

幌延深地層研究計画の現状について

-平成26年度調査研究成果-
-平成27年度調査研究計画-

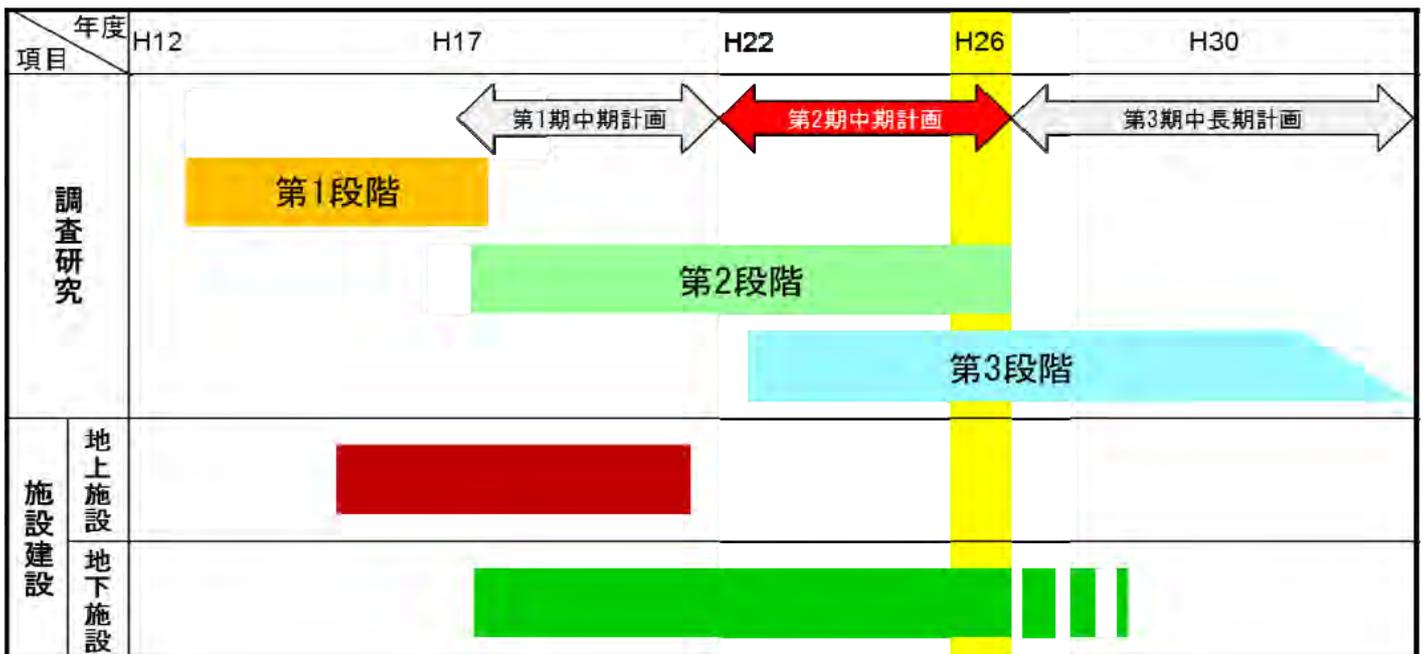
平成27年8月20日(木)



日本原子力研究開発機構
幌延深地層研究センター

深度350m調査坑道
試験坑道4
人工バリア性能確認試験
オーバーバック設置
H26年8月

幌延深地層研究計画の全体スケジュール



- 第1段階：地上からの調査研究段階
- 第2段階：坑道掘削(地下施設建設)時の調査研究段階
- 第3段階：地下施設での調査研究段階

1. 地層科学研究

- 1.1 地質環境調査技術開発
- 1.2 深地層における工学的技術の基礎の開発
- 1.3 地質環境の長期安定性に関する研究

2. 地層処分研究開発

- 2.1 処分技術の信頼性向上
- 2.2 安全評価手法の高度化

3. 地下施設の建設および維持管理

4. 環境モニタリング

5. 安全確保の取組み

6. 開かれた研究



平成26年度の調査研究のイメージ

報-P 4~5

1. 地層科学研究に関する成果の報告

1.1 地質環境調査技術開発

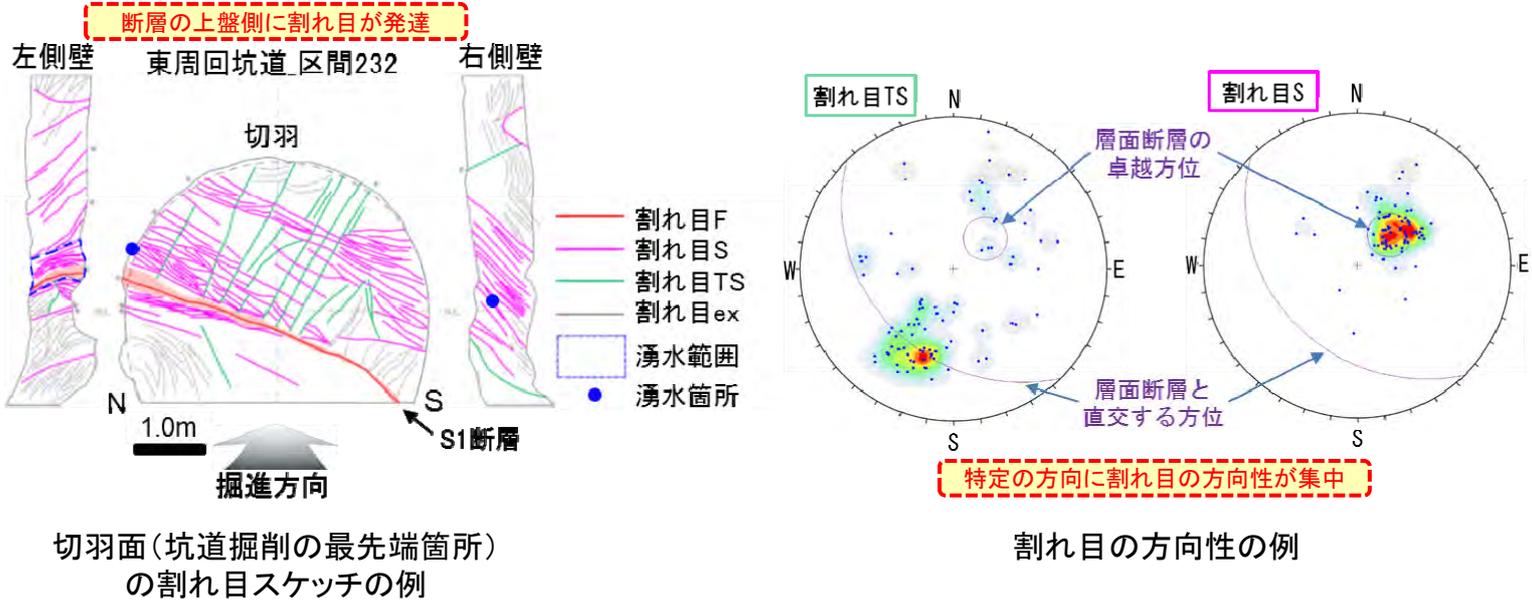
1.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

