

2018/7/25

第53回 地盤工学研究発表会

廃炉までのシナリオと 技術マップの活用

2018年7月25日

廃炉地盤工学委員会 幹事

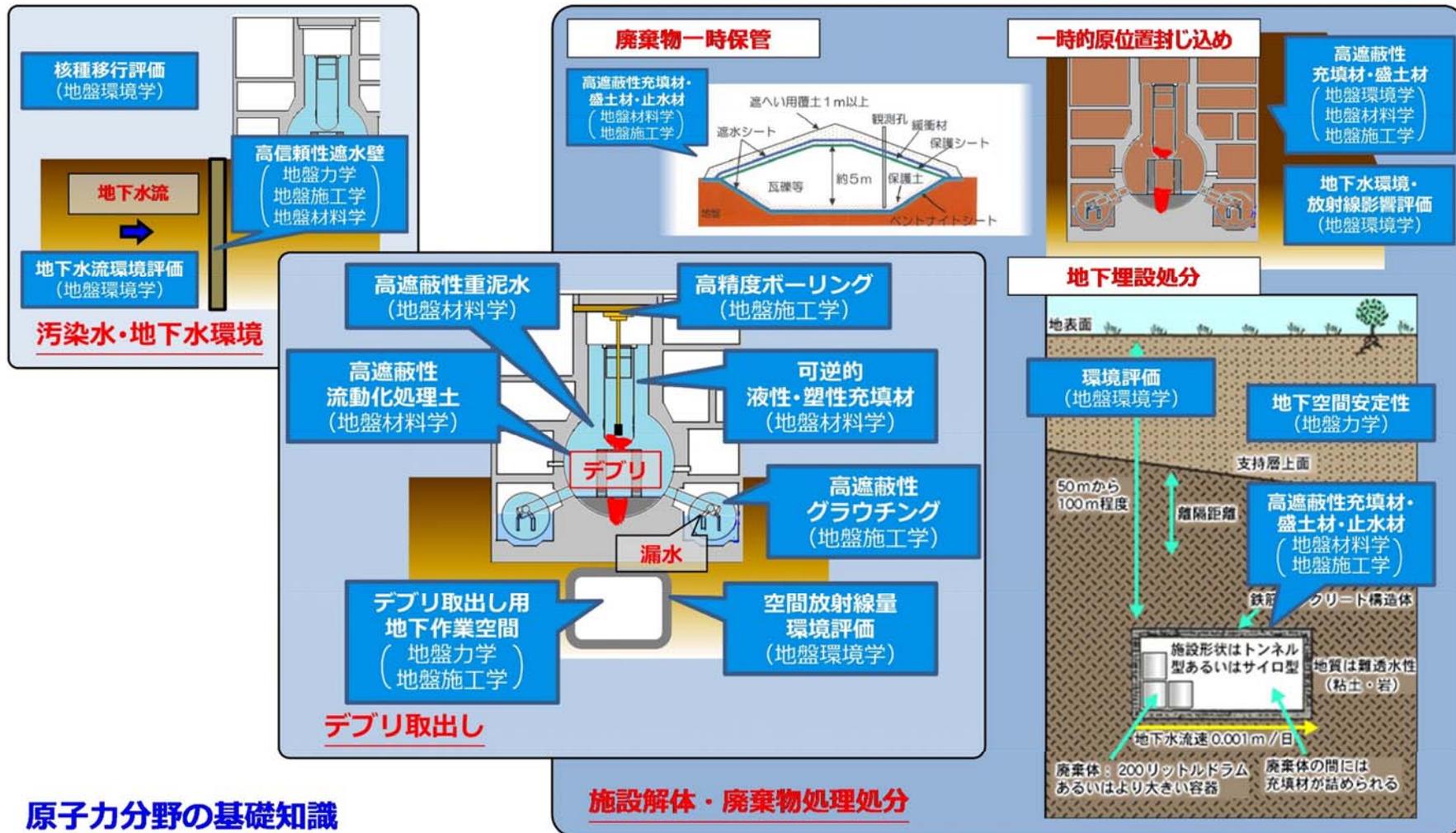
菱岡 宗介 (パシフィックコンサルタンツ株式会社)

目次（構成）

1. はじめに
2. 技術マップの活用
3. 廃炉シナリオに対する地盤工学的技術の適用性

1. はじめに

(1) 廃止措置に寄与可能と考えられる地盤工学技術



整理した作業グループを、廃炉までの時系列に沿う形で、 基本的なシナリオ素案として構築。



なお、これらの各作業グループは、戦略プランに示された技術要件を整理すると、左図のように、他の作業グループと関連しつつ、詳細な作業項目・検討すべき事項などで構成される。



【シナリオの目的】

政府・国・東京電力などが考える廃炉までの事業の流れ・考え方を正しく理解・把握し、これにより後述する技術マップに掲げた廃炉に寄与可能と考えられる様々な地盤工学的技術を、実情に則し且つ説得力ある形で提示していく。

※出典 『東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ (案)』平成29年9月, 廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議
『東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2017』2017年8月, 原子力損害賠償・廃炉等支援機構

