

# 安全研究に係る事後評価結果

令和元年6月12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

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、事後評価の対象となるプロジェクトは表1に示す5件である。

表1 事後評価対象プロジェクト

	プロジェクト名	実施期間
1	人間・組織に係るソフト面の安全規制への最新知見の反映	H26 - H30 (2014 - 2018)
2	国産システム解析コードの開発	H24 - H30 (2012 - 2018)
3	事故時等の熱流動評価に係る実験的研究	H24 - H30 (2012 - 2018)
4	事故時燃料安全性に関する規制高度化研究	H18 - H30 (2006 - 2018)
5	火山影響評価に係る科学的知見の整備	H25 - H30 (2013 - 2018)

### 1.2 評価方法

「原子力規制委員会における安全研究の基本方針」（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。）、「今後の研究評価の進め方について」（平成30年11月21日 原子力規制委員会報告）等に基づき実施した。評価に当たり、技術評価検討会の委員及び専門技術者（参考2）の意見を聴取した。

## 2. 事後評価結果

事後評価の対象となる5件の安全研究プロジェクト全てにおいて、適切に管理されおおむね期待どおりの成果があったものの、得られた結果による規制活動への貢献が限定的であったことを確認した。

なお、「国産システム解析コードの開発」については、研究成果の文書化が確実に進む見込みは確認できなかったが、現在、文書化に向けた作業を進めているところであることを確認した。

当初計画の適切性及び研究の実施状況に対する評価結果の概要は表2のとおりである。各プロジェクトの中間評価結果は、別紙2-1～2-5のとおり。

表 2 事後評価結果

評価項目		人間・組織に係るソフト面の安全規制への最新知見の反映	国産システム解析コードの開発	事故時等の熱流動評価に係る実験的研究	事故時燃料安全性に関する規制高度化研究	火山影響評価に係る科学的知見の整備	
研究の実施状況	項目別評価	①成果目標の達成状況	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)
		②成果の公表等の状況	A(3)	B(2)	A(3)	A(3)	A(3)
		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)
		④研究マネジメントの適切性	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)
		⑤業務管理の適切性	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)	A(3)
		⑥成果の規制への活用 の状況・見通し	B(2)	B(2)	B(2)	B(2)	B(2)
	総合評価	項目別評価結果の総合点	17	16	17	17	17
		項目別評価結果の平均点	2.8	2.7	2.8	2.8	2.8
		評価結果(全体評語)	B	B	B	B	B

※ 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。

※ 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。

人間・組織に係るソフト面の安全規制への最新知見の反映 (H26～H30 (2014～2018))  
事後評価結果

1. 研究プロジェクトの目的

- 原子力施設の安全性及び信頼性を高めていくには、設備や機器の設計・施工・運転・保守等を担っている人間とその組織といったソフト面にも着目し、人間や組織の特性を踏まえて人的過誤の発生を抑制し、人間系の信頼度を向上させることも重要である。本安全研究プロジェクトは、ソフト面の取り組みに係る安全規制の国内外の動向を整理し、我が国の規制の一層の高度化に資する技術的知見を取得することを目的とする。

2. 研究概要

- 事業者の安全文化醸成活動を評価するガイド及び事業者の直接原因分析や根本原因分析を評価するガイドの検討に資するため、国外の規制の動向を調査、分析し、ガイド策定に必要な技術的要件をまとめた。
- 人間工学を考慮した原子炉制御室等の設計評価ガイドの検討に資するため、必要となる技術的要件及び評価に適用する人間信頼性解析手法を検討した。
- 国外の規制制度を調査し、事業者の組織変更を評価する上で必要となる技術的知見を整理した。

