

原子力科学技術に関する 研究開発課題の評価結果

平成23年9月27日

研究計画・評価分科会

目次

< 事前評価 >

- 溶融燃料中の核物質測定技術の開発

(核物質測定技術の拡充) 2

溶融燃料中の核物質測定技術の開発 の事前評価結果

原子力科学技術委員会委員

主 査	田中 知	東京大学大学院工学系研究科教授
主査代理	小森 彰夫	自然科学研究機構核融合科学研究所長
	石田 寛人	金沢学院大学名誉学長
	伊藤 聡子	フリーキャスター
	久米 雄二	電気事業連合会専務理事
	鈴木 篤之	独立行政法人日本原子力研究開発機構理事長
	中込 良廣	独立行政法人原子力安全基盤機構理事長代理
	長崎 晋也	東京大学大学院工学系研究科教授
	中西 友子	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	服部 拓也	社団法人日本原子力産業協会理事長
	早野 敏美	一般社団法人日本電機工業会専務理事
	村上 朋子	財団法人日本エネルギー経済研究所 戦略・産業ユニット原子力グループリーダー
	山口 彰	大阪大学大学院工学研究科教授
	山名 元	京都大学原子炉実験所教授
	和気 洋子	慶應義塾大学商学部教授

核不拡散・核セキュリティに関する取組の強化

核不拡散・核セキュリティ総合支援センター設立の経緯

平成22年4月に開催された核セキュリティ・サミットにおけるステートメントに従い、わが国を含むアジア諸国の核セキュリティ強化に貢献することを目的として、同年12月に日本原子力研究開発機構(茨城県東海村)に設立。
平成22年10月の日米首脳会談においても、総合支援センターでの「核監視並びに核物質の検知・測定分野における共同活動の拡大」の必要性、「アジア地域における核セキュリティに関する専門知識の発展及び相応の人的資源への投資」の促進を確認。

核不拡散・核セキュリティ総合支援センターの取組

アジアの核不拡散・核セキュリティ強化のための拠点

1. 訓練、教育等を含む人材育成などを通じたキャパシティ・ビルディング強化等

核物質及び原子力施設の核物質防護に関するトレーニングなどを行い、核不拡散・核セキュリティ分野のリーダーとなる人材を養成する。また核不拡散・核セキュリティ分野の法制度などの基盤整備を支援し、関連する情報の国際社会への発信等を通じて核不拡散・核セキュリティ分野の醸成に貢献する。

2. 技術開発

研究開発機能・能力を活用した高度な核物質の測定・検知などの技術開発を行い、その成果の共有を通じて国際社会の核不拡散・核セキュリティの強化に貢献。

○核物質測定技術

より精密で厳格な核物質計量管理の実現

(目的)

現在は測定が難しい使用済核燃料中のプルトニウムを、燃料を破壊することなく測定する技術の開発

(期待される成果)

我が国が高い優位性を持っている光源(γ線)の発生技術を用いて、核物質の高度な測定を実施。この技術により、使用済燃料中の核物質管理の信頼性が向上する。世界で新しく建設される原子炉において使用されることで、世界の核物質管理の向上及び核不拡散に貢献できる。

国内外組織との連携体制



○核関連技術開発

不法な核物質の起源(国・施設)の特定

(目的)

ごく微量の核物質について、超精密測定によりプルトニウムの同位体比を測定。同位体比の違いを見ることにより、核兵器用か民生用(原子炉用)かの特定が可能となる。

(期待される成果)

我が国は世界の最先端の分析技術を持っており、データベースなどを活用することにより核テロ等で使用された核物質の起源(国・施設)を特定できる。

拡充

溶融燃料中の核物質測定技術の開発(核物質測定技術の拡充)