2. 技術マップの活用

(1) 技術マップの構成

- 地盤工学会が考える廃止措置に至る時系列的な流れ

- ① 汚染水・地下水環境の制御段階
- ② 燃料デブリの取り出し段階
- ③ 施設の解体・廃棄物の処理処分段階

- 廃炉地盤工学の学問単元に基づく技術の区分

- **地盤力学**

原子炉廃止措置の各段階で生じる構造物及び地盤の形態変化について、地震等に対する安定性を検討するための技術群。

- **地盤環境学**

廃止措置過程において必要な地盤内（地下水、地下空洞等）の放射線環境を予測・評価・改善するための技術群。

- **地盤材料学**

廃止措置に有効な地盤系材料（ボーリング補助液、止水材、グラウト材、覆土材料等）を開発・改良する技術群。

- **地盤施工学**

廃止措置における環境的・構造的条件を考慮して、最適な工法・材料を選択し、廃止措置過程を実体化させるための技術群。

(2) 技術マップの構築（データベース化を見込んで）

- 廃炉地盤工学委員会を構成するメンバーより提供頂いた技術情報について、技術マップでの位置付け（廃炉地盤工学における学問単元と時系列区分）を明らかにし、以下の項目に基づき整理・集約。

【技術情報の項目】

- 技術の名称
- 保有者（社名）
- 技術分類
- 概要
- 適用性
- 出典
- 備考

適用性①：
技術段階（開発レベル）

- 理論
- 室内実験
- 実規模試験
- 実用

適用性②：
1Fでの実績

- on site
- off site

提供頂いた技術情報



HPにおける公開資料

リーフレット・
パンフレット

論文・
技報

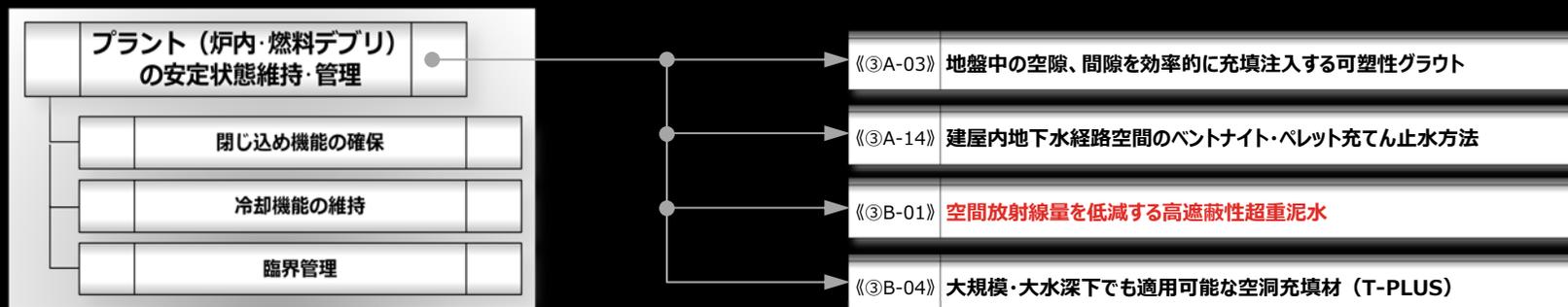
...
e.t.c.

