

平成27年度安全研究計画 (その2)

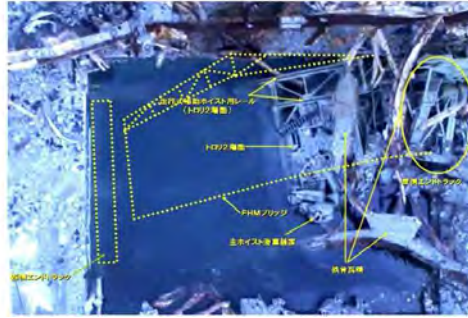
平成27年7月

(プロジェクト個票)

1. プロジェクト	(CO1) 福島第一原子力発電所事故による放射性廃棄物等の取扱いに関する研究	担当	安全技術管理官(核燃料廃棄物担当) 付
2. カテゴリー・研究分野	(2) 特定原子力施設 ○特定原子力施設における放射性廃棄物管理の安全性評価		
3. 背景	使用済燃料の貯蔵に関する規制は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和三十二年六月十日法律第百六十六号）（以下「原子炉等規制法」という。）第四十三条の四に規定され、使用済燃料の貯蔵の事業に関する規則及び使用済燃料貯蔵施設の設計及び工事の方法の技術基準に関する省令に除熱、遮蔽、臨界防止等の具体的基準が定められている。 また、廃棄の事業に関する規制は、原子炉等規制法第五十一条の二に規定され、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則及び核燃料物質等の第二種廃棄物埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示に、処分方式に応じた放射能濃度上限値、廃棄物埋設施設等の技術上の基準、埋設しようとする放射性廃棄物等の技術上の基準等が定められている。 しかしながら、これらの基準は、制御された条件下で原子炉施設から発生する使用済燃料及び廃棄物に対して定められたものであり、福島第一原子力発電所事故によって発生した燃料デブリの貯蔵や放射性廃棄物管理の安全確保のためには、それぞれの特性を踏まえた新たな技術的知見を整備する必要がある。 さらに、汚染水管理に関しては、現在のタンク貯蔵、地下水建屋内流入の抑制対策や滞留水の漏えい管理、将来の福島第一原子力発電所敷地内における汚染除去に関する安全確保のための技術的知見を整備する必要がある。		
4. 目的	(1) 固体放射性廃棄物の安定的な管理等のための技術要件の検討 事業者が行う福島第一原子力発電所事故により発生する廃棄物（以下「事故プラント廃棄物」という。）の廃棄物特性（放射性核種の種類、濃度、廃棄物の形状、材質及び量等の性状）評価の妥当性確認手法を検討するとともに、廃棄物特性を踏まえて限定再利用の基準及び処分が必要となる廃棄体の技術要件を整理する。 (2) 燃料デブリ等の保管・輸送・長期貯蔵に関する技術要件の検討 燃料デブリ等は従来の使用済燃料と特性が異なることから、燃料デブリ等を安全に保管、輸送及び貯蔵するための技術要件を整理する。 (3) 放射性廃棄物管理に関する技術要件の検討 ガレキ類、水処理二次廃棄物等の一時保管施設の長期運用に伴う安全確認方法等を整備する。また、固体放射性廃棄物の減容等の処理や処分について、従来の放射性廃棄物との特性の違いを踏まえた安全確保の技術要件を整理する。 (4) 汚染水管理に関する技術要件の検討 現在のタンク貯蔵、地下水建屋内流入の抑制対策や滞留水の漏えい管理、建屋内の汚染水の除去や汚染土壌の回収に係る安全確保の考え方や技術要件を整理する。また、建屋内における高濃度汚染水の生成量及びその核種濃度低減といった汚染水対策に資するデータ等を整備する。 (5) 燃料デブリを含む高レベル放射性廃棄物処分の技術要件の検討 燃料デブリを再処理することなく処分することを考慮した場合の処分に係る安全要件及び処分施設の安全機能等について、従来の高レベル放射性廃棄物の処分と比較し、新たに追加すべき技術要件を整理する。		
5. 知見の活用先	事故プラント廃棄物、燃料デブリ及び汚染水について、事業者が計画する輸送、保管、処理、処分等に関する妥当性の確認に活用される。		
6. 安全研究概要 (始期:H26 年度) (終期:H31 年度)	事故プラント廃棄物の性状等の情報は、事業者及び(独)日本原子力研究開発機構等による廃炉に向けた事業推進あるいは研究開発により逐次明らかにされていくことから、本計画もその進捗状況を鑑み必要に応じて見直すものとする。 実施内容は以下のとおりである。 (1) 固体放射性廃棄物の安定的な管理等のための技術要件の検討 事故プラント廃棄物の特性を把握するために、廃棄物特性評価に係る特に重要となる放射能濃度測定技術について、既存の要素技術を調査するとともに、現地での測定手法の検討に必要な技術情報を収集・整理する。これらを踏まえて、事故プラント廃棄物の限定再利用や廃棄体化を行う際の技術要件及び確認手法を検討する。また、事業者が行う廃棄物特性評価の妥当性確認の検討に必要な技術情報を収集・整理する。 (2) 燃料デブリ等の保管・輸送・長期貯蔵に関する技術要件の検討 燃料デブリ等について、その性状を把握するとともに、共用プールまでの輸送・暫定保管に係る技術要件、燃料デブリ等収納缶の技術要件等を検討する。また、将来的な燃料デブリ等の長期貯蔵を想定し、燃料デブリ等貯蔵容器の長期健全性等に係る技術要件の検討に必要な技術情報を収集・整理する。 (3) 放射性廃棄物管理に関する技術要件の検討 ガレキ類、伐採木等の一時保管施設の長期的運用を想定し、施設の長期健全性、地下水流動解析を用いたモニタリングの妥当性等、施設の安全確保に係る留意事項の抽出を行う。あわせて、水処理二次廃棄物の長期間の保管を想定し、保管を行う際の安全性に係る留意事項を抽出する。また、ガレキ類、伐採木、焼却灰、水処理二次廃棄物、汚染土壌、解体廃棄物（原子炉建屋・本体等）等の固体放射性廃棄物の減容処理、廃棄体化処理における技術要件を整理するとともに、処分方法・処分施設について、現行の規制制度への適用性の検討及び必要な追加要件等の検討を行い、規制の整備に向けた課題を抽出する。 (4) 汚染水管理に関する技術要件の検討 福島第一原子力発電所敷地内の水理地質構造、建屋配置、建屋内への地下水流入抑制対策を踏まえた地下水流動モデルを整備し、汚染水対策の管理や漏洩時の移行経路の評価に関する着眼点、留意事項等を抽出する。また、建屋内の汚染水の除去や汚染		

	土壌の回収等に係る技術要件の検討に必要な技術情報を収集・整理する。さらに、燃料デブリからのセシウム移行プロセスのモデル化や汚染水中のセシウム起源の特定に係る調査を検討し、高濃度汚染水の生成量やその核種濃度低減に資する情報を整備する。 (5) 燃料デブリを含む高レベル放射性廃棄物処分の技術要件の検討 従来検討されてきた高レベル放射性廃棄物処分に加え、燃料デブリの核種組成等の特性を踏まえて、それらを追加的に処分する際の安全確保に係る技術要件の検討に必要な技術情報を収集・整理する。 工程表 <table><tr><th>年度 項目</th><th>H26</th><th>H27</th><th>H28</th><th>H29</th><th>H30</th><th>H31</th></tr><tr><td>(1) 固体放射性廃棄物の安定的な管理等のための技術要件の検討</td><td>(注 1)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>(2) 燃料デブリ等の保管・輸送・長期貯蔵に関する技術要件の検討</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>(3) 放射性廃棄物管理に関する技術要件の検討</td><td>(注 2)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>(4) 汚染水管理に関する技術要件の検討</td><td>(注 3)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>(5) 燃料デブリを含む高レベル放射性廃棄物処分の技術要件の検討</td><td>(注 4)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> 注 1：H26 年度個票では「①福島第一原子力発電所事故で発生した廃棄物の取り扱いに関する検討」として実施。 注 2：「③事故プラント廃棄物の処分による周辺影響を評価するための解析コード整備」として実施。 注 3：「②福島第一原子力発電所の敷地内における Sr-90 等の移行評価手法の検討」として実施。 注 4：「④燃料デブリ等廃棄物の取扱い施設の立地に係る要件」、「⑤燃料デブリ等廃棄物の取扱施設の安全評価に向けた検討」として実施。	年度 項目	H26	H27	H28	H29	H30	H31	(1) 固体放射性廃棄物の安定的な管理等のための技術要件の検討	(注 1)						(2) 燃料デブリ等の保管・輸送・長期貯蔵に関する技術要件の検討							(3) 放射性廃棄物管理に関する技術要件の検討	(注 2)						(4) 汚染水管理に関する技術要件の検討	(注 3)						(5) 燃料デブリを含む高レベル放射性廃棄物処分の技術要件の検討	(注 4)					
年度 項目	H26	H27	H28	H29	H30	H31																																					
(1) 固体放射性廃棄物の安定的な管理等のための技術要件の検討	(注 1)																																										
(2) 燃料デブリ等の保管・輸送・長期貯蔵に関する技術要件の検討																																											
(3) 放射性廃棄物管理に関する技術要件の検討	(注 2)																																										
(4) 汚染水管理に関する技術要件の検討	(注 3)																																										
(5) 燃料デブリを含む高レベル放射性廃棄物処分の技術要件の検討	(注 4)																																										
7. H27 年度実施計画	(1) 固体放射性廃棄物の安定的な管理等のための技術要件の検討 - 海外での限定クリアランスに関する事例調査を行うとともに、限定再利用の濃度基準算出のための評価シナリオ及びパラメータの検討を目的として、事故プラント廃棄物のうち、限定再利用が見込まれる対象物について調査する。 - 既存の放射能測定装置について調査し、測定条件、検出限界、装置特性等を整理する。 - 廃棄物分類に関する事例を整理するとともに、廃棄体製作技術の整理を行う。 (2) 燃料デブリ等の保管・輸送・長期貯蔵に関する技術要件の検討 - 本項目は H28 年度より実施する。 (3) 放射性廃棄物管理に関する技術要件の検討 - ガレキ類の覆土式一時保管施設の保管環境（施設の構造、廃棄物の状態等）について情報を収集し、長期の運用で留意すべき点を抽出する。 - 水処理二次廃棄物の一時保管施設について、保管容器の腐食及び放射線劣化等の長期健全性に係る留意事項を抽出する。 - トレンチ・ピット処分を想定し、種々の固体廃棄物について濃度上限値と廃棄物インベントリとの対応関係等を整理し、現行の規制制度との関連性を検討する。 (4) 汚染水管理に関する技術要件の検討 - 福島第一原子力発電所敷地内を対象とした敷地内及びその周辺の水理地質情報、建屋配置、地下水位といった基礎データを収集・整理し、地下水流動モデルを更新する。 - 種々の汚染水対策等で想定される事象に関する感度解析を実施し、各種対策による地下水流動状況等への影響に関する知見及び課題を検討する。 - 燃料デブリからのセシウムの移行に関するモデル化及び汚染水中のセシウムの起源に関する検討を行い、予備評価を実施する。また、汚染水の分析に係る検討に着手する。 (5) 燃料デブリを含む高レベル放射性廃棄物処分の技術要件の検討 - 従来考慮されてきたガラス固化体との性状の違いに着目し、ガラス固化体の地層処分の安全評価のための解析システムを用いて、燃料デブリの特性を考慮した感度解析等を実施することで、燃料デブリの処分における特に留意すべき点を抽出する。 - 燃料デブリはガラス固化体と比べ、ウラン及びプルトニウムのインベントリが格段に高く、核種の減衰に極めて長い期間を要することを考慮し、隆起・侵食、断層活動等の自然事象について、従来の検討より長期の将来予測における不確実性を低減するための調査手法を整理する。																																										
8. 備考																																											

1. プロジェクト	(CO2) 破損燃料輸送に係る技術調査	担当	安全技術管理官(核燃料廃棄物担当) 付
2. カテゴリー・研究分野	(2) 特定原子力施設		
3. 背景	「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」の輸送に関する審査をするためには、破損している燃料の特性や輸送物の形態を推定し、評価に必要な項目を抽出し、評価手法を整備する必要がある。		
4. 目的	事業者が実施する使用済燃料の破損状況に関する調査結果から、想定される輸送物について現行基準への適合性を評価し、必要に応じて実施計画の審査に用いる審査基準案等を作成する。		
5. 知見の活用先	実施計画の審査に活用する。また必要に応じて破損燃料輸送に係る審査基準案及び破損燃料輸送に係る評価ガイド案を作成する。		
6. 安全研究概要 (始期:H24 年度) (終期:H28 年度)	(1) 破損燃料輸送に係る技術調査 ①破損燃料輸送に係る技術調査 図 1 フローチャート参照 ②輸送物中に水素が発生した際の評価及びその対策に係る調査 <pre> graph TD A[調査
(1号機~4号機)] --> B{燃料取出に
係る課題} B -- YES --> C{基準又は評価ガイド
の必要性} B -- NO --> D((終了)) C -- YES --> E[審査基準案作成] E --> F[評価ガイド案作成] F --> G((終了)) C -- NO --> D D -- 次号機調査へ --> A </pre> 図 1 技術評価に係るフローチャート ● 破損燃料を輸送する際の収納缶及び輸送容器に求められる機能の評価 ● 水素発生量の評価 図 2 想定される破損燃料輸送物		



3号機の使用済燃料プール内に
貯蔵されている燃料の状況に関
する調査

出典：政府・東京電力中長期対策会議
運営会議 第11回会合
(平成24年10月22日) 資料

図3 3号機使用済燃料プール内ガレキ状況

工程表

項 目 \ 年 度	H24	H25	H26	H27	H28
a. プール内燃料の号機ごとの情報収集等	4号機		3号機		
b. 破損燃料・輸送物に関する文献調査	←				→
c. 輸送物の推定	4号機		3号機		
d. 評価・調査結果からのフィードバック	4号機		3号機		
e. 課題の抽出・検討	抽出	解決	抽出	(検討)	
f. 輸送物中に水素が発生した際の安全評価	文献調査		試験	試験 (評価)	評価

(1) 輸送物中に水素が発生した際の安全評価

① 使用済燃料からの水素発生に係る試験

a. 試験

- 図1に示す気液二相共存での放射線照射下のカプセル式水素発生量測定装置を用い、表1に示す試験条件にて試験を行い、人工海水条件、臭素イオン単独並びにヨウ素イオン単独での濃度依存性及び触媒効果を室温及び150℃におけるG値を測定する。また、輸送物の空間体積と水の量が水素発生に及ぼす影響を評価するため、表2に示す気液比をパラメータにして試験を行う。
- 触媒による水素発生抑制についても、米国での使用実績を踏まえて効果を検討する。

b. 評価解析

水素の定常濃度の測定結果及びa.試験にて測定したG値の整理を行い、試験結果を評価するための解析（水素発生量の評価）を実施する。

7. H27年度実施
計画

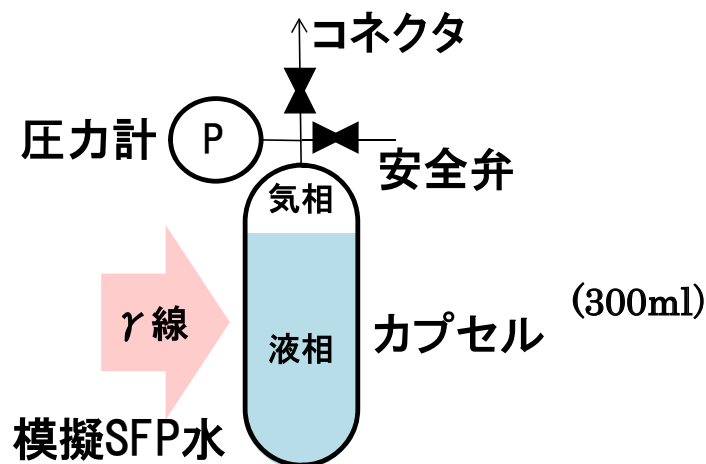


図4 気液二相での放射線照射下のカプセル式水素発生量測定装置概念図

表 1 水素の見かけのG値測定に係る試験マトリックス

温度 (°C)	希釈人工海水(mol/L)* *:Cl ⁻ として	臭化物イオン濃度 (mol/L)	よう化物イオン濃度 (mol/L)	触媒 (有無)
室温	1.4×10^{-2}		—	
	2.8×10^{-3}		—	
	1.4×10^{-3}		—	
		10^{-4}	—	
		10^{-5}	—	
		10^{-6}	—	
			10^{-4}	
			10^{-5}	
			10^{-6}	
			10^{-4}	有
			10^{-5}	有
			10^{-6}	有
150°C	1.4×10^{-2}			
	2.8×10^{-3}			
	1.4×10^{-3}			
		10^{-4}		
		10^{-5}		
		10^{-6}		
			10^{-4}	
			10^{-5}	
			10^{-6}	
			10^{-4}	有
			10^{-5}	有
			10^{-6}	有

表 2 気液比依存性の試験マトリックス

温度 (°C)	水質条件	気液比 (気相体積/液層体積)
室温	よう素 10^{-5} mol/L	約3%
		10%
		50%
		100%
		200%

8. 備考

(プロジェクト個票)

1. プロジェクト	(C03) 第二種廃棄物埋設の規制基準整備に係る研究	担当	安全技術管理官(核燃料廃棄物担当) 付
2. カテゴリー・研究分野	(5) バックエンド ○廃棄物埋設		
3. 背景	第二種廃棄物埋設の既存施設及び今後それらと同等の構造等を有するトレンチ・ピット処分施設については、平成25年12月に施行された「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(以下「構造等の基準に関する規則」という。) 及び従来からの事業規則である「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」(以下「第二種埋設事業規則」という。) に基づき審査が行われることとなっているが、それ以外の余裕深度処分施設等の第二種廃棄物埋設施設についても同様に構造等の基準に関する規則、それらの規則に基づく「核燃料物質等の第二種廃棄物埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示」(以下「第二種廃棄物埋設の告示」という。) 等を整備する必要がある。具体的には、余裕深度処分施設については、事業者により処分施設構成や大型廃棄体容器が検討されているところ、これらの申請に対応すべく構造等の基準に関する規則の整備並びに第二種埋設事業規則及び第二種廃棄物埋設の告示の改定に向けて検討する必要がある。また、ピット処分施設については、事業者により新たな廃棄体容器として従来のドラム缶から角型容器への転換や廃棄体容器の定置方法として横入れ方式が検討されているところ、これらの申請に対応すべく現行の第二種廃棄物埋設の告示と第二種埋設事業規則の改定に向けて検討する必要がある。 一方、研究施設等廃棄物については、関連規制法令や放射能に汚染されていない廃棄物の規制の考え方を整理する必要がある。また、ウラン廃棄物等の長半減期核種を含む廃棄物については、安全確保に関する論点を整理し、審査に必要な技術的知見を整備する必要がある。具体的には、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構において、研究施設等廃棄物をトレンチ処分、ピット処分及び余裕深度処分とすることを検討しているところ、これらの申請に対応すべく「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(以下「原子炉等規制法」という。)、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」(以下「障害法」という。)、廃棄物の処理及び清掃に関する法律(以下「廃掃法」という。) 等との規制制度の関係を整理する必要がある。		
4. 目的	(1) 第二種廃棄物埋設施設の基準への適合性審査に向けた規制基準等の整備 (a) トレンチ・ピット処分施設 - 横入れ多層多連型施設に関する審査マニュアル案の作成に必要な技術的知見を整備する。 - 廃棄体の角型容器化による廃棄体確認、覆土確認のための確認項目・評価基準等を含めた施設確認運用要領の改正案の作成に必要な技術的知見を整備する。 (b) 余裕深度処分施設 (TRU 廃棄物を含む。) - 長半減期核種を含む廃棄物の処分形態や線量基準等の規制制度の考え方を取りまとめた上で、余裕深度処分施設 (TRU 廃棄物を含む。) に関する人間侵入等の評価手法の取りまとめ及び審査マニュアル案の作成に必要な技術的知見を整備する。 - 廃棄体の大型容器化による廃棄体確認、施設確認のための確認項目・評価基準等を含めた施設確認運用要領の改正案の作成に必要な技術的知見を整備する。 (2) 研究施設等廃棄物の処分施設の基準への適合性審査に向けた規制基準等の整備 (a) 研究施設等廃棄物及びウラン廃棄物の処分施設 - 安全確保に関する基本的考え方及び化学的有害物質の規制の考え方を取りまとめた上で、研究施設等廃棄物の処分施設に関する審査マニュアル案の作成に必要な技術的知見を整備する。 - 廃棄体確認、施設確認のための確認項目・評価基準等を含めた施設確認運用要領案の作成に必要な技術的知見を整備する。 (3) 余裕深度処分施設の可逆性・回収可能性、制度的管理等に関する基本的考え方の整理 余裕深度処分施設について、第一種廃棄物埋設施設との整合性を踏まえ、安全確保の観点から長半減期核種を含む廃棄物埋設の制度的管理 (記録保存、モニタリング・サーバイランス、土地利用制限等) 、可逆性・回収可能性等についての基本的考え方を整理する。		
5. 知見の活用先	本プロジェクトの成果は、第二種廃棄物埋設及び研究施設等廃棄物の処分施設に関する審査マニュアル案等に反映され、基準への適合性審査等に活用される。		
6. 安全研究概要 (始期:H25 年度) (終期:H29 年度)	第二種廃棄物埋設に係る基準への適合性審査及び後続規制に資する技術的知見の整備を行う。 (1) 第二種廃棄物埋設施設の基準への適合性審査に向けた規制基準等の整備 (a) トレンチ・ピット処分施設 - ピット処分施設の基準への適合性審査に関して、従来の「ドラム缶による廃棄体を上から定置する方式」 (図2及び3右) から「角型容器による横入れ定置方式」 (図2及び3) へ変更、さらに、処分施設の構造形式として「上蓋を有する容器形式」から「多層多連型ボックスカルバート形式」 (図3) への変更を事業者において検討されている。これらの申請に対応すべく、構造等の基準に関する規則及び第二種廃棄物埋設の告示の改正に向けて、既存施設からの変更点の調査を行い、基準への適合性審査を行う上での留意点の抽出した上で、評価に必要なパラメーターの設定など、技術的根拠の整備を行う。具体的には、施設の構造安定性や閉じ込めの効力の確認方法、廃棄体の要求機能の確認方法などを整理する。 - ピット処分施設の後続規制において、ベントナイト混合材料を用いた覆土の透水性を評価するため、透水試験方法、試料の採取方法・採取場所、採取サンプル数等に関する調査を行い、施設確認運用要領の改正に必要な技術的根拠を整備する。具体的には、覆土使用材料及び覆土施工法と透水係数の関係性など覆土確認に必要な要件の確認方法とその妥当性について整理する。 (b) 余裕深度処分施設 (TRU等廃棄物を含む。) i) 安全確保に関する論点の整理 余裕深度処分施設の安全性を確認するためには、長半減期核種の取り扱い及び人間侵入の考え方等の規制の基本的考え方を整理することが必要である。そのために、諸外国及び国際安全基準における人間侵入の評価手法等の安全確保に関する調査を行い、論点を整理する。また、核種の減衰が期待できる廃棄物の範囲を明らかにするための考え方を整理した上で、その評価手法について		

