



幌延深地層研究計画

令和2年度調査研究 成果報告

目次

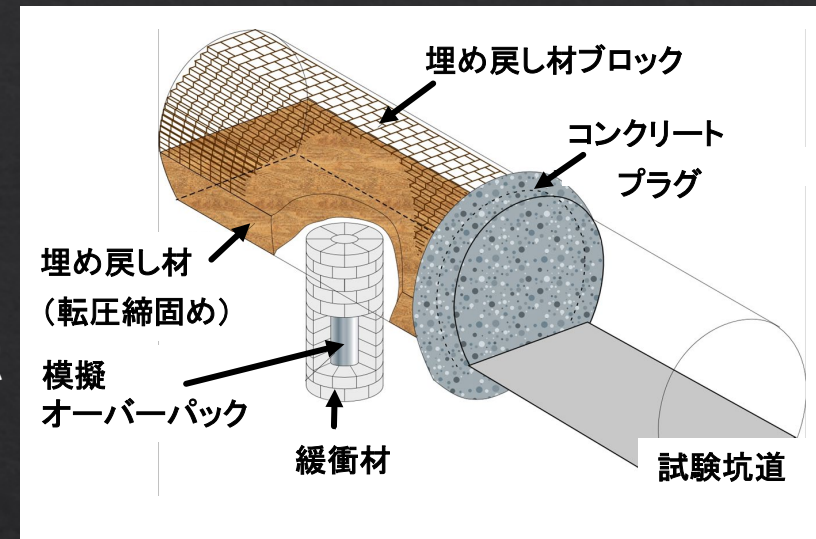
I 令和2年度以降の必須の課題および

必須の課題への対応に必要なデータ取得

1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
2. 処分概念オプションの実証
3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
4. 必須の課題への対応に必要なデータ取得

II 環境・安全管理について

5. 地下施設の管理
6. 環境調査
7. 安全確保の取組み
8. 開かれた研究



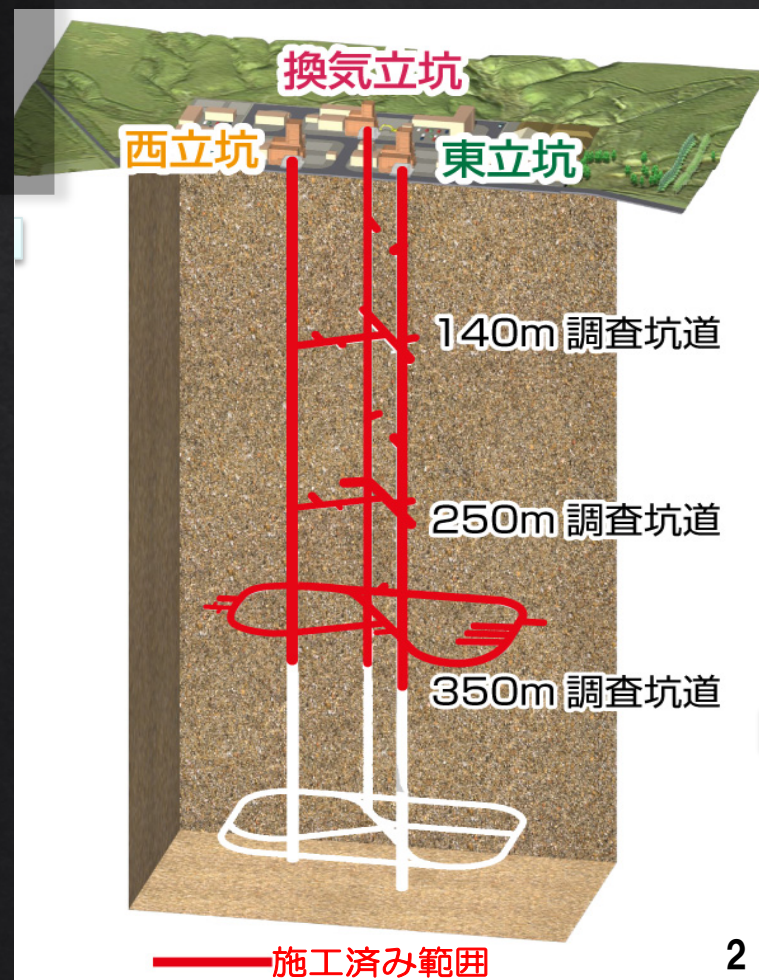
I 令和2年度以降の必須の課題および

必須の課題への対応に必要なデータ取得

1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
2. 処分概念オプションの実証
3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
4. 必須の課題への対応に必要なデータ取得

II 環境・安全管理について

5. 地下施設の管理
6. 環境調査
7. 安全確保の取組み
8. 開かれた研究



I 令和2年度以降の研究課題

1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- 人工バリア性能確認試験
- 物質移行調査

2. 処分概念オプションの実証

- 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験
 - ・ 操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証
 - ・ 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化
- 100℃以上の限界的条件下で人工バリアの性能を確認

3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

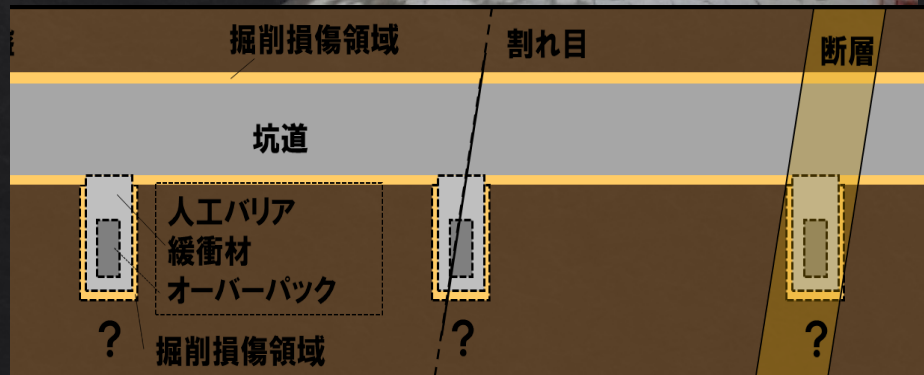
- 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
 - ・ 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握
 - ・ 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化
- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験



人工バリア性能確認試験の解体調査のイメージ



閉鎖技術オプションの整理



廃棄体定置決定や間隔設定の考え方を整理

1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

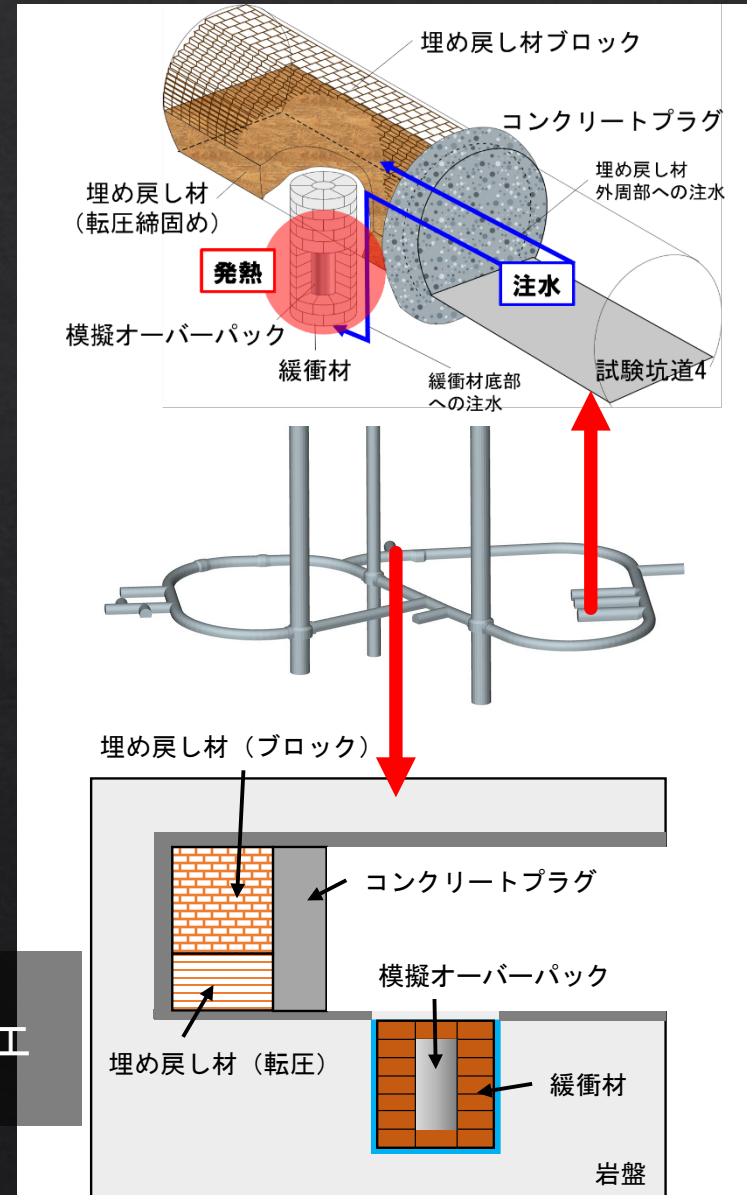
(1) 人工バリアの性能確認試験1

【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

人工バリア周辺で起こる現象を理解すること

- 緩衝材に地下水を浸潤させた場合のデータをもとに
熱－水－応力－化学連成評価手法を整備
- 人工バリアを解体し、緩衝材の飽和度を確認

人工バリア性能試験の
一部を模擬した試験施工
イメージ図(断面図)