情報項目に基づき
整理・集約

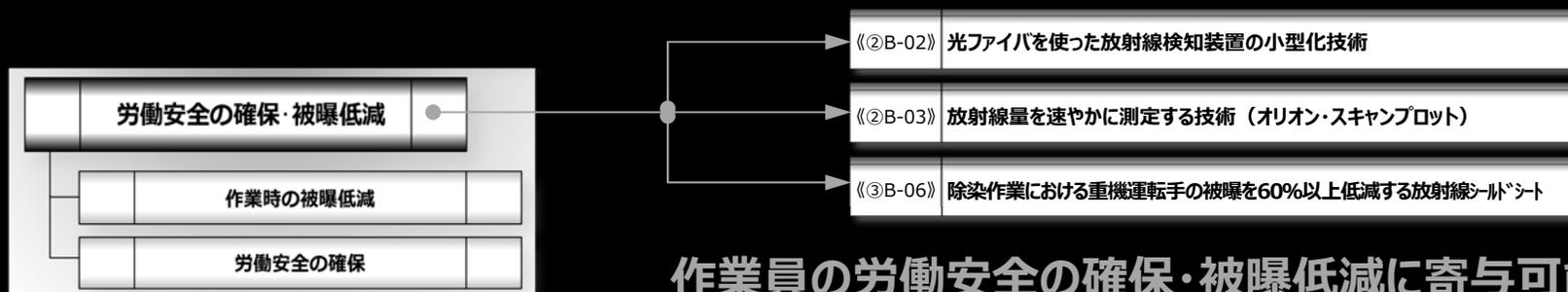
3. 廃炉シナリオに対する地盤工学的技術の適用性

(1) 技術メニュー（選択肢）の提示（例①）

【プラントの安定状態・維持管理】や【労働安全の確保・被曝低減】に
寄与可能な地盤工学技術



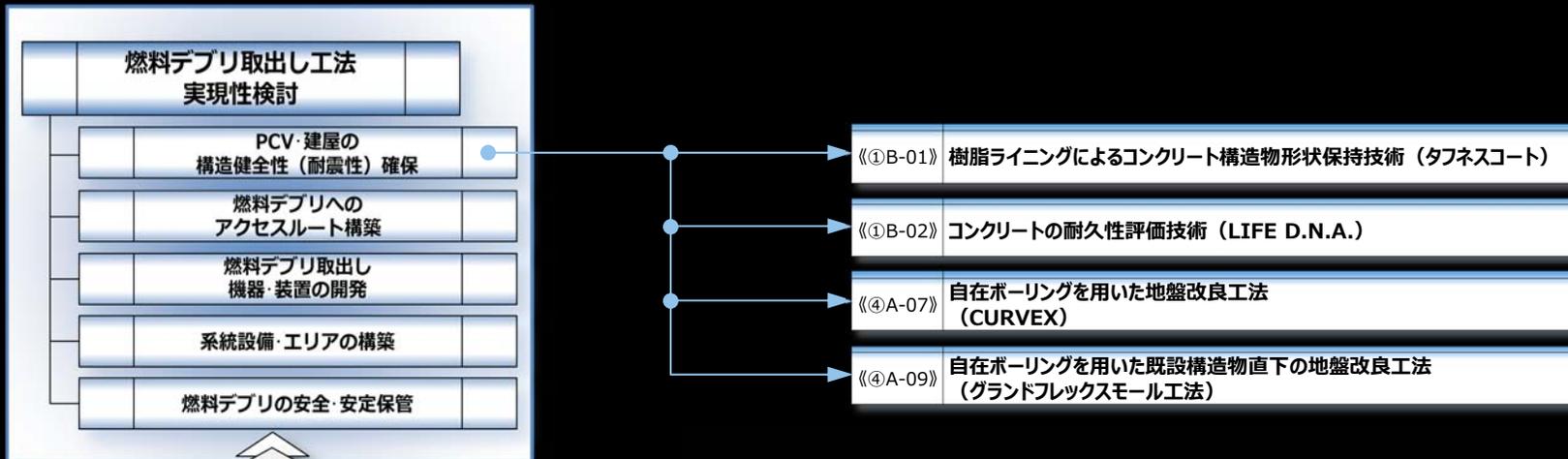
プラントの安定状態維持における臨界管理・冷却機能の維持、PCV等の止水に寄与可能な技術群である。



作業員の労働安全の確保・被曝低減に寄与可能な技術群であり、主に1F事故発生後のオフサイトにおける除染に伴って開発されてきたものである。

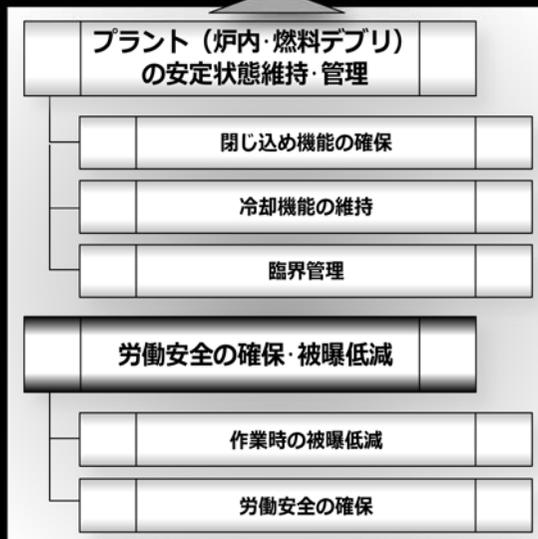
(1) 技術メニュー（選択肢）の提示（例①）

【燃料デブリ取り出し工法実現性検討】段階で寄与可能な地盤工学技術



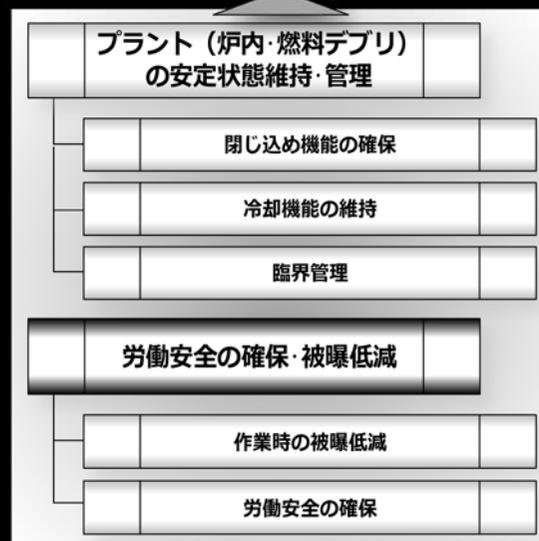
燃料デブリ取り出しに際して求められるPCV
（原子炉格納容器）や建屋の健全性確保
に寄与可能な技術である。

