

## 第 22 回深地層の研究施設計画検討委員会 議事録

- 【日時】 平成 30 年 2 月 8 日（木） 13:30～17:00
- 【場所】 航空会館 901 会議室  
(東京都港区新橋 1-18-1)
- 【出席者】 委 員) 西垣委員長, 窪田委員, 嶋田委員, 進士委員, 千木良委員  
徳永委員, 増本委員, 丸井委員, 宮川委員  
機 構) 清水部長, 伊藤次長, 大澤部長, 笹尾部長, 仙波課長, 濱 GL  
岩月 GL, 若杉 GL ほか

### 【配布資料】

- 資料 22-1 研究開発を取り巻く状況
- 資料 22-2 深地層の研究施設計画の進捗と今後の課題について ①瑞浪超深地層研究所計画
- 資料 22-3 深地層の研究施設計画の進捗と今後の課題について ②幌延深地層研究計画

【議事概要】(委員からの意見を「○」、機構からの回答を「→」で示す)

### (1) 研究開発を取り巻く状況について

○主に文部科学省の監督下で研究開発を進めているとの理解で良いか。各機関との関係はどのようになっているのか。

→文科省・経産省共管のもと、運営費交付金による基盤研究開発のほかに、経産省からの受託研究を実施している。産業技術総合研究所や電力中央研究所などの関係機関とは、共同研究や受託研究を通じて、研究協力を進めている。

○事業が許認可段階に入った際、規制関連の支援も行うのか。

→直接的な支援は想定されていないが、現在進めている基盤研究開発の成果は事業と規制の両方へ反映することとなっている。今後、瑞浪・幌延の両施設を活用し、安全規制関係の研究を行う可能性はある。

### (2) 深地層の研究施設計画の進捗と今後の課題について ①瑞浪超深地層研究所計画

○冠水坑道周辺の地下水は、一度空気に触れて酸化状態になった後、比較的速く元の状態に戻ったとの理解で良いか。坑道上部に残る空気は、どのように対処したのか。

→その通りである。1～2 ヶ月程度で元の無酸素状態に回復したのは、試験区間が坑道末

端部に位置し、空気に触れる量が少なかったことも影響していると考えられる。坑道上部の空気については、止水壁に設置したエア抜き管からの排水と水中カメラにより抜けた（満水）状態になったかどうかを確認している。

○冠水時は大きなタンクが置かれていたような環境下にあった訳だが、そのことによる影響はどうだったのか。

→止水壁（約 35 気圧）と外側大気（1 気圧）との間に大きな差圧が生じていたことになるが、機能的な問題は生じていない。水圧が深度 500m レベルの値（約 45 気圧）にまで上昇しなかったのは、止水壁を回り込むように水がしみ出した（約 8m<sup>3</sup>/日）事によるものと考えている。

○場所による水質の違いはあるのか。

→湧水割れ目で多少の違いがあったが、時間の経過とともに周囲と同じ水質へと均質化（変化）している。

○地下水の pH 上昇は、水の流れと関係しているのか。

→水の流れが無いコンクリート近傍では、pH 12 程度を維持し続けている。水の入れ替わりがなければ、冠水坑道でも pH が 11 から 12 まで上がると考えている。

○埋め戻しに際しても再冠水試験と同様のモニタリングを行うのか。

→研究資源の問題もあるが、地上からの観測も含めて、可能な範囲で実施できるように計画しているところである。

○埋め戻し後の研究坑道周辺は、元の岩盤の透水性と異なる可能性があり、モニタリングによりその影響を評価していくと良い。坑道堀削による堀削影響・回復プロセスの把握は、依然 URL の重要テーマの一つである。

→拝承。

○再冠水試験と埋め戻し試験により、同じ場所で同じ観測データが取れるとの理解で良いか。

→そのとおりである。

○塩分濃度の高い地下水は、どの領域から来ているのか、解析等で推定されているのか。

→深度と地下水中の塩分濃度との相関関係から、およそ 300m 下部（深度 800m）付近にある地下水が連続した割れ目（帯）を通じて上昇してきていると解釈している。

○深部からの地下水の上昇は、事前に予測されていたのか。

→断層に伴う割れ目（帯）があることは把握していたが、その連続性については予想していなかった。

○塩分濃度の経時変化が一定になっているのは、深部の地下水がリザーバーになってい

るためと考えるのか。

→確定的な解釈ではないが、深度 800m にある地下水が水平的に集水され、その後、深度 500m まで上昇してきていると考えている。

○異なる塩分濃度の地下水が複数の深度から混合している可能性もあり、一意的な解釈は避けるべきである。

→拝承。

○再冠水試験で得られたデータは、埋戻しの設計・施工条件を最適化する際に有用ではないか。様々なケースを想定した事前解析が可能なため、試験前の思考実験として有効と考えられる。