1.3 地質環境の長期安定性に関する研究

1.1 地質環境調査技術開発

地下の地質環境をモデル化・予測する技術の開発:地質・地質構造

- 350m調査坑道における坑道壁面の観察によって取得された地質記載データに基づき、**割れ目の特徴**を整理しました。



➤断層の発達過程や幾何形状の理解を深める上で、重要な情報を取得することができました。

報-P7~11

1. 地層科学研究に関する成果の報告

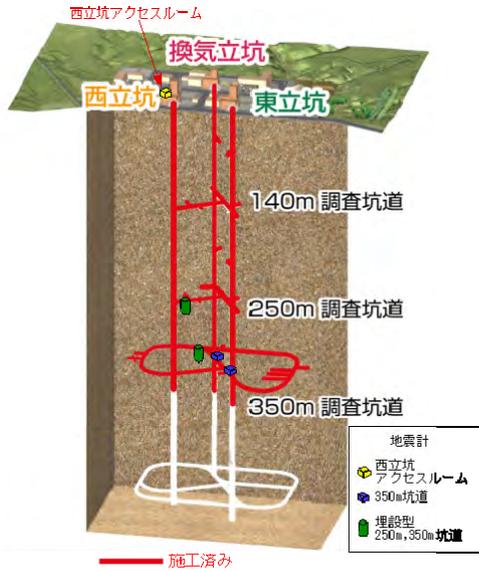
1.1 地質環境調査技術開発

1.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

1.3 地質環境の長期安定性に関する研究

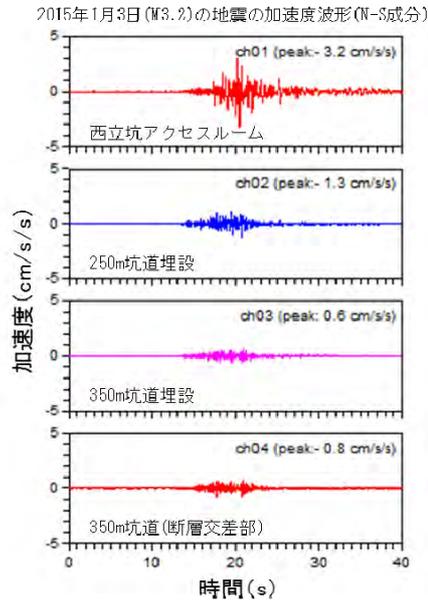
効率的・安全に地下施設を建設するための工学的技術の開発

- 地下施設内の既設の地震計に加え、新たに西立坑アクセスルームに地震計を設置し、計測を開始しました。

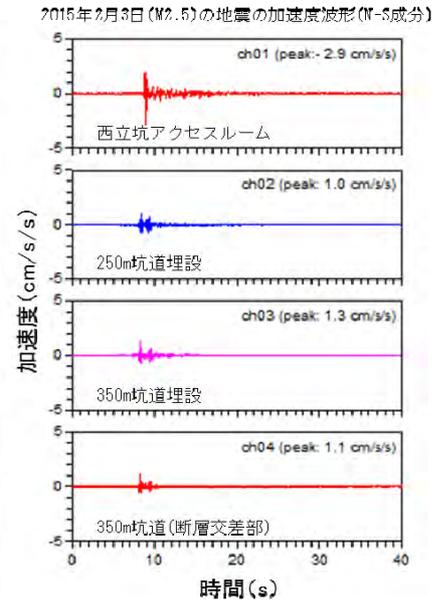


※このイメージ図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

地震計設置箇所



1月3日地震の観測結果



2月3日地震の観測結果

▶ 今後、観測データを岩盤物性モデルにより反映させた形で、地下施設の耐震性評価技術に関する検討を行っていく予定です。

報-P 34~38

1. 地層科学研究に関する成果の報告

1.1 地質環境調査技術開発

1.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

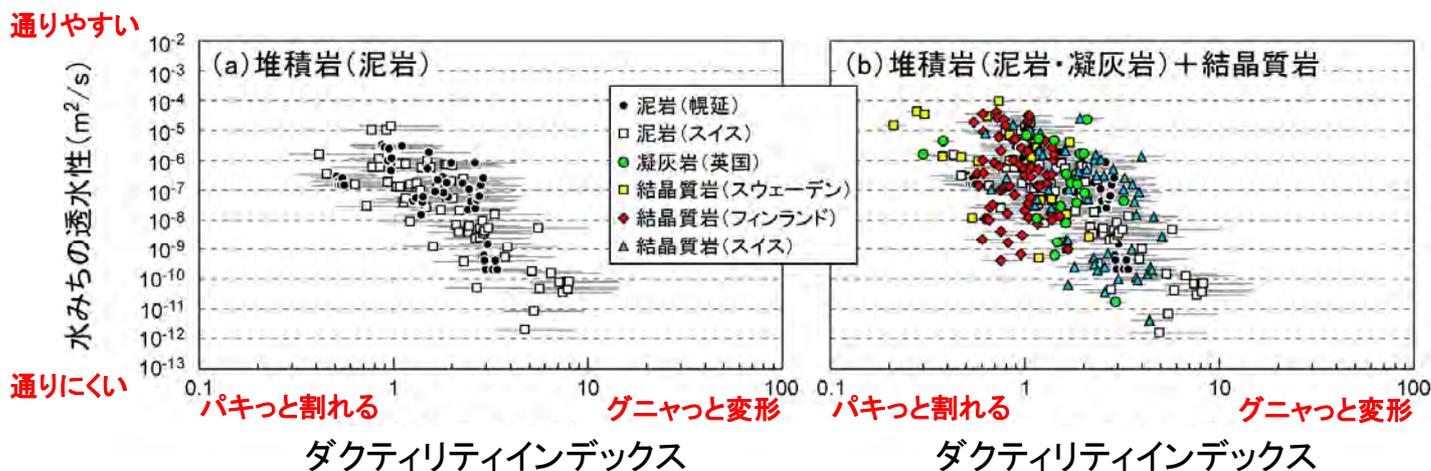
1.3 地質環境の長期安定性に関する研究

1.3 地質環境の長期安定性に関する研究



地殻変動等が地質環境に与える影響をモデル化・予測する技術の開発

- 幌延を含む国内外の様々な地域の断層の透水性に関するデータを集約し整理しました。



➤断層中の水みちの透水性が、岩石の強度と応力状態により定義される
ダクティリティインデックスに規制されていることが分かりました(本成果は米学術誌 JGR に掲載)。