（上段）構造物自体の健全性に寄与
（下段）基礎部分の安定性に寄与



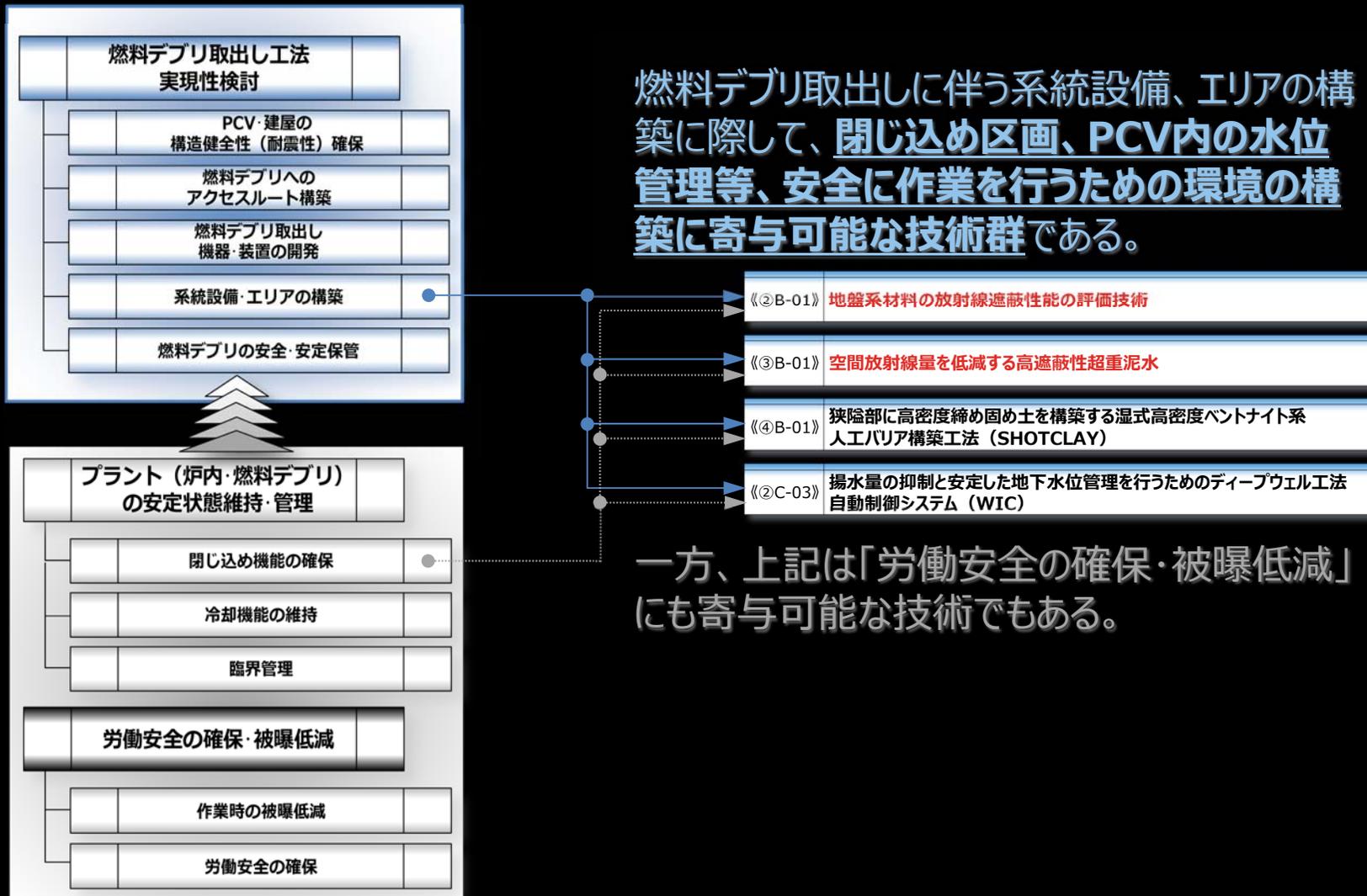
(1) 技術メニュー（選択肢）の提示（例①）

【燃料デブリ取り出し工法実現性検討】 段階で寄与可能な地盤工学技術



(1) 技術メニュー（選択肢）の提示（例①）

【燃料デブリ取り出し工法実現性検討】段階で寄与可能な地盤工学技術

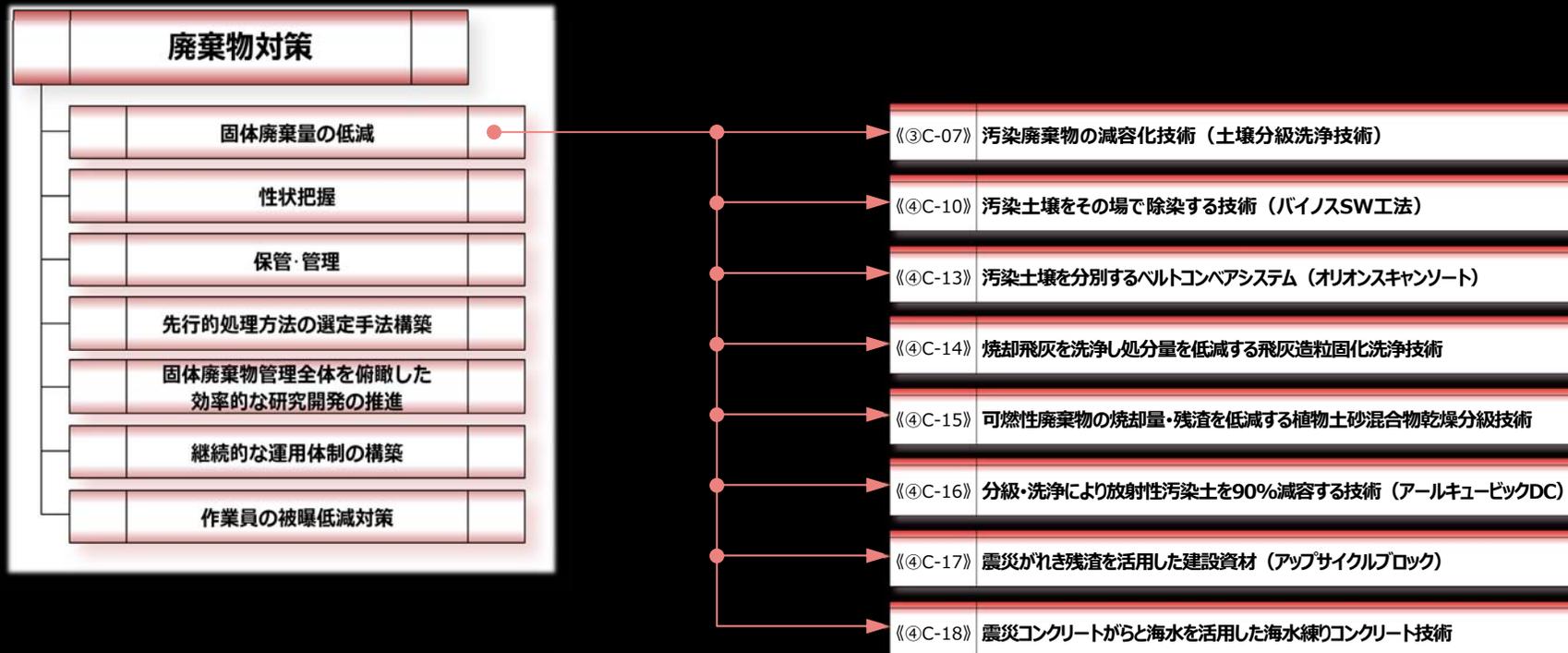


