

市有地における超深地層研究所計画 研究坑道の掘削を伴う研究段階(前半)の概要

平成 17 年 4 月 19 日
核燃料サイクル開発機構
東濃地科学センター

超深地層研究所計画は、市有地において、地表からのボーリングなどにより地質環境を予測する研究(第 1 段階)を行った後、研究坑道を建設しながら、地表から予測した結果を地下の調査で確認します(第 2 段階)。さらに、掘削された研究坑道を利用して研究者が直接地下に入り詳しく研究を行います(第 3 段階)。

第 1 段階では、地表からのボーリングなどで地下を調べ、その結果を基に地質環境のモデル化を行い、地層の分布などの地質環境などを予測してきました。

第 2 段階のうち、深さ約 500m までを第 2 段階前半として、第 1 段階で得られた予測手法の信頼性を確認し、地質環境の調査手法や予測手法の確立を図って行く計画としています。

この第 2 段階前半では、深部の地質環境の調査手法や予測手法の確立に向け、図 1 に示すように、様々な深さで以下に示すような調査を実施します。

1. 地質・地質構造に関する調査研究

第 1 段階で作成した研究所用地周辺の地下の構造を模式的に表したもの(地質構造モデル)が適切であったことの確認や、その更新をします。また、研究坑道周辺の地質構造モデルを作成するため、研究坑道の壁面調査および逆 VSP 探査を実施します。

1) 壁面調査(図 1 中)

壁面調査は、研究坑道の掘削を行いながら堆積岩、基盤花崗岩、および主要な断層の状態を調べるものです。調査は、データの精度の向上を図るために、壁面のスケッチやデジタルカメラなどを用いた壁面撮影・計測を実施します(図 2)。さらに、岩石中の鉱物などを調べるために岩石試料の採取・分析を行います。

2) 逆 VSP 探査(図 1 中)

逆 VSP 探査は、研究坑道掘削のための発破の振動を震源として利用して、研究坑道周辺の地質や地質構造を調べるために行います(図 3)。また、坑道掘削時に掘削する地層の地質や地質構造を事前に調べるのに使用できるかの評価も行います。

2. 岩盤の水理に関する調査研究

第1段階で作成した研究所用地周辺の地下の構造や地下水の動きを模式的に表したものの(水理地質構造モデル)が適切であったことの確認や、その更新をします。また、研究坑道周辺の水理地質構造モデルを作成し、これらのモデルを用いて地下水流動解析に必要な情報を得るため、湧水量計測、間隙水圧測定、長期地下水モニタリング、および掘削影響領域^{*1}の調査を行います。

1) 湧水量計測(図1中)

立坑に設置する約 25 m 毎の集水リングに流量計を設置し、立坑への湧水量の深度分布と経時変化を計測します。

2) 研究坑道内における間隙水圧測定(図1中)

間隙水圧は、予備ステージ(深度 100m, 300m)における鉛直ボーリング孔(掘削長 200m)と予備ステージ(深度 300m)および計測坑道(深度 470m)からの水平ボーリング孔(掘削長 200m)において測定します。

予備ステージからの鉛直ボーリング孔における間隙水圧測定は、第1段階で作成した水理地質構造モデルや地下水流動解析結果が適切であったかを確認するとともに、モデルの更新を行うために、覆工コンクリートや集水マットなどの人工構造物などによるスキン効果^{*2}が湧水量に与える影響などを調べるために行います。なお、主立坑掘削に可能な限り先行して鉛直ボーリングを掘削することにより、主立坑掘削前後の間隙水圧の変化を測定します。

また、この鉛直ボーリング孔による調査は、その後に掘削する地層の地質・地質構造や湧水箇所、湧水量を予測することも目的としています。

水平ボーリング孔においては、立坑掘削に伴う間隙水圧の変化を測定し、立坑からの距離と間隙水圧の変化量の関係などを評価します。

3) 地表からのボーリング孔における地下水モニタリング(図1中)