報-P 18、39~40

8

2. 地層処分研究開発に関する成果の報告



2.1 処分技術の信頼性向上

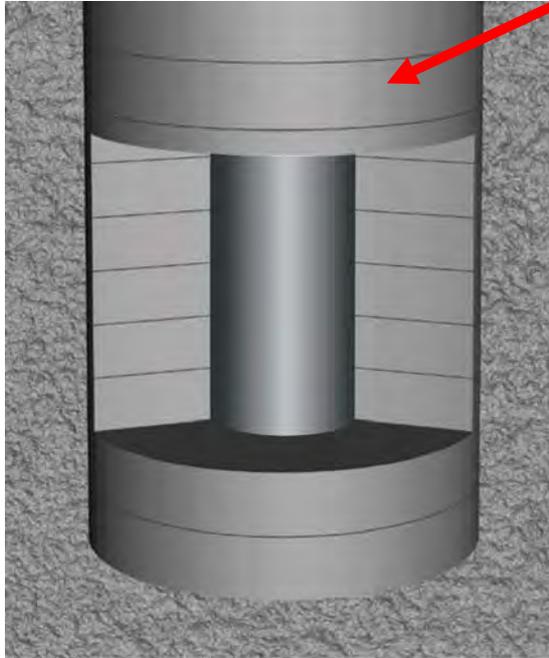
2.2 安全評価手法の高度化

9

2.1 処分技術の信頼性向上

人工バリアや埋め戻し材の設計手法の適用性確認

●人工バリアについて



緩衝材

ベントナイト70%とケイ砂30%を混ぜて固めたブロック。1段8~9個のブロックを12段。地下水や放射性物質の移動を遅くし、地層や地下水の変化に緩衝する。



ガラス固化体

高レベル放射性廃液をガラスと混ぜて、ステンレス製の容器の中で固めたもの。放射性物質を閉じ込め、溶けにくくする。



オーバーパック

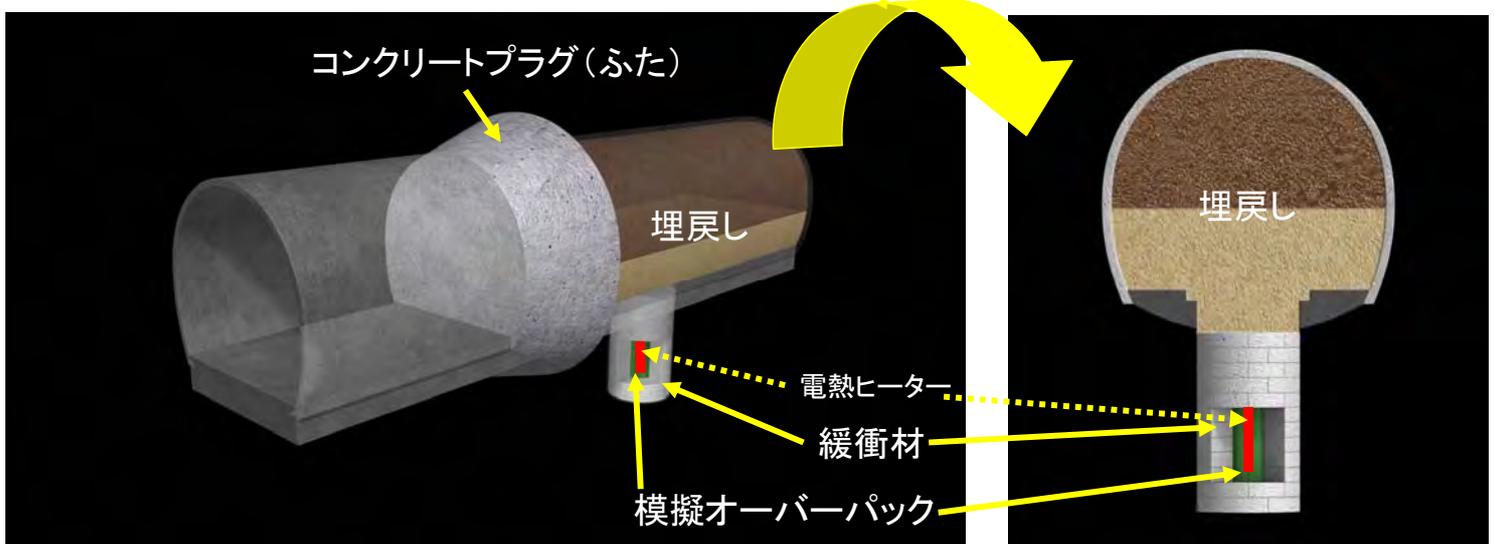
ガラス固化体を入れる金属製(炭素鋼)の容器。ガラス固化体と地下水との接触を抑え、地圧などからガラス固化体を保護する。

