原子力規制委員会了承文書
（2021FY-28）
令和3年7月7日
（議題2資料2）

安全研究プロジェクトの評価実施要領の改正案並びにそれに基づく事後評価及び中間評価の修正

令和３年７月７日
原子力規制庁

1. 経緯

令和3年度第13回原子力規制委員会（令和3年6月16日）において、長官官房技術基盤グループで実施する安全研究プロジェクトのうち、令和2年度（2020年度）に終了したプロジェクト7件の事後評価（案）及び令和5年度（2023年度）に終了するプロジェクト2件の中間評価（案）を諮った。その際、事後評価について、プロジェクト評価を行う観点から、成果の公表状況に係る評価においては、職員による公表に加え、委託先による公表も評価対象に含めるように、評価方法を見直すべきとの指摘を受けた。

また、令和2年度第52回原子力規制委員会（令和3年1月27日）において、令和3年度から開始する新規プロジェクトの事前評価の結果を諮った際、事前評価による確認はより早い時期に行う必要がある旨の指摘があった。

2. 評価実施要領の改正案

※【 】は別紙１における修正箇所

１．の経緯及びこれまでの評価の運用経験を踏まえ、「安全研究プロジェクトの評価実施要領」（平成31年4月16日原子力規制庁長官決定。以下「評価実施要領」という。）の改正案を別紙１のとおり作成した。改正のポイントは次のとおり。

（１）事後評価において委託先の成果公表を評価対象に追加

事後評価の「②成果の公表等の状況」に係る評価において、委託先による公表も評価対象に含めるように修正した。 **【別記3②】**

（２）事前評価で行っていた研究背景・目的等の確認の時期の変更

事前評価の項目のうち、研究の目的や位置付けを含む研究内容など、プロジェクトの開始の可否に係わるものの確認は、「今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針」の策定に合わせて実施することとした。 **【3.1(1)及び(4)、様式2】**

（３）中間評価及び事後評価の項目の整理・統合

中間評価及び事後評価の項目として、「研究マネジメントの適切性」と「業務管理の適切性」があったが、類似の項目であることからこれらを整理・統合し、新たに「研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性」とした。

【3.2(4)、3.3(4)、別記1②、別記3④、様式3、様式4】

（４）その他

事後評価について、「②成果の公表等の状況」の基準及び「⑤成果の規制への活用の状況・見通し」の評価方法の明確化を行った。その他、誤記訂正、表現の適正化等を行った。

【別記3②、3.3(5)、別記5、様式4・5、注釈1、別記3⑤、様式3注釈】

3. 評価実施要領の改正案を踏まえた評価（案）の修正

２．の評価実施要領の改正を前提として、令和3年度第13回原子力規制委員会（令和3年6月16日）に諮った7件の事後評価（案）及び2件の中間評価（案）について、自己評価を見直した上で、それぞれ別紙２及び別紙３のとおり改めて取りまとめた。

＜別紙、参考＞

別紙1　安全研究プロジェクトの評価実施要領（改正案）

別紙2　安全研究に係る事後評価結果（案）
　別添2-1　安全研究に係る事後評価結果（自己評価概要）
　別添2-2　安全研究に係る事後評価結果（プロジェクトごとの自己評価）

別紙3　安全研究に係る中間評価結果（案）
　別添3-1　安全研究に係る中間評価結果（自己評価概要）
　別添3-2　安全研究に係る中間評価結果（プロジェクトごとの自己評価）

参考1　安全研究プロジェクトの企画・評価のフロー

参考2　令和３年度13回原子力規制委員会資料２「安全研究に係る事後評価（案）及び中間評価（案）」（令和３年６月16日原子力規制庁）

別紙１

安全研究プロジェクトの評価実施要領

平成３１年４月１６日
年　月　日　改正
原子力規制庁

１．目的

この要領は、「原子力規制委員会における安全研究の基本方針」（原規技発第 1607064 号（平成 28 年 7 月 6 日原子力規制委員会決定）。以下「基本方針」という。）に基づき、安全研究プロジェクトの評価（事前評価、中間評価及び事後評価）について、その評価手法、評価項目及び評価基準を明確かつ具体的に定め、安全研究プロジェクトに関する目的及び目標の達成状況の確認並びに後継安全研究プロジェクトの企画、見直し等による評価結果の有効な活用に資することを目的とする。

２．適用範囲

この要領は、長官官房技術基盤グループが実施する安全研究プロジェクトの事前評価、中間評価及び事後評価に適用する。

３．安全研究プロジェクトの評価

安全研究プロジェクトの評価は、事前評価（３．１）、中間評価（３．２）及び事後評価（３．３）についてそれぞれ行う。この際、これらの評価に連続性と一貫性を持たせるため、以下の視点から一貫した評価を行う。

- ・目標・成果の適切性
- ・技術的妥当性
- ・研究の管理の適切性

３．１　事前評価

（１）事前評価の目的

事前評価は、基本方針に基づき原則として毎年度作成する「今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針」（以下「実施方針」という。）に従い計画された新規の安全研究プロジェクト（後継の安全研究プロジェクトも含む。）について、その計画、成果目標及び研究手法の技術的妥当性等を確認することを目的とする。

なお、事前評価に先立ち、実施方針策定に併せて、研究の目的、研究計画の概要、成果の活用の見通し等を確認し、計画の適切性について確認する。

（２）事前評価結果の活用

事前評価の結果は、安全研究プロジェクトの開始前に策定する研究計画（研究の背景、目的、知見の活用先、研究概要、実施計画（成果の公表計画も含む。）等を定めたものをいう。以下同じ。）の変更の要否の判断等に活用する。

（３）事前評価の実施時期

事前評価は、安全研究プロジェクト開始の前年度の１２月以降に行う。また、事前評価は、研究手法、成果の取りまとめ方法等の技術的妥当性の評価について客観性を確保するため、技術評価検討会（外部専門家の評価及び意見並びに産業界等の専門的な技術的知見を有する者（専門技術者）の意見を聴取するための公開会合をいう。以下同じ。）[1]での議論を経た上で行うものとする。

（４）事前評価の手法及び評価項目

事前評価は、様式１による当該安全研究プロジェクトを実施するための研究計画を作成した上で、~~次の評価項目についてその適否を判定することにより行う~~研究内容の技術的妥当性について確認し、研究計画の変更の要否を評価する。

~~ア．研究計画案の適切性（以下の観点を踏まえ判定する。）~~
~~・研究計画案と実施方針の整合性~~
~~・成果目標及び実施計画（成果の公表計画も含む。）の適切性~~
~~・成果の活用先の有無等~~
~~イ．研究内容の技術的妥当性~~

（５）事前評価の手続

安全研究プロジェクトを担当する安全技術管理官等（安全技術管理官又はその代理として技術基盤グループ長が指名する者をいう。）（以下「担当安全技術管理官等」という。）は、技術評価検討会での意見等を踏まえ、評価項目ごとに研究計画の適否について評価を事前評価結果取りまとめ表（様式２）に記載して評価案を作成し、それを原子力規制委員会へ諮るものとする。

３．２　中間評価

（１）中間評価の目的

中間評価は、研究計画と実施方針の整合性について改めて確認するとともに、研究の進捗状況やその時点までの成果について、当該研究分野の最新動向等を踏まえた研究計画の見直し等（研究の充実化、中断、中止、期間の短縮等の対応を含む。）の要否の判断並びに研究手法及び研究計画の技術的妥当性の評価を行うことを目的とする。

（２）中間評価結果の活用

中間評価の結果は、安全研究業務のプロジェクトマネジメントの改善、次年度以降

---

[1] 技術評価検討会における外部専門家については、公正性及び中立性確保の観点から、利害関係者が評価に加わらないよう十分に配慮する。なお、評価の視点は、①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか、②解析実施手法、実験方法が適切か、③~~解析実施手法及び実験方法~~解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か、並びに④重大な見落とし（観点の欠落）がないかの４点とする。

の安全研究の実施方針の策定、予算等の資源配分を行う際の意思決定等に活用する。

（３）中間評価の実施時期

中間評価は、５年以上の期間にわたって行う長期の安全研究プロジェクトを対象とし、原則としてプロジェクト開始の年度から起算して３年目の年度（その後３年ごと）に実施する。ただし、安全研究プロジェクトの残りの研究期間を踏まえ、研究期間の最終年度については中間評価を実施しないものとする。また、当該評価は、事前評価と同様に技術評価検討会での議論を経た上で行うものとする。

（４）中間評価の手法及び評価基準

中間評価は、安全研究プロジェクトの活動内容、成果等を取りまとめた資料[2]を用いて実施する。

中間評価では、評価時における技術動向、規制動向等の情勢の変化及び先行安全研究プロジェクトの事後評価からの改善状況（該当する場合に限る。）を踏まえ、当初計画の見直し等の要否及び当該安全研究プロジェクトの継続可否を評価する[3]。

次に、上記の評価において継続することとされた安全研究プロジェクトについて、評価項目ごとに、別記１の基準による評価（別記１、別記２及び様式３において「項目別評価」という。）を行い、その結果を表示する記号（別記２において「項目別評語」という。）を付し、別記２の方法による評価（別記２及び様式３において「総合評価」という。）を行い、中間評価の結果を総括的に表示する記号（３．２、別記２及び様式３において「全体評語」という。）を付す。

評価項目は、次の項目とする。ただし、安全研究プロジェクトの特性を踏まえて、必要に応じて評価項目を追加することを可能とする。

ア．研究の進め方に関する技術的適切性
イ．研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性
~~ウ．業務管理の適切性~~

（５）中間評価の手続

担当安全技術管理官等は、技術動向を踏まえた当初計画の見直しの要否を評価し、中間評価結果取りまとめ表（様式３）に記載するとともに、規制動向を踏まえた当初計画の見直しの要否の評価については、評価年度の実施方針における研究の必要性や研究課題に応じて、当該安全研究プロジェクトに関係する原子力規制部（以下「規制部門」という。）の主管課等の長（以下「安全規制管理官等」という。）又は基準を所管する主管課等の長に見直しの要否の評価を求めた上で、最終的な当初計画の見直し

[2]当該資料は、技術基盤グループ長が別に定める「報告書作成要領」（平成 30 年 9 月 25 日技術基盤グループ長決定）における「安全研究成果報告」の構成によることを原則とする。ただし、安全研究計画の変更など評価において特に記載すべき事項があれば、その記載事項を適宜追加又は変更することができるものとする。
[3]「計画の見直しは不要」、「計画を見直した上で継続する」、「研究を中断する」、「研究を中止する」等を判断するものとする。

の要否及び当該安全研究プロジェクトの継続可否を中間評価結果取りまとめ表の①当初計画の適切性に関する評価欄に記載する。

安全研究プロジェクトを継続すると評価した場合、担当安全技術管理官等は、中間評価結果取りまとめ表（様式３）の②研究の実施状況の評価欄及び全体評語欄に評価を記載し、安全研究プロジェクトごとの評価結果についてばらつきが生じないよう、担当安全技術管理官等間で相互にレビュー・調整を行った上で、最終的な評価案を原子力規制委員会へ諮る。

３．３　事後評価

（１）事後評価の目的

事後評価は、安全研究の成果を確認するとともに、成果目標の達成状況、成果の規制への活用状況・見通し等について評価することを目的とする。

（２）事後評価結果の活用

事後評価の結果は、目的及び目標の達成状況の確認、後継安全研究プロジェクトの企画や研究計画の見直し等（次年度以降の安全研究の実施方針の策定、後継安全研究プロジェクトの中間評価、予算等の資源配分を行う際の意思決定等への反映を含む。）、今後の安全研究業務のプロジェクトマネジメントの改善、国民への説明等に活用する。なお、後継安全研究プロジェクトの中間評価の際にも当該評価の結果を活用する。

（３）事後評価の実施時期

事後評価は、安全研究プロジェクトの終了後、かつ、次年度以降の安全研究の実施方針の策定前に行う。また、当該評価は、事前評価及び中間評価と同様に技術評価検討会での議論を経た上で行うものとする。

（４）事後評価の手法及び評価基準

事後評価は、安全研究プロジェクトの活動内容、成果等を取りまとめた資料[4]を用いて実施する。

事後評価では、評価項目ごとに別記３の基準により評価を行い、その結果を表示する記号（別記３及び別記４において「項目別評語」という。）を付す（３．３、別記３、別記４及び様式４において「項目別評価」という。）。

次に、別記４の方法により事後評価の結果を総括的に表示する記号（３．３、別記４及び様式４において「全体評語」という。）を付す（別記３、別記４及び様式４において「総合評価」という。）。

評価項目は、次の項目とする。なお、安全研究プロジェクトの特性を踏まえて、必要に応じて評価項目を追加することを可能とする。

---

[4]脚注２を参照。

ア．成果目標の達成状況
イ．成果の公表等の状況
ウ．研究の進め方に関する技術的適切性
エ．研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性
~~オ．業務管理の適切性~~
~~カ~~オ．成果の規制への活用の状況・見通し

（５）事後評価の手続

担当安全技術管理官等は、項目別評価項目（成果の規制への活用の状況・見通しに係る評価項目を除く。）ごとの評価を事後評価結果取りまとめ表（様式４）に記載するとともに、成果の規制への活用の状況・見通しに係る評価項目については、評価年度の安全研究の実施方針における研究の必要性や研究課題に応じて、当該安全研究プロジェクトに関係する規制部門の安全規制管理官等又は基準を所管する主管課等の長に別記５の方法により評価~~の記載~~を求めた上で、全体評語案を記載する。その後、安全研究プロジェクトごとの評価結果についてばらつきが生じないよう、担当安全技術管理官等間で相互にレビュー・調整を行った上で、最終的な評価案を原子力規制委員会へ諮る。

（別記１）

中間評価における項目別評価基準

中間評価のうち項目別評価における評価項目ごとの評価基準について、以下のとおり定める。

なお、安全研究プロジェクトの特性を踏まえて評価項目を追加するときの評価基準については、担当安全技術管理官等が別途定めることを可能とする。

① 研究の進め方に関する技術的適切性

研究手法（最新の知見が取り入れられているか、適切な研究実施手法が採られているか）、成果の取りまとめ方法等についての技術的適切性を以下の区分に基づき評価する。なお、評価に当たっては、外部専門家から意見等を聴取する目的で実施する技術評価検討会における技術的な意見を参考とすること。

Ｓ：技術的に優れている
Ａ：技術的に適切である
Ｂ：おおむね技術的に妥当であるが、一部見直しが必要である
Ｃ：技術的に適切ではない

② 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性

安全研究プロジェクトの実施に当たり、研究計画（状況変化を踏まえて適切に対応しているか）、研究体制（研究体制が有効に機能しているか、研究者が能力を発揮できているか）、進捗管理（研究の遅れが生じた場合に適切に対応できているか、国内外の規制動向を把握し、その影響を踏まえ適切に対応できているか）等の研究マネジメントの適切性並びに予算及び契約管理の適切性を以下の区分に基づき評価する。