整理する。これらの成果を余裕深度処分施設に関する規制基準の策定に係る検討に反映する。

ii) 適合性審査に向けた技術的知見の整理

余裕深度処分施設における、構造等の基準に関する規則及び第二種廃棄物埋設の告示を整備することを念頭に、基準への適合性審査における設計要件・状態設定や安全評価に係る技術的根拠を整備する。具体的には、長半減期核種の濃度制限の考え方や濃度制限値の妥当性、頑健な人工バリアとしての判断指標の妥当性評価など設計要求に対する判断指標を整理する。

iii) 後続規制の廃棄体確認及び施設確認整備のために必要となる技術的知見の整理

施設確認運用要領案を整備することを念頭に、事業者により検討されている廃棄体容器や構造形式等に関する技術的知見を整理する。具体的には、廃棄体の要件を確認する技術的根拠の整理を行うとともに、廃棄体の線量評価に用いるスケーリングファクター等を検討する。

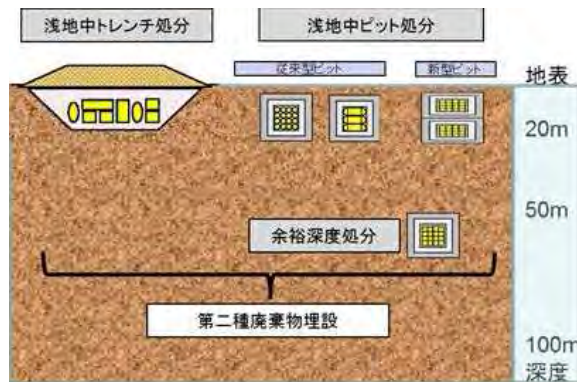


図1 第二種廃棄物埋設施設の施設形態と処分深度

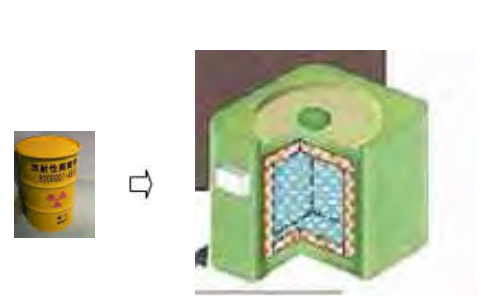


図2 ドラム缶と大型廃棄体容器（余裕深度処分）

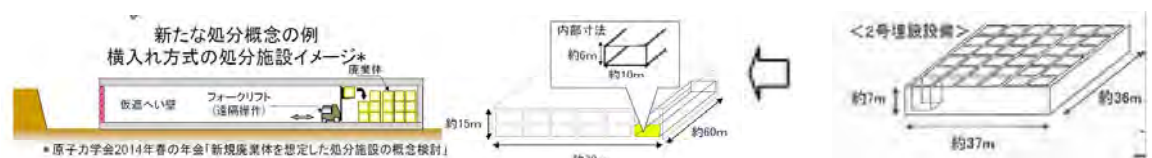


図3 新たな施設形態及び定置施工方式（左）と従来ピット処分施設構造（右）

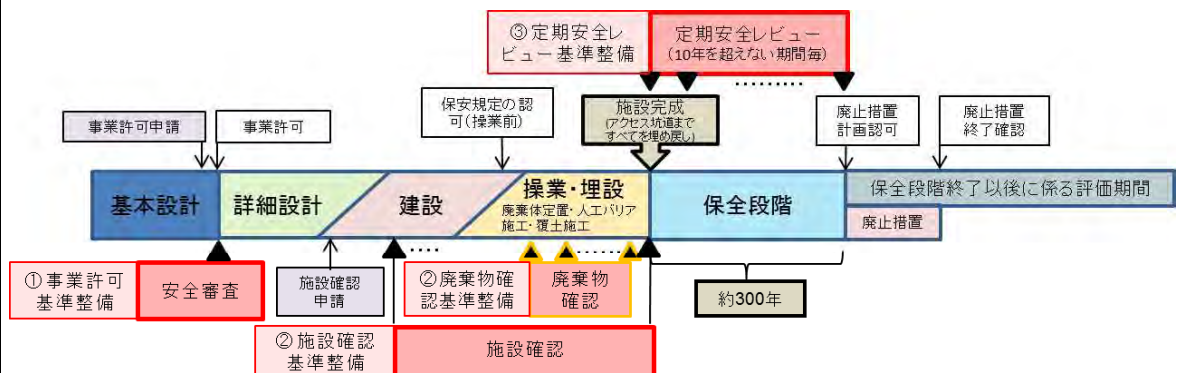


図4 第二種廃棄物埋設事業に関する安全規制の概要

(2) 研究施設等廃棄物の処分施設の基準への適合性審査に向けた規制基準等の整備

i) 安全確保に関する論点の整理

研究施設等廃棄物及びウラン廃棄物等の処分施設においては、ウラン廃棄物を含む長半減期核種の安全確保に関する論点やラドンによる内部被ばくの取扱いなど国内外の事例や検討状況を調査してわが国における規制基準への反映について整理する。また、研究施設等廃棄物に含まれる非放射性有害物質の種類、その性状及び含有量の現状を調査し、研究施設等廃棄物処分施設の安全確保に関する論点として整理する。

ii) 基準への適合性審査に向けた技術的知見の整理

研究施設等廃棄物の処分施設においては、上記で整理した安全確保に関する論点を踏まえて基準への適合性審査に必要な技術的知見の整理を行う。具体的には、対象とする放射性廃棄物に化学的有害物質が含まれることから、土壤汚染対策法、廃掃法との関連を整理し、埋設施設又は埋設地外での濃度が規制値を満たすかどうか等の技術的知見を整備する。

iii) 後続規制の施設確認整備のために必要となる技術的知見の整理

研究施設等廃棄物の埋設処分における施設確認に必要な技術的知見の整備を行う。

(3) 余裕深度処分施設の可逆性・回収可能性、制度的管理等に関する基本的考え方の整理

	余裕深度処分施設について、第一種廃棄物埋設との整合性も踏まえ、安全確保の観点から諸外国及び国際安全基準における埋設施設の制度的管理（モニタリング・サーベイランス、土地利用制限、記録保存等）、処分形態、可逆性・回収可能性を調査して、我が国の地質環境条件等の特徴を加味した制度的管理について論点及び実現に当たっての課題を整理する。 工程表 <table><tr><th></th><th>H25 年度</th><th>H26 年度</th><th>H27 年度</th><th>H28 年度</th><th>H29 年度</th></tr><tr><td>(1) 第二種廃棄物埋設施設の基準への適合性審査に向けた規制基準等の整備</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>(2) 研究施設等廃棄物の処分施設の基準への適合性審査に向けた規制基準等の整備</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>(3) 余裕深度処分施設の可逆性・回収可能性、制度的管理等に関する基本的考え方の整理</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>		H25 年度	H26 年度	H27 年度	H28 年度	H29 年度	(1) 第二種廃棄物埋設施設の基準への適合性審査に向けた規制基準等の整備						(2) 研究施設等廃棄物の処分施設の基準への適合性審査に向けた規制基準等の整備						(3) 余裕深度処分施設の可逆性・回収可能性、制度的管理等に関する基本的考え方の整理					
	H25 年度	H26 年度	H27 年度	H28 年度	H29 年度																				
(1) 第二種廃棄物埋設施設の基準への適合性審査に向けた規制基準等の整備																									
(2) 研究施設等廃棄物の処分施設の基準への適合性審査に向けた規制基準等の整備																									
(3) 余裕深度処分施設の可逆性・回収可能性、制度的管理等に関する基本的考え方の整理																									
7. H27 年度実施計画	(1) 第二種廃棄物埋設施設の基準への適合性審査に向けた規制基準等の整備 (a) トレンチ・ピット処分施設 - 新たな「多層多連型ボックスカルバート形式」による処分施設の構造方式について詳細を調査し、これらの申請に対応すべく現行の第二種廃棄物埋設の告示改正のための施設構造要件を整理する。 - 施設確認のうち、ベントナイト混合土を用いた覆土について、透水試験方法、試料の採取方法・採取場所、採取サンプル数など透水性能の確認手法を整理する。 (b) 余裕深度処分施設（TRU廃棄物を含む。） i) 安全確保に関する論点の整理 - 放射性廃棄物のインベントリのうち長半減期核種を制限し、被ばくの影響が一定の水準を超えない廃棄物の範囲を示すために、諸外国及び国際安全基準の人間侵入等の評価シナリオ、安全確保の考え方を調査・整理する。 - 余裕深度処分の制度的管理、深さを含む立地条件、施設設計を考慮した人間侵入等の影響評価について試算を行い、評価手法の考え方等を整理する。 ii) 基準への適合性審査に向けた技術的知見の整理 - 人工バリアの物理的抵抗性を評価するための知見を整理する。 - ベントナイト系人工バリアの超長期時間スケールにおける変形挙動をナチュラルアナログ的手法により評価するため、キプロス共和国に存在する長期荷重を受けたベントナイト層からサンプルを採取して、変形挙動に係る情報を取得する。 - 近接配置された処分坑道の地震時相互作用による挙動を試解析により抽出し、地下水シナリオ等に基づく移行抑制に及ぼす影響度を整理する。																								
8. 備考																									

(プロジェクト個票)

1. プロジェクト	(CO4) 加工施設のリスク評価に係る研究	担当	安全技術管理官(核燃料廃棄物担当) 付
2. カテゴリー・研究分野	(3) 共通原因故障を引き起こす内部・外部事象 ○共通要因故障を引き起こす内部・外部事象のリスク評価		
3. 背景	・原子炉等規制法改正に伴う加工施設に対する安全性向上評価 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(以下「原子炉等規制法」という。)第二十二条の七の二第一項では、「加工事業者は、原子力規制委員会規則で定めるところにより、その加工施設における安全性の向上を図るため、原子力規制委員会規則で定める時期ごとに、当該加工施設の安全性について、自ら評価をしなければならない。」(以下「安全性向上評価」という。)とされており、加工事業者に対し安全性向上評価の実施を要求している。また、原子炉等規制法第二十二条の七の二第三項では、「加工事業者は、第一項の評価を実施したときは、原子力規制委員会規則で定めるところにより、当該評価の結果、当該評価に係る調査及び分析並びに評定の方法その他原子力規制委員会規則で定める事項(第五項において「評価の結果等」という。)を原子力規制委員会に届け出なければならない。」とされており、原子力規制委員会には安全性向上評価の結果等を記した届出書が提出されることとされている。 これに対して、原子炉等規制法第二十二条の七の二第四項では、「原子力規制委員会は、前項の規定により届け出られた事項のうち、当該評価に係る調査及び分析並びに評定の方法が原子力規制委員会規則で定める方法に適合していないと認めるときは、その届出をした加工事業者に対し、調査若しくは分析又は評定の方法を変更することを命ずることができる。」とされている。そのため、原子力規制委員会は、届出書が、原子炉等規制法第二十二条の七の二第四項の「原子力規制委員会規則」である「核燃料物質の加工の事業に関する規則(以下「加工規則」という。)」第九条の三の五で定める方法に適合しているか否かを確認しなければならない。 これらを運用するガイドとして原子力規制委員会が策定した「加工施設及び再処理施設の安全性向上評価に関する運用ガイド」(以下「運用ガイド」という。)では、安全性向上評価において実施する「事故の発生及び拡大の防止措置を講じたにもかかわらず、重大事故の発生に至る可能性がある場合、その可能性」に関する調査及び分析の方法として、「適切な評価方法」によりリスク評価を行うこととされている。その際、加工事業者が行うリスク評価に対し、原子力規制委員会は加工事業者が採用した評価手法及びその技術的根拠を確認することが定められている。 運用ガイドでは、加工施設に係るリスク評価における「適切な評価方法」として総合安全解析(ISA)手法が挙げられているが、現在、その手法が必ずしも成熟していないと記されており、原子力規制委員会が安全性向上評価におけるリスク評価の適切性確認を行う際に必要となる技術的知見を整備しておく必要がある。		
4. 目的	原子炉等規制法第二十二条の七の二第四項の規定に基づく届出が加工規則第九条の三の五で定める方法に適合していることを確認する際に必要となるリスク評価に関する技術的知見を整備する。 具体的には、運用ガイドではリスク評価における「適切な評価方法」として総合安全解析(以下「ISA」という。)手法が挙げられており、加工事業者が安全性向上評価においてISAを実施することが想定されるところ、原子力安全基盤機構において、ウラン加工施設における主要な内部事象のリスク評価に係る技術的知見をISA手順書の形式でまとめ、蓄積してきたことから、本プロジェクトではMOX燃料加工施設の地震及び内部事象に対するISA手法を検討するための試解析、調査等を実施した上で、加工施設のリスク評価に関する技術的知見を整備する。		
5. 知見の活用先	本プロジェクトで得られた知見は、安全性向上評価の結果等を記した届出に対し、原子力規制委員会が加工規則第九条の三の五で定める方法に適合しているか否かを確認する際に活用される。		
6. 安全研究概要 (始期:H24年度) (終期:H28年度)	以下の研究を実施することにより、加工施設のリスク評価に係る技術的知見を整備する。 a) MOX燃料加工施設の地震を起因としたISA試解析の実施 MOX燃料加工施設の代表工程に対する内部事象のハザード解析により、MOX燃料加工施設の特徴を整理した上で、地震を起因とするISA試解析を実施する。その際、等級別扱い(グレーデッド・アプローチ)の考えを踏まえた、より合理的な評価の観点から、比較的风险の小さいと考えられる加工施設に適した簡易的な地震起因事象の発生頻度評価手法として、米国で提案された簡易ハイブリッド法の適用性について検討する。 b) 六フッ化ウラン漏えい事故時の化学的影響の評価方法の整備 ウラン加工施設で取り扱われる六フッ化ウランの化学的影響の基準及び評価方法に関して海外規制の動向調査を行い、評価手法を整備する。 c) 加工施設及び再処理施設における火災影響評価手法の検討 加工施設及び再処理施設において想定される火災に対して試解析を行い、火災影響評価を行う上での留意点等を整理する。 d) リスク評価の手法等の適切性確認のための着眼点及び留意点の整理 上記研究で得られた成果を基に、MOX燃料加工施設の地震及び内部事象に対するISA実施手順を明確化するとともに、ウラン加工事業者が採用したリスク評価の手法及びその技術的根拠の適切性を原子力規制委員会が確認するための着眼点及び留意点を取りまとめる。 なお、運用ガイドでは、加工事業者は、原子炉等規制法の施行から3年6か月(平成29年6月)以降、届出より半年前の状態を対象として第1回目の安全性向上評価を実施することとされていることから、平成28年12月までに、本技術的知見を整備する必要がある^注。 注：日本原燃(株)のホームページによれば、六カ所MOX燃料加工施設は建設中(平成29年10月に竣工予定)であり、また、ウラン加工施設は運転中であるため、ウラン加工施設の1回目の安全性向上評価は平成28年12月の時点を対象に、MOX燃料加工施設よりも早く行われることになる。このため、ウラン加工施設を対象に実施するものとする。		

	<table><tr><th colspan="6">工程表</th></tr><tr><th></th><th>平成 24 年度</th><th>平成 25 年度</th><th>平成 26 年度</th><th>平成 27 年度</th><th>平成 28 年度</th></tr><tr><td rowspan="5">①加工施設のリスク評価に係る技術的知見の整備</td><td></td><td colspan="4">a) MOX燃料加工施設の地震を起因としたISA試解析の実施 </td></tr><tr><td></td><td colspan="4">b) 六フッ化ウラン漏えい事故時の化学的影響の評価方法の整備 </td></tr><tr><td></td><td></td><td colspan="3">c) 加工施設及び再処理施設における火災影響評価手法の検討 </td></tr><tr><td></td><td colspan="4">d) リスク評価の手法等の適切性確認のための着眼点及び留意点の整理 </td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	工程表							平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	①加工施設のリスク評価に係る技術的知見の整備		a) MOX燃料加工施設の地震を起因としたISA試解析の実施 					b) 六フッ化ウラン漏えい事故時の化学的影響の評価方法の整備 						c) 加工施設及び再処理施設における火災影響評価手法の検討 				d) リスク評価の手法等の適切性確認のための着眼点及び留意点の整理 								
工程表																																							
	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度																																		
①加工施設のリスク評価に係る技術的知見の整備		a) MOX燃料加工施設の地震を起因としたISA試解析の実施 																																					
		b) 六フッ化ウラン漏えい事故時の化学的影響の評価方法の整備 																																					
			c) 加工施設及び再処理施設における火災影響評価手法の検討 																																				
		d) リスク評価の手法等の適切性確認のための着眼点及び留意点の整理 																																					
7. H27 年度実施計画	a) MOX 燃料加工施設の地震を起因とした ISA 試解析の実施 - MOX燃料加工施設における臨界の成立条件を検討の上、代表的な臨界事故シーケンスを抽出し、臨界事故シーケンスの選定手法を検討する。 - MOX燃料加工施設を対象に、内部事象ISAで提案した起因事象検討シート及びマスターロジックダイアグラムを用いて地震起因のハザード解析を行い、その結果を分析し、地震起因のハザード解析手法の検討を行う。 - 仮想的な様々な事故シーケンスに対して、発電炉の地震PRAで用いられている方法と簡易ハイブリッド法の比較計算を行い、簡易ハイブリッド法の適用性について検討する。 b) 六フッ化ウラン漏えい事故時の化学的影響の評価方法の整備 - 新規制基準の適合性審査において規制庁から事業者に出された安全上重要な施設の選定に関する指示を踏まえ、本研究項目の実施期間を延長し、建屋内を対象とする六フッ化ウラン漏えい事故時の化学的影響について、評価手法の信頼度を向上させる観点から、評価方法の整備を行う。前年度検討した評価手法は一点集中型定数近似コードを用いた簡易的な手法であるため、CFDコード（数値流体力学コード）を用いたより詳細な評価手法の検討を行う。本年度は六フッ化ウランのような重い気体に対するCFDコードの適用性について検討する。 c) 加工施設及び再処理施設における火災影響評価手法の検討 - 再処理施設の新規制基準において、セル内有機溶媒火災が重大事故となった。安全性向上評価においても、より具体的に取られるものと想定されることから、本研究の一環として、加工及び再処理施設における火災影響評価手法の充実を図ることを目的として、新たに本項目を設ける。本年度は再処理施設及びMOX燃料加工施設の火災事象について、換気系システムの応答を含めた試解析を行う。 d) リスク評価手法等の適切性確認のための着眼点及び留意点の整理 - 上記a) b) c) 及びこれまでの安全研究の成果並びに発電炉におけるPRA手順等を参考に、MOX燃料加工施設における地震を起因としたISA手法について実施手順として取りまとめる。 - 上記実施手順及びこれまでの安全研究の成果等から得られた加工施設においてISAを実施する上での留意点を整理する。																																						
8. 備考																																							

(プロジェクト個票)