研究坑道掘削に伴う間隙水圧の変化を評価することを目的に、地表からの既存ボーリング孔(AN-1,3号孔, MIU-1~4号孔, MSB-1,3号孔, MIZ-1号孔)を用いた間隙水圧や地下水位の長期モニタリング(図4)を第1段階から継続して実施します。また、雨水などが地下深部へしみ込む量などを評価するため表層水理定数観測を第1段階から継続して実施します。

4) 掘削影響領域の調査(図1中)

立坑を掘削した時にどの範囲まで地下水の流れに影響するのかを調べるための調査を行います。調査は、主立坑掘削前に、換気立坑の深度 480m 付近に設置

するボーリング座から主立坑を囲むように 3 本の水平ボーリングを掘削し、水理試験および間隙水圧測定を行います。主立坑が水平ボーリング設置深度を通過後に再度水理試験および間隙水圧測定を実施し、主立坑掘削前後の透水性の変化を評価します。また、研究坑道の立坑と水平坑道では、掘削した時の地下水の流れへの影響がどう違うのかを調べるために、中間ステージ周辺においても鉛直ボーリング孔を利用して同じような調査を行います。

3. 地下水の地球化学に関する調査研究

第1段階で作成した研究所用地周辺の地下水の化学的性質の決まり方を模式的に表したもの(地球化学モデル)が適切であったことの確認や、その更新をします。また、研究坑道周辺の地球化学モデルを作成するため、地下水の酸性やアルカリ性などの性質がどのように決まるのかを把握すること、研究坑道掘削が坑道周辺の地下水にどのような影響を与えるか、地下水中のコロイドや有機物、微生物が物質の動きにどのような影響を与えるかを検討するため、地下水採水・分析、およびコアの採取・分析を行います。

1) 地表からのボーリング孔での地下水採水・分析(図1中)

地表からの既存ボーリング孔(MSB-2,4号孔)を用いた地下水の採水・分析を第1段階から継続して実施し、地下水の水質データを取得します。

2) 集水リングからの地下水採水・分析(図1中)

立坑に設置する集水リングからの湧水を一定期間ごとに採水・分析し、湧水水質の深度分布と経時変化を測定します。

3) 水平ボーリング孔での地下水採水・分析、コアの採取・分析(図1中)

各予備ステージの深度での水質分布や、研究坑道を掘削した時どの範囲まで酸素が地下水に溶け込むのかなどを調べるために、各予備ステージから水平ボーリング(掘削長 100m)を掘削し、坑道からの一定距離毎に 5~10 箇所程度の区間から元のままの圧力を保持した状態の地下水を採水・分析します。さらに、地下水の通りの連続性や、研究坑道の掘削の影響を評価するために、ボーリング孔に設置した多区間水質連続モニタリング装置を用いて、間隙水圧と水質の観測を行います。

また、研究坑道掘削によりどの範囲まで地下水の水質が影響を受けるのかを検討するため、ボーリング孔のコアを用いて、研究坑道からの一定距離毎に方解石の溶け出しや鉄を含んだ成分の沈殿などに着目した化学分析を行います。

予備ステージからのボーリング孔に多区間水質連続モニタリング装置やコロイド・有機物濃縮装置を設置し、酸性アルカリ性などが異なる場所において、各種金属元素(鉄やウラン)と地下水中のコロイドや有機物とがどの程度錯体^{*3}を作りやすいのかを調べます。また、ボーリング孔周辺に研究設備を設け、実際の地下で微粒子の大きさ毎にコロイドや有機物を分別し、どのようなコロイドや有機物ができているのかや、岩石の表面にどのように付着しているのかを調べます。

4. 岩盤力学に関する調査研究

第1段階で作成した研究所用地周辺の岩盤の力のかかり具合を模式的に表したものの(岩盤力学モデル)が適切であったことの確認や、その更新をします。また、研究坑道周辺の岩盤力学モデルを作成するため、室内物理・力学試験、初期応力測定、および掘削影響領域の調査を実施します。

1) 室内物理・力学試験(図1中)