燃料デブリ取出しに伴う系統設備、エリアの構築に際して、閉じ込め区画、PCV内の水位管理等、安全に作業を行うための環境の構築に寄与可能な技術群である。

一方、上記は「労働安全の確保・被曝低減」にも寄与可能な技術でもある。

(2) 技術メニュー（選択肢）の提示（例②）

【廃棄物対策（固体廃棄物※保管・管理）】段階で寄与可能な地盤工学技術

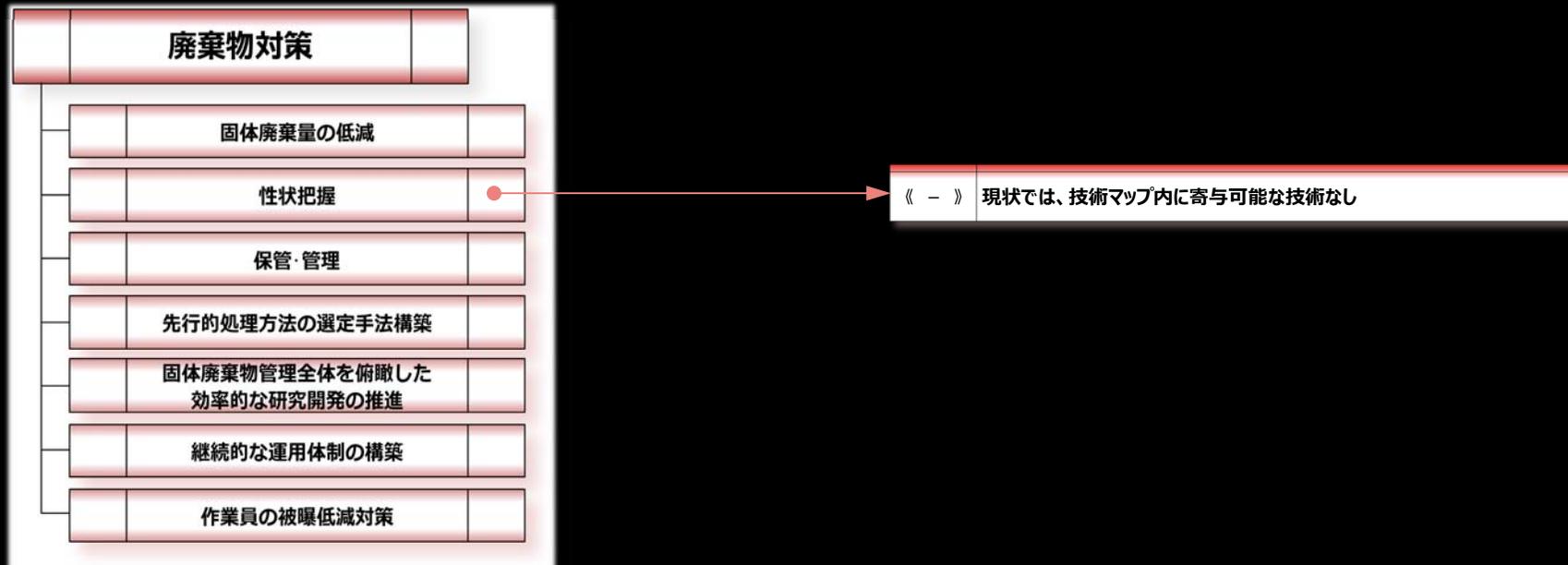


廃棄物量の低減に寄与可能と考えられる技術群であり、オフサイトの除染等に伴って培われてきたものである。
 ここには**減容化技術**のほかに**再利用等**の技術も含まれる。