1. プロジェクト	(C05) 再処理施設のリスク評価に係る研究	担当	安全技術管理官(核燃料廃棄物担当) 付
2. カテゴリー・研究分野	(3) 共通原因故障を引き起こす内部・外部事象 ○共通原因故障を引き起こす内部・外部事象のリスク評価		
3. 背景	・原子炉等規制法改正に伴う再処理施設に対する安全性向上評価 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(以下「原子炉等規制法」という。)第五十条の四の二第一項では、「再処理事業者は、原子力規制委員会規則で定めるところにより、その再処理施設における安全性の向上を図るため、原子力規制委員会規則で定める時期ごとに、当該再処理施設の安全性について自ら評価をしなければならない。」(以下「安全性向上評価」という。)とされており、再処理事業者に対し安全性向上評価の実施を要求している。また、原子炉等規制法第五十条の四の二第三項では、「再処理事業者は、第一項の評価を実施したときは、原子力規制委員会規則で定めるところにより、当該評価の結果、当該評価に係る評価及び分析並びに評定の方法その他原子力規制委員会規則で定める事項を原子力規制委員会に届け出なければならない。」とされており、原子力規制委員会には安全性向上評価の結果等を記した届出書が提出されることとされている。 これに対して、原子炉等規制法第五十条の四の二第四項では、「原子力規制委員会は、前項の規定により届け出られた事項のうち、当該評価に係る調査及び分析並びに評定の方法が原子力規制委員会規則で定める方法に適合していないと認めるときは、その届出をした再処理事業者に対し、調査若しくは分析又は評定の方法を変更することを命ずることができる。」とされている。そのため、原子力規制委員会は、届出書が、原子炉等規制法第五十条の四の二第四項の「原子力規制委員会規則」である「使用済燃料の再処理の事業に関する規則(以下「再処理規則」という。)」第十九条の三の五で定める方法に適合しているか否かを確認しなければならない。 これらを運用するガイドとして原子力規制委員会が策定した「加工施設及び再処理施設の安全性向上評価に関する運用ガイド」(以下「運用ガイド」という。)では、安全性向上評価において実施する「事故の発生及び拡大の防止措置を講じたにもかかわらず、重大事故の発生に至る可能性がある場合、その可能性」に関する調査及び分析の方法として、「適切な評価方法」によりリスク評価を行うこととされている。その際、再処理事業者が行うリスク評価に対し、原子力規制委員会は再処理事業者が採用した評価手法及びその技術的根拠等を確認することが定められている。 運用ガイドでは、再処理施設に係るリスク評価手法における「適切な評価手法」として、再処理施設における「内部事象」、「地震」及び「津波」に係る確率論的リスク評価(以下「PRA」という。)手法等が挙げられているが、現在、その手法が必ずしも成熟していないと記されており、原子力規制委員会が安全性向上評価におけるリスク評価の適切性確認を行う際に必要となる技術的知見を整備しておく必要がある。		
4. 目的	原子炉等規制法第五十条の四の二第四項の規定に基づく届出が再処理規則第十九条の三の五で定める方法に適合していることを原子力規制委員会が確認する際に必要となるリスク評価に関する技術的知見を整備する。 具体的には、運用ガイドではリスク評価手法における「適切な評価手法」として、再処理施設における「内部事象」、「地震」及び「津波」に係る PRA 手法等が挙げられていることから、本プロジェクトでは主に地震を対象とした PRA 手法を検討するための試験解析、試験、調査等を実施した上で、リスク評価に関する技術的知見を整備する^注。 注：外部事象については、日本で唯一の商業用再処理施設である六ヶ所再処理工場が海拔 55mに建設されていることから津波を除外し、地震を対象とした PRA 手法の整備を優先的に行う。		
5. 知見の活用先	本プロジェクトで得られた知見は、安全性向上評価の結果等を記した届出に対し、原子力規制委員会が再処理規則第十九条の三の五で定める方法に適合しているか否かを確認する際に活用される。		
6. 安全研究概要 (始期:H24 年度) (終期:H28 年度)	以下の研究を実施することにより、再処理施設のリスク評価に係る技術的知見を整備する。 ① 再処理施設のリスク評価に係る技術的知見の整備 再処理施設のリスク評価に係る技術的知見の整備に資するため、以下の研究を実施する。 a) 地震を起因としたPRA試験解析 地震を起因として発生が想定され、リスク評価上重要と考えられる事象を対象にPRA試験解析を実施する。また、同時に、又は連鎖して起こる複数の事故事象の発生(以下「事故事象の同時発生」という。)を踏まえたPRA手法の検討を行う。なお、6. 安全研究概要のa) 地震を起因としたPRA試験解析について、事故事象の同時発生を考慮したPRAに関する技術的知見を充実させるため、実施期間を延長した。 b) 蒸発乾固事象を対象とした放射性物質移行挙動試験 再処理施設内で想定される重大事故の1つである高レベル濃縮廃液の蒸発乾固事象を対象に、施設からの放射性物質放出量評価において重要な放射性物質の移行挙動に関する試験を行い、蒸発乾固事象に関する技術的知見を整備する。 c) 水素爆発事象を対象とした閉じ込め機能の健全性評価方法の整備 再処理施設で想定される重大事故の1つである高レベル濃縮廃液等の貯槽での水素爆発事象を対象に、解析を行い、閉じ込め機能の健全性の評価方法に関する技術的知見を整備する。 d) リスク評価手法等の適切性確認のための着眼点及び留意点の整理 上記研究で得られた成果を基に、地震に対する PRA 実施手順を明確化するとともに、安全性向上評価におけるリスク評価手法及びその技術的根拠の適切性を原子力規制委員会が確認するための着眼点及び留意点を整理する。 なお、運用ガイドでは、再処理事業者は、原子炉等規制法の施行から3年6か月(平成29年6月)以降、届出より半年前の時点の状態を対象として第1回目の安全性向上評価を実施することとされていることから、平成28年12月までに、本技術的知見を整備する必要がある。		

	また、以下に原子力安全基盤機構で実施した項目の概要を示す。 ② 再処理施設及び加工施設の重大事故対策に係る検討（平成 24 年度まで） 再処理施設における設計上の想定を超える事象及びその対策に関する基礎的な検討を行った上で、その検討結果を基に「加工施設及び再処理施設の重大事故とその対策についての基本的考え方の検討」及び「加工施設及び再処理施設の重大事故に係る要求事項についての検討」を取りまとめた。 工程表 <table><tr><th></th><th>平成 24 年度</th><th>平成 25 年度</th><th>平成 26 年度</th><th>平成 27 年度</th><th>平成 28 年度</th></tr><tr><td rowspan="5">①再処理施設のリスク評価に係る技術的知見の整備</td><td>a) 地震を起因としたPRA試解析</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>b) 蒸発乾固事象を対象とした放射性物質移行挙動試験</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td colspan="5"></td></tr><tr><td>c) 水素爆発事象を対象とした閉じ込め機能の健全性評価方法の整備</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>d) リスク評価手法等の適切性確認のための着眼点及び留意点の整理</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>②再処理施設及び加工施設の重大事故対策に係る検討（平成 24 年度で終了）</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>		平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	①再処理施設のリスク評価に係る技術的知見の整備	a) 地震を起因としたPRA試解析										b) 蒸発乾固事象を対象とした放射性物質移行挙動試験										c) 水素爆発事象を対象とした閉じ込め機能の健全性評価方法の整備												d) リスク評価手法等の適切性確認のための着眼点及び留意点の整理											②再処理施設及び加工施設の重大事故対策に係る検討（平成 24 年度で終了）					
	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度																																																				
①再処理施設のリスク評価に係る技術的知見の整備	a) 地震を起因としたPRA試解析																																																								
	b) 蒸発乾固事象を対象とした放射性物質移行挙動試験																																																								
	c) 水素爆発事象を対象とした閉じ込め機能の健全性評価方法の整備																																																								
	d) リスク評価手法等の適切性確認のための着眼点及び留意点の整理																																																								
②再処理施設及び加工施設の重大事故対策に係る検討（平成 24 年度で終了）																																																									
7. H 2 7 年度実施計画	① 再処理施設のリスク評価に係る技術的知見の整備 a) 地震を起因とした PRA 試解析 - 地震を起因とした事故事象の同時発生について、単独の事故事象に対するPRA試解析から得られた知見を基に、同時発生による放射性物質放出量の増大、あるいは、それぞれの事故事象への対処における相互影響といった観点を踏まえ、PRAの実施対象とすべき「複数の事故事象」の選定手順案を作成する。この選定手順案に基づき、代表的なセルを対象として、PRAの実施対象とする事故事象を抽出し、PRA試解析を実施する。 b) 蒸発乾固事象を対象とした放射性物質移行挙動試験 - 高レベル濃縮廃液の沸騰・蒸発乾固時に発生が想定される気体状ルテニウム等について、気相雰囲気組成、装置内温度、装置内滞留時間等に応じた化学形の変化及び移行経路中での蒸気凝縮に伴う沈着挙動を把握するための試験を実施する。 - 高レベル濃縮廃液が沸騰した際に発生する蒸気の凝縮に伴うエアロソルの移行経路中での沈着、凝縮水の滞留及びそれに伴う作業環境への放射線影響について検討を行う。 c) 水素爆発事象を対象とした閉じ込め機能の健全性評価方法の整備 - 再処理施設のプルトニウム濃縮缶供給槽等及び MOX 燃料加工施設の焼結炉での水素爆発事象を対象に、CFD コードの FLACS 等を用いて、槽等の内部の機器・配管を考慮した試解析を実施し、槽等内及び排気系ダクト内における爆発時の燃焼の進展並びに槽等の構造の健全性について検討する。 d) リスク評価手法等の適切性確認のための着眼点及び留意点の整理 - これまでの研究成果を基に、地震に対する PRA 実施手順を明確化した上で、リスク評価手法等の適切性確認のための着眼点及び留意点案を作成する。																																																								
8. 備考																																																									

(プロジェクト個票)

1. プロジェクト	(C06) 商用再処理施設保守管理技術等に係る研究	担当	安全技術管理官(核燃料廃棄物担当) 付
2. カテゴリー・研究分野	(4) 核燃料サイクル ○再処理施設における高経年化対策		
3. 背景	事業者は使用済燃料の再処理の事業に係る規則に基づき、経年変化に関する技術的評価(以下「高経年化技術評価」という。)及び高経年化技術評価に基づいて再処理施設の保全計画のために実施すべき措置に関する10年間の計画の策定(以下、これらを併せたものを「高経年化対策」という。)が義務づけられている。 事業者が実施した再処理施設の高経年化対策について評価するために、これまで、研究用再処理施設を対象に技術基盤を整備してきた。今後は商用再処理施設を対象に、これまでの成果を活用し、機器材料の相違等の施設の特性を踏まえ、高経年化対策を評価するための技術的知見を整備していく必要がある。		
4. 目的	再処理施設では主要な工程で硝酸を使用するため、材料の耐食性等が課題となる。我が国の商用再処理施設では、研究用再処理施設とは異なり、腐食対策として①高レベル廃液濃縮缶、酸回収蒸発缶に減圧蒸発濃縮技術を採用し、②溶解槽及びプルトニウム濃縮缶の材料としてジルコニウムを使用している。また、③ジルコニウムを使用したことに伴い周囲のステンレス鋼製機器との間で2種類の材料の接続のためタンタルをインサート材とした爆着接合法を用いている。 商用再処理施設の高経年化対策を評価する上では、商用再処理施設の技術導入元の先行再処理施設における有意な腐食進展事象の発生並びに商用再処理施設が採用した材料及び異材接合技術に関する既往の研究成果を踏まえると、更に以下の知見を取得する必要がある。 ・減圧蒸発濃縮下におけるデボジット腐食(ステンレス鋼)に関するデータ ・応力腐食割れ(ジルコニウム)に関するデータ ・水素吸収脆化割れ(ジルコニウム/タンタル/ステンレス鋼)に関するデータ		
5. 知見の活用先	事業者が実施した再処理施設の高経年化対策の評価に活用する。		
6. 安全研究概要 (始期:H24年度) (終期:H28年度)	以下の経年変化事象を対象とし、表-1に示す工程で試験研究を実施する。 ○デボジット腐食(ステンレス鋼) 商用再処理施設では、研究用再処理施設とは異なり、腐食対策として一部の機器に減圧蒸発濃縮技術を採用したが、その後、技術導入元の先行再処理施設の減圧方式の高レベル廃液濃縮缶において、デボジットに起因する有意な腐食進展が顕在化した。模擬デボジットを調製し、高レベル廃液濃縮缶の底部、加熱ジャケット壁部及び加熱コイル部を想定して腐食試験及び影響因子評価のための基礎データの取得試験を行う。その成果に基づいてメカニズム及びデボジット腐食に及ぼす各種影響因子を評価・検討し、デボジット腐食に係る高経年化対策の評価のための技術的知見を整備する。 ○応力腐食割れ(ジルコニウム) 商用再処理施設では、研究用再処理施設とは異なり、腐食対策としてステンレス鋼よりも耐食性に優れるジルコニウムを一部の機器に採用したが、海外の既往の試験研究で再処理施設の環境(沸騰硝酸溶液中)でも応力腐食割れの感受性があることが示唆された。 再処理工程において最もプルトニウム濃度が高い溶液を扱うジルコニウム製の加熱機器であるプルトニウム濃縮缶を対象に電位負荷定荷重引張試験及び各種条件下でのプルトニウム溶液の電気化学データの取得を実施し、その成果に基づいてメカニズム及び応力腐食割れに及ぼす各種影響因子を評価・検討し、プルトニウム濃縮缶の応力腐食割れに係る高経年化対策の評価のための技術的知見を整備する。 ○水素吸収脆化割れ(ジルコニウム/タンタル/ステンレス鋼) 腐食対策としてジルコニウムを使用したことに伴い、我が国の商用再処理施設においては周囲のステンレス鋼製機器との間で2種類の材料の接続のため爆着接合法を用いている。ジルコニウムとステンレス鋼の異材接合継手にはインサート材として水素固溶量が大いタンタルの薄板が使用されている。既往の国内の試験研究によりジルコニウムとタンタルの界面部には水素吸収脆化割れの感受性の高い領域があることが報告されている。 試験研究においては、異材接合継手を構成するジルコニウム、タンタル及びステンレスのうちのジルコニウム及びタンタルに注目し、単体ごと及び界面部について、硝酸溶液中において水素が発生する環境下での定荷重引張試験及び影響因子評価のための基礎データの取得試験を実施し、その成果に基づいてメカニズム及び水素吸収脆化割れに及ぼす各種影響因子を評価・検討し、異材接合継手の水素吸収脆化割れに係る高経年化対策の評価のための技術的知見を整備する。		

	<table><tr><th colspan="7">表-1 工程表</th></tr><tr><th></th><th>実施項目</th><th>24 年度</th><th>25 年度</th><th>26 年度</th><th>27 年度</th><th>28 年度</th></tr><tr><td rowspan="4">デ ポ ジ ット 腐 食</td><td>試験装置の整備</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>腐食試験</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>影響因子評価のための 基礎データの取得試験</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>腐食進展メカニズム等の検討、影響因子 の評価</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td rowspan="4">応 力 腐 食 割 れ</td><td>試験装置の整備</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>電位負荷定荷重引張試験</td><td>パラメータ：</td><td>応力</td><td>腐食電位</td><td>硝酸濃度</td><td>溶液温度</td></tr><tr><td>各種条件下でのプルトニウム溶液の電 気化学データの取得</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>メカニズムの検討、影響因子の評価</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td rowspan="4">水 素 吸 収 脆 化 割 れ</td><td>試験装置の整備</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>定荷重引張試験</td><td></td><td>Zr</td><td>Ta</td><td>実機相当異材継ぎ手</td><td></td></tr><tr><td>発生条件評価のための 基礎データの取得試験</td><td></td><td>Zr</td><td>Ta</td><td>実機相当異材継ぎ手※</td><td></td></tr><tr><td>メカニズムの検討、影響因子の評価</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> ※Zr、Ta 単体及び Zr/Ta 合金の試験も含む。	表-1 工程表								実施項目	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度	28 年度	デ ポ ジ ット 腐 食	試験装置の整備						腐食試験						影響因子評価のための 基礎データの取得試験						腐食進展メカニズム等の検討、影響因子 の評価						応 力 腐 食 割 れ	試験装置の整備						電位負荷定荷重引張試験	パラメータ：	応力	腐食電位	硝酸濃度	溶液温度	各種条件下でのプルトニウム溶液の電 気化学データの取得						メカニズムの検討、影響因子の評価						水 素 吸 収 脆 化 割 れ	試験装置の整備						定荷重引張試験		Zr	Ta	実機相当異材継ぎ手		発生条件評価のための 基礎データの取得試験		Zr	Ta	実機相当異材継ぎ手※		メカニズムの検討、影響因子の評価					
表-1 工程表																																																																																										
	実施項目	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度	28 年度																																																																																				
デ ポ ジ ット 腐 食	試験装置の整備																																																																																									
	腐食試験																																																																																									
	影響因子評価のための 基礎データの取得試験																																																																																									
	腐食進展メカニズム等の検討、影響因子 の評価																																																																																									
応 力 腐 食 割 れ	試験装置の整備																																																																																									
	電位負荷定荷重引張試験	パラメータ：	応力	腐食電位	硝酸濃度	溶液温度																																																																																				
	各種条件下でのプルトニウム溶液の電 気化学データの取得																																																																																									
	メカニズムの検討、影響因子の評価																																																																																									
水 素 吸 収 脆 化 割 れ	試験装置の整備																																																																																									
	定荷重引張試験		Zr	Ta	実機相当異材継ぎ手																																																																																					
	発生条件評価のための 基礎データの取得試験		Zr	Ta	実機相当異材継ぎ手※																																																																																					
	メカニズムの検討、影響因子の評価																																																																																									
7. H27 年度実施計画	・デポジット腐食については、次の項目について実施する。 a. 腐食進展評価式を構築するために非放射性の模擬金属イオンを用いた腐食試験により運転条件が腐食速度、反応速度定数、活性化エネルギーに及ぼす影響に関するデータを継続取得する。 b. ネプツニウムを用いた硝酸環境中での腐食試験により腐食速度及び活性化エネルギーに関するデータの取得を開始する。また、実機腐食環境評価のためのネプツニウムを用いた価数変化に関するデータを継続取得する。 ・応力腐食割れについては、次の項目について実施する。 a. プルトニウム溶液を用いて硝酸濃度をパラメータとした電気化学特性に及ぼす影響に関するデータを取得し、プルトニウム溶液の腐食電位を評価する。 b. 応力腐食割れ発生の影響因子である硝酸濃度をパラメータとして電位負荷定荷重引張試験を実施し、破断時間の硝酸濃度依存性を評価する。また、変色皮膜の生成に着目し、溶液条件、変色皮膜生成電位及び割れ発生の関係に関するデータを取得する。 ・水素吸収脆化割れについては、次の項目について実施する。 a. 実機相当の異材接合継手を対象に、水素を発生させた硝酸溶液中において定荷重引張試験を実施し、水素吸収脆化割れの発生を評価するためのデータを取得する。 b. 実機相当の異材接合継手を対象に金属中水素測定装置等を用いて発生条件検討のための基礎データ（金属中の水素拡散速度など）を取得する。また、Zr、Ta 単体及び Zr/Ta 合金を対象にガンマ線照射が水素吸収に与える影響を調査する。																																																																																									
8. 備考																																																																																										

(プロジェクト個票)

