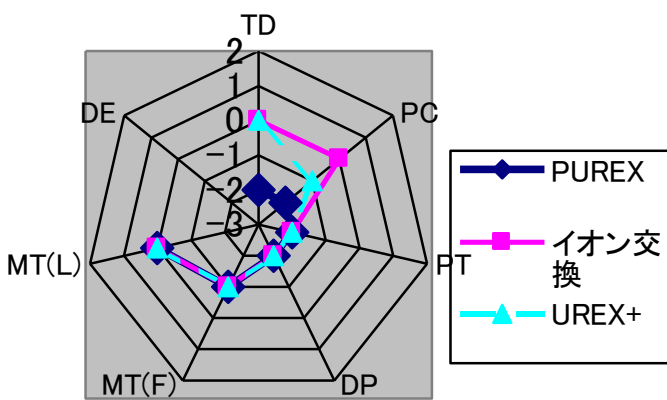


図 2-11

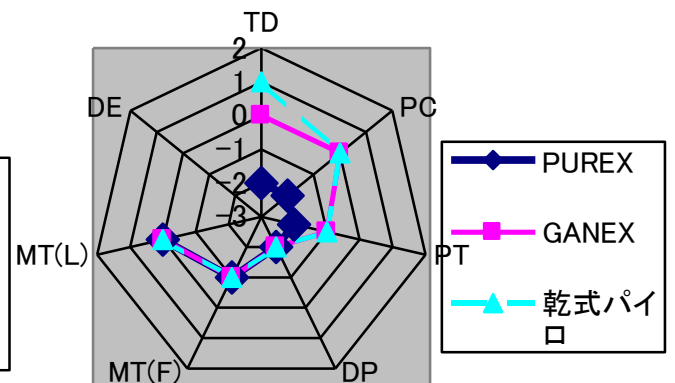


図 2-12

表3. 「脱退」への抵抗性評価（再処理技術）

◎ 非常に高い、○高い、△中程度、×低い、××非常に低い

MT: 高速炉ブランケット燃料（WG）、軽水炉燃料（RG）の順で併記

技術	ケース	脱退へのPR					
		TD	PC	PT	DP	MT	DE
PUREX	公然 転用	XX	XX	X	XX	X, Δ	NA
	公然 不正 使用	XX	XX	X	XX	X, Δ	NA
コプロ COEX	公然 転用	XX	XX	X	XX	0, 0	NA
	公然 不正 使用	Δ	X	X	XX	X, Δ	NA
先進 湿式	公然 転用	Δ	Δ	X	XX	0, 0	NA
	公然 不正 使用	Δ	Δ	X	XX	X, 0	NA
モノア ミド	公然 転用	Δ	Δ	X	XX	Δ, 0	NA
	公然 不正 使用	X	Δ	X	XX	X, Δ	NA
FLUOREX	公然 転用	XX	XX	X	XX	0, 0	NA
	公然 不正 使用	Δ	X	X	XX	X, Δ	NA
NPC 沈殿	公然 転用	Δ	Δ	X	XX	0, 0	NA
	公然 不正 使用	X	X	X	XX	X, Δ	NA
超臨界	公然 転用	Δ	Δ	X	XX	Δ, 0	NA
	公然 不正 使用	○	○	X	XX	X, Δ	NA
イオン	公然	X	X	X	XX	Δ, Δ	NA

交換	転用						
	公然不正使用	X	X	X	XX	X, Δ	NA
UREX+	公然転用	XX	XX	X	XX	0, 0	NA
	公然不正使用	Δ	X	X	XX	X, Δ	NA
GANEX	公然転用	Δ	Δ	X	XX	0, 0	NA
	公然不正使用	X	Δ	X	XX	X, Δ	NA
乾式パイロ	公然転用	Δ	Δ	X	XX	⊙, ⊙	NA
	公然不正使用	○	Δ	X	XX	X, X	NA

