

福島第一原子力発電所廃止措置のための研究開発拠点整備と将来構想

平成26年2月17日

(独)日本原子力研究開発機構

1. 研究開発拠点整備の概要と整備計画
2. モックアップ試験施設の概要
3. アクティブ試験施設の概要
4. 今後の課題
5. まとめ

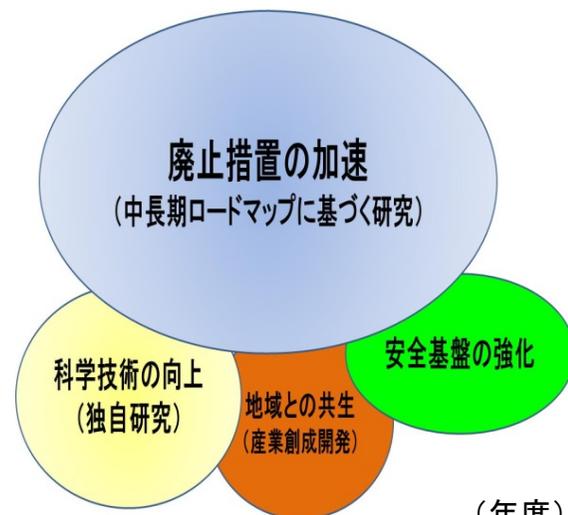
1. 研究開発拠点整備の概要と整備計画(1)

東京電力(株)福島第一原子力発電所1~4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ(75p)から抜粋

6. 研究開発及び人材育成 6-3 研究開発拠点施設の整備

放射性物質の分析・研究や災害対応ロボット等に関する技術基盤を確立するために、遠隔操作機器・装置の開発実証施設(モックアップ施設)及び放射性物質の分析・研究施設を整備する。当該施設は福島第一原子力発電所への対応を含む原子力施設の廃止措置等に向けた研究開発に活用する。整備に当たっては、関連する研究者のみならず幅広い専門分野の研究者が知見を持ち寄り、研究開発が実施できる体制の構築や、国際共同研究や海外人材の受け入れについても考慮する。現在、JAEA が建設・運営主体となり、検討を進めているところである。

新規整備施設の役割



○遠隔操作機器・装置実証施設(モックアップ試験施設) :

基本設計(完了)、平成26年度に建設開始予定。

○放射性物質の分析・研究施設(アクティブ試験施設) :

概念検討(実施中)、平成26年度から**設計**開始予定。



項目	2012 (H24)	2013 (H25)	2014 (H26)	2015 (H27)	2016 (H28度)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)	2020 (H32)	2021 (H33)	2022 (H34)	2023 (H35)	
遠隔操作機器・装置 実証施設		設計	建設	運用									
				○廃止措置に必要な研究開発に係る実証試験 ○遠隔操作機器等の屋内機能実証試験 ○作業者の訓練									
放射性物質分析・研究施設		設置						運用					
							増設	運用					
							○がれき、汚染水二次廃棄物、燃料デブリ等の放射性廃棄物の処理・処分技術開発等のための分析						

1. 研究開発拠点整備の概要と整備計画(2)

－ 研究開発拠点整備の基本的考え方－

東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置の加速

- 遠隔操作機器・装置の開発・実証試験のための施設(モックアップ試験施設)及び放射性物質の分析・研究のための施設(アクティブ試験施設)の建設及び必要な機器の整備。
- 廃止措置のために将来必要となる多様な試験に、柔軟に対応できる施設とする。

魅力ある国際的な研究拠点の創生

- 関連する研究者のみならず、幅広い専門分野の研究者が知見を持ち寄り、研究開発が実施できる体制(例えば、大学共同利用システム)の構築、利用しやすい運営を目指す。
- 国際共同研究、海外人材の受入れ等、国内外の英知の結集及び国際的に魅力ある拠点を目指す。
- 原子力安全高度化等に役立つ利用価値の高いデータの提供を可能とする。

地域との共生を図り、福島の復興に貢献する。

2. モックアップ試験施設の概要(1)

－ 施設整備に関する基本的な考え方 －

- 本施設には、放射性物質を持ち込まない。
- 「格納容器下部の漏えい箇所補修実証試験施設」及び「遠隔操作機器等に関する技術基盤確立のための開発実証試験用の施設」を整備する。
- 学生から研究者・技術者まで幅広く集い、新たな命題に一緒になってチャレンジできる場を提供。

2. モックアップ試験施設の概要(2)

－ モックアップ試験施設の役割 －

< 廃止措置に必要な研究開発に係る実証試験 >

- 格納容器下部の漏えい箇所補修技術
- 燃料デブリ取り出し工法や原子炉の解体工法等に係る実証試験など(必要に応じて試験棟を増設)

< 遠隔操作機器等の屋内機能実証試験 >

- 標準的な試験要素(階段、水槽等)を設置
- ロボットの性能評価に必要な設備(モーションキャプチャ等)を設置
- バーチャルリアリティやロボットシミュレータによる作業現場、作業環境をコンピュータ上で模擬

< 作業者の訓練 >

- 標準的な試験要素やバーチャルリアリティなどを用いた訓練(作業手順等の教育、遠隔操作装置の操作訓練など)