1. プロジェクト	(CO7) 使用済燃料等の貯蔵・輸送分野の規制高度化研究	担当	安全技術管理官(核燃料廃棄物担当) 付 安全技術管理官(システム安全担当) 付 安全技術管理官(地震・津波担当) 付
2. カテゴリー・研究分野	(4) 核燃料サイクル ○放射性物質の貯蔵・輸送		
3. 背景	(1) 中間貯蔵施設の規制基準のための技術的知見の整備 使用済燃料を貯蔵する容量が減少している現在、中間貯蔵施設のニーズが高くなっている。青森県むつ市に、金属キャスクを用いる我が国初の使用済燃料の乾式貯蔵施設の建設が進められているが、将来は経済的に優位とされるコンクリートキャスクを用いる乾式貯蔵施設も導入される可能性がある。また発電所敷地外に貯蔵施設を建設することから、使用済燃料の貯蔵施設までの輸送、特に高燃焼度燃料の輸送が行われる可能性がある。以上の状況に鑑み、我が国独特の中間貯蔵施設の立地条件を考慮した自然環境データを取得するとともに、乾式貯蔵期間中の使用済燃料等の健全性に関する知見を研究しておく必要がある。さらに、現在、貯蔵対象は健全燃料となっているが、国内状況を鑑み破損燃料等の乾式貯蔵についても知見を整備する必要がある。 使用済燃料の乾式貯蔵技術に関して、BWR では、日本原子力発電株式会社 東海第二発電所等において、金属キャスクを用いる乾式貯蔵の実績があり、貯蔵中の燃料等の健全性確認が事業者により実施されている。一方、PWR についても事業者により試験用金属キャスクを用いた乾式貯蔵試験が実施される計画である。これら試験状況を正確に把握し、将来提示されることが予想される貯蔵試験結果等を適切に評価出来る技術の整備が必要である。 さらには中間貯蔵期間の長期化が世界的な潮流であることから、諸外国の規制動向を調査し、把握しておく必要がある。 (2) 使用済燃料輸送・貯蔵に係る安全解析の妥当性評価 事業者が申請時に実施する安全解析について、その妥当性を評価する必要がある。我が国として継続的かつ安定的に評価を行うために国産コードを開発する必要がある。 (3) 中間貯蔵設備長期健全性等試験(平成 26 年度にて終了、データ採取を(1)の中で実施) 我が国では、貯蔵施設が塩害を受けうる沿岸部に立地される可能性があるが、コンクリートキャスクに用いるキャニスタは溶接構造のステンレス鋼製容器であることから、キャニスタの長期健全性を評価するため、キャニスタの溶接部における応力腐食割れ(キャニスタ SCC)に係る知見の取得が必要である。		
4. 目的	(1) 中間貯蔵施設の規制基準案作成のための技術的知見の整備に向けて、以下の研究を実施する。 ① 乾式貯蔵に係る諸外国の規制動向、最新データの調査・収集・評価 中間貯蔵に関連する最新データや実績のある米国 NRC 等の規制機関、IAEA、OECD/NEA 等の国際機関の規制動向調査、及び関連する学協会規格及びその他の研究動向調査 ② 規制基準案整備のための研究 特にコンクリートキャスク貯蔵に関しては溶接技術に着目した評価 ③ 高燃焼度燃料の健全性に関する研究(平成 26 年度にて終了。調査・評価を①と統合して実施)。 ④ PWR 使用済燃料先行貯蔵試験 ⑤ 中間貯蔵施設における自然環境影響評価 (2) 使用済燃料輸送・貯蔵に係る安全解析の妥当性評価に向けて、以下の研究を実施する。 ① 国産遮蔽解析コードの導入 ② 統合熱流動解析コード群(仮称)の開発 (3) 中間貯蔵設備長期健全性等を確認するため、以下の試験を実施する。(平成 26 年度にて終了、データ採取を(1)⑤の中で実施) ① キャニスタ応力腐食割れ(SCC)に係る影響因子に関する知見の取得 ② 諸外国におけるキャニスタ SCC に対する規制等の調査		
5. 知見の活用先	(1) 中間貯蔵施設の規制基準のための技術的知見の整備 諸外国の規制動向調査や規制基準案整備のための研究、高燃焼度燃料の健全性に関する研究等を横断的に整理してまとめることで、技術基準解釈案等の改訂に貢献する。 PWR 使用済燃料先行貯蔵試験で得られた知見を基に、使用済燃料の貯蔵後輸送に係る規則基準案等に反映させる。 (2) 使用済燃料輸送・貯蔵に係る安全解析の妥当性評価 事業者が申請時に実施する安全評価の妥当性確認に活用する。 (3) 中間貯蔵設備長期健全性等試験 コンクリートキャスクを用いた乾式使用済燃料貯蔵の規制基準案等の策定に貢献する。(平成 26 年度にて終了、技術要件の見直し完了)		

6. 安全研究概要
(始期:H17 年度)
(終期:H28 年度)

- (1) 中間貯蔵施設の規制基準のための技術的知見の整備
- ① 乾式貯蔵に係る諸外国の規制動向、最新データ等の調査・収集・評価
輸送貯蔵兼用金属キャスク及びコンクリートキャスクに代表される使用済燃料の乾式貯蔵システム全般について、中間貯蔵に関連する最新データや実績のある米国 NRC 等の規制機関、IAEA、OECD/NEA 等の国際機関の規制動向や、関連する学協会規格及び評価手法並びにその他の研究動向の調査を行う。また、貯蔵される燃料についても、高燃焼度燃料の長期貯蔵をはじめ、破損燃料等まで今後規制課題と想定されるものも調査等の対象とする。
 - ② 規制基準案整備のための調査
学協会規格の技術評価等の検証するための研究・技術評価を行う。特にコンクリートキャスク貯蔵で用いるキャニスタ蓋部溶接に関する溶接技術については試験実施も考慮して技術的妥当性評価を行う。
 - ③ 高燃焼度燃料の健全性に関する研究（平成 26 年度にて終了。調査・評価を①と統合して実施）。
貯蔵中の取扱時及び輸送時の落下事故等における燃料の健全性に関し、国内のホットラボにおける試験を実施し、事故時の燃料挙動を評価する。また、米国等における高燃焼度燃料の長期貯蔵に係る試験研究の動向調査等を行い、規制基準解釈案への反映について検討する。
 - ④ PWR 使用済燃料先行貯蔵試験
事業者が実施する試験用金属キャスクを用いた PWR 使用済燃料貯蔵試験の試験状況を正確に把握する。
- (2) 使用済燃料輸送・貯蔵に係る安全解析の妥当性評価
- ① 国産遮蔽解析コードの導入
遮蔽解析コードとして導入した粒子・重イオン輸送統合コードシステム（PHITS）に対して、核燃料輸送物遮蔽解析作業に有効な機能を拡張するためのコード改良作業を行う。
 - ② 統合熱流動解析コード群（仮称）の開発
安全解析の妥当性の評価解析作業にあたり、作業担当者の持つ技術、判断に依存する要因を排除するとともに、人為的な誤りの発生を抑制することが可能な連成解析コードを開発する。
- (3) 中間貯蔵設備長期健全性等試験（平成 26 年度にて終了、データ採取を（1）の中で実施）
- ① キャニスタ SCC に係る影響因子に関する知見の取得
沿岸部での施設の立地が想定される我が国において、コンクリートキャスクでの使用を想定したキャニスタの長期健全性を評価するため、キャニスタ SCC の発生・進展に係る知見を、試験等により取得する。
 - ② 諸外国におけるキャニスタ SCC に対する規制等の調査
既にコンクリートキャスクを用いた乾式使用済燃料貯蔵を実施している諸外国のキャニスタ SCC に係る規制動向、及び研究開発動向について調査し、規制の適切な執行に貢献するため技術的知見等を取得する。

工程表

	H17 年度	H18 年度	H19 年度	H20 年度	H21 年度	H22 年度	H23 年度	H24 年度	H25 年度	H26 年度	H27 年度	H28 年度
(1) 中間貯蔵施設の規制基準のための技術的知見の整備												
(2) 使用済燃料輸送・貯蔵に係る安全解析の妥当性評価												
(3) 中間貯蔵設備長期健全性等試験												

7. H27 年度実施
計画

- (1) 使用済燃料輸送・貯蔵に係る安全解析の妥当性評価
- ① 国産遮蔽解析コードの導入
 - モンテカルロ法に基づく計算コードによる遮蔽解析において高精度の評価結果を得るためには、効率よく深層透過を計算し、かつ統計誤差を抑制するための分散低減法の活用が必須となる一方で、分散低減法を用いた解析を行うには、専門的な知識と経験を有した作業員による適切な分散低減パラメータ設定及び計算状況の入念な確認が必要となる。それらの設定及び確認作業をサポートし、解析作業の効率化及び解析結果の信頼性を高めることを目的として、分散低減パラメータの設定目安値の参照機能、計算体系内での輸送粒子分布状況を確認する機能等を PHITS に搭載するコード改良作業を行う。

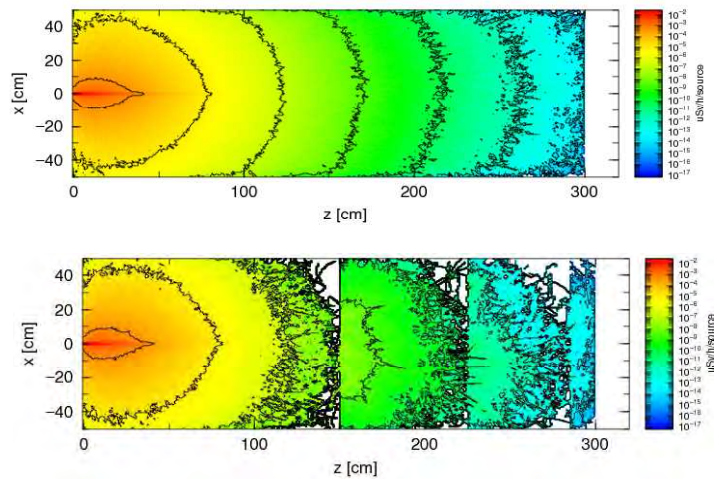


図 1 分散低減パラメータの適切設定による遮蔽解析例(上)及び不適切設定による遮蔽解析例(下)
出典：PHITS 講習会資料（厚さ 3m のコンクリートに 14MeV の中性子 2×10^4 個を入射させた例）

② 統合熱流動解析コード群（仮称）の開発

- 熱解析と流動解析を対象に、解析対象領域の自動格子分割機能の設計及び作成を行う。解析対象領域及び形状の定義には、上記の PHITS コードで用いられている GG（General Geometry）法を用いるものとし、今年度は基本的な表面定義である平面、円柱面の定義機能を実装する。格子分割方法には、形状の制約を受けない 3 次元マルチスケール・ボクセルを用い、分割の詳細度と初期格子位置を入力データとして与えるものとする。

表 1 二重円筒定義データ

```
[Cell]
00100 0 +10 -20 +30 -40
00110 -1 #100
[Surface]
10 cz 0.3
20 cz 0.5
30 pz -0.5
40 pz 0.5
```

表 2 ボクセル制御データ

```
#1 (0.12 0.12 0.12) 4 (0.0 0.0 0.0);
```

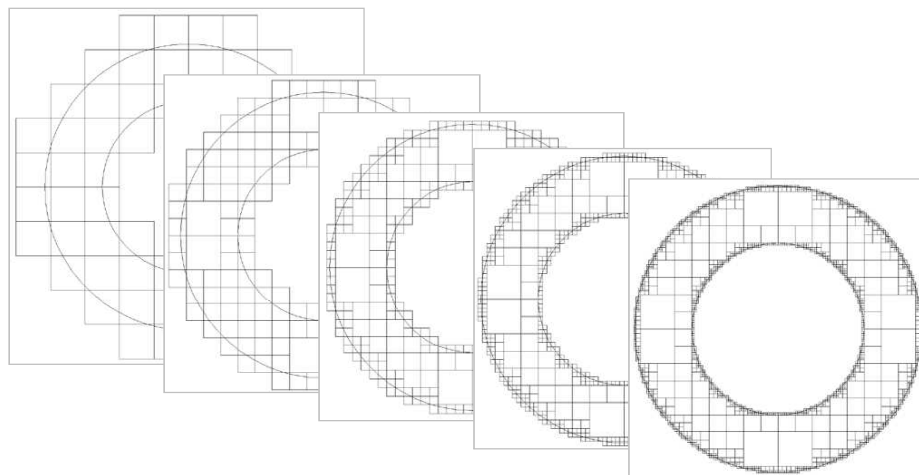


図 2 二重円筒の内側にボクセルを設定した例

解適合格子生成（計算結果に基づき、必要な部分にはより詳細な格子を生成し、不必要に詳細な格子は整理する）に向けた離散化手法を検討し、境界条件の反映方法の設計を行う。

(プロジェクト個票)

1. プロジェクト	(DO1) 震源断層評価技術の整備	担当	安全技術管理官(地震・津波担当)付
2. カテゴリー・研究分野	(3) 共通原因故障を引き起こす内部・外部事象 ○地震動・地盤評価		
3. 背景	(1) 活断層の活動性評価に関する規制の現状・課題 - 新規規制基準及び「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」(以下「審査ガイド」という。)では「将来活動する可能性のある断層等」が定義されている。また、「その認定に当たって、後期更新世の複数の地形面又は連続的な地層が欠如する等、後期更新世の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降(約 40 万年前以降)まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。」とされている。 - 上記のような活断層の活動時期を把握するために、実用的な年代評価手法の一つとして火山灰層序学的手法が広く活用されている。しかし、後期更新世の火山灰の年代評価には、放射性炭素年代測定法の適用範囲(約 4 万年前)を超えるものがあること、中期更新世の火山灰については年代評価手法の信頼性の向上に加え、火山灰層序を構築する必要があることなど、取り組むべき課題は多い。このため、約 40 万年前以降を含む中期・後期更新世火山灰の分析データ及び評価手順の整備は必要不可欠であり、当該年代に対応した火山灰同士の対比方法や結果の妥当性の評価手法を整備しておく必要がある。 - 断層の活動性評価に有効な堆積層が欠如している等の理由により、活動年代がほとんど不明な断層も多い。このような場合には断層破砕物質に着目して活動性を評価することがある。審査ガイドでは「断層破砕物質を用いた活動性評価に関しては、信頼性の高い活動年代の評価手法が確立されていない。断層破砕物質の性状から断層の活動性評価を評価する場合には、このことを十分に考慮する必要がある。」とされているため、このような断層の活動年代の評価手法を確立する必要がある。 - 審査ガイドでは「震源断層の連動が考慮される必要がある。」とされており、連動性の評価に関するデータを取得する必要がある。 (2) 地震ハザード評価に関する規制の現状・課題 「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」(以下「運用ガイド」という。)では、安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析、並びに総合的な評価について「原則として 5 年ごとに改訂することに加え、大規模な工事等により確率論的リスク評価又は安全裕度評価の結果が変わることが見込まれる場合においても改訂する。」こととされており、安全性向上評価の一つに「外部事象に係る確率論的リスク評価(PRA)」(以下「リスク評価」という。)が挙げられている。 - 運用ガイドに付されている参考資料ではリスク評価で用いられる地震ハザード評価に関し「震源モデル及び地震動伝播モデルにおけるハザードの寄与度が高い不確実さ要因に関しては、ロジックツリーを作成して考慮する。作成したロジックツリーにおける各分岐の設定及び重みの根拠を明確に記載する。」とされており、超過確率に影響を及ぼす不確実さ要因の選別及びロジックツリーの分岐の設定方法等の確立が必要である。 2011 年東北地方太平洋沖地震は、従来の地震に比べて余震の規模が大きく、発生数もはるかに多いことが明らかになっている。その知見を踏まえ、地震ハザード評価手法の確立の一環として、巨大地震に伴う余震が地震ハザード評価に与える影響について分析する必要がある。		
4. 目的	本プロジェクトでは、震源断層(活断層)評価及び基準地震動の超過確率の算定に係る審査マニュアル等の作成に有効な技術的知見を整備するため、火山灰層序学的手法及び断層破砕物質を用いた年代評価手法、活断層のセグメント区分の手法及び連動性評価手法を整備する。また、地震動の超過確率に影響を及ぼす震源断層(活断層)の不確実さの評価方法を確立し、更に巨大地震に伴う余震等を含めたハザードと本震のみのハザードの比較評価に係るデータを取得する。		
5. 知見の活用先	本プロジェクトで得られた成果等は、「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」の震源断層(活断層)評価に活用する。		
6. 安全研究概要 (始期:H25 年度) (終期:H28 年度)	本プロジェクトの実施に当たっては、新規規制基準等を踏まえた上記の現状・課題の分析を通して研究課題を抽出し、震源断層(活断層)の調査・評価に関するフローに対応させている(下図)。このフローは、文部科学省・地震調査研究推進本部(以下「地震本部」という。)により公表された「活断層の長期評価手法(暫定版)」報告書で示されている課題も踏まえて作成しており、従来の手順のほか、地表に明瞭な痕跡を残さない活断層の評価手順も含めている。本プロジェクトにおける具体的な実施項目を以下に示す。 ①変動地形学、地質学、地球物理学に基づいた震源断層(活断層)の評価手法の高度化 (a) 火山灰層序学の年代評価手法の整備 約 40 万年前以降(酸素同位体ステージ 11 以降)を含む活断層の年代評価手法の整備の一環として、火山灰層序学の年代評価手法を高度化する。そのために、深海底堆積物を分析し、堆積物試料全体の微化石年代及び地球軌道要素年代と堆積物試料から検出した火山灰との層位関係から、火山灰の噴出年代を高精度で決定する。さらに、検出した火山灰の化学組成データとこれらの火山灰の給源付近において採取した野外試料の化学組成の分析結果との比較を行う。 (b) 断層破砕物質等を用いた年代評価手法の整備 年代特定に必要な地層が欠如している断層の活動年代を評価するため、断層破砕物質等を用いた年代評価手法を確立する。その手法の一つとして、断層破砕物質の色彩に着目した評価手法を整備する。本プロジェクトでは、未変質岩石の色彩変化実験を行い「時間-色彩値関係式」を導く。そして、現地調査で取得した断層破砕物質の色彩・鉱物化学組成のデータと比較することにより、断層の活動性(最新活動時期あるいは活動周期)を推定する。また、その他の手法による推定結果との比較及び検証するとともに、断層の活動性を示す他の指標の有効性についても検討する。(平成 26 年度終了。その他の手法による断層破砕物質等を用いた年代評価は、DO4「原子力施設における地質構造等に係る調査・研究」の中で継続実施) (c) 活断層のセグメント区分と連動性の評価手法の整備 活断層のセグメント区分に関するデータ収集及び連動性に関する評価手法を整備する。まず、歴史地震等から連動性が把握又は推定されている複数の活断層帯を評価対象として変動地形学的データ、地質学的データ及び地下深部の地球物理学的データを		

収集し、セグメント区分に有用な調査方法及び調査データの信頼性について整理する。そして、これらのデータに基づいたセグメント区分を複数の活断層帯について実施するとともに、歴史地震等から得られている実際の運動性に関する知見と比較し、セグメント区分結果の妥当性を確認する。これら一連の作業を通し、活断層の運動性に関する総合的な評価手法を整備する。

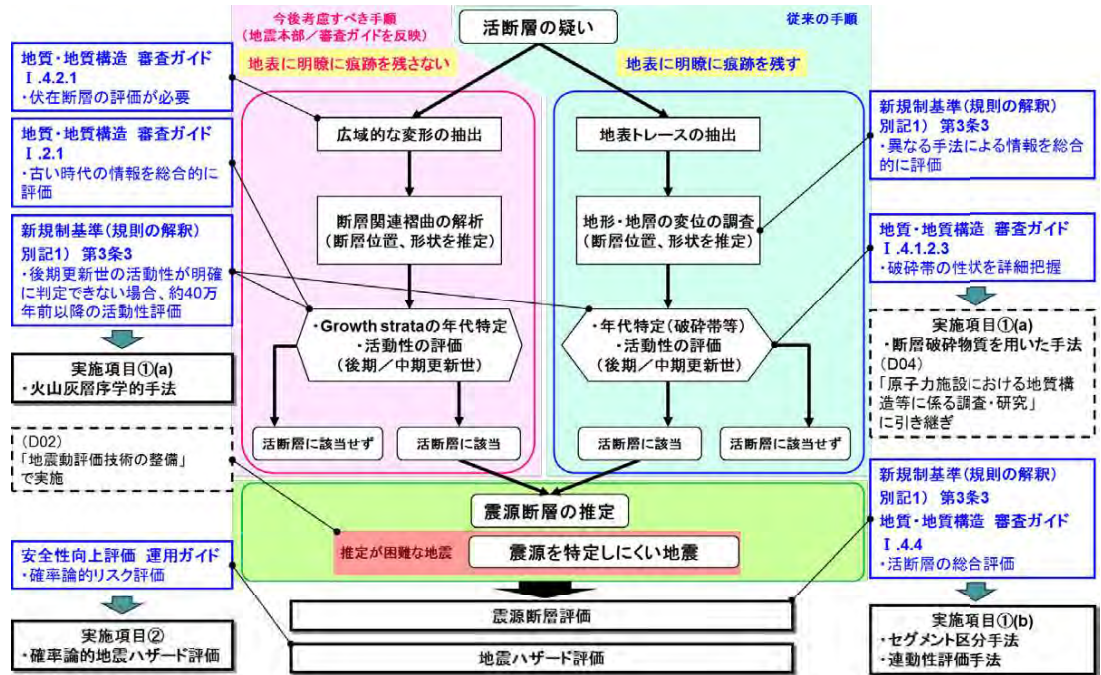
②地震ハザード評価手法の整備（震源断層の評価に関わる範囲）

(a) 震源断層モデルの不確かさ要因の整理・評価に関する検討

地震ハザード評価手法の高精度化を図るため、地震動の超過確率の評価結果に与える震源断層の不確かさ要因を整理し、評価結果への寄与度を踏まえ、ロジックツリーにおける分岐項目等を設定する。そして、評価対象とする震源断層に関する具体的な調査データを用いて、ロジックツリーにおける分岐等を設定し、震源断層の不確かさを踏まえた地震ハザード評価手法を整備する。その際、データの量及び質が地震ハザード評価結果に及ぼす影響も評価する。