脅威：脱退
公然転用下での抵抗性比較

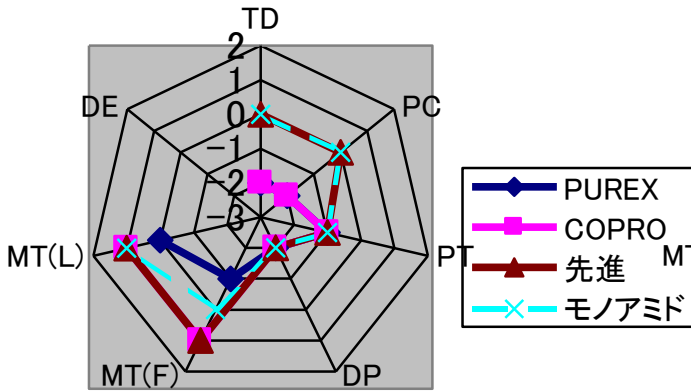


図 3-1

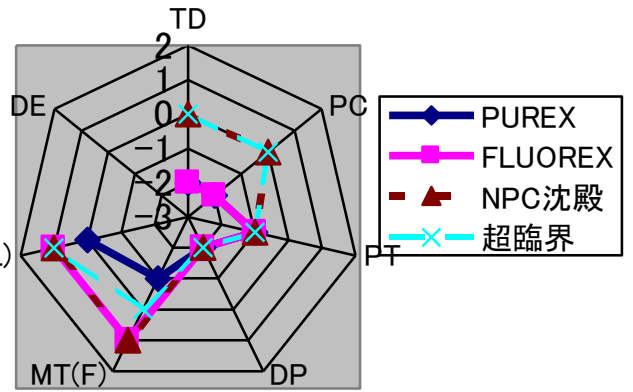


図 3-2

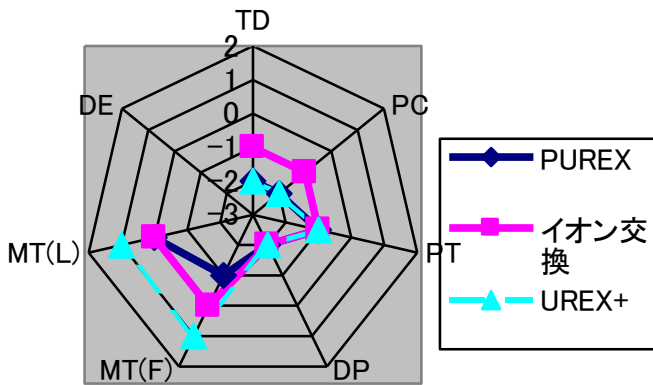


図 3-3

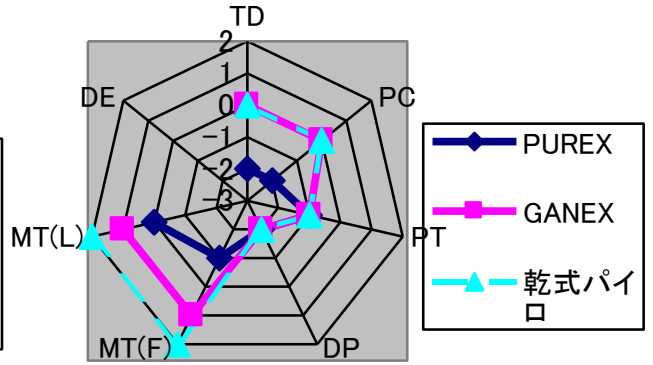


図 3-4

脅威：脱退
公然不正使用下での抵抗性比較

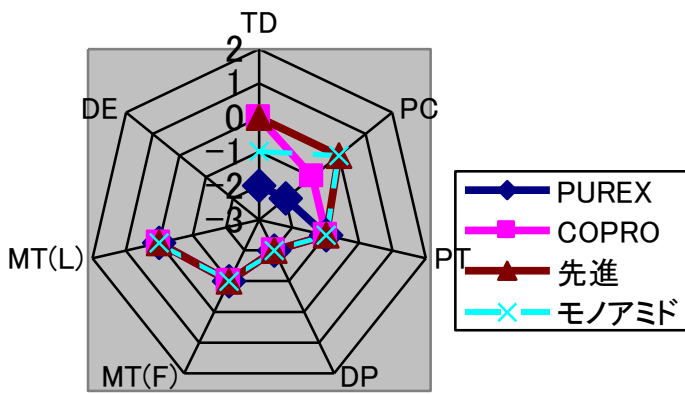


図 3-5

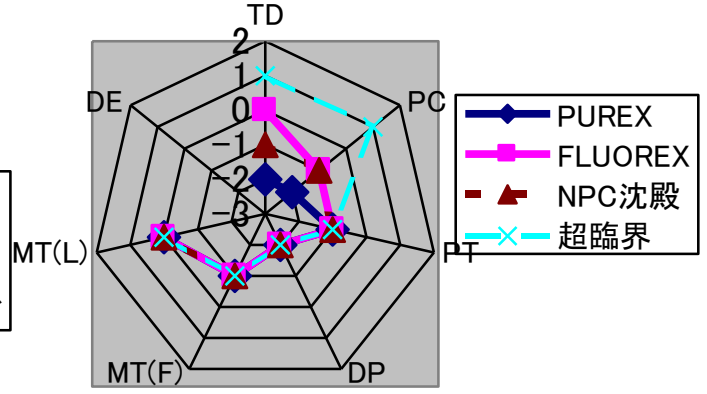


図 3-6

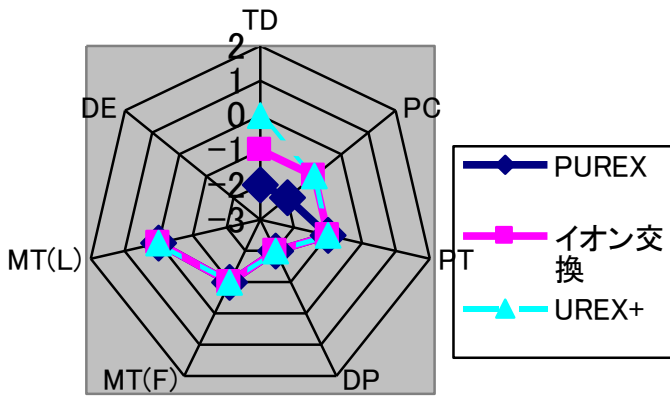


図 3-7

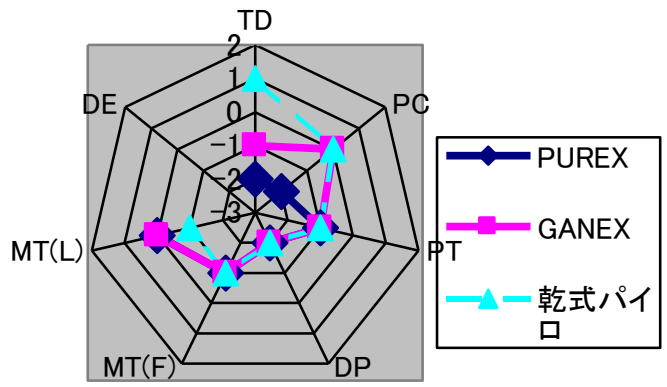


図 3-8

表4. 「テロリスト（インサイダー）」への抵抗性評価（再処理技術）

◎ 非常に高い、○高い、△中程度、×低い、XX非常に低い

MT: 高速炉ブランケット燃料（WG）、軽水炉燃料（RG）の順で併記

技術	制度 レベル	テロリスト（インサイダー）へのPR					
		TD	PC	PT	DP	MT	DE
PUREX	CSA+AP	XX	XX	△	◎	X, △	○
	CSA	XX	XX	X	△	X, △	△
	SG 無	XX	XX	X	XX	X, △	NA
コプロ COEX	CSA+AP	XX	XX	○	◎	0, 0	○
	CSA	XX	XX	△	△	0, 0	△
	SG 無	XX	XX	X	XX	0, 0	NA
先進 湿式	CSA+AP	△	△	○	◎	0, 0	△
	CSA	△	△	△	△	0, 0	△
	SG 無	△	△	○	XX	0, 0	NA
モノア ミド	CSA+AP	△	△	○	◎	0, 0	△
	CSA	△	△	△	△	0, 0	X
	SG 無	△	△	X	XX	0, 0	NA
FLUOREX	CSA+AP	XX	XX	△	◎	0, 0	△
	CSA	XX	XX	△	△	0, 0	X
	SG 無	XX	XX	X	XX	0, 0	NA
NPC 沈殿	CSA+AP	△	△	○	◎	0, 0	△
	CSA	△	△	△	△	0, 0	X
	SG 無	△	△	X	XX	0, 0	NA
超臨界	CSA+AP	△	△	○	○	0, 0	△
	CSA	△	△	△	X	0, 0	X
	SG 無	△	△	X	XX	0, 0	NA
イオン 交換	CSA+AP	X	X	○	◎	△, △	△
	CSA	X	X	△	△	△, △	X
	SG 無	X	X	X	XX	X, △	NA
UREX+	CSA+AP	XX	XX	○	◎	0, 0	△
	CSA	XX	XX	△	△	0, 0	X

	SG 無	XX	XX	X	XX	0、0	NA
GANEX	CSA+AP	△	△	△	◎	◎、◎	△
	CSA	△	△	△	△	◎、◎	X
	SG 無	△	△	△	XX	◎、◎	NA
乾式 パイロ	CSA+AP	△	△	○	○	◎、◎	X
	CSA	△	△	△	X	◎、◎	X
	SG 無	△	△	X	XX	◎、◎	NA

