

東京電力福島第一原子力発電所  
の廃炉作業に係る安全研究事業

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ  
システム安全研究部門

# 原子力規制委員会における安全研究

- 原子力の安全確保に向けた技術・人材の基盤の構築
- ・最新の科学的・技術的知見に基づく規制基準の継続的改善
  - ・安全研究の実施等による最新の科学的・技術的知見の蓄積
  - ・原子力規制人材の確保及び育成の仕組みの確立

今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針 平成30年7月18日

- ・原子力規制委員会の中期目標、1F事故の教訓、IAEAによる規制評価での指摘、審査や検査の経験、海外規制機関の動向等を踏まえ、今後推進すべき安全研究の分野を選定
- ・分野ごとに重要な研究課題を設定し、「安全研究プロジェクト」を実施

横断的原子力安全

- ①外部事象
- ②火災防護
- ③人的・組織的要因

原子炉施設

- ①リスク評価
- ②シビアアクシデント
- ⋮
- ⑥特定原子力施設

核燃料サイクル・廃棄物

- ①核燃料サイクル施設
- ②放射性廃棄物
- ③廃止措置・クリアランス

原子力災害対策・放射線規制等

- ①原子力災害対策
- ②放射線規則・管理
- ③保障措置、核物質防護

【インプット】技術基盤グループにおける安全研究  
(人員:研究職等約170名、予算:約96億円(令和元年度))

【アクティビティ】規制ニーズ等を考慮し策定された実施方針に基づく安全研究と調査

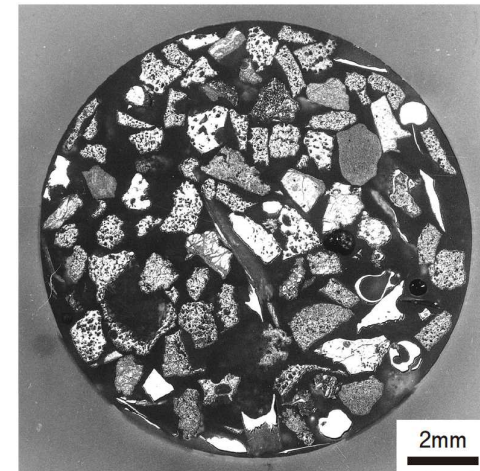
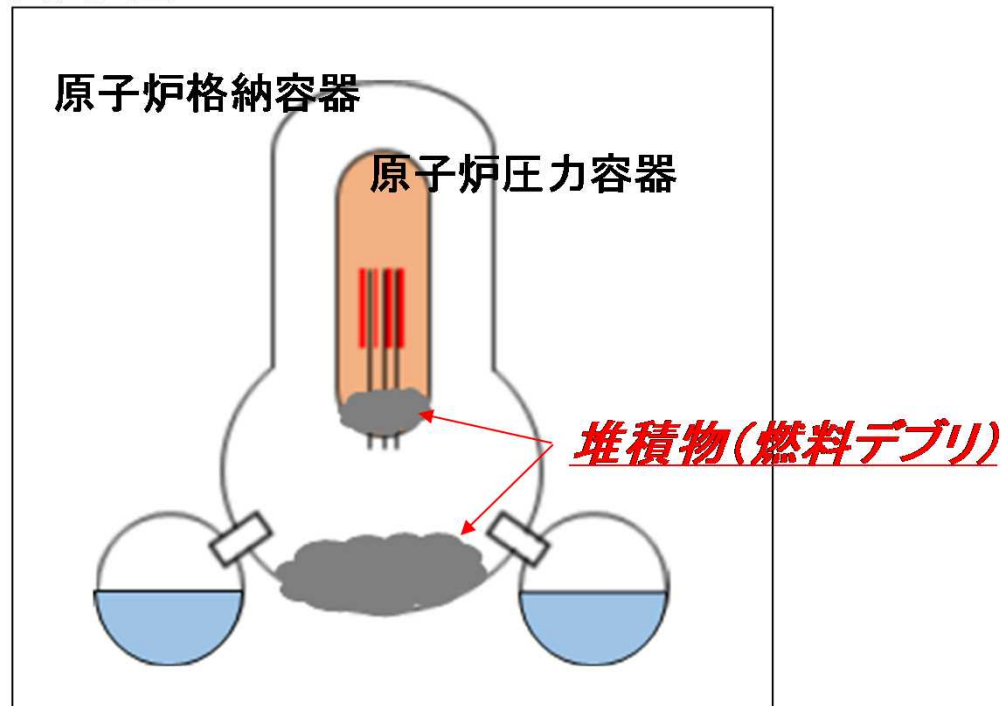
【アウトプット】規制活動向上のための検討資料、学術論文、解析コード等  
(原子炉施設等の安全性に係る最新知見、審査や基準の妥当性判断のための知見、基準やガイド策定のための知見)