10

2.1 処分技術の信頼性向上

人工バリアや埋め戻し材の設計手法の適用性確認

深度350m調査坑道 試験坑道4 人工バリア性能確認試験イメージ



- ▶地下水やガスが存在する軟岩での地質環境における施工を確認する。
- ▶人工バリアや周辺岩盤の変化(温度、水分、応力、水質等)を観測し、評価する。

11

2.1 処分技術の信頼性向上

人工バリアや埋め戻し材の設計手法の適用性確認



平成26年8月29日
模擬オーバーパック設置時の公開

平成27年1月15日
加熱試験開始時の公開

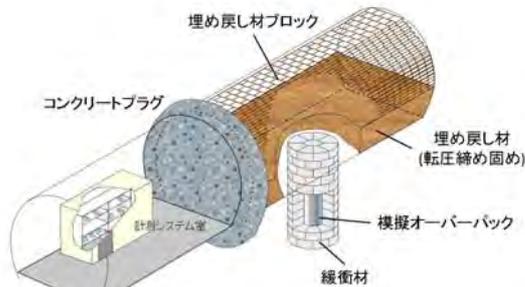


12

2.1 処分技術の信頼性向上

人工バリアや埋め戻し材の設計手法の適用性確認

- 人工バリア性能確認試験において、緩衝材、模擬オーバーパック、計測センサーの設置、坑道の埋め戻し、およびコンクリートプラグの施工を行い、計測を開始しました。



人工バリア性能確認試験のイメージ



①緩衝材設置



②模擬オーバーパック設置



③計測センサー設置



④埋め戻し



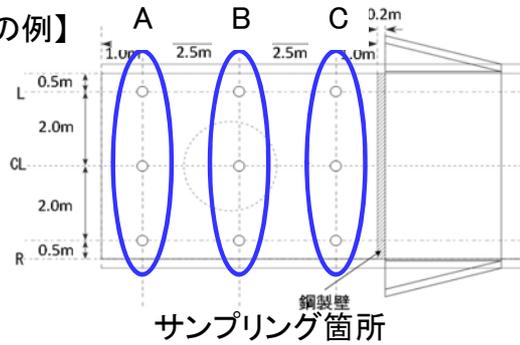
⑤コンクリートプラグ施工

2.1 処分技術の信頼性向上

人工バリアや埋め戻し材の設計手法の適用性確認

- 人工バリア性能確認試験における埋め戻し材の施工を事例として、**埋め戻し材の品質管理手法の検討**を行いました。

【転圧締め固めによる埋め戻し材の例】

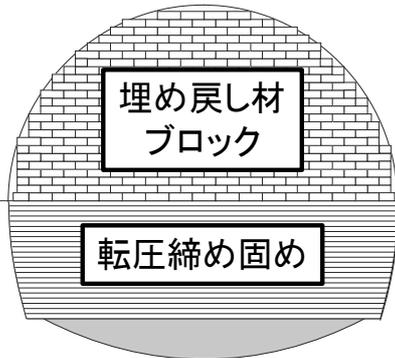


転圧した埋め戻し材の試験結果

坑道下部 (転圧締め固め)		
層	測線	乾燥密度 (3個の平均) (Mg/m ³)
4層目	B	1.232
7層目	B	1.238
14層目	B	1.234
18層目	A	1.223
20層目	C	1.209
22層目	B	1.210
26層目	C	1.217
27層目	A	1.217
31層目	B	1.216
33層目	C	1.223
35層目	A	1.220
36層目	B	1.214
-	-	平均: 1.221



↑
目標値の密度 = 1.2 g/cm³



坑道の埋め戻し

サンプリング風景

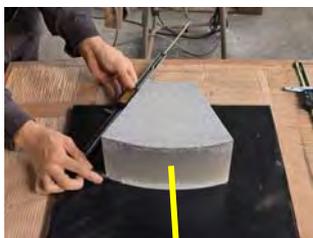
報-P61~64

▶ 直接サンプリングによる密度測定により、埋め戻し材の品質を確認しました。14

2.1 処分技術の信頼性向上

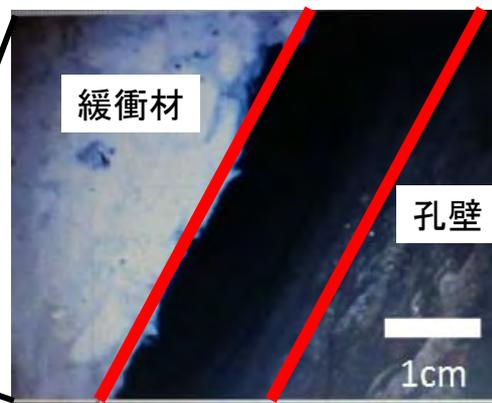
人工バリアや緩衝材の定置等に必要な工学技術の開発

- 処分システム工学確証技術開発事業において、湧水および塩水系地下水環境下における**緩衝材の流出現象とその工学的対策を検討するための原位置試験**を実施しました。