脅威：テロリスト（インサイダー）
CSA+AP 下での抵抗性比較

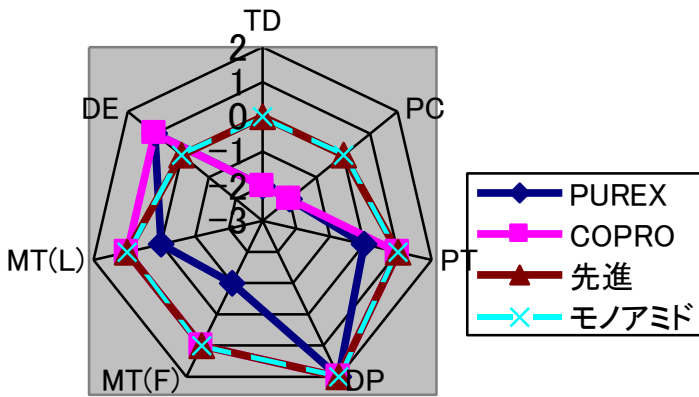


図 4-1

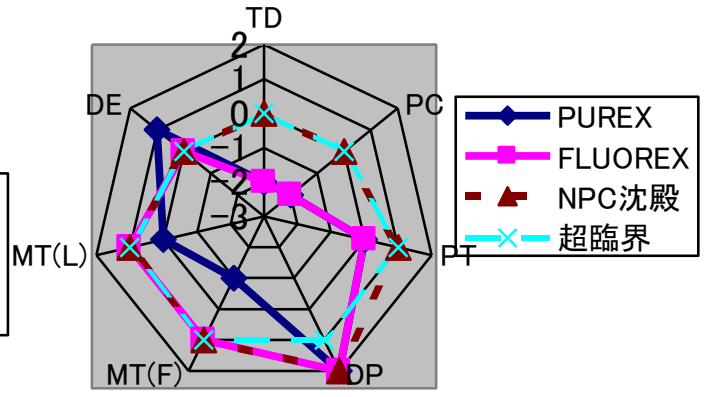


図 4-2

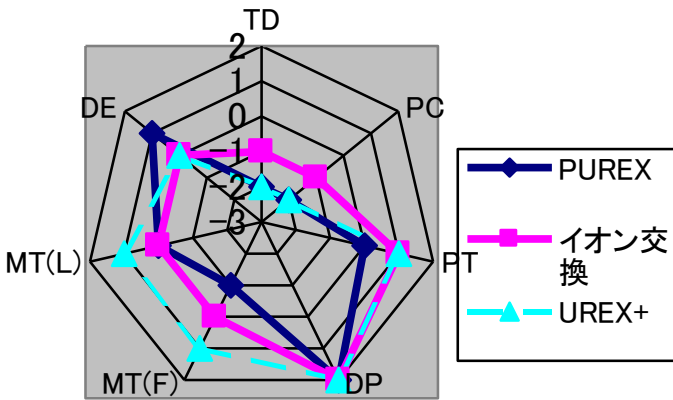


図 4-3

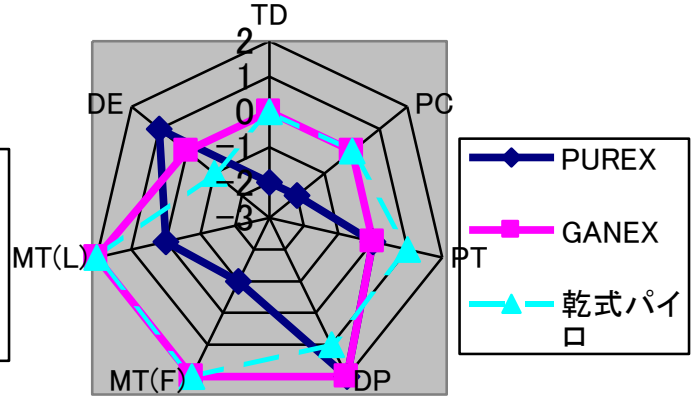


図 4-4

脅威：テロリスト（インサイダー）
CSA のみでの抵抗性比較

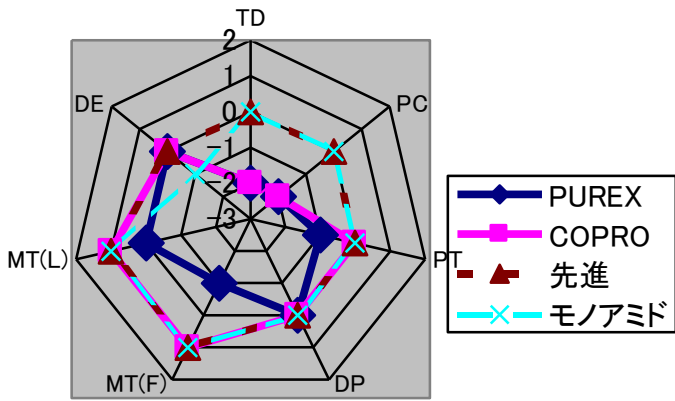


図 4-5

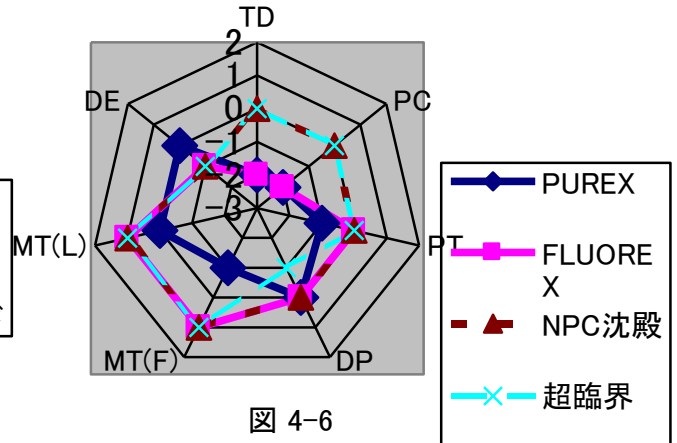


図 4-6

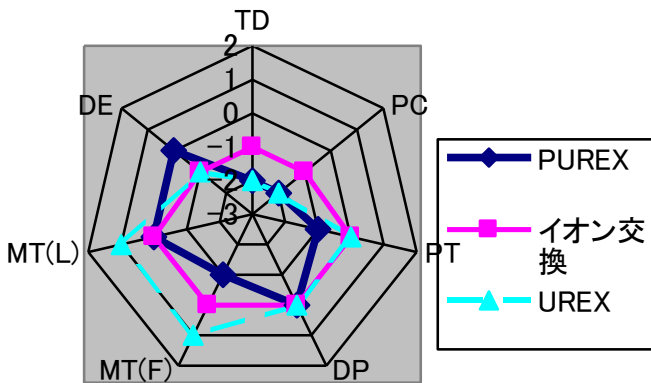


図 4-7

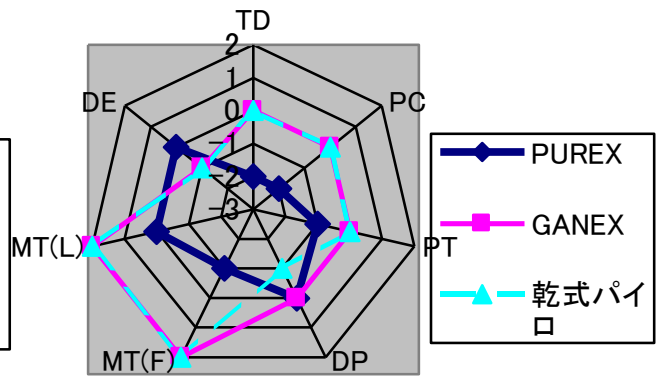


図 4-8

脅威：テロリスト（インサイダー）
 保障措置なしの下での抵抗性比較

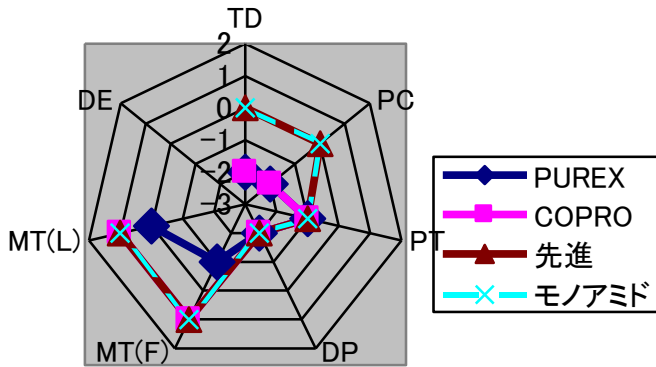


図 4-9

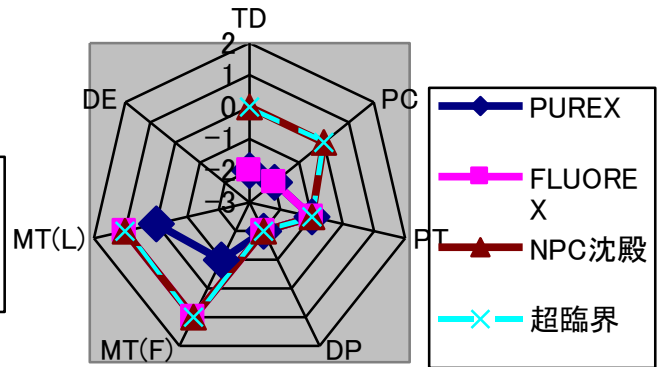


図 4-10

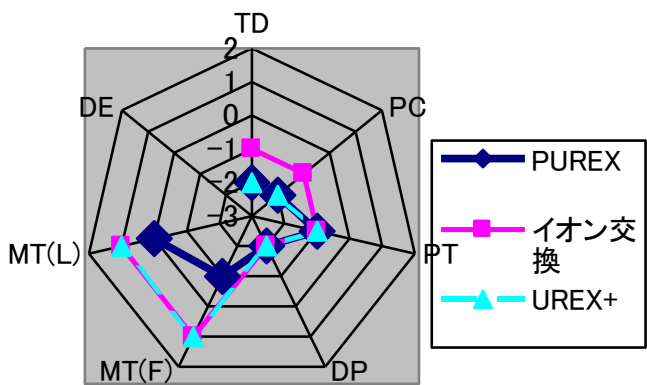


図 4-11

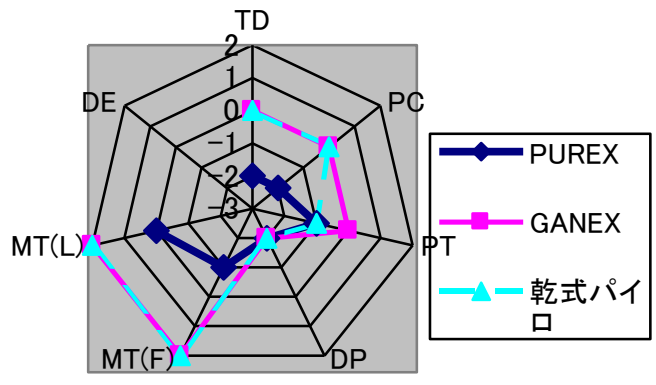


図 4-12

6. 抵抗性比較についての考察

転用：

- 一般に、提案技術のほとんどは、現在使用されている PUREX よりも高い抵抗性 (PR) を示している (一部の技術における知リソース効率 (DE)/検出確率 (DP) を除き、PUREX にくらべ新技術が高い抵抗性を有することが期待できる)。
- 保障措置は、全体の拡散抵抗の測定に重要な役割を果たしていることが結果から明らかに観察される。
- 10 種類の技術の中で、SPDRX、FLUOREX と PYRO ため、その計量管理上の欠点があり、例えば、入量計量タンクで DP が比較的低いことが分かる。それが PYRO では、技術的困難性 (TD) と物質タイプ (MT) での PR の高い値を示している。よって PYRO の平均全体の PR としては、計量管理の欠点とバランスをとっていることが分かる。
- 抵抗性技術について、すなわち、内在的な機能としては、除染係数や Pu の生成物の純度とそれに関連するプロセスが抵抗性上支配的な役割を果たしている。高除染プロセスおよび低除染の間に内在的な特徴の違いは、それほど大きくないかもしれないが、先進湿式法、モノアミド、NCP 沈殿法、SPDRX、GANEX と PYRO は、この点で有意に高い PR を示すことが分かる。
- 保障措置のレベルの高い方が全体の PR 効果が高いが、これは、DP だけでなく、拡散時間 (PT) の増加に起因している。
- 図 1-1~1-8 および図 2-1~2-8 で、新技術は、検出技術で高いレベルを持つ PUREX と比較すると、DE を減少させる可能性があることが示された。すなわち、新技術は、PUREX に比べ、DE を下げる可能性もある。
- 不拡散の影響評価 NPIA¹⁰は、Pu の分離の有無にかかわらず、“再処理施設”自体の存在が拡散のリスクを高くするとした。よって、リサイクルのオプションが取られた場合、抵抗性の中で、保障措置が支配的な役割を果たすべきであることを意味する。

不正使用：

- 保障措置は、核拡散抵抗性において不可欠な役割を果たす。保障措置の実施のレベルは、ミスユースのケースで顕著に効果の差を示している。
- 一部の技術における DE/DP を除き、個々の技術は、概して PUREX にくらべ高い抵抗性を有することが期待できる。
- 転用と同様に、SPDRX、FLUOREX と PYRO は、DP が低く、個々の新しい技術は、DE を除けば、PUREX よりも全体として高い抵抗性を示している。
- ミスユースにおける抵抗性の典型的な特徴は、保障措置なしの場合に、再処理技術の大半において、転用のケースよりも MT 値が低い値を示している。それはプラントが容易にミスユースされない外在的対策のない場合に、

¹⁰ <http://ebookbrowse.com/gnep-npia-pdf-d172423510>

Pu 混合物を Pu 単体で回収したり、せん段工程における WG と RG の Pu の混合を省略できるなどによるものであると考える。すなわち、保障措置のないケースにおいては、どの技術においてもマテリアルタイ (MT) はさほど効果を示さない (プロセスを自由に不正使用できるため、比較的容易に Pu の分離精製が可能となるため)。

脱退 :

- 脱退が発生した場合、もはや DP と DE は、考慮する必要はなくなる。
- 拡散コスト (PC) が TD や MT に左右されることを考慮すれば、脱退の抵抗性について、TD と MT がキー要素となる。
- 脱退における公然転用・不正使用の場合の抵抗性の効果は、保障措置なしのケースにおける公然転用・不正使用シナリオでの抵抗性に類似している。
- 10 の異なる技術間でのプロセス変更 (不正使用) については、わずかに困難性の違いがあるかもしれないが、概して、比較的短時間で Pu の分離のための変更は、可能と考えることができるため、脱退のケースでは、TD は有効に動作しないことも考えられる。
- TD 以外に、脱退のケースでは、MT は、おそらく核兵器の取得を遅らせるかもしれない。Pu (MT) と他の元素との化合物から純粋な Pu を回収する場合に MT としての効果が有効である。Pu-238 の高い Pu (同位体効果) は、MT の抵抗性対策¹¹として提案されており、効果的に核兵器を生産するために状態を阻止することができる。しかし、このようなプルトニウムはまだ武器のために使用可能にすることが不可能ではなく、核兵器保有を試みる国家が、高性能な爆弾を追求していない場合には、遅延時間という面では効果が薄い。
- 取得するために必要な時間は、2008 年に GNEP / NPIA で検討がなされた¹⁰。そこでは Pu の分離抽出機能がすでに使用可能であるという条件の下で照射ターゲット 3~12 ヶ月を必要としていることを示唆した。川久保らは、政治的介入を行うための国際社会への利用可能な時間として定義することができる拡散時間と応答時間の間の比較を議論した¹²。本論文では、北朝鮮のケースなど参照に求められたものであるが、ここでは、国際的努力も有効には作用せず、2006 年に核兵器の獲得をもたらした。すなわち、脱退の発生後、現在の国連のフォローアップシステムでは、タイムリーに核兵器国の生産を防ぐために十分に機能しないといえるかもしれず、脱退のケースでの拡散時間に対する TD や MT の効果は現在のところ有効とはいえない。
- しかし、新技術は、一般に PT に対する抵抗性としては不十分かもしれないが、核兵器取得の遅延を助けるということ、インセンティブを抑止す

¹¹例えば PPP “Inherent Protection of Plutonium by Doping Minor Actinide in Thermal Neutron Spectra”, Y. Perhoga, et.al., J. Nucl. Sci. and Tech., Vol.42, No.5, p.442-450, (May 2005)

¹² Y.Kawakubo, et al. “Proliferation time and response time in Proliferation Resistance”, No.3118, 31st Annual meeting of INMM-J, December 12-13, 2010

るという効果は十分にあるといえる。

テロリスト（インサイダー）：

- 転用と不正使用、両面で比較した場合、それぞれの内の抵抗性の低い値に一致する結果となった。すなわち、どちらかを用いて行動にでると考えることができる。
- CSA+AP では、テロリスト（インサイダー）は、CSA/AP での転用とほぼ同じ効果、すなわち転用に対する検知等と同様な効果を与える。
- 不正使用に比べ、概して抵抗性は低い。これはインサイダーが不正使用を試みるというより、上述の TD の弱点を利用する可能性を示すものである。この効果は、保障措置が低くなるにつれより顕著となる。