背景・目的

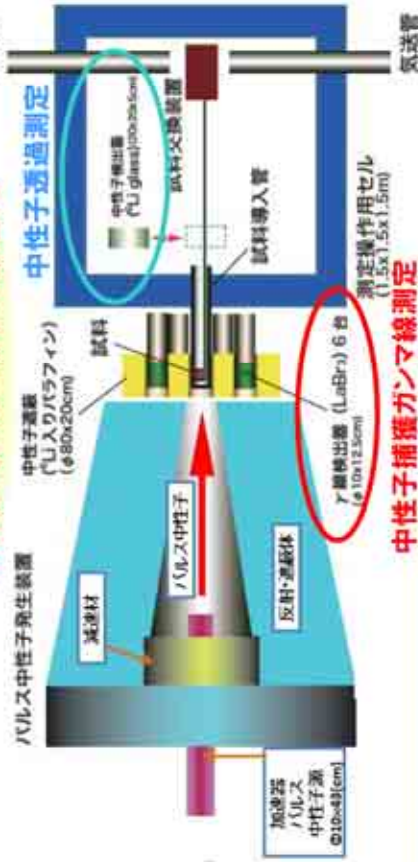
- 福島第一原子力発電所では多くの核燃料、被覆管部材等が溶融、混合し、それらの形状も粒子状、塊状の部分が不均質に存在していると考えられている。
- これらの溶融した物を炉外に取り出す際には、その物に含まれる核物質 (Pu, U) の量を計量し、国際原子力機関 (IAEA) に報告し、その内容について検認を受けることとなるが、現状、このような物の核物質の量を計量及び検認する技術がない。
- このため、溶融した物(粒子状のもの)に含まれる核物質の量を測定する**基礎的な技術を開発し、核物質の計量を行える道筋をつけ、我が国の原子力平和利用に対し世界から懸念を持たれるおそれがないようにする。** 溶融燃料を板状に切り出したものについては、現在開発中のレーザーコンプトン散乱γ線源利用核共鳴蛍光非破壊測定が候補に挙げられる。

既存技術の問題点

- 破壊分析(測定物質を溶液に溶解させて行う分析)によるアプローチ
 - ・溶解しない可能性がある
 - ・不均質でありサンプルに代表性がない
- 非破壊分析(測定物質からの中性子やガンマ線を測定して行う分析)によるアプローチ
 - ・核物質以外の強い中性子源 (Cm-244) が含まれる
 - ・非破壊にてCmとPuの存在比を調べる既存技術がない

技術開発概要

試料を溶解させないアプローチを採用
 サンプルの代表性は試料の形状分類で解消できる可能性
 不均質かつ強いガンマ線下でも測定可能



予算・期間・体制・評価

- 予算：総額約6億円
- 開発期間：平成24～27年度（4年間）
- （独）日本原子力研究開発機構が主体となって実施
- 技術開発中の助言や技術評価を求める際には、海外研究機関の専門家、想定されるユーザーを含めた体制を構築（予定）

○中性子捕獲ガンマ線測定

- ・ハルス中性子を照射
- ・試料中の核種が入射した中性子を吸収（あるエネルギーで共鳴的に吸収）
- ・その際に発生する（中性子捕獲）ガンマ線を測定
- ・試料入射中性子エネルギーを飛行時間により測定
- ・測定したガンマ線計数の中性子エネルギー分布の解析から含まれる核種の密度比（同位体組成比）を算出
- ・中性子吸収体の影響を算出

○中性子透過測定（コリメータを設置）

- ・ハルス中性子を照射
- ・試料中の核種が入射した中性子を吸収（あるエネルギーで共鳴的に吸収）
- ・試料を透過した中性子数とエネルギーを測定
- ・中性子エネルギーは飛行時間により測定
- ・測定した透過中性子数のエネルギー分布の解析から含まれる核種の密度比（同位体組成比）を算出
- ・ガンマ線バックグラウンドの影響を受けない

事前評価票

(平成23年8月現在)

1. 課題名 溶融燃料中の核物質測定技術の開発
2. 開発・事業期間 平成24年度～平成27年度
3. 課題概要 <p>東京電力福島第一原子力発電所の1～3号機(以下「当該発電所」という。)原子炉内では多くの核燃料、被覆管部材、制御棒部材、圧力容器内構造物等が溶融、混合し、それらの形状も粒子状、塊状の部分が不均質に存在していると考えられている。これらの溶融した物を炉外に取り出すとすれば、事業者は計量管理としてその取り出した物に含まれる核物質の量を計量し、国及び国際原子力機関(IAEA)に報告し、その内容について国及びIAEAによる検認を受けることになるが、現状、このような物の核物質の量を計量及び検認する技術がない。</p> <p>したがって、炉外への燃料の搬出までに総合的な検査・評価の手法が必要となるが、ここではそれらに含まれる核物質の量を測定することができる基礎的な技術を開発する。保障措置の最終目的は溶融した炉心在庫量の全てを計量検認することであるが、上記塊状の部分については現在開発中の技術(後述)が適用できる可能性があるため、本技術開発においては、溶融燃料の内、しかるべき方法で抽出された粒子状の形態であるものを対象とする。</p>
4. 各観点からの評価
(1) 必要性 <p>当該発電所の事故が収束後、廃炉を行う際には溶融した燃料の原子炉外への搬出が必要となる可能性があり、その際には、保障措置上、それらに含まれる核物質の計量をした上での搬出が求められる。この計量を行うことにより、我が国が核物質を平和利用以外の目的に転用していないことを国際社会に対し証明することになる。開発期間がどのくらい長期になるか不明な点も多いため、今からその計量を行う基礎的な技術を開発することは必要であり、適切である。もし、かかる技術開発が実施されず、計量管理状況が検認困難となる場合には、我が国の国際約束が不履行となることが懸念される。</p> <p>一般論として、計量管理に用いる機器については事業者が費用を負担するのが原則であるが、今般の炉心燃料の計量を行う機器を開発するのに必要な技術は現状存在せず、また現状、基礎的な測定技術の開発については国が行っていることから、国が本技術開発を行う必要があり、適切である。</p>
(2) 有効性 <p>保障措置の観点から、当該発電所の速やかな廃止措置に支障が出ることは避けるべきであり、本技術が確立されれば今般の事故により発生した溶融した燃料に含まれる核物質の量を計量する機器の開発ができる見込みが出てくることから、今後の必要な活動を容易に実施するために非常に有効である。また、事故に関する国の責任の観点からも取り組むべき課題であり、国際的にも注目される技術である。</p>