※固体廃棄物:ガレキ類・伐採木・使用済保護衣等と水処理二次廃棄物(吸着塔類、廃スラッジ、濃縮廃液)

(2) 技術メニュー（選択肢）の提示（例②）

【廃棄物対策（固体廃棄物※保管・管理）】段階で寄与可能な地盤工学技術



※固体廃棄物:ガレキ類・伐採木・使用済保護衣等と水処理二次廃棄物(吸着塔類、廃スラッジ、濃縮廃液)

(2) 技術メニュー（選択肢）の提示（例②）

【廃棄物対策（固体廃棄物※保管・管理）】段階で寄与可能な地盤工学技術



保管段階で寄与可能と考えられる技術群であり、**廃棄物処分場**や**放射性廃棄物の処分（地層処分・余裕深度処分・浅地中トレンチ処分・浅地中ピット処分）**で研究・開発が進められてきたものである。

※固体廃棄物:ガレキ類・伐採木・使用済保護衣等と水処理二次廃棄物(吸着塔類、廃スラッジ、濃縮廃液)

(2) 技術メニュー（選択肢）の提示（例②）

【廃棄物対策（固体廃棄物※保管・管理）】段階で寄与可能な地盤工学技術

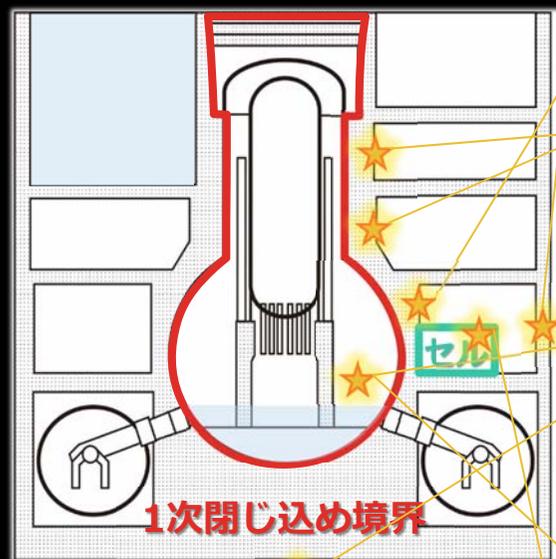


主に管理面で寄与可能と考えられる技術群であり、廃棄物処分場や放射性廃棄物の処分（地層処分・余裕深度処分・浅地中トレンチ処分・浅地中ピット処分）で研究・開発が進められてきたものである。

※固体廃棄物:ガレキ類・伐採木・使用済保護衣等と水処理二次廃棄物(吸着塔類、廃スラッジ、濃縮廃液)

(3) 地盤工学技術を活用したシナリオ (案)

その1【燃料デブリ取り出し実現性検討 (気中-横アクセス)】



① 構造健全性の確保

- ・コンクリート構造物に樹脂ライニングを塗布《①B-01》。
- ☞コンクリートの形状保持 (構造健全性の確保) を期待。

② プラントの安定状態維持・管理

・閉じ込め機能の確保：遮蔽性

PCV周り (1次閉じ込め境界) 外側に吹付工法によりベントナイト層を構築《③B-01》。

- ☞気中・横アクセス工法におけるセル構築時に使用することで遮蔽性 (作業従事者の被曝低減) を期待。

- ☞2～3階にも施工することで遮蔽性に加え、冷却水かけ流し時のPCV上部配管からの漏水に対し膨潤性による遮水性を期待。

・冷却機能の維持：止水性について

PCV内に超重泥水《③B-01》を注入後、固化。

- ☞遮蔽性と遮水性を期待 (一方、冷却機能の維持に課題)。
- ☞荷重増加に対しては、自在ボーリングによる建屋基礎部の地盤改良《④A-07・④A-09》により強度確保を期待。
- ☞PCV内に超重泥水《③B-01》を注入後、粘性を調整し、冷却水の変わりに循環。

- ☞遮蔽性・遮水性を期待 (循環系のダメージ・別系統構築の必要性?)

