

平成 23 年 10 月 4 日
原子力政策担当室

福島第一原子力発電所 中長期措置に係る研究開発項目について

1. 燃料等の取り出し作業の作業分割構造

東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故後の中長期的措置の主要な作業は 1) 使用済燃料プールから使用済み燃料を取出す作業及び、2) 熔融した燃料と被覆管材、炉心構造物材料が混合して形成されている物質である燃料デブリを原子炉容器等から取出す作業である。これらの作業は、1) 周辺公衆及び作業者の安全を確保しつつ、2) 最小費用で、3) 迅速にという要求を満足しつつ、進められるべきである。

このことを念頭に検討を進めた結果、当面は、これらの作業は図 1 に示す 5 つの作業要素、図 2 に示す 9 つの作業要素から構成されるものとし、これに、これらの作業を進めるに際して欠かせない、各作業要素を横断する作業要素である公衆の安全を確保するための 3 つの作業要素、作業者の安全を確保する作業要素、そして事故進展解明作業という 5 つの作業要素を加えた 19 の作業要素を図 1, 2 に示すようなフローで実施することにより推進することが適切と判断された。ただし、現状では、現場についての情報が不足しているので、この作業分割構造が上の要求の観点から最適なものであるか、各作業要素が実施できるものであるかどうかは定かではない。そこで、この分割構造の各要素の実施を目指して検討を深める作業を進める一方で、代替構造、あるいは各作業要素の代替作業要素についても検討を進め、その結果を踏まえて、取組が上の要求の観点から全体として最適なものとなるように適宜に見直しを行うことも重要であると判断された。

2. 新たに取り組むべき研究開発項目

これらの作業は最小費用で実施されるべきであるから、各作業要素は、既存の技術を組み合わせて実施することを基本とするべきである。しかし、その困

難さから、新しい技術を開発して適用することを計画した方がより合理的な取組を進めることができる場合も少なくないと考えられる。

そこで、各作業要素について、その実施に係る課題を摘出し、これを解決するために必要な技術やデータを明らかにし、それらに既存の技術やデータ研究開発課題を検討し、新たに推進すべき研究開発項目を表1に取りまとめた。また、抽出された研究開発項目の中で、遠隔技術に関する項目については横断的に技術開発を進めることが効果的であるため、操作範囲、作業内容等、共通する課題を整理し、表2に取りまとめた。

3. これらの研究開発の推進

これらの研究開発は、上に示された福島第一原子力発電所に係る燃料取り出し作業を適切に推進するために必要最小限必要なものであり、タイムリーに成果を出すことが期待されるものである。また、この成果は、今後の国内外の原子力施設の廃止措置、解体への適用されることが期待される。また、ここで磨かれた遠隔操作技術など一部の技術は、他産業への展開も期待され、我が国の産業競争力の強化にも繋がっていくことが期待される。そこで、これらの研究開発は国が主導的に産業界と共同して実施することが望ましい。

プール内燃料取出しまでの作業イメージ(1/2)

(技術開発計画検討用)

<作業フロー(イメージ)>

プール燃料
取出し準備

共用プール
受入れ準備

①原子炉建屋上部
ガレキ撤去

②カバー(又はコンテナ)/クレーン等設置

③取出用輸送容器・収納缶の製造・調達

④共用プール内空きスペース確保/改造

⑤

プール燃料取出し※

※炉心燃料取出し前には
終了する必要

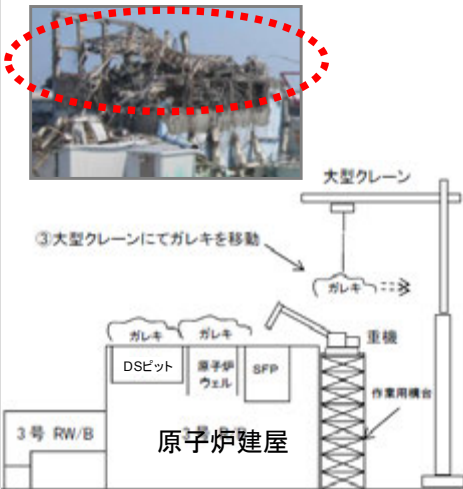
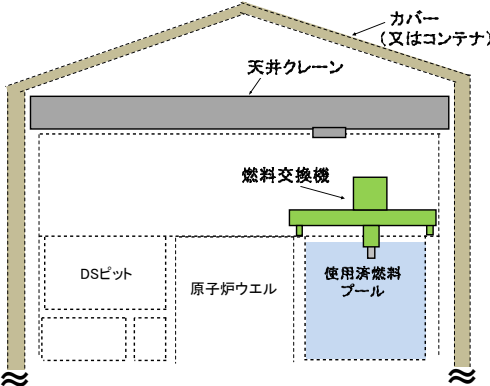