3. 研究成果

- 関連する IAEA の安全要件である GSR Part2 等の最新の知見に基づき、安全文化に関する事業者の活動を審査及び検査において確認する視点を検討し、安全文化に係るガイドの基本的な考え方を整理した。また、人、組織及び技術の要因は相互作用を及ぼし合ってシステム全体の安全性に影響を与えたとの最新の知見に基づき、原因分析に関する事業者の活動を審査及び検査において確認する視点を検討し、原因分析に係るガイドの基本的な考え方を整理した。
- 人間工学を考慮した原子炉制御室等の設計評価に関し、関連する国内外の規制動向、特に米国や IAEA の規制制度や安全基準等の調査を実施し、我が国の規制において人間工学を考慮した制御室等の設計を評価するための考え方及び課題を整理した。
- 原子力認可取得者の組織変更に関してきめ細かな概念を導入している英国の規制制度を調査し、特徴を整理した。

4. プラント安全技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 国内外の最新技術や規制の動向を踏まえ、人や組織といったソフト面に係る安全規制上の重要課題が適切に抽出され、それらの課題に適切に取り組みされている、と評価された。

- 人間工学設計評価は世界的にも検討が進められているテーマであるので、海外や他分野からの情報収集を継続することとの意見があった。令和元年度（2019年度）から開始する安全研究プロジェクトにおいて人間工学設計評価の開発を進めることとしており、このなかで、米国等の規制当局や研究機関と連携して研究を推進していくこととする。

## 5. 事後評価結果

### (1) 項目別評価

#### ① 成果目標の達成状況： A

- 人や組織に係るソフト面に関する規制を高度化するために必要な研究を行って目標どおりに知見を取得しており、設定した目標を達成した。

#### ② 成果の公表等の状況： A

- 研究成果について、計測制御&ヒューマンマシンインターフェースに関する国際会議で査読付の口頭発表を行った。また、得られた技術的情報は、令和元年度（2019年度）中に NRA 技術報告として発行するよう準備を行っているところである。

#### ③ 研究の進め方に対する技術的適切性： A

- 内外の情報を広く収集、分析し、また人間工学設計手法に関し海外の機関と連携するなど、技術的適切性をもって進められた。

#### ④ 研究マネジメントの適切性： A

- 適切な研究体制を作り研究を行い、また IAEA による総合規制評価サービス (IRRS) の指摘に対応し計画を一部見直しつつ、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。

#### ⑤ 事業管理の適切性： A

- 予算執行、進捗管理や検収を含めた契約業務を、法令等を遵守し行っており、適切に事業管理が行われたと判断した。

#### ⑥ 成果の規制への活用の状況・見通し： B

- 本研究の成果は、ガイド案の策定の基礎となったものの、新たな検査制度に利用するためには、安全文化及び原因分析に係る新知見の収集という観点で未だ至らない部分があったことから、本判断とした。

### (2) 総合評価

- 評価結果： B
- 評価コメント：

IRRS 指摘に対応しつつ研究計画を進め、国内外の情報を整理、分析した成果が安全文化及び原因分析に係るガイドの検討に活用されるなど、当初設定した目標は達成した。しかし、研究的に情報の深掘りを行って最新知見を創出するという点で十分ではなかったと判断し上記の評価とする。なお、調査により得られた技術的情報は、NRA 技術報告等としてとりまとめ、速やかに公表することが適切である。

## 6. 評価結果の今後の活用

- 収集した情報や分析した結果は、NRA 技術報告や論文等により今後も公表を進める。また、今後行う安全研究プロジェクトにおいては成果の公表を研究計画に含め積極的な公表に努める。
- 技術評価検討会で受けた意見や規制への活用の観点で得た評価結果は、人間信頼性解析手法開発を行う令和元年度（2019 年度）から開始する安全研究プロジェクトに反映する。

国産システム解析コードの開発 (H24~H30 (2012~2018))事後評価結果

## 1. 研究プロジェクトの目的

- 原子力発電プラントに対する最適評価手法を用いた熱流動解析手法を整備するためには、事故等における事象進展を現実的に予測できる物理モデルを有するとともに、個々の物理現象から実機規模の核、熱流動、燃料等の結合挙動までに対する適用性を系統的に確認した原子炉システム解析コードが必要である。本安全研究プロジェクトでは、適宜、解析機能を追加して国内外の最新知見を反映できる国産の原子炉システム解析コードを自主開発するとともに、その物理モデル、適用範囲、V&V(検証及び妥当性確認)等について知見、ノウハウ等を蓄積することを目的とする。