Ｓ：模範となる~~研究マネジメント~~管理の水準である
Ａ：適切に~~研究マネジメント~~管理されている
Ｂ：おおむね適切に~~研究マネジメント~~管理されているが、一部見直しが必要である
Ｃ：~~研究マネジメント~~管理に問題がある

~~③ 業務管理の適切性~~

~~予算、契約等の執行管理を含む業務の遂行管理が適切に行われていることを以下の区分に基づき評価する。~~

~~Ｓ：模範となる水準で管理されている~~
~~Ａ：適切に管理されている~~
~~Ｂ：おおむね適切に管理されているが、一部見直しが必要である~~
~~Ｃ：管理に問題がある~~

（別記２）

中間評価における総合評価の方法及び評価基準

総合評価における全体評語は、項目別評価した~~３~~２つの評価項目の項目別評語（Ｓ、Ａ、Ｂ、Ｃ）を数字に換算（Ｓを 4 点、Ａを 3 点、Ｂを 2 点、Ｃを 1 点）した上で、その平均をとったもの（別記２及び様式３において「総合点」という。）及びそれを再度評語に変換（3.3 点以上をＳ、3.0 点以上～3.3 点未満をＡ、2.0 点以上～3.0 点未満をＢ、2.0 点未満をＣ）したものを基礎とする。

最終的な総合評価は、基礎とした総合点及び評語を基にして、以下の評価基準により担当安全技術管理官等が実施する。この際、担当安全技術管理官等は、全体評語とともに、評価コメントを付すものとする。

【総合評価の評価基準】
Ｓ：模範となる水準で管理され、研究が行われている
Ａ：適切に管理され、研究が行われている
Ｂ：おおむね適切に管理されているが、一部見直しが必要である
Ｃ：管理が不十分であり、研究体制も含め抜本的な見直しが必要である

（別記３）

事後評価における項目別評価基準

事後評価のうち項目別評価における評価項目ごとの評価基準について、以下のとおり定める。

なお、安全研究プロジェクトの特性を踏まえて評価項目を追加するときの評価基準については、担当安全技術管理官等が別途定めることを可能とする。

①成果目標の達成状況

原子力規制委員会が毎年度決定する「今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針」及び「安全研究計画」で示される成果目標に対する達成状況について以下の区分に基づき評価する。

Ｓ：設定した目標を大きく超える成果が得られている
Ａ：設定した目標を達成した成果が得られている
Ｂ：設定した目標をおおむね達成した成果が得られているが、一部十分ではない
Ｃ：設定した目標を達成した成果が得られていない

②成果の公表等の状況

ＮＲＡ技術報告、国内外の査読付の論文又はそれらと同等と考えられる公表活動（下記のＳ、Ａ、Ｂに該当するもの）~~について~~を対象として、安全研究プロジェクト終了時点における公表~~状況の有無及び内容~~を以下の区分に基づき評価する。ここでは、著者が原子力規制庁職員であるか否かを問わず、安全研究プロジェクトの中で行われた成果公表を評価対象とする。

Ｓ：ＮＲＡ技術報告（２件以上）を公表した~~又は~~、学会から表彰を受けるなど学術的価値が対外的に認められる査読付の論文等を~~発行~~公表した又は原子力の安全規制に大きく貢献する成果を公表した

Ａ：ＮＲＡ技術報告又は査読付の論文等を発行した（論文の場合、投稿先から受理される等発行が確実な場合を含む）

Ｂ：~~ＮＲＡ技術報告又は査読付の論文等を発行していないものの、発行が確実に見込まれる状況である~~ＮＲＡ技術報告の発行又は査読付の論文等の公表には至っていないが、公表に向けて手続中であり、ＮＲＡ技術報告又は査読付の論文等の公表が見込まれる状況である

Ｃ：ＮＲＡ技術報告又は査読付の論文等を~~発行~~公表しなかった上に、今後の公表の見込みが不透明である

【項目別評価の目安】

成果の公表等に関する項目別評価では、文書化された成果物[5]であるＮＲＡ技術報告、査読付の論文又はそれと同等の公表活動（論文投稿で行われる査読と同等以上のレベルで行われる査読付の口頭発表等）について評価し、そのうち上位の評価となったものを項目別評語として付すこととする。なお、本評価項目において、Ｓ又はＡと評価される場合であって、複数の査読付の論文を発行したときには、別記 4 の総合評価において 1 点又は 2 点をその本評価項目の点数に加算できるものとする。また、論文の作成につながった有益な口頭発表を行った場合には、その内容を考慮した上で、適宜点数をその評価項目に加算できるものとする。

（具体例）

Ｓ：ＮＲＡ技術報告を２件以上発行した場合、論文が表彰を受ける等の学術的価値が認められた場合又は原子力の安全規制に大きく貢献する成果を公表したと判断される場合

Ａ：ＮＲＡ技術報告又は査読付の論文を発行した場合

Ｂ：プロジェクトの終了時点において、ＮＲＡ技術報告又は査読付の論文が庁内手続中である場合

Ｃ：プロジェクトの終了時点において、ＮＲＡ技術報告又は査読付の論文の作成が未着手又は作成中であり発行に至っていない場合

③研究の進め方に関する技術的適切性

研究手法（最新の知見が取り入れられているか、適切な研究実施手法が採られているか）、成果の取りまとめ方法等についての技術的適切性を以下の区分に基づき評価する。なお、評価は、外部専門家から意見等を聴取する目的で実施する技術評価検討会における技術的意見を参考とすること。

Ｓ：技術的に優れている

Ａ：技術的に適切である

Ｂ：おおむね技術的に妥当であるが、一部十分ではない

Ｃ：技術的に適切ではない

④研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性

安全研究プロジェクトの実施に当たり、研究計画（状況変化を踏まえて適切に対応したか）、研究体制（研究体制が有効に機能したか、研究者が能力を発揮できたか）、進捗管理（研究の遅れが生じた場合に適切に対応できたか、国内外の規制動向を把握し、その影響を踏まえ適切に対応できたか）等の研究マネジメントの適切性並びに予算及び契約管理の適切性を以下の区分に基づき評価する。

Ｓ：模範となる研究マネジメント管理の水準である

Ａ：適切に研究マネジメント管理されている

Ｂ：おおむね適切に研究マネジメント管理されているが一部十分ではない

Ｃ：研究マネジメント管理に問題がある

[5] なお、平成 31 年度までに終了予定のプロジェクトについては、研究成果の文書化が確実に行われる見込みが確認できれば、Ａと判断することができる。

~~⑤業務管理の適切性~~

~~予算、契約等の執行管理を含む業務の遂行管理が適切に行われていることを以下の区分に基づき評価する。~~

~~Ｓ：模範となる水準で管理されている~~

~~Ａ：適切に管理されている~~

~~Ｂ：おおむね適切に管理されているが、一部十分ではない~~

~~Ｃ：管理に問題がある~~

~~⑥~~⑤成果の規制への活用の状況・見通し

規制課題~~への~~に活用（規制基準、各種ガイド類等の整備・見直しの要否の判断、審査及び検査への活用等）~~通じる知見~~できる研究成果~~（新たに抽出された規制課題を含む。）~~が得られ、規制に活用されたかについて、~~実績・見込み及び関連部門との情報共有の状況を~~以下の区分に基づき評価する。

Ｓ：規制の高度化に大きく貢献した~~、~~又は今後大きく貢献することが確実に見込まれている

Ａ：規制活動に貢献する結果が得られた

Ｂ：得られた結果による規制活動への貢献は限定的である

Ｃ：規制活動に活用される結果が得られなかった

【項目別評価の目安】 成果の規制への活用の状況・見通しに関する項目別評価の具体例は以下のとおり。なお、Ｓ又はＡと評価される場合であって、原子力の安全規制活動で引用されるような複数のＮＲＡ技術報告等の成果物を発行した場合には、1 点又は 2 点をその評価項目に加算することができる。 （具体例） Ｓ：安全研究で得られた最新知見に基づき、規制基準、基準解釈、ガイド等が改訂されるなど、規制活動を大きく前進させるような成果が得られた場合 Ａ：審査等で活用することのできる最新知見に基づいた判断根拠を整備するなど、期待していたとおりの研究成果結果が得られ、規制活動に貢献した場合 Ｂ：研究が計画どおりに進捗しなかった等の理由により、期待される成果の質又は量を満足せず、規制活動への貢献が限定的である場合 Ｃ：研究が大幅に遅延する等の理由により、期待していた成果が全く得られず、規制活動に活用する見込みがない場合

（別記４）

事後評価における総合評価の方法及び評価基準

総合評価における全体評語は、項目別評価した６つの評価項目の項目別評語（ＳＡＢＣ）を数字に換算（Ｓを４点、Ａを３点、Ｂを２点、Ｃを１点）した上で、その平均をとったもの（別記４及び様式４において「総合点」という。）及びそれを再度評語に変換（3.3 点以上をＳ、3.0 点以上～3.3 点未満をＡ、2.0 点以上～3.0 点未満をＢ、2.0 点未満をＣ）したものを基礎とする。

ただし、特に留意すべき評価項目である②成果の公表等の状況及び⑥成果の規制への活用の状況・見通しに対して良好な成果が得られた場合には、1 点又は 2 点をその評価項目に加算できるものとする。

最終的な総合評価は、基礎とした総合点及び評語を基にして、以下の評価基準により担当安全技術管理官等が実施する。この際、担当安全技術管理官等は、全体評語とともに、評価コメントを付すものとする。

なお、②成果の公表等の状況又は⑥成果の規制への活用の状況・見通しで最下位の評語（Ｃ）がある場合の全体評語は、総合評価の基礎として算出した評語がＳ又はＡのときはＢへ、ＢのときはＣへそれぞれ下げるものとする。

【総合評価の評価基準】

Ｓ：模範となる水準で管理され、期待以上の成果があった※

Ａ：適切に管理され、期待どおりの成果があった

Ｂ：おおむね適切に管理され、期待どおりの成果があったが、一部十分ではなかった

Ｃ：管理が不十分であり、期待された成果が得られなかった

※全体評語がＳとなる条件は、項目別評語のＳが２つ以上あることとする。

（別記５）

事後評価における「成果の規制への活用の状況・見通し」の評価方法

項目別評価の項目のうち、「⑥成果の規制への活用の状況・見通し」に関する評価は、関係する規制部門又は基準を所管する主管課等（以下「課室等」という。）が行う。

部等[6]の総括課[7]は、部等において安全研究プロジェクトを評価する課室が複数ある場合、様式５を用いて各課室等の評価の調整及び取りまとめを行うとともに、部等としての評価結果を技術基盤グループに提出する。その際、１つの安全研究プロジェクトを評価する課室等が複数あり、かつ、複数の課室等の評価が異なる場合、以下の考え方に基づき、部等としての評価を決定する。

安全研究の成果の規制への活用は、規制基準、審査、検査等といった規制分野や、実用炉、試験研究炉、核燃料サイクル施設等といった規制対象の施設の違いなどよって、活用される時期や必要性について差が生じると考えられる。安全研究の大きな目的の一つは規制への貢献であり、いずれの規制分野、施設等であっても、そのうち一つにでも研究成果が活用されれば、規制への活用という目的は達成されたと言える。以上から、安全研究プロジェクトを評価する課室等が複数あり、かつ、複数の課室等による評価が異なる場合は、各課室等の評価のうち最も上位の評価を当該プロジェクトの「⑥成果の規制への活用の状況・見通し」に係る評価結果とする。

なお、１つの安全研究プロジェクトを評価する課室等が複数あり、各課室等の評価が同一の場合は、当該評価を評価結果とする。また、１つの安全研究プロジェクトを評価する課室等が１つである場合は、当該課室等の評価を評価結果とする。

---

[6] 原子力規制委員会行政文書管理要領第２条第１項に規定される「部等」を示す。
[7] 原子力規制委員会行政文書管理要領第２条第４項に規定される「総括課」を示す。

様式１

研究計画

<table>
<tr><td rowspan="2">１．プロジェクト</td><td rowspan="2"></td><td>担当部署</td><td></td></tr>
<tr><td>担当責任者</td><td></td></tr>
<tr><td>２．カテゴリー・研究分野</td><td></td><td>主担当者</td><td></td></tr>
<tr><td>３．背景</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>４．目的</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>５．知見の活用先</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>６．安全研究概要</td><td colspan="3">実施行程表<table><tr><td>実施項目</td><td>○○年度</td><td>○○年度</td><td>○○年度</td></tr><tr><td>（１）○○○○</td><td>○○（実施内容）</td><td>○○（実施内容）</td><td>成果の公表 ▽</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>７．実施計画</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>８．実施体制</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>９．備考</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

様式２

事前評価結果取りまとめ表

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">評価項目</td><td colspan="2">評価結果</td></tr>
<tr><td>担当安全技術管理官等による評価コメント</td><td>評価（案）
（適・否）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">~~研究計画案の適切性~~</td><td>~~研究計画案と実施方針の整合性~~</td><td></td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>~~成果目標及び実施計画（成果の公表計画も含む。）の適切性~~</td><td></td></tr>
<tr><td>~~成果の活用先の有無等~~</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">研究内容の技術的妥当性</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">研究計画案への反映</td><td colspan="2">【担当安全技術管理官等による評価結果】</td></tr>
</table>

・評価結果は、技術評価検討会で受けたコメント等を踏まえ記載する。

様式３

中間評価結果取りまとめ表

①当初計画の適切性に関する評価

評価項目		評価結果	
		担当安全技術管理官等又は担当規制部門の安全規制管理官等によるコメント	見直しの要否
当初計画の見直し	技術動向の観点からの評価		
	規制動向の観点からの評価	【関係する規制部門の安全規制管理官等による評価】	
先行安全研究プロジェクトにおける事後評価からの改善状況			
安全研究プロジェクトの継続可否の評価		【担当安全技術管理官等による評価結果】	

②研究の実施状況の評価

評価項目		評価結果		
		担当安全技術管理官等によるコメント		評価（案）（ＳＡＢＣ）
項目別評価	研究の進め方に関する技術的適切性			
	研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性			
	~~業務管理の適切性~~	~~ ~~		~~ ~~
総合評価		【担当安全技術管理官等による評価コメント】	【全体評語（ＳＡＢＣ）】	【総合点】