→拝承。

○地下水の長期変遷解析では、何を各ケース間の変動要因としたのか。また、水理地質構造モデルの物性は何か変化させているのか。

→地形変化と涵養量を変動要因とし、いくつかの条件を組み合わせ、8つのケースを設定した。モデルの物性は、断層の透水性を変化させた。

○地下水の化学的雰囲気に関する解析結果もあるのか。化学的雰囲気が長期にわたって変動する場合、安全評価における分配係数の設定や考え方に影響が及ぶ可能性がある。

→今回は水理の解析までとなっているが、ご指摘の点は重要であり、今後の検討課題としたい。

○再冠水試験の水圧はどこで測定しているのか。また、水圧が低下している原因は何か。

→今回の資料に出ている水圧は冠水坑道の中で測定した結果である。その他に周辺ボーリング孔内の計 28 地点で観測している。水圧の低下原因は、冠水に伴って、止水壁周辺を回り込むような水みちが形成され、斜坑部の壁面からしみ出した事によるものと考えている。

○再冠水試験による岩盤の変形は無いのか。事前解析ではどのように予測されていたのか。

→実際の観測では、ほとんど変形していない。事前解析結果との整合性については、再度確認する。

○比抵抗探査結果において、冠水後、坑道開放してから、低比抵抗に変化している区間は、塩分濃度の高い地下水が入ってきているとの理解で良いか。今後、どのように推移していくのか。

→冠水前後の詳細な水の挙動については、現在測定中の第 3 回目の結果と合わせて、評価していく予定である。今後は、元の状態に戻ると想定している。

○埋め戻し試験の参考となるデータが得られることを期待している。

→拝承。

○低抵抗に変化している区間とボーリング孔内で塩分濃度の高い地下水が観測された Zone5 との位置関係はどうなっているのか。

→低比抵抗の観測を行ったのは、冠水坑道の奥であり、冠水坑道の中央部にある Zone5 とは離れた位置関係にある。

○塩分濃度の高い地下水が観測された Zone5 での割れ目の特徴や連続性はどうなっているのか。

→坑道壁面のスケッチから割れ目は特定されているものの、周辺で観察される割れ目と大きな違いは認められない。

○断層との関連性はどうなっているのか。

→断層からの顕著な湧水はなく、Zone5 との連続性を示すようなデータも確認できていない。

○Zone5 からの湧水は、坑道掘削に伴う地圧開放により、深部の透水性構造と連結して生じた可能性もある。

→拝承。

○Zone5 より深部の構造について、物理探査等で補足されていないのか。

→地中レーダーの探査区間になっている可能性もあるため、再度確認する。

○Zone5 を事例に水みちの特徴を整理することはできないのか。

→周辺割れ目と大きな違いがないため、本区間では難しいと考えている。

○高角度の亀裂が多い花崗岩の場合、水平ボーリングや斜めボーリングを行うことにより、鉛直ボーリングのみでは確率的に捉えにくい鉛直方向の亀裂の情報を得やすいと考えられる。

→拝承。

## (2) 深地層の研究施設計画の進捗と今後の課題について ②幌延深地層研究所計画

○1L/min で注水を継続しているが、水がどこかに抜けているのか。

→掘削影響領域へ水が抜けていること等を想定し、原因の検討を進めている。

○時間の経過とともに、間隙水圧が上昇する傾向があるが、500 日の時点で一旦低下している。これが逸水を見ているのではないか。

→ご指摘の点も踏まえて、より具体的な逸水の発生プロセスと要因を明らかにしていきたい。

○注水している地下水にトレーサーを入れていないのか。トレーサーが入っていれば、逸水箇所の特定に役立つのではないか。

→現在、注水している水に、トレーサーは入れていない。

○試験孔内のケイ砂中の空気を抜くような作業はしたのか。周囲が地下水で被われると空気の抜け道が無くなり、トラップされている可能性があるのではないか。

→現段階で気体の挙動については、十分に把握できていない。別途進めている二相流の解析結果等も参考に評価していく予定である。

○ケイ砂中の間隙水圧（200kPa）は何が測定されていると理解すれば良いのか。

→注水圧と解釈している。ただし、注入量は測定しているものの、注水圧は測定していないため、不確かな部分は残されている。

○土圧計は何を測定していることになるのか。また、どのような方向性の情報を取っているのか。

→半径方向の全圧を測定している。

○自然状態では飽和に相当の時間がかかるため、注水している訳だが、幌延本来の地質環境条件下（低透水性岩盤で塩分の高い地下水）での評価は行わなくて良いのか。その場合、本試験の目的の2番目にある「幌延を事例とした設計手法の提示」を満たさなくなる。URLのメリットは、天然で起こる現象を長期的な観点から把握できることにある。人工的に飽和させるのであれば、地下坑道を使わなくても良いのではないか。