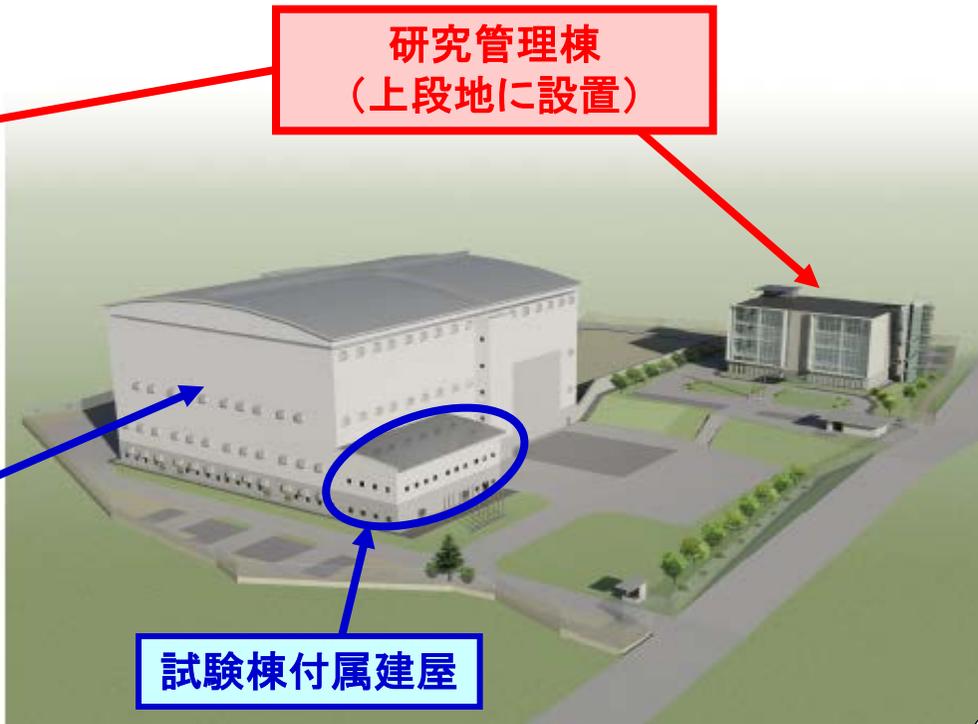
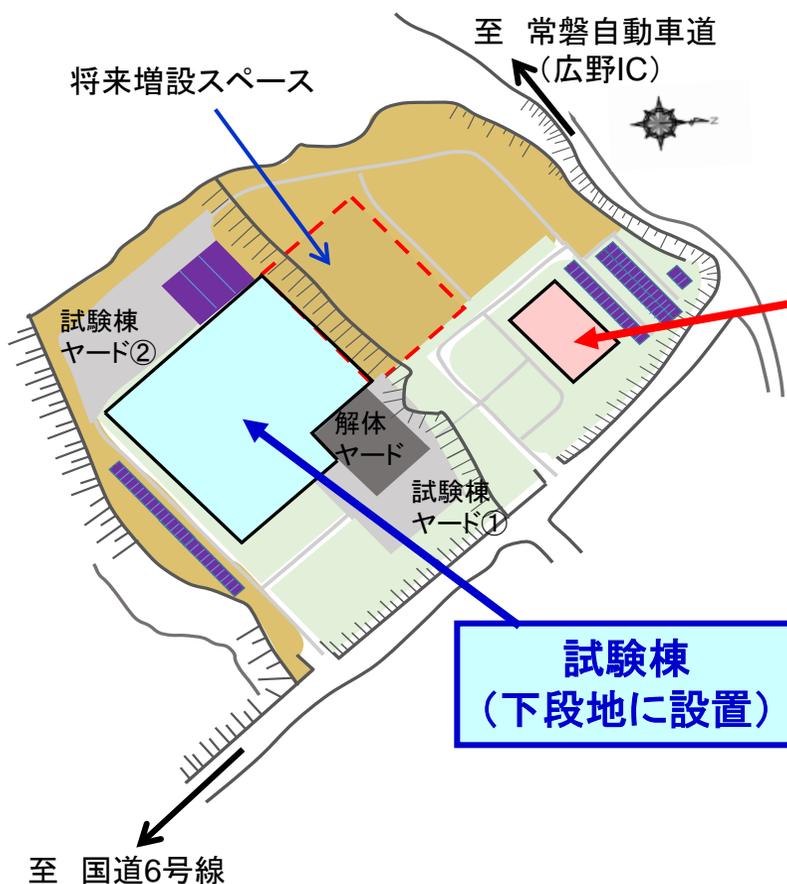
2. モックアップ試験施設の概要(3)

ー モックアップ試験施設のイメージ ー

「東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議」の指示に基づき、日本原子力研究開発機構が遠隔操作機器・装置の開発・実証施設の立地候補地に関する調査及び評価を実施し、第4回廃炉対策推進会議(H25年5月22日)において、**立地地点(楢葉南工業団地内)が決定**された。