(b) 本震・余震型地震の地震ハザード評価手法への適用性の検討

本震・余震型地震のデータを収集し、余震の規模等の検討を行い、必要に応じて地震ハザード評価に反映する。（平成 26 年度終了）



新規制基準等を踏まえた震源断層（活断層）の調査・評価に関するフローと本研究の実施項目との対応

工程表

実施項目番号	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
項目①-(a)	・火山灰の化学組成データの蓄積	・火山灰の化学組成データの蓄積	・火山灰の化学組成データの蓄積及び火山灰の対比に有効な指標の選定	・火山灰の噴出年代の決定及び対比手順・手法の取り纏め
項目①-(b)	・断層破砕物質の色彩・鉱物化学組成データの蓄積	・断層破砕物質の色彩・鉱物化学組成データの蓄積及び各種手法の適用性の検討	・その他の手法による断層破砕物質等を用いた年代評価として、DO4「原子力施設における地質構造等に係る調査・研究」の中で継続実施	
項目①-(c)	・セグメント区分及び運動性評価に関する手法の適用性の検討	・変動地形学的データに基づいたセグメント区分の実施及び信頼性の検討	・地質学的データ、地下深部の地球物理学的データに基づいたセグメント区分の実施及び妥当性の確認	・震源断層の運動性評価手法を取り纏める
項目②-(a)	・課題の整理及び評価方針の提案	・不確かさ要因の整理、ロジックツリーにおける分岐項目等の設定	・震源断層モデル（運動性等）の不確かさについて、調査結果及び専門家の意見を反映したロジックツリー等に基づき、確率論的地震ハザード評価を実施	・震源断層（活断層）の運動性等の不確かさを踏まえた地震ハザード評価手順・手法を取り纏める
項目②-(b)	・評価サイトへの余震の影響の度合いの調査	・本震・余震型地震のデータの収集と地震ハザード評価手法への適用性の検討		

7. H27 年度実施計画	①変動地形学、地質学、地球物理学に基づいた震源断層（活断層）の評価手法の高度化 【項目①-(a)】火山灰層序学的年代評価手法の整備 深海底堆積物試料を対象に、火山灰の粒子構成及び主成分化学組成を分析し、火山灰対比を行うことによって火山灰噴出年代を決定するためのデータを取得する。深海底堆積物の微化石年代及び地球軌道要素年代と、検出した火山灰との層位関係を整理する。また、陸上の火山灰給源付近等の地層中に含まれる火山灰の化学組成分析を行う。平成 27 年度は、平成 25 年度の成果（酸素同位体ステージ 5e 以降に対応する最近 12～13 万年間）、平成 26 年度の成果（酸素同位体ステージ 7e 以降に対応する最近 24～25 万年間）を踏まえ、酸素同位体ステージ 9c 以降に対応する最近 32～33 万年間の火山灰層序の構築及び火山灰対比の検討を重点的に行う。 【項目①-(c)】活断層のセグメント区分と連動性の評価手法の整備 複数の活断層において変動地形学的データ（河谷の屈曲、地形面の変位等）及び地質学的・地球物理学的データ（断層の地下形状、断層同士の関係等）を収集し、セグメント区分への適用性を検討する。また、区分されたセグメントモデルに基づき、数値シミュレーションによる試解析を行い、連動の条件（応力場の設定条件とセグメント分岐形態等の関係）を整理する。 ②地震ハザード評価手法の整備（震源断層の評価に関わる範囲） 【項目②-(a)】震源断層モデルの不確かさ要因の整理・評価に関する検討 震源断層モデル（連動性等）の不確かさが地震動の超過確率に与える影響を把握するため、複数のセグメントで構成される断層帯を対象に、調査結果（断層近傍における地表～地下深部の情報）及び専門家の意見を反映したロジックツリー等に基づき、確率論的地震ハザード評価を実施する。
8. 備考	

(プロジェクト個票)

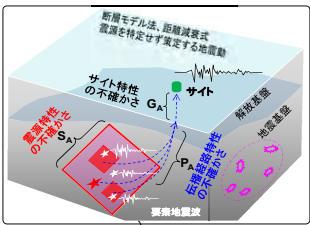
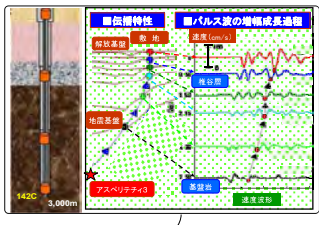
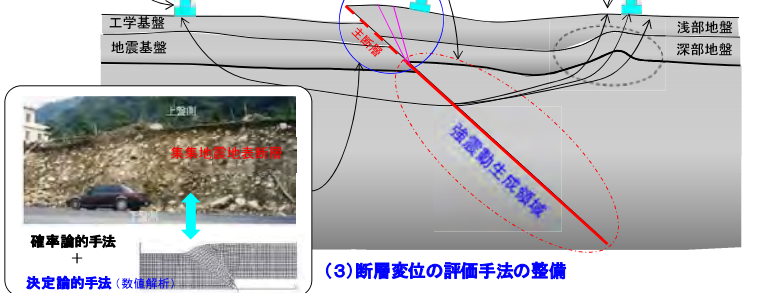
1. プロジェクト	(D02) 地震動評価技術の整備	担当	安全技術管理官（地震・津波担当）付
2. カテゴリー・研究分野	(3) 共通原因故障を引き起こす内部・外部事象 ○地震動・地盤評価		
3. 背景	平成 25 年 7 月に施行された新規制基準では、断層モデルを用いた地震動評価に対して、震源特性パラメータの不確かさ、地表に変位を伴う断層、三次元地下構造等による影響を適切に評価することが求められている。このため、以下に示す評価手法を確立する必要がある。 (1) 地震動評価における不確かさの評価手法 震源特性や地震動伝播特性等の不確かさの評価手法を確立する必要がある。 (2) サイト特性の評価手法 地震動評価のための三次元地下構造の調査手法及びモデル化手法を確立する必要がある。 (3) 断層変位の評価手法 活断層による断層変位の評価手法を確立する必要がある。 (4) 震源を特定せず策定する地震動の評価手法 観測地震動（地表観測記録）から解放基盤面上の地震動算定のための標準的な手法を確立する必要がある。		
4. 目的	本プロジェクトでは、基準地震動の策定や断層変位の評価結果等の妥当性を確認することを目的に、地震動評価における不確かさの評価手法、サイト特性の評価手法、断層変位の評価手法及び震源を特定せず策定する地震動の評価手法の整備を行う。		
5. 知見の活用先	本プロジェクトで得られた成果等は、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の基準地震動の策定及び超過確率の参照や、「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」の確率論的地震ハザード評価に活用する。		
6. 安全研究概要 (始期:H24 年度) (終期:H28 年度)	本プロジェクトは、基準地震動策定のための地震動評価における課題を踏まえ、断層モデルを用いた地震動評価手法（以下「断層モデル法」という。）と応答スペクトルに基づく地震動評価手法（距離減衰式）を高度化するほか、震源極近傍地震動、三次元地下構造を考慮したサイト特性、断層変位及び震源を特定せず策定する地震動のそれぞれの評価手法の整備及び高度化に係る研究を行うものである。平成 26 年度以降の研究テーマと概要は図 1 のとおりである。 (1) 地震動評価における不確かさの評価手法の整備（平成 28 年度終了） a) 震源特性及び伝播経路特性、並びに震源極近傍地震動の不確かさの評価手法を整備し、地震動解析コードを高度化する。 b) 地震基盤上の距離減衰式及び増幅評価式を開発し、観測データや断層モデル法による解析結果と比較して地震動評価における不確かさを評価する。 (2) サイト特性の評価手法の整備（平成 28 年度終了） a) 短周期地震動評価における地下構造調査手法及び地下構造モデル化手法の適用限界を検討する。 b) 三次元地下構造モデルの検証方法を確立する。 c) 地震動の空間変動や地震基盤波の推定結果の不確かさを検討する。 (3) 断層変位の評価手法の整備（平成 28 年度終了） a) 有限要素法や個別要素法等の数値解析による決定論的手法を整理し、断層変位評価への適用方法を検討する。 b) 被害地震を対象とした地表変位分布データを基に、変位ハザード評価に必要な断層変位の距離減衰式を開発する。 c) 断層変位の数値解析結果を用いて確率論的手法を高度化し、地震及び断層変位の総合的な評価手法を整備する。 (4) 震源を特定せず策定する地震動の評価手法の整備（平成 25 年度終了） a) 震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的評価手法を整備する（平成 24 年度終了）。 b) 観測地震動から解放基盤面上の地震動の評価手法を整備する（H25 年度終了）。 (1) 地震動評価における不確かさの評価手法の整備  (2) サイト特性の評価手法の整備   (3) 断層変位の評価手法の整備		

図 1 平成 26 年度以降の研究テーマと概要

	工程表					
	実施項目番号	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
	項目(1)	断層モデル法の高度化、距離減衰式検証、地震動ばらつき要因分析	断層モデル法の高度化、震源極近傍地震動評価手法の整備	地震規模計算式の検討、地震動解析、微視的パラメータ設定手法整理	断層長さ等の巨視的・微視的パラメータ設定手法の高度化、地震動評価手法の工学的検証、動力学的シミュレーション、震源極近傍での地震動評価手法の高度化	断層長さ設定手法整備、震源過程・地震動解析、微視的パラメータの経験式の見直し、とりまとめ
	項目(2)	軟岩サイト深部地震動観測、「三次元深部地下構造モデル作成手引き案」の策定	硬岩サイト深部地震動観測、三次元地下構造モデルの作成手引きの完成	深部地震動等の分析、三次元地下構造モデルの高精度化、三次元地震波動伝播解析及び簡便手法の検討	三次元地震波動伝播シミュレーション、三次元地下構造モデルの検証、三次元地震波動伝播のシミュレーション簡便手法の高度化	サイト特性の地震動評価への影響の定量評価、理論手法の適用限界の確認、とりまとめ
	項目(3)	断層変位の評価手法の調査と整理	断層変位データ収集・整理、断層変位距離減衰式の開発、数値解析手法の予備検討	断層データ分析、ハザード試解析、(逆断層)断層変位数値解析	国内内陸地震を対象とした断層変位数値解析、断層変位距離減衰式の高度化	断層変位の評価手法の整備、とりまとめ
	項目(4)	震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的評価手法の整備	観測地震動から解放基盤面上の地震動評価手法の整備			
7. H27 年度実施計画	【項目(1)-a) b)】地震動評価における不確かさの評価手法の整備 ①特性化震源モデルの巨視的パラメータの不確かさ評価手法の高度化 断層長さデータが活断層調査等によって既知の地震を対象に、変動地形学、地質学や地球物理学等の複数分野の断層の関連情報を収集及び分析し、地球物理学的なデータ等に基づいた断層長さや幅の設定手法について検討する。 ②特性化震源モデルの微視的パラメータの不確かさ評価手法の高度化 1995 年兵庫県南部地震以降で発生した国内内陸地殻内地震を対象に、平成 26 年度に引き続き、検討事例を蓄積する。具体的に、地震動記録のある検討地震（平成 26 年度の検討地震を除く。）を複数選定し、観測強震動を用いた震源逆解析を実施する。さらに、それらの解析結果に基づき、断層面上のすべり量や最大すべり速度分布等を分析して特性化震源モデルを構築し、経験的グリーン関数による短周期地震動の再現解析を行い、特性化震源モデル設定手法の高度化を検討する。 ③断層モデルを用いた地震動評価手法の工学的検証 国内内陸地殻内地震を対象に、特性化震源モデルによる地震動シミュレーションを行った結果を観測強震動データや経験式（距離減衰式）と比較し、工学的に重要な周期帯に着目して断層モデル法による地震動の不確かさ評価の妥当性を検証する。 ④動力学シミュレーションによる震源特性化手法の高度化 地震時の断層面上の応力変化に関する既往研究をまとめるとともに、震源モデルの解析結果に基づき、応力降下量等の動力学パラメータを推定し、断層面上の地震時応力変化の特徴を抽出する。なお、内陸地殻内大地震を対象とし、動力学シミュレーションを実施して破壊面積と地震モーメント等のスケーリング則を検証する。また、2011 年東北地方太平洋沖地震を対象に、マルチサイクル・シミュレーションを実施し、海溝型巨大地震の動力学震源特性を解明するとともに、巨大地震の震源域や破壊パターンの不確かさの評価手法を検討する。 ⑤震源極近傍での地震動評価手法の高度化 表層の震源域及びアスペリティにおける応力状態や摩擦構成則の設定を検討し、動的震源モデルを高度化する。得られた動的震源モデルに基づいて地震動を計算し、地震発生層以浅の震源域による震源極近傍地震動の寄与度を評価することにより、浅部及び深部地盤の断層破壊を起因とした地震動評価における不確かさの評価手法を検討する。 【項目(2)-a) b) c)】サイト特性の評価手法の整備 ①地下構造モデルパラメータの地震動評価への定量的影響評価 平成 26 年度までに作成した高精度三次元地下構造モデルを用いて、複数の中小地震を用いた三次元地震波動伝播シミュレーションによる地震動評価を実施し、地下構造の三次元不整形性が推定地震動の卓越周期や地震動継続時間に及ぼす影響を検討及び評価する。また、地震動の空間変動や地震基盤波の推定結果の不確かさを検討する。 ②短周期地震動評価における地下構造調査手法及び地下構造モデル化手法の適用限界の検討 ①により得られた三次元地震波動伝播シミュレーション結果から三次元地下構造モデルの精度検証を行い、短周期地震動評価における地下構造調査手法及び地下構造モデル化手法、数値解析手法（理論的手法）の適用限界を確認する。併せて、およそ 0.1～10Hz の広帯域における簡便かつ実用的な三次元地震波動伝播シミュレーション手法の検討を継続し、高精度三次元地下構造モデルを用いた適用性検討から手法の高度化を図る。 ③地震データベースの作成 深部地震動観測システムプロジェクトにより取得された地震動観測データを整理及び分析するとともに、地震データベースを整備する。同データベースを活用して、地震動の空間変動や地震基盤波の推定結果の不確かさ等を検討する。 【項目(3)-a) b)】断層変位の評価手法の整備 ①決定論的断層変位評価手法の整備 地表に明瞭な変位が現れた国内外の内陸地殻内地震を対象に、断層近傍の地表変位、断層周辺における地殻変動及び地震動記録					

	に関するデータを収集し、動力学的破壊に係る数値解析を行う。この結果を基に、断層変位及び断層極近傍強震動を再現できる特性化震源モデルを検討する。さらに、深部地盤から地表までの断層破壊伝播に関する数値解析を実施し、表層地盤や地表の断層変位を定量的に評価する決定論的手法を検討する。 ②確率論的断層変位評価手法の整備 平成 26 年度に収集した国内の断層変位データに加え、平成 27 年度は海外の断層変位データを収集する。さらに、原子力施設の立地条件を考慮して、堆積層が薄い地域又は岩盤地域における地表地震断層の変位データを精査・分析し、断層変位距離減衰式の高度化を行う。高度化した断層変位距離減衰式を用い、確率論的断層変位評価への影響を検討する。
8. 備考	

(プロジェクト個票)

1. プロジェクト	(D03) 津波ハザード関連評価技術の整備	担当	安全技術管理官(地震・津波担当)付
2. カテゴリー・研究分野	(3) 共通原因故障を引き起こす内部・外部事象 ○津波評価		
3. 背景	平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による津波（以下「東北地震津波」という。）は、東京電力株式会社福島第一原子力発電所に襲来し、重大な事故を引き起こした。この事故は、同発電所の設計津波水位が低すぎたこと、設計津波水位を超える津波の発生に備えていなかったことに加えて、設計津波水位を超える津波のリスクが存在することを明示する結果となった。この事故を踏まえた政府報告書 *1 でも、「設計用津波を上回る津波に対して施設の重要な安全機能を維持できるよう対策を講じることや、確率論的安全評価手法（PSA）を活用したリスク管理を実施すること」等が教訓として示された。 平成 24 年 9 月に発足した原子力規制委員会は、東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故を教訓とし、新たな規制基準及び審査ガイドを作成及び施行し、現在、新規規制基準に基づく既設原子力発電所の適合性審査を行っている。 新規規制基準では、新たに「基準津波」に関する規定を明記している。これに対応する「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」では、津波波源の設定に当たって、「国内のみならず世界で起きた大規模な津波事例を踏まえ、津波の発生機構やテクニクスの背景の類似性を考慮していること」や、「地震や津波の発生域と規模は、過去の事例によるだけではそれをを超えるものが発生する可能性を否定したことにはならないこと」等に留意するよう記されている。 また、新規規制基準では、事業者に対する「安全性の向上のための評価の実施」を規定し、これに関連する「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」では、「発電用原子炉施設における安全に関する最新の知見を踏まえて当該施設の安全性向上評価を原則、5 年ごとに実施する」よう記されている。 津波リスク評価の観点からは、設計基準を上回る津波の発生を前提とする必要があり、そのためには、基準津波を超える津波の策定方法や防潮堤等の津波防護施設を越流した後の津波挙動の影響把握等、新たに考慮すべき課題を解決する必要がある。さらに、これらの課題に取り組む中で得られる新たな知見を活用して上記の安全性向上評価の妥当性確認を行い、原子力安全のための取組及び原子力安全規制を継続的に改善していく必要がある。 *1 「原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本国政府の報告書-東京電力福島原子力発電所の事故について」（原子力対策本部）		
4. 目的	本プロジェクトでは、今後、定期的に実施される安全性向上評価の妥当性確認に活用するため、更には原子力安全のための取組及び原子力安全規制の継続的改善のため、津波リスク評価に係る確率論的津波ハザード評価とこれに係る断層破壊特性の影響評価、津波防護施設越流後の屋外構造物・設備等への津波の作用波力評価、津波堆積物情報を活用した津波波源推定及び地すべり起因の津波評価等に関する手法・解析コード、並びに津波痕跡データベース及び津波堆積物データベースの整備、を目的とする。		
5. 知見の活用先	本プロジェクトで得られた成果等は、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」の基準津波の策定及び超過確率の参照や、「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」の確率論的津波ハザード評価に活用する。		
6. 安全研究概要 (始期:H25 年度) (終期:H28 年度)	①確率論的津波ハザード評価手法の高度化 原子力施設の津波に対するリスクを定量的に評価するために、津波確率論的リスク評価（PRA）手法整備の一環として、東北地震津波の知見を踏まえて確率論的津波ハザード評価手法を高度化し、手引きとしてまとめる（平成 26 年度終了）。 ②確率論的津波ハザード解析における断層破壊特性の影響評価手法の整備 平成 25 年度までに実施した項目①の研究成果を踏まえると、確率論的津波ハザード評価における津波想定では広大な波源領域の想定が必要であることがわかった。その場合、津波水位に及ぼす断層破壊特性（破壊開始点、破壊伝播速度等）の影響が予想されるため、断層破壊特性に係る不確かさを整理し、津波水位に及ぼす影響を把握して確率論的津波ハザード評価手法に反映する必要がある。そこで、関連分野の既往研究を参考に、断層破壊特性のモデル化や確率論的津波ハザード評価への反映方法を構築する。 ③構造物への作用波力評価手法の高度化 屋外構造物・設備等の津波遡上に対する安全対策の有効性を確認するために、防潮堤背後の屋外構造物・設備等に作用する津波波力の評価手法を高度化するとともに、水理試験結果を用いて解析が有するばらつきを把握する。（図 1） ④津波堆積物による波源推定手法の整備 津波堆積物は、過去の津波（古津波）によって海底の土砂等が移動・堆積してできたものであり、津波波源の規模等の情報が得られる証拠の一つであると考えられている。このような津波堆積物生成過程を把握するために、陸上の土砂移動・堆積を対象とした水理実験及び土砂移動解析コードの開発を行う。また、古津波に関する現地調査を行い、同解析コードの検証を行う。これらのデータ及び解析コードを用いて津波堆積物による波源推定手法を整備する。 ⑤津波痕跡データベース及び津波堆積物データベースの整備 津波解析手法等の検証に用いるために、文献調査に基づく既往津波の痕跡データについて個々に信頼度を付与した津波痕跡データベース（DB）を整備してきた。この津波痕跡 DB の拡充を図るため、歴史津波の痕跡データに係る現地調査及び近年の津波の痕跡データ収集を行い、信頼度評価を行う。また、既往津波（近地）の波源モデルに関する文献調査を行い、DB に登録する。 さらに、津波堆積物に係る有用情報を一元管理するため、津波堆積物データに関する文献調査及び信頼性評価を行い、津波堆積物 DB 及び DB システムを整備する。 ⑥地すべり起因の津波評価手法の整備 地震による断層運動のほかに、海底及び海岸付近の陸上の地すべりも津波の発生要因の一つである。地すべり起因の津波では、地すべりの継続時間や崩壊土量によって沿岸部に到達する津波の波形や津波高が変化する。この影響を定量的に、系統立てて把握するために、既往研究を基にして整備した地すべり起因の津波解析コードを用いて影響因子を変化させた感度解析を行い、影		

響因子と津波高等の関係を整備する。また、海底における将来の地すべり発生の可能性に着目し、確率論的手法に基づく海底地すべり発生危険度判定方法を整備し、ケーススタディとしてモデル海域における海底地すべりマップを作成する。さらに、海底の土質試験によるせん断強さのばらつき評価や海底における斜面安定に係る遠心力模型実験を行い、同危険度判定手法の精度向上を図る。