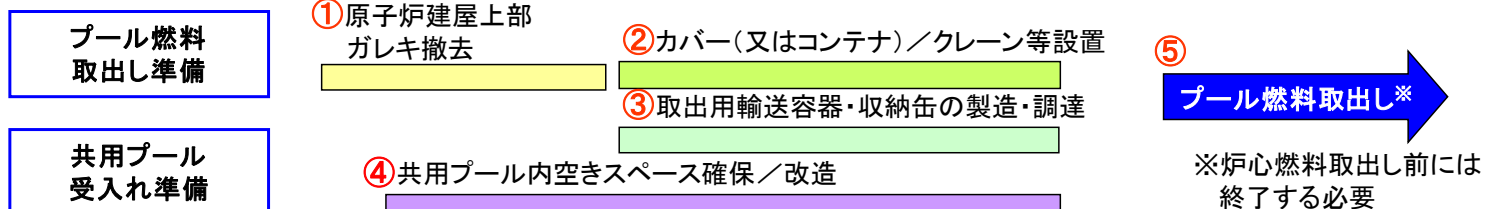
フロー	① 原子炉建屋上部ガレキ撤去	② カバー(又はコンテナ)/クレーン等の設置	③ 取出用輸送容器・収納缶の製造・調達
イメージ			<p><輸送容器の例:NH-25></p>  <p>1 m</p>
内容	大型クレーンや重機を用いて原子炉建屋上部のガレキを撤去。	原子炉建屋を覆うカバー(又はコンテナ)を設置し、プール燃料取り出しに必要な天井クレーン、燃料交換機を設置。	プールから取り出した燃料を共用プールに移送するため、既存のキャスク技術を用い、キャスク・収納缶等を設計・製造。
技術開発における留意点と課題	—	—	—

図1 使用済み燃料プールからの燃料取出しイメージと留意点(1/2)

プール内燃料取出しまでの作業イメージ(2/2)

(技術開発計画検討用)

<作業フロー(イメージ)>

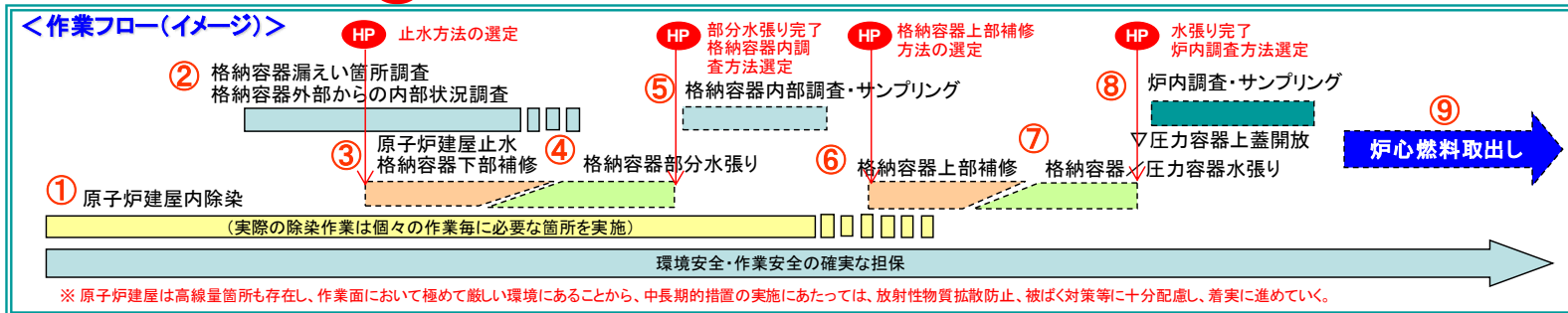


フロー	④ 共用プール内空きスペース確保/改造	⑤ プール燃料取出し
イメージ	<p><現在></p> <p>〇改造工事 ・洗浄・検査設備 ・破損燃料用ラック</p>	
内容	共用プール内に既貯蔵中の燃料を順次搬出し、空きスペースを確保。その上で、受入れに必要な隔壁、洗浄・検査設備、破損燃料用ラック等を設置。	燃料の健全性を確認(外観確認、荷重試験等)し、破損燃料は収納缶に収納した上で輸送容器に装荷し、搬出。
技術開発における留意点と課題	・塩分付着燃料及び漏えい燃料の洗浄/除染/検査方法の検討	—

図1 使用済み燃料プールからの燃料取出しイメージと留意点(2/2)

炉心燃料取出しまでの作業イメージ(1/3) (技術開発計画検討用)

