

**幌延深地層研究計画  
平成22年度調査研究成果報告  
(概要版)**

平成23年7月

日本原子力研究開発機構  
幌延深地層研究センター

# 1. はじめに

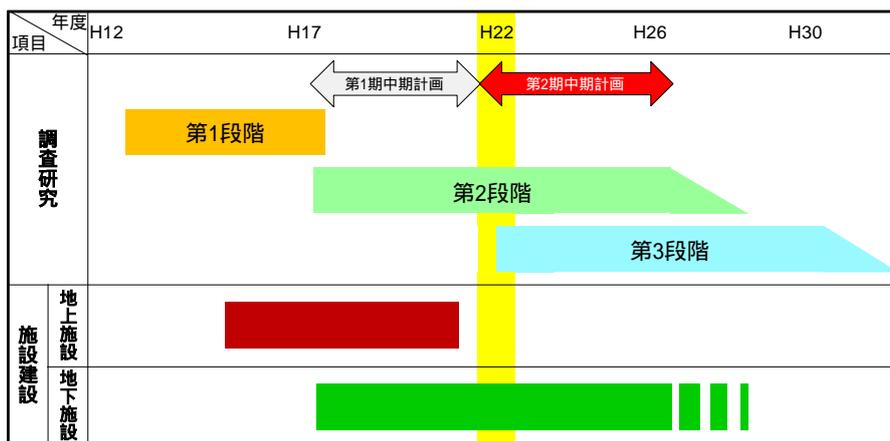
幌延深地層研究計画は、独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）が、堆積岩を対象とした深地層の研究を北海道幌延町で実施しているものです。

幌延深地層研究計画では、「原子力政策大綱」に示された「深地層の科学的研究」については「地層科学研究」、また、「地層処分技術の信頼性向上」と「安全評価手法の高度化」については「地層処分研究開発」として研究開発を進めています。

## 2. 平成22年度の主な調査研究の進め方

幌延深地層研究計画は、「地上からの調査研究段階（第1段階）」、「坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階（第2段階）」、「地下施設での調査研究段階（第3段階）」の3つの段階に分けて実施しています。平成22年度は第2段階の調査研究を継続するとともに、第3段階の調査研究を開始しました（図1）。

調査研究は、これまでと同様に、「地層科学研究」と「地層処分研究開発」に区分して行いました。なお、平成22年度より、民間活力の導入として、施設整備、維持管理および研究支援に対して、長期にわたるPFI契約<sup>\*1</sup>を締結し、本事業を進めています。以降のページからは、平成22年度の調査研究および施設建設などで得られた成果の一部を紹介します。



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

図1 幌延深地層研究計画の全体スケジュール

<sup>\*1</sup>：PFIはPrivate Finance Initiative（民間資金等活用事業）の略称で、公共施設などの建設、維持管理、運営などを民間の資金、経営能力、技術的能力を活用するための方策です。幌延深地層研究計画におけるPFIの契約期間は平成22年1月31日から平成31年3月31日までです。

# 3. 地層科学研究

## 3.1 地質環境調査技術開発

### 地質構造モデル

研究所用地内で確認、推定された地質・地質構造の分布を三次元的に可視化するために、坑道壁面やボーリングコアの地質観察の結果を用いて、地質構造モデルを更新しました。図 2に、地下施設周辺の地層や主要な断層の分布を三次元的に表現した地質構造モデルを示します。本モデルでは、250mポンプ座に声問層と稚内層との境界が分布することが掘削前に想定されており、掘削後の地質観察の結果と比較すると、その位置や方向が事前に予測されたものと整合的であることが確認されました。したがって、モデルの構築に用いたデータは、研究所用地内の地層分布を把握するために必要な情報量を有しており、地上からの調査の妥当性が確認できました。