【アウトカム】厳正な規制及び規制基準の継続的改善  
(職員及び組織全体の科学的・技術的専門性向上及び原子力規制を支える強固な技術基盤の構築と維持)

【政策目的】原子力に対する確かな規制を通じて、人と環境を守る

# 東京電力福島第一原子力発電所事故で発生した放射性廃棄物等の特徴

## 原子炉建屋



### 燃料デブリの例\*

核燃料や炉内構造物が複雑に混合し、様々な大きさや形をもったTMI-2燃料デブリ

- 事故によって、燃料デブリ(核燃料と炉内構造物やコンクリート等の構造材が溶融し再度固化したもの)をはじめとする多様な放射性廃棄物等が発生している。
- これらに含まれる放射性物質の量・種類・混ざり具合によって、放出される放射線の影響が異なるが、現時点では確定的な情報がまだ得られていない。

\* 出典: 日本原子力学会誌, Vol.56, No.4, (2014)

## 東京電力福島第一原子力発電所事故の 原因究明に係る継続的な取組

### 【原子力規制委員会設置法】

原子力規制委員会の所掌事務に「原子炉の運転等に起因する事故の原因及び原子力事故により発生した被害の原因を究明するための調査に関すること」(第4条第1項第11号)が定められている。

### 【政府事故調報告書】

国、電力事業者、原子力発電プラントメーカー、研究機関、関連学会といったおよそ原子力発電に関わる関係者(関係組織)は、今回の事故の検証及び事実解明を積極的に担うべき立場にあり、こうした未解明の諸事項について、それぞれの立場で包括的かつ徹底した調査・検証を継続するべきである。特に国は、……引き続き事故原因の究明に主導的に取り組むべきである。とりわけ、放射線レベルが下がった段階での原子炉建屋内の詳細な実地検証(地震動の影響の検証も含む。)は必ず行うべき作業である。

## 本事業を行う必要性

- 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉作業においては、燃料デブリをはじめとする多様な放射性廃棄物等を安全に取り扱わなければならない。今後の廃炉作業の実施計画を確認する際に参考となる放射性廃棄物等の処理・管理・輸送に係る規制当局としての技術的な着眼点を抽出することが、また特に燃料デブリについては、不確かな組成をとる燃料デブリの放射線の放出挙動を評価する手法を整備することが重要である。
- 廃炉作業の進捗に伴い可能となった現地調査や事故試料分析等を継続的に行い、原子力規制委員会設置法で定められている事故の原因究明を行うとともに、廃炉作業の安全性や今後の原子力規制の向上に資することが重要である。

## 事業の目的と実施項目

### 【目的】

東京電力福島第一原子力発電所の廃炉作業における多様な放射性廃棄物等を安全に取り扱うために必要となる、処理・管理・輸送に係る規制当局としての技術的な着眼点を抽出し、特に燃料デブリについては、不確かな組成をとる燃料デブリの放射線の放出挙動を評価する手法を整備する。