工程表

実施項目番号	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
項目①	ハザード試解析と手引きまとめ	成果の公表と検討課題の抽出		
項目②			断層破壊特性の分析及び津波ハザード試解析	断層破壊特性の不確かさ影響のとりまとめ
項目③	波力の試解析	波力試験の検証解析及び解析コードの改良	三次元津波解析モデルが有するばらつき評価	研究報告書等の取りまとめ
項目④	現地調査及び水理試験装置の製作	水理試験及び土砂移動解析コードの改良・検証	波源推定手法の構築	波源推定手法の適用性の検討
項目⑤-1	津波痕跡 DB の高度化（波源モデル、検潮所）	歴史津波の痕跡 DB の拡充及び津波痕跡 DB システムの機能改良	歴史津波の痕跡 DB の拡充（日本海沿岸）	歴史津波の痕跡 DB の拡充（太平洋沿岸）
項目⑤-2	津波堆積物データの収集	津波堆積物 DB システムの整備	津波堆積物データの信頼度評価及び DB 拡充	研究報告書等のとりまとめ
項目⑥		海底地すべり起因の津波解析コードの整備と地すべり影響因子による感度解析	海底地すべり発生危険度判定方法の整備と、土質試験等の計画立案	モデル海域の海底地すべりマップ作成と、土質試験等の実施

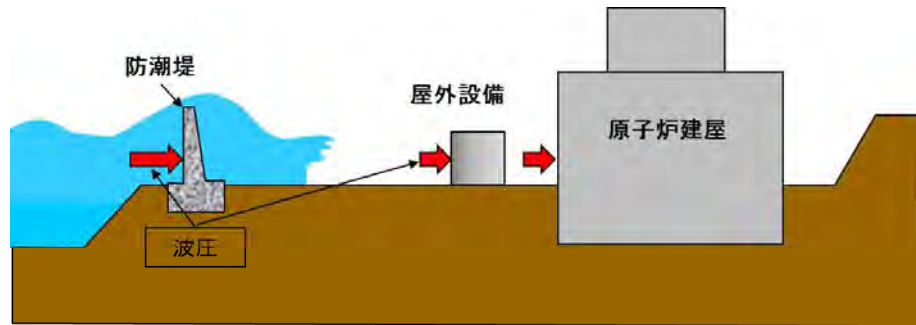


図1 防潮堤等の屋外構造物に作用する波力（実施項目③）

各研究項目について、平成 26 年度までの成果を踏まえて以下の研究を実施する。

【項目②】確率論的津波ハザード評価における断層破壊特性の影響評価手法の整備

- 1) 津波水位評価のための断層破壊特性をモデル化するため、既往津波における断層の動的破壊を考慮した波源推定結果（津波インバージョン波源モデル）を用いて破壊伝播速度等の分析を行い、その特徴を整理する。
- 2) 上記のデータを基に断層破壊特性をモデル化した津波波源を想定し、モデルサイトを対象とした津波伝播解析を行い、最大水位及び確率論的津波ハザード評価結果に及ぼす影響を確認する。

【項目③】構造物への作用波力評価手法の高度化

- 1) 構造物の津波 fragility 解析の基礎情報を得るために、（a）防潮堤越流を想定した防潮堤背後の屋外構造物に対する作用波力の水理実験データ、（b）津波波力の作用により鉄筋コンクリート製構造物の滑動及び転倒被害が発生したことが知られている市街地をモデル化した公知の水理模型実験データを用いて、三次元津波解析モデルが有するばらつき評価を行う。具体的には、構造物周辺の流れ場（流速及び遡上水深）と、構造物への作用波力を評価パラメータとして、実験値と計算値の比などに関連して整理し、ばらつきの特性を明らかにする。
- 2) 三次元津波解析モデルの流速及び波力の推定精度について、実スケールで検証し同モデルの適用性を確認するため、東北地震津波の再現解析を実施し、上記 1) のばらつき評価結果を踏まえた実スケールでの再現解析結果の確からしさを確認し、三次元津波解析モデルの活用にあたっての留意点を取りまとめる。

7. H27年度実施計画

	【項目④】津波堆積物による波源推定手法の整備 1) 平成 26 年度までに整備した津波による遡上域での土砂移動解析コードの精度を検証するため、陸上土砂移動に関する水理実験を実施する。津波の流速、津波波形（周期及び波高）、土砂粒径、地形（斜面勾配及び湾の形状）等の実験条件を変更し、土砂移動に関するデータを得る。実験結果を踏まえて土砂移動解析コードを検証し、必要に応じて同解析コードを改良する。 2) 津波堆積物の分布情報を用いて既往津波の波源に係る情報を拡充するために、上記の遡上域での土砂移動解析コードを活用した波源推定手法を構築する。加えて、津波堆積物分布に係る情報量の違いが波源推定の精度に及ぼす影響を把握する。 3) 平成 28 年度実施予定の波源推定手法の適用例作成のため、平成 26 年度までにサンプリングした試料の分析を行い、年代の絞り込みや、土砂粒径、起因等の津波堆積物に関する情報を取得する。 【項目⑤-1】津波痕跡 DB の整備 1) 平成 26 年度までに津波痕跡 DB の整備の一環として、学術論文等の文献調査に基づく DB 整備と並行して歴史津波の痕跡データを拡充するために、古文書等の歴史史料の分析調査を行い、これまで知られていなかった痕跡データの存在を確認した。歴史津波の中にはその発生は知られるものの、被害規模を示す情報が歴史史料の中に埋もれ、被害の全容が明らかになっていないものが存在する。平成 27 年度は、平成 26 年度に引き続き日本海沿岸を対象に、新たな痕跡データを得るために古文書等の歴史史料調査及び現地測量調査を実施する。 【項目⑤-2】津波堆積物 DB の整備 1) 津波堆積物を認定するための評価項目（45 項目）を平成 26 年度までに調査・収集された津波堆積物に係る情報（論文約 200 編）に適用して評価項目の妥当性確認及び高度化を図るとともに、情報の信頼性評価を確定する。また、津波堆積物に係る新たな情報を収集し、信頼性評価結果と合わせて津波堆積物 DB に登録する。 2) 津波堆積物の形成年代（津波の発生年代値）評価の信頼性を高めるため、掘削した堆積物より連続的に採取した試料を用いた年代分析結果から評価に有効な試料や堆積環境、調査・分析の精度、手法の適用年代等について整理及び検討し、年代評価手法の高度化を図る。 3) 津波の遡上範囲や頻度等を把握するには歴史記録と地質記録との情報を効率的に用いることが有効であるため、津波痕跡 DB との機能統合を図る。また、津波堆積物 DB の公開に向け（平成 28 年度を予定）、Web-GIS を基盤とした津波堆積物 DB システムのセキュリティ対策等を改良する。 【項目⑥】地すべり起因の津波評価手法の整備 1) 海底地すべり起因津波のハザード評価手法を整備するため、地震時の斜面安定性解析において物性値（土質のせん断強さ等）のばらつきを考慮した確率論的手法による海底地すべり発生危険度判定手法を整備し、外力（加速度等）と地すべり発生確率の関係を整理する。 2) 確率論的手法を用いた海底地すべり発生危険度判定手法の精度向上のため、海底における土質のせん断強さのばらつき等を取得するための三軸圧縮試験計画を立案する。また、地震時の海底における斜面安定性解析モデルの精度を検証するための遠心力模型実験計画を立案する。
8. 備考	

1. プロジェクト	(D04) 原子力施設における地質構造等に係る調査・研究	担当	安全技術管理官(地震・津波担当)付
2. カテゴリー・研究分野	(3) 共通原因故障を引き起こす内部・外部事象 ○地震動・地盤評価		
3. 背景	断層の活動年代は通常、断層の上部に堆積した地層の年代に基づき特定あるいは推定する(以下「上載地層法」という。)(図1)。しかし、地域によってはそのような地層が欠如している等の理由により、上載地層法の適用が難しい場合がある。今後、断層破砕帯を対象にした年代評価等、上載地層法によらない新しい手法により断層の評価を行うことが予測される。また、「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」では、評価の内容の一つに「外部事象に係る確率論的リスク評価(PRA)」を挙げているが、このような活動性の判断が難しい断層も評価対象となることが予測される。 断層の活動年代の評価は、地形、地質・地質構造、応力場等の総合的検討を踏まえて行われる。そのため、上記のような断層の活動性評価手法に関する課題は、地質構造等の把握も踏まえた上で解決する必要がある。そして、定期的な安全性向上評価の枠組みの中で新たに得られる知見が活用されることにより、原子力安全のための取組及び原子力安全規制を継続的に改善していく必要がある。本プロジェクトでは、以下の課題を解決し、原子力安全規制に貢献するものである。 (1) 地質構造評価に関する規制の課題 - 活断層の活動性評価は、敷地からの距離及び敷地に与える影響に応じて各種手法を組合せた調査結果に基づいて行われている。敷地近傍における調査は詳細に行われるが、表層付近の地層の変位及び変形に基づいた評価が主体となっており、深部地質構造の評価が不十分な場合がある。 - 断層の地下深部の地質構造評価に当たっては、物理探査による構造のイメージングのほか、それを解釈するための地質層序や地層の年代、関連する他のデータ(地下の速度構造、重力異常データ等)との総合評価が必要である。類似の調査の多くは文部科学省の「ひすみ集中帯プロジェクト」など、学術的な目的で実施されているものが多い。 (2) 活断層の活動性評価に関する規制の課題 - 新規基準では、「将来活動する可能性のある断層等」の定義が明文化されるとともに、「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」において「その認定に当たって、後期更新世の複数の地形面又は連続的な地層が欠如する等、後期更新世の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降(約40万年前以降)まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。」とされている。 - 基準地震動の超過確率の算出において、断層の活動年代の根拠が結果に対し大きな影響を与える。上載地層が欠如しているなど、活動年代がほとんど不明な場合には、ロジックツリーの分岐の重みづけを与える何らかの根拠が必要である。		
	図1 断層の活動年代の評価		
4. 目的	本プロジェクトでは、原子力安全のための取組及び原子力安全規制の継続的改善のため、上載地層法の適用が困難な場合における活断層の活動性評価手法に関する技術的知見を整備することを目的とする。		
5. 知見の活用先	本プロジェクトで得られた成果は、「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」のうち、断層破砕物質を用いた活動性評価に係る記載を更新し、上載地層法の適用が困難な場合における活断層の活動性評価に活用する。		

本プロジェクトでは、上載地層法の適用が困難な場合における活断層の活動性評価手法の整備を目的として、以下の研究を実施する。

① 地球物理学的調査や深部ボーリング調査等に基づく地質構造の把握

反射法地震探査、重力探査等の地球物理学的調査や深部ボーリング調査を実施し、既存の浅部地質構造調査の結果を踏まえて、活断層も含めた深部の地質構造を三次元的に把握する。また、これらの調査結果に基づいて地質構造の形成過程の解釈を行う。

さらに、活動時期が既知の断層を対象として深部ボーリング調査及びトレンチ調査を行い、断層破砕物質を採取する。

② 断層破砕物質を用いた断層の活動性評価手法の整備（図2）

・ 定量的評価手法の整備

定量的な年代測定手法として、①で採取した断層破砕物質を用い、ESR 信号検出（断層活動時に降に蓄積した原子レベルの傷の量を信号として検出すること）等により、断層が活動してから経過時間を推定する手法を整備する。このためには、a) 断層活動による摩擦熱により年代がリセットされる断層破砕物質の適切な深度を把握すること、及び b) 採取した断層破砕物質の試料から最新の活動面を把握することが重要となる。

a) に関しては、摩擦熱を支配する要因には深度に依存する応力のほか、断層の性状あるいは岩石の種類等が挙げられることから、断層の活動から発生する摩擦熱を再現できる室内力学試験による検討を行い、摩擦熱と応力状態等との関係を検討し、摩擦熱により年代がリセットされる適切な試料採取深度を求めるためのプロセスを構築する。

b) に関しては、①の深部ボーリング調査によって得られた断層破砕物質を更に微小間隔のサンプルに分けて年代測定を実施し、年代がリセットする条件との比較及び検証を行うとともに、断層の活動履歴を評価する。これにより、断層破砕物質を用いた年代評価プロセスを構築する。

・ 定性的評価手法の整備

①のトレンチ調査等により得られた断層破砕物質から、断層面に記録されている過去の活動による傷（条線等）に関するデータを取得し、過去の応力場と現在の応力場を比較することにより、断層の活動性を評価する手法を高度化する。また、断層破砕物質と鉱物脈との切断関係等、ほかの定性的評価手法についても調査し、評価にあたっての留意点を整理する。

これら①、②で実施する複数の手法から得られた結果を比較及び検証し、上載地層法の適用が困難な場合における断層の活動性に関する総合的な評価手順を提示する（図3）。

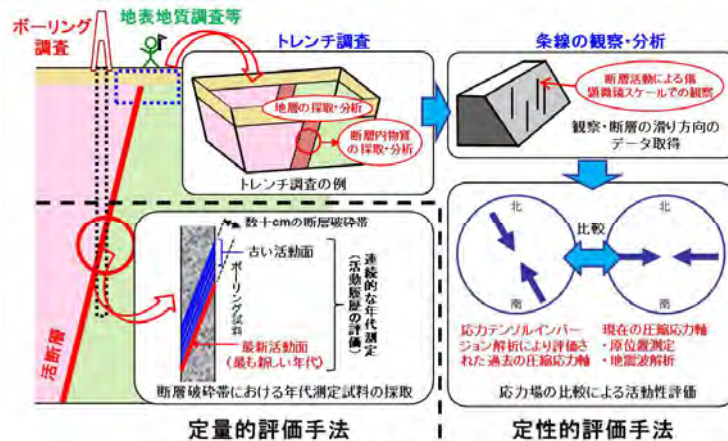


図2 断層破砕物質を用いた断層の活動性評価に係る調査及び分析の概要

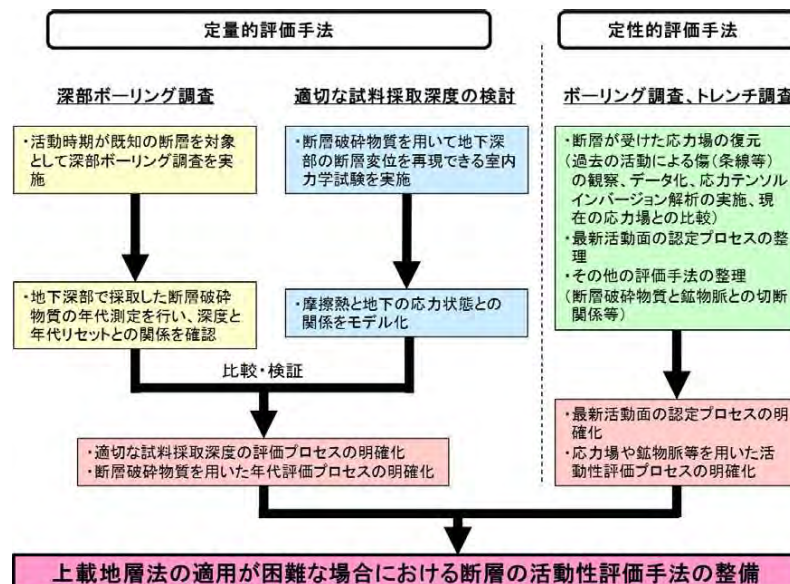


図3 上載地層法の適用が困難な場合における断層の活動性評価の流れ

6. 安全研究概要
(始期:H25 年度)
(終期:H29 年度)

	工程表 <table><tr><th>実施項目番号</th><th>平成 25 年度</th><th>平成 26 年度</th><th>平成 27 年度</th><th>平成 28 年度</th><th>平成 29 年度</th></tr><tr><td rowspan="4">項目①</td><td> ・下北地域における物理探査の実施 ・既存試料を用いた断層の三次元構造分析 ・予備ボーリング調査の実施 </td><td> ・下北地域における深部ボーリング調査の実施と取得したデータの分析 </td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td> ・若狭地域における物理探査の実施と取得したデータの分析 </td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td> ・野島断層における深部ボーリング調査等の実施と取得したデータの分析 </td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td> ・取得したデータの総合解析 </td><td> ・地質構造調査及び総合解析結果のとりまとめ </td></tr><tr><td rowspan="3">項目②</td><td> ・文献調査による断層等活動性評価手法の収集・整理 </td><td></td><td> ・野島断層地域で取得した試料について、応力に関するデータ取得と応力解析の実施 </td><td> ・取得した断層試料について、応力に関するデータ取得と応力解析の実施 </td><td> ・応力解析結果のとりまとめと解析手法の高度化 </td></tr><tr><td></td><td></td><td> ・野島断層地域で取得した試料について、年代分析、室内化学分析等を実施 </td><td> ・取得した断層試料について、年代分析、室内化学分析等を実施 </td><td> ・年代分析、室内化学分析等のとりまとめと年代評価手法の高度化 </td></tr><tr><td></td><td></td><td> ・室内力学試験機の改良 </td><td> ・室内力学試験の実施 </td><td> ・室内力学試験のとりまとめと、年代リセット条件の検討 </td></tr></table>	実施項目番号	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	項目①	・下北地域における物理探査の実施 ・既存試料を用いた断層の三次元構造分析 ・予備ボーリング調査の実施	・下北地域における深部ボーリング調査の実施と取得したデータの分析					・若狭地域における物理探査の実施と取得したデータの分析						・野島断層における深部ボーリング調査等の実施と取得したデータの分析						・取得したデータの総合解析	・地質構造調査及び総合解析結果のとりまとめ	項目②	・文献調査による断層等活動性評価手法の収集・整理		・野島断層地域で取得した試料について、応力に関するデータ取得と応力解析の実施	・取得した断層試料について、応力に関するデータ取得と応力解析の実施	・応力解析結果のとりまとめと解析手法の高度化			・野島断層地域で取得した試料について、年代分析、室内化学分析等を実施	・取得した断層試料について、年代分析、室内化学分析等を実施	・年代分析、室内化学分析等のとりまとめと年代評価手法の高度化			・室内力学試験機の改良	・室内力学試験の実施	・室内力学試験のとりまとめと、年代リセット条件の検討
実施項目番号	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度																																							
項目①	・下北地域における物理探査の実施 ・既存試料を用いた断層の三次元構造分析 ・予備ボーリング調査の実施	・下北地域における深部ボーリング調査の実施と取得したデータの分析																																										
		・若狭地域における物理探査の実施と取得したデータの分析																																										
			・野島断層における深部ボーリング調査等の実施と取得したデータの分析																																									
				・取得したデータの総合解析	・地質構造調査及び総合解析結果のとりまとめ																																							
項目②	・文献調査による断層等活動性評価手法の収集・整理		・野島断層地域で取得した試料について、応力に関するデータ取得と応力解析の実施	・取得した断層試料について、応力に関するデータ取得と応力解析の実施	・応力解析結果のとりまとめと解析手法の高度化																																							
			・野島断層地域で取得した試料について、年代分析、室内化学分析等を実施	・取得した断層試料について、年代分析、室内化学分析等を実施	・年代分析、室内化学分析等のとりまとめと年代評価手法の高度化																																							
			・室内力学試験機の改良	・室内力学試験の実施	・室内力学試験のとりまとめと、年代リセット条件の検討																																							
7. H27年度実施計画	平成 27 年度は、野島断層において以下の研究項目について実施する。 【項目①】野島断層における深部ボーリング調査に基づく地質構造の把握 野島断層を対象とした深部ボーリング調査及びトレンチ調査を行い、断層破碎物質を採取する。深部ボーリング調査は断層破碎帯を横断する深度約 1,000～2,000m程度の掘削とし、以下の分析、試験を実施する。 ✓ 深部ボーリング調査及びトレンチ調査により採取した試料の詳細な観察等により、地質層序区分を明確にし、既往の物理探査やボーリング調査結果等により推定された地質構造と対応させることで、地下の詳細な地質構造を把握する。 ✓ 掘削した深部ボーリング孔を利用して、物理検層や孔内試験を行い、地盤物性を詳細に調査する。 【項目②】断層破碎物質を用いた断層の活動性評価手法の整備 総合的な評価手順構築の一環として、以下の分析や試験装置の改良、応力場の解析等を実施する。 ✓ トレンチ調査等で採取した断層破碎物質を用いて、年代分析、室内化学分析等を実施する。 ✓ 年代リセット条件を解明するための室内力学試験機の改良を実施する。 ✓ トレンチ調査等により得られた試料から、断層面に記録されている過去の活動による傷（条線等）に関するデータを取得し、それらのデータを用いた応力場解析を実施する。																																											
8. 備考																																												

(プロジェクト個票)