## 2. 研究概要

- 基本的な物理モデルとして、炉心、配管、圧力容器等における気液二相流の挙動を評価できる熱水力モデル、構造材の温度を評価できる熱伝導モデル、発電用原子炉施設における様々な制御システムを模擬できる制御系モデル、原子炉出力を評価できる熱出力モデルを有するシステム解析コード (AMAGI) をプログラミングレベルから構築した。また、それぞれのモデル及びシステム解析コードの基本機能に対して動作確認を実施した。

## 3. 研究成果

- 解析機能を追加して国内外の最新知見を反映できる国産の原子炉システム解析コード (AMAGI) の開発として、軽水炉の運転時の異常な過渡変化から重大事故に至るおそれがある事故までを評価できる物理モデルを実装した新規のプログラムを作成した。
- 熱水力モデルについては、2流体1圧力モデルに基づく質量、運動量及びエネルギーの保存式を半陰解法及び完全陰解法によって解く機能を持たせ、個々の現象について文献調査を踏まえた最新の構成式を実装した。熱伝導モデルについては、熱伝導方程式に基づいて構造材の温度を評価する機能を実装した。制御系モデルについては、信号変数、論理モデル及びトリップモデルによって様々な制御システムを模擬できる機能を実装した。熱出力モデルについては、一点炉近似動特性解析機能及び原子炉の3次元出力挙動を模擬するための3次元炉心解析コード PARCS との結合機能を実装した。
- 各物理モデルの基本的な方程式や動作を確認するとともに、一部の現象への適用における計算収束性の悪化等の今後修正すべき課題を抽出した。

#### 4. プラント安全技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 国内外の動向を把握し最新知見を取り入れることが重要であるとの意見があった。米国 NRC との CAMP 協定や OECD/NEA のタスクグループに参加し、国外の原子炉システムコードの開発状況に関する最新情報を入手しているが、今後も最新の開発動向を参考に開発を進める。
- 最適評価コードとしてマルチフィジックス・マルチスケールを実現しているが、今後は V&V を進めていただきたいという意見があった。本年度より開始した「原子力プラントの熱流動最適評価に関する安全研究」で、AMAGI の V&V を実施し、不確かさ評価を進めていく。
- 開発途上であっても課題を含めて公表し、様々な視点を入れながら開発を進めていくこと、また開発段階からユーザーを取り込むことが必要であるとの意見があった。本年度より AMAGI 開発の技術検討グループを立ち上げ、コードを使用頂いたうえで意見を収集する。

#### 5. 事後評価結果

##### (1) 項目別評価

##### ① 成果目標の達成状況： A

- 事故時等における重要な事象を考慮した基本的な物理モデルを組み込んだ原子炉システム解析コードの基本機能の整備を完了していることから、設定した目標を達成した。

##### ② 成果の公表等の状況： B

- 当該プロジェクト期間中には NRA 技術報告や論文等の公表が行われなかったが、査読付論文の社内査読が進んでおり公表が見込まれることから、上記の評価とする。

##### ③ 研究の進め方に対する技術的適切性： A

- 原子炉システム解析コード AMAGI の開発において、予め重要な現象を抽出し最新の知見を反映してモデル化を行い、また検証を行って開発に反映させるなど、技術的適切性をもって研究が進められた。

##### ④ 研究マネジメントの適切性： A

- 研究者の能力を考慮した研究体制の下、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。

##### ⑤ 事業管理の適切性： A

- 予算執行、進捗管理や検収を含めた契約業務を、法令等を遵守し行っており、適切に事業管理が行われたと判断した。

⑥ 成果の規制への活用の状況・見通し： B

- 本研究の成果は、今後の安全性向上評価、設計基準事象の過渡・事故評価等の審査において、不確かさを考慮した最適評価手法による評価結果の妥当性を確認する際に活用される見込みがある。なお、評価は、本件が技術基盤グループが将来的な必要性を判断して実施している研究であることを考慮して、研究成果の規制への活用見通しの観点から行っている。