一般に、外在的な対策の効果からほぼ独立して MT と TD は評価されると考えられる。しかし、これらの効果についても、外在的要因に影響されるはずである。例えば、核物質の転用が適切な方法で検出される場合、高い MT は PR に貢献する可能性は低い。非常に少ないチャンスで PR を果たす可能性がある。高レベルの保障措置下では、Pu の同位体組成物の組成に関係なく PR は動作する。TD の効果も、プロセスの不正使用が外在的な措置により検出された場合には、不用となる。ただし、前の章で説明したように、MT と TD は、脱退のように外在的な措置が効かなくなる場合は有効に作用するはずである。本ケーススタディには示されていないが、強い内在的対策は、テロリストグループの攻撃にも効果的であるはずである。たとえば、高い MT の場合では、低いグレードの Pu 同位体や、複雑な化学組成の Pu の場合、技術的な難しさは、テロリストに対して有意な効果をもたらすことが予想できる。

NPIA¹⁰では、核燃料サイクルにおける核拡散リスクの潜在的な影響について検討した。直接処分、完全なアクチニドのリサイクルと部分アクチニドリサイクルについて、核拡散リスクが議論された。NPIA は、次のように評価した；1) 完全なアクチニドリサイクルのための保障措置は、最高のコストを必要とし、2) 分離プロセスでは、転用に対し継続的な監視を必要とし、3) 新プロセスでも、不正使用を検出するための新しいアイデアを必要とする。

国レベルの保障措置—統合保障措置下¹³では、経済的、効果、効率的な成立性の高い検認が期待されている。このような概念下では、秘密裏の核物質取得はほぼ起こり得ないことが期待される。このような状況にある国家を対象とする場合には、むしろ TD や MT にくらべ、保障措置のような外在的措置に重点が置かれていることを認識すべきと考える。脱退というケースも考慮すべきではあるが、統合保障措置のレベルにある国家では、そのような方向に転じる可能性は低いという見方をすることができるものと考えられる。

7. 核拡散リスク全体における核拡散抵抗性技術および制度的対策の効果に

¹³ 例えば、T.Renis: Drawing Safeguards Conclusions for a State as a Whole, the 45th INMM Annual Meeting, Orlando, Florida, July 2004

ついて

核拡散リスク全体における「抵抗性」の効果について評価するために、確率的定量評価手法を用い、すなわち、適当なモデルを設定し、核兵器保有の評価（拡散リスク）を行うとともに、全拡散リスクにおける「抵抗性技術」の効果について以下に併せて議論した。

7.1 モデルの評価対象

核拡散は核兵器の有無等によって以下の3段階に大別できる。

[段階 1] 非核兵器国が対象。「核兵器を開発するメリットがデメリットを上回るかどうか、つまり核開発の動機が発生したかどうか」が問題。メリット、デメリットの変化を予測・比較し、動機が発生しないような施策を実施することが求められる。

[段階 2] 核兵器開発中の国家が対象。「なぜ核兵器開発を継続あるいは中断するのか」が問題。経済制裁などの国際社会からの圧力や、国内社会の様々なアクターの関与を分析することが必要。仮に段階1の動機を高めた要因が段階2において消失した場合にも、1度開発を開始すればそれを止めることは難しく、段階1とは異なる評価が求められる。

[段階 3] 核兵器保有国が対象。「なぜ核兵器を保有し続けるあるいは放棄するのか」が問題。段階2よりもさらに核兵器開発中断（＝核兵器の放棄）の選択は困難なものになり、段階1や2とは異なる評価が必要となる。

本研究では、歴史的事実を見た場合、段階2や段階3に至った際には核拡散を防ぐことが非常に困難であること、また、近年の核拡散の懸念の主要な対象の一つである新規原子力導入国についてはその多くが段階1にあることから、段階1を対象とすることとした。

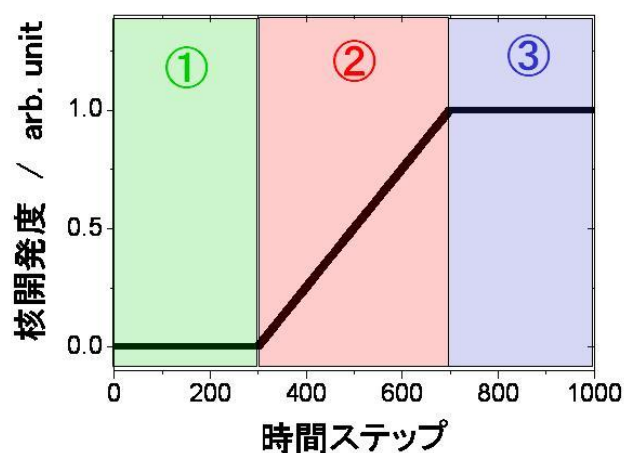


図 7.1 核拡散の分類

7.2 核拡散の動機に影響を与える因子

図 7.2 に核拡散の動機に影響を与える因子と、それらと核拡散の動機との相

関の正/負を示した。正の相関を持つ因子としては、安全保障上の脅威（隣国の核保有の有無や、隣国との関係性）と、技術力（一般的な工学技術、核技術、核物質）が挙げられる。また、負の相関を持つ因子としては、経済力（GDP、世界経済への依存度）、政治体制（民主体制であるか、専制体制であるか）、核兵器の検知確率（NPT参加の有無）、安全保障上の備え（核の傘、核の傘を提供する国との関係性）が挙げられる。通常兵力や国の規模は状況に応じて正/負いずれの相関も持ちうるものと考えられる。

以下では、事例研究を整理した後に、これらのいくつかの因子間の相関を関数の形で表し、そしてモデルパラメータ（係数）を事例研究と比較することで最適化した。

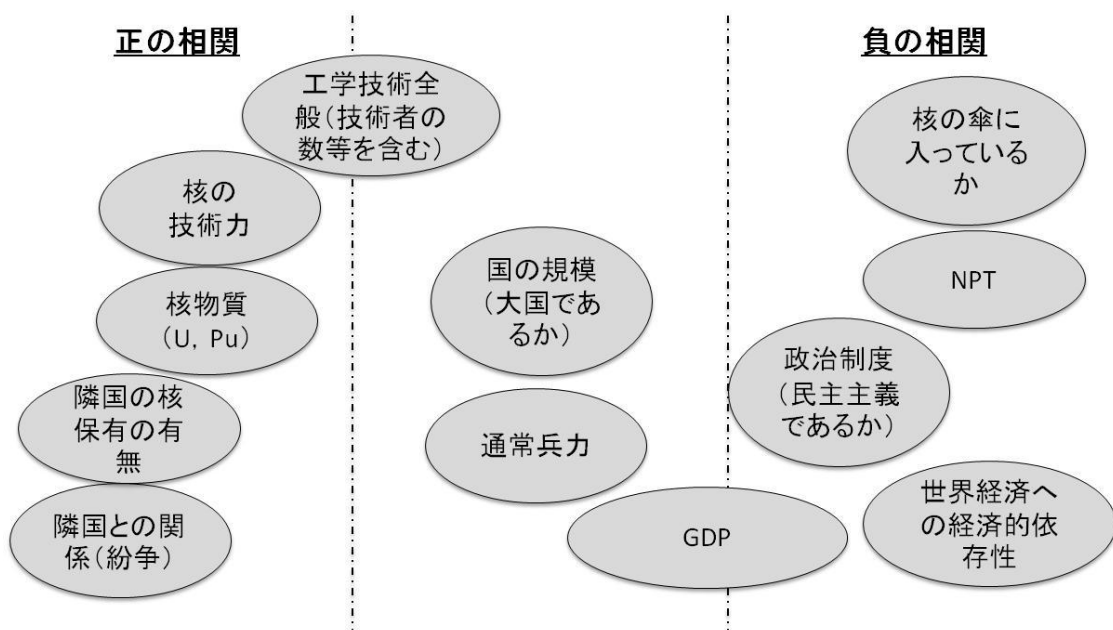


図 7.2 核拡散の動機に影響を与える因子とその効果

7.3 事例の整理

核開発を行った北朝鮮、インド、パキスタン、イランに注目して、既往の事例研究からその歴史的経緯や関連する国家の対応、動機について分析、整理した。

7.3.1 関連する国家のデータ

上述の4カ国についての核開発に関するステークホルダーは、以下の国家である。

北朝鮮：米国、中国、ロシア、韓国、日本

インド：米国、中国、ロシア

パキスタン：米国、中国、ロシア、インド

イラン：米国、中国、ロシア、イスラエル、(英、独、仏)

以上の国家について、Penn World Table 6.3, SIPRI (Stockholm

International Peace Research Institute), Correlates of War (COW) project 等のデータベースからモデル化に利用するデータを抽出した。以下に一例として、関連する軍事支出の、対世界合計比の比較を図 7.3 に示す。

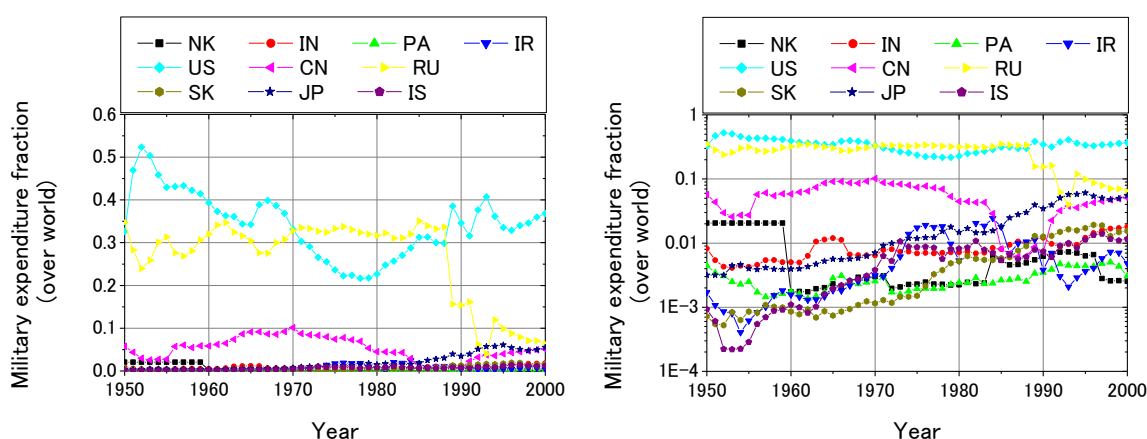


図 7.3 軍事支出の対世界合計比の比較

(右図は対数表示. NK=北朝鮮, IN=インド, PA=パキスタン, IR=イラン, US=米国, CN=中国, RU=ロシア(ソビエト連邦), SK=韓国, JP=日本, IS=イスラエル)