1. プロジェクト	(D05) 外部事象に係る構造健全性関連研究	担当	安全技術管理官(地震・津波担当) 付
2. カテゴリー・研究分野	(3) 共通原因故障を引き起こす内部・外部事象 ○地震・津波等に対する構造健全性評価		
3. 背景	平成 25 年 7 月、新規基準や関連する審査ガイドが施行された。また、平成 25 年 11 月改正の核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律では、「発電用原子炉施設の安全性の向上のための評価」を事業者に求め、「原子力規制委員会で定める時期ごとに、当該発電用原子炉施設の安全性について、自ら評価をしなければならない。」としている。さらに、平成 25 年 11 月策定の「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」(以下「運用ガイド」という。)では、安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析、並びに総合的な評定について「原則として5年ごとに改訂することに加え、大規模な工事等により確率論的リスク評価又は安全裕度評価の結果が変わることが見込まれる場合においても改訂する。」こととされており、新規基準を適用したプラントの安全性向上評価を実施することを求めている。評価方法の一つに「外部事象に係る確率論的リスク評価(PRA)」(以下「リスク評価」という。)が挙げられている。 このため、事業者が自主的に講じた措置の妥当性を規制側として確認するための技術的知見の整備に加え、地震・津波に関するリスク評価の観点から、施設・設備のフラジリティに係る以下の評価手法の高度化が必要である。 (1) 耐津波設計・フラジリティ評価手法の整備 (2) 地震等の外部事象に関するフラジリティ評価手法の整備		
4. 目的	本プロジェクトでは、今後、定期的実施される安全性向上評価の妥当性確認等に活用するため、更には原子力安全のための取組及び原子力安全規制の継続的改善するため、以下の評価手法を整備する。 (1) 耐津波設計・フラジリティ評価手法の整備 a. 防潮堤の津波に対するフラジリティ評価 防潮堤について、地震による影響を含めた津波に対するフラジリティ評価手法を整備する。 b. 水密扉の津波に対するフラジリティ評価 水密扉について、地震による影響を含めた津波に対するフラジリティ評価手法を整備する。 c. 構築物、設備の津波に対するフラジリティ評価 遡上津波の波力に対する安全上重要な屋外の構築物、設備のフラジリティ評価手法を整備するとともに、建屋浸水解析による屋内水位評価に基づく重要設備のフラジリティ評価手法及び解析コードを整備する。 (2) 地震等の外部事象に関するフラジリティ評価手法の整備 a. 地震時の斜面崩壊に係るフラジリティ評価 材料物性のばらつき等の不確かさを考慮した斜面の安定性評価手法や、設計を超える地震力を受けた場合の非線形性を考慮した斜面のフラジリティ評価手法及びこれらの解析コードを整備する。 b. 地震による設備のフラジリティ評価 亀裂・減肉等の経年事象の有無による設備のフラジリティ評価の比較検討を行い、経年事象を考慮したフラジリティ評価手法及びこれらの解析コードを整備する。 c. 建造物の衝撃に係るフラジリティ評価 建造物の衝撃に対するフラジリティ評価に係る技術的知見を整備する。 d. 竜巻荷重による施設フラジリティへの影響評価 竜巻荷重の設定条件等による施設フラジリティへの影響について技術的知見を整備する。		
5. 知見の活用先	本プロジェクトで得られた成果は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」の津波や地震に対する設備等の構造健全性評価や、「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」のフラジリティ評価等に活用する。		
安全研究概要 (始期:H24 年度) (終期:H28 年度)	(1) 耐津波設計・フラジリティ評価手法の整備 耐津波設計・フラジリティ評価手法の整備の概要を図-1 に示す。本プロジェクトでは、平成 28 年度までに津波対策上重要な防潮堤、水密扉及び屋内外設備を対象に、耐津波設計及びフラジリティ評価手法を整備する。 a. 防潮堤の津波に対するフラジリティ評価 - 平成 27 年度までに防潮堤に作用する津波波力特性、地震と重畳した場合の津波波力特性等の防潮堤のフラジリティ評価に必要な試験データを取得し、シミュレーション解析を行う。 - 平成 28 年度までに防潮堤の津波に対するフラジリティ評価手法を整備する。 b. 水密扉の津波に対するフラジリティ評価 - 平成 26 年度までに地震による影響を含め、片開き水密扉の浸水防止機能(漏水量)に係る試験データを取得する。 - 平成 28 年度までに水密扉等(片開き及び両開き)の浸水防止機能(漏水量)に係る評価手法を整備する。 c. 構築物、設備の津波に対するフラジリティ評価 - 平成 28 年度までに安全上重要な屋外の構築物及び設備の地震による影響を含めたフラジリティ評価手法を整備するとともに、建屋内浸水解析に基づく屋内重要設備の地震による影響を含めたフラジリティ評価手法を整備する。 (2) 地震等の外部事象に関するフラジリティ評価手法の整備 地震等の外部事象に関するフラジリティ評価手法の整備の概要を図-2 に示す。本プロジェクトでは、地震等の外部事象に対する原子力発電所の種々の施設・設備のフラジリティ評価手法を整備する。 a. 地震時の斜面崩壊に係るフラジリティ評価 - 平成 27 年度までに土塊衝突に係る試験及び解析とともに施設への影響評価手法を整備する。 - 平成 28 年度までに施設・設備のフラジリティ評価を行う上で、起因事象の一つとなる斜面崩壊に係る評価手法を整備する。 b. 地震による設備のフラジリティ評価		

- ・平成 27 年度までに外部事象及び一般的荷重条件を考慮した亀裂進展評価手法を整備し、経年事象の有無による設備のフラジリティ評価の比較検討を行う。
- ・平成 28 年度までに外部事象を考慮した亀裂・減肉等の有無によるフラジリティ評価の比較検討に基づいて、経年事象に係るフラジリティ評価解析手法を整備する。
- c. 構造物の衝撃に係るフラジリティ評価
 - ・平成 27 年度までに衝撃に係る諸条件等のデータを取得する。
 - ・平成 28 年度までに構造物の衝撃挙動に係る既往の評価手法の適用性を確認し、技術的知見を整備する。
- d. 竜巻荷重による施設フラジリティへの影響評価
 - ・平成 27 年度までに、突風関連指数等を用いた竜巻強度、竜巻渦のモデル化や気圧場の非定常性、飛来物のモデル化と飛散初期条件及び想定される被害と発生シナリオ等の条件設定と施設への影響について技術的知見を整備しまとめる。
 - ・平成 28 年度までに、不確定要素を含むデータによる最大風速評価、種々の竜巻モデルの分析と比較や飛来物の飛翔形態及び全世界の竜巻被害事と複合的災害等について技術的知見をまとめる。

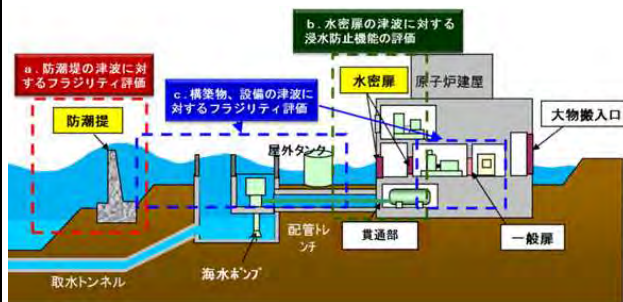


図-1 耐津波設計・フラジリティ評価手法の整備の概要

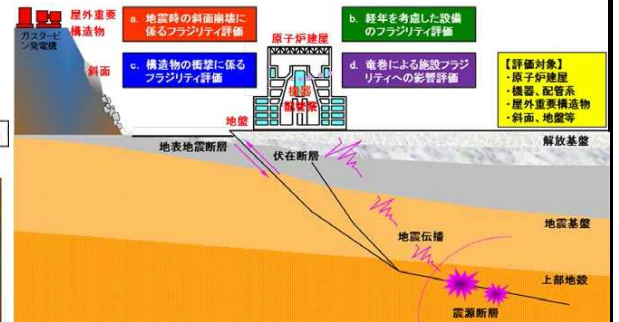


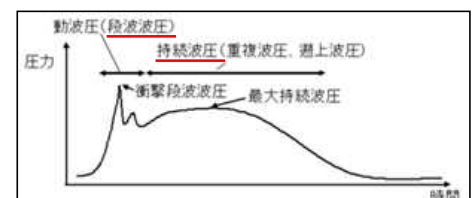
図-2 地震等の外部事象に関するフラジリティ評価手法の整備の概要

工程表

実施項目	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
(1)-a. 防潮堤の津波に対するフラジリティ評価	防潮堤の津波波力のばらつきに関する基礎試験	防潮堤の津波波力に対するフラジリティに係る試験	津波波力に対するフラジリティ試験及びデータ整理 模型試験の検証解析	津波波力に対するフラジリティ試験及びデータ整理、模型試験の検証解析	津波波力に対するフラジリティ評価手法の整備
(1)-b. 水密扉の津波に対するフラジリティ評価		水密扉の浸水防止機能に係る試験体製作	水密扉（片開き）の浸水防止機能に係る試験及びデータ取得	水密扉（両開き）の試験体製作 水密扉周辺壁の検証解析	水密扉（両開き）の試験及びデータ取得 水密扉のフラジリティ評価手法の整備
(1)-c. 構造物、設備の津波に対するフラジリティ評価				構造物、設備のフラジリティ評価に係る解析	構造物、設備のフラジリティ評価手法の整備
(2)-a. 地震時の斜面崩壊に係るフラジリティ評価	斜面安定性に係る振動台試験	斜面安定性に係る試験及び解析	土砂や岩塊の転動に係る試験	土塊衝突に係る試験及び解析、影響評価手法の整備	斜面崩壊に係るフラジリティ評価手法の整備
(2)-b. 地震による設備のフラジリティ評価				経年を考慮した設備のフラジリティ評価手法に係る検討	経年を考慮した設備のフラジリティ評価手法の整備
(2)-c. 構造物の衝撃に係るフラジリティ評価			衝撃挙動に係る研究の立案	衝撃に係るデータ取得	構造物の衝撃挙動に係る技術的知見の整備
(2)-d. 竜巻荷重による施設フラジリティへの影響評価				竜巻荷重の設定要件の抽出と分析評価	竜巻荷重の設定要件の分析評価と全体まとめ

7. H27 年度実施計画

- 【項目(1)】耐津波設計・フラジリティ評価手法の整備
- (1) - a. 防潮堤の津波に対するフラジリティ評価
防潮堤を対象とした水理試験を実施し、防潮堤に作用する段波波圧、持続波圧及びばらつきに関する試験データを取得し整理する。さらに、防潮堤を対象とした解析を実施する。
- ・防潮堤水理試験
 - 1) 作用波の砕波位置の違いによる堤体に作用する波圧（段波波圧及び持続



	波圧)特性を評価する(ばらつきの傾向評価を含む。)。作用波の碎波位置を変化させるためのパラメータとして水路底面勾配/波高を考慮し、碎波位置と作用波圧の関係をフルード数と水深係数を用いて整理する。 2) 作用波の波形の違いによる堤体に作用する波圧(段波波圧及び持続波圧)特性を評価する。作用波として主に正弦波、孤立波を対象に、波形の違いと作用波圧の関係をフルード数と水深係数を用いて整理する。 3) 堤体前方に障害物が存在する場合に堤体に作用する波圧(段波波圧及び持続波圧)特性を評価する。障害物としては砂丘や森林を想定し、これらの障害物による作用波圧への影響をフルード数と水深係数を用いて整理する。また、これらの障害物が漂流物となり、堤体に衝突した場合に堤体に作用する荷重特性等に関する知見をまとめる。 ・解析による評価 防潮堤水理試験1)～3)に関するシミュレーション解析を行い、防潮堤水理試験結果との比較を踏まえたモデル化手法及び解析手法を検討する。 (1)-b. 水密扉の津波に対するフラジリティ評価 水密扉の地震影響を含めた損傷モードや浸水防止機能(漏水量)の評価を目的に、両開き水密扉の試験体を製作する。また、水密扉周辺の鉄筋コンクリート壁の解析を行う。 1) 水密扉試験 両開き水密扉及び扉枠を対象として、扉枠に対して地震影響を模擬した強制変位を付加するとともに、津波波力を模擬した水圧を作用させ、漏水量、部材の変位等を計測することを目的とした試験体を製作する。 2) 水密扉周辺壁解析 平成 26 年度に実施した水密扉試験(周辺鉄筋コンクリート壁含む。)の結果に基づき、水密扉周辺の鉄筋コンクリート壁のひび割れに関する解析的検証を行い、変位量・水圧と浸水防止機能(漏水量)の関係を整理及び分析する。 (1)-c. 構築物、設備の津波に対するフラジリティ評価 水理試験に基づく水密扉の漏水量を考慮した建屋内重要設備の地震による影響を含めたフラジリティ評価手法の検討を行う。また、別途実施している「構築物への作用波力評価手法の高度化」(D03)に基づき、屋外に設置された重要構築物及び設備の地震による影響を含めたフラジリティ評価手法の検討を行う。 【項目(2)】地震等の外部事象に関するフラジリティ評価手法の整備 (2)-a. 地震時の斜面崩壊に係るフラジリティ評価 原子炉建屋周辺斜面の斜面崩壊に係るフラジリティ評価手法整備のため、試験及び解析を実施する。 ・岩塊衝突試験 1) 岩塊の転動による衝突力を把握するため、反力壁に設置した荷重計に対し岩塊等を模擬した重錘を衝突させ、衝突荷重を計測する。試料は実際の岩塊、多面体の岩塊、球形の岩塊等とし、材料特性の違いが試験結果に与える影響について整理する。 2) 上記1)の試験において、重錘の落下高さや衝突時の速度を計測し、衝突に関する理論式との比較を行う。取得した衝突荷重と速度のデータに対して、試験結果のばらつきを含めデータを整理する。 ・斜面崩壊後の施設への影響評価手法の整備 1) 斜面崩壊による土塊の挙動について崩壊土塊の到達位置の確率分布を求めるための評価手法を整備するとともに、大変形解析や質点系解析等の解析コードの検証を行う。評価手法や解析コードの適用性については、過去に実施した斜面模型の岩塊転動試験データを用いて検討する。 2) 斜面崩壊により発生する土塊が施設・設備に衝突することを想定して、その速度を評価する手法を整備する。評価手法の適用性については、上記の岩塊衝突試験のデータを用いて検討する。 3) 無対策斜面、抑止杭を施した斜面及びアンカーを施した斜面を対象として、地震応答解析により対策を施した場合の知見をまとめる。 (2)-b. 地震による設備のフラジリティ評価 配管のニッケル基合金異材溶接部や容器管台等の複雑形状部位に存在する亀裂と減肉配管を対象に、亀裂のモデル化手法、地震荷重及び一般荷重用時の構造健全性・耐震性の評価手法の整備、並びにフラジリティ評価手法を検討する。 これらの手法を基に解析コードを改良し、評価事例を整備する。 1) 応力腐食割れに伴う亀裂を有する配管を対象とした、亀裂のモデル化手法及び地震時亀裂進展評価手法を整備し、フラジリティ評価手法を検討するとともに、経年事象の有無による設備のフラジリティ評価の比較検討を行って適用性の評価及び解析コードの改良を行う。 2) 減肉配管の地震時の応答荷重の評価手法を整備し、フラジリティ評価手法を検討するとともに、解析コードを改良する。 3) 複雑形状部位に存在する亀裂の進展解析コード CRACK-FEM を改良するとともに、溶接残留応力の解析機能を改良する。 (2)-c. 構造物の衝撃に係るフラジリティ評価 構造物の衝撃に係るフラジリティ評価手法に関する技術的知見を整備するため、衝撃に係る諸条件等のデータを取得する。 (2)-d. 竜巻荷重による施設フラジリティへの影響評価 ・竜巻最大風速の設定方法 特定した地域に将来発生し得る竜巻について、気象分野で現在用いている突風関連指数等を適用する事により、最大風速を設定し得るか否かを研究及び調査し、突風関連指数等を用いた竜巻強度の推定手法等についてまとめる。 ・竜巻評価モデルの高度化 竜巻評価モデルについては、米国等において用いられているランキン渦の数学モデルが一般的であるが、そのほかに提案されている竜巻評価モデルの差異を分析し、安全性の評価を合理的に行える竜巻評価モデルの知見をまとめる。 ・飛来物に関する検討 飛来物の挙動は、竜巻の気流場等の影響だけでなく、飛来物の形状、重量、施設の設置場所等の検討すべき前提条件が多い。設計の安全性を確認する場合には、対象とする飛来物の形状特性による影響をどのように考えるか等について、知見をまとめる。 ・被害のシナリオと影響評価 竜巻発生時においては、平常時と異なる状況に構造物等がさらされ、発生する災害状況をあらかじめ予測し尽くすことは困難である。災害発生シナリオの構築や潜在的なリスクの評価等を実施し、竜巻に対する施設設計の有効性等を把握する。
8. 備考	

(プロジェクト個票)

1. プロジェクト名	(D06) 地震・津波等に係るリスク評価関連手法等の整備	担当	安全技術管理官（シビアアクシデント担当）付 安全技術管理官（地震・津波担当）付
2. カテゴリー・研究分野	(3) 共通要因故障を引き起こす内部・外部事象 ○共通要因故障を引き起こす内部・外部事象のリスク評価		
3. 背景	東日本大震災等の知見等を踏まえ、平成 25 年 7 月、新規基準及び関連するガイド等が施行され、地震・津波評価が厳格に規定されるとともに、新たに重大事故等対処設備についても規制対象となった。また、発電用原子炉施設の安全性向上のための評価の一環として、確率論的リスク評価または安全裕度評価に係る届出が規定され、原子力規制委員会は発電用原子炉設置者が行った評価及びその技術的根拠の妥当性を確認することとしている。さらに、「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」では、PRA 手法の成熟状況に応じて、地震及び津波の重畳事象（マルチハザード）並びに地震及び津波以外の外部事象、使用済燃料貯蔵設備で発生する事象、多数基で同時に発生する事象（マルチユニット及びマルチサイト）等についても評価範囲を段階的に拡張していくとしている。 これらを踏まえた評価手法等の高度化や整備が必要である。 (1) 地震・津波に係る PRA 手法の高度化 (2) 地震・津波以外の外部事象 PRA 手法の整備 (3) 地震・津波等外部事象に係る原子力リスクのコミュニケーション手法の高度化 (4) 外部事象に係る原子力防災関連評価技術の整備		
4. 目的	本プロジェクトにより、事業者が実施した安全性向上評価及びその技術的根拠の妥当性を確認するために、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の知見を反映した地震・津波等に係る PRA 手法を整備、高度化する。さらに、外部事象に関する原子力リスクのコミュニケーションに係る手法の整備を行うとともに、外部事象に対する災害対応システム（TiPEEZ：Protection of NPPs against Tsunamis and Post Earthquake considerations in the External Zone）を整備し、同システムに係る適用手引きを作成する。 (1) 地震・津波に係る PRA 手法の高度化 重大事故等対処設備を含む最新の地震・津波 PRA モデルと解析コードの整備を実施する。また、設備の同時損傷の影響評価手法、設備の経年影響事象の影響評価手法、マルチハザード評価手法及びマルチユニット評価手法を考慮した PRA 手法を高度化する。 (2) 地震・津波以外の外部事象 PRA 手法の整備 竜巻等の外部事象に対するリスク評価の必要性の調査及びリスク評価手法を整備する。 (3) 原子力リスクのコミュニケーション手法の高度化 地震・津波等外部事象に係る原子力リスクのコミュニケーション手法を整備する。 (4) 外部事象に係る原子力防災関連評価技術の整備 原子力災害対策指針の策定を受けた原子力立地自治体における地震・津波等外部事象を考慮した原子力防災計画策定スケジュールを考慮し、地震・津波等外部事象に対する原子力災害対応システムの適用に関する手引きを整備する。		
5. 知見の活用先	本プロジェクトで得られた成果等を各種審査マニュアルに反映することにより、今後の安全性向上評価の妥当性確認の中で活用する。		
6. 安全研究概要 (始期：H24年度) (終期：H28年度 予定)	(1) 地震・津波に係る PRA 手法の高度化 ① シングルハザード、シングルユニットにおけるレベル 1 から 3 の地震・津波 PRA に関する重大事故等対処設備の構造対策（フィルターベントシステム等）を考慮した整備 - 平成 27 年度までに、PWR 蒸気発生器伝熱管破損事故（SGTR）の事故シナリオを考慮した解析モデルの高度化及び重大事故等対処設備の人的過誤率の検討等を行う。 - 平成 27 年度までに、水理試験や建屋浸水解析に基づく津波 PRA 手法の高度化を行う。 (水理試験や建屋浸水解析に基づく津波フラジリティ手法の検討については、平成 27 年度は D05「外部事象に係る構造健全性関連研究」に移行) - 平成 28 年度までに、亀裂・減肉等の経年事象を考慮した亀裂・減肉等の進展解析を実施しフラジリティ評価手法の整備を行う。 (平成 27 年度から D05「外部事象に係る構造健全性関連研究」に移行) - 平成 28 年度までに複数機器の損傷の相関を考慮した地震 PRA 手法とツールを整備し、有効性を確認する。 - 平成 28 年度までに、重大事故等対処設備を考慮したレベル 1 地震・津波 PRA 事故シーケンス解析に係るデータ及びツールを整備する。 - 平成 28 年度までに、重大事故等対処設備を考慮した熱水力学解析及びソースターム解析に基づき事故シナリオ及び成功基準の設定を行い、重大事故等対処設備の有効性確認が可能となるよう PRA モデルを整備する。 - 平成 28 年度までに、レベル 3 地震・津波 PRA 手法を高度化する。 ② シングルユニットにおける使用済燃料貯蔵設備に対する地震・津波 PRA 手法の整備 - 平成 28 年度までに、使用済燃料貯蔵設備に対する重大事故等対処設備を考慮した地震・津波 PRA 手法及びツールを整備する。 ③ マルチユニットのレベル 1～3 地震 PRA 手法の整備 - 平成 28 年度までに、マルチユニットに係わる PRA について影響の把握と手法の検討及びツールを開発し、必要に応じて、		

