

核物質管理センターニュース

発刊番号 2020-12-16-03

発行日 2020-12-16

発行者 公益財団法人核物質管理センター

タイトル

研究炉に対する保障措置検認—保障措置の実施—の概要
(『IAEA Bulletin』掲載論文の概要)

執筆者

核物質管理センター 企画室

要旨

『国際原子力機関（IAEA）はその旗艦誌である『IAEA Bulletin1』（Vol. 60 No. 4、2019年11月刊）
[注1](#)で研究炉に関する特集を組みました。このうち、研究炉に対する保障措置検認の実施に関する論文
[注2](#)について、その概要を以下に紹介します。

原文の趣旨に沿った記述を心がけていますが、読みやすさを考慮して当センターが章立てを設ける等の作業を加えましたことをお断りします。また、参考及び脚注は全て当センターによるものです。

[注2](#)：IAEAのウェブサイト（Home > Resources > General Interest Materials > IAEA Bulletin、
<https://www.iaea.org/publications/magazines/bulletin/60-4>）から入手できます。

[注1](#)：原題は、「Verifying the Research : Implementing Safeguards at the Research Reactors」
著者のAdam Mutluer氏は、印刷製本版『核物質管理センターニュース』2019年10～12月号（Vol. 48
No. 10）に掲載した「使用済み燃料貯蔵施設的设计段階での保障措置の取込み」の執筆者。

1. 導入

研究炉において核物質と原子力技術の平和的な利用を検認することは、IAEA保障措置（nuclear verification）の重要な一部をなしている。

発電炉や燃料サイクルを有する国が30ヶ国程度である一方、50ヶ国を超える国で研究炉が稼働している。

2018年、IAEAは研究炉が設置されている約150の施設で保障措置を実施した（参考1）。発電炉と異なり、研究炉の設計は多様で、保障措置手法を炉のタイプごとに策定することが必要なため、保障措置実施上の課題となっている。

参考1：IAEAの保障措置対象となっている研究炉等¹

2018年版IAEA年報²はAnnex Table A5.として資料「保障措置が適用されている施設及び施設外の物質収支区域（material balance are outside facilities）」を掲載している。当該資料によると研究炉及び臨界実験装置（research reactors and critical assemblies）は151施設で、その内訳は次のとおりである。

- －包括的保障措置協定下にあるもの：147
- －INFCIRC/66型協定下にあるもの：3
- －自発的提供協定下にあるもの：1

2. 課題

国レベルでの調整を担当しているIAEAの上級査察官、ジャメル・タッジャー氏（原文はDjamel Tadjer）は次のように述べている。

「低出力だからといって懸念が低いということにはならない。研究炉は、健康や技術開発の領域で大きな恩恵をもたらす一方で、核物質の平和的利用からの転用や原子炉の誤用の潜在的可能性がある。このように、研究炉への保障措置の適用は、IAEAの検認業務の重要な部分なのである。」

2.1 プルトニウム

研究炉使用からの副産物であるプルトニウム。これは原子力発電や研究のみならず、核兵器製造のための材料にもなる。個々の研究炉で製造されるプルトニウム量は微量に過ぎないとしても、依然、保障措置上の懸念対象となる。

IAEAは、ISQ（有意量）一核爆発装置の製造可能性を排除できない核物質のおおよその量一を製造するのに研究炉が必要とする時間を考慮した上で検認活動を実施する。

IAEAはまた、保障措置受入国から、施設設計やレイアウトについての情報のほか使用されている物質の形状、量、場所や流れについての情報を受け取る。これらの情報に基づき、IAEAは各施設の特徴を踏まえた保障措置アプローチを策定していくのである。その次の段階として、IAEAは、国から受理した設計情報の正確性や完全性を検証し、施設と在庫する核物質が報告されたと

¹ 医療用の研究炉等各研究機関に設置されているものは、IAEAの保障措置活動の対象外になっている施設を含めると224施設（53ヶ国）が稼働中という。（『IAEA Bulletin』（Vol. 60 No. 4, 2019年11月刊）の冒頭記事

「Tapping into the Power of Research Reactor」（Cornel Fertă氏）及び「Exploring Research Reactors and Their Use」（N. Jawarh, E. Matter氏の共著）を参照されたい。）