7.3.2 事例との比較によるパラメータ調整・感度分析

本モデルでは、事例研究との比較において最適化すべきパラメータは以下の4つである。

Coef1A: 軍事制裁の影響に対する係数

Coef1B: 経済制裁の影響に対する係数

Coef2A: 核以外に起因する安全保障上の脅威の影響に対する係数

Coef2B: 核に起因する安全保障上の脅威の影響に対する係数

核兵器開発を行った国としては、北朝鮮、インド、パキスタン、イランの4カ国、行わなかった国としては日本、韓国の2カ国の合計6カ国を対象として、Coef1A, Coef1B, Coef2A, Coef2Bの4つのパラメータを調整した。その結果、Coef1A=20.0, Coef1B=40.0, Coef2A=20.0, Coef2B=5.0を与えた場合に比較的妥当な結果を与えることが確認され、それらを基本パラメータセットとした。また、そのパラメータセットの感度分析を行い、妥当な傾向を示すことを確認した。図 7.4 に、この基本パラメータセットで得られた核開発のメリット、デメリットの比較を示す。

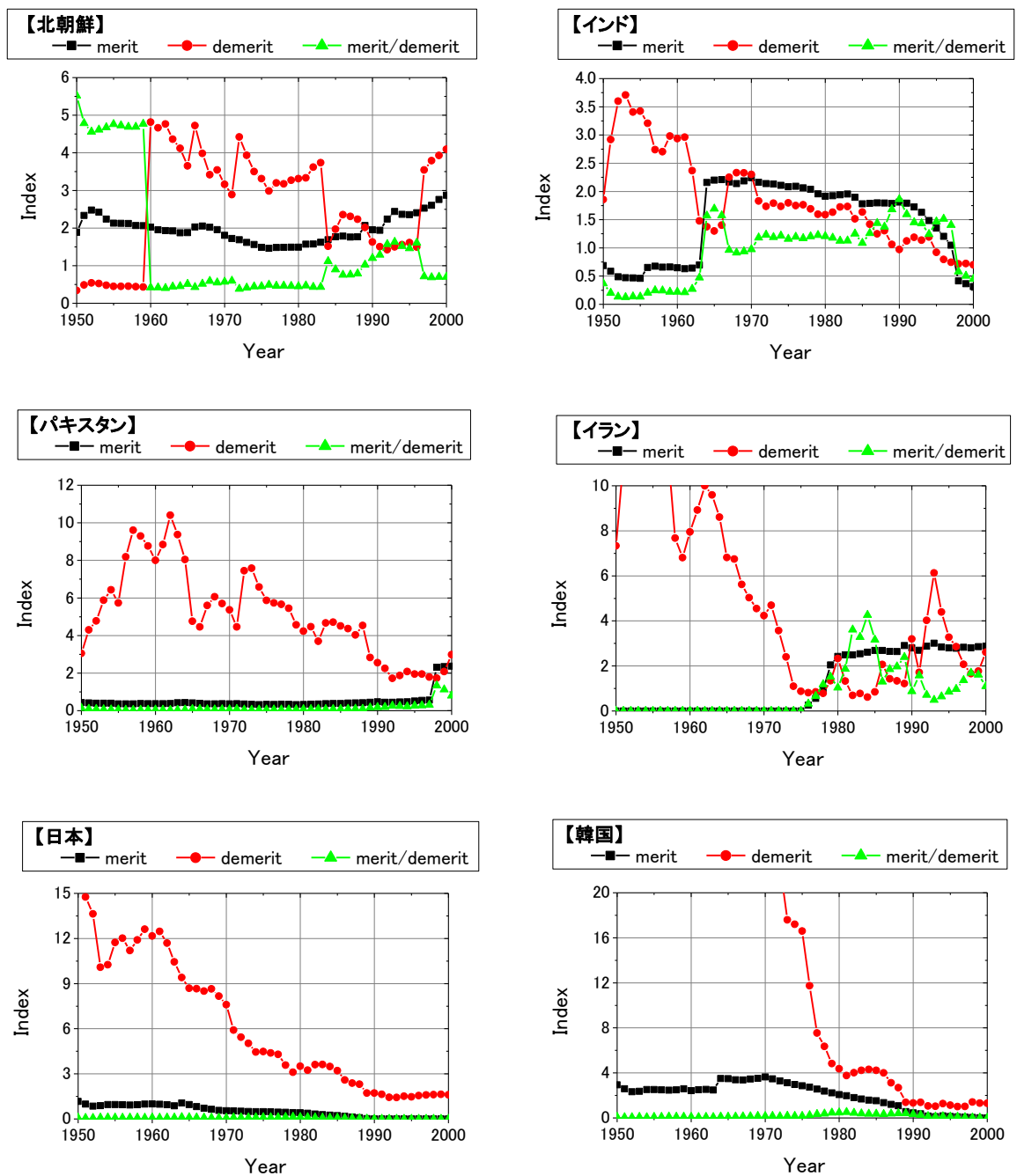


図 7.4 基本パラメータセットにおけるメリットとデメリットの比較

7.4 モデルによるリスク評価

本章ではまず、最終的に構築されたモデルおよび計算プログラムを利用して、核拡散のリスクの所在を分析した。そして、シミュレーション結果に基づいて、核拡散リスクを低減することを目的として提案されている技術的・制度的アプローチ（核拡散抵抗性）の有用性や、国家を取り巻く種々の条件と核拡散リスクとの相関について議論し、適切な対策を検討した。

7.4.1 核兵器国の数と核拡散リスクとの相関

核兵器国の数と核拡散リスクとの相関を評価した結果を図 7.5 に示す。任意の 6 カ国について約 40 年間（500 カ月）のシミュレーションを行い、核拡散リスク（核拡散の動機を持つ国が出現する確率）を求めた。その際に、6 カ国の中で核兵器国の数を 0~5 カ国と変化させ、非核兵器国の核拡散の動機を調べた。黒プロット・黒線は 6 カ国全体での核拡散リスクの値、赤プロット・赤線は 1 カ国当たりの核拡散リスクの値（全体の値を非兵器国の数で割った値）である。核兵器国の増加に従って、1 カ国当たりの核拡散リスクが増大することがわかる。これは、核兵器国が存在することで、「核の脅威への対抗」に由来する核兵器開発のメリットが生じる可能性が高まるためである。このことは、域内に核兵器国が多い地域では、核拡散の連鎖が生じることを示唆している。今回のモデルでは、域内の核兵器保有国の数にほぼ線形に比例して、核拡散リスクの増加が見られた。

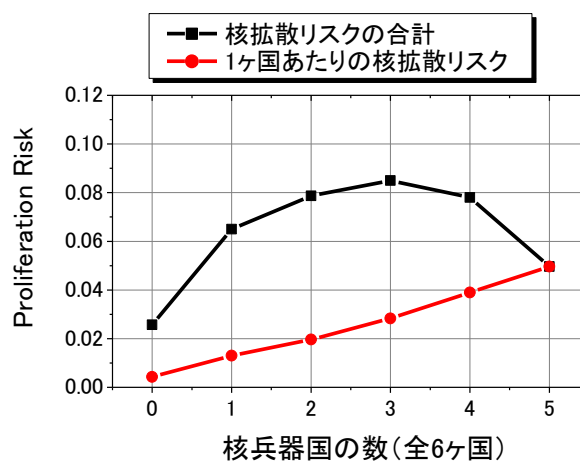


図 7.5 核兵器国の数と Proliferation Risk との相関

7.4.2 核の拡散リスク全体における「抵抗性」の重みの評価について

上述の議論のように、核拡散リスクというものは、技術レベル、国家の安全保障、国際関係、経済、国内・国際政策などに依存するものであるはずである。すなわち、核兵器開発・保有の動機は、国家のそれによるメリット・デメリットのバランスからから評価できるとした。本研究では、両者は、それぞれ、1) 自国が核兵器を保有するメリット：敵（隣）国の核兵器隣国の脅威、隣国の軍事脅威、に対するもの、2) 自国が核兵器を保有するデメリット：経済制裁、軍事制裁とした。

予想される制裁は、開発の検出、および開発にかかる時間に依存するため、このフレームワークでは、PR は、デメリット側に属する。よって、PR を入力とし、デメリットを出力とする関数の形を想定した。そのモデルパラメータは、専門家の意見を基に、北朝鮮、インド、パキスタン、イランの核プログ

ラムに関連した歴史的事実から最適化した。たとえば、日本と韓国の例は、開発の動機の低い国のサンプルとした。

両者を数式で示せば、

$$\begin{aligned}
 [\text{merit}] &= \text{Coef2A} \times [\text{security threat}] + \text{Coef2B} \times [\text{nuclear threat}] \\
 &\quad \text{If } [\text{relationship}(i-i)] < 0 \\
 &\quad [\text{security threat}] = \sum \{ - [\text{national power}(j)] \times [\text{relationship}(i-j)] \times a \} \\
 &\quad \text{If } [\text{relationship}(i-j)] > 0 \\
 &\quad [\text{nuclear threat}] = \sum \{ - [\text{nuclear power}(j)] \times [\text{relationship}(i-j)] \times a \} \\
 [\text{demerit}] &= [\text{risk sensitivity}] \times \\
 &\quad \{ 1 - \text{power}(1 - [\text{detection probability}], [\text{development speed}]) + b \} \times \\
 &\quad \sum_j \{ [\text{sanction strength}(j-i)] \} \\
 \text{Development speed (Time)} &\doteq (\text{PT}) \text{ is function of (TD), (MT)} \\
 [\text{sanction strength}(j-i)] &= \text{Coef1A} \times [\text{military expenditure}(j)] / [\text{military expenditure}(i)] \times \\
 &\quad (1.0 - (0.5 * [\text{relationship}(i-j)] + 0.5)^{0.5}) \\
 &\quad + \text{Coef1B} \times [\text{GDP}(i)] \times [\text{GDP}(j)] \times \\
 &\quad (1.0 - (0.5 * [\text{relationship}(i-j)] + 0.5)^2)
 \end{aligned}$$

最適化されたモデルを使用して、モンテカルロ法を用いたマルチエージェントシミュレーションを行った。ここで、各国家を、エージェントとして扱った。ここで、モンテカルロ法は、経済力（GDP）、軍事力（軍事費）および国際関係という予測不可能な変動に対処するために採用した。これを基に、核兵器を開発する動機を持つ国が現れるかどうかをチェックした。国家が1000シミュレーションで1回現れたとすれば、1000のシミュレーションにおける拡散リスクは、0.1と考えた。

