



PNC/DOE共同研究 核不拡散分野における「透明性研究」^{注1)}

持地 敏郎 田崎真樹子 Robin E. Keeney*
John Puckett* William D. Stanbro*
Charles W. Nakhleh*

国際・核物質管理部
*ロスアラモス国立研究所

資料番号：2-5

Joint DOE-PNC Research on the Use of Transparency in Support of Nuclear Nonproliferation

Toshiro MOCHIJI Makko TAZAKI Robin E. KEENEY* 注2)
John PUCKETT* William D. STANBRO*
Charles W. NAKHLEH*

International Cooperation and Nuclear Material Control Division
*Los Alamos National Laboratory

動燃事業団（Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation：PNC、現核燃料サイクル開発機構）とロスアラモス国立研究所（Los Alamos National Laboratory：LANL）は、PNC/DOE共同研究の一環として、核不拡散の観点から原子力の世界的受容性の向上手段を明確にするため、核不拡散分野における「透明性」の概念等に関する研究を実施した。具体的には、(1)透明性の政策的環境、(2)透明性オプション、及び(3)透明性のための技術オプションの項目につきPNCとLANL双方が個々に研究を実施し、3回のワークショップを開催して各々の見解を発表、その後討議を行った。本文章はそれらをまとめたものである。

PNC and LANL collaborated in research on the concept of transparency in Nuclear Nonproliferation. The goal of the research was to identify ways to improve worldwide acceptability of nuclear energy from a nuclear nonproliferation viewpoint. The research encompassed three main topics: the policy environment of transparency, the development of transparency options, and potential technical options for transparency. Each side performed independent research. Joint workshops were then held to exchange information and views. The following summarizes the results of these workshops.

キーワード

透明性、核不拡散、PNC/DOE共同研究

Transparency, Nuclear Nonproliferation, PNC/DOE Joint Research

1. はじめに

本研究は、「動燃事業団（PNC）と米国エネルギー省（Department of Energy：DOE）間の保障措置及び核不拡散のための核物質管理と計量管理方法に関する研究開発協力協定」下で、1996年2月に署名されたアクション・シート「核不拡散に

おける『透明性』共同研究」に基づき、PNC核不拡散対策室と、米国エネルギー省ロスアラモス国立研究所（LANL）不拡散・国際保障措置部が実施したものである。

この研究の目的は、核不拡散の観点から原子力利用に対する世界的な受容を促進する手段を明らかにするために「透明性」に関する基礎的研究を行うもので、PNCとLANL双方が個々に研究を実施し、①透明性の政策的環境、②透明性のオプション研究及び③透明性の技術オプション、の項目毎に3回のワークショップを開催して、双方の見解を表明、その後意見の交換を行うという方式で進められた。

注1) 本文章は、1998年9月時点で執筆されたものである。したがって、ここではPNC（動燃事業団、現核燃料サイクル開発機構：JNC）の名称を用いている。本文章では、PNCとLANLの両組織名の下に各々の見解が示されているが、これらは、両組織の公式の見解ではなく、あくまで執筆者の個人的見解をまとめたものである。また、すべての研究は、核不拡散分野における透明性向上の観点からなされたものであり、透明性向上のためには公開することが適当と考えられる情報であっても、核不拡散上、機微な情報の防護や、核物質防護の観点からは、不適当と考えられることもある。したがって実際の情報の公開等に当たっては、種々の観点からのさらなる考慮や検討が必要となるであろう。

注2) この文章の執筆当時、動燃事業団（PNC）国際特別研究員

本文章は、これら3回のワークショップにおけるPNC、LANL双方の研究の概要である。

2. 各ワークショップの概要

2.1 第1回ワークショップ：「透明性の政策的環境」

1997年3月に東京で開催された第1回ワークショップでは、「透明性の政策的環境」について、具体的には、①透明性の定義、②透明性の理由、③透明性のゴール、及び④透明性への障害、について討議した。

(1) 透明性の定義

1) PNC

「透明性 (transparency)」の定義は、透明性を示す対象 (target audience) や、透明性が希求される時点の国際環境、社会情勢により変化し、また透明性を示す対象が背負う文化や価値観、物の考え方によって異なる。故に、「透明性」を普遍的に定義することはとても難しい。