(2) 総合評価

- 評価結果： B

- 評価コメント：

原子炉システム解析コードの開発を計画どおりに進め、基本機能を完成させて目標を達成している。成果の公表がプロジェクト期間中に行われなかったが、令和元年度（2019年度）内の公表に向けて準備が進んでいることから上記の評価とする。

6. 評価結果の今後の活用

- 得られた成果は、NRA 技術報告や論文等により公表を進める。また、今後行う安全研究プロジェクトにおいては、成果の公表を研究計画に含め積極的な公表に努める。
- 技術評価検討会で頂いたコメントを反映し、令和元年度（2019年度）から開始する安全研究プロジェクトにおいてコードの V&V と不確かさ評価を進めて解析コードの性能向上を図りつつ、成果の公表や専門家との議論を行うなど公表に向けた準備を進める。

事故時等の熱流動評価に係る実験的研究 (H24～H30 (2012～2018))事後評価結果

## 1. 研究プロジェクトの目的

- 事故等における原子力プラントの安全性の評価においては、事故時に発生する複雑な物理現象を現実的に予測できる最適評価の導入が近年進められている。最適評価を継続的に高度化していくためには、事故等において想定される個々の重要現象について詳細を把握し、その機構に基づいた物理モデルを最適評価コードに導入していくことが重要である。このような背景に基づいて、本安全研究プロジェクトでは、最適評価における物理モデルの高度化及び妥当性確認に必要な、事故等における重要な熱流動現象の解明に係る実験的知見を充実させることを目的とする。

## 2. 研究概要

- 国内の BWR 及び PWR の運転時の異常な過渡変化から重大事故に至るおそれがある事故において重要であり、かつ現象の機構解明について知見の取得が必要な現象を抽出した。
- 上記の結果を踏まえ、原子炉停止機能喪失 (ATWS) 等で想定される燃料被覆管上の液膜ドライアウト及びリウエット、BWR の反応度事故 (RIA) で想定されるボイド挙動解明のための実験、及び設計基準事故 (DBA) を超える原子炉の多重故障事故時のプラント挙動の把握のための実験を実施し、原子炉システム解析コードのモデル検討に資する熱流動挙動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)

## 3. 研究成果

- ATWS 時の液膜ドライアウト等を対象として、実機条件を模擬できる実験装置 HIDRA を製作し、限界出力、ドライアウト熱伝達およびリウエット速度等の実験データ等の取得を行った。
- BWR の RIA 時に想定されるボイド挙動を対象にして、燃料集合体内横方向ボイド挙動の知見、及び低圧時サブクール沸騰時の詳細現象の知見を取得した。
- DBA を超える原子炉の多重故障事故時のプラント挙動の把握のための実験として、全交流電源喪失時の蓄圧注入系停止遅れに伴う窒素流入事象に関する実験、複数台蒸気発生器伝熱管破損事象時のプラント挙動等に関する実験を実施し、知見を取得した。

## 4. プラント安全技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 現象重要度ランク表 (PIRT) に基づき、特に重要と認められる現象に着目し、且つ、常に最新の知見を反映させながら検討を継続することが重要であるとの意見

があった。令和元年度（2019年度）から開始する安全研究プロジェクトにおいても、PIRTは継続的に見直しを図るとともに、実験計画に反映させる予定である。

- 実験の実施法等は適切と考えられるものの、得られたデータは目標としている国産コードの整備の観点等から必要十分であることが成果報告書等においては分かりにくいとの意見があった。頂いた意見に留意しつつ成果をとりまとめ、速やかな成果の公表に努める。

## 5. 事後評価結果

### (1) 項目別評価

#### ① 成果目標の達成状況： A

- 事故等を最適に評価する上で重要な現象について、物理モデルの高度化及び妥当性確認に必要な熱流動現象の解明に係る実験的知見を充実させており、設定した目標を達成したと判断した。