ここでは、PRの代表的な因子の1つである、核開発の「検知確率」と、制裁リスク許容度との相関を評価した。結果を図7.6に示す。ここで拡散リスクは、次の式で表される。

$$\text{Proliferation Risk} = \text{Probability of (merit / demerit} > 1)$$

このシミュレーションでは、上述の6カ国の領域が考慮された（三カ国は、初めから核兵器を所持）。6カ国の動機の変化は、最大約50年間、時間の関数とした。

いずれのリスク許容度においても、核開発の検知確率の増大は、核拡散リスクの低減につながるが見られる。開発の検知確率は、核拡散抵抗性の主要な因子の一つと考えられており、妥当な結果といえる。

次にリスク許容度の影響を見る。核兵器開発を行った際に想定される制裁のリスクへの許容度が高い国家の場合（リスク許容度の逆数が小さい場合：0.1や0.3）には、許容度が低い国家の場合（逆数が大きい場合：1.0や0.5）と

比べて検知確率を増大させることによる核拡散リスク低減の効果が小さいことがわかる。一方で、許容度が低い国家においても、初期の検知確率の増加は核拡散リスク低減に高い効果を有するが(例えば検知確率が0.000⇒0.002)、それ以上過度に検知確率を高めてもリスク低減の効果は低いことがわかる(例えば0.002⇒0.004)。実際には、過度に核拡散抵抗性を高めることは、核兵器を「持つ国」と「持たざる国」の不公平感を増長させるものであり、費用対効果(公平感対効果)を考えて適切な抵抗性を付与するが、核不拡散体制への参加意欲や体制の権威を考えた場合に求められる。本研究のモデルでは、検知確率が0.002/month程度の核拡散抵抗性や保障措置体制が、バランスがとれており効果的であると考えられる。

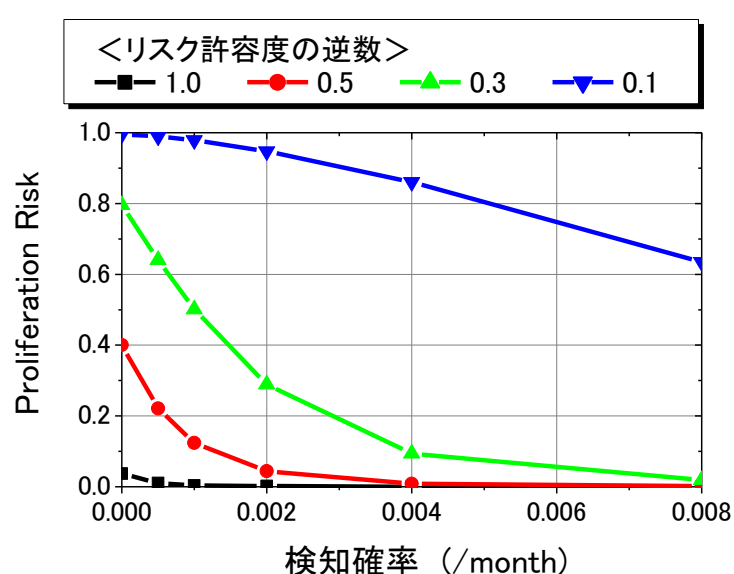


図 7.6 検知確率およびリスク許容度と Proliferation Risk との相関

以上、検知確率 DP と拡散リスクの関係を示したが、DT や MT についても、上式で示したように、国家の状況に依存して拡散リスクに影響する。

本研究では、①事例研究に基づいて核拡散リスクの評価モデルを構築すること、そして②その評価モデルに基づいてマルチエージェントシミュレーションを行うことで、確率論的に核拡散リスクを評価する手法を構築すること、さらに③その結果から核拡散リスクの所在や対応策の効果等について議論することを目的として、研究を行ってきた。なお、核拡散リスクについては、(1)非兵器国が核開発の動機を獲得するフェーズ(核開発のメリットがデメリットを上回る時期)、(2)非兵器国が核開発を継続あるいは断念するフェーズ、(3)核兵器国が核の保有を継続あるいは断念するフェーズに分類し、本研究では(1)を対象することとした。

①の事例研究については、核開発国としては北朝鮮、インド、パキスタン、

イランを、非開発国としては日本、韓国を例として、まず、過去の事例を整理した。そして、核開発のメリットとデメリットに注目して核開発の動機を評価する数値モデルを構築し、そのパラメータを事例との比較を通して最適化し、最終的に事例を良好に再現可能なモデルを構築した。

そして、②においては、経済力や軍事力の変動を乱数を用いて確率的に取り扱うマルチエージェントモデルを構築し、プログラムを作成し、シミュレーションを行った。そして、「ある注目する地域内で、ある注目する期間内に、核開発の動機を有する国家が出現する確率」として定義し、その評価を行う枠組みを提案した。

最後に③において、核拡散リスクと、地域内の核兵器国の数、地域内の隣国の数（国境の数）、検知確率や制裁リスク許容度、地域内の国家の数等との相関を評価した。その結果、核兵器国の増大や隣国の数の増加により核拡散リスクが高まること、一方でステークホルダー（地域内の国家の数）が増加するに従ってリスクが減少すること、また制裁リスク許容度に関わらず核開発の検知確率は核拡散リスクを低減する効果を有するが、過度な検知確率の増加が必ずしも核拡散リスクを低減しないことが示唆された。効果の低い過度な検知確率の増大を目指すこと（核拡散抵抗性を過度に高めること）は、「制裁リスク許容度が低く核を開発する意図のない国」に対して、核を持つ国との間の不公平感を高めることになり、逆に核不拡散体制の権威や堅固さを失墜させる可能性が高く、今後はより定量的な評価を加えながら最適な核拡散抵抗性を模索することが重要であると考えられる。

8. 本研究のまとめ

本研究では、既に提案されている10種類の再処理手法をとりあげ、GenIVで示される抵抗性評価手法を用い、転用、不正使用、脱退、内部テロリストという脅威に対する核拡散抵抗性を評価した。製品系の除染・純度のレベル（高低）がある程度核拡散抵抗性に影響することが確認された。保障措置適用（検出確率）のレベルの高さは、TDなど他の効果にも影響する重要な要素であることが分かった。

一方、リスク評価の観点からは、核拡散リスクは、検出確率（DP）に依存するものの、その効果の程度は、国家の状況というものに左右される。同様のことは、DPのみならず、TDやMTについても言える。核拡散抵抗性（DT, PT, MTなど）の有効性について、対象とする国家がおかれる状況に大きく依存することがわかった。たとえば、制裁許容度の高い国に対し、核拡散抵抗性という概念の導入は、必ずしも効果が高くないことが分かった。すなわち、必要な抵抗性は、拡散リスクを低減するという観点から、適度な抵抗性レベルを決めることが合理的であると考えられる。

核燃料サイクルの平和利用への核拡散対策として、完璧なものはないかもしれないが、「制度」へのコミットメント、および、ここで示す「技術（指針）」の統合が、現在考えられる最も効果的な核不拡散対策と言える。「抵抗性技術」は、本来「制度」によってカバーできない当事国の「制度からの脱退」ケースおよびテロリストに対し有効である必要があるが、そこには「限界」が存在する。一方、核拡散の確率論的リスク評価からは、抵抗性技術の位置づけは、種々の核拡散の対策の中においても必ずしも大きなファクターとはならない場合もあることが分かった。

以上から、本研究では、再処理のような核燃料サイクル技術の導入においては、国家の状況を見つつ、制度的な対策を中心として「Reasonably achievable」で現実性・経済的合理性のある抵抗性技術をもつことが、「国家」および「テロリスト」それぞれに対し「非魅力的」でありることが重要である、と結論付けたい。

核不拡散対策として、国際社会の受容性から考えれば、外在的対策（制度）が、最も現実的に有効な考え方であり、技術的な抵抗性対策（内在的対策）が効果を現す「国際制度からの脱退し兵器化を試みる」というケースについても、対象国家がそのような状況に至ることが極めて困難な状況にあること（制度に基づく透明性の確保＋採用技術の転用等における非魅力度）が重要と考える。テロリスト（内部脅威）には、制度的対策は非常に有効であり、テロリスト外部脅威には、主に核物質防護で対応することが基本であるが、提案する指針にあるような、ある程度の（現実可能な範囲の）技術的、物質的抵抗性による非魅力度は、アタックという意味に対する抑止効果としても、有意な効果をもたらす。この観点からすれば、核兵器国に対しても、非核兵器国同様、核拡散抵抗性（技術・制度）の考え方を導入することが意義を持

つと思われる。

本研究に関し行った外部発表

Nuclear Nonproliferation Study Committee -The University of Tokyo: Yusuke Kuno, Takuji Oda, Satoru Tanaka, Tetsuo Fukasawa, Tomoyuki Tanabe, Hiroshi Tamai, Kenta Horio, Manabu Hamasaki, Nobuo Shinohara, Yuta Ikeda, Proc. "Study on Effectiveness Assessment of Proliferation Resistance", INMM* Annual Meeting, Proc. July 17-21, 2011, Palm Desert, USA

東大-国際保障学研究会 久野 祐輔, 田中 知, 深澤 哲生, 篠原 伸夫, 田邊 朋行, 玉井 広史, 浜崎 学, 干場 静夫, 堀尾 健太, 池田 悠太: 次世代核燃料サイクルの核拡散抵抗性の意義についての研究 (I) - 研究の概要および抵抗性事例評価研究、2011年3月、日本原子力学会 2012年春の総会 福井大学

東大-国際保障学研究会 久野 祐輔, 小田 卓司, 田中 知, 深澤 哲生, 篠原 伸夫, 田邊 朋行, 浜崎 学, 堀尾 健太, 玉井 広史, 池田 悠太: 次世代核燃料サイクルの核拡散抵抗性の意義についての研究 (II) - ケーススタディに基づく抵抗性評価、2011年9月、日本原子力学会 2012年秋の大会 北九州国際会議場