また、継続的に事故の原因究明を行い、廃炉作業の安全性や今後の原子力規制の向上に資する。

### 【実施項目】

1. 燃料デブリの放射線放出挙動評価手法に関する安全研究
2. 多様な放射性廃棄物等の処理・管理・輸送に関する安全研究
3. 放射性物質の組成・移行挙動に関する安全研究
4. 事故の原因究明に資する詳細な分析・評価

## 本事業の変遷

### 燃料デブリの臨界管理に係る評価手法の整備事業 (H26～R3 予定)

1. 燃料デブリの放射線放出挙動評価手法に関する安全研究

### 東京電力福島第一原子力発電所事故の分析・評価事業 (H26～R3 予定)

4. 事故の原因究明に資する詳細な分析・評価

事業の統合

R1年度から再編成・新規項目立て

### 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉作業に係る安全研究事業 (H26～R3)

1. 燃料デブリの放射線放出挙動評価手法に関する安全研究
2. 多様な放射性廃棄物等の処理・管理・輸送に関する安全研究 (新規)
3. 放射性物質の組成・移行挙動に関する安全研究 (新規)
4. 事故の原因究明に資する詳細な分析・評価

## 実施内容 (1/4)

### 1. 燃料デブリの放射線放出挙動評価手法に関する安全研究 (H26～R3)

- 燃料デブリの多様な性状(燃料デブリの組成、ウラン含有率、水分含有率、不均一性、形状等)を考慮し、燃料デブリの放射線の放出挙動の評価や取出し作業を想定した放射線放出挙動の変化の評価に資する基礎データ・技術基盤を整備

#### 具体的な内容

- 燃料デブリの多様な性状が複雑に分布にした体系等を評価対象とするための解析システム開発と基礎データ評価
- 燃料デブリを模擬した材料を用いた臨界実験及びこれに向けた準備
- 取出し作業時の放射線放出挙動の変化の評価に資する解析システム構築