<概要規模>

試験棟 : 幅60m × 奥行80m × 高さ40m
 研究管理棟 : 幅35m × 奥行25m × 高さ20m

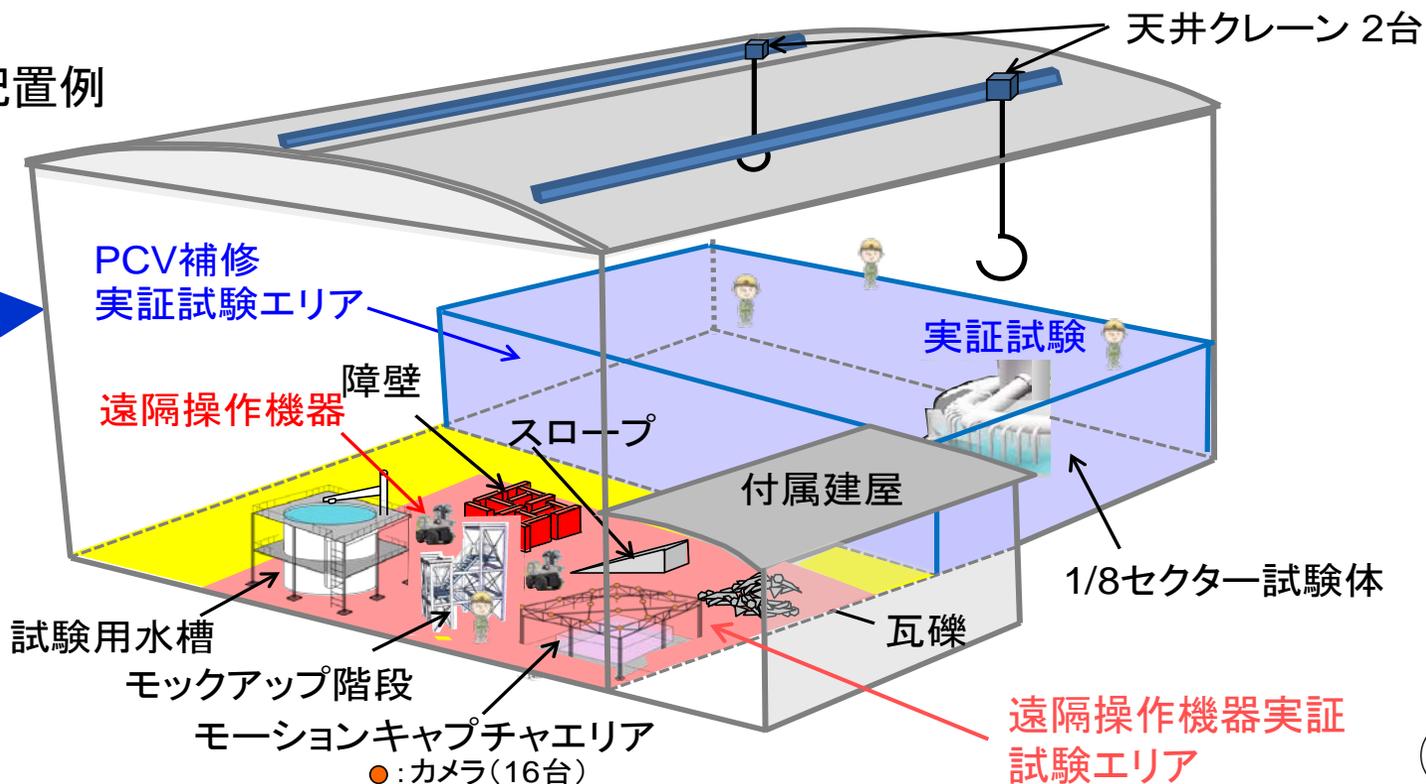


2. モックアップ試験施設の概要(4)

— 設備の具備すべき事項 —

- 天候に左右されることがない**屋内環境**
- 自由な試験設備を組める**揚重設備**
- 大型構造物を搬入設置できる**搬入口・搬入経路・床強度・固定設備**
- 性能実証に必要な**空間サイズ(有効平面・有効高さ)**
- 実証試験に必要な**動力・照明・空調・通信・給排水・各種機器設備**
- 人が行き来できる**キャットウォーク・昇降設備**
- 災害対応ロボットを操作し、状況を監視できる**研究室等**
- 1Fの状況をできるだけ再現できる**バーチャルリアリティ及びロボットシミュレータ**

試験棟内の配置例



試験棟

研究管理棟

<概要規模>

試験棟 : 幅60m × 奥行80m × 高さ40m
 研究管理棟 : 幅35m × 奥行25m × 高さ20m

2. モックアップ試験施設の概要(5)