また、透明性はしばしば公開性 (openness) と混同される。しかし、本来両者は別個のものであろう。公開性は、単に事業者からの原子力施設の情報等へのアクセスの機会の増加を意味するのに対し、透明性は、事業者と透明性を示す対象との間の積極的な情報共有を通して、透明性を示す対象の事業者に対する理解と信頼を得るといふ、もう一步踏み込んだ意味を持つ。つまり、透明性には、透明性を示す対象の「理解」と「信頼」が含まれるのである。

よって、透明性を次のように定義したい。「透明性とは、原子力の平和利用及び核不拡散の分野で、原子力活動に関する情報を共有し、また施設等を公開することによって国際機関や諸外国、自国民等の透明性を示す対象からの相互理解と信頼を得ることである。」

2) LANL

透明性の定義は、種々の異なった要求を満たすため、広くとらえた方が望ましい。また、透明性は、その時点の社会状況や透明性を示す対象によって異なるので、柔軟性を持ち、種々のケースにでも当てはまるものであることが必要である。

LANLは、自発的 (voluntary) な情報開示こそが真実の透明性向上の手段であり、透明性とは、IAEA等に対する活動のような義務的なものの範疇を超えたものであると考えている。

よって、透明性を次のように定義したい。「透明性とは、事業者が、自らが公表しているとおりの活動を実際に行っていることを、第三者に確信

させ、納得させ、そして安心させる目的で、自発的に情報を開示することである。」

3) 考察

PNCとLANLの根本的な相違は、「義務的透明性」VS「自発的透明性」である。LANLは、透明性は自発的な情報公開の結果であるとしているが、一方PNCは義務的及び自発的透明性も、当然に透明性の範疇に含まれるとし、IAEA査察のごとく第三者による不拡散に対する立証がなされる分、透明性に対する信頼性が増すと捉えた。この見解の相違は、日本が非核兵器国であり、米国が核兵器国であることに起因するものであろう。核兵器国と非核兵器国は、国際的な核不拡散体制において、異なる義務を負っているのである。

(2) 透明性の理由

原子力利用を進めていくうえで、なぜ核不拡散上、透明性が必要なのか？。

それは、一言でいえば、原子力利用技術の核兵器や核爆発装置への転用が、技術的には可能であるからである。LANLは、それに加えて、一般大衆や他国等の透明性を示す対象に対して、事業者が義務を超えて、核不拡散に関して安心感を与える「追加的措置」が適切に行われることが必要であると考えている。またLANLは、IAEAによる保障措置は、核不拡散条約 (NPT) 上の義務の検証という意味では十分であるが、IAEA保障措置の要求を越えたそれ以上のエクストラのステップが、より高いレベルの信頼を促進するであろう、との見解を示した。

(3) 透明性のゴール

1) PNC

透明性の理想的ゴールは、万人に対して100%透明になることであるが、それは不可能である。前述のように、透明性を示す対象によって透明性のゴールは異なり、また次項の「透明性への障害」にあるように、透明性には常に避けられない、しかし合理的で許容されるべき障害がある。したがって、透明性のゴールは、透明性を示す対象毎に、可能な限りその対象が満足するレベルの透明性を示すことである。このゴールを達成するために、表1の「透明性のメカニズム-4W-」を考えた。この各要素は、透明性の向上方策 (How、透明性 (技術) オプション) を考慮していくうえでの必須考慮事項である。

2) LANL

LANLもPNC同様のアプローチをとる。確かに可能な限り透明になることは重要だと考えるが、透明性のゴールは、透明性を示す側が、核不拡散

表1 透明性のメカニズム

要素		例
Who	誰に透明性を示すのか？	一般公衆、外国政府、地域、マスメディア、etc.
Which	どの施設の透明性を示すのか？	再処理施設、濃縮施設、MOX燃料製造施設、etc.
What	何の観点から、何に対する透明性を示すのか？	安全性の観点、核不拡散の観点、etc. 核物質、原子力技術、人、etc.
When	どんなタイミングで透明性を示すのか？	今すぐ、段々と（ステップ・バイ・ステップ）、etc.
How	どのように（どのような手段で）透明性を示すのか？	更新情報公開、施設ツアーへの参加、教育訓練、インターネット、etc.

