

# ◆ 大断面シールド坑道方式による低レベル放射性廃棄物「最終処分施設」の構想

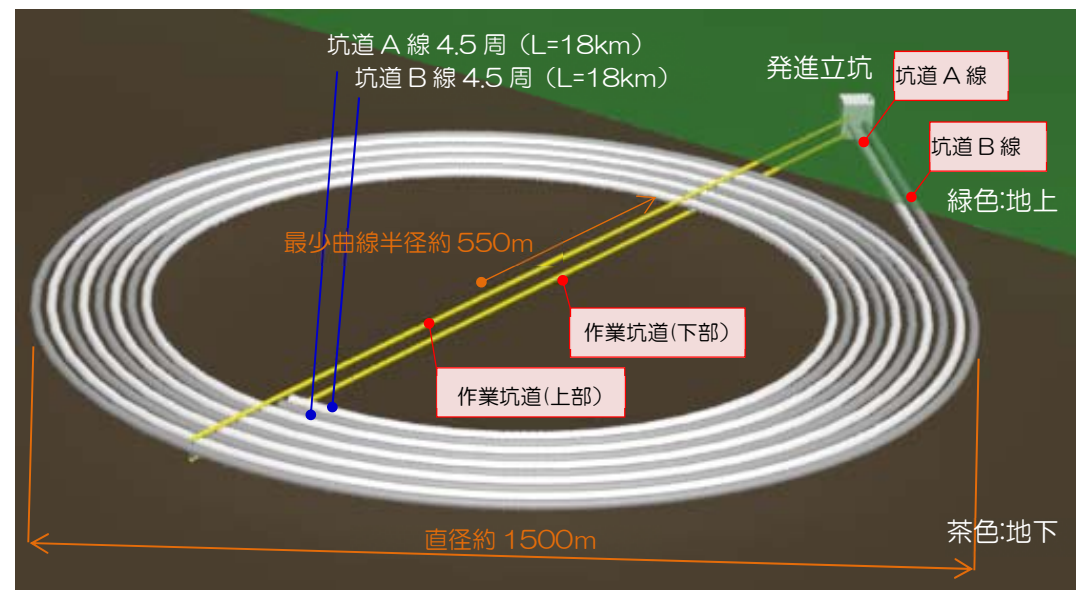
## 1. はじめに

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災では、福島第 1 原子力発電所が大きな被害を受けました。発電所から漏れ出した放射性物質は近隣地域を汚染し、その除染作業が行われていますが、除染作業で発生する土砂や埃などの廃棄物の貯蔵・処分場所が決まらず、社会的に大きな問題になっています。

そこで、土木学会建設用ロボット委員会大深度地下小委員会では、放射性廃棄物の大深度地下処分のための地下空間を構築するため、これまで培ってきた自動化されたシールド技術を用いて構築する構想をまとめました。「大断面シールド坑道方式」は、セグメントと呼ばれる高品質の覆工構造により構築されることから、耐水性や敷地利用効率に優れ、短期間で構築・供用が可能となります。

本構想では、中間貯蔵施設が不要になることを目指しているため、汚染物質や土壌を可能な限り速やかに処分することができ、周辺住民などの関係者への理解が得られやすいとともに、安全・安心な生活環境を回復することができるものと考えております。

## 2. 構想の概要



大断面シールド坑道方式の概要図

### 処分施設の構造

#### (1) 処分坑道 (シールドトンネル)

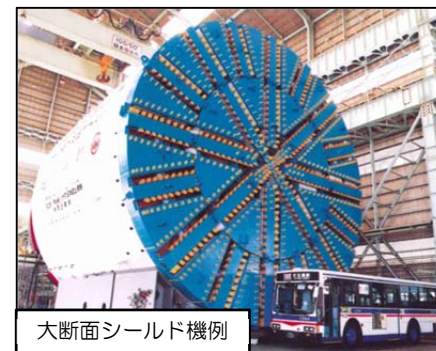
- 施工深度: 50m~100m
- セグメント外径φ16.0m、セグメント内径φ14.5m
- 延長: 18km×2本 (ダブルループ: 直径1.5km)
- 処分坑道間の離隔は9mとする