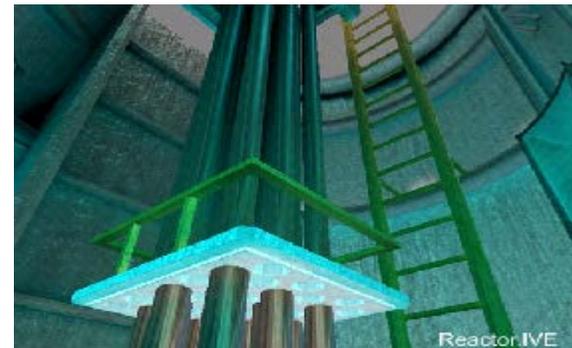
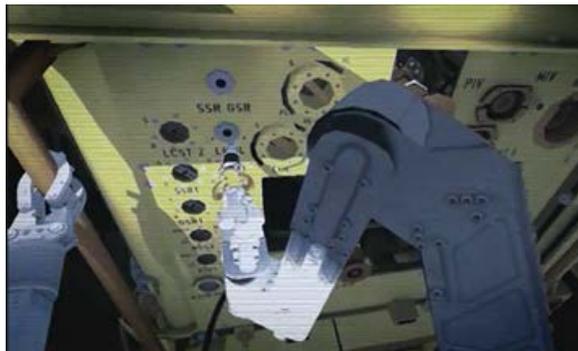
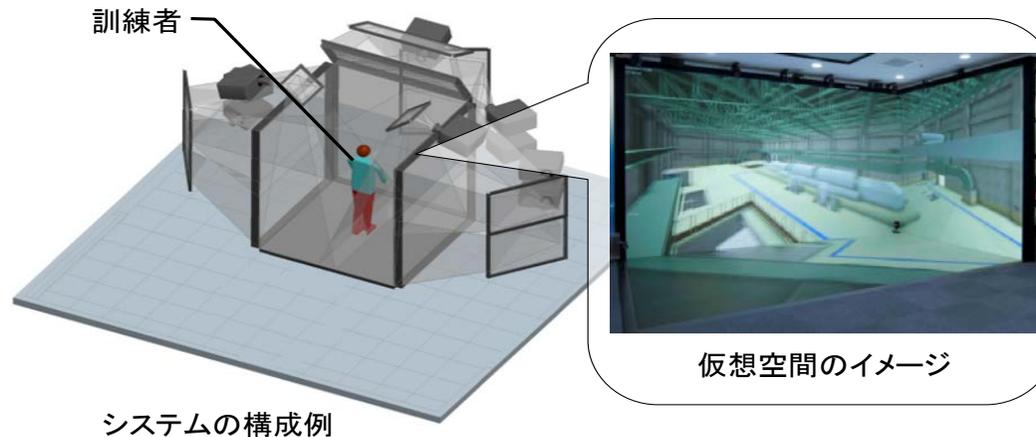
効率的な作業訓練等を実施するため、没入型バーチャルリアリティシステムの導入を検討

① 作業計画の確認

仮想現実空間の中で、計画した作業を実施することにより、作業方法・手順等が適切か確認する。

② 作業員の教育、操作訓練

人が立ち入れない現場を仮想現実空間で体験することにより、作業環境、作業方法・手順(下記例)の理解促進を図るなどの作業員の教育及び遠隔操作装置の操作訓練を行う。



2. モックアップ試験施設の概要(6)

1F建屋内の環境を模擬して、効率的な作業訓練、ロボットの設計、改造等を実施するため、ロボットシミュレータの導入を検討

設計にロボットシミュレータを活用

- ・ロボットを動かす基本プログラム、
- ・構成要素データ(形状、駆動系、センサー等)



設計

ロボットの改良

- ・ロボットを動かすプログラム、
- ・構成要素データ(形状、駆動系、センサー等)



動作チェック



ロボット操作訓練

- ・ロボットを動かすプログラム
- ・ロボットの基本動作データ



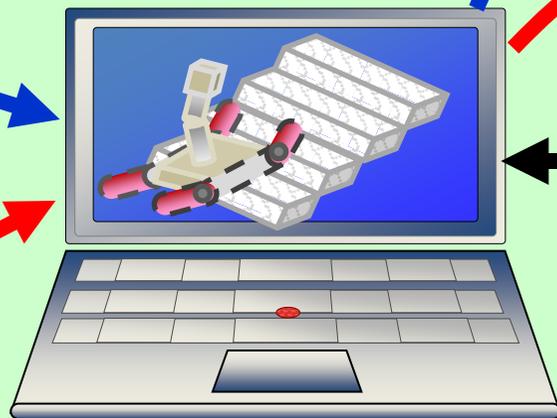
仮想訓練



実訓練

モックアップ試験施設
(試験棟内の研究室)

ロボットシミュレータ



1F施設データ



製作



改良

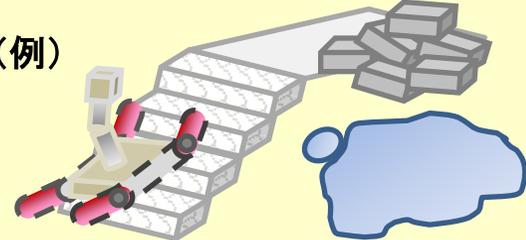


動作試験

動作試験

- モックアップ試験施設
(試験棟内の災害対応ロボット関係試験エリア)
- 福島第一原子力発電所
5,6号機

(例)



実際のロボット、階段、瓦礫等を用いた実操作訓練、試験

3. アクティブ試験施設の概要(1)