参考資料

乾式再処理（パイロ・プロセッシング）の核拡散抵抗性について

電力中研研究所 田邊委員

※ 本稿は、国際保障学研究会核拡散抵抗性 WG の活動の一環として取り纏めたものであり、筆者が所属する財団法人電力中央研究所の公式見解を示すものではない。

1. 乾式再処理（パイロ・プロセッシング）とは

乾式再処理技術（金属電解法）とは、金属の精錬技術を原子燃料に応用したものであり、工程がシンプルなことから、高い経済性が期待されている。現在、青森県六ヶ所村の再処理工場で採用されている再処理技術で、軽水炉燃料を対象とする PUREX 法が、大量の硝酸溶液や有機溶媒を用いるのに対して、本技術は水を一切使用しないことが特色である（乾式再処理と呼称される所以である）。また、高速炉では中性子エネルギーが高く燃料を高純度に精製する必要がないため、回収物の純度の低い本再処理技術が適用しやすい。

高速炉で使用される金属燃料を例に、そのプロセスを概観すると以下のとおりとなる。プロセスフローの全体図を図 1 に示す。

まず、高速炉から取り出された燃料集合体は、集合体解体工程において燃料ピン毎にバラバラにされた後、燃料要素せん断工程で数 cm の長さに短くせん断される。（なお、酸化物燃料の場合は、脱被覆工程において剪断ピンから被覆管を除去した後、リチウム還元工程により塩化リチウム（LiCl）溶融塩中で金属へ還元される。）

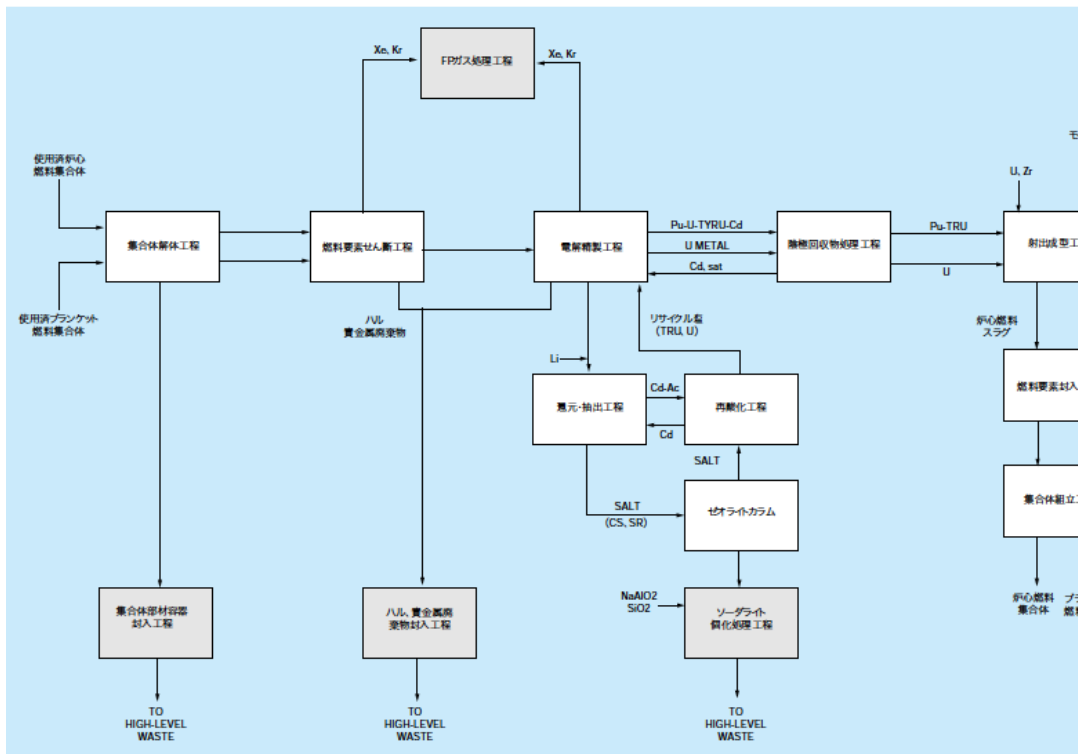


図 1 乾式再処理プロセスのフローシート（出典：電中研レビュー No. 37）

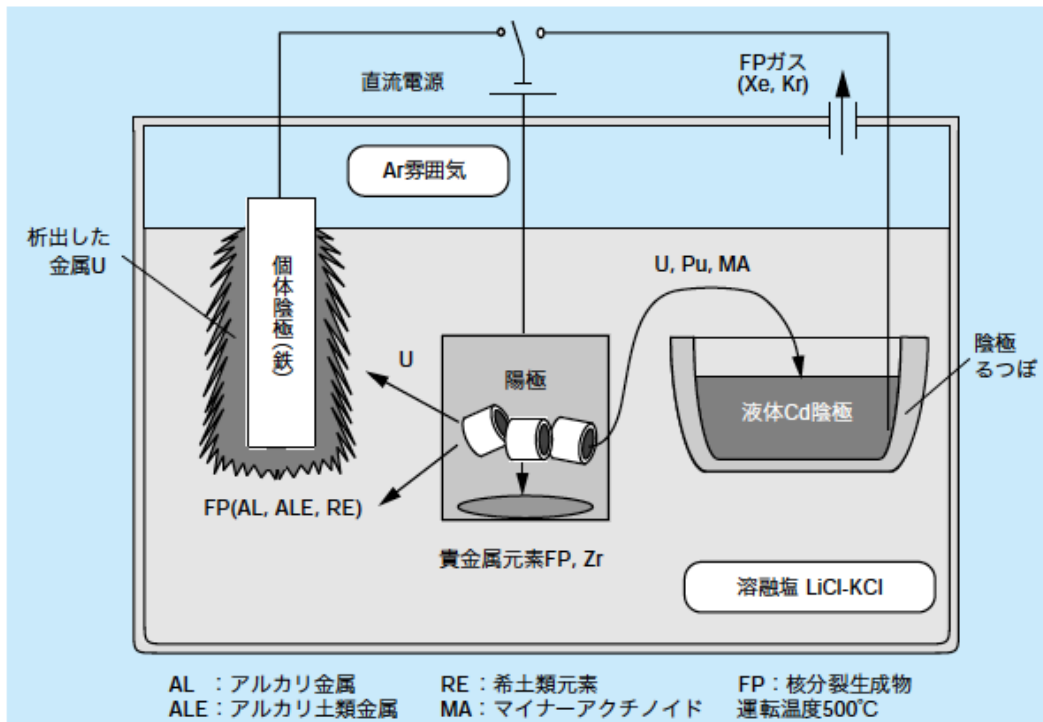


図2 乾式再処理の電解精製（出典：電中研レビュー No. 37）

このようにして得られた使用済燃料のチップは、電解精製工程において、500°Cの塩化リチウム（LiCl）-塩化カリウム（KCl）溶融塩（電解質）中で溶解され、溶液中の核分裂生成物のうちアクチノイド元素（ウラン（U）、プルトニウム（Pu）、マイナーアクチノイド（MA））は、固体陰極あるいは液体カドミウム（Cd）陰極によって回収される。本電解精製の仕組みを図2に示す。ここで回収されたアクチノイド元素には、溶融塩や液体カドミウムといった溶媒が付着している。このため、陰極回収物処理工程において、これらの付着物を高温で蒸溜分離する。

このようにして得られたアクチノイド金属は、目的の濃度になるように、ジルコニウム（Zr）やウランを加えて、高温の射出成型工程で棒状の燃料合金に溶融・鑄造される。（なお、酸化物燃料とする場合は、酸化処理を行い製品とする。）

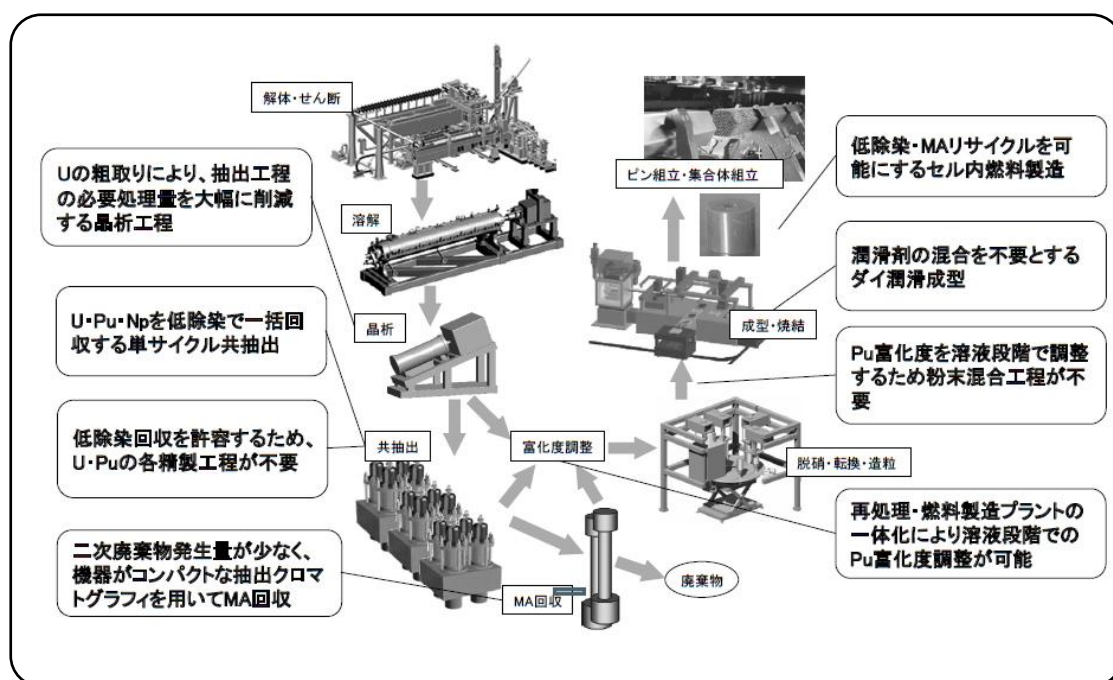
一方、電解精製工程の使用済溶融塩は、多くの核分裂生成物を含む。この溶融塩を再生させるため、定期的に、還元・抽出工程により、残留する超ウラン元素を回収した後、粒状のゼオライトを詰めたゼオライトカラムに当該溶融塩を通して、ゼオライト中に核分裂生成物を吸着させる、という処理を行う。