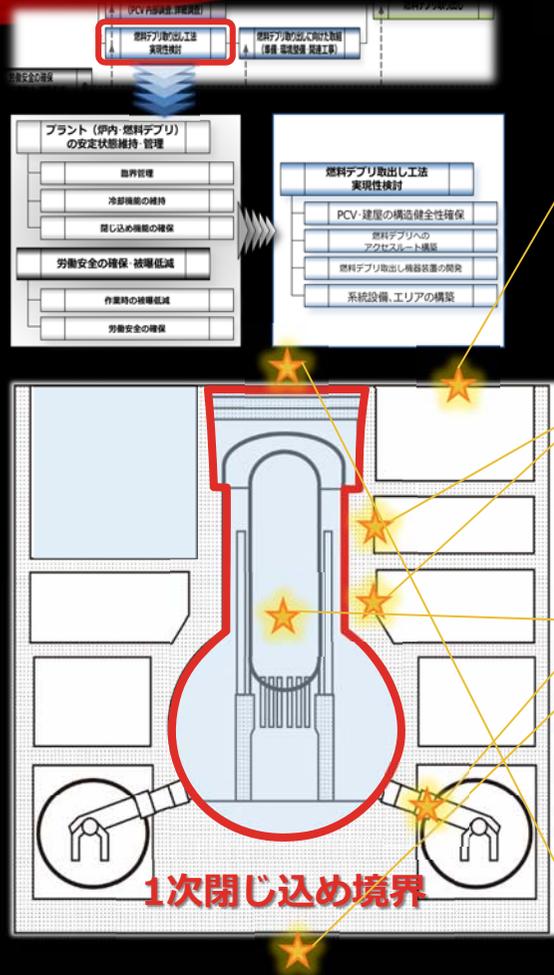
③ 労働安全の確保・被曝低減

- ・1F周辺作業時の除染作業で使用された放射線シールドシート《③B-06》使用。
- ☞作業従事者の被曝低減を期待 (高線量下での適用性未確認)。

戦略プラン2017の提言、
「気中-横アクセス工法」を
主軸に...

(3) 地盤工学技術を活用したシナリオ (案)

その2【燃料デブリ取り出し実現性検討 (冠水)】



① 構造健全性の確保

- ・コンクリート構造物に樹脂ライニングを塗布《①B-01》。
- ・コンクリートの形状保持 (構造健全性の確保) を期待。

② プラントの安定状態維持・管理

・閉じ込め機能の確保：遮蔽性

PCV周り (1次閉じ込め境界) 外側に吹付工法によりベントナイト層を構築《③B-01》。

- ・配管類を撤去の上、施工することで、遮蔽性に加え、冠水時のPCV上部配管からの漏水に対し膨潤性による遮水性を期待。

・冷却機能の維持：止水性について

PCV内に超重泥水《③B-01》を注入後、固化。

- ・遮蔽性と遮水性を期待 (一方、冷却機能の維持に課題)。

- ・荷重増加に対しては、自在ボーリングによる建屋基礎部の地盤改良《④A-07・④A-09》により強度確保を期待。

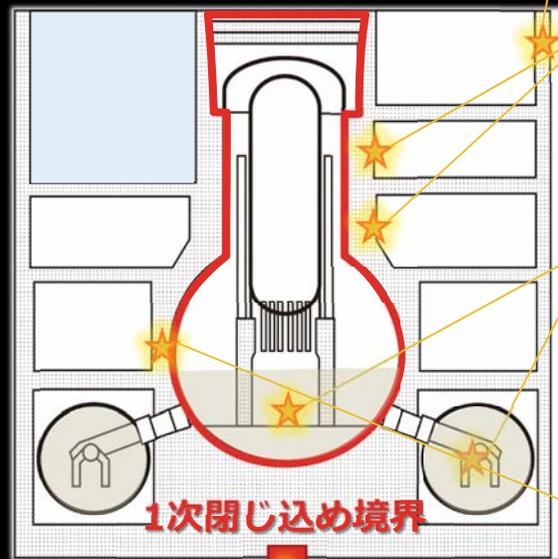
③ 労働安全の確保・被曝低減

- ・1F周辺作業時の除染作業で使用された放射線シールドシート《③B-06》使用。
- ・作業従事者の被曝低減を期待 (高線量下での適用性未確認)。

戦略プラン2017以前の
提言、「冠水工法」を
主軸に...

(3) 地盤工学技術を活用したシナリオ (案)

その3【燃料デブリ取り出し実現性検討 (その他)】



① 構造健全性の確保

- ・コンクリート構造物に樹脂ライニングを塗布《①B-01》。
- ☞ **コンクリートの形状保持 (構造健全性の確保) を期待。**

② プラントの安定状態維持・管理

・ 閉じ込め機能の確保：遮蔽性

PCV周り (1次閉じ込め境界) 外側に吹付工法によりベントナイト層を構築《③B-01》。

- ☞ **配管類を撤去の上、施工することで、遮蔽性に加え、冠水時のPCV上部配管からの漏水に対し膨潤性による遮水性を期待。**

・ 冷却機能の維持：止水性について

PCV内に超重泥水《③B-01》を注入後、固化。

- ☞ **遮蔽性と遮水性を期待 (一方、冷却機能の維持に課題) 。**
- ☞ **荷重増加に対しては、自在ボーリングによる建屋基礎部の地盤改良《④A-07・④A-09》により強度確保を期待。**