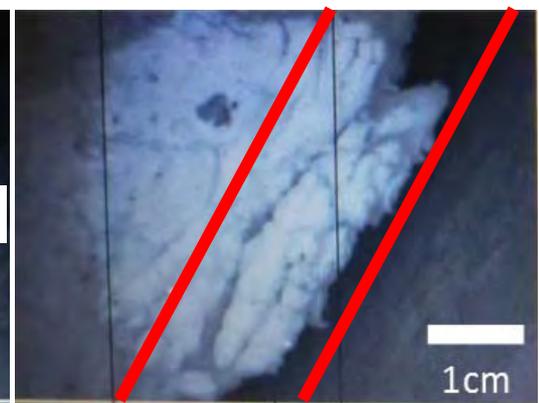


緩衝材ブロックの設置

塩水系の地下水環境下における緩衝材の膨潤状況



設置直後



設置20時間後

▶ 今後、原位置試験を通じて、緩衝材の流出やその工学的対策をより詳細に検討していきます。

報-P54~55

2.1 処分技術の信頼性向上

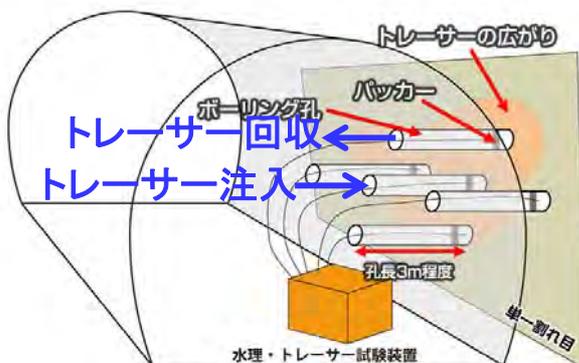
2.2 安全評価手法の高度化

2.2 安全評価手法の高度化

安全評価における物質移動解析に関わる技術の開発

- 350m調査坑道で健岩部や単一の割れ目を対象とした
原位置トレーサー試験を開始しました。

【単一の割れ目を対象とした試験の例】



試験のレイアウト概要



ボーリング孔の掘削



試験装置の設置

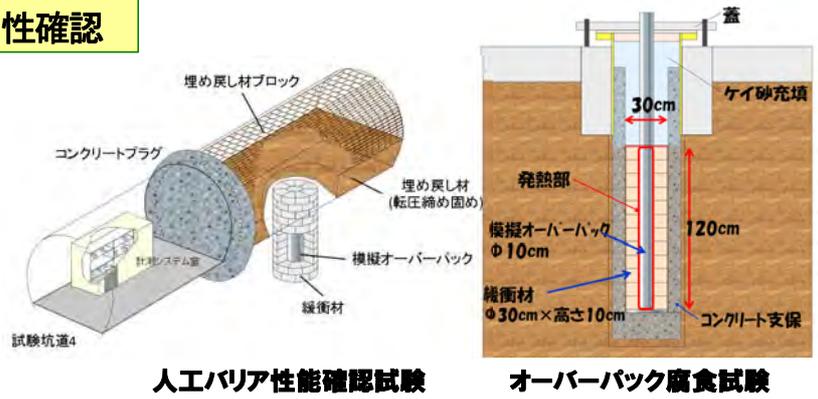
▶ 今後、試験結果の解析を通じて、物質移動に関わる岩盤の物理化学特性を評価する技術の高度化を図っていきます。

必須の課題

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

平成26年度から深度350m調査坑道で実施している人工バリア性能確認試験、オーバーパック腐食試験、物質移行試験を通して、実際の地質環境において、人工バリアや周辺岩盤中での熱-水-応力-化学連成挙動や物質移行現象などを計測・評価する技術の適用性を確認し、「精密調査後半」に必要となる実証試験の技術基盤を確立する。

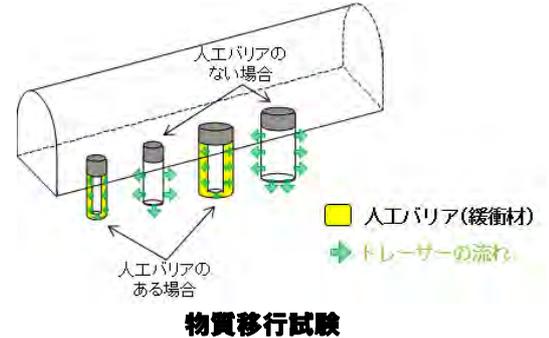
- 人工バリア性能確認試験
- オーバーパック腐食試験
- 物質移行試験



②処分概念オプションの実証

人工バリア設置環境の深度依存性を考慮し、種々の処分概念オプションの工学的実現性を実証し、多様な地質環境条件に対して柔軟な処分場設計を行うことを支援する技術オプションを提供する。

- 処分孔等の湧水対策・支保技術などの実証試験
- 人工バリアの位置・品質確認などの方法論に関する実証試験
- 高温(100℃以上)などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験



③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

地震・断層活動等の地殻変動に対する力学的・水理学的な緩衝能力を定量的に検証し、堆積岩地域における立地選定や処分場の設計を、より科学的・合理的に行える技術と知見を整備する。

- 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

H27年度調査研究計画の概要



地層科学研究

地質環境調査技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 坑道壁面の観察データや地下水の水質データを用いて、これまでに構築した地質環境モデルの妥当性について確認し、必要に応じて更新します。 水圧擾乱試験(通常よりも高い注入圧を用いた透水試験)などを行い、坑道内での調査技術や調査に使用する機器の開発を進めます。
深地層における工学的技術の基礎の開発	<ul style="list-style-type: none"> 坑道掘削後の岩盤や支保の長期挙動の観測を継続し、地下施設の設計の妥当性について確認します。 情報化施工や耐震設計などの一連の工学的技術の整備を継続します。
地質環境の長期安定性に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> 地形や地質構造の長期的な変化を予測する手法や、地震や断層活動が地下水の流れや水質に与える影響を推定する手法の検討を継続します。

地層処分研究開発

処分技術の信頼性向上	<ul style="list-style-type: none"> 人工バリア性能確認試験やオーバーパック腐食試験を継続します。 低アルカリ性コンクリート材料が周辺岩盤や地下水に及ぼす影響を把握するための調査を継続します。 共同研究として実施しているオーバーパック溶接部の耐食性や緩衝材の流出現象に関する原位置試験などを継続します。
安全評価手法の高度化	<ul style="list-style-type: none"> 350m調査坑道で原位置トレーサー試験を継続します。 原位置試験を補完・検証するため、並行して必要な室内試験を行います。



平成26年6月 第Ⅱ期施設整備業務 完成検査

3. 地下施設の建設および維持管理
4. 環境モニタリング
5. 安全確保の取組み
6. 開かれた研究

3. 地下施設の建設および維持管理

平成22年度から導入した民間活力(PFI)による業務のうち、地下施設の建設を平成26年6月末に完了しました。

引き続き、地下施設内の機械設備や電気設備などの保守点検や修繕(維持管理)を行い、安全性確保に努めています。平成27年度も、維持管理業務を継続していきます。

- ・東立坑 : 掘削長 9m (深度 371m から 380mまで)
- ・350m調査坑道 : 坑内整備

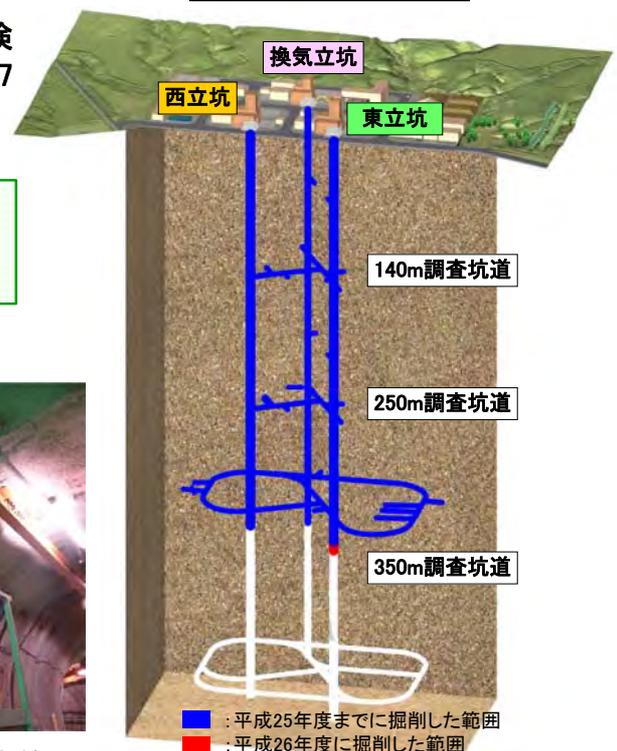


建設状況 : 東立坑の掘削



維持管理状況 : 検知器の点検

地下施設概要図



■ : 平成25年度までに掘削した範囲
 ■ : 平成26年度に掘削した範囲

※このイメージ図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

4. 環境モニタリング

○排水量および水質調査

- (1) 地下施設からの排水の水質調査
- (2) 天塩川への排水量
- (3) 天塩川の水質調査
- (4) 掘削土(ズリ)置場周辺の地下水の水質調査
- (5) 清水川および掘削土(ズリ)置場雨水調整池の水質調査