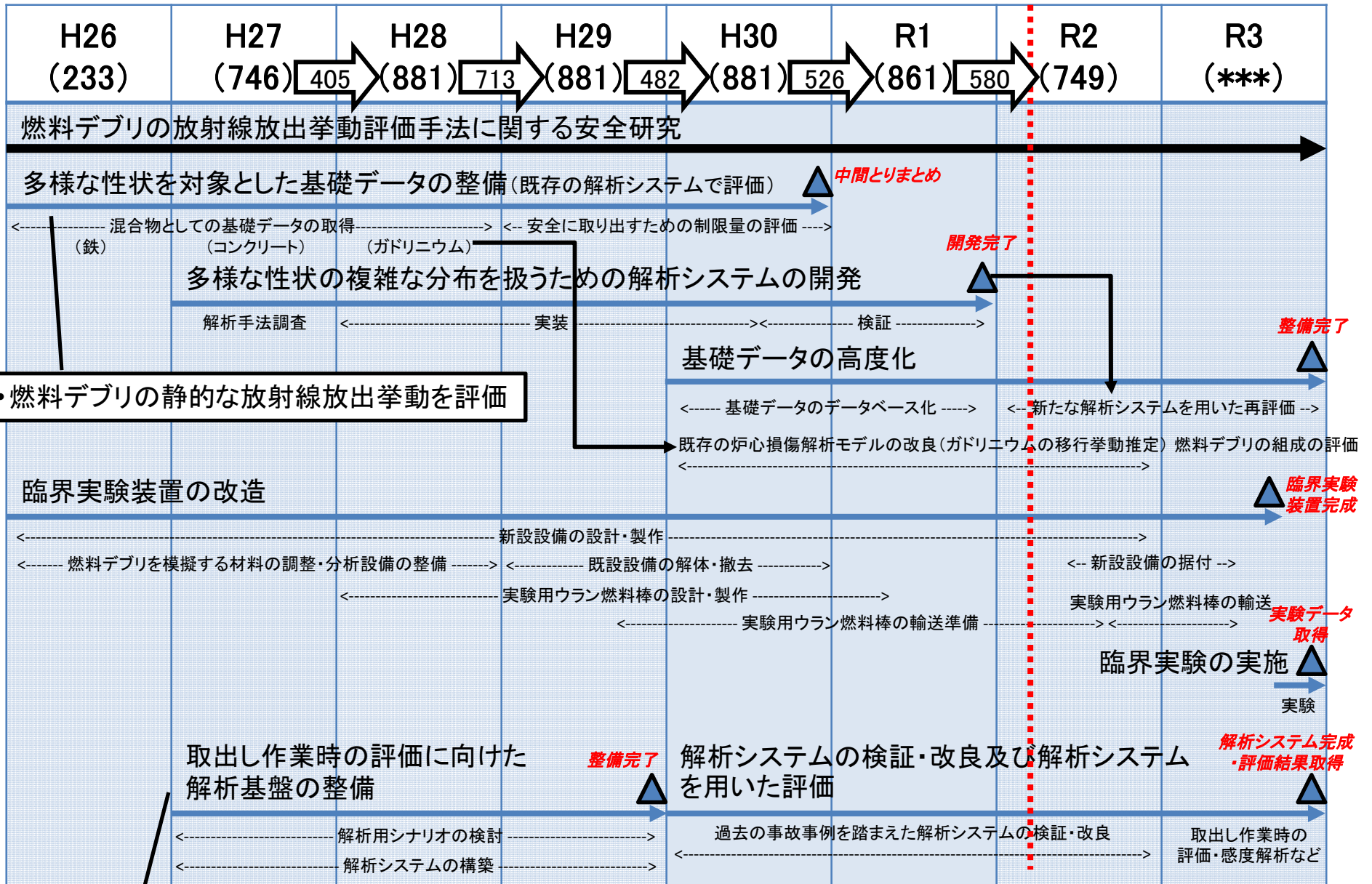
#### アウトプット

- 燃料デブリの放射線放出挙動評価に関する基礎データ
- 燃料デブリを模擬した材料を使用可能な臨界実験装置及び実験データ
- 取出し作業時の放射線放出挙動の変化の評価のための解析システム  
など



# 実施スケジュール及びこれまでの成果

(事業費及び繰越額(単位:百万円))