－ アクティブ試験施設の役割－

- 廃止措置を確実に実施するため、ガレキ、汚染水処理後の二次廃棄物、燃料デブリ、解体廃棄物など多種多様な放射性廃棄物の適切な管理・処理・処分の実現が不可欠。
- 放射性廃棄物の処理・処分方策の見通しをつけつつ、実際の廃棄物を分析し、その取扱いや処理のための研究を加速。
- さらに21世紀の世界を代表する放射性物質を取り扱う試験施設として、科学技術の向上、原子力安全の高度化や地域との共生にも貢献。

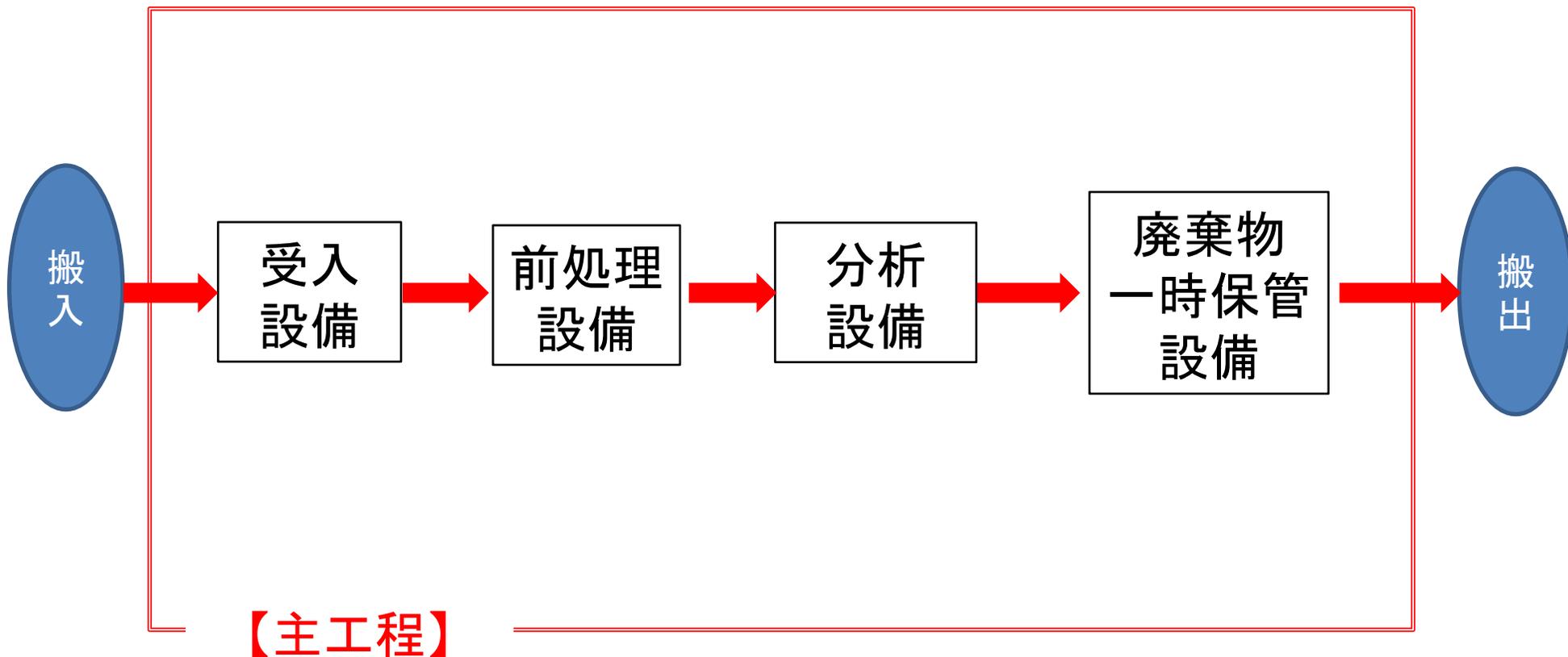
3. アクティブ試験施設の概要(2)

放射性物質の分析・研究施設で取り扱う分析対象物

ガレキ類	ガレキ、 伐採木、 土壌
汚染水二次廃棄物	スラッジ(除染装置内の沈殿物等)、 吸着材(吸着塔内のゼオライト等)、 淡水化处理材
燃料デブリ等	燃料デブリ、 炉構造材、 解体廃棄物

3. アクティブ試験施設の概要(4)

既設ホットラボ等の施設設備構成例



3. アクティブ試験施設の概要(5)

分析設備例



セルの一例



フードの一例



グローブボックスの一例

3. アクティブ試験施設の概要(6)

施設の設計及び運営利用に係る留意事項

- ガレキ等の放射性物質の定常的な分析と新たな分析手法の開発等のための研究開発を同時に実施できること。
- 現在想定される研究開発ニーズの他、新たな研究開発のためにも対応できるよう、多様な試験への柔軟性を有すること。
- データの再現性に加え、作業員の習熟度による違いが生じないように、分析操作の自動化範囲の拡大を図り、確実な試験を実施できるようにすると共に、非破壊検査の導入による迅速な測定及び分析機器の設置環境を最適化し、測定精度を確保できる信頼性の高い測定・評価システムを構築すること。