#### ② 成果の公表等の状況： A

- 研究委託先である国立研究開発法人日本原子力研究開発機構から査読付論文が6件公表された。なお、原子力規制庁による査読付論文については、令和元年度（2019年度）中の公表を目指して準備を進めている。

#### 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様々なスケールの実験装置を製作し、モデルの高度化に的確なデータを取得して評価を行ったことから、技術的適切性をもって研究が進められた。

#### ④ 研究マネジメントの適切性： A

- 適切な研究体制を作り、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。

#### ⑤ 事業管理の適切性： A

- 予算執行、進捗管理や検収を含めた契約業務を、法令等を遵守し行っており、適切に事業管理が行われたと判断した。

#### ⑥ 成果の規制への活用の状況・見通し： B

- 本研究の成果は、今後の安全性向上評価、設計基準事象の過渡・事故評価等の審査において、不確かさを考慮した最適評価手法による評価結果の妥当性を確認する際に活用される見込みがある。なお、評価は、本件が技術基盤グループが将来的な必要性を判断して実施している研究であることを考慮して、研究成果の規制への活用見通しの観点から行っている。

## (2) 総合評価

- 評価結果： B
- 評価コメント：

事故等を最適に評価する上で重要な熱流動現象の解明に係る実験的知見を目標どおりに取得しており、査読付論文の公表や技術評価検討会での評価をもってその技術的妥当性が確認できる。規制への活用が将来の見込みにとどまることから上記評価とする。

## 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、実験データを活用した物理モデル作成等に関する論文投稿を進めるとともに、令和元年度(2019年度)から開始する安全研究プロジェクトにおいて原子力プラントにおける熱流動挙動に関する研究を進める。

## 事故時燃料安全性に関する規制高度化研究 (H18～H30 (2006～2018))

### 事後評価結果

#### 1. 研究プロジェクトの目的

- 現行の設計基準事故に関する規制基準類の多くが従来型の燃料について得られた知見を基に定められており、また高い燃焼度での燃料挙動に関するデータが必ずしも十分ではない。本安全研究プロジェクトは、燃料性能向上のために開発された改良型燃料が導入される際の適合性審査に活用できるよう、高燃焼度領域のデータを拡充するとともに被覆管合金の変更等が設計基準事故時の燃料挙動に及ぼす影響に関する技術的知見を取得することを目的とする。

#### 2. 研究概要

- 高燃焼度改良型燃料を研究炉やホットラボにおいて反応度事故 (RIA) 及び冷却材喪失事故 (LOCA) 時の条件を模擬した試験に供し、燃料挙動と破損発生条件について調べた。実験結果の評価においては、燃料ふるまい解析コードによる解析も活用した。(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)
- LOCA 時の燃料ペレット挙動に関する個別効果試験として、燃料ペレット加熱試験を実施し、燃料ペレットが細片化するメカニズムについて検討した。
- LOCA 後の長期冷却性維持の観点で、LOCA 模擬条件を経験した被覆管の強度を評価する試験及び地震による振動時に被覆管に発生する応力の解析を実施した。

#### 3. 研究成果

- RIA 試験により取得したデータ及びその解析により、高い燃焼度にあっても、新たな被覆管合金を用いた改良型燃料の破損条件は、関連する指針に定められている破損しきい値よりも高いことを確認した。LOCA 時の燃料挙動に関しては、試験範囲内での燃焼の進展や被覆管合金組成の変更が、安全評価上重要な被覆管の酸化挙動や急冷時の破断に大きな影響を及ぼさないことを明らかにした。
- 燃料ペレット細片化に対する昇温速度の影響等に関する知見を得て、FP ガス挙動と関連した細片化メカニズムについて考察した。
- 高温酸化、変形及び急冷を経験した被覆管の外的負荷に対する耐破損特性及び地震時に発生する応力に関する知見を取得し、それらの比較により、LOCA 後の燃料長期冷却性について考察した。