• 燃料デブリの静的な放射線放出挙動を評価

• 取出し作業による形状変化などの動的な放射線放出挙動の変化を評価

## 実施内容 (2/4)

### 2. 多様な放射性廃棄物等の処理・管理・輸送に関する安全研究 (R1～R3)

- 多様な放射性廃棄物等(サイト内の滞留水、未処理水、ガレキ等)の特性を踏まえた処理・管理・輸送を安全に実施するための、放射性物質の分析方法等に関する知見を取得

#### 具体的な内容

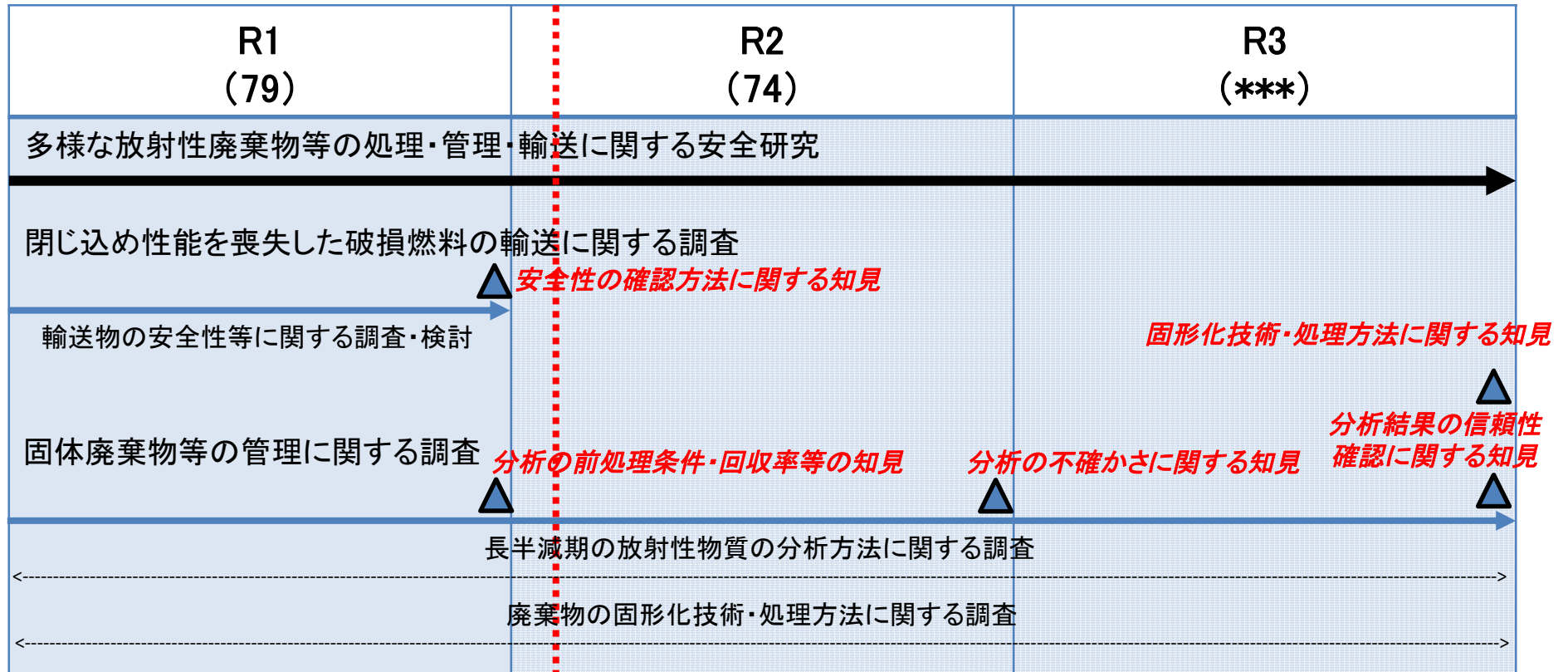
- 閉じ込め性能を喪失した破損燃料の輸送の安全性に関する調査
- 固体廃棄物等に含まれる放射性物質の分析方法の調査
- 汚染水や滞留水の処理で発生する固体廃棄物等の管理方法に関する調査

#### アウトプット

- 閉じ込め性能を喪失した破損燃料を収納した輸送物の安全性評価に関する知見
- ガレキ等に付着している長半減期の放射性物質の分析方法に関する知見
- 汚染水や滞留水の処理で生じる廃棄物等の処理方法に関する知見

# 実施スケジュール及びこれまでの成果

(事業費(単位:百万円))



## 実施内容 (3/4)

### 3. 放射性物質の組成・移行挙動に関する安全研究 (R1～R3)

- 東京電力福島第一原子力発電所の様々な場所から採取された事故試料分析データを調査・整理するとともに、原子炉建屋及び格納容器内部の放射性物質の組成・移行挙動に関する知見を取得