HP: 技術的なホールドポイント。現場状況、技術開発成果により、次工程以降を見直していく。



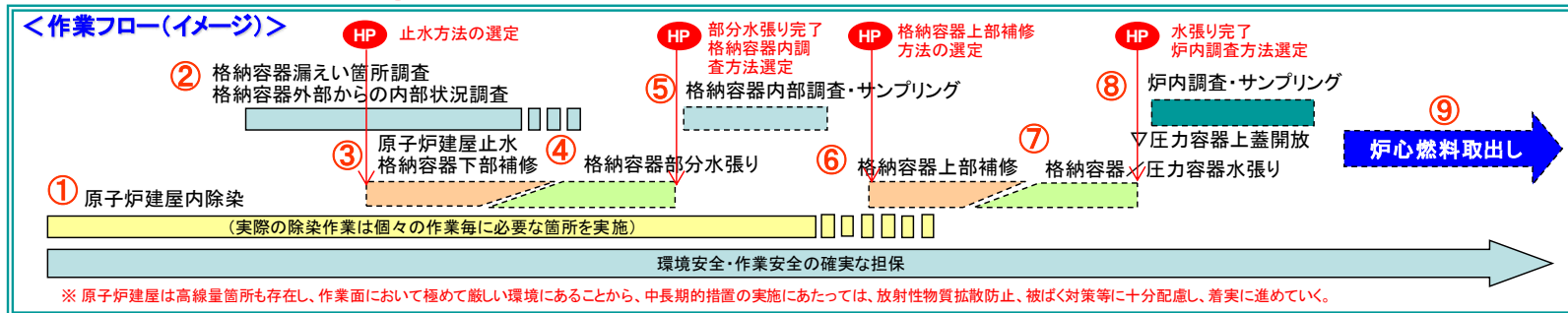
※ 技術開発計画検討のため、TMIと同様に水中での燃料取り出しを想定した場合の一連の作業を記載。今後現場の状況や技術開発成果によって内容を見直していく。

フロー	① 原子炉建屋内除染 (②以降の作業毎に必要な箇所を順次実施する)	② 格納容器漏えい箇所調査 格納容器外部からの内部状況調査	③ 原子炉建屋止水 格納容器下部補修
イメージ			
内容	格納容器へのアクセス性を向上するため、高圧水、コーティング、表面はつり等により、作業エリアを除染。	格納容器及び原子炉建屋の漏えい箇所を、手動または遠隔の線量測定やカメラ等で調査。また、格納容器外部からγ線測定、音響調査等により、格納容器内部の状況を推定調査。	原子炉建屋止水が実現すれば、循環注水冷却の取水源をタービン建屋滞留水からトラス室に変更。 デブリの取出しは、水中で実施することが放射線の遮へいの観点からも有利と考えられることから、格納容器の漏えい箇所を補修・止水。まずは格納容器内調査に向け、下部を優先して実施。
技術開発における留意点と課題	◆ 高線量箇所(数100~1,000mSv/hレベル)の存在。 ◆ 建屋内ガレキによるアクセスが制限されていること。 ・上記を踏まえた遠隔除染方法の検討・確立が必要	◆ 調査対象が高線量エリア、汚染水中、狭隘部などにあること。 ・漏えい箇所調査方策・装置の開発 ・格納容器外部からの内部調査方策・装置の開発	◆ 炉心循環冷却のための注水を継続しながら、高線量下・流水状態で止水すること。 ・漏えい箇所の補修・止水技術・工法の開発 ・代替方策の検討・開発
安全確保に向けた主な留意点	・炉心安定冷却の維持 ・除染作業に伴う空気中への放射性物質拡散防止 ・作業員の被ばく低減(遠隔化、遮へい等)	・炉心安定冷却の維持 ・作業員の被ばく低減(遠隔化、遮へい等)	・炉心安定冷却の維持 ・作業員の被ばく低減(遠隔化、遮へい等)

図2 デブリ取出し中長期的措置作業イメージと留意点 (1/3)

炉心燃料取出しまでの作業イメージ(2/3) (技術開発計画検討用)