1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

(1) 人工バリアの性能確認試験2

【令和2年度の実施内容と成果1】

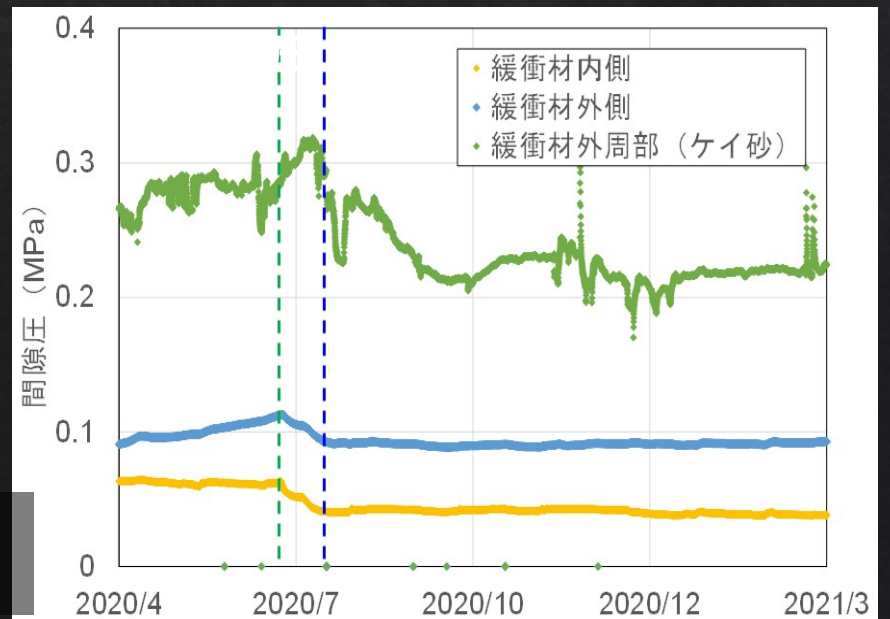
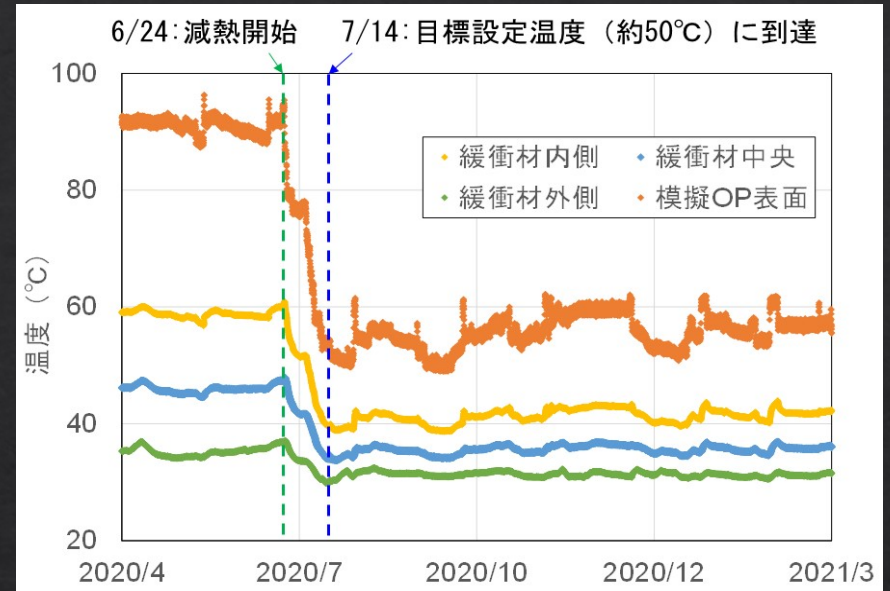
●廃棄体が冷めるとどうなるのか

模擬オーバーパックの温度を90℃から50℃に
下げて、緩衝材中の温度変化や間隙水圧変化
を観測

その結果ー

緩衝材中の温度が下がり、衝材中の間隙圧も低下した。これは緩衝材中の空気の圧力が下がったため

人工バリア性能試験で取得した計測データの一例



1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

(1) 人工バリアの性能確認試験3

【令和2年度の実施内容と成果2】

人工バリアの解体方法を確認

このため別坑道に予備検討用の埋め戻し材、プラグ、試験孔、模擬オーバーパック、緩衝材を設置



施工の様子

1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認



1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

(2) 物質移行試験1

【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

堆積岩における物質移行現象の評価手法を整備

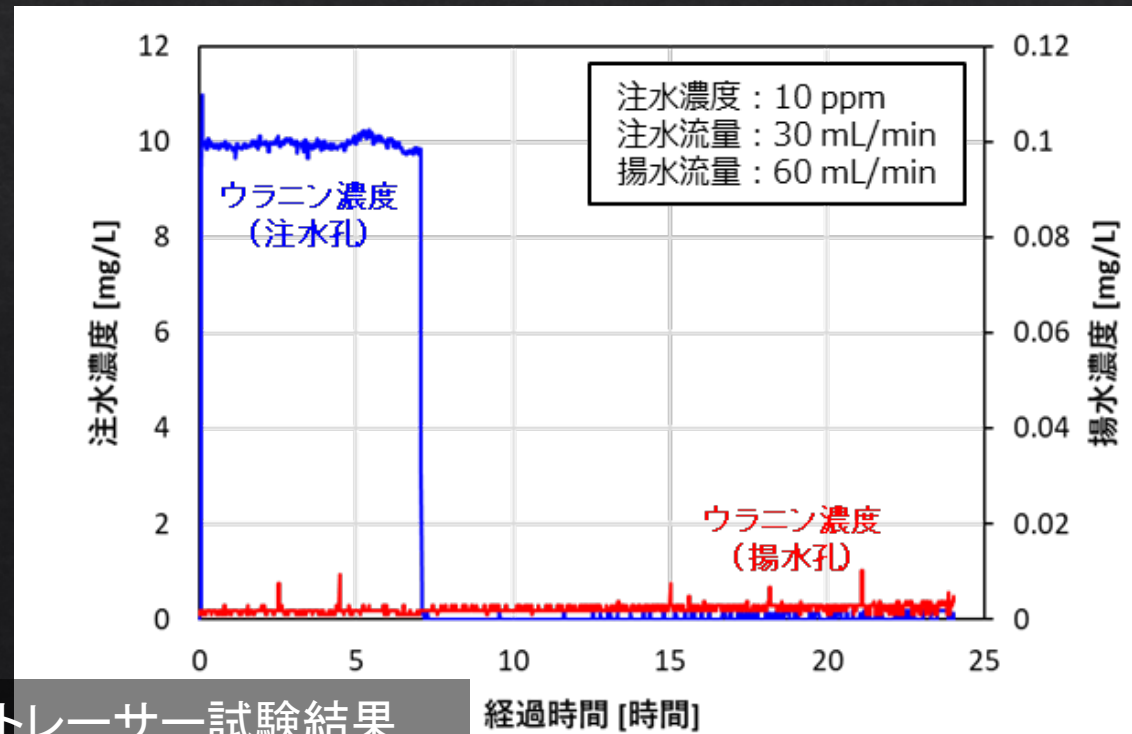
- (A)掘削損傷領域でのトレーサー試験を行い、物質移行に関するデータを取得
- (B)有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行試験
- (C)掘削損傷領域、岩盤中の割れ目を含むブロックスケール(数m~100m規模)の物質移行評価手法を整備