今年度中に概念検討を完了させ、平成26年度から設計を開始し、廃止措置スケジュールを念頭に進める(平成29年度内の運用開始を目指す)。

3. アクティブ試験施設の概要(7)

第6回東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議(平成25年11月14日)において示されたアクティブ試験施設の立地に関する技術的要件

- (1)福島第一原子力発電所からの試料(ガレキ、汚染水処理後の二次廃棄物、燃料デブリ等)の搬入及び搬入した試料の返送等を容易かつ安全に行うため、当該原発の構内又は隣接地であること。
- (2)建設工事の従事者及び本施設で分析や試験等に従事する技術者の被ばく低減のため、また本施設での精緻な分析を可能とするため、立地場所の環境放射線が支障のない程度に低いものであること。
- (3)円滑な建設工事の実施を担保する観点から、電気、水等のインフラが整備されているか、あるいは容易に整備可能であること。また、立地場所への進入路の拡幅等の措置がほとんど必要ない場所であること。
- (4)建設に必要な敷地面積を有するとともに、中長期ロードマップに明示されている工程の実現性を担保するため、比較的平坦で新たに大規模な造成工事等を必要としないこと。

➡ 現在、候補地を評価中

4. 今後の課題(1)

人材の育成とロボットの継続的改良・開発

原子力緊急時等に対応できるためには、開発したロボット等を操作できる人材を常に育成確保しておくことが重要であり、また、遠隔ロボット等を訓練に活用することにより、その機能の高度化を図っていくことも重要。

⇒ 福島第一原子力発電所に投入したロボットのうち他の原子力施設等で活用できる汎用性の高いものを選定し、継続的に人材育成に活用することが重要ではないか。

⇒ 本施設が継続的に活用されるために、JAEAとしても自らの施設の緊急時対応に必要な遠隔ロボット等のモックアップ試験および操作訓練の場として活用していく。

4. 今後の課題(2)

福島第一原子力発電所での作業環境をバーチャルリアリティやロボットシミュレータで迅速に模擬できるための技術開発

廃止措置作業を迅速・確実に実施するためには、格納容器内・原子炉容器内の調査から得られた3次元データをバーチャルリアリティシステムやロボットシミュレータに反映し、遠隔技術の開発、訓練等に速やかに生かすとともに、これらを踏まえ、福島第一原子力発電所5・6号機を活用した試験や、必要に応じ実作業箇所を模擬した施設のモックアップ試験を行うことが重要であり、そのための技術開発が必要。

福島第一原子力発電所の廃止措置に必要な作業環境を、最新の調査結果に基づきコンピュータ上で模擬できる機能を持つことは、福島第一原子力発電所に必要な遠隔技術の開発迅速化に寄与するとともに、モックアップ施設の効果的活用につながる。

4. 今後の課題(3)

地元企業との連携

遠隔技術は様々な技術の統合システムであり、個々の技術を持って
いる様々な異業種の企業等が参入できるような形で、福島第一原子
力発電所に持ち込むためのロボット技術等の開発を進めることが重
要。

⇒ロボット開発やモックアップ施設整備等に必要な部品、資材、
加工等を供給できる地元企業のデータベース化とネットワー
ク化

⇒福島第一原子力発電所の廃止措置に投入できるロボット技
術の開発をめざし、地元企業が参加するプロジェクトを立ち
上げ。

4. 今後の課題(4)

ロボットの試作・改良等に必要な工作機械等を備えた施設の整備

- ⇒ロボットの試作・改良には、旋盤、フライス盤等の工作機械が必要となるが、モックアップ試験施設を利用する研究者のためだけでなく、地元企業も使用できる共同利用施設として整備の必要性について検討する必要。
- ⇒今後、利用者ニーズを踏まえ、地元企業等への外注の可否等も含め検討する必要。

4. 今後の課題(5)

幅広い利用者

福島第一原子力発電所関連の遠隔技術開発や原子力緊急時等のための人材育成だけでなく、高専・大学生、研究者・技術者が幅広く集い、教育や研究等に活用できる工夫が必要。

⇒地元教育機関等と連携し、教育・人材育成の場として 活用

⇒研究員等の受け入れ、人材の相互派遣等を行った上で、高専、大学等と連携し、中長期的に持続可能な人材育成システムを構築。

4. 今後の課題(6)

大学等の多様な研究者が集まり、研究活動を支援するシステムの構築

廃止措置関連の研究施設のみならず、福島県環境創造センターの整備など、幅広い研究活動の展開が期待されることを踏まえ、大学等の研究者が集まり共同利用できるシステムの構築が重要。

国際共同研究活動の促進
(世界の原子力安全の高度化のために)

福島第一原子力発電所事故からその知見・教訓を最大限引出し、世界の原子力安全の高度化につなげていくことは我が国の責務。廃止措置の進展に伴い、原子力安全高度化研究等に役立つデータ等が得られることになり、また、積極的にそのようなデータの取得・提供を進めていくことが重要。

⇒IAEAやOECD/NEA等の場も活用しながら、中長期的な国際共同研究活動に取り組んでいくことを検討すべき。

4. 今後の課題(7)