HP : 技術的なホールドポイント。現場状況、技術開発成果により、次工程以降を見直していく。



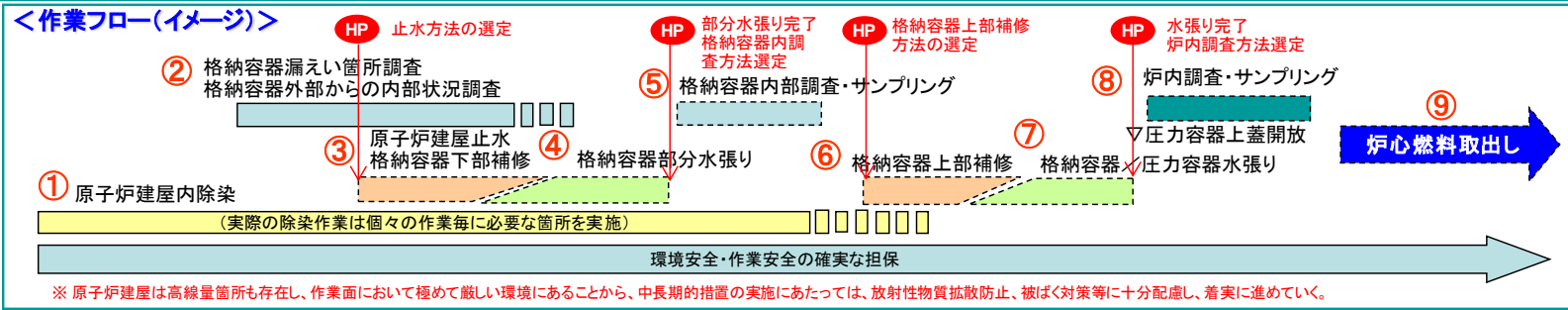
※ 技術開発計画検討のため、TMIと同様に水中での燃料取り出しを想定した場合の一連の作業を記載。今後現場の状況や技術開発成果によって内容を見直していく。

フロー	④ 格納容器部分水張り	⑤ 格納容器内部調査・サンプリング	⑥ 格納容器上部補修
イメージ	<p>格納容器下部のバウンダリ構築が実現すれば、循環注水冷却の取水源をトラス室から格納容器に変更</p>	<p>閉込め性の担保が必要</p>	
内容	格納容器内部調査の開始に向け、格納容器下部に部分的な水張りを実施。	格納容器内を調査し、圧力容器から流れ出たと推定されるデブリの分布状況の把握、サンプリング等を実施。	格納容器を満水まで水張りすべく、上部の漏えい箇所を、手動または遠隔にて補修。
技術開発における留意点と課題	<p>◆③と同様</p> <ul style="list-style-type: none"> 格納容器下部のバウンダリ構築(トラス室にグラウト充てんする案も含む)が大前提 	<p>◆高線量によるアクセス性の制約、格納容器内部環境(内部水の濁り、デブリの所在等)が不明</p> <ul style="list-style-type: none"> 上記を踏まえた遠隔調査方法及びサンプリング方法の開発 	<p>◆②と同様</p> <ul style="list-style-type: none"> 格納容器漏えい箇所の補修・止水技術・工法の開発(③と同様)
安全確保に向けた主な留意点	<ul style="list-style-type: none"> 炉心安定冷却の維持 未臨界確認 	<ul style="list-style-type: none"> 炉心安定冷却の維持 未臨界確認 格納容器内の放射性物質の拡散防止 作業員の被ばく低減(遠隔化、遮へい等) 	<ul style="list-style-type: none"> 炉心安定冷却の維持 作業員の被ばく低減(遠隔化、遮へい等)

図2 デブリ取出し中長期的措置作業イメージと留意点(2/3)

炉心燃料取出しまでの作業イメージ(3/3) (技術開発計画検討用)

HP : 技術的なホールドポイント。現場状況、技術開発成果により、次工程以降を見直していく。



※ 技術開発計画検討のため、TMIと同様に水中での燃料取り出しを想定した場合の一連の作業を記載。今後現場の状況や技術開発成果によって内容を見直していく。

フロー	⑦ 格納容器／圧力容器水張り ⇒ 圧力容器上蓋開放	⑧ 炉内調査・サンプリング	⑨ 炉心燃料取出し
イメージ			
内容	十分遮へいが担保できる水位まで格納容器／圧力容器を水張り後、圧力容器上蓋を取り外し	炉内を調査し、デブリや炉内構造物の状態把握、サンプリング等を実施。	圧力容器／格納容器内のデブリの取り出しを実施。
技術開発における留意点と課題	(⑥により格納容器バウンダリ構築が大前提)	◆高線量によるアクセス性の制約、圧力容器内部環境(内部水の濁り、デブリの所在等)が不明 ・上記を踏まえた遠隔調査方法及びサンプリング方法の開発	◆デブリの分布状況によっては技術開発範囲が拡大(特に格納容器内の燃料取出しはTMIでも経験なし) ・TMIに比べ、より高度な取り出し技術・工法の開発
安全確保に向けた主な留意点	・炉心安定冷却の維持 ・未臨界確認 ・格納容器内の放射性物質の拡散防止	・炉心安定冷却の維持 ・未臨界確認 ・デブリの収納(閉じ込め等) ・作業員の被ばく低減(遠隔化、遮へい等)	・炉心安定冷却の維持 ・未臨界確認 ・デブリの収納(閉じ込め等) ・作業員の被ばく低減(遠隔化、遮へい等)