#### 4. 燃料技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 試験の結果は、背景を十分に考慮し過去の知見を集約してとりまとめられている、との評価を受けた。
- RIA 模擬試験で破損した 2 つの燃料棒では、それぞれ改良型燃料ペレットと MOX が使われており、燃料ペレットの方にも破損の原因がある可能性も考えられると

の意見があったが、令和元年度（2019年度）から開始する安全研究プロジェクトにおいては燃料ペレット及び被覆管双方について破損原因メカニズムを調べる  
こととしている。

- 燃料ペレット細片化に関する個別試験に対する考察が現状では不十分なようにみえるとの意見があったが、令和元年度（2019年度）から開始する安全研究プロジェクトにおいて発生条件やメカニズムに関する知見をさらに得て考察を行うこととしている。

## 5. 事後評価結果

### （1）項目別評価

#### ① 成果目標の達成状況： A

- 高燃焼度改良型燃料を用いた試験を行って、改良型燃料に対する審査に必要なデータや現行基準類の適用性確認に必要な知見を得ており、設定した目標を達成したと判断した。

#### ② 成果の公表等の状況： A

- 研究委託先である国立研究開発法人日本原子力研究開発機構から査読付論文が11件公表されている。原子力規制庁からは査読付の口頭発表を1件行い、査読付論文1件の投稿準備を完了した。

#### ③ 研究の進め方に対する技術的適切性： A

- RIA及びLOCA条件を模擬できる研究炉や装置を使い、また解析コードも活用してRIA及びLOCA時の燃料破損挙動等に関する評価を行っており、技術的適切性をもって研究が進められたと判断した。

#### ④ 研究マネジメントの適切性： A

- 委託先を含め適切な研究体制を作り、研究の進捗に応じ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。

#### ⑤ 事業管理の適切性： A

- 予算執行、進捗管理や検収を含めた契約業務を、法令等を遵守し行っており、適切に事業管理が行われたと判断した。

#### ⑥ 成果の規制への活用の状況・見通し： B

- 本研究により、発電用原子炉の新規制基準で用いられている燃料の破損しきい値（以下「破損しきい値」という。）に関して、設計基準事故時を想定した高燃焼度領域の燃料の破損データが拡充されたと認められる。一方、破損しきい値未滿で破損した改良型燃料が観察されており、その破損原因については明らかではない。

したがって、現行の破損しきい値の高燃焼度改良型燃料への適用可能性については判断ができるほどの十分な情報が得られていないため、今後、更に知見を収集すべきである。

## (2) 総合評価

- 評価結果： B
- 評価コメント：

目標とした燃料の改良や高燃焼度化が RIA 及び LOCA 時の燃料破損挙動等に及ぼす影響に関する知見を幅広く取得し、成果の公表も行われている。一方で、一部の実験結果を確認するための知見を更に収集する必要性が生じており、現行基準の高燃焼度改良型燃料への適用可能性について最終的な判断ができなかったことから上記評価とする。

## 6. 評価結果の今後の活用

- 現行基準の適用可能性を最終的に確認するために、高燃焼度改良型燃料の RIA 時破損挙動に関する追加データを取得する。また、本安全研究プロジェクトで得た成果は、NRA 技術報告や論文等による公表を今後も進め、今後の安全研究プロジェクトにおいては成果の公表を研究計画に含め積極的な公表に努める。

火山影響評価に係る科学的知見の整備 (H25～H30 (2013～2018))  
事後評価結果

## 1. 研究プロジェクトの目的

- 火山活動とその特性を評価するため、噴火進展プロセス等の火山活動の評価に関する知見、噴火規模及び影響範囲推定に関する知見、火山活動に係る地下構造評価手法に関する知見及び海外のカルデラ火山に関する知見を蓄積することを目的とする。