研究者、企業等に魅力を感じてもらえる周辺環境の整備

幅広い分野の研究者、技術者が集まり、より良い成果を出していくためには、研究開発環境だけでなく、生活インフラの整備等の生活環境の整備が重要。

⇒交通、宿泊施設、商業施設等の他、研究者を呼び込むためのPR、地元企業によるサポートも必要。

4. 今後の課題(8)

モックアップ試験施設等を利用した、ロボット関連産業や放射性物質の分析研究機能を活用した放射性医薬品関連産業等、新たな産業創成の模索

<放射性医薬品の開発例>

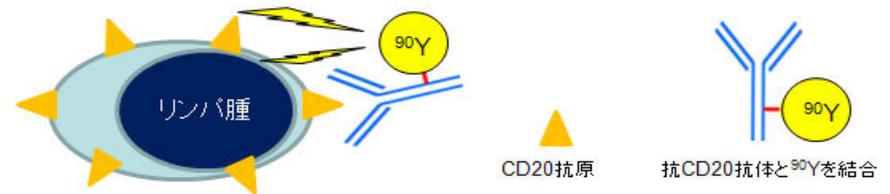
^{90}Sr (ストロンチウム)を ^{90}Y (イットリウム)に変えて、がん治療に役立てる。

(核変換)



^{90}Sr の半減期が ^{90}Y の半減期よりも十分長いため、 ^{90}Sr から ^{90}Y を分離して抽出した後も一定時間経過(この場合は、約1カ月)すると、繰り返し、抽出することができる(ミルクィング)。

がん細胞(リンパ腫細胞)に集まる性質のある物質に ^{90}Y を結合させ、それを体内に注入すると、 ^{90}Y からのβ線(電子線)により、がん細胞が選択的に死滅させることができる。