図2 デブリ取出し中長期的措置作業イメージと留意点 (3/3)

表 1 中長期的措置における課題と研究開発項目について（１／５）

項目	作業要素	課題	必要な技術またはデータ	既存技術、データの適用性評価	研究開発項目
プール内燃料取出し	① 原子炉建屋上部ガレキ撤去	・原子炉建屋上部のガレキ撤去時の空気中への放射性物質が多量に飛散する可能性がある	・飛散抑制技術 ・モニタリング技術	・飛散抑制技術は既存技術（飛散防止剤）が適用可能 ・モニタリング技術は既存技術が適用可能	—
	②カバー（またはコンテナ）／クレーン設置	—	—	—	—
	③取出し用輸送容器・収納缶の製造・調達	—	—	—	—
	④共用プール内空きスペース確保／改造	・燃料は海水に曝されていたため、他の健全な燃料に悪影響を与える可能性がある。	・共用プール内の間仕切り技術	・共用プール内の間仕切りは既存技術で適用可能。	—
	⑤プール燃料取出し／保管	・燃料の落下防止 ・海水に曝されていた燃料の長期保管での健全性が評価されていない。また長期保管や処理する上での洗浄クライテリアが決められていない。 ・損傷燃料の処理・処分方策について決められていない。 ・損傷燃料（破損粉末含む）の計量管理及び検認の方法が決められていない。	・落下防止技術	・落下防止技術は既存技術が適用可能	—
			・燃料の長期健全性評価技術	・評価技術は既存技術が適用可能。海水に曝されていた燃料の長期健全性を評価する既存データはなし。	・海水に曝されていた燃料の長期健全性評価
			・燃料の洗浄技術及び洗浄クライテリア	・洗浄技術は既存技術があるが、悪影響を与えない洗浄クライテリアはなし	・洗浄クライテリアの策定
			・損傷燃料の処理・処分方策	・損傷燃料を処理する際のハンドリング技術は損傷状態に応じた技術の開発が必要。 ・化学処理工程の不純物の影響については評価が必要。	・損傷状況に応じたハンドリング技術の開発 ・化学処理工程への不純物の影響評価
			・損傷燃料のための核測定技術	・損傷燃料のための核測定技術がない。	・損傷燃料のための核測定技術の開発

表 1 中長期的措置における課題と研究開発項目について（2／5）

項目	作業要素	課題	必要な技術またはデータ	既存技術、データの適用性評価	研究開発項目
ロ デ ブ リ の 取 出 し 準 備 ／ 取 出 し	①原子炉建屋内の除染作業	・原子炉建屋内は高線量であること。 ・建屋内の各部位に対して有効な除染技術を選定する際、汚染の程度、部位（材料）に依存し、十分なデータが得られていないこと。 ・建屋内にガレキがありアクセス性が悪いこと。	・汚染状況の遠隔調査技術	・汚染計測技術は既存技術の適用可能 ・ガレキが散乱している環境など現場に合わせた遠隔移動装置の開発が必要。	・測定装置と遠隔移動装置との組み合わせた建屋内遠隔汚染調査装置の開発
			・建屋内遠隔除染技術	・高汚染部位に対する既存除染技術（の有効性について評価が必要。（TMI の技術が参考可） ・ガレキが散乱している環境など現場に合わせた遠隔移動装置の開発が必要。	・汚染状況に適した除染工法の選定または開発 & 装置開発 ・上記装置と遠隔移動装置と組み合わせた遠隔除染装置の開発
			・遮蔽技術	・遮蔽については既存技術の適用可能	—
	②原子炉建屋、格納容器からの漏えい箇所の調査/格納容器外部からの内部状況調査	・汚染水が漏えいしている箇所は高線量、狭隘、水中環境にあること。 ・格納容器近傍は高線量、狭隘であること。	・高線量、狭隘、水中環境で漏えい箇所の遠隔調査技術	・漏えい箇所の特定するための既存技術（カメラ、線量測定）の有効性について評価が必要。 ・水中遠隔調査装置は存在するが、狭隘部での調査のために改良が必要。	・漏えい箇所の特定に適した調査工法の選定または開発 & 装置開発 ・上記装置と遠隔移動装置と組み合わせた漏えい箇所遠隔調査装置の開発。
			・高線量、狭隘で格納容器外部からの遠隔内部調査技術	・格納容器外部から内部の調査の既存技術（γ線測定、音響測定等）の有効性について評価が必要。 ・調査部位に合わせた開発が必要。	・格納容器外部から内部調査工法の選定または開発 & 装置開発 ・上記装置と遠隔移動装置とを組み合わせた PCV 外部からの PCV 内部遠隔調査装置の開発
	③原子炉建屋漏えい箇所止水・格納容器下部補修作業	・原子炉建屋からの汚染水漏えい箇所は高線量、狭隘、水中環境であること。 ・流水状態で止水する必要があること。 ・格納容器近傍は高線量、狭隘であること。	・高線量、狭隘、水中環境・流水状態での遠隔止水技術	・漏えいが想定される部位に対する既存止水技術（グラウト、シール材）の有効性・長期健全性について評価が必要	・建屋の漏えい箇所に適した止水工法の選定または開発 & 装置開発
			・高線量、狭隘での遠隔補修技術	・補修工法は既存技術を適用可であるが、装置開発が必要 ・漏えいが想定される部位に合わせて遠隔移動装置の開発が必要。	・補修装置開発と遠隔移動装置とを組み合わせた PCV 遠隔補修装置の開発
	④格納容器部分水張り	・水張り際にデブリ廻りの冷却水量が変化する場合に臨界のリスクが高まる可能性がある。	・デブリの臨界評価技術	・臨界状態の時間的変化については新たに解析技術の開発が必要	・臨界状態の時間的変化を評価できる解析コードの開発
			・臨界検知技術	・検出器は既存技術が適用可能であるが、バックグラウンドと識別できる検出器システムの開発が必要。	・バックグラウンドを識別可能な検出器システムの開発。
			・臨界防止技術	・臨界防止技術は既存技術が適用可能。	—