義務に十分に対処しているということ、透明性を示す対象に確信させることである。これを達成するため、透明性を示す対象ごとに、透明性向上手段を考慮することが必要であろう。

(4) 透明性への障害

1) PNC

透明性への障害としては、国際的な法律や協定等（NPTや、ロンドン・ガイドライン等の多国間条約や協定、日米原子力協力協定等の二国間協定等）があげられる。しかし、これらは、核不拡散上の機微情報（技術含む）や核物質の防護の観点から、一定の情報の流布を禁じており、透明性に対する障害ではあるが、当然に許容されるべき障害である。そして新たな透明性向上方策を創出するうえでは、それがこの協定等に違反しないかをレビューすることが必要である。

また、現在日本には、米国の情報公開法のような法律がなく、情報公開の基準や手続きが明確ではないことも、透明性への障害としてあげられる（1998年9月現在、政府は情報公開法の制定に向けて動いており、PNCも1997年に情報公開指針を策定し運用を開始している）。

2) LANL

米国は核兵器国であり、透明性に関しては、核兵器国特有の微妙で複雑な問題が絡んでいる。米国においては、安全保障の観点から原子力関連の情報を公開できないこともあり得るし、また情報が公開されるまでに、いくつものステップを要することもある。さらに、商業機密等も考慮する必要がある。

コストも大きな透明性の障害であろう。一般的に、透明性が希求されればされる程、多くのコストを要するが、費用対効果を熟考し、コストを要せずに透明性を向上させるための方策を構築することが望ましい。

2.2 第2回ワークショップ：「透明性のオプション研究」

1997年11月にロスアラモスで開催された第2回ワークショップでは、「透明性のオプション研究」について、具体的には、①透明性を適用する施設の洗い出し、②透明性を適用するクライテリアの抽出、及び③透明性を適用するオプションの抽出、について研究を行った。

(1) 透明性を適用する施設の洗い出し

PNC、LANLとも、同様の結論に達した。すなわち、核不拡散上、透明性が希求される施設は、核兵器や核爆発装置を製造するのに適当な核物質といわれているプルトニウムや高濃縮ウラン（HEU）を製造、貯蔵、もしくは使用する施設である。したがって濃縮（原理的にHEUの製造の可能性を否定できないため）、再処理、MOX燃料製造施設がそれに該当する。

(2) 透明性を適用するクライテリア（基準）の抽出

透明性のクライテリアとは、透明性を追求していくうえで、考慮もしくは留意すべき点である。PNC、LANLとも、表現は若干ことなるものの、ほぼ同様のクライテリアをあげた。その概要は、表2のとおりである。

さらにLANLは、透明性向上のための方策が「その場のぎのぎの対処」としてよりも、むしろ慎重に立案された「戦略」として熟考されるべきであることを強調した。

表2 透明性のクライテリア

クライテリア	説明
①信頼性醸成（を図ることができること）	透明性を高めることにより、施設において、申告外活動が実施されておらず、核物質の計量管理が正確に行われており、核物質が適切に防護されていると、核不拡散上の義務が誠実に履行されていることを透明性を示す対象に確認させることができるか？
②機微情報等の防護	核不拡散にダメージを与える機微な情報、核物質防護情報や、商業機密等が公開されてしまわないか？。また、既公開情報と組み合わせることにより、結果的には核不拡散にダメージを与えてしまうことがないか？
③悪影響（を与えないこと）	透明性向上のための方策や手段としての各種機器の設置や、その保守管理が、施設の運転や従業員に悪影響を与えたり、施設の運転を阻害したり、不可能にしてしまうことはないか？
④時間	透明性向上のための方策や手段の導入のために時間を要するか？（関係者との交渉・折衝や、機器の開発や導入に要する時間等。いかに優れた透明性向上策でも、早期になされなければ意味がなくなることもある）。
⑤コスト	透明性向上のためにどのくらいのコストを要するか？透明性向上はコスト・フリーではない。コストがかからない方が望ましいが、費用対効果で議論されるべき。④時間も種々のコストに係わってくる。

注：これらのクライテリアの他に、透明性を示す対象（target audience）によって、施設の透明性向上方策、例えば施設側が提供する情報の量、質（詳細度、理解しやすさ）が適切であるか、またその情報の所有者の確認も必要である。