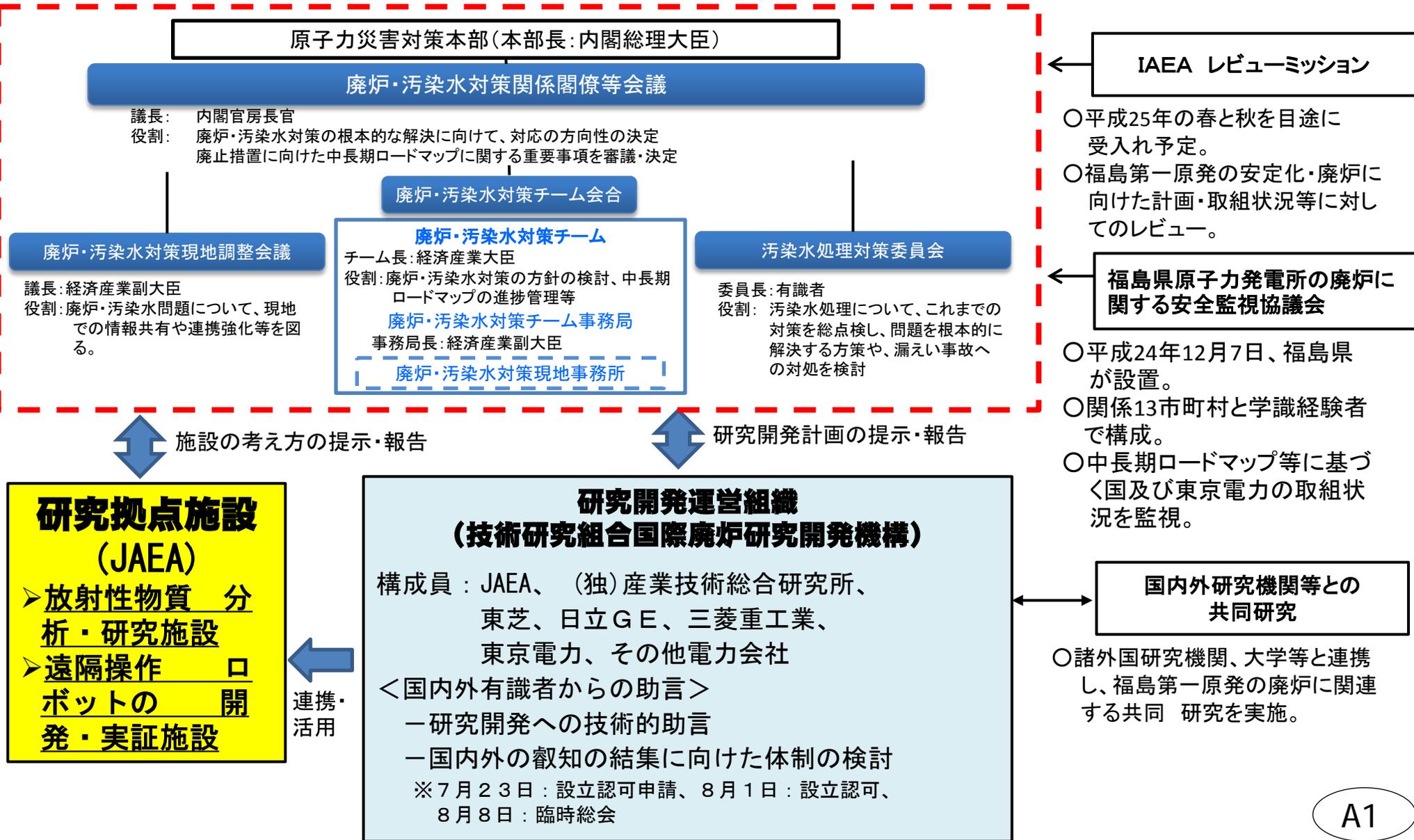


5. まとめ

1. 中長期ロードマップを念頭に置いて、1Fの廃止措置を加速するための研究開発拠点施設の整備を進める。
2. 国内外の英知を結集するための方策(大学共同利用システム等)の具体化、放射性物質の分析手法の高度化等を通じて施設の利用性を高めることにより、国内外からの利用促進を図り、もって魅力的な国際的研究開発拠点を確立する。
3. 研究開発拠点の技術と地域の特徴を生かし、産官学一体となった地域復興への貢献につなげる。

参考資料

研究開発に関する取組みの強化について



6-3 研究開発拠点施設の整備

放射性物質の分析・研究や災害対応ロボット等に関する技術基盤を確立するために、遠隔操作機器・装置の開発実証施設(モックアップ施設)及び放射性物質の分析・研究施設を整備する。当該施設は福島第一原子力発電所への対応を含む原子力施設の廃止措置等に向けた研究開発に活用する。整備に当たっては、関連する研究者のみならず幅広い専門分野の研究者が知見を持ち寄り、研究開発が実施できる体制の構築や、国際共同研究や海外人材の受け入れについても考慮する。現在、JAEA が建設・運営主体となり、検討を進めているところである。

(1) モックアップ施設

主な事業としては、原子炉格納容器下部の漏えい箇所を調査・補修するロボット等の機器・装置の開発、実証試験や、燃料デブリ取り出しに係る機器・装置開発、実証試験等を想定している。遠隔操作機器・装置の開発、実証施設としては、例えば、原子力施設解体に係る機器・装置の開発、実証試験の用途にも利用することも考慮する。原子炉格納容器下部補修等に関するモックアップ施設について、設計・建設工事を2013年度から開始し、2014年度内の運用開始を目指す。

(2) 放射性物質分析・研究施設

主な事業としては、燃料デブリや放射性廃棄物などに含まれる難測定核種分析手法等の開発や、燃料デブリや汚染水処理後の二次廃棄物等の性状把握、処理・処分技術の開発等を想定している。放射性物質の分析・研究施設については、概念検討を2013年度から開始し、許認可手続きを経て建設工事を行い、2017年度内の運用開始を目指す。

6-4 中長期の視点での人材育成及び大学・研究機関との連携

廃止措置に向けた取組は、終了までに30～40年程度かかると見込まれることから、廃止措置に係る現場作業及び研究開発プロジェクトを進めるに当たっては、中長期的な視点で人材確保・育成していくことが重要であり、政府の強力な人材育成推進体制の下、大学等の教育・研究機関やJAEA及び民間が連携して人材育成を実施していくことが必要である。その際には、廃炉対策推進会議で、中長期的視点での人材育成に関する重点分野を設定するとともに、中核となる大学・研究機関(中核拠点)を選定し、政府・JAEA・民間が連携して共同研究を進めていく。この分野別の中核拠点は、連携すべき他の大学・研究機関との間で、基盤研究プロジェクトの推進を行うだけでなく、研究者・学生等の参加を広くしていくための人材育成に関する取り組みにおいてリーダーシップを発揮することが期待される。また、廃止措置に係る人材育成だけでなく、福島第一原子力発電所の事故の経験を踏まえたシビアアクシデント研究の人材育成を図ることは、国内外の原子力施設の安全基盤の強化に資する観点からも重要である。また、中核拠点をはじめ、大学・研究機関との連携強化を図るため、共同研究を進めることはもとより、連携講座、大学間連携プログラム、集中ワークショップやセミナーの開催等の支援を行うとともに、現場の最新状況・データ、技術ニーズに関する密接な情報共有・提供を図るための情報・データのアーカイブ化、最新状況のアップデートを行うための仕組み等を検討する。

8-1 地域との共生

福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた取組は、周辺地域の住民の安心・安全に深く関わるものであることから、各工程の作業に地域との共生の観点も踏まえて取り組むことが重要である。また、廃止措置に向けた作業では、装置・機器等の技術開発や資材調達において、地元企業、人材を積極的に活用することが期待されている。そのため、廃止措置作業に係る機器・用品供給等を長期的に担う地元企業の育成、新規の企業設立等により地域経済の活性化を図る。東京電力は、廃止措置に向けた取組において、地元からの資材発注を促進するよう発注先に働きかけていく。また、福島県内にて企業とのマッチングの場を設けるなどの取組により地域経済の活性化を図る。このほか、遠隔操作機器・装置の開発実証施設(モックアップ施設)及び放射性物質の分析・研究施設の整備を通じて、地域雇用の創出を図る。