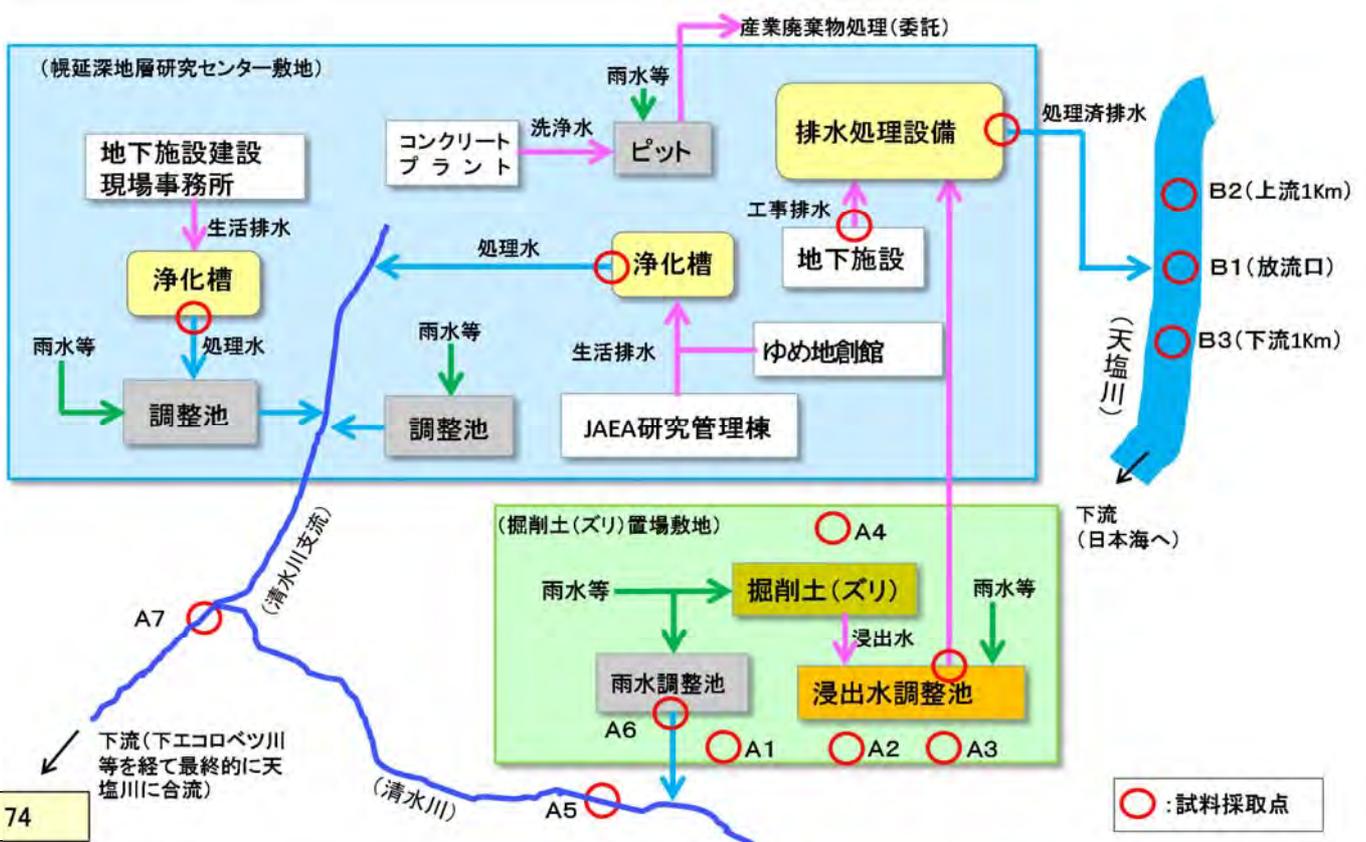
○掘削土(ズリ)の土壌溶出量調査

○センター周辺の環境影響調査

- (1) 騒音の調査
- (2) 振動の調査
- (3) 植物群落の調査
- (4) 清水川の水質調査
- (5) 魚類の調査

4. 環境モニタリング ～排水量および水質調査結果～

幌延深地層研究センターの排水系統図



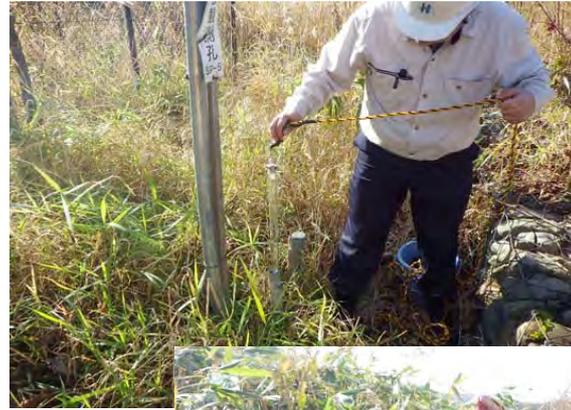
4. 環境モニタリング ～排水量および水質調査結果～



水質調査試料の採取状況



天塩川の水質採取状況 (B1～B3)



掘削土(ズリ)置場周辺の地下水 (A1～A4)

4. 環境モニタリング ～排水量および水質調査結果～



(1) 地下施設からの排水の水質調査結果

平成26年度の「揚水設備における処理済排水」の分析結果は、すべて排水基準以下でした。処理前の「立坑の原水」でホウ素が高い値を示していますが、自然由来によるものです。平成27年度も継続して調査を実施します。