表 1 中長期的措置における課題と研究開発項目について（3／5）

項目	作業要素	課題	必要な技術またはデータ	既存技術、データの適用性評価	研究開発項目
ロ デブリの 取出し 準備／ 取出し	⑤格納容器内部調査・サンプリング	・PCV 内は高線量、狭隘、高温、多湿、水中環境であること。 ・内部水の濁り、デブリの位置など内部環境が不明であること。特にデブリがペデスタル内にある可能性があり、アクセス性が悪いこと ・サンプリングするにあたってデブリの基礎物性が不明であること。 ・サンプリングの際にデブリ廻りの冷却水量が変化するため、臨界となるリスクが増える可能性がある。 ・デブリ（サンプリング試料含む）の計量管理及び検認の方法が決められていない。	・高線量、狭隘、高温、多湿、水中環境での遠隔内部調査技術	・高温、高線量下の既存調査技術（水中カメラ等）の有効性について評価が必要。	・高温、高線量下で観察可能な調査工法の選定また開発&装置開発 ・上記装置と遠隔移動装置を組み合わせたPCV内遠隔調査装置の開発
			・高線量、狭隘、水中環境でのデブリの遠隔サンプリング技術	・デブリのサンプリング技術は国内にはなし。（TMI の技術が参考可） ・デブリをサンプリングする位置・環境に合わせて遠隔移動装置の開発が必要。	・デブリのサンプリング工法の開発&装置開発。 ・上記装置と遠隔移動装置を組み合わせた遠隔サンプリング装置の開発
			・デブリの基礎物性データ	・デブリの基礎物性はプラント、部位毎に異なることから新たなデータが必要	・実機を模擬したデブリ基礎物性データの取得
			・デブリのための核測定技術	・デブリのための核測定技術がない。	・デブリのための核測定技術の開発
	⑥格納容器上部補修	・補修箇所は高線量、狭隘であること	・高線量、狭隘での遠隔補修技術	・補修工法は既存技術を適用可であるが、装置開発が必要 ・漏えいが想定される部位に合わせて遠隔移動装置の開発が必要。	・補修技術と遠隔で実施する移動装置を組み合わせた PCV 遠隔補修装置
	⑦格納容器/圧力容器水張り	・水張りの際にデブリ廻りの冷却水量が変化する臨界となるリスクが増える可能性がある。	・臨界評価、検知、防止技術	・Ⅱ④と同様	・Ⅱ④と同様
	⑧炉内調査・サンプリング	・RPV内は高線量、狭隘、高温、水中環境であること。 ・内部水の濁り、デブリの位置など内部環境が不明であること。 ・デブリ取出しにあたって、取出ツールやデブリ収納缶の設計に必要となる基礎物性が不明であること ・サンプリングの際にデブリ廻りの冷却水量が変化するため、臨界となるリスクが増える可能性がある。 ・デブリ（サンプリング試料含む）の計量管理及び検認の方法が決められていない。	・高線量、狭隘、高温、水中環境での遠隔内部調査技術	・高温、高線量下の既存技術（水中カメラ等）の有効性に関する国内データはなし。 ・炉内へのアクセスは既存技術の改良が必要	・高温、高線量下で観察可能な装置の開発 ・炉内にアクセスするためのプラットフォーム装置の開発
			・高線量、狭隘、水中環境でのデブリの遠隔サンプリング技術	・デブリのサンプリング工法は国内にはなし。（TMI の技術が参考可）	・デブリのサンプリング工法の開発。 ・上記装置と遠隔移動装置を組み合わせた炉内遠隔サンプリング装置の開発
			・デブリの基礎物性データ	・Ⅱ⑤と同様	・Ⅱ⑤と同様
			・臨界評価、検知、防止技術	・Ⅱ④と同様	・Ⅱ④と同様
	⑨デブリ取出し	・デブリが RPV 外を含め広範囲に分布している可能性があること。 ・デブリ取出しの際にデブリ廻りの冷却水量が変化するため、臨界となるリスクが増える可能性がある。 ・デブリ取出しにあたって基礎物性が不明であること ・デブリの収納・保管方法がきまっていない。 ・デブリ（サンプリング試料含む）の計量管理及び検認の方法が決められていない。 ・デブリの将来的な扱いについて決まっていない。 ・水張り困難な場合には、燃料の取出しの目途が得られていない。	・広範囲、狭隘、水中環境での遠隔デブリ取出し技術	・国内でのデブリ取出し技術はなし（RPV 内のデブリについては TMI の技術が参考可） ・デブリ取出しは現場に合わせた遠隔回収工法、装置開発が必要	・RPV 内外デブリ取出し工法の開発&装置開発 ・上記技術を遠隔で実施するための遠隔デブリ取出し装置の開発。
			・臨界評価、検知、防止技術	・Ⅱ④と同様	・Ⅱ④と同様
			・実デブリの基礎物性	・実デブリの分析は既存技術で可能であるが、基礎物性はプラント、部位毎に異なることから新たなデータが必要	・実デブリ基礎物性データの取得
			・デブリのための核測定技術	・デブリのための核測定技術がない。	・デブリのための核測定技術の開発
			・デブリの収納・保管技術	・回収したデブリの収納技術は国内にはなし。（TMI の技術が参考可）	・デブリ収納缶の開発
			・デブリの処理・処分技術	・既存処理・処分技術の適用性は評価されてない。	・デブリ処理・処分方法の検討
			・水張り困難時の燃料取出し技術	・水張りなしで燃料を取出す既存工法はない	・水張りなしの燃料取出し工法の開発。