【令和2年度の実施内容と成果】

(A)は試験における濃度設定に関する
情報を取得

(B)は次のページで説明

(C)は準備作業を完了



1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

(2) 物質移行試験2

【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

堆積岩における物質移行現象の評価手法を整備

(A)掘削損傷領域でのトレーサー試験を行い、物質移行に関するデータを取得

(B)有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行試験

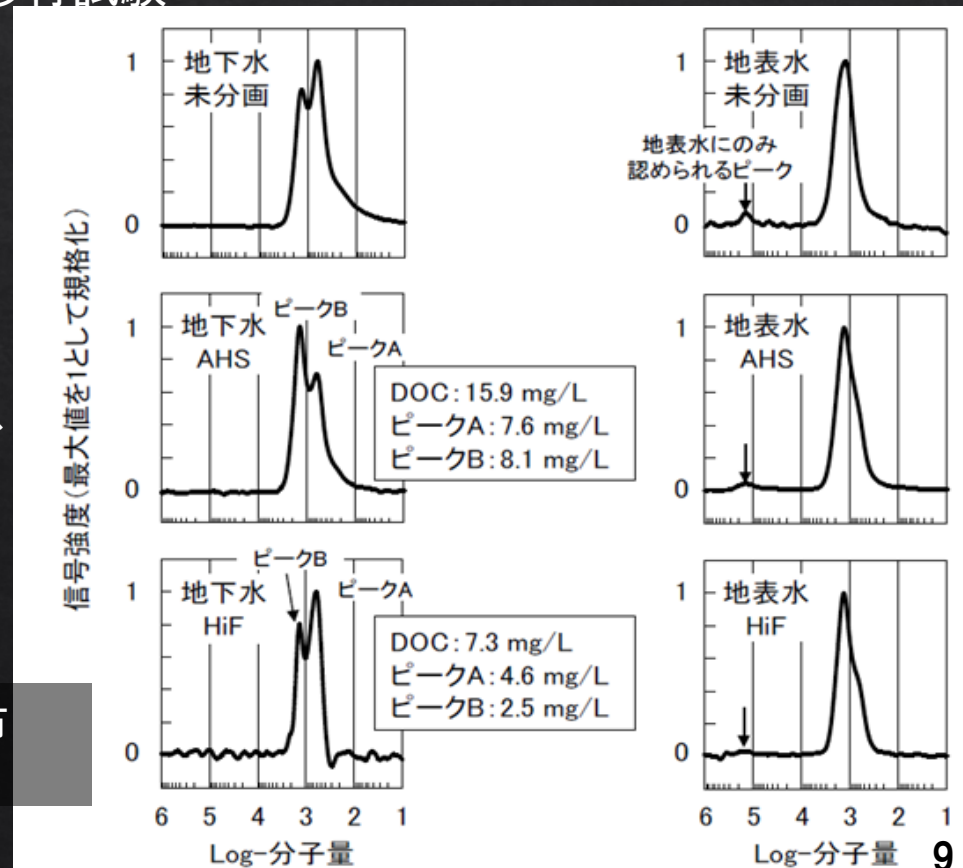
(C)掘削損傷領域、岩盤中の割れ目を含む
ブロックスケール(数m~100m規模)の物質
移行評価手法を整備

【令和2年度の実施内容と成果】

(A、C)は説明済

(B)は**地下水中の有機物データ**である濃度、サイズ
分布、構成を取得した(右図)

深度140mの地下水と地表水中の有機物のサイズ分布
(AHS:腐植物質、HiF:親水性物質)



2. 処分概念オプションの実証

(1) 人工バリアの定置・品質管理などの方法論に関する実証試験1

操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証1

【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

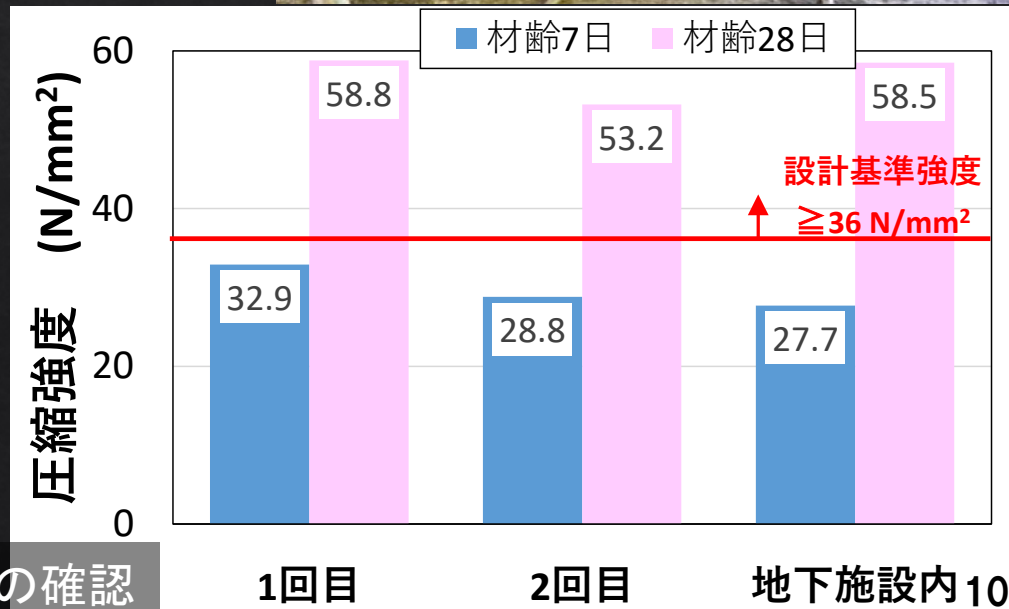
坑道の閉鎖技術や閉鎖システムの性能を担保する

設計・施工技術の選択肢を整理

- 緩衝材や埋め戻し材の状態に応じた除去技術オプション回収容易性を考慮した概念オプション、品質評価手法を整備
- 閉鎖技術(埋め戻し方法:プラグ等)を実証
- 人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工の品質保証の仕組みや考え方を体系的に整理

【令和2年度の実施内容と成果】

- **コンクリート支保の経年変化を調査する曝露試験の準備**として、地下坑道の吹付けコンクリートと同等の力学特性や成分をもつ試験体を作成し、地下坑道と同じ大気と湿潤条件下に置いた



2. 処分概念オプションの実証

(1) 人工バリアの定置・品質管理などの方法論に関する実証試験2

操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証2

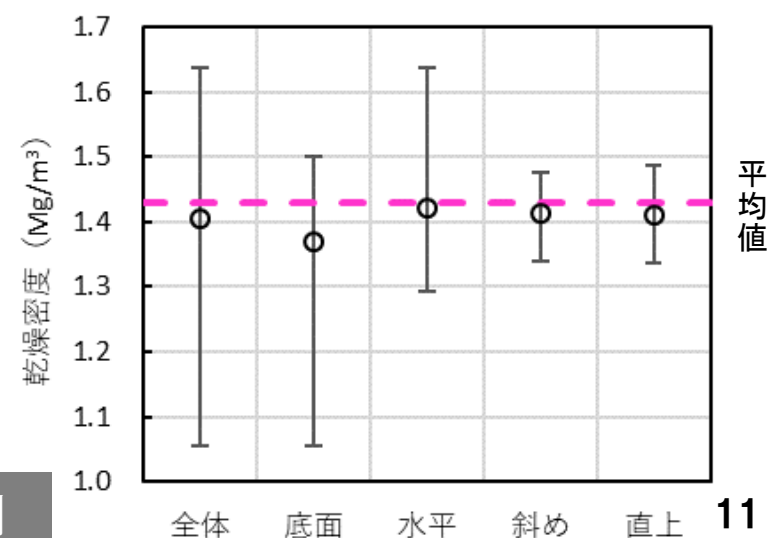
【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

坑道の閉鎖技術や閉鎖システムの性能を担保
するための設計・施工技術の選択肢を整理

【令和2年度の実施内容と成果】

- 埋め戻し材やプラグ等の設計・施工・性能
評価技術を向上させるために、止水プラグに用い
るベントナイトの吹付け施工試験を実施し、材料の種
類、配合の違いによる品質の違いを整理