(3) 透明性を適用するオプションの抽出

透明性を適用するオプション（透明性オプション）とは、上述のように、透明性が希求される施設に対して、透明性のクライテリア（透明性を追求していくうえで考慮もしくは留意すべき点）を考慮した結果、透明性向上のために有用であると推測される方策である。

PNCは、まず、表3に核不拡散の観点から、原子力施設の透明性向上に寄与すると推測される情報、表4に具体的な透明性オプションを挙げた。

一方、LANLは、表5のように、原子力関連施設を、その核物質の使用形態によりバルク施設

（再処理施設等）と、アイテム施設（原子炉や貯蔵施設等）に分類し、それぞれにおいて有用と推測される透明性オプションをあげた。

2.3 第3回ワークショップ：「透明性の技術オプション」

1998年6月に東京で開催された第3回ワークショップでは、「透明性の技術オプション」について、具体的には、(1)透明性システム・デザイン概念オプション、(2)情報測定・収集機器、伝達オプション、(3)データ表示オプション、(4)濃縮、再処理、及びMOX燃料製造施設の透明性技術オプションの割り出しを行った。PNCは、主に(1)~(3)を中心に述べ、一方LANLは、(4)につき、濃縮、再処理、及びMOX燃料製造施設における既存かつ実証済みの透明性技術オプションを詳細に述べた。

(1) 透明性システム・デザイン概念のオプション
透明性のシステムを構築していく手順は、①各施設における核不拡散の観点からの懸念の抽出→②施設内の既存のシステムのレビュー→③透明性クライテリアの適用→④透明性システムの構築、と考えられる。

① 「各施設における核不拡散の観点からの懸念の抽出」とは、透明性が希求される施設において、具体的に何が懸念事項であるかを抽出することである。これは、例えば濃縮施設におけるHEU製造の可能性、再処理施設におけるプルトニウムの単体抽出の可能性である。

② 「施設内の既存のシステムのレビュー」とは、施設内で使用されている核物質の計量管理やモニタリングシステムのレビューである。このレビューの目的は、施設内において、現在何の情報も、施設内のどのような機器やシステムを用いて既に収集されているかを明らかにすることである（これについては、次の(2)で述べる）。

③ 「透明性クライテリアの適用」とは、各施設の核拡散の懸念を打開するために公開する必要があると思われる情報が、前述した種々の透明性のクライテリア（透明性を追求していくうえで考慮もしくは留意すべき点）に鑑み、妥当であるか否かを考察するものである。

そして、以上すべてを勘案したうえで、④「透明性システムが構築」されることになる。

(2) 情報測定・収集機器、伝達オプション
情報測定・収集機器、伝達オプションとは、透

表3 核不拡散の観点から原子力施設の透明性向上に寄与すると推測される情報の概要

施設の機能に関する一般情報	・施設情報（運転内容、運転計画やスケジュール、等） ・保障措置情報（保障措置の概要、査察概要、等） ・核物質防護（核物質防護システムの概要、等）
施設の運転に関する一般情報	・計量管理情報（施設内核物質の種類、取引量、貯蔵量、等） ・輸送情報（輸送目的、輸送物質の種類、輸送量、輸送先、等）
IAEAの活動に関する一般情報	・IAEAの活動に関する一般情報

注：上記の情報のすべてが公開される必要はない。また各々のカテゴリーに属する情報の種類、量、及び詳細度は、透明性を示す対象（target audience）により異なることはいうまでもない。

表4 透明性オプション（PNC）

透明性オプション	例、説明
施設見学	施設の見学（サイト・ツアー）
印刷物、ビデオ等	ビデオテープ、パンフレット、ニュース・リリース等
遠隔監視	特に貯蔵施設への遠隔監視システムは、モニター場所から施設側が公表している活動のみを行っていることや、第三者による侵入、施設への破壊活動や核物質の盗取等がなされていないことの確認が可能。
環境モニタリング	施設内外で採取されたサンプルの分析により、核拡散上懸念されている施設が、施設側が公表している活動のみを実施していることの確認が可能。
衛星監視	衛星による監視は、施設間の輸送が的確に実施されていることや、輸送中の核物質が適切に防護されていることを確認させることが可能。
独立査察	透明性を示す対象による施設への直接関与で、第三者による施設への査察は、施設側が公表した活動のみを実施していることを確認させることが可能。