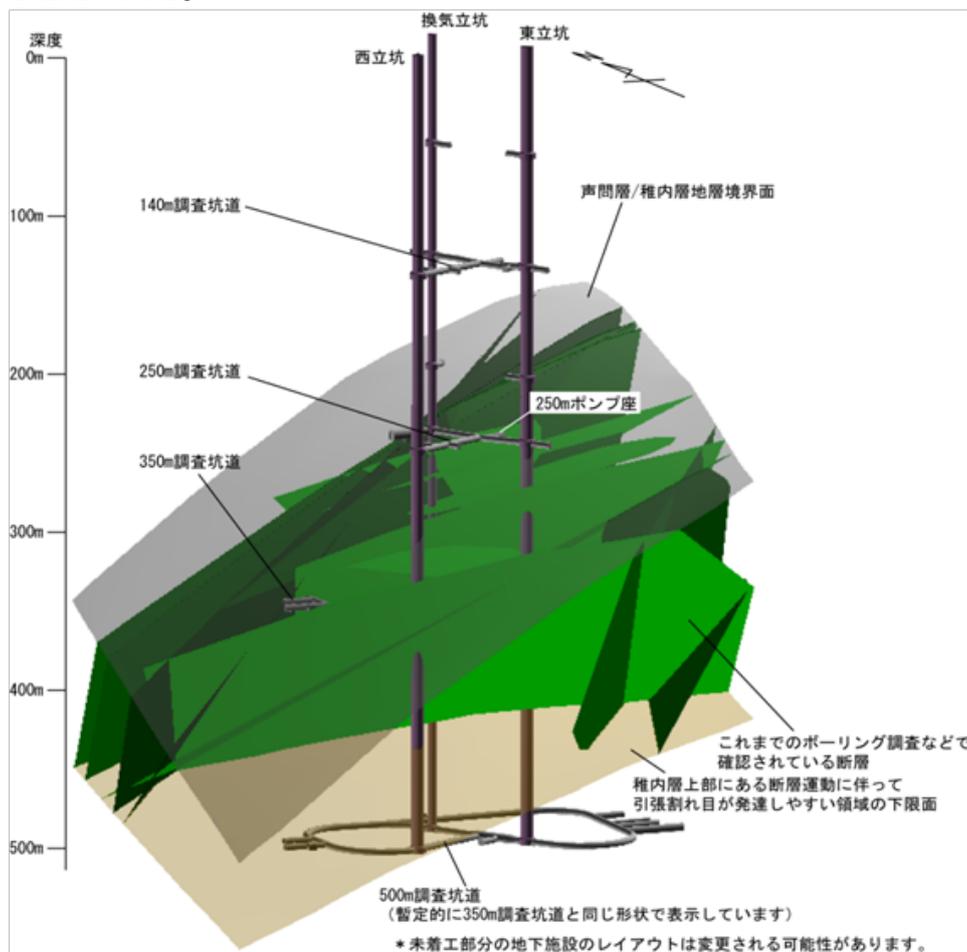


図 2 地下施設周辺の地質構造モデル

立坑近傍のボーリング孔および坑道壁面観察のデータから推定された地層と主要な断層の三次元分布

### 3.2 地質環境モニタリング技術開発

#### 地下施設の建設に伴う表層の変位観測技術開発

地表面から地下深部の岩盤や地下水の挙動をモニタリングする技術を確認することを目的として、立坑の周辺に9台の高精度傾斜計を配置し、坑道掘削に伴う地表面における岩盤の傾斜の変化を計測しています。平成22年度は、計測した傾斜データと地下施設建設の工程との対応の確認を行いました。平成22年度の主要な掘削工事は、東立坑の掘削（深度約220m以深）と東立坑から換気立坑へ向けた250m調査坑道の掘削であり、一部の傾斜計で、それらの影響が確認されました(図 3)。傾斜データの全体的な傾向としては、これまでと概ね同じ方向に傾斜が進んでいることや、1年当たりの傾斜量の増分は過年度と比較して小さくなっていることが確認されました。これまでの研究結果から、立坑周辺で観測されるこのような傾斜の変化は、立坑に向かう地下水の流れに伴う岩盤の変形に起因すると考えられます。