岩石の物理特性および力学特性を把握することを目的として、各予備ステージから3方向に掘削するボーリング孔(掘削長約 20m)のコアを利用した物理試験および力学試験を実施します。

2) 初期応力測定(図1中)

深度毎に三次元の初期応力状態を把握することを目的として、各予備ステージから掘削するボーリング孔(掘削長約 20m)およびそのコアを利用した初期応力測定を実施します。

3) 掘削影響領域の調査(図1中)

立坑掘削により直接損傷を受ける領域、および岩盤の応力が変化する領域の物性と分布を把握することを目的として、掘削影響領域の調査を行います。損傷の発生については、掘削中の振動計測およびAE^{*4}計測、掘削後の弾性波屈折法探査、研究坑道接続部の底盤もしくは側壁における亀裂観察などを実施します。また、応力の変化については、岩盤変位計測およびひずみ計測、覆工応力測定などを実施します。

5. 工学技術に関する研究

工学技術に関する研究として、計測工・対策工、施工情報のデータベース化、解析・検討、モニタリング調査、および設計基準・指針の策定に寄与するための情報の

とりまとめを実施します。

1) 計測工・対策工(図1中)

第1段階で実施した設計の妥当性確認を行うために、通常のトンネル工事で行われる内空変位測定、天盤沈下測定や、やや詳しい岩盤変位、覆工応力などの他、光ファイバー変位計測などを実施します。また、環境計測(湿度、気圧、風速、酸素・二酸化炭素濃度などの計測)を実施します。

さらに、突発湧水が想定される断層を対象として必要に応じて突発湧水対策工を実施します。

2) 施工情報のデータベース化

研究坑道掘削の品質確保の観点から、施工に関わる計測工データや坑内管理データ、掘削サイクルタイムに関するデータ、掘削の仕上がりに関するデータ、掘削機械・設備に関わる品質データを蓄積します。

3) 解析・検討

研究坑道の施工に反映すること、および設計手法や施工技術を改良していくことを目的として、空洞安定性解析、通気網解析、耐震解析などの各種解析を行います。

4) モニタリング調査

研究坑道掘削が周辺環境に与える影響を評価するために、排水処理水の水量・水質の測定や河川の流量測定、周辺井戸での水位測定、騒音・振動測定を実施します。

5) 設計基準・指針策定に寄与するための情報の取りまとめ

「設計と計測結果との比較 次の施工区間の計画への反映 実際の施工」を繰り返し実施することにより、立坑掘削を対象とした空洞安定性、支保設計および耐震設計などの改良を行うとともに、その基準・指針の策定に寄与するための情報の取りまとめを行います。