・当初計画の見直しに関する評価のうち、「規制動向の観点からの評価」は、当該安全研究プロジェクトに関係する規制部門の安全規制管理官等又は基準を所管する主官管課等の長が行う。なお、関係する規制部門の安全規制管理官等が複数人の場合には、全ての者によるコメントを記載する。ただし、見直しの要否欄については、関係する規制部門の安全規制管理官等が協議の上で記載するものとする。
・②研究の実施状況の評価は、①当初計画の適切性に関する評価において継続すると評価されたものを対象とする。

様式４

事後評価結果取りまとめ表

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">評価項目</th><th colspan="2">評価結果</th></tr>
<tr><th>担当安全技術管理官等又は担当規制部門の安全規制管理官等によるコメント</th><th>評価（案）
（ＳＡＢＣ）</th></tr>
<tr><td rowspan="6">項目別評価</td><td>成果目標の達成状況</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>成果の公表等の状況</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>研究の進め方に関する技術的適切性</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>業務管理の適切性</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>成果の規制への活用の状況・見通し</td><td>【関係する規制部門の安全規制管理官等による評価】</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">総合評価</td><td>【担当安全技術管理官等による評価コメント】</td><td>【全体評語（ＳＡＢＣ）】　【総合点】</td></tr>
</table>

・項目別評価の項目のうち、「成果の規制への活用の状況・見通し」に関する評価は、関係する規制部門の安全規制管理官等又は基準を所管する主官課等の長が行う。なお、関係する規制部門の主管課等の長が複数人の場合には、全ての者によるコメントを記載する。ただし、評価（案）欄については、関係する規制部門の安全規制管理官等が協議の上で記載するものとする。

様式５

安全研究プロジェクトの事後評価の評価項目「⑥成果の規制への活用の状況・見通し」の評価について

令和　年　月　日
〇〇部

No.	プロジェクト名	評価担当課室等	評価コメント	課室等の評価（SABC）	部等の評価（SABC）
1	〇〇に関する研究（R〇-R〇）	〇〇課			
		〇〇部門			
		〇〇室			
2	〇〇に関する研究（R〇-R〇）	〇〇課			

別紙 2

安全研究に係る事後評価結果

令 和 ３ 年 ７ 月 ７ 日
原 子 力 規 制 委 員 会

１．事後評価の進め方

1.1　評価の対象

原子力規制庁長官官房技術基盤グループの安全研究プロジェクトのうち、事後評価の対象となるプロジェクトは次に示す 7 件である。

事後評価対象プロジェクト

No.	プロジェクト名	実施期間（年度）
1	津波ハザード評価の信頼性向上に関する研究	H29 - R2 (2017 - 2020)
2	地震・津波及びその他の外部事象等に係る施設・設備のフラジリティ評価に関する研究	H29 - R2 (2017 - 2020)
3	火災防護に係る影響評価に関する研究	H29 - R2 (2017 - 2020)
4	燃料健全性に関する規制高度化研究	H19 - R2 (2007 - 2020)
5	加工施設及び再処理施設の内部火災等に関するリスク評価手法に関する研究	H29 - R2 (2017 - 2020)
6	廃棄物埋設に影響する長期自然事象の調査方法及びバリア特性長期変遷の評価方法に関する研究	H29 - R2 (2017 - 2020)
7	放射性廃棄物等の放射能濃度評価技術に関する研究	H29 - R2 (2017 - 2020)

1.2　評価方法

原子力規制庁が実施した自己評価（別添 2-1 及び 2-2）に基づき、評価プロセス及び評価結果の妥当性を確認した。

２．事後評価結果

上記 7 件の安全研究プロジェクトについて原子力規制庁が実施した事後評価に係る自己評価は妥当である。

別添 2-1

安全研究に係る事後評価結果（自己評価概要）

令和３年７月７日
原子力規制庁

１．評価対象プロジェクト

今回の事後評価の対象は、令和２年度に終了した安全研究プロジェクト７件である。自己評価の全体概要を以下に、安全研究プロジェクトごとの評価結果を別添 1-2 に示す。

２．評価結果（自己評価概要）

（１）「①成果目標の達成状況」、「③研究の進め方に対する技術的適切性」及び「④研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性」

いずれのプロジェクトにおいても、適切な研究体制を構築する等により、研究マネジメント及び予算・契約管理が行われるとともに、最新知見や外部専門家の意見を踏まえて技術的適切性をもって研究が実施され、設定した成果目標が達成された。

（２）「②成果の公表等の状況」

いずれのプロジェクトにおいても、プロジェクト実施期間中に、原子力規制庁職員又は委託先から学術論文等による積極的な研究成果の公表を行った。

（３）「⑤成果の規制への活用の状況・見通し」

「火災防護に係る影響評価に関する研究」（別表の No.3）の成果を基に、火災関係の各ガイドの見直しが予定されており、今後の審査支援における申請内容の妥当性の判断や火災防護の検査にも活用できることが見込まれている。また、「放射性廃棄物等の放射能濃度評価技術に関する研究」（別表の No.7）の成果が、「放射能濃度についての確認を受けようとする物に含まれる放射性物質の放射能濃度の測定及び評価の方法に係る審査基準」（令和元年 9 月 11 日原子力規制委員会決定）の策定に当たり活用された。その他のプロジェクトについても、成果が活用されているか又は成果の活用が見込まれている。

（４）結論

以上のことから、令和２年度に終了したプロジェクトについては、いずれも計画的に実施され、規制活動に貢献できる成果が得られている。

別表　安全研究に係る事後評価結果（自己評価概要）

評価項目			1. 津波ハザード評価の信頼性向上に関する研究	2. 地震・津波及びその他の外部事象等に係る施設・設備のフラジリティ評価に関する研究	3. 火災防護に係る影響評価に関する研究	4. 燃料健全性に関する規制高度化研究	5. 加工施設及び再処理施設の内部火災等に関するリスク評価手法に関する研究	6. 廃棄物埋設に影響する長期自然事象の調査方法及びバリア特性長期変遷の評価方法に関する研究	7. 放射性廃棄物等の放射能濃度評価技術に関する研究
項目別評価※1	①　成果目標の達成状況		A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)
	②　成果の公表等の状況		A(3)	A(3)	A(3)	S(4)	A(3)	A(3)	A(3)
	職員	NRA 技術報告	0	1	0	0	0	0	0
		論文(査読付)	2	4	1	3	0	0	3
		国際会議のﾌﾟﾛｼｰﾃﾞｨﾝｸﾞ(査読付)	0	1	1	7	0	0	0
	委託先	論文(査読付)	1	1	3	1	3	2	0
		国際会議のﾌﾟﾛｼｰﾃﾞｨﾝｸﾞ(査読付)	0	2	0	1	0	0	0
	③　研究の進め方に対する技術的適切性		A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)
	④　研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性		A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)
	⑤　成果の規制への活用の状況・見通し		B(2)	A(3)	A(3)	B(2)	B(2)	A(3)	A(3)
総合評価※2	項目別評価結果の総合点		14	15	15	15	14	15	15
	項目別評価結果の平均点		2.8	3.0	3.0	3.0	2.8	3.0	3.0
	評価結果(全体評語)		B	A	A	A	B	A	A

※1　項目別評価に示す括弧内の数字は、SABC による項目別評価結果を数字に換算（S を 4 点、A を 3 点、B を 2 点、C を 1 点）したものを示す。

※2　総合評価の評価結果は、項目別評価結果の平均点が 3.3 点以上を S、3.0 点以上～3.3 点未満を A、2.0 点以上～3.0 点未満を B、2.0 点未満を C とする。ただし、②又は⑤が最下位の評語（C）である場合は、S 又は A のときは B へ、B のときは C へそれぞれ下げる。

別添 2-2

安全研究に係る事後評価結果（プロジェクトごとの自己評価）

令 和 ３ 年 ７ 月 ７ 日
原　子　力　規　制　庁

Ⅰ.津波ハザード評価の信頼性向上に関する研究（H29～R2（2017～2020））

1. 研究プロジェクトの目的

- 原子力規制の継続的な高度化のためには、これらの要求事項に係る種々の評価手法を継続的に改善していくことが重要である。これまでの安全研究では、主にプレート間地震を対象に津波波源モデルの改良等を実施してきたが、本研究プロジェクトでは、地震の規模や発生頻度のモデル化に係る不確かさの取扱い、及び内陸地殻内地震や地震以外の津波発生要因の特性も踏まえて、確率論的津波ハザード評価（以下「PTHA」という。）手法に反映していくことにより、関連審査ガイド及び安全評価の高度化に資すること、また、将来の規制活動への反映に向けた科学的・技術的知見を蓄積することが目的である。

2. 研究概要

- 津波波源の特性化、地震活動のモデル化等に係る不確かさ解析の検討を行い、PTHA において、津波の規模、発生頻度等に係る不確かさをより適切に評価するための手法を検討した。
- 津波地震の観測事例及び水理実験を踏まえた津波発生メカニズムの解明とその特徴を考慮した特性化波源モデルの設定方法を検討した（国立大学法人東北大学及び東北学院大学との共同研究）。
- 平成 28 年度までに整備してきた津波痕跡データベースを活用し、中小規模及び大規模のプレート間地震による津波を対象とした従来の特性化波源モデルの設定方法について、その適用性を検討した。
- 海底斜面を模擬した模型実験等により、海底斜面の地震時安定性に関する既往モデルの適用性を検討し、不確かさを定量的に評価した。また、海底地すべり起因の津波を考慮した PTHA 手法を検討した（学校法人日本大学工学部工学研究所への委託研究を含む）。

3. 研究成果

- プレート間地震による津波を対象に、地震規模に係るスケーリング則、地震発生頻度に係るグーテンベルグ・リヒター則の各モデル化上の不確かさを定量的に評価して確率モデルを設定した。また、これらの確率モデルを取り入れた PTHA 手法を提案した。さらに、福島県沖をモデルサイトとして提案手法を適用し、PTHA 結果に及ぼす不確かさ要因の影響を分析し、今回検討した不確かさ要因の中では、

地震規模に係るスケーリング則の不確かさの影響が最も大きいことを確認した。

- 海底の地殻変動の水平変位を模擬した水理実験の結果、水平変位は津波初期水位に影響すること及び地殻変動の速度が速いほどその影響が大きいことを確認した。また、Tanioka and Satake (1996)の解析手法による水平変位の寄与分を考慮した場合の特性化波源モデルの設定方法を提案し、東北地方太平洋沖地震津波に適用したところ、痕跡高を良好に再現することができた。
- 中小規模及び大規模（Mw8.8 以下）のプレート間地震による津波について、南海トラフで発生した 4 つの地震（1854 年安政東海地震、1854 年安政南海地震、1707 年宝永地震及び 1944 年昭和東南海地震）を対象に、杉野ら(2014)の特性化波源モデルを作成し、各津波の痕跡高の再現性を定量的に示した。
- 海底地すべりを模擬した遠心模型実験等により、従来の陸上斜面の安定解析に用いられてきた修正フェレニウス法が海底環境でも適用可能であることを確認した上で、モデル化上の不確かさを定量的に把握した。そして、佐藤ら（2019）の「海底地すべり危険度判定手法」と組み合わせて、海底地すべり起因の津波を対象とした PTHA 手法を提案した。提案手法をモデル海域に適用したところ、地震起因津波に比べて過大な結果となり、提案手法の課題とともに改良の必要性を示した。

4. 技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 津波ハザード評価として、不確かさの幅を適切に把握しようという方向性は適切と考えるが、確率論的地震動ハザード評価で用いられている専門家意見をはじめとした地震ハザード解析専門家委員会（Senior Seismic Hazard Analysis Committee、以下「SSHAC」という。）手法を参考に、改善の必要があるとの意見があった。本研究プロジェクトでは、従来の確率論的津波ハザード評価では取り扱っていなかった不確かさの項目を示し、それらの項目がハザード解析結果に及ぼす影響の程度を感度解析的に把握しようとするものである。今後、これらの不確かさの項目が広く認知され、SSHAC 手法による確率論的津波ハザード評価に取り込まれるよう、研究成果を論文で公表していく。
- 「津波地震による津波の特性化モデルの構築」において、同じインバージョン解析手法で、津波の入力条件となる海底地殻変動について、水平変位の効果の考慮方法の違いによるすべり量分布を比較した内容は、津波波源の評価における研究として非常に興味深く、良い成果が得られたものと考えられると評価された。また、海底勾配と水平効果の大きさの関係が整理されると津波波源設定に有用な知見を与えるものと期待されるとの意見があった。令和 3 年度からの後継プロジェクトにおいて、引き続き検討していく。
- 詳細は参考 2 の別表 1-1 参照。

5.　事後評価結果

（１）項目別評価

① 成果目標の達成状況：　A

- PTHA 手法における津波発生モデルの不確かさ評価手法、地殻変動の水平変位を考慮したプレート間地震津波の特性化波源モデルの設定方法、中小規模及び大規模プレート間地震津波の特性化波源モデルの適用性、並びに海底地すべり起因津波の PTHA 手法に関する知見を蓄積することができたことから目標を達成した。

② 成果の公表等の状況：　A

- 原子力規制庁から査読付論文 2 件を公表した。
- 委託先から査読付論文１件を公表した。

③ 研究の進め方に対する技術的適切性：　A

- 国内外の過去の研究や技術評価検討会の専門家意見を踏まえた上で、適切な実施手法により必要な実験データや解析結果が得られていることから、技術的適切性をもって研究が進められたと判断した。

④ 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性：　A

- 共同研究及び委託研究の相手も含め適切な実施体制を構築し、計画どおりに進捗させ、目標を達成していることから、研究マネジメントは適切であると評価する。
- 予算執行、進捗管理及び検収を含めた契約業務を、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われたと判断した。

⑤ 成果の規制への活用の状況・見通し：　B

- 「津波地震による津波の特性化波源モデルの構築」及び「海底地すべり起因要因の津波の確率論的ハザード評価手法の整備」は、今後の規制活動の参考知見となるものの、規制への活用は限定的である。なお、今後、水理実験で得られた知見についての適用範囲等がより明確に示されれば、規制へ活用できると考えられる。（地震・津波審査部門）

（２）総合評価

- 評価結果：　B
- 評価コメント：

　計画どおりに調査・研究が進められ、確率論的津波ハザード評価における不確かさ要因の取り扱いや地殻変動の水平変位を考慮したプレート間地震津波の特性化波源モデルの設定方法等に係る知見を目標どおりに取得するとともに、研究成果の一部については査読付論文として公表された。また、その他の研究成果について、今後、査読付論文の公表が予定されており、規制活動への成果の活用も期待される。

6. 評価結果の今後の活用

- 本研究プロジェクトで得た成果のうち未公表の内容については、技術評価検討会でいただいた意見を踏まえて、関連の既往論文のレビューを適切に行い、また、必要に応じて追加検討を行って、論文等にまとめる。
- 技術評価検討会でいただいた意見や内外の研究及び規制の動向を十分に考慮し、後継の安全研究プロジェクト「津波評価手法及び既往津波の波源推定に関する研究」（R3～R6 年度）において、津波の初期水位の設定方法を精緻化し、関連審査ガイドの改訂を検討する。

（主な成果の公表）[注1]

（１）原子力規制庁の職員による公表

- 論文（査読付）

① 道口陽子、三戸部佑太、杉野英治、田中仁、地殻変動の水平変位による津波初期水位への影響に関する実験的検討、土木学会論文集 B2（海岸工学）、Vol. 75、No. 2、pp. I_343-I_348、2019.