#### (2) 立坑と地上設備

- 立坑規模: 縦30m×横50m×深さ70m
- 地上設備の専有面積: 10,000m<sup>2</sup> (100m×100m)

#### (3) 作業坑道と連絡立坑

- 作業坑道: φ7m×1.8km、処分坑道の上下に2本配置
- 連絡立坑:
  - 上部処分坑道: φ3m (廃棄物搬入用)
  - 下部処分坑道: φ7m (資材搬入、土砂搬出用)



大断面シールド機例



シールド坑内例

## 3. 処分施設の特徴と想定処分量

### 3.1 特徴

- (1) 自然災害に対して安全性が向上  
台風等の風水害や地震等の災害に対して安全性が向上します。
- (2) 立地に関する社会的受容性が高い  
地上の占有面積が小さいため、土地の有効利用や地上で管理する施設が少なく景観が阻害されない等、社会的受容性が高くなります。また、国有地等の公有地の地下を有効利用も可能となります。
- (3) 中間貯蔵施設が不要  
放射性廃棄物を中間貯蔵施設で保管 (30年間) する計画ですが、本施設が最終処分施設となるため、中間貯蔵施設用地の確保が不要となります。
- (4) 施工中から順次供用 (処分) 可能  
処分坑道を施工するための資材搬入ルートと、放射性廃棄物を搬入するルートを別系統で確保できるので、処分坑道の建設がすべて完成する前に順次処分が可能になります。

### 3.2 処分対象と想定処分量

#### 【福島県内】

- 対策地域内廃棄物: 約 50 万 t
- 指定廃棄物: 約 6 万 t / 年
- 除染に伴う土壌・廃棄物  
1,500 万 m<sup>3</sup>~3,100 万 m<sup>3</sup>  
(焼却後は 2,800 万 m<sup>3</sup>)