## 2. 研究概要

- 火山活動の評価のための調査・研究として、過去に大規模噴火（巨大噴火を含む）を起こした火山を対象に、地質学的手法による詳細な活動履歴調査を行い、階段図の高精度化を行うとともに噴出物の化学組成分析を実施し、火山活動とマグマ組成の変遷から噴火に至る過程を考察した。（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）
- 噴火規模及び影響範囲推定のための調査・研究として、過去に巨大噴火を起こした火山の噴出物を用いて岩石学的検討を行い、噴火直前のマグマの温度及び圧力条件から、噴火直前に留まっていたマグマの深さを推定した。（国立研究開発法人産業技術総合研究所への委託研究）
- 火山活動に係る地下構造評価手法のための調査・研究として、阿蘇及び始良カルデラの地下構造調査を実施した。また、深部流体の化学組成分析からマグマの性質を推定する手法の検討を行った。（国立研究開発法人産業技術総合研究所への委託研究）

## 3. 研究成果

- 大規模噴火（巨大噴火を含む）の準備過程に関する知見として、地殻の同化作用による部分熔融度の上昇による珪長質マグマを生成すること、大規模な火砕流やカルデラ陥没を伴うような巨大噴火を起こした火山は、珪長質マグマを地下 10km 以浅に蓄積していたと考えられること等の知見が得られた。
- カルデラ火山の地下構造に関する知見として、電磁気探査法（MT 法）の周密な観測により、高解像度な地下構造を推定することが可能であること、地震波観測では、カルデラの大半の領域が水没しているカルデラ火山でも、長期の観測により地下構造を推定しうること、地下のマグマから遊離するガス成分等を分析することによりマグマの性質を推定する地球科学的手法の有効性を示唆する知見が得られた。
- 大規模噴火（巨大噴火を含む）の準備過程に関する知見とカルデラ火山の地下構造に関する知見が得られ、得られた知見を基に、長期の活動休止期間を持つ火山の活動評価の考え方、過去に巨大噴火を起こした火山の現状の状態を評価するた

めの考え方及び地下構造評価手法の考え方を示した。

#### 4. 地震・津波技術評価検討会における主な意見及びその対応

- 今回の成果は、この期間の中でできることは良くなされている。今後は、得られた成果を踏まえた上でどのような戦略をとるか丁寧に考え、工夫することが必要と考える。また、地質、岩石学、地球物理、地球化学の知見を総合的な解釈につなげるために、個々のデータ蓄積を進めることが肝要と考える。地下構造調査については、取得データの信頼性を明確にした上で、適切に判断していくことが必要であるとの意見があった。地下構造調査については、令和元年度（2019年度）から開始する安全研究プロジェクトにおいても実施し、信頼性の向上を図る予定である。
- 本研究で得られた考え方は、これまでに公開されている国内外の研究成果、及び学会等報告による最新知見を踏まえた信頼性の高い専門知見によりまとめられていると考えられるとの意見があった。
- 原子力分野という性質上、本研究の成果が広く信頼された成果として使われるためにも、調査・解析手法や得られた成果の客観性を評価することが重要であるとの意見があった。評価指標や規制基準等に適用するに当たっては、研究成果を査読付論文等にとりまとめ、調査結果や解析手法の客観性をより明確にする必要があると考えている。

#### 5. 事後評価結果

##### (1) 項目別評価

##### ① 成果目標の達成状況： A

- 大規模噴火（巨大噴火を含む）の準備過程に関する知見とカルデラ火山の地下構造に関する知見が得られ、得られた知見を基に、長期の活動休止期間を持つ火山の活動評価の考え方、過去に巨大噴火を起こした火山の現状の状態を評価するための考え方及び地下構造評価手法の考え方が示されたことから目標を達成した。