吹付け試験
の様子例



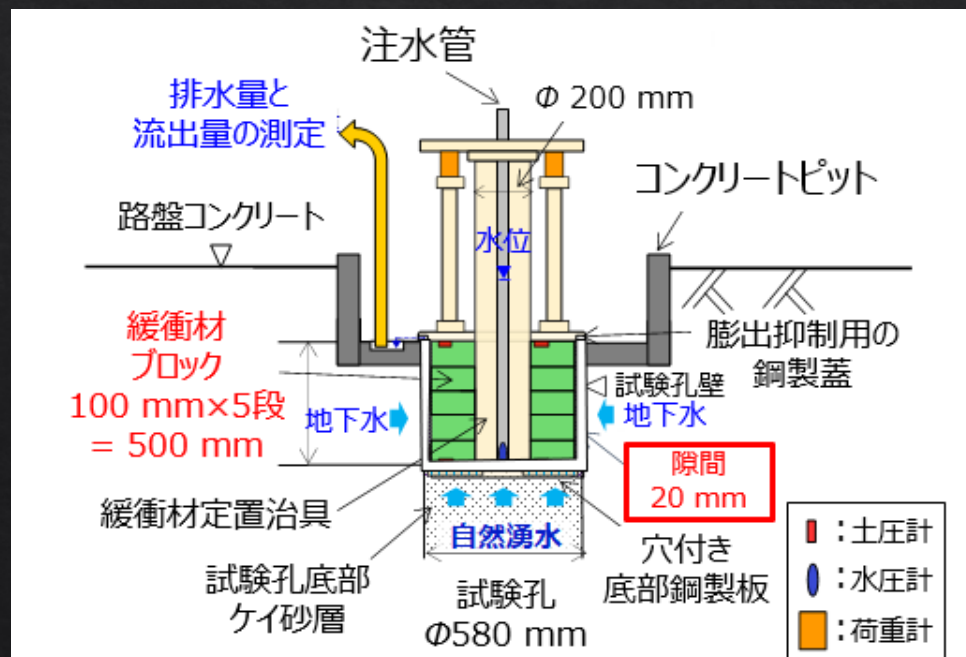
2. 処分概念オプションの実証

(1) 人工バリアの定置・品質管理などの方法論に関する実証試験3

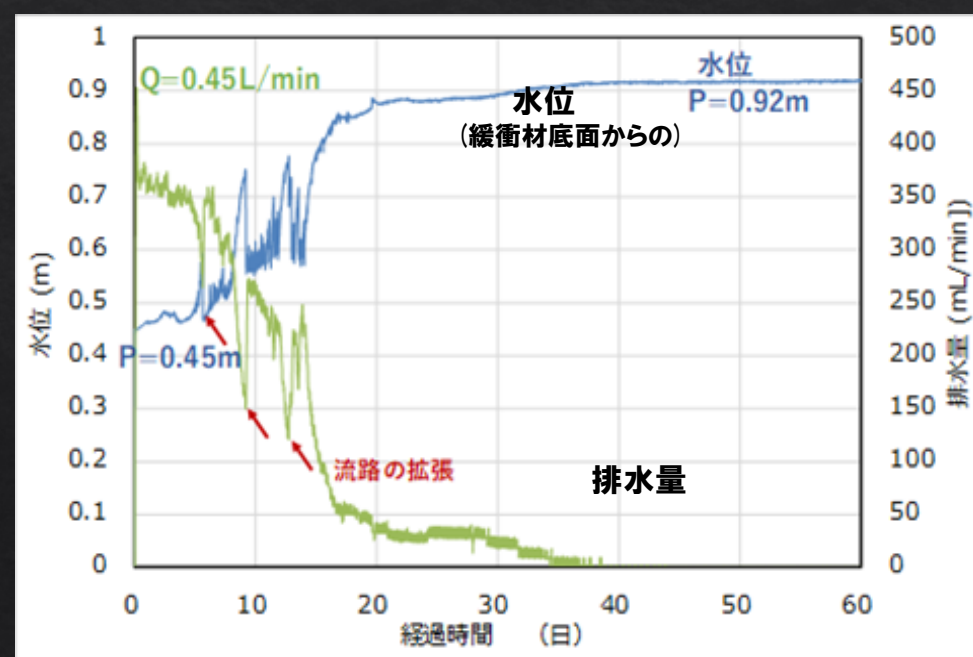
操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証3

【令和2年度の実施内容と成果】 自然湧水がある場合、緩衝材は初期に少し流れ出すが、その後は緩衝材が膨らんで隙間を埋めるため、流出は止まる

緩衝材への水の浸潤挙動を把握するための試験を実施し、上記を確認



緩衝材流出試験の概念



緩衝材流出試験期間中の排水量と水位

2. 処分概念オプションの実証

(2) 100°C以上などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験

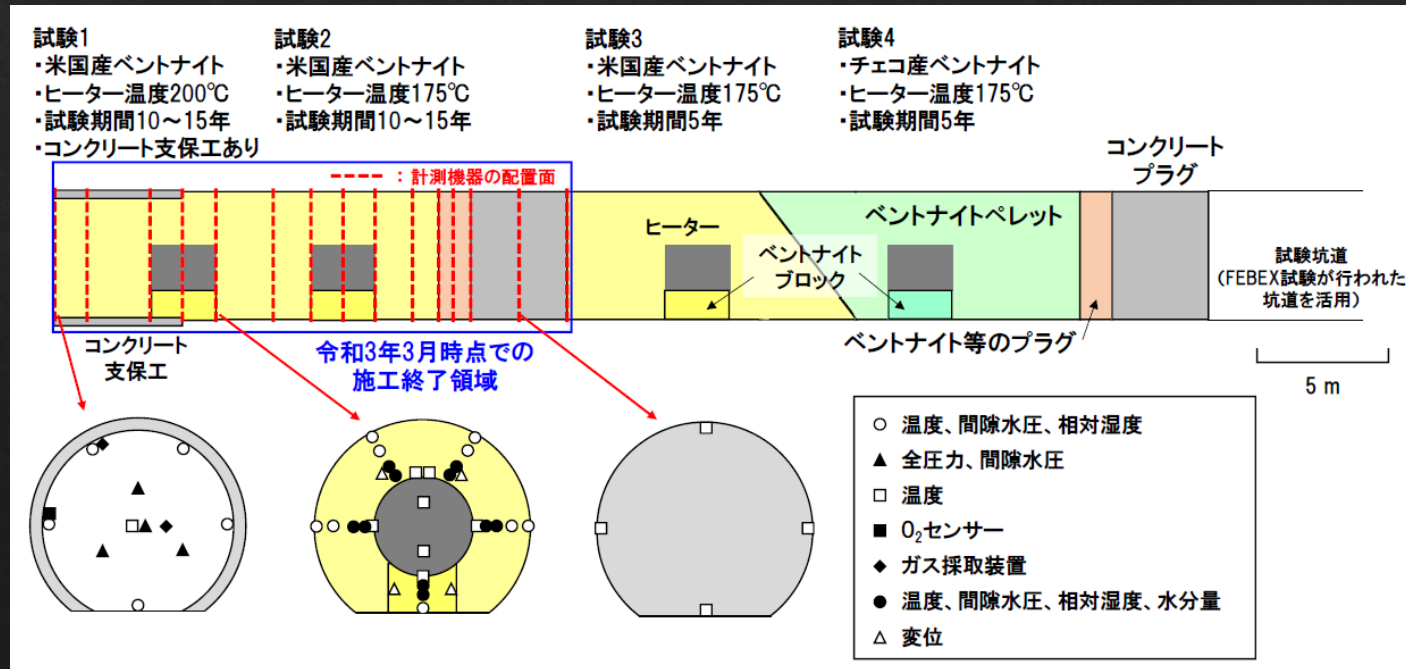
【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

想定外の要因により緩衝材温度が100°Cを超えた場合、どうなるのか

➤その際に人工バリアとその周辺岩盤で発生する現象を整理し、上限温度設定の考え方を提示

【令和2年度の実施内容と成果】

- 上記のシナリオを検討した結果、**緩衝材の挙動には蒸発による水分移動と物質移行の特性が影響を与える**
- 海外機関が実施している100°C超の状態を模擬する原位置試験を対象として、試験条件、試験手法、計測機器の選定・配置等に関する情報を収集、整理



海外での研究事例(施工状況ならびに計測機器の配置図と断面図)

3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

(1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化1

地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

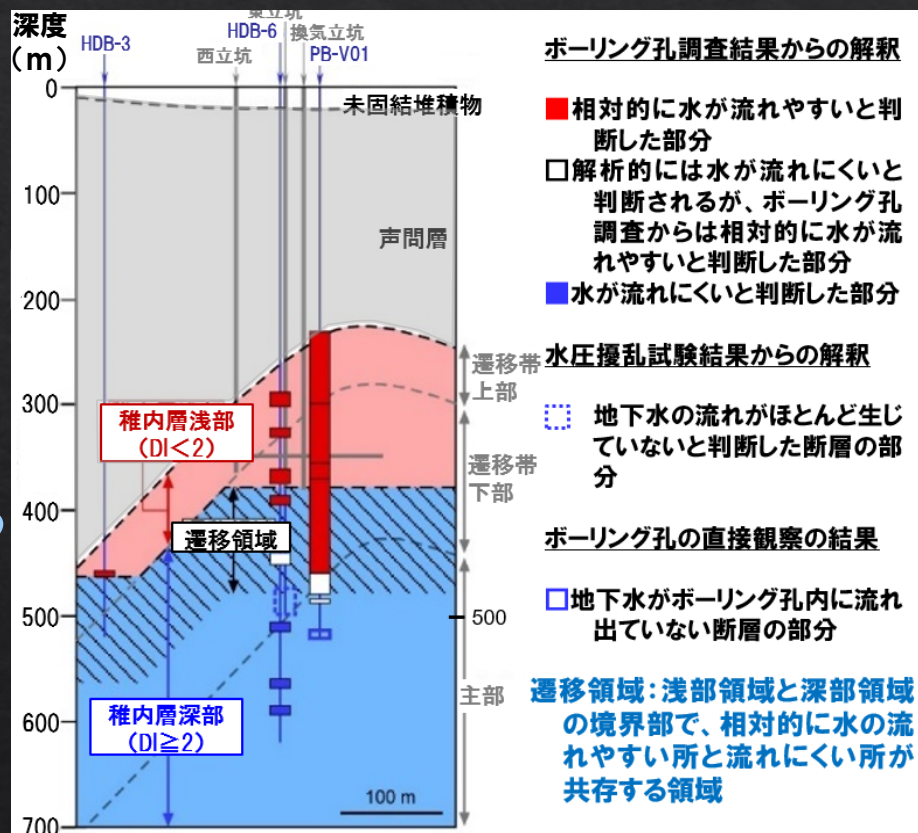
【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