#### 【福島県以外の合計】

- 指定廃棄物: 約 8 万 t / 年
- 除染に伴う土壌・廃棄物  
140 万 m<sup>3</sup>~1,300 万 m<sup>3</sup>

#### ◆ 処分場の種類

※放射性セシウム濃度で区分

- (1) 8,000~100,000Bq/kg  
⇒管理型処分場で管理

- (2) 100,000Bq/kg 超  
福島県外⇒遮断型処分場  
福島県内⇒中間貯蔵施設を経て  
最終処分施設で処分

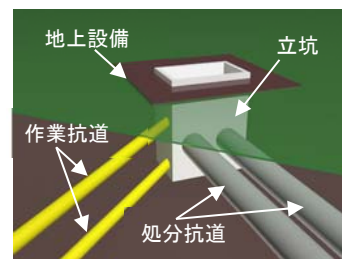
土壌等で「数千万m<sup>3</sup>」規模の処分場が必要

「遮断型」、「管理型」、「中間貯蔵施設」を網羅する施設が必要

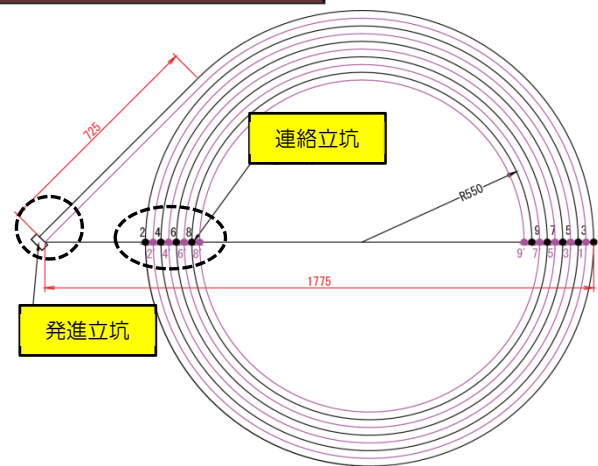


## 4. 大断面シールド坑道方式の建設と処分

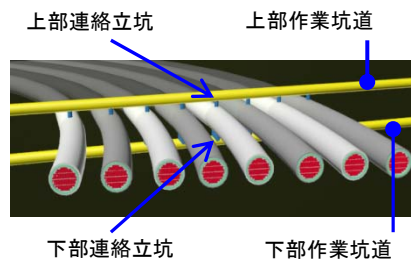
### 4.1 構造概要



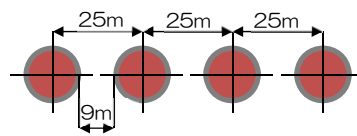
立坑部詳細図



平面図路線図



連絡立坑部詳細

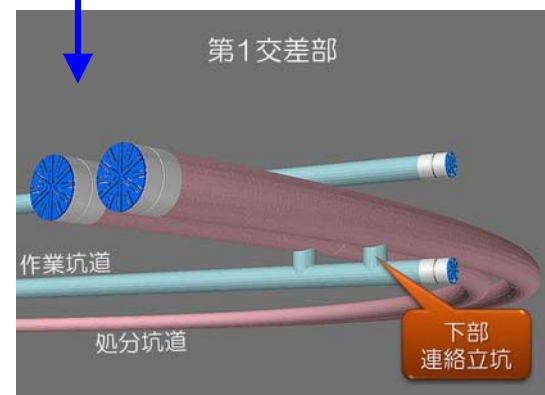
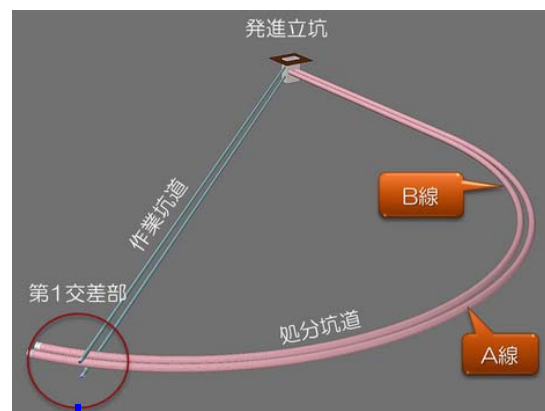


坑道間の離隔

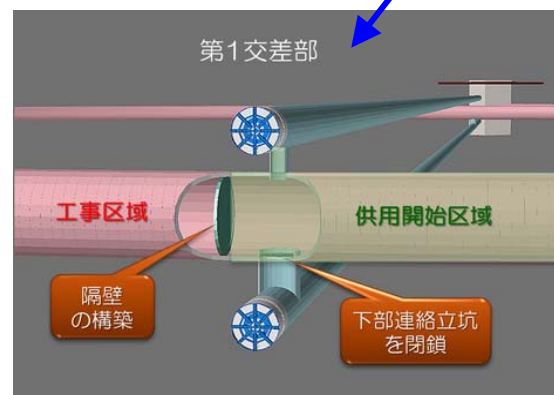
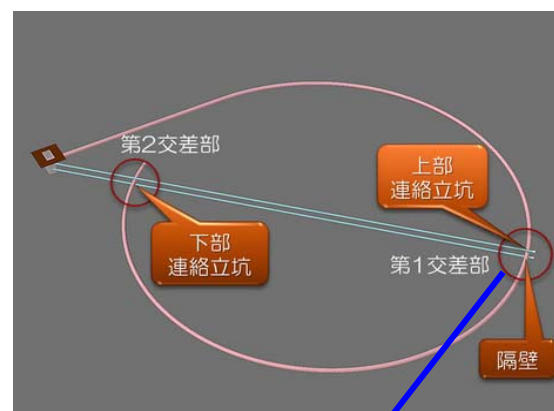
### 4.2 施工手順