② 佐藤太一、杉野英治、Mw8.8 以下のプレート間地震津波に対する特性化波源モデルの再現性、土木学会論文集 B2（海岸工学）、Vol. 76、No. 2、pp. I_337-I_342、2020.

（２）委託先による公表

- 論文（査読付）

① 齋藤和寿、仙頭紀明、中村晋、動的な遠心載荷実験に基づく海底斜面の地震時安定性評価、土木学会論文集 B3（海洋開発）、Vol. 76、No. 2、pp. I_1043-I_1048、2020.

[注1] 下線部は原子力規制庁職員。以降のプロジェクトについても同様。

II. 地震・津波及びその他の外部事象等に係る施設・設備のフラジリティ評価に関する研究（H29～R2（2017～2020））

1. 研究プロジェクトの目的

- 地震、津波及び衝撃等の外部事象に係る施設・設備のフラジリティの確率論的リスク評価(PRA)に関する科学的・技術的知見及び関連評価ガイド策定のための知見の拡充を行う。また、将来の規制活動への反映に向けた知見を蓄積する。

2. 研究概要

- 地震に対するフラジリティ評価については、建屋耐震評価に関して、原子炉建屋の三次元有限要素法（FEM）解析を用いたパラメータスタディ及び地震観測記録の再現解析による建屋解析の精緻化に係る検討を行った（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究を含む）。また、地盤の液状化評価に関して、礫質土地盤を対象に遠心載荷模型実験及び再現解析による液状化挙動の検討を行った（国立大学法人東北大学への委託研究を含む）。さらに、設備の耐震耐力評価に関して、既往試験に基づき設備の現実的耐力を整理するとともに、鋼製格納容器を対象として、FEM 解析を用いた現実的な座屈評価耐力を求めた。また、経年配管の地震時亀裂進展評価の既往評価手法の適用性について検討を行った（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究を含む）。
- 津波に対する防潮堤のフラジリティ評価については、漂流物の衝突による荷重の評価、防潮堤前面の砂丘が津波によって侵食された場合の津波波圧の評価及び越波時も含めた最大持続波力評価の体系化に関して、防潮堤を模擬した実験及び再現解析による検討を行った（大成建設株式会社及び国立大学法人京都大学への委託研究を含む）。
- 衝撃に対するフラジリティ評価については、建屋耐衝撃評価に関して、大型衝突実験及び再現解析に基づき衝撃挙動の把握や解析の再現性の検討を行った（鹿島建設株式会社への委託研究を含む）。また、設備の耐力評価に関して、衝撃振動試験を行い設備の衝撃損傷特性の検討を行った。さらに、核燃料輸送容器のスラップダウン落下試験を行い落下時の挙動を把握するとともに、既往の評価手法の適用性の検討を行った。

3. 研究成果

- 地震に対するフラジリティ評価については、建屋耐震評価に関して、建屋－地盤間の接触・剥離、減衰等のモデル化が建屋応答に比較的大きな影響を及ぼすことの知見を得た。また地震観測記録の再現解析では、水平方向の建屋応答について観測記録との整合性がとれていることを確認した。地盤の液状化評価に関しては、礫質地盤の場合は砂質土地盤よりも過剰間隙水圧の上昇及び消散が速く、全体の蓄積量も小さいという知見を得た。さらに設備の耐力評価に関して、設計耐力と現実的耐力の関係を整理するとともに格納容器の FEM 解析を用いた座屈評価に

よる現実的耐力を把握した。また経年配管の地震時亀裂進展に係る評価方法に関して、既往評価式の適用性を確認した。

- 津波に対する防潮堤のフラジリティ評価については、漂流物衝突荷重影響に関して、既往評価式の適用性を整理した。また砂移動荷重影響に関して、流体密度を用いた評価の考え方を整理した。さらに最大持続波力評価に関して、越波時も含めて防潮堤に生じる最大波力を評価する手法についての体系的な考え方を整理した。
- 衝撃に対するフラジリティ評価については、建屋衝撃評価に関して、衝撃力の伝播応答の挙動を把握し、解析の再現性を確認した。また周辺地盤への逸散効果を確認した。さらに機器衝撃評価に関して、衝撃振動試験を行い電気品の衝撃損傷特性を把握するとともに、衝撃振動に係る加振試験を行う上での留意事項を整理した。輸送容器の落下による衝撃挙動に関しては、スラップダウン落下の応答が大きいことを確認するとともに、既往の評価方法が当該実験よりも保守的な結果であることを確認した。

4. 技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 耐津波・耐地震・耐衝撃研究全般については、おおむね適切であるとの評価を受けた。その中で耐津波研究については、漂流物衝突荷重の評価における衝突位置や、砂移動の評価における堤体前面水深や最大波力発生時刻等に係る考察が必要ではないかとの意見があった。今後の論文化を進める中で、必要に応じて検討を行う。
- 詳細は参考 2 の別表 1-2 参照。

5. 事後評価結果

（１）項目別評価

① 成果目標の達成状況：　A

- 津波・地震・衝撃に対するフラジリティ評価に関する研究において、それぞれの分野で新たな知見を蓄積できたことから目標を達成した。

② 成果の公表等の状況：　A

- 原子力規制庁から、NRA 技術報告 1 件、査読付論文 4 件及び国際会議のプロシーディング 1 件の公表を行った。
- 委託先から査読付論文 1 件、国際会議のプロシーディング 2 件を公表した。

③ 研究の進め方に対する技術的適切性：　A

- 国内外の最新知見を踏まえた上で、適切な実施手法により実験結果や解析結果が得られていることから、技術的適切性をもって研究が進められたと判断した。

④ 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性：　A

- 委託先を含め適切な研究体制を構築し、部門内及び庁内外の関連部署や有識者に意見照会を行いながら研究を実施して目標を達成しており、研究マネジメントは適切であると評価する。
- 予算執行、進捗管理及び検収を含めた契約業務を、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われたと判断した。

⑤ 成果の規制への活用の状況・見通し：　A

- 津波に対するフラジリティ評価手法の検討については、適合性審査において防潮堤に作用する漂流物の衝突荷重及び津波波力を評価するための技術的な知見として活用され、今後とも活用される可能性が高い。地震に対するフラジリティ評価手法の検討については、今後、適合性審査において建屋等の三次元地震挙動及び埋立地盤の液状化の評価に関する技術的知見として活用が期待される。（地震・津波審査部門）
- 本研究により、飛翔体等衝突時に建屋・設備に生じる衝撃現象に関する知見が蓄積された。それらの知見は、実用炉審査に直ちに参照可能な状態には至っていないが、衝撃試験の追加実施等により技術的知見が拡充されれば、今後の審査において、事業者が講じる衝撃破損防止対策等の妥当性を確認する際に活用される見込みがある。（実用炉審査部門）
- 本研究により、耐震及び耐津波に係る設計情報を用いて設計裕度の大きさにより施設、設備に対する検査の優先度を評価する手法が検討されており、耐震及び耐津波に係るリスク情報について、個別プラントの検査の現場で活用できる形で整理、提供されれば、検査対象の選定等において活用される見込みがある。（検査監督総括課）
- 飛翔体等の衝突による衝撃に対する設備のフラジリティ評価については、再処理施設及び MOX 燃料加工施設の審査において直ちに参照可能な状態には至っていないが、設備の耐力を評価するための技術的知見として活用される可能性がある。（核燃料施設審査部門）
- 本研究では、約 15 年前に海外で実施された兼用キャスク実機大の試験体によるスラップダウン落下試験と同様のものを一つの設計事例について実験を行っている。本研究の成果から、審査において注視すべき事象が追認されるとともに審査で考慮すべき新たな事項がないことが確認された。（核燃料施設審査部門）

（２）総合評価

- 評価結果：　A
- 評価コメント：

　計画どおりに調査・研究が進められ、津波・地震・衝撃に対するフラジリティ評価手法に関する知見を目標どおりに取得するとともに、研究成果をまとめた新知見情報及び NRA 技術報告や査読付論文の公表も行われた。また、本安全研

究プロジェクトの成果の一部は規制に取り入れられることが検討中であり、その他の成果も、今後、規制活動における活用も見込まれている。

6. 評価結果の今後の活用

- 本安全研究プロジェクトで得た成果のうち未公表の内容の取りまとめ及び後続の安全研究プロジェクト「外部事象に係る施設・設備のフラジリティ評価手法の高度化に関する研究」（Ｒ３～Ｒ６年度）において、技術評価検討会でいただいた意見、国内外の研究及び規制の動向を十分に考慮し、規制活動での活用を念頭に研究の実施及び論文等への取りまとめを行う。

（主な成果の公表）

（１）原子力規制庁の職員による公表

- NRA 技術報告

① 市原義孝、森谷寛、小林恒一ほか、原子炉施設の建屋三次元地震時挙動の精緻な推定に資する影響因子の分析とそのモデル化に関する検討、NTEC-2021-4002、令和 3 年 3 月.

- 論文（査読付）

① Y. Li, K. Azuma, K. Hasegawa, Failure bending moment of pipes containing multiple circumferential flaws with complex shape, International Journal of Pressure Vessels and Piping 171, pp. 305-310, 2019.

② K. Azuma, S. Hidaka, Y. Yamazaki, Effects of crack closure on the fatigue crack growth rates of ferritic steels subjected to severe reversing loads, J. Pressure Vessel Technol., 142(6): 061503, 2020.

③ 太田良巳、松澤遼、鈴木哲夫、吉田匡佑、国際ベンチマーク解析プロジェクト IRIS3 フェーズＡに係る鉄筋コンクリート構造物の衝撃評価に関する基礎的研究、土木学会、第 12 回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集、2019.

④ 太田良巳、澤田祥平、山田和彦ほか、衝撃作用を受ける構造物の衝撃挙動評価に関する取り組み、日本建築学会シンポジウム「耐衝撃設計の合理化に向けて－現状と新しい流れ、今後の課題―」、pp. 135-144、2019.

- 国際会議のプロシーディング（査読付）

① T. Toriyama, N. Ishida, A method for evaluating tsunami loading on seawalls during overflow, Proceedings of 37th Conference on Coastal Engineering, 2020.

（２）委託先による公表

- 論文（査読付）

① 相馬和貴、山田和彦、澤田祥平ほか、Riera の方法による柔飛翔体衝突時の強度分布推定、土木学会、第 12 回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集、2019.

- 国際会議のプロシーディング（査読付）

① Y. Oda, T. Honda, T. Omata, Experimental study on tsunami forces acting on vertical seawalls under overflow, Proceedings of 36th Conference on Coastal Engineering, structures. 37, 2018.

② Y. Yamaguchi, J. Katsuyama, Y. Li, Crack growth prediction for cracked dissimilar metal weld joint in pipe under large seismic cyclic loading, Proceedings of the ASME 2018 Pressure Vessels and Piping Conference, 2018.

III. 火災防護に係る影響評価に関する研究（H29～R2（2017～2020））

1. 研究プロジェクトの目的

- これまでの火災防護に係る安全研究の成果を活用し制定された審査基準及びガイドの見直しの要否の検討に必要な知見を得るため、まだ十分に知見が得られていない高エネルギーアーク損傷（以下「HEAF」という。）の爆発現象に係る知見を拡充する。また、電気ケーブルが加熱されることにより誤信号や短絡が発生する可能性があることを踏まえ、電気ケーブルの熱劣化に関する知見等を拡充する。さらに、今後の火災防護に係る規制の高度化等に資する火災影響評価手法・解析コード等を整備する。

2. 研究概要

- HEAF の爆発現象については、電気盤を模擬した筐体を用いた HEAF 試験を実施し、爆発メカニズムに係る知見を取得した。
- 電気ケーブルの熱劣化については、コーンカロリメータ試験装置を用いた熱劣化試験を実施し、電気ケーブルの絶縁低下に係る知見を取得した（国立大学法人筑波大学への委託研究を含む）。
- 多段のケーブルトレイに敷設されたケーブル束の火災及び HEAF の爆発現象に係る解析モデルの検証と妥当性確認を実施し、火災影響評価手法・解析コード等に関する知見を取得した（国立大学法人山口大学及び金沢大学への委託研究を含む）。

3. 研究成果

- HEAF の影響評価については、影響評価手法の整備に資する HEAF の爆発メカニズムに係る知見を取得した。また、HEAF の爆発圧力には、空気の熱膨張による初期のスパイク的な圧力上昇とその後の金属ヒュームの発生による圧力の 2 種類が存在することを明らかにした。
- 電気ケーブルの熱劣化評価については、熱劣化評価手法の整備に資する電気ケーブルの絶縁低下に係る知見を取得した。
- 火災影響評価手法・解析コード等については、多段のケーブルトレイに敷設されたケーブル束の火災及び HEAF の爆発現象に係る解析モデルに関する知見を取得して、同事象による影響を評価するための事象進展評価モデルを改良・整備した。

4. 技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 電気ケーブルの熱劣化評価において、200℃以上の温度の結果だけで十分であるかとの意見があった。本研究では、4 つの火災シナリオ及び電気ケーブルの破損温度（NUREG/CR-6931）を参考に熱劣化温度を 200℃以上に設定しているが、評価温度に関しては、今後、後継研究プロジェクトで検討する。
- HEAF に係る解析モデルにおいて、空気加熱割合（kp）を時間変化させると試験結

果と一致する原因・物理現象について詳細に考察すべきとの意見があった。試験及び解析結果から、原因・物理現象としては、経過時間に伴い筐体内の空気密度が下がり、空気への伝熱が起こりにくくなるためと考えているが、今後、後継研究プロジェクトで kp が時間変化する原因・物理現象について詳細に検討する。

- 実際に原子炉施設で発生した事象に基づいて実験や解析などを実施しており、研究成果は、原子炉施設の安全規格やガイドラインの制定・改訂に資するとの意見があった。今後も国内外の火災防護規制/火災防護研究の現状把握、経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA）プロジェクト・仏国放射線防護・原子力安全研究所（IRSN）等との情報交換等により情報を得て、それらの情報を後継研究プロジェクトに反映させる。
- 詳細は参考 2 の別表 1-3 参照。