#### 具体的な内容

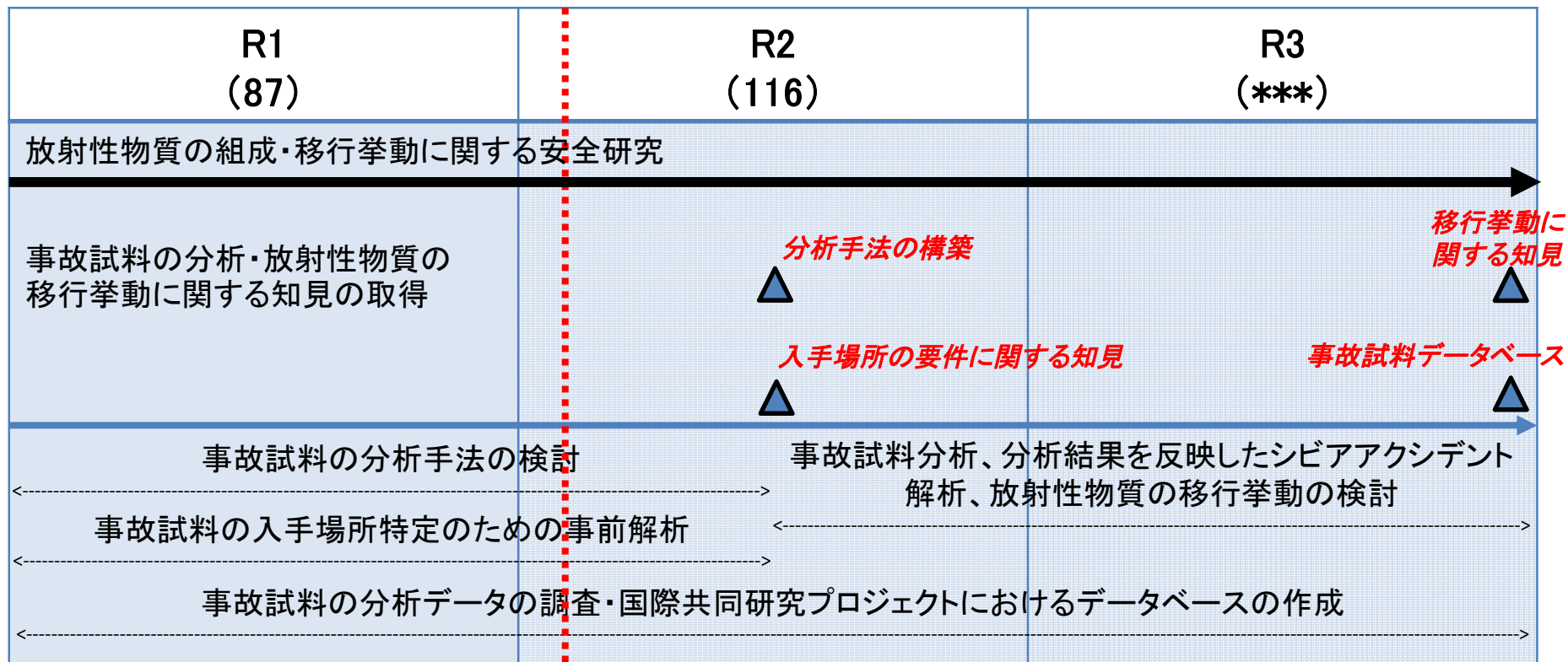
- 東京電力福島第一原子力発電所の原子炉建屋内で採取された試料のデータの収集・整理、追加分析及びこれに必要な分析手法の構築
- 放射性物質の移行経路や分布について、化学形態を含めた推定及び分析すべき試料の特定に活用するための解析

#### アウトプット

- シビアアクシデント時の放射性物質の移行経路や挙動に関する知見
- 上記に資する分析手法及び解析手法の構築・改良
- 東京電力福島第一原子力発電所で採取された試料の情報及びこれを取りまとめたデータベース

# 実施スケジュール及びこれまでの成果

(事業費(単位:百万円))