先進湿式再処理法における核拡散抵抗性の評価

JAEA 玉井委員

- ・ 先進湿式再処理法の特徴は次のとおり（下図の概略工程を参照）。
 - 晶析による U の粗取り（約 70% を析出回収）
 - 溶媒抽出による単サイクル共抽出（U、Pu、Np を低除染で混合回収）
 - 回収した U、Pu の精製工程の削除
 - Np 以外の MA（Am、Cm）はイオン交換法（抽出クロマトグラフィ）により分離回収され、溶液状態で再混合

- ・本再処理工程では U、Pu、Np が共抽出され、また、低除染で放射線量が高く難接近性であるため、一般的に極めて核拡散抵抗性が高いと考えられている。
- ・このような状況下における核拡散の可能性の検討結果を次頁以降にまとめるが、全工程を通じて U と Pu とは混合状態で取扱われ Pu は単独で存在しないこと、高放射線量で難接近性であることにより、効果的な保障措置と組合せて予想どおり高い拡散抵抗性が担保し得ると考えられる。
- ・なお、難接近性を緩和するため、拡散者が低除染から高除染への工程の変更を行うことも考えられようが、難度が高く魅力的でないとして、本検討からは除外した。



先進湿式法再処理の概念（高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究 -フェーズ II 最終報告書- JAEA Evaluation 2006-002 より）

【FLUOREX 法】

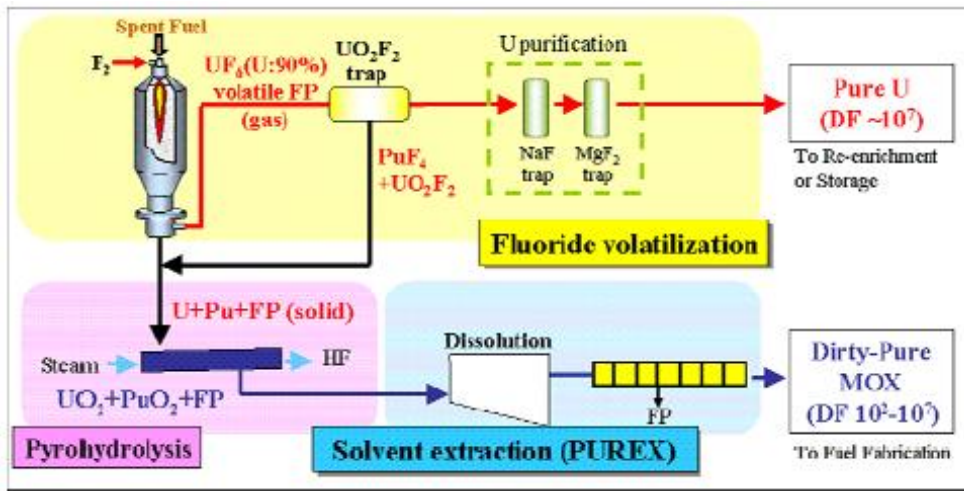
日立 GE 深沢委員

FLUOREX 法の概略工程を図 1 に示す。本図より拡散者にとって最も魅力的で、転用上脆弱な経路を検討する。FLUOREX 法では、最初のフッ化工程で大部分の Pu はフッ化残渣に残り、一部の Pu (約 5% 程度) が気相側に移行する。気相側には Pu とともに揮発性の U, Np, FP が移行し、Pu と Nb, Ru 等の一部の揮発性 FP は UO_2F_2 によって吸着除去される。この Pu を吸着した UO_2F_2 の抜き取りが本評価の対象経路候補となるが、Pu の絶対量が少なく、比較的多量の U および放射性の Nb と Ru が共存し、水と反応して容易に腐食性のフッ酸が生成するため、拡散者にとっての魅力度はそれほど高くないと考えられる。

一方、Pu を吸着した UO_2F_2 と混合されたフッ化残渣は、後段の酸化物転換から湿式工程へ移行する。共存する FP は湿式溶媒抽出工程で Pu と U の混合ぶつから除去され、最終製品としては、ほぼ全量の Pu を含み、Pu/U 比が 1 程度の比較的純度が高く、安定な

酸化物形態の MOX (Pu/U 混合酸化物) が得られる。

したがって、予想される経路の中で最も拡散者に魅力があり転用上脆弱なケースとしては、後段の湿式工程の Pu/U 精製工程か脱硝工程か MOX 製品貯蔵工程のいずれかからの Pu (主に U との混合物として) の抜き取りとなる。FLUOREX 法の場合、Pu/U 精製工程で低除染から高除染まで柔軟に調整できるが、核拡散抵抗性状は高除染の方が厳しくなるため、ここでは高除染として評価する。すなわち、COPRO 法と同じであり、評価結果も COPRO 法と同じになる。



【イオン交換法】

東大 篠原伸夫

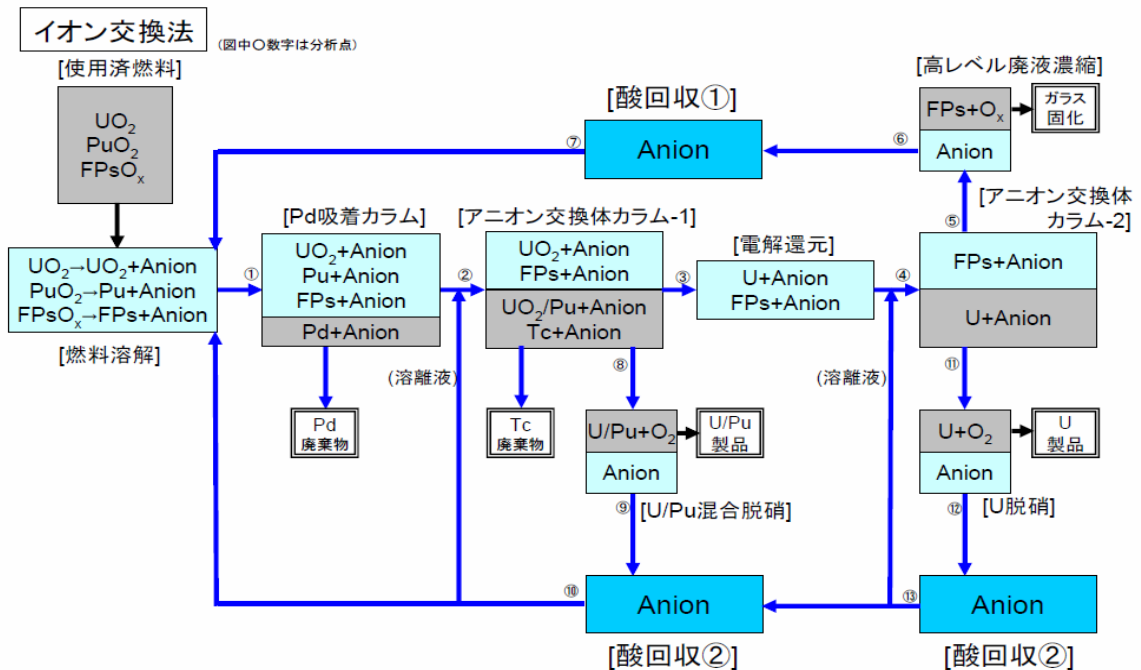


図 20 プロセス溶液を中心とした再処理プロセス (イオン交換法)

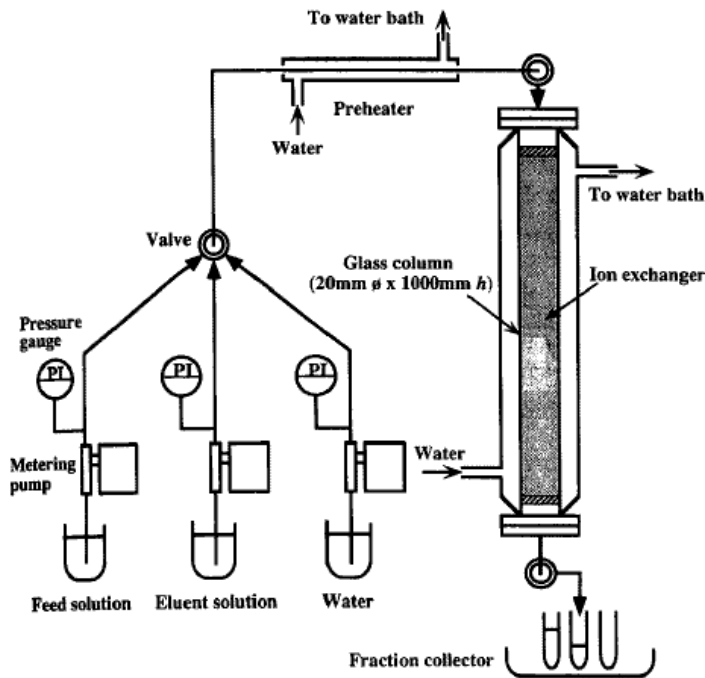


Fig. 1 Schematic diagram of the column apparatus for separation experiments

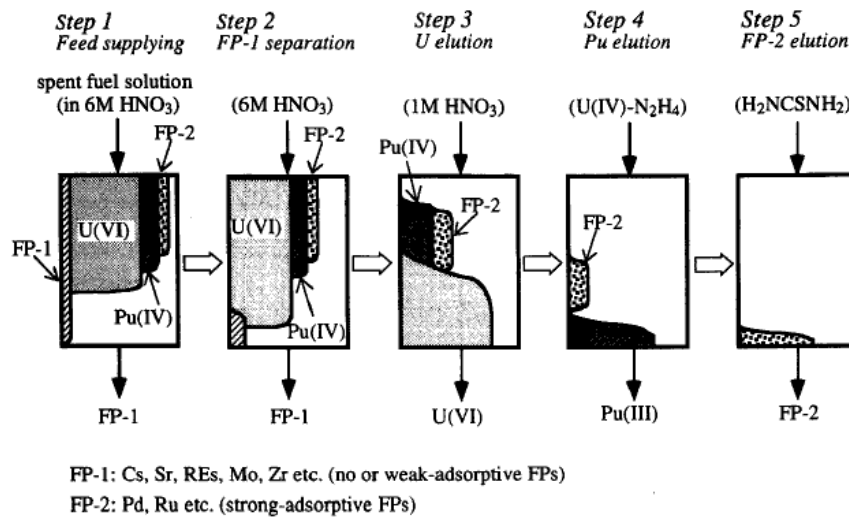


Fig. 9 Proposed separation schematic for reprocessing spent nuclear fuels by ion exchange

* Journal of Nuclear Science and technology, Vol. 35, p.357-364 (1998)から引用