地殻変動が透水性に与える影響を推測するための手法を整備

- ボーリング孔を用いた水圧擾乱試験
- 断層、割れ目の長期的な透水性の評価手法を構築

【令和2年度の実施内容と成果】

- 稚内層における割れ目の水理的連結性に関する既存データを再解析し、水理的連結性の遷移領域があることが判明
- 遷移領域は深度500m程度まで達し、それ以深は水理的連結性が低い領域であることを解明
- 幅数十cmの大型の断層を対象とした水圧擾乱試験を実施し、観測データを取得



稚内層中の割れ目の水理的連結性に関する領域区分とボーリング孔で得られた水理学的情報

DI: 岩石の強度・応力状態を示すために定義した指標。
この値が高いほど、岩盤は見かけ上やわらかくなる。

3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

(1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化2

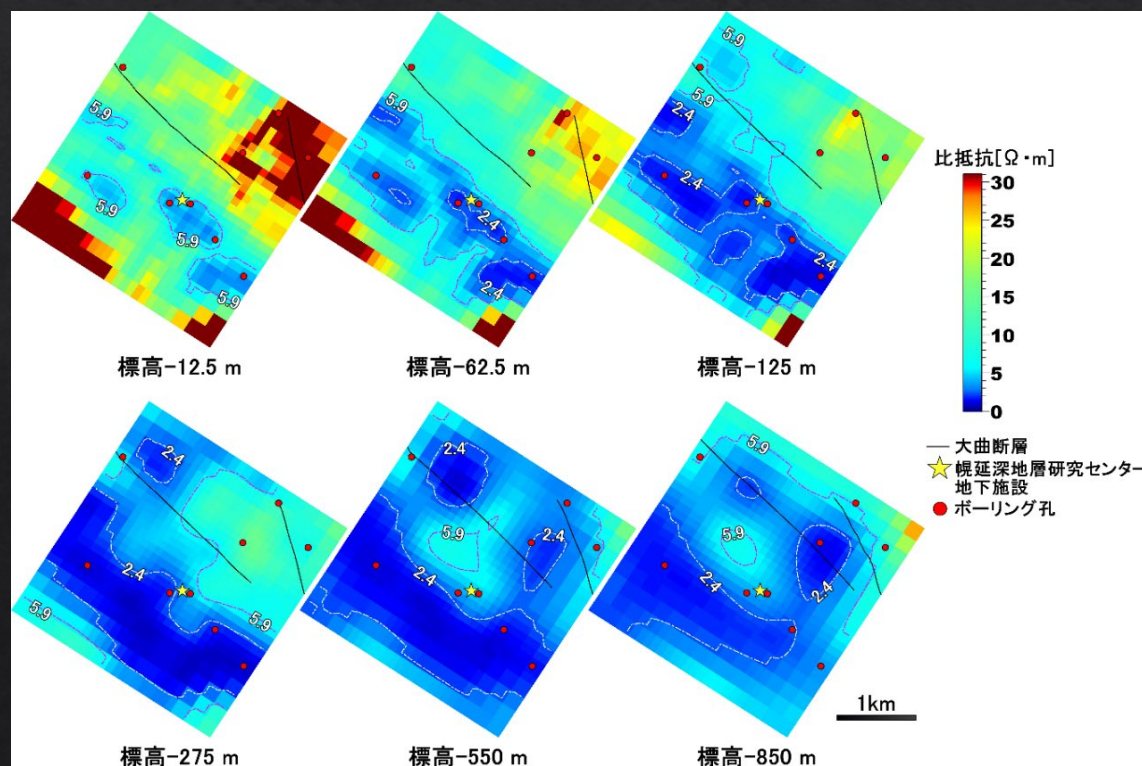
地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化

【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

地下水の流れが非常に遅い領域の分布を理解するための技術を構築

【令和2年度の実施内容と成果】

- 化石海水の分布と地質構造を把握するために物理探査
- 既往の物理探査より三次元的でより深い掘がりを推定できる手法を適用し、**深度400～500mよりも深い領域の推定結果を向上**
- 電磁探査データ(比抵抗)から地下水の塩濃度を推定した結果、幌延深地層研究センターの周辺を境に、南西側で塩分濃度が高く北東側で塩分濃度が低くなっていることがわかった



3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

(2)地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

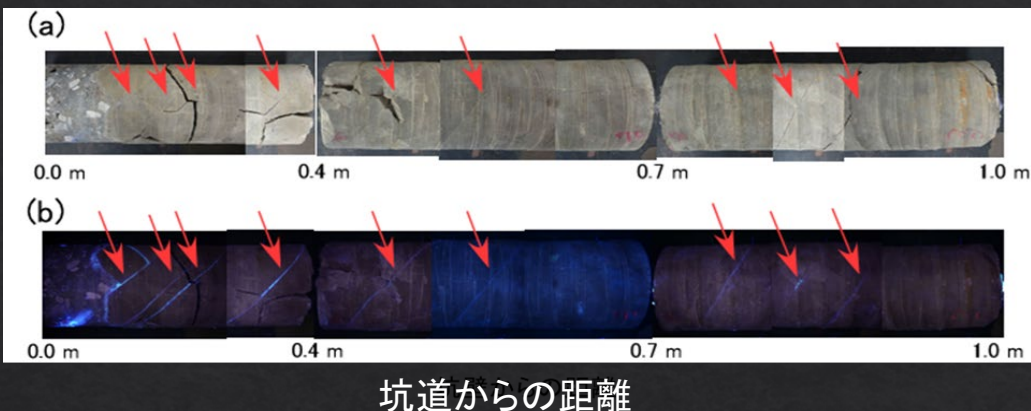
【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

坑道閉鎖後の緩衝材や埋め戻し材の膨らみを踏まえて、坑道回りの掘削損傷領域の透水性を推測する手法を構築

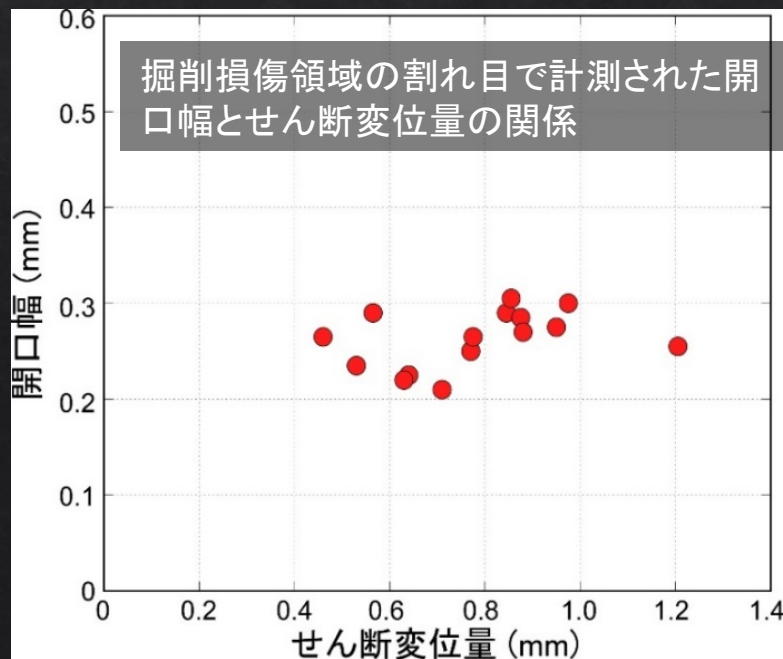
- 緩衝材や埋め戻し材が掘削損傷領域の力学的・水理学的な緩衝能力(自己治癒能力)に与える影響の解析手法を開発
- 坑道近傍の力学条件に基づいて掘削損傷領域の透水性を予測する方法を構築
- 坑道埋め戻し後の掘削損傷領域の透水性を予測する方法を構築

【令和2年度の実施内容と成果】

掘削損傷領域に樹脂を注入し、詳細観察を行い、割れ目のせん断変位量と開口幅との相関が乏しいことを確認。
深度350mの地圧では割れ目面に垂直にかかる力が大きいため、割れ目の開口が抑えられることが分かった