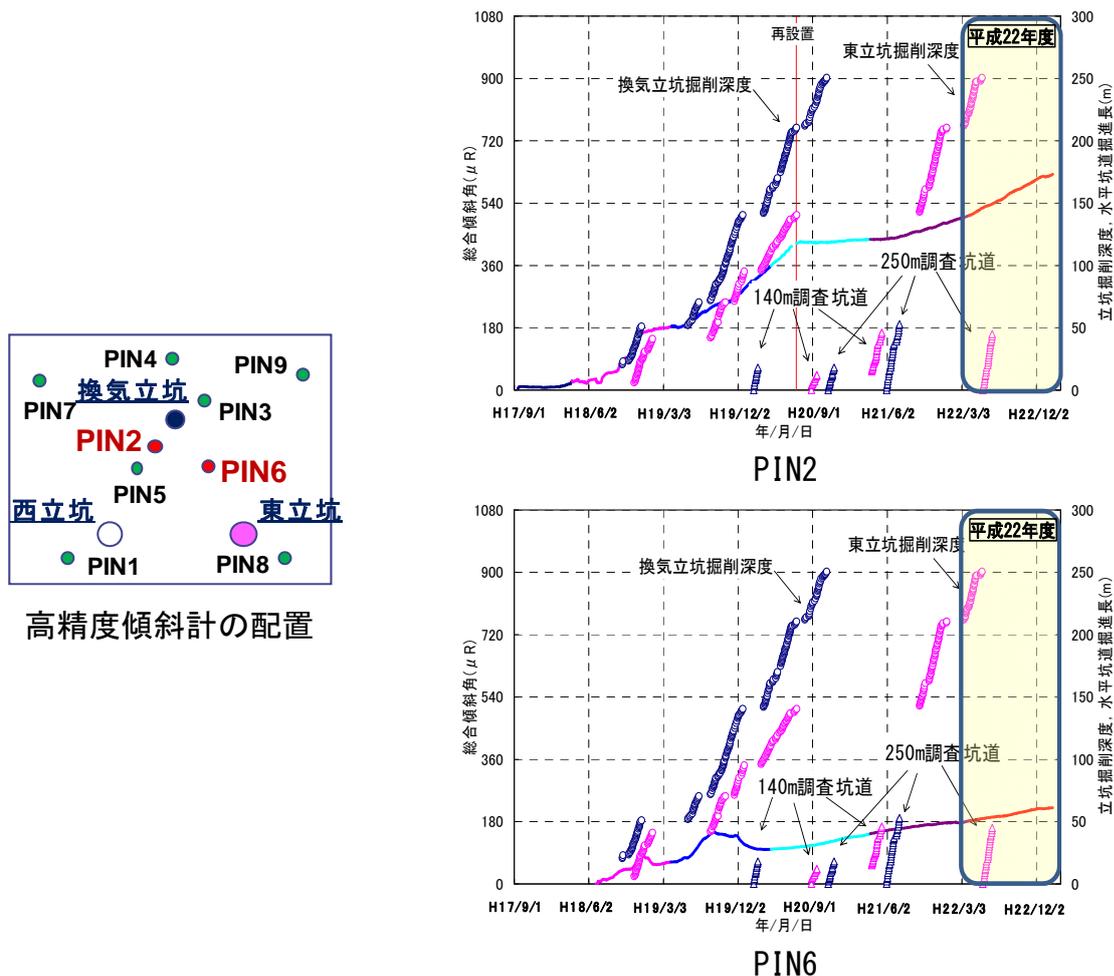


図 3 傾斜データの一例

### 3.3 深地層における工学的技術の基礎の開発

東立坑および250m調査坑道の掘削を進めながら、地中変位計やコンクリート応力計などの計測器を設置してデータを取得するとともに、得られたデータに基づき地下施設設計と計測計画の妥当性の確認ならびに更新を行いました。

東立坑では、深度220mを対象として、ショートステップ工法<sup>\*2</sup>による立坑掘削に伴って生じる覆工コンクリート内の円周方向応力分布を数値解析と現場計測により分析しました。

東立坑を深度257m（対象深度である220mから掘削径の5倍相当の離れ）まで掘削した際の覆工コンクリート内の円周方向応力の分布の解析結果を図4に示します。分析対象としたのは、東立坑の深度218m～220mにおける厚さ60cm、高さ2mのシェル形状の覆工コンクリートです。分析結果から円周方向応力の最大値は初期地圧の最小主応力方向（南北方向）の内空側下端部で、また、最小値は初期地圧の最大主応力方向（東西方向）の内空側上端部でそれぞれ発生しており、覆工コンクリート内の応力差は10MPa以上となることが分かりました。