注：透明性オプションは、透明性を示す対象（target audience）により異なる。

表5 バルク施設とアイテム施設における透明性オプション（LANL）

バルク施設 （濃縮、再処理施設）	・一般公衆に対する定期的な施設ツアー ・施設内核物質情報、放射線放出、運転特長に関する一般情報等 ・濃縮や再処理施設へ、またこれらの施設からの核物質の輸送に関する一般情報 ・濃縮施設内/付近の濃縮レベルに関する環境モニタリング ・再処理中の使用済燃料のPu燃焼度を決定するための再処理施設のスタック・モニタリング
アイテム施設 （未照射のHEU、MOX燃料が存在する原子炉や貯蔵施設）	・一般公衆に対する一般の施設ツアー ・施設内外の環境データの定期的流布 ・核物質の輸送、量、場所等に関する一般情報の開示 ・未照射燃料の受入や貯蔵の遠隔監視 ・貯蔵核物質や未照射核物質のタグging（封印）への独立査察

明性向上のために有用な情報収集のために用いる機器や、情報の伝達方式（形態）である。

核不拡散上、透明性が希求される施設においては、安全運転や核物質管理の観点から、計量管理データ、施設内の核物質の流れ等の情報を既に収集している。したがって、情報測定・収集機器等に関しては、時間とコストを節約する観点から、既存の施設の情報収集システム（機器及び全体のシステム含む）を使用することが望ましい。しかしながら、透明性用に施設の既存の情報収集システムを用いると、不注意に核不拡散上の機微な情報が漏洩する可能性や、施設運転が妨害される可能性は否定できず、このような場合、透明性向上目的に利用する機器やシステムは、既存のものと同個である必要がある。また、その情報収集機器やシステムが、施設側の所有でないこともある。このような場合、透明性向上目的で、施設の既存システムと同様のシステム、もしくはスケール・ダウンしたシステムを構築することが必要になる。これをまとめると、表6のとおりである。

データの伝達については、既存のシステムで収集されたデータにしる、透明性向上目的の新システムで収集されたデータにしる、透明性向上目的に必要な情報は、施設既存のシステムとは別のシステムに蓄積させておくべきである。これは、情報にアクセスする権限を付与されていない者からのアクセス、データ汚染、防護された情報の不注意な漏洩を防ぐ必要があるからである。加えて、透明性用のシステムへのデータ蓄積は、施設に何ら影響を及ぼすことなく自由に操作することが可能である。さらに独立した透明性用システムは、電話線や、ローカル・エリア・ネットワーク、または他の方法で施設から別のモニタリング・ステーション等に転送することが可能なシステムを組み込むべきであろう。

(3) データ表示オプション

施設で収集されたデータを表示する方法としては、印刷物としての情報配布、ウェブ・サイト

への情報の揭示、第三者によるデータへの直接アクセス等、いくつかのオプションが考えられるが、データの表示方法は、透明性を示す対象に依拠するところが大きいであろう。したがって、システムは、同じデータを用いて種々の対象で、種々のデータ表

示が可能なように柔軟性を持たせるべきである。

(4) 再処理、濃縮及びMOX燃料加工施設の透明性技術オプション

1) 再処理施設の透明性技術オプション

再処理施設の主な透明性技術オプションとしては、スタック・モニタリングがあげられる。再処理施設においては、再処理されている使用済燃料の燃焼度が核不拡散上重要であり、通常、原子炉から取り出した使用済燃料の燃焼度が35,000MWd/tUかそれ以上なのに対して、潜在的に兵器級プルトニウムを抽出する目的で再処理される使用済燃料の燃焼度は、1,000MWd/tUかそれ以下である。よって再処理施設の透明性は、再処理されている使用済燃料が高燃度で燃焼（35,000MWd/tUかそれ以上）されたものであることを、施設の運転等に影響を与えずに立証することにより示すことができるであろう。そして、再処理されている使用済燃料の燃焼度の判別（高燃焼度か低燃焼度か）は、再処理プラントの煙突（スタック）から外部に放出されるキセノン、 ^{131}Xe 、 ^{132}Xe 、 ^{134}Xe 及び ^{136}Xe の量を測定し分析することにより判別可能である。したがって、このスタック・モニタリングにより、再処理施設において兵器級プルトニウムが再処理されているか否かが分かり、これらのデータ等を公開することにより、再処理施設の透明性を向上させることが可能である。