² <https://www.iaea.org/opic/annual-report-2018> から入手できる。

おりに使用されていることを確認する。

2.2 様々な用途と設計

多くの研究炉施設にはホットセルが存在する。この核物質を封じ込めた設備によって作業者を放射線から防御している。作業者はセルの外側に立ち、マニピュレータを操作して、ホットセル内にある機器や核物質を安全に取り扱う。

ホットセルでは、多くの場合、医療目的に使用する同位体の分離作業が行われるが、研究炉で発生した照射済燃料からプルトニウムを小規模で抽出するために使用されることもある。IAEA査察官は、こうしたプルトニウム抽出が検知できるように訓練を受けている。

2.3 高濃縮ウラン (HEU)

ごく限られた研究炉においては高濃縮ウラン (HEU) が使用される。HEUとはウラン235が20%を超えて濃縮されたウランをいい、核兵器製造に使用できる (プルトニウムとは別の) もう一つの物質である。

既に多くの研究炉は、低濃縮ウラン (LEU) の使用施設に変わった。LEUとは、核兵器製造に直接利用できないウランをいう。LEUの使用施設となったとしても、IAEA査察官は、国からの申告の正確性と完全性を検証するために、今なお研究炉施設にある全ての核物質をチェックしている。

2.4 IAEA査察官の役割

タジジャー氏は次のようにも述べている。

「研究炉の設計と利用状況が異なるため、全ての研究炉での保障措置要件を満足させる一律的なチェックリストというものはない。その代わりに、IAEAでは、査察官たちが研究炉の誤用や核物質の転用のいかなる兆候も見逃さないように訓練を行っている。査察官は、まず矛盾を見出し、その矛盾から何を質問すべきかを判断する知識を習得できている。」

3. 保障措置上の義務を満たすこと

3.1 IAEA及び国のそれぞれの要件

保障措置の適用は、IAEA査察官によってのみ実施されるというものではない。国もまた保障措置の適用のために果たすべき所定の要件を有している。

国が必要な要件を満たすことができるよう、IAEAは次のような支援を提供している。

- ・ 施設の設計に保障措置を取り込むこと
- ・ 核物質計量の実施
- ・ 保障措置実施上の法的要件を満たすこと

このほか、IAEAは次のような支援も提供する。

- ・ 研究炉の設計に保障措置に関する考慮事項を反映させるためのガイダンス

参考2：IAEAによるSSACに関する専門家の派遣

IAEAは国からの要請を受けて、国内計量管理に関する専門家をはじめ、多様な領域に関する専門家の派遣を行っている。

各種専門家の派遣については、IAEAのウェブサイトを参照されたい。

Home/Services/Review missions and advisory services
(<https://www.iaea.org/services/review-missions>)

- ・ 国内の核物質の計量管理制度（SSAC³）がその義務を果たせるよう、国内向けの助言団（in-country advisory mission）の派遣（参考2）

3.2 技術の適用

研究炉の設計過程の初期段階から保障措置要件を考慮することにより、施設に対し、核物質の検認に関わる事後の要請事項が軽減するだろう。

その例として、遠隔監視（remote monitoring。以下「RM」という。）の適用がある。RMは費用対効果が大きく、現場での査察官の活動を軽減する一方で、保障措置の実効性維持が期待できる。

RMの一例が、改良型冷却材流量熱出力モニター（ATPM⁴）である。この技術は、冷却材流量と熱除去を評価し、炉内のプルトニウム生産量を計算するものである。特定の期間にわたり炉内で生産されたプルトニウム量を把握することにより、査察官は査察の頻度を見直し・変更することが可能になる。その結果、査察官と施設者双方にとって時間の節約が図られる。

タッジャー氏の言葉だ。「研究炉に保障措置を適用するためには、他の原子力施設に適用する場合と同様に、国とIAEAの間の協力が極めて重要である。協働して最新の技術（その一例がATPM）を適用することによって、IAEAは、核物質が平和的利用下にあることについての実効性の高い、効率的な検認を行うことができるのである。」

³ SSAC : State Systems of Accounting for and Control of Nuclear Material

⁴ ATPM : Advanced Thermohydraulic Power Monitor (IAEAが発行している『保障措置技術と機器 2011年版』(Safeguards Techniques and Equipment (International Nuclear Verification Series No.1(Rev.2))中、「3. Unattended Monitoring 3.6 ATPM Family」に詳述されている(写真(Fig.23)を含む)。IAEAのウェブサイト参照されたい。文書のタイトルから検索できる。