坑道からの距離
樹脂注入後に採取したコアの例 (a) 自然光で撮影、
(b) 紫外線照射したで撮影、矢印は樹脂が注入された割れ目



4. 必須の課題への対応に必要なデータ取得

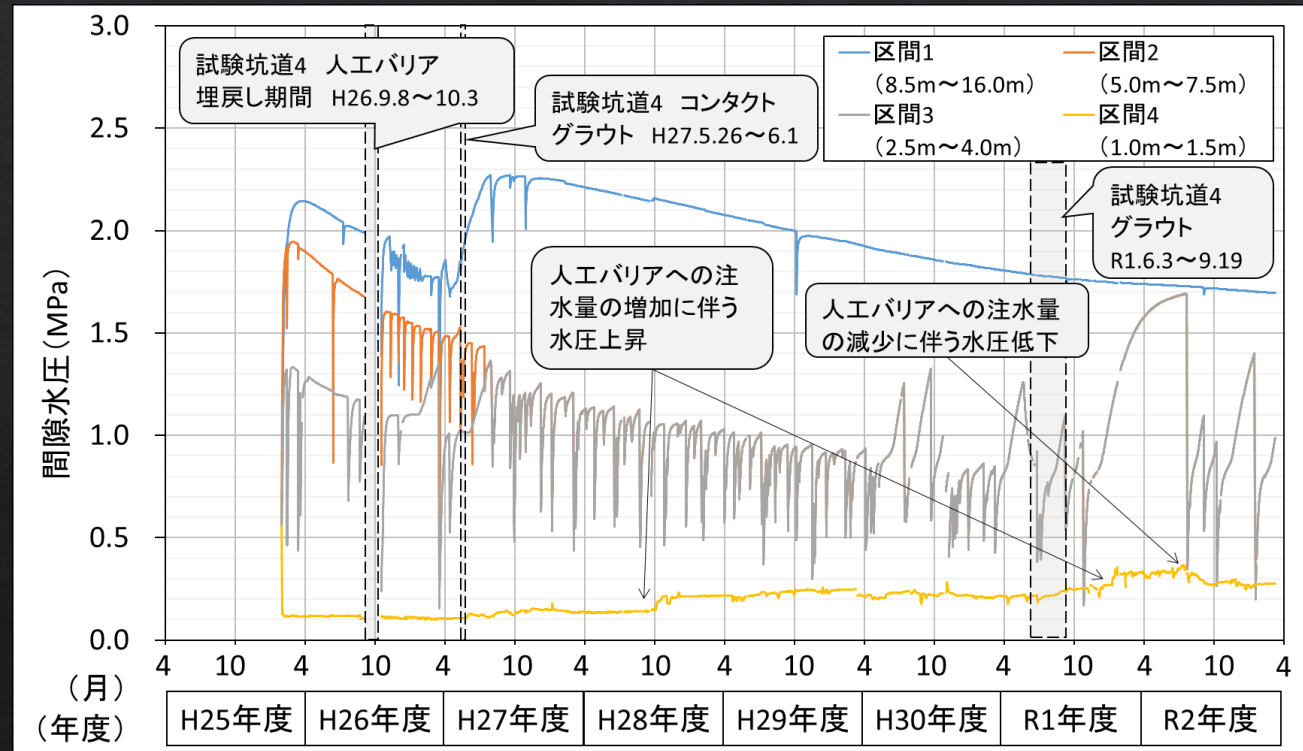
【令和10年度までの実施内容】

- 人工バリア性能確認試験や物質移行試験などの処分システムの設計・施工や安全評価に関わる基礎情報を取得

【令和2年度の実施内容と成果】

一例として、

- 人工バリア性能確認試験の試験箇所周辺のボーリング孔に設置した水圧・水質モニタリング装置において、人工バリア性能確認試験の注水量の変化に伴う水圧の変化を確認



人工バリア性能確認試験の試験箇所周辺のボーリング孔における水圧の経時変化

I 令和2年度以降の必須の課題および

必須の課題への対応に必要なデータ取得

1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
2. 処分概念オプションの実証
3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
4. 必須の課題への対応に必要なデータ取得

II 環境・安全管理について

5. 地下施設の管理
6. 環境調査
7. 安全確保の取組み
8. 開かれた研究



5. 地下施設の管理

令和2年度は試験坑道1において、人工バリア性能確認試験の解体調査のための試験施工で使用するプラグおよび試験体を設置しました。

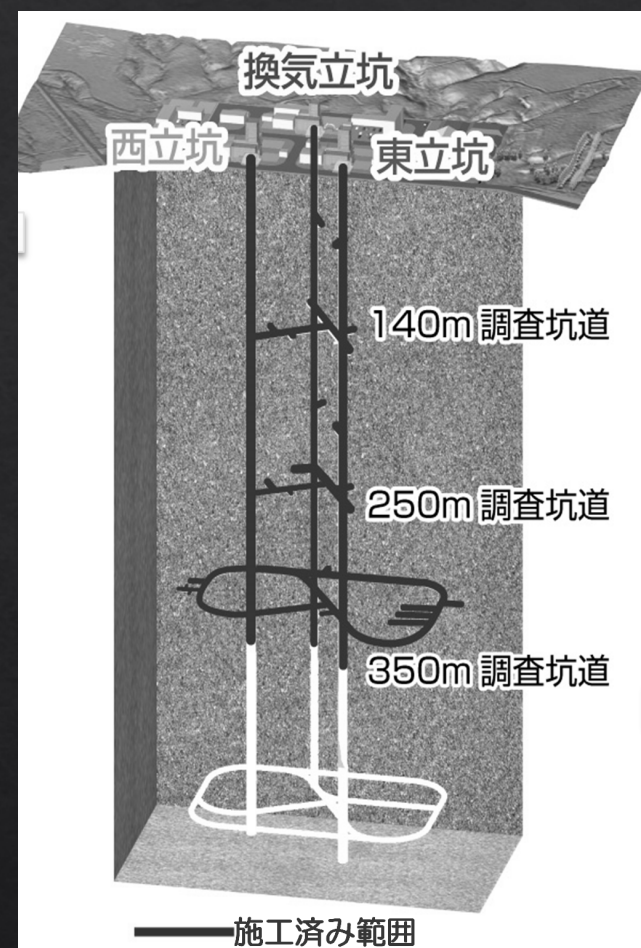
また、地下施設の機械設備や電気設備の点検保守・修繕等(維持管理)を継続し、地下施設の安全性確保に努めました。



試験施工で使用する試験体の設置状況



地下施設の維持管理状況
(スcaffold巻上機の点検)



※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。

6. 環境調査

○排水量及び水質調査結果

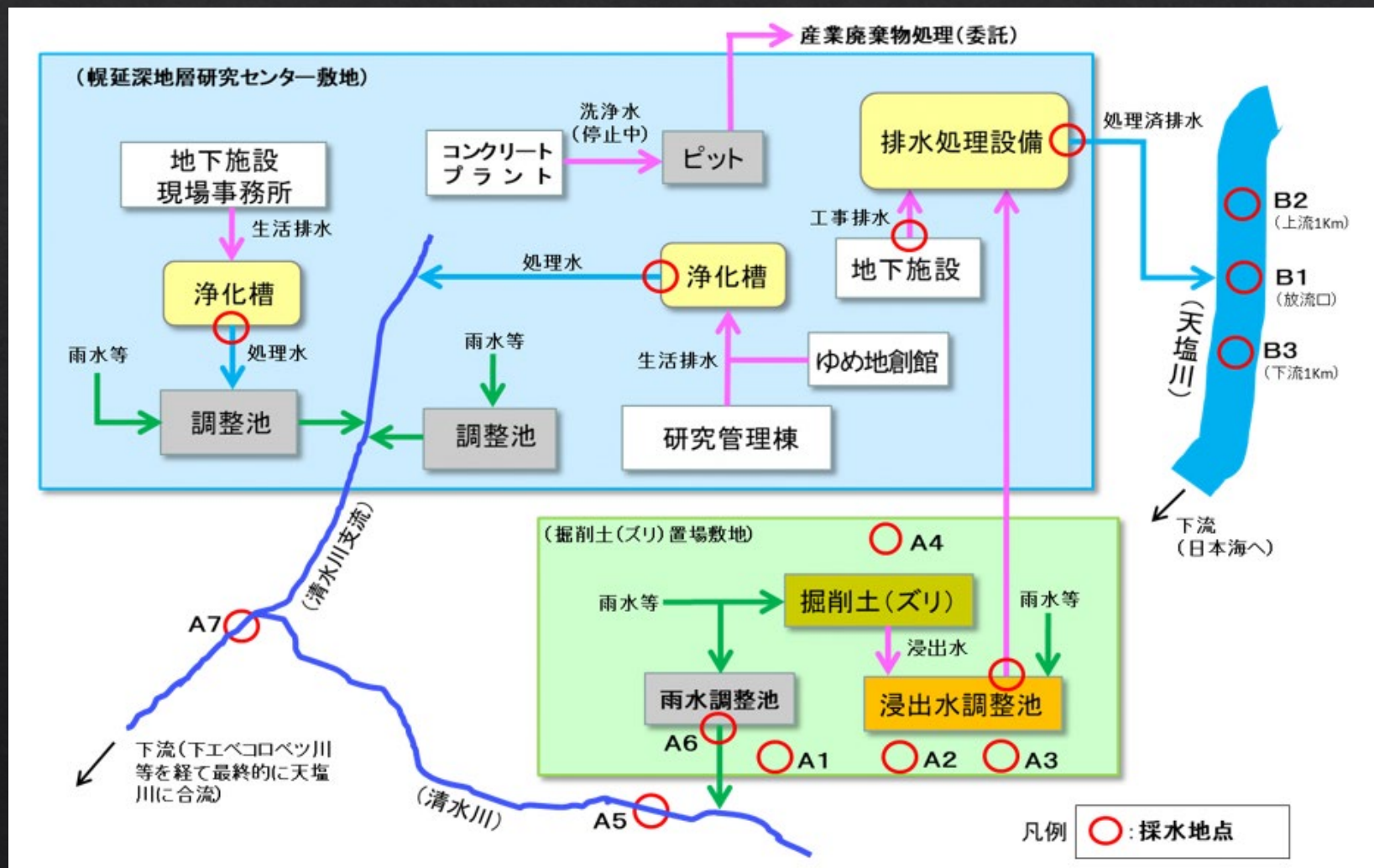
- (1) 天塩川への排水量
- (2) 地下施設からの排水の水質調査結果
- (3) 天塩川の水質調査結果
- (4) 掘削土(ズリ)置場周辺の地下水の水質調査結果
- (5) 清水川及び掘削土(ズリ)置場雨水調整池の水質調査結果