この数値解析結果などを踏まえ、覆工コンクリートの円周方向応力の計測箇所については、これまでの覆工コンクリート中心部に最大応力発生箇所（初期地圧の最小主応力方向の内空側下部）を加えるなど、既存の計測計画を実際の岩盤や支保の挙動に合わせて見直していくこととしました。

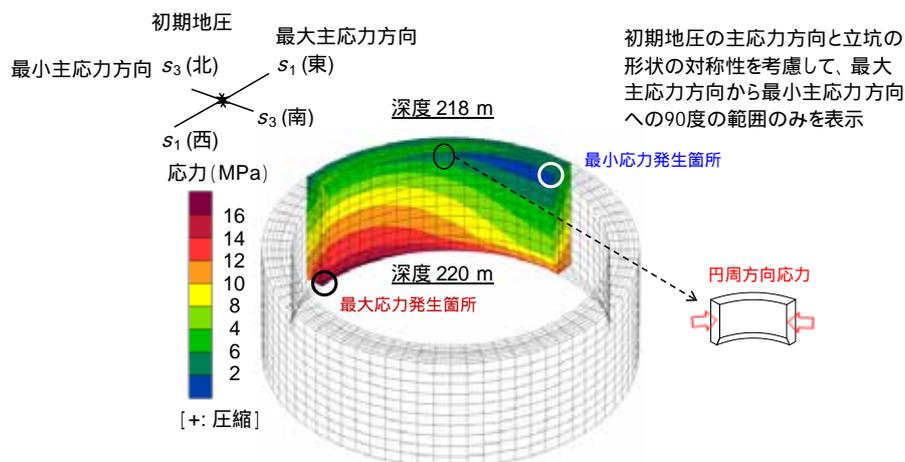


図4 覆工コンクリートの円周方向の応力分布

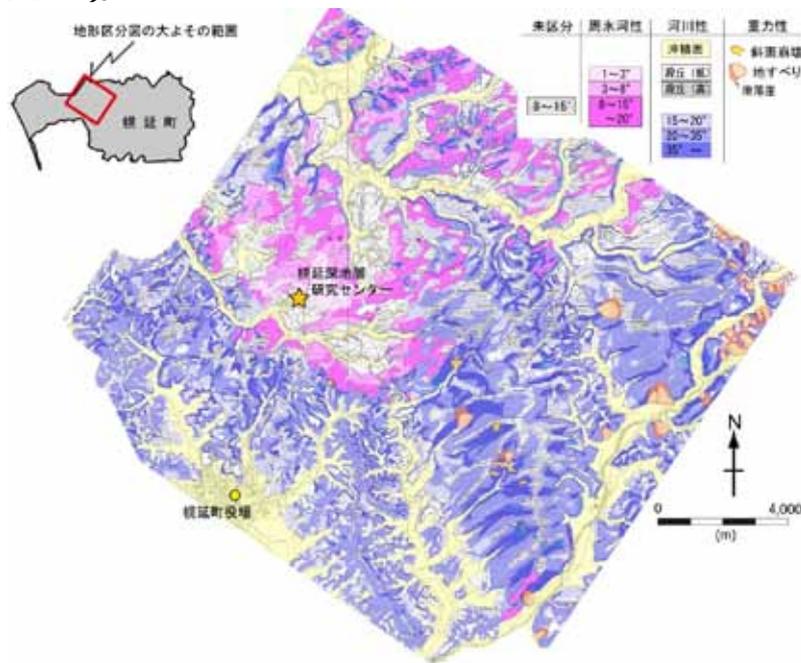
\*2: 1サイクルの掘進長を1.0m～2.5m程度とし、掘削・ズリ出し・支保工・覆工を1サイクル毎に行う立坑掘削の工法のことを言います。

### 3.4 地質環境の長期安定性に関する研究

#### 地形・地質構造と古環境の変遷

幌延地域の地形発達史を推定するために、地形解析と地形・地質調査を行い幌延町の北進地区周辺に分布する地形を区分し、その形成環境を推定しました。

地形の種類は様々ですが、地形の形状を解析し、その地形を構成している地層や岩盤の特徴を把握することにより、地形の形成環境を推定することができます。そこで、数値標高モデル<sup>\*3</sup>を使用した地形解析と空中写真を用いた地形判読により地形を区分するとともに、区分したそれぞれの地形について地形・地質調査を行い、地形の形成作用を推定しました。その結果、幌延町の北進地区に分布する地形は、河川による侵食・堆積作用で形成された地形（河川性）、氷期の著しい寒冷な気候条件のもと、地表面の凍結と融解により形成された地形（周氷河性）、および地すべりや斜面崩壊により形成された地形（重力性）に区分することが分かりました（図5）。