5. 事後評価結果

（１）項目別評価

① 成果目標の達成状況： A

- 火災防護に係るガイド類の見直しの要否の検討に必要な情報として、「HEAF の影響評価」、「電気ケーブルの熱劣化評価」及び「火災影響評価手法・解析コード等」に関する知見を取得したことから、設定した目標を達成した。

② 成果の公表等の状況： A

- 原子力規制庁から、査読付論文 1 件及び国際会議のプロシーディング 1 件を公表した。
- 委託先から査読付論文 3 件[注2]を公表した。

③ 研究の進め方に対する技術的適切性： A

- 取得すべきデータに対して先進的かつ適切な試験を実施するとともに、詳細な試験後分析、解析評価を実施しており、技術的適切性をもって研究が進められた。また、OECD/NEA や米国原子力規制委員会（NRC）の研究動向等も踏まえるなど、最新知見を踏まえて研究を進めた。

④ 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性： A

- 委託先を含め適切な研究体制を構築し、計画どおりに進捗させ目標を達成していることから、研究マネジメントが適切に行われたと判断した。
- 予算執行、進捗管理及び検収を含めた契約業務を、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われたと判断した。

[注2] 3 件のうち 1 件は、原子力規制庁の職員が共著者として含まれる。

⑤ 成果の規制への活用の状況・見通し：　A

- 本研究ではHEAFの影響評価、電気ケーブルの熱劣化評価及び火災時の隣接区画への熱・煙の影響の解析がされてきたが、これら技術的知見を基に火災関係の各ガイドの見直しが予定されている。また、今後の審査支援における申請内容の妥当性の判断や火災防護の検査にも活用することができる。（火災対策室）
- HEAF 及び電気ケーブルの研究によるガイド類の見直し要否の検討を行うことを予定していることから、今後、本知見がガイド改正等に活用されることが期待される。（技術基盤課）
- 本研究により、電気ケーブルの熱劣化に係る影響及び防火扉の損傷解析等に係る火災影響評価手法等が整備され、得られた技術的知見について、検査官向けの手引として、検査・研修に関する技術資料が作成、提供されれば、検査官が火災防護に係る検査において活用できる見込みがある。（検査監督総括課）

（２）総合評価

- 評価結果：　A
- 評価コメント：

　火災防護に係る「HEAF の影響評価」、「電気ケーブルの熱劣化評価」及び「火災影響評価手法・解析コード等」に関する知見を目標どおりに取得するとともに、査読付論文や査読付プロシーディングによる成果の公表を行っている。また、今後、規制活動への成果の活用が見込まれている。

6. 評価結果の今後の活用

- 技術評価検討会で頂いた御意見については、安全研究プロジェクト「火災防護に係る影響評価に関する研究（フェーズ2）」（R3～R6年度）において活用していく。

（主な成果の公表）

（１）原子力規制庁の職員による公表

- 論文（査読付）

① H. Kabashima, F. Kasahara, Experimental Study of High Energy Arcing Faults Using Medium Voltage Metalclad Switchgears, Nuclear Technology, Vol. 205, pp. 694-707, 2019.

- 国際会議のプロシーディング（査読付）

① H. Kabashima, Fire Safety Regulation on High Energy Arcing Faults (HEAF), Proceedings of the Technical and Scientific Support Organizations (TSOs) in Enhancing Nuclear Safety and Security: Ensuring Effective and Sustainable Expertise Challenges Faced by Technical and Scientific Support Organizations Conference 2018, Brussels, Belgium, Paper ID No. 93, 2018.

（２）委託先による公表

- 論文（査読付）

① T. Takeshima, Y. Tanaka, Y. Uesugi, et al., Numerical Thermofluid Simulation of High Current Air Arcs at Fault Point Contaminated with Metal Vapor from Evaporation of Metal Electrode in Open Air, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 14, Issue 11, 2018.

② T. Takeshima, Y. Tanaka, Y. Nakano, et al., Numerical Thermofluid Simulation 10kA-class High Current Fault Arcs in Air Contaminated with Metal Vapor from Evaporation of Metal Electrodes in Open Air, 2019 5th International Conference on Electric Power Equipment - Switching Technology (ICEPE-ST), 2019.

③ 松田昭博、椛島一、石橋隆、笠原文雄、原子力発電所用電力・制御ケーブルの火災時燃焼特性の実験的評価、日本原子力学会誌「アトモス」、60 巻 7 号、pp. 15-19、平成 30 年.

Ⅳ.燃料健全性に関する規制高度化研究（H19～R2（2007～2020））

1. 研究プロジェクトの目的

- 燃料被覆管の外面割れ破損が運転時の異常な過渡変化時に系統的に起こり得るかどうかを検討するため、その発生条件を明らかにする。また、高温における水素化物による巨視的な被覆管の延性―脆性遷移の発生条件を明らかにする。
- 改良合金被覆管について、合金元素含有量等が照射成長挙動に及ぼす影響に関して技術的知見を拡充する。
- 上記の研究を実施することで、燃料健全性に係る判断基準の技術的妥当性の確認及び適合性審査における判断の技術的根拠としての活用に資する。

2. 研究概要

- 外面割れ破損に関する研究においては、使用済燃料被覆管を対象とした個別効果試験を実施し、その発生条件について調べた。また、出力急昇時に発生する応力緩和の影響を有限要素法（FEM）により解析的に評価した。
- 被覆管の巨視的な延性―脆性遷移に関する研究においては、水素吸収及び水素化物再配向処理を施した高燃焼度 BWR 燃料被覆管を用いて内圧破裂試験を実施し、被覆管の機械的性質を水素化物の析出状態と関連づけて整理した。
- 改良合金燃料被覆管の照射成長に関する研究においては、種々の改良合金燃料被覆管を対象として試験炉での照射試験を実施し、照射成長挙動や水素吸収に関する基礎的な知見を拡充した（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構等への委託研究を含む）。

3. 研究成果

- 外面割れ破損の発生条件を明らかにするとともに、既存の過渡解析との比較を行うことで、外面割れ破損が運転時の異常な過渡変化時に系統的には発生しないと考え得る成果を得た。
- 高温における巨視的な延性―脆性遷移が、被覆管破損時周方向塑性歪約 1%を境に発生することを明らかにした。
- 合金元素含有量等が照射成長挙動に及ぼす影響を明らかにするとともに、改良合金被覆管の照射成長は、ジルカロイ-4 被覆管より小さいことを確認した。

4. 技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 各々の試験は系統的に行われており、また試験手法及び結果の評価方法についても妥当であるとの意見が複数あった。
- 一連の研究においてこれまでに得られた貴重なデータを整理・分類し、そのデータを最新の情報科学技術に基づいて解析するなどといった新しい方向性を考えても良いとの意見があった。
- 蓄積したデータについては、今後、別の安全研究プロジェクトにおける活用も検

討していく。

- 詳細は参考 2 の別表 1-4 参照

5. 事後評価結果

（１）項目別評価

① 成果目標の達成状況：　A

- 本研究の成果により、これまで破損モードとして検討されていなかった外面割れ破損を考慮してもなお現行の燃料健全性判断基準が適用可能であることを確認することができた。
- 被覆管破損の判断基準である 1%塑性歪基準について、策定当時より大幅に燃料体の取出最大燃焼度が増大してもなお、当該基準が技術的に妥当であることを確認することができた。
- 以上により現行の燃料健全性に係る判断基準の技術的妥当性を確認できたとともに、改良合金被覆管の照射成長挙動について適合性審査における判断の技術的根拠の一つとして活用可能な技術的知見を拡充することができており、設定した目標を達成した。

② 成果の公表等の状況：　S

- 原子力規制庁の職員が著者に含まれる査読付論文 3 件を公表し、うち 1 件が第 53 回日本原子力学会賞 論文賞を受賞した。また、国際会議のプロシーディング 7 件の公表を行った。
- 委託先から査読付論文 1 件、国際会議のプロシーディング 1 件を公表した。

③ 研究の進め方に対する技術的適切性：　A

- 目的及び取得すべきデータに対応して独創的かつ適切な試験手法を開発するとともに、詳細な試験後分析、解析評価を実施しており、技術的適切性をもって研究が進められた。

④ 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性：　A

- 委託先を含め適切な研究体制を構築し、また、外的要因による研究計画修正にも柔軟に対応し目標を達成していることから、研究マネジメントが適切に行われたと判断した。
- 予算執行、進捗管理及び検収を含めた契約業務を、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われたと判断した。

⑤ 成果の規制への活用の状況・見通し：　B

- 本研究により蓄積された外面割れ破損及び被覆管の巨視的な延性—脆性遷移に関する知見により、現在の審査の妥当性を示す技術的根拠が拡充された。また、本研究により蓄積された、改良合金被覆管の照射成長に関する知見は、実用炉審

査に直ちに参照可能な状態には至っていないが、照射試験の追加実施等により技術的知見が拡充されれば、改良合金被覆管燃料導入時の審査において、事業者の申請内容の技術的論点抽出や論点対応整理の際に参照するなど、審査の有効性向上等に活用される見込みがある。（実用炉審査部門）

（２）総合評価

- 評価結果：　A
- 評価コメント：

　燃料被覆管の外面割れ破損の発生条件、水素化物による高温での脆性-延性遷移及び改良合金被覆管の照射成長挙動に係る技術的知見を目標どおり取得・拡充するとともに、査読付論文の公表や国際会議等における成果の発表を積極的に行った。また、得られた成果により現行の燃料健全性判断基準の技術的妥当性を確認することができた。

6.　評価結果の今後の活用

- 技術評価検討会で頂いた燃料研究実施において有用な御意見については、安全研究プロジェクト「事故時炉心冷却性に対する燃料破損影響評価研究」（R1～R5 年度）において活用していく。

（主な成果の公表）

（１）原子力規制庁の職員による公表

- 論文（査読付）

① K. Une, K. Ogata, T. Baba, et al., The Terminal Solid Solubility of Hydrogen in Irradiated Zircaloy-2 and Microscopic Modelling of Hydrogen Behavior, Journal of Nuclear Materials, 389, pp. 127-136, 2009.

② T. Kubo, S. Yamanaka, K. Ogata, et al., In-Situ Scanning Electron Microscope Observation and Finite Element Method Analysis of Delayed Hydride Cracking Propagation in Zircaloy-2 Fuel Cladding Tubes, Journal of ASTM International, Vol. 8, No. 3, 2011.

③ A. Yamauchi, K. Ogata, A study on macroscopic fuel cladding ductile-to-brittle transition at 300oC induced by radial hydrides, Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 57, No. 3, pp. 301-311, 2020. （第 53 回日本原子力学会賞 論文賞受賞）

- 国際会議のプロシーディング（査読付）

① K. Ogata, M. Aomi, T. Baba, et al., Progress in the Research Programs to Elucidate Axial Cracking Fuel Failure at High Burnup, Proc. 2007 International LWR Fuel Performance Meeting, San Francisco, Sep. 30-Oct. 3, 2007.

② K. Ogata, T. Baba, K. Kamimura, et al., Separate Effects of Factors Affecting

Outside-in Cracking of High Burnup Fuel Cladding, Proc. 2008 Water Reactor Fuel Performance Meeting, Seoul, Korea, Oct. 19-23, 2008.

③ K. Ogata, T. Baba, K. Kamimura, et al., Effects of Heat Flux on Hydrogen Diffusion and Hydride Induced Crack Propagation in Zr-lined Zircaloy-2 Cladding Tube, Proc. Top Fuel 2009, Paris, France, Sep. 6-10, 2009.

④ K. Ogata, T. Baba, K. Kamimura, et al., Hydrogen Thermal Diffusion and Crack Propagation Behaviors in Irradiated Zircaloy-2 Cladding Tubes, Proc. 2010 LWR Fuel Performance Meeting, Orlando, USA, Sep. 26-29, 2010.

⑤ K. Ogata, T. Baba, K. Kamimura, et al., Hydrogen-Induced Crack Initiation and Propagation in Zr-Lined Zircaloy-2 Cladding Tubes, 2011 Water Reactor Fuel Performance Meeting, Chengdu, China, Sep. 11-14, 2011.

⑥ K. Ogata, T. Baba, K. Kamimura, et al., Effect of Increased Hydrogen Content on the Mechanical Performance of Irradiated Cladding Tubes, Proc. Top Fuel 2012, Manchester, UK, Sep. 2-6, 2012.

⑦ K. Ogata, T. Baba, K. Kamimura, et al., Conditions to Cause Cladding Failure by Hydrogen-Induced Cracking, Proc. 2013 LWR Fuel Performance Meeting, Charlotte, USA, Sep. 15-19, 2013.

（２）委託先による公表

● 論文（査読付）

① 垣内一雄、天谷政樹、燃料被覆管用改良合金の照射成長挙動、日本原子力学会和文論文誌、Vol. 19、No. 1、pp. 24-33、2020.

● 国際会議のプロシーディング（査読付）

① M. Amaya, T. Mihara, K. Kakiuchi, Irradiation Growth Behavior of Improved Zr-Based Alloys for Fuel Cladding, Top Fuel 2019, Seattle, USA, September 2019.