③ アクセスルート構築

- ・燃料デブリを固化した状態で、横方向から取り出し《④B-05》。

- ☞ **遮蔽性を期待。**

・一旦、PCV部分を予め設けた地下トンネルに沈降させ、地下でデブリ取り出し作業を実施。

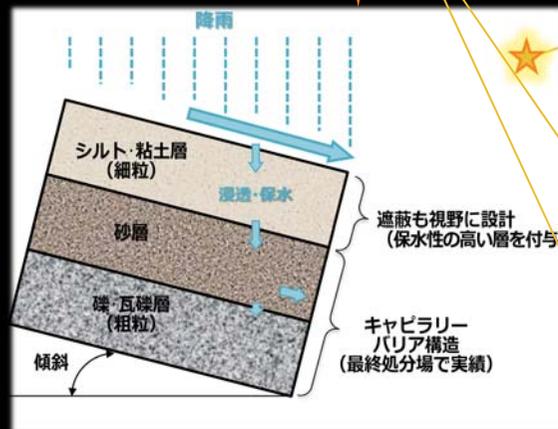
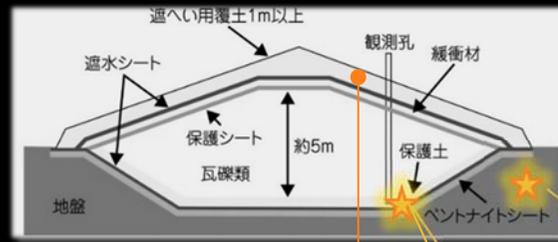
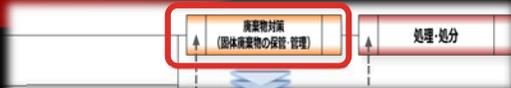
⇔ 周辺の地形 (立地) と土を活用した原位置での封じ込め。

- ☞ **遮蔽性を期待。**

**戦略プラン2017以前の
提言、「冠水+気中」を
基に...**

(3) 地盤工学技術を活用したシナリオ (案)

その4【廃棄物対策 (固体廃棄物保管・管理)】



① 固体廃棄量の低減

- ・ 汚染土壌・瓦礫を放射線濃度により分別《④C-13》。
- ☞ 放射能濃度に応じた処理・処分を可能とすることを期待。
- ・ 植物混合土の分離、汚染土壌の分級、汚染瓦礫・土壌の洗浄による減容化《③C-07、④C-10、④C-15、④C-16ほか》。
- ☞ 処理（保管・管理）・処分対象となる廃棄物量の低減を期待。
- ・ 焼却飛灰の洗浄、除染後（洗浄後）の瓦礫を建設資材として再利用《④C-14、④C-16、④C-17》。
- ☞ 最終的な処分量の低減を期待。（オフサイトでの再利用：持ち出し、除染後の放射能濃度などが課題）

② 保管・管理

- ・ 保管施設周辺の地下水環境の評価《②A-01、②A-02、②C-07ほか》。
- ☞ 地下水による放射性核種の移行を評価（安全評価）。
- ・ キャピラリーバリアを利用した覆土《③C-05、③C-07、④C-01ほか》。
- ☞ 保管中の廃棄物への雨水浸透防止や遮蔽性を期待。
- ・ 遮水シートの代わりに、ベントナイト、又はベントナイトと現地発生土の混合土等を使用《④C-20、④C-21》。
- ☞ 浸出水の流出・地下水の流入防止（放射性核種の移行抑制）
- ・ （遮水シートを設置している場合）電流や真空圧により、浸出水や地下水の流入を検知・補修（モニタリング）《③C-20、③C-01、》。
- ☞ 地下水による放射性核種の移行抑制

最後に...

- ・「廃炉地盤工学」の一単位である施工学を考える上で、廃炉までに行うべき内容を上記の中長期ロードマップで示された流れや戦略プランにおける提言等を基にシナリオとして整理。
- ・廃炉地盤工学委員会に参画する各企業や学術機関等から提供頂いた廃炉に寄与可能と考えられる地盤工学技術に関する情報を、技術マップに整理。
- ☞ これら技術マップに収めた技術を「燃料デブリ取り出しの実現性検討」及び「廃棄物対策（保管・管理）」段階を対象に、技術メニュー（技術の選択肢）として位置づけ、提示。
- ☞ （補助的なものが主体となるが）「燃料デブリ取り出しの実現性検討」及び「廃棄物対策（固体廃棄物保管・管理）」を例に、これら地盤工学技術を活用したシナリオ（案）を紹介。

(参考) 廃炉地盤工学HPについて

The screenshot shows a web browser window displaying the homepage of the Jiban Engineering website. The browser's address bar shows the URL <https://www.jiban.or.jp/hairo/>. The website header features the logo of the公益社団法人地盤工学会 (Jiban Engineering Society) and a navigation menu with the following items: Top, はじめに, 主な研究・活動報告 (highlighted with a red box and a mouse cursor), 研究開発成果の紹介, and その他. Below the navigation menu is a search bar with the text 検索. The main content area is a large blue banner with technical illustrations and diagrams related to geotechnical engineering and nuclear decommissioning. The text 廃炉地盤工学 is prominently displayed in the lower-left corner of the banner. At the bottom of the page, there is a blue button labeled イベント and a logo for the 公益社団法人地盤工学会 (英文). The browser's status bar at the bottom right shows a zoom level of 100%.

 <https://www.jiban.or.jp/hairo/>