##### ② 成果の公表等の状況： A

- 得られた成果を NRA 技術報告としてとりまとめ、本年度上期に公表する予定である。また、知見の蓄積に関わった委託先から、19 件の論文が公表されている。

##### ③ 研究の進め方に対する技術的適切性： A

- 適切な研究体制を構築した上で、火山活動を評価するために必要な地質学的調査や化学的分析等が行われており、技術的適切性をもって研究が進められたと判断した。

##### ④ 研究マネジメントの適切性： A

- 業務の進捗状況について適宜確認を行うとともに、国内外の研究動向を把握し、

研究計画に適切に反映するなどの理由から、研究マネジメントは適切であると評価する。

⑤ 事業管理の適切性： A

- 予算執行、進捗管理や検収を含めた契約業務を、法令等を遵守し行っており、適切に事業管理が行われたと判断した。

⑥ 成果の規制への活用の状況・見通し： B

- 本研究は、カルデラ噴火を含む巨大噴火の噴火プロセスに関する科学的知見が不十分であるという現状に鑑み、火山モニタリングの評価に係る基本的な知見の蓄積を目的に進められてきたが、規制活動に直結するような成果や知見のとりまとめは限定的であった。しかしながら、大山火山の大山生竹テフラの噴出規模が既往研究で考えられてきた規模を上回るとの新知見が得られ、大山火山の噴出規模見直しにつながったため、限定的ではあるが、得られた結果による規制活動への貢献があったと判断する。

(2) 総合評価

- 評価結果： B
- 評価コメント：

計画通りに調査・研究が進められ、大規模噴火（巨大噴火を含む）の準備過程等火山活動とその特性を評価するための知見が蓄積されるとともに、査読付論文で成果の公表が行われた。本研究で得られた火山活動の評価に関する知見の一部が規制に活用されたものの、安全研究プロジェクト全体としては限定的であったことから上記評価とする。

6. 評価結果の今後の活用

- 本研究で得られた成果及び課題をまとめ、令和元年度（2019年度）から開始する安全研究プロジェクトの立案に反映する。また、得られた成果をもとに論文を作成し投稿する。

## プラント安全技術評価検討会 名簿

(五十音順)

### 委員

- |       |                              |
|-------|------------------------------|
| 北田 孝典 | 大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻教授   |
| 五福 明夫 | 岡山大学大学院ヘルスシステム統合科学研究科教授      |
| 山路 哲史 | 早稲田大学理工学術院先進理工学研究科共同原子力専攻准教授 |

### 専門技術者

- |       |   |
|-------|---|
| 新井 健司 | 東芝エネルギーシステムズ株式会社磯子エンジニアリングセンター原子力安全システム設計部担当部長    |
| 梅澤 成光 | MHI NSエンジニアリング株式会社技師長                             |
| 溝上 伸也 | 東京電力ホールディングス株式会社福島第一廃炉推進カンパニープロジェクト計画部安全・解析グループ課長 |

# 燃料技術評価検討会 名簿

(五十音順)

## 委員

- 有馬 立身 九州大学大学院工学研究院エネルギー量子工学部門助教
- 黒崎 健 京都大学複合原子力科学研究所安全原子力システム研究センター教授

## 専門技術者

- 大塚 康介 東京電力ホールディングス株式会社原子力・立地 本部原子力人財育成センター所長
- 高島 勇人 関西電力株式会社原子燃料サイクル室原子燃料サイクル部長
- 平井 睦 日本核燃料開発株式会社上席主幹研究員

## 地震・津波技術評価検討会委員 名簿

(五十音順)

### 委員

- |       |   |
|-------|---|
| 岩田 知孝 | 京都大学防災研究所教授                               |
| 酒井 直樹 | 国立研究開発法人防災科学技術研究所先端的研究施設利活用センター<br>戦略推進室長 |
| 古屋 治  | 東京電機大学理工学部理工学科機械工学系教授                     |

### 専門技術者

- |       |   |
|-------|---|
| 梅木 芳人 | 一般財団法人電力中央研究所原子力リスク研究センター研究コーディネーター（自然外部事象分野） |
| 土志田 潔 | 一般財団法人電力中央研究所原子力リスク研究センター上席研究員                |
| 松山 昌史 | 一般財団法人電力中央研究所原子力リスク研究センター企画運営チーム研究副参事         |