→限られた研究期間であることを考慮して、本試験では注水という選択肢を取っている。ガスが含まれるような地下水の人工バリア内への浸透、飽和に至る過程の評価は室内実験では難しいと考えている。

○飽和状態に加えて、二相流の解析も行われているのか。

→二相流の解析についても実施予定である。

○プラグ内部は飽和しているのか。どの位の期間で飽和するのか。

→人工的な注水を実施していないので、地下水の浸透範囲は未だ坑道壁面近傍にあると考えている。飽和に要する時間は、以前行った数値解析により10年程度という結果が得られている。ただし、10年後でも、中心部は完全に飽和していない。

○ベントナイトは、膨張しているのか。膨張しているとすると、ケイ砂の部分が閉塞し、圧力が上がらないはずである。膨張していないから、ケイ砂周囲の圧力が高くなっているのではないか。

→現有のデータでは難しいものの、今後計画している解体後の試料を用いて評価していきたい（塩の存在有無も含めて）。

○PH006 の pH が低いのは、飽和しているためか。また、光学式 pH 計とはどのような原理によるものか。ベントナイトが飽和条件になると逆にアルカリ性になるのではないか。

→他のデータから判断すると飽和によるものと解釈している。光学式 pH 計は、比色法に基づき pH の色調変化をセンサーで読み取る方式で、JAEA 東海が開発したものである。新規に開発した装置のため、信頼性の評価に課題が残されている。第 2 次取りまとめでは、ベントナイト中の pH を 8.4 に設定していることもあり、今後得られるデータと合わせて検討していく。

○光学式 pH 計のセンサー部に水が湿潤していることは確認できるのか。

→直接確認する方法は無いが、水分量など他のセンサーを用いて、湿潤状態を推定している。

○スライド 9 頁目の water potential は、どのようなセンサーで何を測定しているのか。

→水分計（サイクロメータ、FDR-V）により水分量を測定している。

○ベントナイトの水分量とは、具体的に何を表しているのか（ベントナイトの膨潤に寄与している層間水なのか、間隙水なのか、あるいはそれらを含む全体の水なのか）。また、解析上、膨潤過程における水の質量保存は、保たれているのか。

→詳細について確認する。なお、膨潤プロセスは解析コードの中で直接考慮されておらず、物性が水分で変化する関係則とベントナイトの構成則を用いて水分特性を算出している。

○水分量の測定で用いているサイクロメータの原理、仕様、測定目的等を詳しく教えてほしい。また、塩水の影響も考えられる FDR-V とはどのように使い分けているのか。

→詳細について確認の上、改めて説明したい。

○スイスの Grimsel における人工バリア試験でも、同様な課題が生じていたのではないかと。同じ失敗を繰り返さないような検討が必要である。

→拝承。

○使用した解析コードは、既知の情報や実験データとの比較により、その妥当性を検証し、その結果をきちんと示した上で、議論に用いるべきである。また、DECOVALEX の成果も丁寧に説明してほしい。解析と実測が合っている熱特性以外のデータについても示すべきである。

→拝承。

### (3) 総合討論

○幌延と瑞浪の比較を分かりやすく一般に説明できるようにしておく必要があるのでは

ないか。一般の方々から見ると同じことをやっているように見えるので簡単に比較できると良い。

→拝承。

○瑞浪と幌延の地質環境の違いを明らかにすることが当初の主な目的の一つであったはずである。個々の試験が目的化していて、広い視点から見た深地層の科学的研究がおざなりになっている感がある。

→総括的な成果取りまとめの際に両 URL の特色や比較をわかりやすく示すことができるよう検討していきたい。

○両 URL の成果から、日本の地質環境が決して単純なものではなく、それぞれの特徴に応じた技術開発が必要とのメッセージが出ることも重要なことではないか。一方、一般化できる部分（例：排水処理技術など）もあるはずであり、今後そのような点についてもまとめていくべきである。

→拝承。

○不飽和状態の影響度によっては、埋め戻しの速度やデザインは、重要な工学的要素となりうる。埋め戻し材が飽和するプロセスや方策について、十分に検討しておく必要がある。

→拝承。

以 上