V.加工施設及び再処理施設の内部火災等に関するリスク評価手法に関する研究（H29～R2（2017～2020））

1. 研究プロジェクトの目的

● MOX 燃料加工施設及び再処理施設に係るリスク評価手法は現在その手法が必ずしも成熟しておらず、順次適切なリスク評価手法を検討しておくことが重要である。加工施設及び再処理施設において重要な事象である内部火災を起因とするリスク評価実施手法の整備のため、当該評価手順の素案を検討する。リスク評価では、事故シナリオをより適切なものとするとともに評価に伴う不確かさを低減するため、火災又は爆発、蒸発乾固事象及び機器の経年劣化の各事象について評価手法の整備又は関係するデータ取得を行う。

2. 研究概要

● MOX 燃料加工施設及び再処理施設の内部火災リスク評価手順を検討した。
● MOX 燃料加工施設のグローブボックス（以下「GB」という。）火災に関するデータを取得した（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究を含む。）ほか、火災影響評価を行う上での留意点・着眼点及び課題を抽出した。また、再処理施設の有機溶媒火災について、ばい煙によるフィルタの目詰まりに関するデータを取得した（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究）。
● 再処理施設の高レベル濃縮廃液の蒸発乾固事象について、揮発性 Ru の気相への移行挙動及び乾固物への注水による影響に関する知見を得た（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究）。
● 再処理施設における機器の経年劣化に関し、同施設の Ta を用いた異材接合継手について、保全活動の除染作業時に適用されるアルカリ洗浄による機械特性及び耐食性への影響について知見を得た（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究）。

3. 研究成果

● MOX 燃料加工施設及び再処理施設の内部火災リスク評価手順の素案を作成した。
● MOX 燃料加工施設のグローブボックス火災について、GB パネル材等の熱分解及び燃焼特性データ、ばい煙によるフィルタへの目詰まりデータ等を得たほか、仮想的な GB 火災シナリオに対する火災解析コード及び上述のデータを用いた火災進展解析により、GB 火災影響評価を行う上での留意点・着眼点及び課題点を抽出した。また、再処理施設の有機溶媒火災について、ばい煙負荷量に対するフィルタの差圧上昇の関係について知見を得た。
● 再処理施設の高レベル濃縮廃液の蒸発乾固事象について、NO_X を含む様々な気相条件下での揮発性 Ru の熱分解、水蒸気の凝縮等による揮発性 Ru の液相への移行挙動、高レベル濃縮廃液中の共存物質が影響を及ぼす Ru の気相への移行挙動に係る知見を取得した。また、乾固物への注水時における放射性物質（Ru、Cs 及び

その他の FP 物質）の移行挙動及び昇温特性に関する知見を得た。

- Ta を用いた異材接合継手に及ぼす NaOH 溶液の影響について、NaOH 溶液による腐食の状況、腐食に伴って発生する水素の吸収量及び水素吸収量が機械的特性に及ぼす影響について知見を得た。

4. 技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 本安全研究で得た基礎データは大変価値の高いものと評価を受けた一方、その成果は、試験及び解析の前提条件等の情報も含めて公開する努力をすべきであるとの意見があった。本安全研究の成果は論文等による公表を予定しているほか、試験委託先へも論文等による公表を促している。これらの公表の際には、技術評価検討会で得た意見を踏まえていく。
- 本安全研究で得られたデータは小・中規模の試験によるものであるため、実体系への適用に際しては解析コードによるシミュレーション等を用いた検討が必要であるとの意見があった。指摘された検討については、解析コードを含め、様々な手段を用いて検討を行っていく。
- 本安全研究で得られた知見は、規制への応用及び事業者の保安活動への活用の観点から系統的な整理が必要であるほか、本安全研究で対象としなかった事象も含めて、継続的に核燃料施設のリスク情報の収集と分析が必要との意見があった。本研究で得られた知見は、具体的な規制活動に活用できるリスク情報として整理していく予定である。また、本研究で対象とした事象に限らず、施設全体のリスクについては、今後、分析を実施していく予定である。
- 詳細は参考 2 の別表 1-5 参照

5. 事後評価結果

（１）項目別評価

① 成果目標の達成状況：　A

- MOX 燃料加工施設及び再処理施設の内部火災を起因とするリスク評価の実施手法の検討を行い、内部火災リスク評価の手順案を作成し目標を達成した。
- GB 火災に関しては、目的としていた試験データの取得、火災影響評価を実施する上での留意点・着眼点及び課題点の抽出及び有機溶媒火災によるフィルタの目詰まりに関する知見の取得を行ったことから目標を達成した。
- 再処理施設の高レベル濃縮廃液の蒸発乾固事象について、揮発性 Ru の気相への移行挙動及び乾固物への注水による影響に関する知見を取得し、目標を達成した。
- 再処理施設で用いられている Ta を用いた異材接合継手について、アルカリ洗浄による機械特性及び耐食性への影響について知見の取得により目標を達成した。

② 成果の公表等の状況：　A

- 原子力規制庁においては、プロジェクト終了時点において、査読付論文等の公表の手続きに至っていないが、蒸発乾固事象及び経年劣化について得られた成果を

論文として取りまとめて令和 3 年度中の公表に向けて準備を進めている。
- 委託先から査読付論文 3 件を公表した。

③ 研究の進め方に対する技術的適切性： A

- 研究に必要な試験の実施においては、委託先において有識者による専門委員会を設置し、実施内容及び進捗に関してレビューを受けながら試験を実施した。また、解析を含め、国内外の最新知見及び海外研究機関との意見交換から得られた知見を踏まえて研究を進めた。以上より、技術的適切性をもって研究が進められたと判断した。

④ 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性： A

- 委託先を含め適切な研究体制を構築し、計画どおりに進捗させ目標を達成した。
- 予算執行、進捗管理及び検収を含めた契約業務を、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われた。

⑤ 成果の規制への活用の状況・見通し： B

- 本研究の成果の一部を、日本原燃株式会社再処理事業所再処理施設及び同事業所 MOX 燃料加工施設の新規制基準適合性に係る審査のための技術的な判断材料として活用した。また、再処理施設及び MOX 燃料加工施設を対象に実施される原子力規制検査等における確認のための技術的根拠の一部として活用できるものと考えられる。（核燃料施設審査部門）
- 本研究により得られる加工施設及び再処理施設の内部火災等を対象としたリスク評価に係る技術的知見、情報について、検査官用資料として整理、提供されれば、リスク情報を活用した検査の実施及び検査指摘事項の重要度評価手法の検討に必要なリスクの抽出と定性的な評価基準の設定等において活用される見込みがある。（検査監督総括課）

（２）総合評価

- 評価結果： B
- 評価コメント：

  計画どおりに試験及び解析を実施して、目的とした知見を取得し、目標を達成している。

6. 評価結果の今後の活用

- 本研究で得られた科学的・技術的知見は、再処理施設及び MOX 燃料加工施設を対象に実施される原子力規制検査等に活用されるよう関係部門と共有していく。
- 今後の研究に当たっては、本研究で抽出された課題について知見の拡充を図る一方、本研究における知見の取得状況や、再処理施設及び MOX 燃料加工施設の新規制基準適合性に係る審査の知見を踏まえた上で、施設全体でのリスクの所在等を

考慮した知見の取得について、更なる検討を進めていく。

（主な成果の公表）

（１）原子力規制庁の職員による公表

● 論文（査読付）

なし

（２）委託先による公表

● 論文（査読付）

① 吉田一雄、玉置等史、吉田尚生ほか、再処理施設の高レベル廃液蒸発乾固事故での FP 硝酸塩の脱硝に伴い発生する NO_x の化学的挙動解析、日本原子力学会和文論文誌、Vol. 18、No. 2、pp. 69-80、2019.

② N. Yoshida, T. Ono, R. Yoshida, et al., Decomposition behavior of gaseous ruthenium tetroxide under atmospheric conditions assuming evaporation to dryness accident of high-level liquid waste, Journal of Nuclear Science and Technology, 2020.

③ R. Yoshida, Y. Amano, N. Yoshida, H. Abe, Restraint effect of coexisting nitrite ion in simulated high level liquid waste on releasing volatile ruthenium under boiling condition, Journal of Nuclear Science and Technology, 2020.

VI. 廃棄物埋設に影響する長期自然事象の調査方法及びバリア特性長期変遷の評価方法に関する研究（H29～R2（2017～2020））

1. 研究プロジェクトの目的

- 中深度処分の規制基準等の整備、適合性審査及び後続規制の確認の際の判断に必要な知見の収集・整備のため、廃棄物埋設地の位置に係る自然事象の長期評価、廃棄物埋設におけるバリアの性能評価手法及び地質環境及び水理環境のモニタリングに係る科学的・技術的知見の蓄積を行う。

2. 研究概要

- 自然事象の長期評価については、隆起・侵食、断層、地下水流動に関する評価手法、岩盤の力学・水理学的特性及び核種の収着・移行現象を検討した（国立研究開発法人産業技術総合研究所への委託研究並びに国立大学法人埼玉大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構及び国立大学法人東京大学との共同研究を含む）。
- 廃棄物埋設の性能評価手法については、人工バリアの長期性能及び天然バリアの水理特性の評価手法を検討した（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究を含む）。
- 地質環境及び水理環境モニタリングに関する研究では、モニタリング施設の閉鎖措置及びその確認の手法等を検討した（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構及び産業技術総合研究所への委託研究並びに公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センターへの委託調査）。

3. 研究成果

- 本研究では、中深度処分の基準作りに活用する科学的・技術的知見のみならず、中深度処分、ピット処分及びトレンチ処分の認可申請の審査において妥当性を判断するための科学的・技術的知見を取得し、以下のような成果を得た。
- 隆起・侵食量評価手法の廃棄物処分への適用性について整理し、青森県東部地域において、適用し、傾向を確認した。
- 物理探査を使った断層の長さの評価手法を比較、検討し、適切な断層長判定のための認定フロー（案）を作成した。
- 地下水流動評価のために必要となる地下水年代をボーリングコアの間隙水試料から把握する手法を構築した。
- 掘削影響領域（EDZ）における透水性の判定において、孔観察、透水試験、弾性波探査試験等の手法の組合せの重要性が明らかとなった。
- 岩石中の空隙が微小なほど放射性核種の収着量が増加することが示唆された。
- ベントナイト系人工バリアの物質移行-変質連成解析のため、見かけの拡散係数データベースの作成及び設定すべき二次鉱物の抽出を行った。セメント系人工バリアの長期の漏出抑制性能を評価するため、①細孔構造の変遷と物質移行性、②

セメント結晶（非晶質含む）の変遷と物質移行性についての試験法の整理を行った。

- 地形変化評価手法を整理し、典型的な集水域を対象とした過去から将来の地形変化の評価を行うとともに、非定常三次元地下水流動・核種移行評価を行った。
- モニタリングに関する諸外国の規制制度等の整理、モニタリング装置の配置及びモニタリング項目・期間等の設定のための知見を取得した。また、モニタリング孔閉鎖時に、孔自体及びその周辺が水みちとならないよう閉鎖すること並びにその確認に資する科学的・技術的視点を整理した。

4. 技術評価検討会における主な意見及びその対応

- セメント硬化体に対する研究は空隙構造の基礎的な特性の試験であり、人工バリアの長期性能評価につながるよう検討することが望まれるとの意見があった。今後、拡散場、移流場及び吸着の検討を組み合わせて、移行性を体系的に評価する。
- 瑞浪深地層研究所が埋戻しとなり試験の実施が困難となることから、代替試験法の検討が必要との意見があった。共同研究で、岩石試料の力学特性と水理学的特性を同時に取得する室内試験を進めており、原位置試験と合わせて検討を進める。
- 長期の地形変化を伴う地下水流動・核種移行について、継続的検討が望まれるとの意見があった。この評価手法には解決困難な仮定があるため、現象理解の一方、不確かさを含む現在の理解を評価へ反映するロジックの構築等を検討する。
- 評価に用いているモデル、バックデータについて論文として積極的に公表すべきとの意見があった。研究成果を規制へ反映する立場で取りまとめること、規制庁の職員自身が技術的検討を行うことを進めており、今後公表を行っていく。
- 詳細は参考 2 の別表 1-6 参照

5. 事後評価結果

（１）項目別評価

① <u>成果目標の達成状況：　A</u>

- 廃棄物埋設地の位置に係る自然事象の長期評価に関する研究については、隆起及び侵食、断層、地下水流動、岩盤の力学・水理特性等の現象における評価の視点に関する科学的・技術的知見を抽出し、当初の目的を達成した。
- 廃棄物埋設における性能評価手法に関する研究については、ベントナイト系人工バリアの淡水―塩水混合系地下水環境の廃棄物埋設地が位置する環境における長期評価手法の妥当性及びセメント系人工バリアの長期性能評価手法に関連する細孔構造の計測法、結晶安定性評価の手法に関する科学的・技術的妥当性を抽出し、当初の目的を達成した。
- 地質環境及び水理環境モニタリングに関する研究では、諸外国及び国内における地下水モニタリング技術の現状及び問題点を明確にした。また、ボーリング孔の閉鎖確認について、原位置試験及び室内試験を行い、漏えい等の確認における問題点の抽出を行い、当初の目的を達成した。

② 成果の公表等の状況：　A

- 原子力規制庁においては、プロジェクト終了時点において、査読付論文等の公表の手続きに至っていないが、得られた成果を論文として取りまとめて公表に向けて準備を進めている。
- 委託先から査読付論文２件を公表した。

③ 研究の進め方に対する技術的適切性：　A

- 取得すべき知見に対応して調査、各種試験（室内試験、原位置試験）及び解析を組み合わせて、技術的適切性をもって研究が進められた。

④ 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性：　A

- 委託先及び共同研究先を含め適切な研究体制を構築し、目標達成に向けて研究を着実に実施し目標を達成した。
- 予算執行、進捗管理及び検収を含めた契約業務を、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われた。

⑤ 成果の規制への活用の状況・見通し：　A

- 廃棄物埋設に係る自然事象の長期評価に関する研究成果は、中深度処分に係る規制基準等における要求事項（令和２年度第 17 回原子力規制委員会資料２及び同年第 55 回原子力規制委員会資料３））を策定するに当たり、中深度処分の自然条件等（火山等、深度、鉱物資源等及び断層等）に関する技術的情報として活用された。（研究炉等審査部門）
- 既に申請されたピット処分の事業変更許可の審査において、本研究により蓄積された科学的・技術的知見を用いた基盤 G の技術支援を受けた。
  また、将来の中深度処分の事業許可及び今後のトレンチ処分の事業許可等において、本研究により蓄積された科学的・技術的知見を用いて行われる技術支援等を審査に活用する見込みである。（核燃料施設審査部門）
- 廃棄物埋設に係る自然事象の長期評価に関する研究により得られる技術的知見について、検査官用資料として整理、提供されれば、廃棄物埋設施設及び廃棄物を対象に実施される原子力規制検査等における確認のための技術的根拠の一部として活用できるものと考えられる。（検査監督総括課）

（２）総合評価

- 評価結果：　A
- 評価コメント：
  　計画どおりに調査・研究が進められ、中深度処分の規制基準等の整備、適合性審査及び後続規制の確認の際の判断に必要な知見の収集・整備における自然事象の長期評価、性能評価手法及びモニタリングに係る科学的・技術的知見の蓄積

が行われた。これらの知見を反映した規則の改正が令和 3 年度に予定されている。また、現在行われているトレンチ処分及びピット処分の事業許可の審査において、既にこれらの知見が反映されている。

6. 評価結果の今後の活用

- 今後の研究プロジェクトでは計画的に成果を論文等により公表していく。
- 技術評価検討会でいただいた意見や内外の研究及び規制の動向を十分に考慮し、後継の安全研究プロジェクト「廃棄物埋設における長期性能評価に関する研究」（R3～R6 年度）において、より具体的に中深度処分の条件を設定し、審査における判断に適用できる検討を進める。

（主な成果の公表）

（１）原子力規制庁の職員による公表

- 論文（査読付）

なし

（２）委託先による公表

- 論文（査読付）

① M. Takeda, M. Manaka, K. Ito, A Method for Estimating Geologic Pressure in Argillaceous Formations Based on the State of Dynamic Equilibrium between Chemical Osmosis and Advection, Journal of Hydrology, Vol. 579, 2019.