## 実施内容 (4/4)

### 4. 事故の原因究明に資する詳細な分析・評価 (H26～R3)

- 国会、政府事故調において引き続き検証等が必要とされた事項等について、継続的に詳細な分析・評価を実施し、事故の原因を究明

#### 具体的な内容

- 放射性物質の放出経路の把握のための建屋等の高線量箇所の調査・分析
- 高線量箇所の把握に用いる検出器の開発
- 事故時の閉じ込め機能の把握のための調査・分析

#### アウトプット

- 事故時の機器の損傷・不具合や水素爆発の要因など、廃炉作業の安全性や今後の原子力規制の向上に資する知見

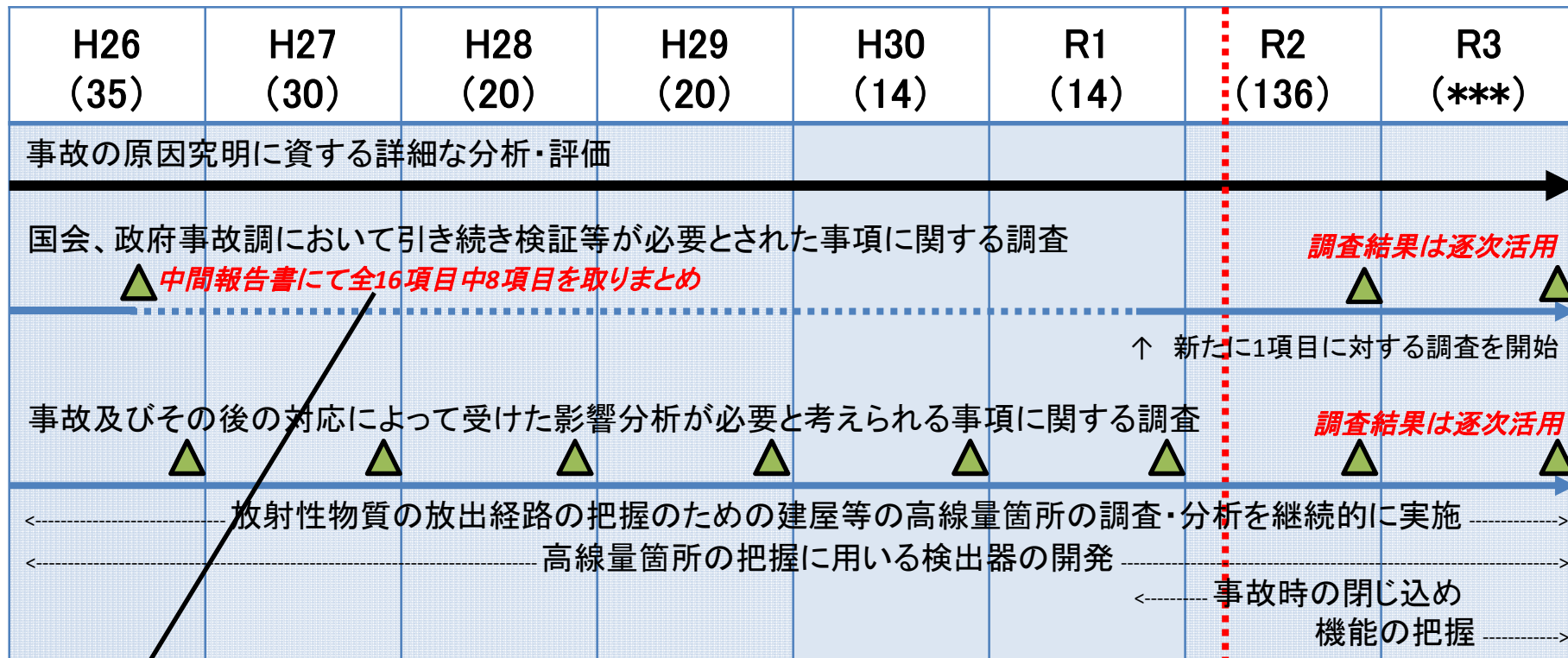


現地調査結果\*  
3号機原子炉建屋3階  
(令和元年12月12日撮影)

\* 出典:東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第9回会合資料2

# 実施スケジュール及びこれまでの成果

(事業費(単位:百万円))



- 1号機での小規模漏えいの発生
  - 1号機 A系非常用交流電源系統の機能喪失
  - 1号機原子炉建屋4階での出水
  - 1号機非常用復水器の作動状況
  - 4号機原子炉建屋における水素爆発
- など