本構想では上下に配置した作業坑道を用いてループ状の処分坑道を建設します。処分坑道を施工するための資材搬入ルートと、放射性廃棄物を処分坑道へ搬入するルートを別系統で確保します。これにより、処分坑道の建設完了した区間から順次供用を開始できるメリットがあります。

- ①坑道工事着手から53ヶ月目（処分坑道の掘進開始から19ヶ月目）で最初の区間の内部構築と搬入ルートが完成し、A線・B線合計で約5.1kmが供用可能となります。
- ②その後6~9ヶ月毎に工事区間が完成し、約4kmずつ供用可能な距離が増加します。
- ③工事完了時の供用可能な距離はA線・B線の合計で約36kmとなります。



【処分坑道と下部作業坑道の連結】

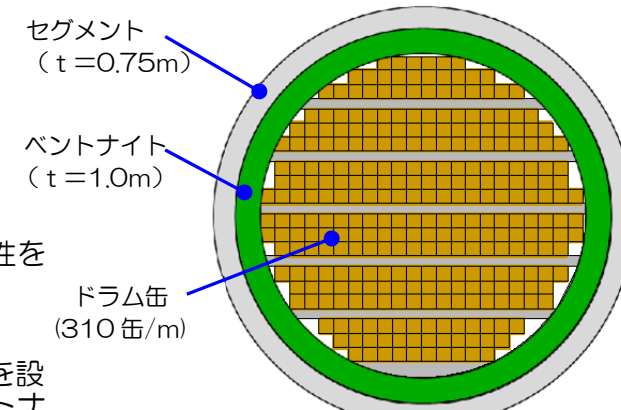


【隔壁により工事区域と供用区域を分離】

施工中から順次供用するための手順

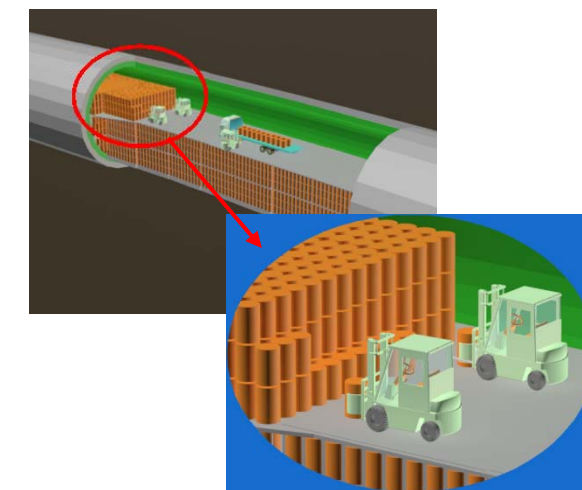
### 4.3 定置方法と処分量

- (1) ドラム缶を容器として使用  
放射性廃棄物をドラム缶に封入します。
- (2) ドラム缶の積み上げ方式  
横置き方式および縦置き方式について検討し、施工性を考慮して縦置き方式を採用します。
- (3) ベントナイト遮水壁  
セグメントの内面にベントナイト壁（厚さ1.0m）を設置し、セグメントの水密性が失われた場合でもベントナイトの膨潤効果により周囲から坑道内への地下水の流入を防止します。
- (4) 運搬・定置  
ドラム缶を処分坑道に運搬・定置は下記の設備で行います。  
・坑道への揚重：クレーン  
・坑道内の運搬：トレーラ  
・坑道内の設置：フォークリフト  
なお、作業の安全性向上のため無人化が望ましい。
- (5) 処分量  
ドラム缶の設置効率（処分量/掘削土量）は約29%で、  
・トンネル1m当たり62m<sup>3</sup>となります。  
・A線・B線の合計で227万m<sup>3</sup>となります。
- (6) 地上の専有面積  
施工時：ドラム缶受け入れ検査ヤードおよび資材ヤード  
A=17,400m<sup>2</sup>  
完成後：維持管理敷設  
A=10,000m<sup>2</sup>