さらに、本技術は通常の保障措置検認にも使えるもので、特に 線バックグラウンドの高い核分裂生成物が混じった燃料の測定にも応用できる技術である。さらに、現状の非破壊同位体測定技術では測定できない Pu-242 を直接測定できるため、Pu の保障措置検認非破壊測定から算出される Pu 及び Pu-239 の量の誤差を小さくすることができ、検認に係る作業量を低減する効果が期待できる。

(3) 効率性

本技術開発には総額約 6 億円を要するが、上記の必要性及び有効性において述べたとおり、本技術が確立されれば、今般の事故により発生した溶融した燃料に含まれる核物質の量を計量する機器を開発できる見込みが立ち、我が国が核物質を平和目的以外に転用していないことを証明することが可能となる。計量管理及び検認が困難なために、同発電所の廃止措置が停滞する不利益、そしてこの重要性、特殊性に鑑みると、本技術開発への投資額は適切である。

技術開発体制についても、核物質量の分析技術に最も精通する(独)日本原子力研究開発機構の職員が中心となって技術開発が行われる予定であり、実施機関として妥当である。技術的な観点からの助言及び評価には、現状確定ではないようであるが、海外研究者や事業者が参画することが提案されており、評価できる。将来的には、国際チームで各国の技術力を集められるような協力体制の構築を目指すことが望ましい。

本技術開発を行うに当たっては、大規模中性子源(原子炉、J-PARC)を利用する同位体分析技術として原理的には確立している中性子共鳴測定技術をベースに、小型のパルス中性子源を用いて行うこととしており、既存技術を有効に活用している。

また、現状、国が費用を負担して行っている保障措置に用いる核物質の量を測定する技術開発としては、「使用済燃料中 Pu-NDA 実証試験」、「レーザーコンプトン散乱 線源利用核共鳴蛍光非破壊測定」、「He3 代替中性子検知器開発」が行われており、は、使用済燃料中の Pu-239 及び Pu-241 の量を測定する実証試験、は、特定の核種を測定する非破壊測定技術、は、近い将来に供給停止が想定される He-3 を使う中性子検出器に代わる中性子検出器を開発するものである。このうち、は、測定対象物の形状及び組成が予め分かっていることが条件であるため、溶融燃料に対しては適用できず本技術開発と重複する点はない。は、溶融燃料のうち塊状のものについて、板状に切り出せば溶融燃料の核物質測定に適用できる可能性があるため、これについても検討すべきである。は、核物質測定の一要素技術である中性子検出器に係る技術開発を行うもので、本技術開発はそのような中性子検出器の開発を行うものではないことから、と重複する点はない。

5. 総合評価

本技術開発は、必要性、有効性及び効率性の観点から有望なものであり、平成 24 年度より実行するに値するものであるが、本技術開発の成果が有効かつ適時に利用されるためには、事業開始に先立ち、東京電力福島第一原子力発電所での核物質計量管理の回復に向けた全体像を念頭に置きながら、必要に応じて、本技術開発以外の研究開発についても、適宜検討がなされるべきである。また、本技術開発の目的は東京電力福島第一原子力発電所の溶融した物に含まれる核燃料物質の計量に必要な基礎的な技術の確立であることから、他用途への応用が期待されるものの、事業者が本技術開発の助言・評価に参画するこ

とが必須であると思われ、その体制が構築できない場合は本技術開発を開始すべきではない。

本技術開発を行うに当たっては、海外研究者の技術的な観点からの助言及び評価が行われるような体制を構築し、十分にそれらを活用しながら技術開発が行われることを期待する。

技術開発期間は4年以内を想定しているが、IAEA等国際機関の動向を鑑みながら、柔軟に事業継続と資金投入について見直されることが望ましい。本技術開発が終了した後に事後評価を行う。