○研究所用地周辺の環境影響調査結果

- (1) 清水川の水質調査結果
- (2) 魚類の調査結果

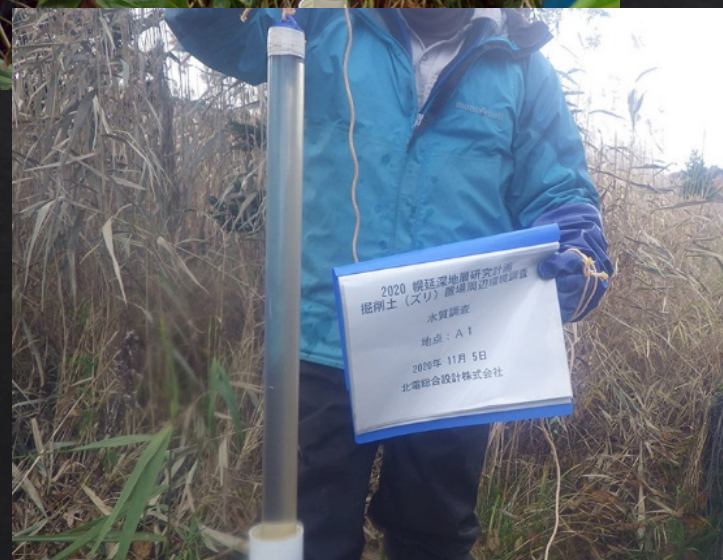
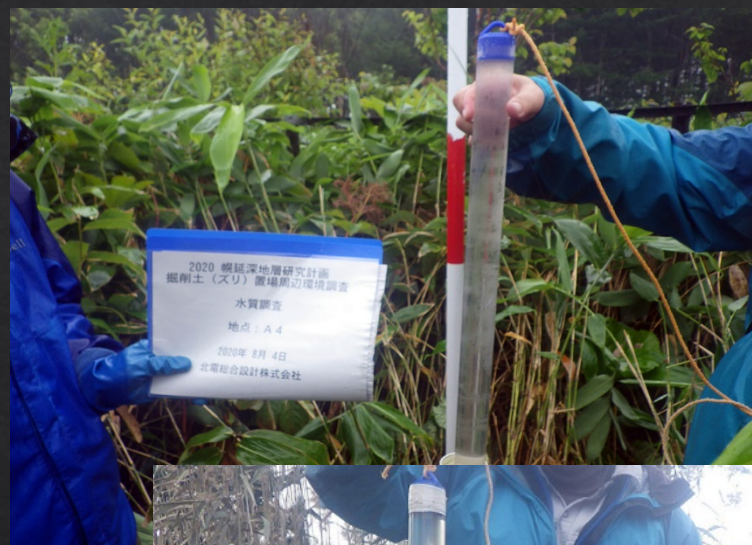
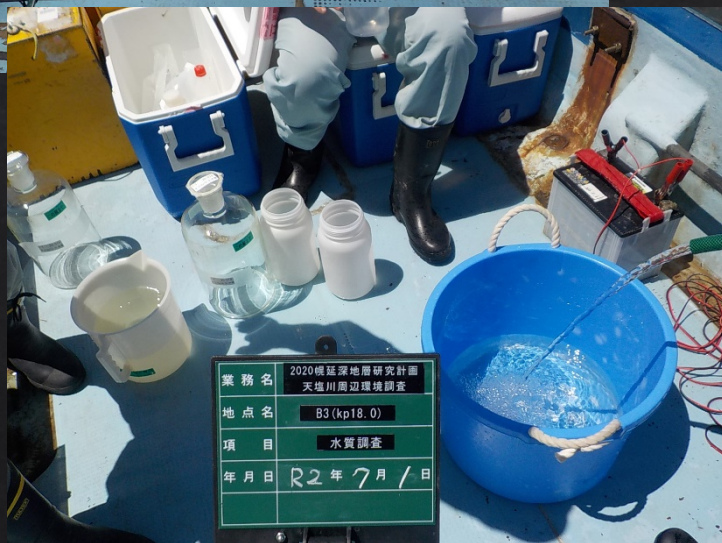
6. 環境調査－排水量および水質調査結果

梶延深地層研究センターの排水系統図



6. 環境調査－排水量および水質調査結果

水質調査試料の採取状況



6. 環境調査－排水量および水質調査結果

(1) 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52,301m³でした。

日最大排水量は、降雨の影響により掘削土(ズリ)置場の浸出水を多く処理した9月の495m³が最大であり、北るもい漁業協同組合との協定値である750m³未満でした。

年月	月排水量(m ³)	日最大排水量(m ³)	日平均排水量(m ³)
令和2年4月	4,606	351	153.5
令和2年5月	3,616	310	116.6
令和2年6月	4,697	340	156.6
令和2年7月	3,066	229	98.9
令和2年8月	5,726	439	184.7
令和2年9月	5,129	495	171.0
令和2年10月	4,908	342	158.3
令和2年11月	5,136	390	171.2
令和2年12月	3,716	302	119.9
令和3年1月	2,559	209	82.5
令和3年2月	3,204	451	114.4
令和3年3月	5,938	491	191.5
年間	52,301	—	—

6. 環境調査－排水量および水質調査結果

(2) 地下施設からの排水の水質調査結果

排水基準を超える処理済排水はありませんでした。

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	0.03
ヒ素	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.1
セレン	mg/L	<0.01	<0.01~0.01	<0.01	0.1
フッ素	mg/L	<0.8	<0.8	<0.8	8
ホウ素	mg/L	69~79	0.9~5.9	<0.1~1.9	10
全窒素	mg/L	68~81	4.0~32	9.6~20	120 (日間平均:60)
全アンモニア	mg/L	39~61	0.17~1.1	<0.05~1.7	—
pH	—	8.1~8.3	7.2~7.6	7.5~8.2	5.8~8.6
浮遊物質 (SS)	mg/L	10~49	1~21	<1~1	200 (日間平均:150)
塩化物イオン	mg/L	3,100~3,600	29~150	1,400~3,300	—

6. 環境調査－排水量および水質調査結果

(3) 天塩川の水質調査結果

浮遊物質質量(SS)が高い値を示していますが、放流口の上流においても高い値を示していること、当センターからの排水は低い値であることから、地下施設からの排水の影響ではなく、融雪や降雨に伴う自然的な原因によるものと考えられます。

分析項目	単位	採水地点			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	0.01～3.8	<0.01～0.49	<0.01～0.22	5以下
全窒素	mg/L	0.34～2.2	0.33～2.3	0.33～2.2	20以下
全アンモニア	mg/L	<0.05～0.13	<0.05～0.09	<0.05～0.10	2以下 (B3地点のみ)
pH	—	6.9～7.7	6.9～7.6	7.0～7.6	5.8～8.6
浮遊物質質量(SS)	mg/L	<1～98	<1～94	<1～100	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)