主な分析項目	単位	採水地点			参考値 (水質汚濁防止法 排水基準)
		立坑の原水	掘削土(ズリ)置場 浸出水調整池の原水	揚水設備における 処理済排水	
カドミウム	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.1(4～11月) 0.03(12月～)
ヒ素	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.1
セレン	mg/L	<0.01	<0.01～0.02	<0.01	0.1
フッ素	mg/L	<0.8	<0.8	<0.8	8
ホウ素	mg/L	76～94	0.9～14	<0.1～1.2	10
全窒素	mg/L	84～90	56～97	15～27	120 (日間平均:60)
全アンモニア	mg/L	55～74	0.30～2.1	<0.05～1.4	—
pH	—	8.1～8.3	7.0～7.7	7.3～8.3	5.8～8.6
浮遊物質 (SS)	mg/L	5～28	10～16	<1～3	200 (日間平均:150)
塩化物イオン	mg/L	2,900～4,300	44～500	3,000～4,700	—

4. 環境モニタリング ～排水量および水質調査結果～



(2) 天塩川への排水量

排水処理設備から天塩川への年間排水量は、約6万 m^3 でした。

日最大排水量は、豪雨によって掘削土(ズリ)置場の浸出水が増加した8月に最大となっています。

月	排水量(m^3)	日最大排水量(m^3)	日平均排水量(m^3)
26年4月	8,260	406	275.3
5月	4,938	335	159.3
6月	5,128	331	170.9
7月	4,556	329	147.0
8月	7,255	551	234.0
9月	5,549	365	185.0
10月	4,616	374	148.9
11月	4,957	364	165.2
12月	4,052	294	130.7
27年1月	4,062	256	131.0
2月	3,373	292	120.5
3月	6,497	381	209.6
平成26年度	合計: 63,243	日最大: 551	日平均: 173.1

報-P 75

(毎日の排水量は、ホームページで公開しています。)

26

4. 環境モニタリング ～排水量および水質調査結果～



(3) 天塩川の水質調査結果

平成26年度においては、浮遊物質量(SS)が高い値を示していますが、当センターからの排水は協定値以下であり、放流口の上流においても高い値を示していることから、融雪や降雨に伴う天塩川の増水によるものと考えられます。平成27年度も継続して調査を実施します。

主な分析項目	単位	天塩川			北るもい漁協協定値
		B1: 放流口	B2: 放流口上流1km	B3: 放流口下流1km	
ホウ素	mg/L	0.01~4.1	<0.01~3.9	<0.01~3.9	5以下
全窒素	mg/L	0.24~1.1	0.23~1.1	0.24~1.1	20以下
全アンモニア	mg/L	<0.05~0.08	<0.05~0.09	<0.05~0.09	2以下 (B3地点のみ)
pH	—	6.6~7.3	6.9~7.3	6.8~7.2	5.8~8.6
浮遊物質量(SS)	mg/L	<1~58	<1~56	<1~60	20以下

(調査結果の詳細なデータは、ホームページで公開しています。)

報-P 79

27

4. 環境モニタリング ～排水量および水質調査結果～



(4) 掘削土(ズリ)置場周辺の地下水の水質調査結果

平成26年度においては、ヒ素の濃度がこれまでの最大値となり、pHがこれまでの値より酸性傾向を示しましたが、どちらも周辺の土壤に起因する自然的要因と考えられます。平成27年度も継続して調査を実施します。

主な分析項目	単位	調査地点	掘削土(ズリ)搬入前 (H18.6~H19.4)	掘削土(ズリ)搬入後 (H19.5~H26.3)	H26年度
カドミウム	mg/L	A1~A4	<0.001~0.004	<0.001~0.009	<0.001
鉛	mg/L	A1~A4	<0.005~0.171	<0.005	<0.005
ヒ素	mg/L	A1~A4	<0.005	<0.005~0.007	<0.005~0.012
セレン	mg/L	A1~A4	<0.002	<0.002~0.005	<0.002
フッ素	mg/L	A1~A4	<0.1~0.4	<0.1~0.4	<0.1
ホウ素	mg/L	A1~A4	<0.02~50.7	<0.02~63.0	<0.02~31
pH	—	A1~A4	4.6~7.3	4.2~7.3	3.7~7.2
塩化物イオン	mg/L	A1~A4	9.7~2,910	9.3~3,400	8.4~3,000

報-P 82

(調査結果の詳細なデータは、ホームページで公開しています。)

28

4. 環境モニタリング ～排水量および水質調査結果～



(5) 清水川及び掘削土(ズリ)置場雨水調整池の水質調査結果

平成26年度においては、清水川下流で微量の鉛が検出されましたが、過去の川底の土壤分析結果においてもこれらの物質が検出されていることから、自然由来によるものと考えます。平成27年度も継続して調査を実施します。

主な分析項目	単位	調査地点	掘削土(ズリ)搬入前 (H18.6~H19.4)	掘削土(ズリ)搬入後 (H19.5~H26.3)	H26年度
カドミウム	mg/L	A5~A7	<0.001~0.001	<0.001~0.002	<0.001
鉛	mg/L	A5~A7	<0.005	<0.005~0.006	<0.005~0.008
ヒ素	mg/L	A5~A7	<0.005~0.011	<0.005~0.015	<0.005~0.009
セレン	mg/L	A5~A7	<0.002	<0.002~0.003	<0.002
フッ素	mg/L	A5~A7	<0.1~0.7	<0.1~1.1	<0.1~0.1
ホウ素	mg/L	A5~A7	<0.02~0.30	<0.02~0.44	0.04~0.30
pH	—	A5~A7	5.8~7.4	5.7~9.1	6.5~8.4
浮遊物質(SS)	mg/L	A5~A7	1~173	<1~500	<1~46
塩化物イオン	mg/L	A5~A7	5.1~30.5	3.9~269	2.9~53

報-P 85

(調査結果の詳細なデータは、ホームページで公開しています。)

29

4. 環境モニタリング ～掘削土(ズリ)の土壤溶出量調査結果～

いずれも掘削土(ズリ)置場に保管可能な第2溶出量基準値以下でした。

掘削土(ズリ)には自然由来の重金属などによって、溶出量基準値を超えるものがありますが、土壤汚染対策法に準じた遮水対策を施して保管しています。

掘削土(ズリ)モニタリング調査結果(土壤溶出量:公定分析)