国土地理院発行の2万5千分の1地形図「幌延」、「本流」、「安牛」を使用。

図5 幌延町北進地区とその周辺における地形区分図  
平成22年度までの成果に基づいて作成

\*3: 規則正しく設定した格子で地表面を区切り、その格子の中心もしくは交点の標高を数値化して作成した標高のメッシュデータであり、いわば数値化された地形図です。

## 4. 地層処分研究開発

### 4.1 処分技術の信頼性向上

#### 人工バリアなどの工学技術の検証

第3段階の調査研究として、低アルカリ性セメント（以下、HFSC）が周辺岩盤および地下水に与える影響を調査するため、平成21年度に施工した140m調査坑道からHFSCのコンクリートおよび岩石のコア、坑道周辺の地下水を採取し、分析を実施しました。分析には、コンクリートの打設後、約120～130日（平成21年9月）に採取したコア、および既設の採水装置から採取した地下水を用いました。コアの分析の結果、これまでに実施されたボーリング調査などから得られたデータと整合的であり、コンクリート打設後数ヶ月では周辺岩盤の変質は生じていないことが分かりました。一方、地下水の分析結果からは、坑道近傍の水質は吹付けコンクリートからの距離にほとんど依存せず、HDB-6孔などから得られている既往の分析結果と整合的であり、地下水についても変質していないことを確認しました。今後、コアおよび地下水について、10年程度に渡り分析を継続し、コンクリート材料が坑道周辺に与える影響について調査を実施する計画です。

また、平成21年度に引き続き、原子力環境整備促進・資金管理センターとの共同研究として、経済産業省資源エネルギー庁の委託事業である地層処分実規模設備整備事業における操業技術や人工バリアの長期挙動について、緩衝材定置試験設備のうち、走行台車上で緩衝材を移動する緩衝材搬送台車を製作しました（図6）。また、緩衝材定置試験設備を構成する真空把持装置を用いて把持試験を実施しました（図7）。

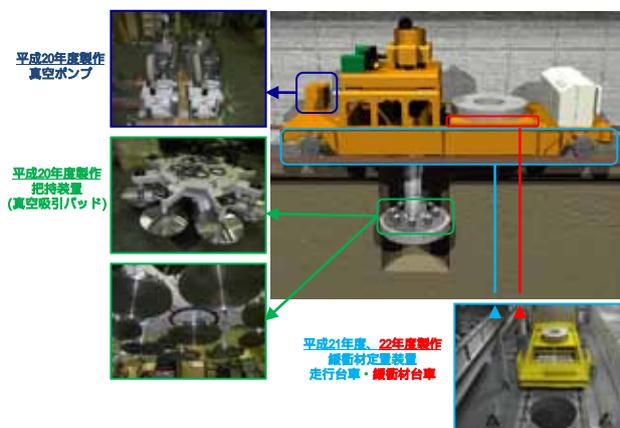


図6 緩衝材定置試験装置製作状況



図7 把持試験の様子

## 5. 地下施設の建設

地下施設工事については東立坑の深度約250mまでの掘削に引き続き、深度250mにおける調査坑道を掘削し、東立坑から換気立坑に通じる坑道が6月に貫通しました。さらに、西立坑掘削の準備工事として、立坑周辺表層部分の止水壁工事を行いました。また、業務の合理化・効率化の観点から民間活力の導入を図ることとし、深度350m超までの立坑掘削と350m調査坑道の施設整備、さらに掘削が済んだ坑道の維持管理および研究支援を含めた、PFI契約を締結しました。これに基づき、平成23年2月より250m調査坑道の掘削を再開するとともに、換気立坑では、深度250m以深を対象とした湧水抑制のためグラウト工事を開始し、西立坑では坑口の上部工の整備を開始しました。立坑および調査坑道の掘削では、可燃性ガスの存在を考慮し、切羽での防爆仕様機器の使用やガス濃度測定などの可燃性ガス対策を行いながら掘削を進めました。250m調査坑道貫通の状況を図 8に示します。