有用知見について審査マニュアルへ反映する。

(2) 地震・津波以外の外部事象 PRA 手法の整備

- 平成 28 年度までに、竜巻等の外部事象 PRA 手法を検討する。

(3) 地震・津波等外部事象に係る原子カリスクのコミュニケーション手法の高度化

- 平成 25 年度までに、原子カリスクのコミュニケーション支援機能を整備する。
- 平成 26 年度までに、原子カリスクのコミュニケーション手法を整備し、原子力立地地域におけるヒアリング調査を通して手法の有効性を確認するとともに、原子カリスクのコミュニケーション手法を実践するための手引きを整備する。

(4) 外部事象に係る原子力防災関連評価技術の整備（平成 25 年度終了）

- 平成 25 年度までに地震・津波等外部事象に対する原子力災害対応システムの適用に関する手引きを整備する。

工程表

実施項目	H24	H25	H26	H27	H28
(1)-①シングルハザード、シングルユニットにおける地震・津波 PRA レベル 1 から 3 に関する重大事故等対処設備の構造対策（フィルターバントシステム等）を考慮した整備	[レベル 1] 及び[レベル 2] ・ 3 ループ PWR 及び BWR5 を対象とした最新情報に基づく地震 PRA 事故シナリオ解析を実施 ・ BWR5 を対象とした津波 PRA 重大事故等対処設備を含む簡易的な試験解析を実施 [レベル 3] ・ 避難モデルの整備	[レベル 1] 及び[レベル 2] ・ 地震 PRA 高度化（重大事故等対処設備のモデル化等） ・ 津波 PRA の改良と「津波に対する構造設計・リスク評価手引き」への津波 PRA 成果の反映 [レベル 2] ・ 格納容器機能喪失の検討の一環として FCVS 解析モデルを整備	[レベル 1] ・ 地震 PRA 高度化（SGTR の検討、重大事故等対処設備のモデル化、重大事故等対処設備の人的過誤率の検討） ・ 防潮堤、水密扉の水理試験に基づく津波 PRA の高度化 ・ 地震 PRA に係る経年を考慮した設備のフラジリティ検討及び経年関連解析コード改良 ・ 機器損傷相関が炉心損傷頻度及び事故シナリオへ及ぼす影響評価 [レベル 2] ・ 重大事故等対処設備を考慮したレベル 2PRA 手法の整備 ・ FCVS モデルの高度化 [レベル 3] ・ 重大事故等対処設備を考慮したレベル 3PRA 手法の整備	[レベル 1] ・ 地震 PRA 高度化（重大事故等対処設備の人的過誤率の検討を含む有効性確認） ・ 複数機器の損傷の相関を考慮した地震 PRA 手法とツールの整備 [レベル 2] ・ 重大事故等対処設備を考慮したレベル 2 PRA 手法の高度化 [レベル 3] ・ 重大事故等対処設備を考慮したレベル 3PRA 手法の整備	[レベル 1] ・ 知見の整理とマニュアル案を作成 ・ 重大事故等対処設備の有効性評価 ・ 複数機器の損傷の相関を考慮した地震 PRA 手法とツールの整備 [レベル 2] ・ 知見の整理とマニュアル案を作成 [レベル 3] ・ 地震・津波等のレベル 3PRA 手法の高度化
(1)-②シングルユニットにおける使用済燃料貯蔵設備に対する地震・津波 PRA 手法の整備		[レベル 1] ・ BWR 及び PWR の SFP の地震・津波 PRA 試験解析を実施。	[レベル 1] ・ BWR の SFP の津波 PRA 試験解析を実施。	[レベル 1] ・ SFP の地震・津波 PRA 手法の高度化。	
(1)-③マルチハザード（地震と津波の重畳）、マルチユニットのレベル 1 ～ 3 PRA 手法の整備	[レベル 1] ・ 耐震裕度評価コードに機器損傷の相関機能を追加し試験解析を実施。 ・ 4 ループ PWR を対象に、ET/FT 法により、地震・津波重畳シナリオに対する事故シナリオ試験解析を実施。	[レベル 1] ・ プラント間の機器損傷相関を考慮した 2 ユニットの地震 PRA を実施。 [レベル 2] ・ BWR5 地震・津波重畳時のレベル 2 試験解析を実施 [レベル 3] ・ 放射性物質の放出頻度を評価するツールの整備	[レベル 1] ・ 地震及び津波重量に対するマルチユニット PRA 手法の検討。	[レベル 1] ・ 地震に対するマルチユニット PRA 手法の試験解析。 [レベル 2] ・ PWR 地震時のレベル 2PRA の試験解析	[レベル 1] ・ 地震に対するマルチユニット PRA 手法の高度化。 [レベル 2] ・ PWR 地震時のレベル 2PRA 手法の高度化 [レベル 3] ・ マルチユニットのレベル 3PRA 手法の試験解析
(2) 地震・津波以外の外部事象 PRA 手法の整備		[レベル 1] ・ 竜巻、強風の自然災害に関する海外機関の動向を調査	[レベル 1] ・ 竜巻 PRA の試験解析。 ・ 竜巻以外の自然災害に関する海外機関の動向を調査	[レベル 1] ・ 竜巻、強風以外の重要な自然災害に対する PRA 手法の検討	[レベル 1] ・ 竜巻、強風以外の重要な自然災害に対する PRA 手法の検討
(3) 地震・津波等外部事象に係る原子カリスクのコミュニケーション手法の高度化	1F 事故時の情報伝達の課題の整理と H1 技術に基づくシステム仕様の検討と基本機能の試作	地震・津波 PRA からの有用情報の同定と原子カリスクのコミュニケーション手法の整備	原子カリスクのコミュニケーション手法の有効性の検証と実践に係る手引きの整備		
(4) 外部事象に係る原子力防災関連評価技術の整備	国内適応の枠組みの検討とシステムの高度化に係る機能追加	立地地域への適用に向けた機能追加とカスタマイズ IAEA 技術文書の整備			

7. H27年度実施計画	(1) 地震・津波に係る PRA 手法の高度化 ① シングルハザード、シングルユニットにおけるレベル1から3の地震・津波 PRA に関する重大事故等対処設備の構造対策等を含めた整備 〔レベル1PRA〕 ・ 複数機器の損傷相関が炉心損傷頻度及び主要事故シナリオに及ぼす影響を確認する。 ・ 重大事故等対処設備を考慮したレベル1地震・津波 PRA モデルを整備する。 ・ 3 ループ PWR を対象とした地震 PRA における複数蒸気発生器伝熱管同時破損事故（マルチ SGTR）について、熱水力学解析に基づき事故シナリオ及び成功基準を設定し、地震 PRA モデルを見直す。 〔レベル2PRA〕 ・ 3 ループ PWR、BWR5 を代表として、重大事故等対処設備を反映させ、イベントツリーを整備する。 〔レベル3PRA〕 ・ 重大事故等対処設備を考慮したレベル2PRAの結果から明らかとなった主要事故シーケンスを対象にして、代表的な国内プラントのレベル3PRAを行い、評価手法を整備する。 ② シングルハザード、シングルユニットにおける使用済燃料貯蔵設備に対する地震・津波レベル1PRA手法の整備 ・ 3 ループ PWR と BWR5 の使用済燃料貯蔵設備に対する重大事故等対処設備を含む津波 PRA 手法及びツールを整備し、重大事故等対処設備の有効性を評価する。 ③ マルチユニットのレベル1～3PRA 手法の整備 ・ 多数基が立地する PWR 発電所を対象として、マルチユニットに対するモンテカルロ法等に基づく PRA 手法の検討及びツールを整備し試計算を行う。 (2) 地震・津波以外の外部事象レベル1PRA 手法の整備 ・ 代表的な BWR と PWR を対象として竜巻、強風等による PRA モデルの試作・試解析を行うとともに、外部洪水、火山等によるリスク評価手法の調査を行う。
8. 備考	

(プロジェクト個票)

1. プロジェクト	(D07) 火山影響評価に係る技術的知見の整備	担当	安全技術管理官(地震・津波担当) 付
2. カテゴリー・研究分野	(3) 共通原因故障を引き起こす内部・外部事象 ○火山影響評価		
3. 背景	平成 25 年 7 月、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」(以下「評価ガイド」という。)が施行された。評価ガイドは、平成 24 年度における最新知見を基に作成されている。原子力施設の安全は持続的改善が求められていることから、引き続き、国内外の火山研究の最新動向や最新知見を収集するとともに、原子力規制庁においても、低頻度の自然現象である火山影響について、評価の確度向上を目指し、以下に示す評価指標を明確にしていく必要がある。 (1) 火山噴火の可能性の評価 火山噴火の可能性を評価する手法として、過去の火山活動の履歴調査から噴出量-時間階段図を作成し、噴出物や噴火様式等の情報を基に将来の活動を評価するための具体的な評価指標を明確にする。 (2) 噴火規模及び影響範囲推定のための評価 サイト周辺の過去の火山噴出物の痕跡調査や噴火の規模、噴火様式等の噴火特性により発生する火山事象について具体的な評価指標を明確にする。 (3) 火山活動モニタリングの評価 火山性地震、地殻変動等の火山活動モニタリングにおける評価指標を明確にする。		
4. 目的	火山活動とその特性について整理し、過去の火山活動の情報と将来の活動を評価するための知見を整備する。具体的には、以下の知見を取得する。 (1) 火山噴火の可能性の評価手法策定のための知見 国内の主要な火山について過去数十万年間の噴出量-時間階段図を作成し、活動パターン、噴火様式等の火山の特性について知見を整備する。 (2) 噴火規模及び影響範囲推定のための評価手法策定のための知見 過去に大規模な火砕物密度流を伴うような活動をした火山について、噴出物の分布や岩石学的な分析を行い、活動年代や噴火の規模、火山事象等の知見を整備する。 (3) 火山活動モニタリングの評価手法策定のための知見 大規模なカルデラ噴火を起こした火山の噴出物量は数十～数百 km³程度であり、同様の規模の噴火が起こるためには、これと同等以上の規模のマグマ溜まりが地下に存在すると考えられることから、モニタリングすべき地下のマグマ溜まりの位置とマグマの蓄積に伴う広域地殻変動の関係に関する知見を整備する。		
5. 知見の活用先	本プロジェクトで得られた成果は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」の将来の火山活動の可能性や設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価、火山活動のモニタリング評価等に活用する。		
6. 安全研究概要 (始期：H25年度) (終期：H30年度)	現在の火山学的知見では火山の活動に関して十分な知見が得られていないため、長期的評価には不確定性を伴う。その主な要因となっているのが、噴火のメカニズムや前駆活動を把握するための調査例が少ないことにある。既存の調査に加えて、巨大噴火を起こした火山を中心に調査することにより、火山活動の可能性評価手法、噴火規模及び影響範囲推定のための評価手法並びにモニタリング評価手法作成に利用できるデータの取得が期待できる。また、国内に限らず、カルデラ火山のモニタリングを行っている海外の研究機関との情報共有や共同研究の体制を構築することも含めた、海外調査を実施する。 ① 火山活動評価のための調査研究 - 火山活動履歴の情報整備 過去に巨大噴火(火山爆発指数(VI)6以上の規模の噴火)を起こした火山や主要な活火山(海底火山や離島、北方四島等を除く。)の活動履歴情報を既存文献から収集し、噴火堆積物を噴出量-時間階段図の形式で整理する。 これらのうち、評価手法策定に関して重要な火山を選定した上で、必要に応じて野外調査を行い、併せて噴出物の年代測定を行うことで、噴出量-時間階段図の高精度化を進める。 - 巨大噴火の事例検討 過去の巨大噴火とその直前の噴出物を対象にしたボーリング掘削を含む野外調査を実施する。巨大噴火準備期の噴出物は、直後の膨大な噴出物で埋没していることが多く、これまでその実態は明らかにされていない。巨大噴火前の休止期から準備期へと至る事例を調査し、活動履歴パターンと比較及び検討することで、調査結果を将来の巨大噴火の可能性評価のための指標策定に反映させる。 ② 噴火規模及び影響範囲推定のための調査研究 - 火山影響評価のためのマグマ供給系発達過程の検討 火山噴出物の岩石学的検討を行うとともに、マグマ供給系の発達過程を推定し、マグマ供給系の発達と噴出量-時間変化との関係から、将来の活動可能性と噴火規模推定の評価指標策定に利用できる火山活動パターン(噴火様式、マグマプロセス等)を抽出する。 ③ 火山モニタリング評価のための調査研究 - 活動的カルデラにおける観測データの収集及び整理 カルデラの地球物理学的・地球化学的観測データと現象を文献調査により収集及び整理する。 - カルデラ火山活動評価シミュレーション手法の整備 上記の文献調査及び地質学的調査による結果を踏まえ、カルデラ火山の活動を想定した地下のマグマ溜まりの状態と広域地殻変動パターンに関する数値シミュレーションを実施する。 - 活動的カルデラ火山の地下構造調査 本調査は上記の広域地殻変動パターンの数値シミュレーションモデルを検証するため、活動的カルデラの地下構造の調査を行		

	う。まず基礎調査として、調査候補となるカルデラ火山を選定し、選定されたカルデラ火山の地理的状況等を踏まえ、地下構造調査に最適な調査方法を検討する。 基礎調査の結果を踏まえ、選定されたカルデラ火山の地下構造の調査を実施する。 ④海外のカルデラ火山調査 海外のカルデラ火山についてモニタリング状況を中心とした調査を実施し、火山の監視体制、対応体制等の情報を収集する。 工程表 <table><tr><th>実施内容</th><th>平成25年度</th><th>平成26年度</th><th>平成27年度</th><th>平成28年度</th><th>平成29年度</th><th>平成30年度</th></tr><tr><td>1.火山影響評価に係る技術的知見の整備事業</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>① 火山活動評価のための調査研究</td><td colspan="6">・主要な火山について活動履歴情報（噴火の規模、種類、パターン等）を整備、最新情報に基づいて更新する。 ←→</td></tr><tr><td></td><td colspan="6">・過去に巨大噴火をした火山の噴火直前の活動について詳細な調査を行い、噴火に至る過程を把握する。（十和田、支笏、阿蘇、鬼界） ←→</td></tr><tr><td>② 噴火規模及び影響範囲推定のための調査研究</td><td colspan="6">・巨大噴火した火山の噴出物の詳細分析を行い、噴火直前のマグマの状態を推定する。 ←→</td></tr><tr><td>③火山モニタリング評価のための調査研究</td><td colspan="6">・①と②の知見を踏まえ、巨大噴火した火山のマグマ溜まりの大きさ、位置（深さ）、性状（含水量、変形性）等を仮定し、地殻変動量を求める数値シミュレーション手法について検討する。 ←→</td></tr><tr><td></td><td colspan="6">・活動的カルデラ火山を選定し、カルデラ火山の地下構造の調査法について検討する。 ←→</td></tr><tr><td>④海外のカルデラ火山調査</td><td colspan="6">・タウポ（ニュージーランド）、ロングバレイ（米国）カンピ・フレグレイ（イタリア）等、海外のカルデラ火山の活動モニタリングを中心とした調査を行う。 ←→</td></tr></table>	実施内容	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	1.火山影響評価に係る技術的知見の整備事業							① 火山活動評価のための調査研究	・主要な火山について活動履歴情報（噴火の規模、種類、パターン等）を整備、最新情報に基づいて更新する。 ←→							・過去に巨大噴火をした火山の噴火直前の活動について詳細な調査を行い、噴火に至る過程を把握する。（十和田、支笏、阿蘇、鬼界） ←→						② 噴火規模及び影響範囲推定のための調査研究	・巨大噴火した火山の噴出物の詳細分析を行い、噴火直前のマグマの状態を推定する。 ←→						③火山モニタリング評価のための調査研究	・①と②の知見を踏まえ、巨大噴火した火山のマグマ溜まりの大きさ、位置（深さ）、性状（含水量、変形性）等を仮定し、地殻変動量を求める数値シミュレーション手法について検討する。 ←→							・活動的カルデラ火山を選定し、カルデラ火山の地下構造の調査法について検討する。 ←→						④海外のカルデラ火山調査	・タウポ（ニュージーランド）、ロングバレイ（米国）カンピ・フレグレイ（イタリア）等、海外のカルデラ火山の活動モニタリングを中心とした調査を行う。 ←→					
実施内容	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度																																																			
1.火山影響評価に係る技術的知見の整備事業																																																									
① 火山活動評価のための調査研究	・主要な火山について活動履歴情報（噴火の規模、種類、パターン等）を整備、最新情報に基づいて更新する。 ←→																																																								
	・過去に巨大噴火をした火山の噴火直前の活動について詳細な調査を行い、噴火に至る過程を把握する。（十和田、支笏、阿蘇、鬼界） ←→																																																								
② 噴火規模及び影響範囲推定のための調査研究	・巨大噴火した火山の噴出物の詳細分析を行い、噴火直前のマグマの状態を推定する。 ←→																																																								
③火山モニタリング評価のための調査研究	・①と②の知見を踏まえ、巨大噴火した火山のマグマ溜まりの大きさ、位置（深さ）、性状（含水量、変形性）等を仮定し、地殻変動量を求める数値シミュレーション手法について検討する。 ←→																																																								
	・活動的カルデラ火山を選定し、カルデラ火山の地下構造の調査法について検討する。 ←→																																																								
④海外のカルデラ火山調査	・タウポ（ニュージーランド）、ロングバレイ（米国）カンピ・フレグレイ（イタリア）等、海外のカルデラ火山の活動モニタリングを中心とした調査を行う。 ←→																																																								
7. H27 年度実施計画	【項目①】 ・巨大噴火の事例検討 10 万年前よりも若い時期に巨大噴火を起こした十和田・支笏・阿蘇及び鬼界カルデラをモデル事例とした野外調査を実施し、巨大噴火準備期の噴火履歴の詳細な調査を行う。 十和田火山については、平成 26 年度取得したボーリングコアの詳細分析を引き続き実施し、大規模な火砕流を伴う巨大噴火直前の活動を把握する。また、掘削地点周辺の野外調査や湖底探査等によるカルデラ湖底の構造調査も引き続き実施する。それらの結果を基に、十和田火山における先カルデラ期～カルデラ形成期における噴出物層序を検討する。 支笏カルデラについても同様に平成 26 年度取得したボーリングコアの詳細分析、野外調査及び新たな地点でのボーリング掘削調査を実施する。これらの調査により、支笏火砕流噴火に先行する火山噴出物の存在確認と、支笏火砕流堆積物の連続試料採取による巨大噴火を引き起こしたマグマ溜まり内部のマグマ多様性を検討し、先カルデラ期～カルデラ形成期における噴出物層序を確立する。 阿蘇カルデラについては、平成 26 年度から引き続き 4 回の大規模火砕流噴火直前の火山活動の確認を目的に、カルデラ壁に露出した噴出物の野外調査を実施する。また、比較対象として、先カルデラ期の噴出物やカルデラ噴火間の小噴火の噴出物についても調査を実施して、全岩・斑晶鉱物や包有物の化学組成分析に必要な試料採取を行う。さらに、噴出物の同位体分析を行い、噴火期ごとのマグマの起源について検討する。 鬼界カルデラにおいて、初期に噴出した降下軽石と巨大噴火で噴出した火砕流堆積物に関する野外調査を実施する。 【項目②】 ・火山影響評価のためのマグマ供給系発達過程の検討 過去に巨大噴火を起こした火山及び噴出量-時間階段図データベースで取り上げる火山の中から、重要度が高いと考えられる噴火をもたらした火山のマグマ供給系の発達過程を検討するため、以下の項目について調査する。 ➢ マグマの多様性の原因となる結晶分化、地殻混染、マントル物質の不均質等の寄与の程度を明らかにする。 ➢ 噴火年代データと合わせてマグマ組成の時間変化を評価することにより、噴出量-時間階段図パターンを評価ツールとして一般化するために必要な岩石化学的検討をする。 ➢ 項目①で採取した試料の全岩化学分析及び鉱物等の微小領域化学分析を行い、巨大噴火マグマの化学的特徴と温度条件を明らかにする。 ➢ 斑晶鉱物中のメルト包有物の揮発性成分（H₂O、CO₂、S）の濃度測定を行い、マグマの揮発性成分濃度を明らかにし、巨大噴火をもたらしたマグマ溜まりの圧力条件を検討する。																																																								

	【項目③】 - カルデラ火山活動評価シミュレーション手法の整備 平成 26 年度までの調査結果を踏まえ、カルデラ火山の活動評価の一つの指標となる広域地殻変動パターンを評価するための解析モデルを構築し、数値シミュレーションを実施する。モデルの構築に際し以下の仮定基について検討する。 - 上部地殻は弾性体、下部地殻は粘弾性体と仮定する。 - マグマ溜まりの位置及び形状を仮定する。 - 活動的カルデラ火山の地下構造調査 上記の広域地殻変動パターンの数値シミュレーションモデルを検証するため、活動的カルデラの地下構造の調査を行う。まず基礎調査として、調査候補となるカルデラ火山を選定し、選定されたカルデラ火山の地理的状況等を踏まえ、地下構造調査に最適な調査方法を検討する。 【項目④】 海外のカルデラ火山について最新知見に基づく文献調査及び海外研究機関との情報交換行う。調査対象とする火山は以下の通り。 - ニュージーランドの活動的カルデラ火山が存在するタウポエリアにおける、異常事象（Unrest）に関する調査 - 米国ロングバレイ、イエローストーンにおける火山モニタリング状況、マグマ滞留時間及び異常事象に関する調査
8. 備考	