分析項目	単位	試料採取箇所* 東立坑	参考値(土壤汚染対策法)	
			溶出量基準値	第2溶出量基準値
ホウ素	mg/L	5.1	1	30
ヒ素		0.047	0.01	0.3
フッ素		0.19	0.8	24
セレン		0.009	0.01	0.3
カドミウム		<0.001	0.01	0.3
鉛		0.003	0.01	0.3
シアン		<0.1(不検出)	検出されないこと	1
六価クロム		<0.005	0.05	1.5
水銀		<0.0005	0.0005	0.005
アルキル水銀		<0.0005(不検出)	検出されないこと	検出されないこと

* 掘削土(ズリ)モニタリングは平成26年4月から平成27年3月までの試料採取(平成26年4月に1回実施)における調査分析結果を記載しています。

報-P 88

(調査結果の詳細なデータは、ホームページで公開しています。)

30

4. 環境モニタリング ～センター周辺の環境影響調査結果～

騒音・振動・植物

平成26年度の騒音、振動、植物の植生の調査については、これまでと比べて大きな変化は見られず、工事着手前の環境が維持されていると判断されます。

調査項目	調査結果
騒音 (4回/年)	時間率騒音レベルは、昼間は35～64デシベル、夜間は30未満～58デシベルであり、工事着工前と同程度であった。 (工事着手前:昼間39～53デシベル 夜間30未満～37デシベル)
振動 (4回/年)	昼間は30未満～43デシベル、夜間は30未満～39デシベルであり、工事着工前と同程度であった。 (工事着手前:昼間30未満～33デシベル 夜間30未満～30デシベル)
植物 (3回/年)	植物群落は、これまでとほぼ同様な種構成が確認され、大きな変化はみられなかった。

【騒音・振動】
工事の一時休止に伴い、調査を休止。

【植物】
安定した状態が確認され、調査を完了。



報-P 89-96

騒音・振動測定(4箇所、年4回)

植物群落調査(2箇所、年3回)

31

4. 環境モニタリング ～センター周辺の環境影響調査結果～

水質・魚類

平成26年度の清水川の水質、魚類等の調査については、これまでと比べ大きな変化は見られず、工事着手前の環境が維持されているものと判断されます。平成27年度も継続して調査を実施します。

調査項目	調査結果
水質(清水川) (4回/年)	清水川の水質については、工事による河川水質への影響は確認されていない。
魚類 (3回/年)	春季、夏季および秋季調査で6科10種を確認した。 重要種については、スナヤツメ、エゾウグイ、エゾホトケドジョウ、ヤマメ(サクラマス)、エゾトミヨ、ハナカジカの6種を確認した。



清水川の水質調査(2箇所、年4回)



魚類生息調査(清水川流域、年3回)



報-P 89-96

32

5. 安全確保の取組み

各種の安全活動に積極的に取り組むとともに、「安全推進協議会」を組織し、センター一丸となって安全活動を推進・実施しました。平成27年度も安全最優先で業務を進めていきます。



安全大会(H26年7月)

- 各種安全行事による意識高揚
- 定期的な安全パトロールの実施
- 作業計画書による作業前の安全対策・リスクアセスメントの確認
- 新規配属者・請負業者に対する安全教育の実施
- 事故対応訓練(年2回)、通報連絡訓練(毎月)
- 安全関係規則類の見直し改定
- 安全推進協議会活動



所長パトロール(月例)



事故対応訓練(26年9月)



報-P 97

33

6. 開かれた研究

◆大学との研究協力

北海道大学、
室蘭工業大学、
信州大学など

◆その他の機関との研究協力

幌延地圏環境研究所、
電力中央研究所、
産業技術総合研究所、
株式会社東京測器研究所、
株式会社大林組、
原子力環境整備促進・資金管理センター、
石油天然ガス・金属鉱物資源機構、
国際超電導産業技術研究センターなど

◆国外機関との研究協力

モンテリ・プロジェクト（スイスのモンテリでの国際共同研究）、
クレイクラブ（OECD/NEA Clay Club）など



原環センター原子力機構
共同研究
掘削した試験孔に
試験体を設置している様子
（平成27年1月、
於 350m調査坑道）



モンテリ国際共同研究プロジェクト
幌延ワークショップの様子
（平成26年5月、於 国際交流施設）

報-P 98~102

34

地下施設 深度350m調査坑道見学のご案内

地下施設 深度350m調査坑道を見学いただけるようになりました。
ぜひ、皆さまの“目”で“足”で『地下350m』の世界をご体験下さい。

幌延深地層研究センター施設見学

○参加費：無料 【留意事項】

- ・定員数に限りがありますので、事前にお電話にてご確認ください。
- ・小学生の方は、保護者同伴のうえ、小学4年生以上とさせていただきます。
- ・ご見学の際には、指定された安全装備の着用をお願いします。

【日曜日の施設見学】

・4月から10月の**第4日曜日**

・申込締切：見学日の**1週間前**まで

【平日の施設見学】

・4月から10月は**火曜日、木曜日**

・11月から3月は**木曜日**

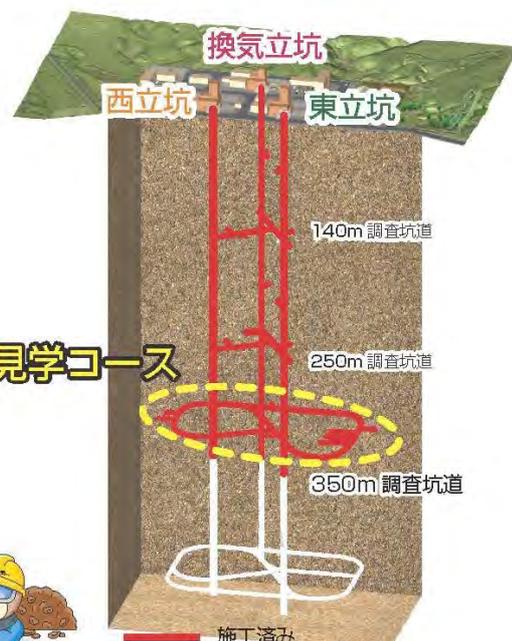
・申込締切：見学日の**2週間前**まで

【お申込み・お問い合わせ先】

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 幌延深地層研究センター

TEL：01632-5-2022 FAX：01632-5-2033

定休日：毎週月曜日、年末年始（12/29～1/3）（月曜日が祝日または振替休日の場合は水曜日）



【地下施設イメージ図】

※このイメージ図は、
今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

深度350m調査坑道を見学できるようになったよ!!