表 1 中長期的措置における課題と研究開発項目について（４／５）

	作業要素	課題	必要な技術またはデータ	既存技術、データの適用性評価	研究開発項目
目 公衆安全に対するリスクマネジメント	未臨界維持	・デブリ廻りの冷却水量が変化する場合に臨界になるリスクが増える可能性がある。	・飛散抑制技術 ・モニタリング技術	・Ⅰ④と同様	・Ⅰ④と同様
	デブリの安定冷却の維持	・各作業における原子炉の循環冷却注水への影響評価	・各作業におけるリスク評価	・既存技術(PSA)により評価可能。	—
	環境への放射性物質拡散防止	・原子炉建屋上部のガレキ撤去時の空気中への放射性物質が多量に飛散する可能性がある	・Ⅰ①と同様	・Ⅰ①と同様	・Ⅰ①と同様
		・RPV/PCVは海水に長期間曝されていたため、腐食により長期間バウンダリの健全性が維持できなくなる可能性がある。	・海水に曝されていた RPV/PCV 腐食による長期健全性評価データ	・海水に長期間さらされていた RPV/PCV の健全性評価データはなし。	・海水に長期間さらされていた RPV/PCV の腐食に対する長期健全性評価データの取得
		・高温の海水で長期間曝されていたため、防錆剤が有効に効かない可能性がある。	・高温の海水に曝されていた機器に対する腐食抑制技術	・高温の海水に曝されていた場合の既存の腐食抑制剤の有効性については評価されていない。	・高温の海水に曝されていた RPV/PCV に対する腐食抑制剤の選定または開発
		・海水成分を含む汚染水処理により発生する二次廃棄物(廃ゼオライト、廃スラッジ、濃縮廃液等)の処理・処分方法、安定的な長期保管方法について決まっていない。	・二次廃棄物の安定的な保管・処理・処分技術	・原子炉や再処理等から発生する廃棄物に適用される廃棄体評価が参考となるが、性状により新たな評価が必要。	・二次廃棄物の性状分析 ・廃棄体化検討・処分方法検討
			・モニタリング技術	・既存技術でモニタリング可能	—
		・作業で発生した放射性廃棄物の扱いが未定	・放射性廃棄物を分類するための性状分析技術	・既存の分類をもとに整理が可能 ・性状分析は廃棄物の性状に応じた分析が必要	・放射性物質の性状に応じた分析技術
			・放射性廃棄物の処理、処分技術	・廃棄物の形態により新たな扱いが必要となる可能性がある。	・廃棄物の処理・処分方法の検討
		・原子炉圧力容器上蓋を開放するため、二次格納施設が維持されていないため、放射性物質が環境へ拡散する可能性がある	・原子炉建屋からの放射性物質拡散防止技術 ・モニタリング技術	・コンテナによる原子炉建屋のカバーが適用可能 ・既存技術でモニタリング可能	—
		・海水への放射性物質の長期的に拡散を防止	・海水への拡散防止技術 ・モニタリング技術	・立坑からの止水、シルトフェンス設置、海水循環型浄化装置の設置運転、遮水壁の設置より拡散防止可能 ・既存技術でモニタリング可能	—
Ⅲ 作業安全に対するリスクマネジメント	作業員の被ばく低減	・各作業は高線量下での作業であるため、作業員が多量に被ばくする	・除染技術	・Ⅱ①と同様	・Ⅱ①と同様
			・遮蔽技術	・Ⅱ①と同様	・Ⅱ①と同様
			・高線量の放射線保護技術	・高線量下における作業性を考慮した外部被ばくの保護具はなし	・保護具の開発