6. 環境調査－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

令和2年度の調査結果から掘削土（ズリ）置場が周辺環境に影響を与えていないと判断しています。

分析項目	単位	採水地点	掘削土（ズリ）搬入前 （H18.6～H19.4）	掘削土（ズリ）搬入後 （H19.5～R2.2）	令和2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	<0.005～0.007	<0.005
ヒ素	mg/L	A1～A4	<0.005	<0.005～0.012	<0.005
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	0.03～29
pH	—	A1～A4	4.6～7.3	3.7～7.9	5.1～6.8
塩化物イオン	mg/L	A1～A4	9.7～2,910	8.4～3,400	9.9～1,800

（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）

6. 環境調査－排水量および水質調査結果

(5) 清水川および掘削土（ズリ）置場雨水調整池の水質調査結果

令和2年度の調査結果から掘削土（ズリ）置場が周辺環境に影響を与えていないと判断しています。

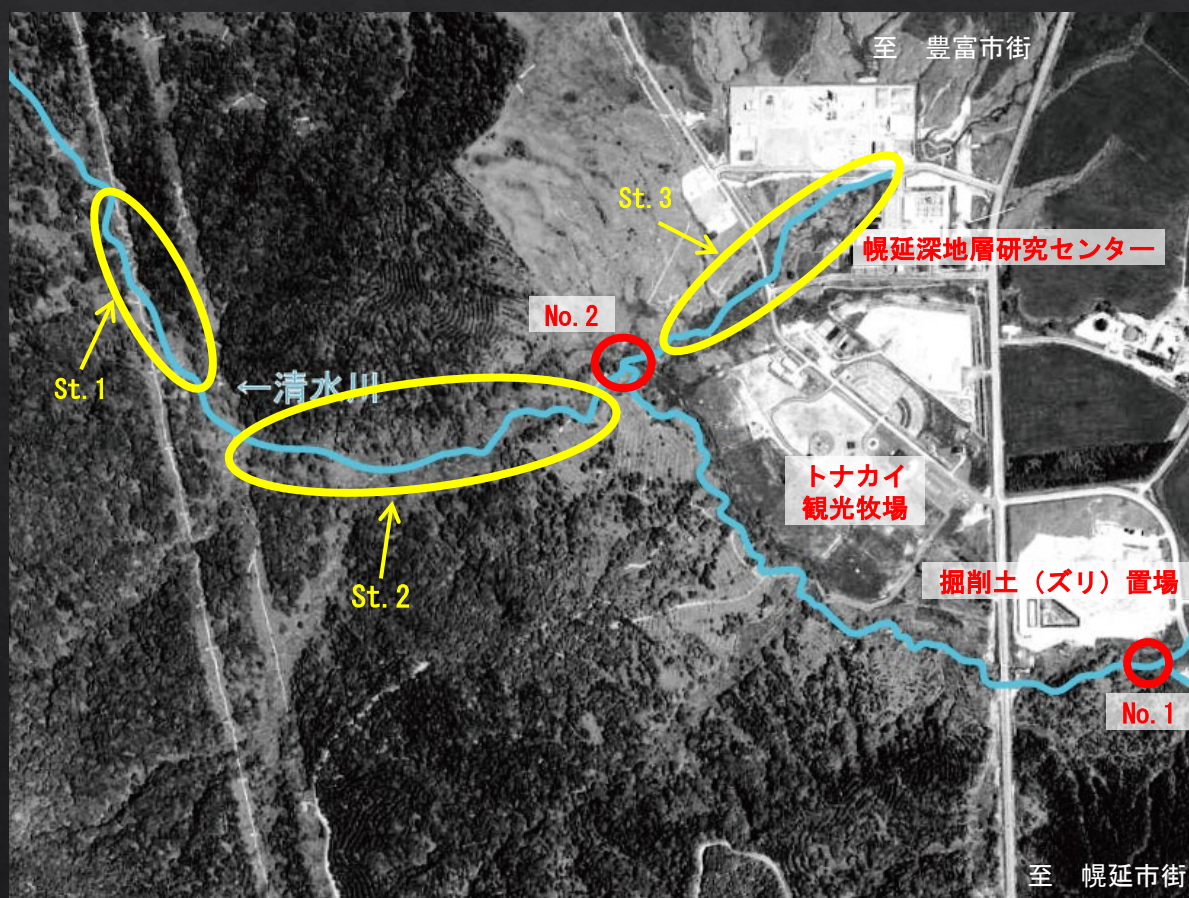
分析項目	単位	採水地点	掘削土（ズリ）搬入前 (H18.6～H19.4)	掘削土（ズリ）搬入後 (H19.5～R2.3)	令和2年度
カドミウム	mg/L	A5～A7	<0.001～0.001	<0.001～0.002	<0.001
鉛	mg/L	A5～A7	<0.005	<0.005～0.008	<0.005～0.005
ヒ素	mg/L	A5～A7	<0.005～0.011	<0.005～0.015	<0.005
セレン	mg/L	A5～A7	<0.002	<0.002～0.003	<0.002
フッ素	mg/L	A5～A7	<0.1～0.7	<0.1～1.1	<0.1
ホウ素	mg/L	A5～A7	<0.02～0.30	<0.02～0.44	0.02～0.39
pH	—	A5～A7	5.8～7.4	5.7～9.1	6.4～8.1
浮遊物質（SS）	mg/L	A5～A7	1～173	<1～500	<1～62
塩化物イオン	mg/L	A5～A7	5.1～30.5	1.7～269	3.0～45

（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）

6. 環境調査—研究所用地周辺の環境影響調査結果

清水川の水質および魚類の調査結果

当センター周辺の環境影響調査として清水川の水質および魚類を対象に調査をしています。



- 水質調査地点
- 魚類調査範囲
(ステーション.1~3)

環境調査実施場所

6. 環境調査－研究所用地周辺の環境影響調査結果

(1) 清水川の水質調査結果

令和2年度の調査結果から、これまでと比較して大きな変化がないことを確認しています。

分析項目※1	単位	採水地点	過年度 (H14.8～ R2.2)	令和2年度			
				6月	9月	11月	2月
pH	—	No.1	6.3～7.9	7.6	7.1	7.1	7.2
		No.2	6.4～7.7	7.2	7.0	7.0	7.0
生物化学的 酸素要求量	mg/L	No.1	<0.5～62	1.5	1.0	0.7	1.0
		No.2	<0.5～10.0	2.7	1.2	1.2	1.5
浮遊物質 量	mg/L	No.1	1～70	5	8	3	3
		No.2	<1～69	3	6	4	1
溶存酸素量	mg/L	No.1	6.6～13.9	10.2	9.2	11.3	13.3
		No.2	5.5～12.5	7.4	7.4	9.9	9.7

6. 環境調査－研究所用地周辺の環境影響調査結果

(2) 魚類の調査結果

清水川の魚類(種類)については、これまでに確認された重要種に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。

調査項目	調査結果
魚類 (3回/年)	重要種については、スナヤツメ北方種、エゾウグイ、エゾホトケドジョウ、サクラマス(ヤマメ)、エゾトミヨ、ハナカジカの6科6種を確認した。



7. 安全確保の取り組み

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。



安全大会

- 各種安全行事や事例情報の周知等による意識高揚
- 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



安全パトロール(月例)



事故対応訓練



安全推進協議会

8. 開かれた研究

◆国内機関との研究協力

- 東京大学: 堆積軟岩の力学挙動評価の開発に関する研究
- 名古屋大学: コンクリーション化による地下空洞掘削影響領域および水みち割れ目の自己シーリングに関する研究
- 京都大学、東北大学: 地下水中の微量元素と有機物を対象とした地球化学研究
- 京都大学: 堆積岩を対象としたEDZの透水性変化計測に関する研究
- 幌延地圏環境研究所: 堆積岩を対象とした岩盤力学や微生物などに関する研究
- 産業技術総合研究所: 海陸連続三次元地質環境モデルの妥当性の検証に向けたデータ取得方法の高度化
- 電力中央研究所: 地下施設建設時の坑道掘削影響領域の調査技術に関する研究、実地下水中のコロイドへの核種の収脱着メカニズムに関する研究
- 国立環境研究所: 地下水中の溶存有機物の特性評価に関する研究
- 深田地質研究所、東京大学: 断層中のメタンガス高精度検出に関する共同研究
- 株式会社安藤・間: ボアホールジャッキ試験による岩盤の初期応力測定手法の適用性に関する研究

◆国外機関との研究協力

- Clay club: 様々な粘土質媒体の特性の比較、粘土の物性や挙動および地下施設で実施される試験に関する情報交換など
- Mont Terri project: スイスオパリナス粘土層の摩擦特性試験など
- DECOVALEX: 人工バリア性能確認試験を対象とした共同解析の実施



ご清聴いただきありがとうございました。