② 村上裕晃、岩月輝希、竹内竜史、西山成哲、放射性廃棄物の処分分野における地下水モニタリングの方法、原子力バックエンド研究、27、1、pp. 22-33、令和 2 年.

VII.放射性廃棄物等の放射能濃度評価技術に関する研究（H29～R2（2017～2020））

1. 研究プロジェクトの目的
   - 原子力規制委員会による種々の放射性廃棄物等の放射能濃度評価の確認において事業者の申請の妥当性を判断するために、測定装置の特性及び対象物の性状に応じた放射能濃度評価精度に影響するパラメータ等を把握する。

2. 研究概要
   - 廃棄物確認に関して、今後埋設処分が想定される廃棄体等について、非破壊測定の精度に影響を与える因子及びその影響の度合いを定量的に評価した（公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センターへの委託研究を含む）。
   - クリアランスの確認に関して、従来の放射能濃度確認対象物以外の対象物の極めて低い放射能を性状に応じて適切に測定・評価する技術及び複数の材料から構成される対象物中の放射能を適切に評価する技術を整理した（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究及び学校法人五島育英会東京都市大学との共同研究を含む）。
   - 廃止措置終了確認に関して、サイト解放後の公衆の被ばく線量の評価コードを整備するとともに評価条件の具体的設定方法を整理した（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究を含む）。
   - 長半減期放射性核種等の分析における信頼性確保に資する科学的・技術的知見を蓄積した（国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構及び国立研究開発法人日本原子力研究開発機構との共同研究）。

3. 研究成果
   - 廃棄物確認に関して、トレンチ処分対象廃棄物については、今後発生が見込まれる新たな廃棄体等を対象に、非破壊測定による放射能濃度評価に対して、現実的な廃棄物配置モデルを作成し、シミュレーション計算により放射能濃度評価に影響を与える要因を整理した。中深度処分対象廃棄体については、放射化計算等に基づく放射能濃度評価手法の適用が想定されることから、放射化前の微量な親元素濃度の評価方法について検討するとともに、放射化計算の妥当性を確認するための放射化核種の分析において留意すべき事項を整理した。
   - クリアランスの確認に関して、新規クリアランス対象物の放射能濃度設定の妥当性及びその測定可能性の評価を行った。また、低濃度の放射能測定において考慮が必要な測定の不確かさを用いた適合性評価の導入の妥当性の評価を行った。
   - 廃止措置終了確認に関して、廃止措置終了後の公衆の被ばく線量を評価するために必要となるフォールアウトを考慮した BG の設定方法及び評価対象エリアの放射能濃度分布に基づくサイト固有条件を考慮した被ばく線量評価方法を検討し、廃止措置被ばく評価コードシステム CDecom を整備した。また、廃止措置終了確

認の一連の手順を整備した。

- 長半減期放射性核種等の分析における信頼性確保に関して、放射性核種分析方法の妥当性を確認するために必要な広範な要素技術、すなわち試料の採取、試料からの対象核種の抽出、溶解等の前処理、化学分離、測定等に係る基礎データを取得するために ^{93}Zr、^{129}I、^{135}Cs、ウラン同位体などの長半減期放射性核種等の分析方法に関する科学的・技術的知見を蓄積した。

4. 技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 廃棄物確認に関して、ドラム缶や角型容器に収納された廃棄物の放射能濃度の保守的評価手法について具体的な手順とともに評価における留意事項が適切に示されていると評価を受けた一方、実廃棄物に応じたモデル設定の方法等について、もう少し幅広の検討が必要であるとの意見があった。今後は、実廃棄物の状態を踏まえたより詳細な検討を進めていく。
- クリアランスの確認に関して、新規対象物の測定評価手法の整備は規制側の確認だけでなく、事業者側にとっても有益な成果であると評価された一方、不確かさの扱いについて、必要に応じて国際的な考え方との整合性の観点から、継続的な改善を期待したいとの意見があった。今後は、国際的な動向を踏まえ、適宜後継の安全研究にて必要な検討を進めていく。
- 廃止措置終了確認に関して、整備された廃止措置終了確認フローの統合システムは素晴らしい成果であると評価を受けた一方、数学的に高度な内容を含んでおり、実際の運用を念頭に置いた検討が必要であるとの意見があった。今後は、規制プロセスにおける実際の運用を念頭に置いた取りまとめを進めていく。
- 長半減期放射性核種等の分析における信頼性確保に関して、取り扱われている長半減期核種や分析手法の選定は妥当であると評価を受けた一方、これまでに蓄積した知見やノウハウを活用するために、化学分離に影響を及ぼすメカニズムの整理等が必要との意見があった。今後は、化学形態、吸脱着機構、溶出機構等の化学的現象の理解も考慮した上で検討を進めていく。
- 詳細は参考 2 の別表 1-7 参照

5. 事後評価結果

（１）項目別評価

① <u>成果目標の達成状況：　A</u>

- 原子力規制委員会による種々の放射性廃棄物等の放射能濃度評価の確認において事業者の申請の妥当性を判断するために、測定装置の特性及び対象物の性状に応じた放射能濃度評価精度に影響するパラメータ等を把握することに関連する科学的・技術的知見等を整備したことから、設定した目標を達成した。

② <u>成果の公表等の状況：　A</u>

- 原子力規制庁職員を著者とする査読付論文 3 件を公表し、積極的かつ速やかな研

究成果の発信に努めた。

- 委託先においては、プロジェクト終了時点において、査読付論文等の公表には至っていないものの、先行して学会で口頭発表を複数回行った内容も含め、得られた成果を論文等として取りまとめて公表の準備を進めている。

③ 研究の進め方に対する技術的適切性： A

- 取得すべきデータに対応して調査、各種試験及び統計解析を組み合わせて的確なデータを取得して評価を行い、技術的適切性をもって研究が進められた。

④ 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性： A

- 委託先及び共同研究先を含め適切な研究体制を構築するとともに、研究を取り巻く環境の変化にも対応し、研究内容及び研究スケジュールを随時見直すなど、目標達成に向けて研究を柔軟にかつ着実に実施し目標を達成していることから、研究マネジメントが適切に行われたと判断した。
- 予算執行、進捗管理及び検収を含めた契約業務を、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われたと判断した。

⑤ 成果の規制への活用の状況・見通し： A

- クリアランスの確認に関する研究成果は、放射能濃度についての確認を受けようとする物に含まれる放射性物質の放射能濃度の測定及び評価の方法に係る審査基準（原規規発第 1909112 号）の策定に当たり、不確かさを考慮した放射能濃度の決定に活用された。（研究炉等審査部門）
- 既に申請されたクリアランス認可の審査において、本研究による放射線測定の不確かさの考慮に関する科学的・技術的知見を用いた基盤 G の技術支援を受けた。また、将来の新規クリアランス対象物に関する認可等において、本研究により蓄積された科学的・技術的知見を用いて行われる技術支援等を審査に活用する見込みである。（核燃料施設審査部門）

（２）総合評価

- 評価結果： A
- 評価コメント：
  計画どおりに調査・研究が進められ、放射性廃棄物等の放射能濃度評価の確認に係る知見を目標どおりに蓄積するとともに、研究成果をまとめた査読付論文の公表も行われた。また、本安全研究成果の一部は既に規制へ反映されており、その他の成果は、今後、規制活動への成果の活用も見込まれている。

6. 評価結果の今後の活用

- 技術評価検討会で頂いた意見や内外の研究及び規制の動向を十分に考慮し、後継の安全研究プロジェクト「放射性廃棄物の放射能濃度等の定量評価技術に関する

研究」（R3～R7 年度）において、放射性廃棄物等の放射能濃度評価の定量化に係る知見の蓄積を進める。

（主な成果の公表）

（１）原子力規制庁の職員による公表

● 論文（査読付）

① H. Sakai, T. Yoshii, F. Takasaki, J. Kawarabayashi, Evaluation of the detection limit of net count in peak for the energy spectrum of CZT detector, Applied Radiation and Isotopes, Vol. 169, 109569, 2021.

② H. Sakai, T. Yoshii, S. Kawasaki, Derivation of uncertainty propagation for clearance measurement, Applied Radiation and Isotopes, Vol. 170, 106930, 2021.

③ K. Yamamoto, H. Asanuma, H. Takahashi, T. Hirata, In situ isotopic analysis of uranium using a new data acquisition protocol for 10^{13} ohm Faraday amplifiers, Journal of Analytical Atomic Spectrometry, Vol. 36, pp. 668-675, 2021.

（２）委託先による公表

● 論文（査読付）

なし

別紙3

安全研究に係る中間評価結果

令和３年７月７日
原子力規制委員会

１．中間評価の進め方

1.1　評価の対象

原子力規制庁長官官房技術基盤グループで実施している安全研究プロジェクトのうち、中間評価の対象となるプロジェクトは次に示す2件である。

中間評価対象プロジェクト

No.	プロジェクト名	実施期間（年度）
1	大規模噴火プロセス等の知見の蓄積に係る研究	R1 - R5 (2019 - 2023)
2	事故時炉心冷却性に対する燃料破損影響評価研究	R1 - R5 (2019 - 2023)

1.2　評価方法

原子力規制庁が実施した自己評価（別添3-1及び3-2）に基づき、評価プロセス及び評価結果の妥当性を確認した。

２．中間評価結果

上記2件の安全研究プロジェクトは、適切に管理され、研究が行われていることを確認した。また、これまでの研究により一定の成果が得られ、成果の公表も適宜行われていることを確認した。今後の研究の進め方に関する技術的妥当性も確認できた。これらのことから、いずれも計画どおりに行うことが適切である。

別添 3-1

安全研究に係る中間評価結果（自己評価概要）

令 和 ３ 年 ７ 月 ７ 日
原 子 力 規 制 庁

1．評価対象プロジェクト

今回中間評価の対象としたのは、令和５年度に終了する安全研究プロジェクト２件である。自己評価の全体概要を以下に、安全研究プロジェクトごとの評価結果を別添 2-2 に示す。

2．評価結果（自己評価概要）

（１）「当初計画の適切性」

「大規模噴火プロセス等の知見の蓄積に係る研究」（別表の No.1）については、火山ガイド等の改定の要否の判断に資する知見や火山の活動性評価の考え方に関する知見が得られつつある。また、「事故時炉心冷却性に対する燃料破損影響評価研究」（別表の No.2）については、規制基準見直しの要否の検討等に活用できるデータが取得できている。これらのことから、いずれのプロジェクトについても継続し、計画どおり研究を行うことが適切であると評価している。

（２）「①研究の進め方に対する技術的適切性」、「②研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性」

いずれのプロジェクトにおいても、適切な研究体制を構築する等により、研究管理及び業務管理が行われるとともに、最新知見や外部専門家の意見を踏まえて技術的適切性をもって研究が実施されている。

（３）結論

以上のことから、令和５年度に終了する安全研究プロジェクトについては、いずれも計画的に実施され、計画どおりに行うことが適切であることの評価が得られている。

別表　安全研究に係る中間評価結果（自己評価概要）

評価項目			1. 大規模噴火プロセス等の知見の蓄積に係る研究	2. 事故時炉心冷却性に対する燃料破損影響評価研究
当初計画の適切性			計画どおりに行うことが適切である	計画どおりに行うことが適切である
研究の実施状況	項目別評価 ※1	①研究の進め方に対する技術的適切性	A(3)	A(3)
		②研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性	A(3)	A(3)
	総合評価 ※2	項目別評価結果の総合点	6	6
		項目別評価結果の平均点	3	3
		評価結果(全体評語)	A	A

※１ 項目別評価に示す括弧内の数字は、SABC による項目別評価結果を数字に換算（S を 4 点、A を 3 点、B を 2 点、C を 1 点）したものを示す。

※２ 総合評価の評価結果は、項目別評価結果の平均点が 3.3 点以上を S、3.0 点以上～3.3 点未満を A、2.0 点以上～3.0 点未満を B、2.0 点未満を C とする。

別添 3-2

安全研究に係る中間評価結果（プロジェクトごとの自己評価）

令和３年７月７日
原子力規制庁

Ⅰ．大規模噴火プロセス等の知見の蓄積に係る研究（R1～R5（2019～2023））

1. 研究プロジェクトの目的

● 本研究プロジェクトでは、巨大噴火を起こした火山を中心に、過去の大規模噴火に至るまでの準備・開始プロセス、現在までの活動の詳細な活動履歴や噴火シーケンス及びマグマの変遷について調査し、過去のマグマ・火山活動に関するデータを蓄積する。さらに、国内の活動的なカルデラ火山の現在の地下構造やマグマ活動に伴う種々の事象を観測し、現状の火山活動を捉えるための観測項目及び過去の火山活動に関する蓄積された知見との関係についての考え方の整理・提案を行うことを目的としている。

2. 研究概要

● 地質学的手法による火山噴火準備及び進展過程に関する調査・研究として、過去の火山活動に関する詳細な噴火履歴を調べるため、噴出物の分布や層序を地質調査やボーリング調査から詳細に解析し、噴火進展プロセス等の火山の特性について知見を蓄積する（国立研究開発法人産業技術総合研究所及び国立大学法人茨城大学への委託研究を含む）。また、降灰時の火山灰の空間密度、凝集効果と粒径に関する特性を地質調査や観測から詳細に解析し（国立研究開発法人産業技術総合研究所及び国立大学法人京都大学防災研究所との共同研究を含む）、降灰時のプロセス等の知見を蓄積する。
● 岩石学的手法によるマグマプロセスに関する調査・研究として、過去に大規模な噴火（カルデラ形成噴火）を起こした火山が噴火に至るまでのマグマプロセスを解明するため、マグマの温度・圧力条件や組成の変化からマグマの時空間変化を調べ、噴火の準備段階におけるマグマ状態の変化（深さ、滞留時間）に関する知見を蓄積する（国立研究開発法人産業技術総合研究所への委託研究及び国立大学法人東北大学との共同研究を含む）。
● 地球物理学及び地球化学的手法による観測手法に関する調査・研究として、カルデラ火山の観測手法に関する知見を蓄積する（国立大学法人京都大学防災研究所及び国立研究開発法人産業技術総合研究所への委託研究）。具体的には、地震波トモグラフィやネットワーク MT（Magnetotelluric）法による地球物理学的手法と、深部流体等の分析手法に基づく地球化学的手法に関する調査・研究を実施し、カルデラ火山の観測に有効な探査手法に関する知見を蓄積する。また、地表で観測される地殻変動からマグマの状態変化を評価するためのシミュレーションモ