定置状況図

\*ドラム缶3段ごとにコンクリートスラブを打設し、ドラム缶の隙間にもコンクリートを充填

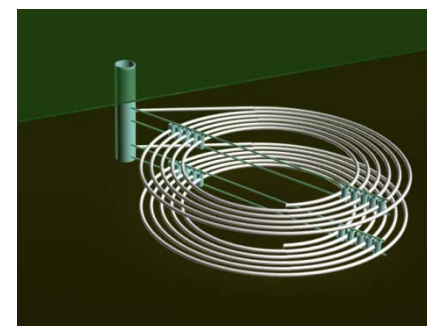


定置の施工イメージ

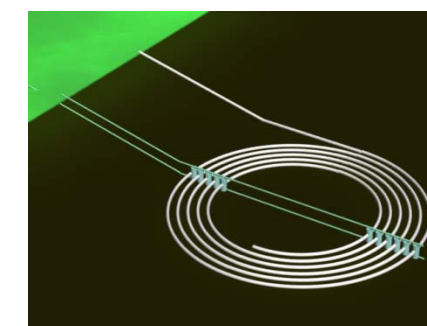
### 4.4 概算工期・工事費

- (1) 概算工期  
■処分坑道は着工から8年2ヶ月で建設が終了します。  
■着工から4年5ヶ月より部分供用が可能になります。
- (2) 概算工事費  
■坑道方式：約5,600億円（処分施設の建設費のみ）  
■試算条件：シールド掘削対象地盤は、施工深度を考慮して未固結地盤とします。地上の用地買収費および掘削土の運搬・処分費は除外しました。

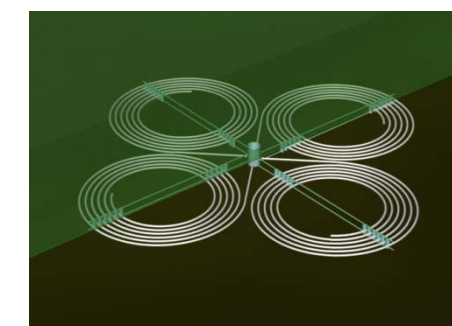
### 4.5 本構想のバリエーション



TYPE1:多層ループ案



TYPE2:地上発進案



TYPE3:多ループ案



## 5.大断面シールド坑道方式の安全性

### 5.1 最終処分施設の構造と安全性確保の方法

本構想の最終処分施設（以下「処分施設」という）は、低レベル放射性廃棄物以下の放射線量を対象とし、処分施設は大深度地下（地下50m～100m程度）に設置されるため、土壌の覆いが厚く、放射線を十分に遮へいし外部への影響を防ぐ構造です。

したがって、それらの条件を考慮して処分施設の維持管理段階は、「地上空間線量が $10\mu\text{Sv}/\text{年}$ 以下の第2監視期間」からの維持管理となります。そのため、第1監視期間における管理点検坑道を必要としない処分施設構造であり、安全面だけでなく、コスト面においても有利となる構造です。