表 1 中長期的措置における課題と研究開発項目について（5／5）

	作業要素	課題	必要な技術またはデータ	既存技術、データの適用性評価	研究開発項目
△ 事故進展の 説明	福島事故における炉心溶融進展挙動、PCV内挙動等の説明	・福島事故の炉心溶融進展挙動や PCV 内の挙動については、電源喪失によりプラントデータが不足しており、詳細な挙動について把握されていない。	・海水注入なども考慮した苛酷事故解析コード ・解析コードの高度化に必要なデータ	・既存の解析コード(MAAP, MELCOR, THALES, SAMPSON)による評価により事象進展の概要の把握は可能であるが、さらに詳細を把握するためには解析コードの高度化開発及びこれに伴うデータの取得が必要である。	・苛酷事故解析コードの高度化

表 2 遠隔技術に係る研究開発項目の課題の整理

	作業要素	研究開発項目	操作範囲	遠隔装置開発に係る課題									
				作業内容()内は例)							機構	制御	
			場所	計測(画像、形状測定、温度、湿度、放射線等)	除染	サンプリング	遮へい設置	穴開け/切断	止水	移動	狭隘/複雑形状空間での位置決め	マンマシンインターフェース	通信
遠隔操作技術の適用	原子炉建屋内の除染作業	遠隔汚染調査装置の開発	原子炉建屋内床面、内面、機器配管表面、PCV 外表面	○ (放射線)		○ (吸引)	○ (重量物運搬)			○ (段差、高所)	○	○	○
		遠隔除染装置の開発			○ (高圧スプレー、はつり)					○ (段差、高所)	○	○	○
	原子炉建屋、格納容器からの漏えい箇所の調査/格納容器外部からの内部状況調査	漏えい箇所遠隔調査装置の開発	原子炉建屋(水中含む)、PCV 外表面、サプレッションチェンバ外表面	○ (温度、放射線、赤外線、音)		○ (吸引)	○ (重量物運搬)	○ (穴開け)		○ (狭隘部)	○	○	○
		PCV 外部からの PCV 内部遠隔調査装置の開発		○ (放射線、音)							○	○	○
	原子炉建屋漏えい箇所止水・格納容器下部補修作業	PCV 遠隔補修装置の開発	原子炉建屋(水中含む)、PCV 外表面	○ (画像、形状計測)			○ (重量物運搬)	○ (穴開け)	○ (グラウト、溶接)		○	○	○
	格納容器内部調査・サンプリング	PCV 内遠隔調査装置の開発	PCV 内部、PCV 外表面	○ (画像、温度、湿度、放射線)		○ (吸引)	○ (重量物運搬)	○ (穴開け)			○	○	○
		遠隔サンプリング装置の開発	PCV 内部、PCV 外表面	○ (画像、放射線)							○	○	○
	格納容器上部補修	PCV 遠隔補修装置	PCV 外表面	○ (画像、形状計測)			○ (重量物運搬)	○ (穴開け)	○ (グラウト、溶接)		○	○	○
	炉内調査・サンプリング	炉内遠隔サンプリング装置の開発	原子炉建屋(燃料取替床)、原子炉圧力容器内部	○ (画像、放射性)		○ (吸引)	○ (重量物運搬)				○	○	○
	デブリ取出し	遠隔デブリ取出し装置の開発。	原子炉建屋(燃料取替床)、原子炉圧力容器内部	○ (画像)			○ (重量物運搬)	○ (穴開け、切断)			○	○	○