デルを構築する。さらに、海底下や湖底下の地下構造を観測する手法を検討する。

- 観測項目及び過去の火山活動に関する蓄積された知見との関係についての考え方の検討として、上記の知見に基づいて、過去に巨大噴火を起こしたカルデラ火山の長期的な活動を評価するとともに観測項目の検討及び火山活動に関する蓄積された知見との関係についての考え方の検討を行う。

3. 現状の研究成果

- 過去に巨大噴火を起こした火山について、噴出物の分布や層序を地質調査やボーリング調査から詳細に解析し、姶良カルデラ、洞爺・支笏火山エリア及び阿蘇カルデラでの調査・研究を行った結果、巨大噴火に至る過程で、珪長質マグマが巨大噴火の数千年前から断続的に噴出するパターン（入戸火砕流噴火）、巨大噴火の直前に断続的に噴出するパターン（阿蘇 4 噴火）、巨大噴火直前には噴出しないようなパターン（洞爺噴火）について、先行研究での知見と併せて検討したことで整理することができた。
- 過去に巨大噴火を起こした火山のマグマの温度・圧力条件や組成の変化から噴火の準備段階におけるマグマ状態の変化（深さ、滞留時間）として、姶良カルデラ、洞爺・支笏火山エリア、十和田カルデラ、阿蘇カルデラ及び鬼界カルデラでの調査・研究の結果、巨大噴火に関連するマグマ溜まりの温度は、740～770℃（姶良）、810℃以上ないし 890℃以上（鬼界）、圧力条件は、50-150 MPa（姶良）、100-230 MPa ないし 110-190 MPa（鬼界）が得られ、マグマ溜まりの深さとしてはいずれも深さ 10 ㎞より浅い位置に形成していたことが示唆された。
- 地球物理学的手法による地下構造探査、地殻変動シミュレーション及び深部流体等の分析手法について調査・研究を実施した結果、姶良カルデラでの地震波観測データから地震波低速度領域の体積推定の精度が向上した。また、姶良カルデラにおける長期の地殻変動データから、変動力源の時空間変化をシミュレーションモデルにより体積変化率について検討した。地球化学的手法については、これまでマグマの種別判別方法の一つとして提案されているマグマ起源の炭素・塩素比法（C/Cl 法）に、希土類元素組成分析等を組み合わせた方法を検討した。
- 令和 2 年度までに得られた知見に基づいて、過去に巨大噴火を起こした火山の噴火に至る準備過程の検討、過去に巨大噴火を起こした火山の現状評価の検討、カルデラ火山の静穏な状態からの変化の有無を判断するための観測項目及び単成火山群の活動評価に関する考え方の検討を行い、現時点での巨大噴火の準備過程シナリオ、姶良カルデラを事例とした現状評価、観測項目及び単性火山群の活動評価に関する考え方を示した。

4. 技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 巨大噴火に至る準備過程の検討では、単純化せずに多様なシナリオを提示することが必要であるとの意見があった。本研究では、巨大噴火に至る活動履歴についてはいくつかのパターンを示した。一方で、巨大噴火を起こす火山には特徴があ

ることを示唆する知見が蓄積されつつあることから、本研究を継続することにより巨大噴火に至る共通の事象を抽出し、評価のための考え方を検討していく。

- 種々の制約条件がある中でカルデラ火山の地下構造探査や観測は、難度が高く時間を要すると考えられるため、本研究フェーズで得られる知見とさらに必要となる知見を得るための方策を本研究フェーズから検討してほしいとの意見があった。現在は、本研究フェーズの 2/5 を経過した段階であるが、巨大噴火に至る準備過程に関する知見や活動的なカルデラ火山において 10～15 km の深度のマグマ溜まりを捉えうる地下構造探査の事例が示されつつある。本研究の継続により、観測項目及び過去の火山活動に関する蓄積された知見との関係についての考え方をとりまとめることが期待できる。今後、さらに必要となる知見とそれらを得るための方策を検討していく。
- 詳細は参考 2 の別表 2-1 参照

5. 中間評価結果

（１）当初計画の適切性に関する評価

① 技術動向の観点からの評価

- 巨大噴火に至る準備過程に関する知見や活動的なカルデラ火山において 100 km^3 程度のマグマ溜まりを捉えうる地下構造探査の事例が示され、当初計画の目標を着実に達成しつつある。研究を継続することにより、巨大噴火に至る準備過程（マグマプロセス）のより詳細な知見やカルデラ火山での観測項目に関する知見が得られ、観測項目及び過去の火山活動に関する蓄積された知見との関係についての考え方をとりまとめることが期待できると判断した。

② 規制動向の観点からの評価

- 現状では規制に反映できる研究成果は極めて限定的であることから、個々の研究項目について、当該安全研究で扱うべき研究であるかどうかという観点から再確認を行うとともに研究の最終的な成果を明確化した上で原子力規制にどのように結びつくのか検討をされたい。（関係する規制部門（地震・津波審査部門）による評価）

③ 上記評価を踏まえた当初計画の見直し等の要否に係る評価

- 評価結果： 計画どおりに行うことが適切である
- 評価コメント：

  本研究でこれまでに得られた知見については、直ちに規制に活用できる状態には至っていないが、火山ガイド等の改定の要否の判断に資する知見や火山の活動性評価の考え方に関する知見が得られつつあることから、計画どおり研究を行うことが適切である。

（２）研究の実施状況の評価（項目別評価）

① 研究の進め方に対する技術的適切性：　A

- 国内外の過去の研究や技術評価検討会の専門家意見を踏まえた上で、適切な実施手法により必要な調査結果や解析結果が得られていることから、技術的適切性をもって研究が進められたと判断した。

② 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性：　A

- 共同研究及び委託研究の相手も含め適切な実施体制を構築し、計画どおりに進捗させ、目標を達成していることから、研究マネジメントは適切であると評価する。
- 予算執行、進捗管理及び検収を含めた契約業務を、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われている。

（３）総合評価

- 評価結果：　A
- 評価コメント：
  おおむね計画どおりの成果が得られていると評価できる。また、研究マネジメント及び業務管理も適切に行われている。

6. 研究計画（案）への反映

- プラントの安全評価に資する知見を求める意見が出されており、降灰現象等の火山事象に関する知見に基づいて次の研究フェーズでの計画を検討する。
- 現時点では、当初目標とする知見が得られる予定であるが、今後、さらに必要となる知見とそれらを得るための方策を検討していく。

（主な成果の公表）

- 論文
  ① K. Nishiki, N. Nagata, Y. Hiroi, A Test of Methods for Estimating the Total Grain Size Distribution of Tephra-fall Deposits Using the Isopach Map, Journal of Volcanology and Geothermal Research（投稿中）

- 口頭発表
  ① 広井良美、安池由幸、「十和田火山八戸噴火のマグマ溜まりの温度圧力条件の推定」、日本火山学会 2019 年秋季大会　神戸大学、令和元年 9 月（一部前フェーズの成果を含む）
  ② 西来邦章、永田直己、広井良美、「等層厚線図を利用したテフラの初生粒径分布の推定手法の検討」、日本火山学会 2019 年秋季大会　神戸大学、令和元年 9 月（一部前フェーズの成果を含む）
  ③ 佐藤勇輝、広井良美、宮本毅、「十和田火山におけるマグマ活動史：その 1 カルデラ形成期の岩石学的検討」、日本火山学会 2020 年秋季大会　オンライン、令和 2 年

10 月

④ 広井良美、佐藤勇輝、宮本毅、「十和田火山におけるマグマ活動史：その 2　カルデラ形成期の中規模噴火」、日本火山学会 2020 年秋季大会　オンライン、令和 2 年 10 月

Ⅱ．事故時炉心冷却性に対する燃料破損影響評価研究（R1～R5（2019～2023））

1. 研究プロジェクトの目的
   - 事故時及びその後の炉心冷却性維持の評価をより確かなものとすることを目的として、近年、事故模擬試験にて確認されている、現行指針類策定当時には観察されていなかった燃料破損挙動について知見を取得するとともに、事故後の長期冷却性等、研究事例が少ない状況下での燃料特性・挙動についても知見を取得する。

2. 研究概要
   - 冷却材喪失事故（Loss of Coolant Accident: LOCA）時の燃料ペレット細片化による燃料ペレットの燃料棒内再配置及び棒外放出（Fuel Fragmentation Relocation Dispersal: FFRD）に関するデータを取得するために、高燃焼度まで使用された燃料の LOCA 模擬試験等を実施する（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究）。
   - LOCA 後長期冷却中の燃料耐震性を評価するために、LOCA 時の温度履歴を経験した燃料被覆管を対象とした機械試験を実施する。また、地震を想定した燃料の振動解析を実施する（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究及び同機構との共同研究を含む）。
   - 従来と異なる破損の発生原因を調べるために、原子炉安全性研究炉（NSRR）での反応度事故（Reactivity Initiated Accident: RIA）模擬試験を行う。また、RIA 模擬試験時及びベース照射時の燃料挙動解析を行う（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究）。
   - NSRR 実験での被覆管応力条件の把握や破損挙動の評価のために、RIA 時の被覆管応力を模擬した被覆管多軸引張試験を実施する（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究。一部、同機構との共同研究を含む）。
   - LOCA 基準の 1200℃を超えた温度条件での燃料損傷状態について、既往研究等を調査するとともに、調査結果に基づき、NSRR を用いた燃料高温試験の条件等を検討する（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究）。

3. 現状の研究成果
   - FFRD を調べるための LOCA 模擬試験装置をホットセルに設置し、性能確認試験を実施した。今後、試験を継続し、データを取得していく。
   - 地震時の振動を模擬した変形を被覆管試料に負荷する試験装置を製作し、コールドの実験室に設置した。また、地震を想定した振動時に、LOCA 後被覆管に発生する応力を解析した。今後、解析結果を基に、試験条件を設定して、試験を実施、データを取得していく。
   - NSRR での RIA 模擬試験及び試験後観察を実施した。今後も試験を継続し、データを取得していく。

- 高燃焼度被覆管を模擬した被覆管試料を作成し、多軸引張試験を実施した。試験結果を基に、RIA 模擬試験での燃料破損原因を考察した。
- 既往研究の調査を行い、1200℃を超えた温度条件での燃料挙動について整理した。

4. 技術評価検討会における主な意見及びその対応

- LOCA 時のペレットの細粒化については、FP ガス放出との関係を把握することが重要との意見があった。本研究では、細粒化と FP ガス放出の関係に着目し、FP ガス放出に関わるデータも取得していることから、引き続き、考察を進めていく。
- 海外知見の確認が若干物足りないとの意見があった。ペレットの細粒化については、海外の研究プロジェクトでも同様の試験が実施されおり、それらの結果と比較し、FP ガス放出の他、被覆管拘束等の影響についても考察していく。
- プロジェクト名が「事故時炉心冷却性に対する燃料破損影響評価研究」となっているが、炉心冷却性への影響評価が分かりにくいとの意見があった。現在までは、従来観察されていなかった燃料破損形態の発生原因等を中心に調べ、データを蓄積したが、今後は、燃料破損形態の変化が炉心冷却性にどのような影響を与えるかについても考察していく。
- 被覆管破損の原因である半径方向水素化物について、その生成原因及び定量化方法について、さらに検討を進めるようコメントがあった。生成原因については、ベース照射中の応力が一因と考えられるが、今後、被覆管断面金相観察も進むことから、それらの結果と併せて考察していく。定量化方法については、いくつか異なる方法があるため、被覆管破損の評価に最適な定量化について、検討していく。
- 詳細は参考 2 の別表 2-2 参照

5. 中間評価結果

（１）当初計画の適切性に関する評価

① 技術動向の観点からの評価

- 平成 30 年度に実施した RIA 模擬試験において 10×10 型 BWR 燃料(OS-1)が PCMI 破損しきい値未満で破損した原因に関して、計画どおり、知見を取得できており、今後得られる観察結果等と併せて、その原因を明らかにできる見込みである。
- FFRD については、個別試験として実施している加熱試験から、細粒化メカニズムに関するデータが得られている。今後、ホットセルに設置した LOCA 模擬試験装置を用いた試験を実施してデータを取得することにより、計画どおり、FFRD 発生条件や原因を明らかにできる見込みである。
- 上記以外の試験の準備や解析も計画どおりに進捗し、試験装置の設置完了や試験結果を考察する上で有用な解析結果等、成果を得ている。

② 規制動向の観点からの評価

- 規制基準の見直し要否検討等に活用できるデータが得られており、本プロジェク

トを継続して、OS-1 の破損原因とともに、国内で使用されている燃料への影響を技術情報検討会に報告することが望まれる。また、LOCA 後の長期炉心冷却及び炉心損傷判断に関係する研究結果についても、適宜共有することが望まれる。（基準を所管する主管課（技術基盤課）による評価）

③ 上記評価を踏まえた当初計画の見直し等の要否に係る評価

- 評価結果：　計画どおりに行うことが適切である
- 評価コメント：
　現行指針類策定当時には観察されていなかった燃料破損挙動及び規制基準値より低い条件での燃料破損について知見を取得できており、規制基準等の見直し要否を検討するためには、研究事例の少ない、事故後の長期冷却性に関する研究等も含め、計画どおりに研究を行うことが適切である。

（２）研究の実施状況の評価（項目別評価）

① 研究の進め方に対する技術的適切性：　A

- 従来から実施している信頼性の高い試験、新たな試験装置を用いた試験及び解析を実施して、多面的に課題解決に取り組んでおり、技術的観点から適切に研究を進めている。

② 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性：　A

- 委託先を含め適切な研究体制を構築している。また、コロナ禍の影響によりホットセル試験では一部遅れが生じたが、今後の工程調整等を行い、全体当初計画の5ヶ年内で完了できる見込みを得ており、適切にマネジメントを行っている。
- 予算執行、進捗管理及び検収を含めた契約業務を、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われている。

（３）総合評価

- 評価結果：　A
- 評価コメント：
　試験及び解析を通して、目標とした知見が得られつつあり、また、新たな試験装置の設置も進んでいる。コロナ禍の影響により一部遅れが生じているが、全体当初計画の5ヶ年内で完了できる見込みを得ている。以上のことから、技術的観点及びマネジメントの観点から適切に研究が進められ、成果が得られていると評価できる。

6.　研究計画（案）への反映

- 実施内容については、評価委員等のコメントを参考にし、試験、解析及び結果の考察において不足がないように研究を進めるようにする。工程については、今後も、コロナ禍の影響があり得るので、委託先と緊密に連携して事業管理を行い、

当初計画の５ヶ年内で完了できるよう努める。

（主な成果の公表）

●なし