# 国会、政府事故調において引き続き検証等が必要とされた事項

## 地震動による機器・配管系の 損傷の可能性について

- (1)LOCAの可能性について（※IC系配管を除く）  
配管の微小な貫通亀裂からの小規模LOCAの可能性  
1号機SR弁が作動しなかった可能性
- (2)IC系配管の損傷の可能性について  
1号機原子炉建屋内での出水  
IC状況音でなかった可能性  
IC手動停止の原因
- (3)1号機A系DGの損傷の可能性について  
1号機A系DGの停止時刻
- (4)観測記録による地震応答解析の問題について  
敷地内の南北における地盤特性の差異  
現地調査において5号機を代表号機とした点  
耐震補強工事実施の有無

## 格納容器圧力上昇について

- (5)格納容器圧力の上昇  
地震による配管損傷、小規模LOCAの可能性
- (6)スロッシングによる格納容器圧力上昇  
S/C水面の動揺によるダウンカマ露出の可能性

(○) ××× : H26年度に中間報告書にてとりまとめ

(○) ××× : R1年度から調査・分析を開始

## 水素爆発について

- (7)コアコンクリート反応の影響評価  
1号機におけるコアコンクリート反応の発生の可能性  
3号機におけるコアコンクリート反応の発生の可能性
- (8)4号機原子炉建屋爆発の水素発生源  
3号機から逆流した水素量  
4号機SFPにおける水素発生量
- (9)水素爆発の着火要因  
金属摩擦、漏電等の可能性

## 1～3号機の機器損傷等について

- (10)1号機ICの機能喪失  
弁の開閉状況
- (11)2号機S/C圧力計の故障  
格納容器破損の可能性  
電気系統トラブルの可能性
- (12)3号機RCICの停止  
蒸気止め弁機械機構部の不具合の可能性

## その他

- (13)3号機SFPの再臨界の可能性  
水素爆発後に確認された水蒸気の発生原因
- (14)水力学的動荷重による格納容器破損  
S/Cでの蒸気等の放出に伴う局所的動荷重の発生による損傷の可能性
- (15)津波到達後の圧力容器の損傷部位
- (16)津波到達後の格納容器の損傷部位



## 本事業のアウトカム

- 燃料デブリを含む放射性廃棄物等の取扱い、処理、管理、輸送に係る技術的な知見は、東京電力福島第一原子力発電所での廃炉作業が安全に進められることの確認において活用。
- 事故の原因究明を通じて得られた知見は、廃炉作業の安全性や今後の原子力規制の向上に資する知見としても活用。

## 実施上の問題

### 臨界実験装置の改造に係る予算の繰越

・H27～R1については、燃料デブリを模擬した材料を用いた臨界実験のための装置の改造に関する作業が遅延しており、当該作業に係る予算を翌年度に繰り越して実施

(単位:百万円)

年度	繰越理由	繰越額
H27		405
H28	新規制基準で新しく要求されている地震・津波などの外部事象への対応に時間を要したことで、臨界実験装置の改造(装置本体への新設機器の取付、実験用ウラン燃料棒の製作・輸送)に必要な許可・認可の取得が遅れた。 これにより、改造工事や輸送作業の工程が当初計画よりも遅れることになった。	713
H29		482
H30		526
R1		580

## 【参考】事業者における研究開発の動向 (燃料デブリ取出しに係るもの)

### IRID(国際廃炉研究機構)などの事業者における研究開発

現場での取り出し作業の計画立案及び実施に必要な研究開発が行われている。

- 燃料デブリ取り出しのための内部調査技術の開発
- 燃料デブリの取り出しの工法(取り出しアームなどの機器設計など)
- 臨界防止策の中性子吸収材の開発(非溶解性の材質の開発など)
- 臨界検知方法の開発(ガンマ線を検出する機器設計など)



### 原子力規制庁における安全研究

規制当局として安全性を確認するための基礎データの取得、技術的着眼点の抽出などを行う。