また、長期間に安全性を確保するために以下に示すモニタリングを実施する必要があると考えます。



大断面シールド坑道方式による想定深度と安全性確保のための方法

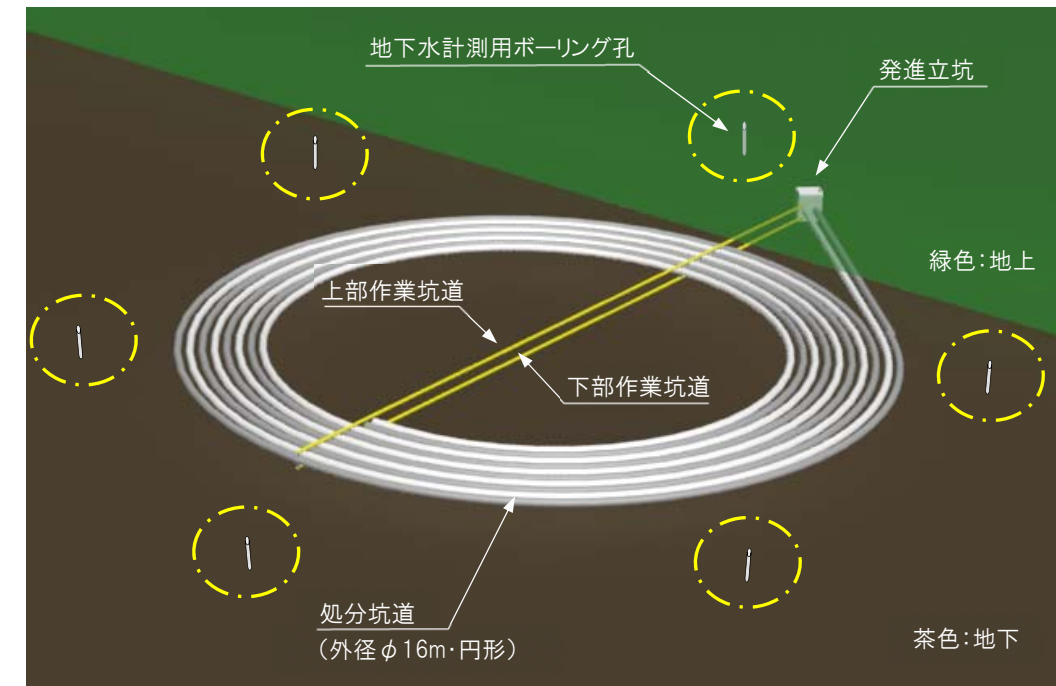
### 5.2 モニタリングの方法

最終処分施設における放射性廃棄物のモニタリングは、放射性廃棄物の処分開始後から定期的に空間線量や周辺地下水のモニタリングを行い、十分な安全性が確保されるまでの長期間にわたり継続します。モニタリング期間を下記の3段階に分けて周辺環境のモニタリングを実施します。

- ① 工事期間中・・・生活環境
- ② 施設供用中・・・生活環境、施設の健全性
- ③ 埋立完了後・・・生活環境、施設の健全性

基本的には、「放射性物質汚染対処特措法」に基づいて実施しますが、必要に応じて追加的なモニタリングも実施します。

また、搬入放射性廃棄物を安全にかつ適正に処理するため、処分施設の維持管理を実施します。モニタリング結果、埋立てた放射性廃棄物の履歴及び処分施設の維持管理に係る情報は、記録、整理して公表します。



モニタリングのイメージ図

モニタリング計画（案）：工事中～埋立中

※埋立中から、継続して空間線量率や地下水のモニタリング（監視）を実施します

	区分	想定されるリスク	モニタリング	
			項目	測定場所
工事中	生活環境	工事排水による水質汚濁	水質（排水基準項目）	排水口
		工事排水による水質汚濁	放流先水質（河川水質項目）	放流点下流
		規制値超過による周辺への影響	騒音、振動	敷地境界
埋立中	生活環境	公共水域環境への影響	生活排水	排水口
		規制値超過による周辺への影響	騒音、振動	敷地境界
		埋立物の集中による線量の増加	空間線量率	敷地境界
監視期間	施設の健全性	漏出による地下水への影響	地下水水質 (放射性セシウム濃度、ダイオキシン類、電気伝導率、塩化物イオン、地下水水質項目)	地下水 モニタリング井戸

（出典：環境省 指定廃棄物処理情報サイト 指定廃棄物処分場に関する安全性の確保について）をもとに作成