2) 濃縮施設の透明性技術オプション

濃縮施設の透明性技術オプションとしては、濃縮度モニターや、環境サンプリングがあげられる。後者は、自然環境、例えば土壌、水、植物もしくは地表の塵等からサンプルを採取、分析して得られたサンプル中のアクチニドの種類、元素濃度（elemental concentration）や同位体組成を、自然界のそれや過去のデータ等と比較照合することにより、高濃縮ウランが製造されているか否かを判別することが可能である。

ただ、環境サンプリングの採取とその分析を行ううえでは、下記のようないくつかの前提条件に合うことが必要である。

- ① サンプルがどのように収集されたか、クリーン・ラボに運ばれる間どのように扱われたかを明確にする実施要綱や手順書が整備されている

表6 情報測定・収集機器オプション

<ul style="list-style-type: none"> ・施設にある既存のシステムの使用 ・もし施設の既存システムが透明性向上のために必要なデータを収集していなければ ➡既存のシステムに、新しいデータ測定・収集システムの付加 ➡足りない情報を収集するために別個のシステムの構築 ・施設にある既存のシステムとは全く別個のシステム（全く同じ別個のシステム、もしくはスケールダウンしたシステム）の構築 ・施設にある既存のシステムと新システムを組み合わせ使用
--

こと

- ② クリーンラボが整備されていること
- ③ サンプルを取り扱い、化学的な分離を行い、また質量分析を実施する機器（マス・スペクトロメトリ）が施設内にあること
- ④ 施設の運転の基礎的アプローチを定義した実施要綱が整備されていること
- ⑤ 品質保証（QA）と品質管理（QC）を含む施設全体で用いられる手順書が整備されていること
- ⑥ 施設を運転する従業員の訓練がなされていること

3) MOX燃料製造施設の透明性技術オプション

MOX燃料製造施設においては、燃料貯蔵施設において施設側の故意や、第三者による盗取により、燃料が不正に持ち出されたりしていないか、等を（ニア）リアルタイムで、なおかつ遠隔地においてもそれを見ることが可能な画像情報が、透明性向上に当たっては有益な情報であると考えられる。

具体的な透明性技術オプションとしては、NTvisionをあげることができる。これは、インターネット技術を用いて、リアル・タイムで状況の変化を観察する最新のビデオ監視システムで、廉価である上に使用やメンテナンスが容易かつ簡単である。NTvisionでは、例えば、4つの画像、「プレ・イベント画像（イベント発生前の画像）」、「イベント画像（イベントが発生したときの画像）」、「ポスト・イベント画像（イベント発生前の像）」及び「相違画像（イベント発生前と発生後の相違のみを示した画像）」の4つを、同じ画面上に示すことが可能であり、どんなイベントが起

こったかを、的確に把握することが可能である。（NTvisionには、その映し出す画像に他の情報を付加したり、画像内の特定の情報を取り去ったり、また背景の輪郭を簡単に変化させたりする機能がある）NTvisionの主要な特徴は、以下のとおりである。

- ① リアル・タイムで画像解析を取得し提供することが可能
- ② 電話線のみならず、インターネットを含む幅広いメディアを使うことによってカメラによって得られた画像を提供できる。
- ③ ユーザーは、商業用ウェブ・ブラウザを使ってNTvisionのデータを取り扱うことが可能。
- ④ NTvisionは、商業用のハードウェアとソフトウェアを基盤としている。

3. おわりに

本研究は、上記3回のワークショップの開催をもって1998年6月に終了した。上述したとおり、本研究は、原子力利用が語られるなかで、多様に用いられるが実はその意味が非常に曖昧である「核不拡散分野における透明性」について、その意味や障害を明らかにし、原子力施設においてどの点が懸念され、またどのように透明性向上のための方策（透明性（技術）オプション）が有用であるかについて、その概要を探るという基礎的なものであったが、それと同時に、PNCとLANLがお互いがもつ「透明性」に関する認識を共有し、かつ理解しあうという貴重な場であった。そしてこの研究は、将来的に、具体的な施設におけるより具体的な透明性向上手段の導入とその実施における足固めと位置付けることができるだろう。