また、立坑掘削に伴い発生する掘削土(ズリ)は、掘削土(ズリ)置場に保管しています。掘削土(ズリ)置場は土壌汚染対策法の遮水工封じ込め型に準じた二重遮水シート構造としています。平成22年度は、立坑掘削の進捗などによる増量に備え、掘削土(ズリ)置場の拡張工事を実施しました。



平成 22 年 6 月 23 日撮影

図 8 250m調査坑道貫通の状況

## 6. 環境モニタリング

地下施設の建設に伴うモニタリング調査として実施している水質調査については、地下施設からの排水、排水処理設備で処理した処理済排水の放流先である天塩川放流口の河川水のほか、研究所用地からの生活水の排水や環境への影響を把握するための水質調査を平成21年度に引き続き実施しています。

地下施設からの排水の水質調査結果を表 1に示します。「立坑の原水」のホウ素が高い値を示していますが、これは自然由来によるもので、排水処理後の「揚水設備における処理済排水」は排水基準値以下となっています。

表 1 地下施設からの排水に係る水質調査結果

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
ヒ素		<0.01 ~ 0.02	<0.01 ~ 0.02	<0.01	0.1
セレン		<0.01	<0.01 ~ 0.02	<0.01	0.1
フッ素		<0.8 ~ 1.2	<0.8	<0.8	8
ホウ素		45 ~ 67	1.5 ~ 10	<0.1 ~ 1.2	10
pH	-	7.8 ~ 8.2	7.0 ~ 8.1	7.5 ~ 8.1	5.8 ~ 8.6
浮遊物質	mg/l	4 ~ 7	5 ~ 37	<1 ~ 6	200 (日間平均 150)
塩化物イオン		2,000 ~ 2,700	88 ~ 360	1,100 ~ 2,800	-

平成 22 年 4 月から平成 23 年 3 月までの試料採取における調査分析結果を記載しています。

## 7. 安全確保への取組み

安全確保の取組みとして、請負作業や共同研究作業については計画段階から作業担当課などが安全対策の妥当性を確認するとともに、必要に応じて改善指導を行うよう徹底しました。

そのほか、保安管理課や所長などによるパトロールなど、定期的な安全パトロールを実施し、継続的に現場の安全確認や改善指導などを行っています。

さらに、新規配属者や請負作業または共同研究作業の責任者などに対する安全教育の実施や、全国安全週間などの機会を捉えて従業員のみならず請負企業も参加した安全行事にも積極的に取り組み、安全意識の高揚に努めました。

これらの取組みの結果、平成22年度は軽微な負傷も含めて負傷災害の発生はなく、連続無災害日数は平成23年3月末現在で940日となりました。

## 8. 開かれた研究

幌延深地層研究計画で実施する地下深部を対象とした研究は、以下に示す研究機関との共同研究や研究協力をはじめ、その他にも広く関連する国内外の研究機関や専門家の参加を得て進めました。

### 8.1 国内機関との研究協力

#### “ 大学などとの研究協力

##### ○ 北海道大学

圧縮ベントナイト中の溶存ガスおよび溶存物質の移動経路の評価  
およびセメント系材料との相互作用に関する研究

##### ○ 埼玉大学

メタンガスの起源や断層との関連についての推測

##### ○ 東京都市大学など

微量元素の移動経路についての調査

など

#### “ その他の国内研究機関との研究協力

##### ○ 幌延地圏環境研究所

岩盤の初期地圧の調査、岩石・地下水中の微生物特性・化学特性  
の調査

##### ○ 電力中央研究所

地質・地下水環境特性評価に関する共同研究

##### ○ 原子力環境整備促進・資金管理センター

地層処分実規模設備整備事業における工学技術に関する研究

##### ○ 原子力安全基盤機構・産業技術総合研究所

安全評価手法の適用性に関する研究

など

### 8.2 国外機関との研究協力

##### ○ Nagra（スイス）

透水試験データの数値解析およびデータ品質の総合的な評価の実  
施

##### ○ モンテリ・プロジェクト

鉄材料の腐食に関する原位置試験

など