以上

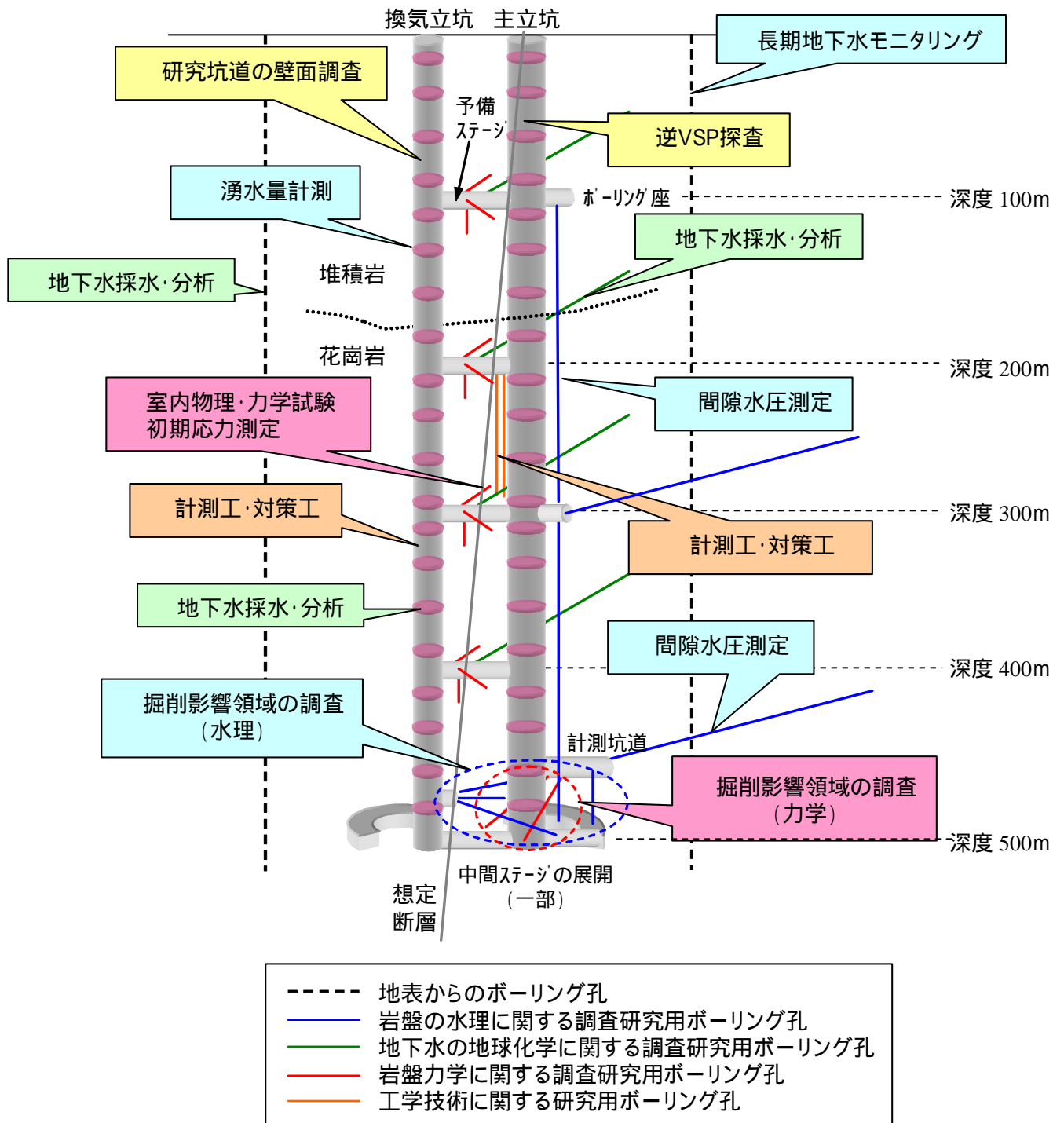


図 1 研究坑道における調査レイアウト

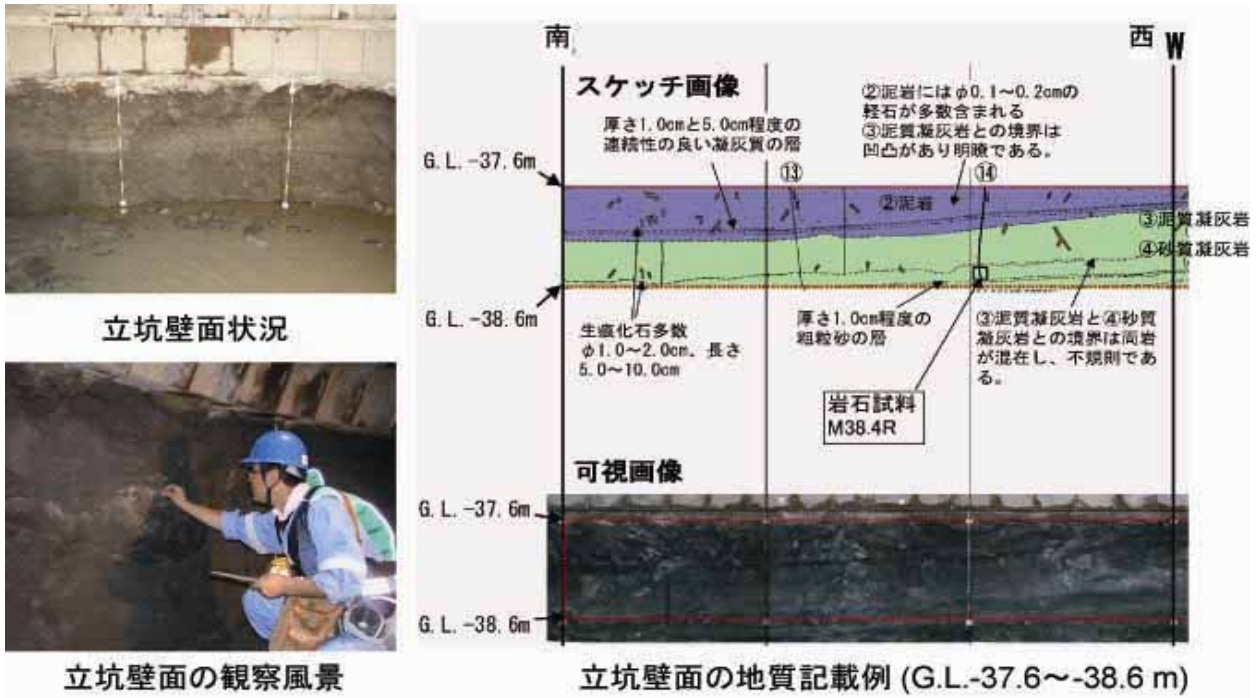


図2 研究坑道(立坑)における壁面調査の例

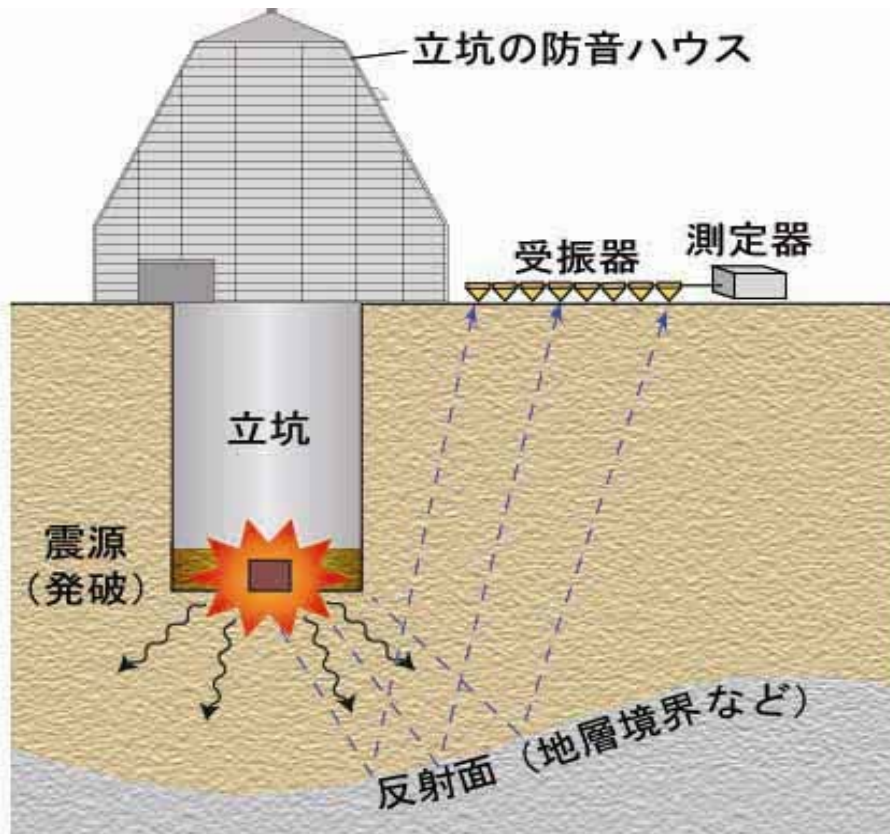
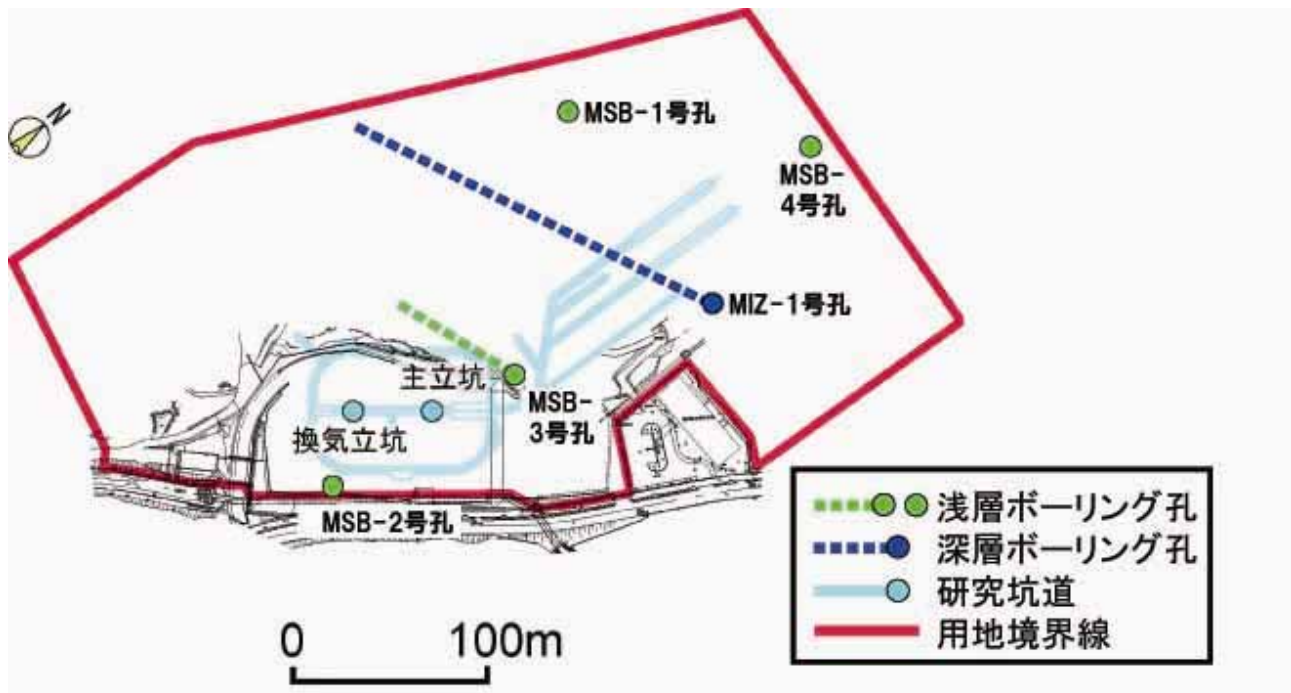


図3 立坑を掘削する際の発破を利用した弾性波探査(逆VSP調査)



**図4 地下水長期観測孔の位置
(浅層・深層ボーリング孔)**

(参考)用語解説

* 1:掘削影響領域

岩盤において掘削の影響を受け、その岩盤が初期に持っていた力学的、水理学的および地球科学的な性質に変化をきたす領域のこと。

* 2:スキン効果

坑道近傍(坑壁付近)の地下水の流れ方が坑道掘削の影響や人工構造物を設置することで影響を受けて、周辺の岩盤中の地下水の流れ方とは大きく異なる挙動を示すと考えられており、その坑壁付近で生じる地下水の流れに対する影響のこと。

* 3:錯体

中心にある原子やイオンの周囲に他の原子・イオン・原子団・分子・基などの配位子が配位結合・共有結合などにより立体的に結合している形の原子集団のこと。

* 4:AE

岩石や金属などに応力や熱が加えられると、内部に応力の集中が生じ、これによって微小破壊や結晶転位すべりなどの急激な運動が引き起こされる。このような急激な運動に伴って放射される高周波の弾性波をアコースティックエミッションまたはAEと呼ぶ。アコースティックエミッションの発生数や震源分布から、微小破壊や応力集中の度合などを推測することができる。