瑞浪超深地層研究所における研究と建設の現状と課題（その２）
- パイロットボーリング調査結果の概要 -

（独）日本原子力研究開発機構　正会員　○竹内　真司，正会員　鶴田　忠彦
竹内　竜史，中俣　公徳，水野　崇

１．はじめに

瑞浪超深地層研究所 [1)]の研究坑道掘削において，放流先河川における排水中のふっ素およびほう素の濃度が環境基準値を超えたことから，坑道からの排水の適切な処理および排水量の低減が必要となった。このため，以深の立坑沿いの地質環境特性（地質・地質構造，岩盤水理，水質など）を適切に把握し，その結果に基づいて今後の坑道掘削において必要となる，1)排水処理設備の設計，2)グラウト施工計画ならびに3)施設設計の見直し，の3つの課題に資する情報を取得するため，パイロットボーリング調査を実施した。本報告では，主な調査結果と得られた成果について紹介する。なお，このパイロットボーリング調査の結果に基づき実施した湧水量の予測解析結果については本大会講演要旨の大山ほか [2)] を参照されたい。

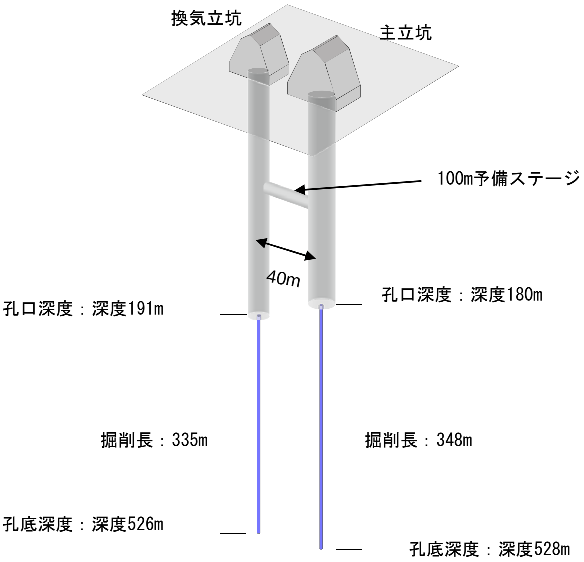


図-1　ボーリング孔のレイアウト

２．実施内容

パイロットボーリングは，主立坑の深度 180m，換気立坑の深度191m の坑底からそれぞれ掘削した。掘削長は，主立坑側では348m（深度528m），換気立坑では335m（深度 526m）とした（図 - 1）。上述の3つの課題に対し，必要な情報を取得するための調査項目を表 - 1 のように設定した。

表-1　課題と対応する調査項目

必要な情報	パイロットボーリング調査項目							
	掘削モニタリング	岩芯地質観察	ボアホールTV観察	物理検層	流体検層	水理試験	採水・水質分析	水圧モニタリング
排水処理設備の設計								
理論解による湧水量予測								
透水係数						○		
初期水圧						○		
数値解析による湧水量予測								
割れ目データ		○	○					
透水係数						○		
比貯留係数						○		
涵養量	表層水理データ							
水質予測							○	
グラウト施工計画								
湧水位置	○	○	○	△	○			
湧水幅		△	△	△	△			
水みちの連続性	△					△	△	○
湧水量	△					○		
湧水圧	△					○		
施設設計の見直し								
岩級・岩質・物性		○	○	○				
脆弱な地質構造		○	○	○				

○:直接的反映　△:間接的に反映

３．実施結果

(1) 地質・地質構造

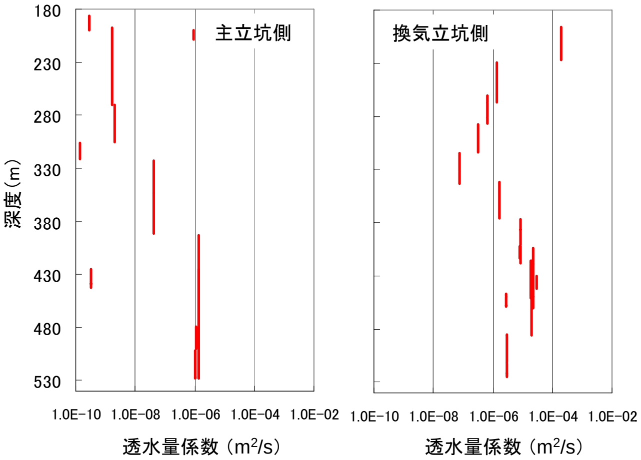
主立坑側のボーリング孔では，強い変質を伴う花崗岩と貫入岩が確認された。岩盤等級はCM級以上の部分が所々認められるもののCL級からD級が大半を占める。一方，換気立坑側では，変質が弱い硬質な花崗岩が確認され，岩盤等級はB級からCH級が主体である。換気立坑側のボーリング孔では，事前の調査で花崗岩の浅部に存在が推定されている上部割れ目帯（30°以下の低角度傾斜を有する割れ目の分布密度が相対的に高い岩盤領域。以下，Upper Highly Fractured Domain:UHFD）は，深度455m付近まで分布し，UHFDの中でも低角度傾斜を有する割れ目が特に集中する領域（以下，Low Angle Fractured Zone: LAFZ）が深度約200～250mに分布することが確認された。一方，主立坑側では強い変質のため割れ目の詳しい性状を把握できなかったことから，UHFDやLAFZの分布を確認するには至らなかった。

(2) 岩盤水理

水理試験は孔壁状況等を勘案し，主立坑側では10～130m程度の区間長で，換気立坑側では30mを基本の区間長として実施した。主立坑側では主に深部で10^{-6}（m^2/s）程度の透水量係数が得られたが，その他は10^{-10}～

キーワード　瑞浪超深地層研究所，パイロットボーリング，排水処理，グラウト施工，施設設計
連絡先　〒509-5162　岐阜県瑞浪市明世町山野内1-64（独）日本原子力研究開発機構　ＴＥＬ0572-66-2244

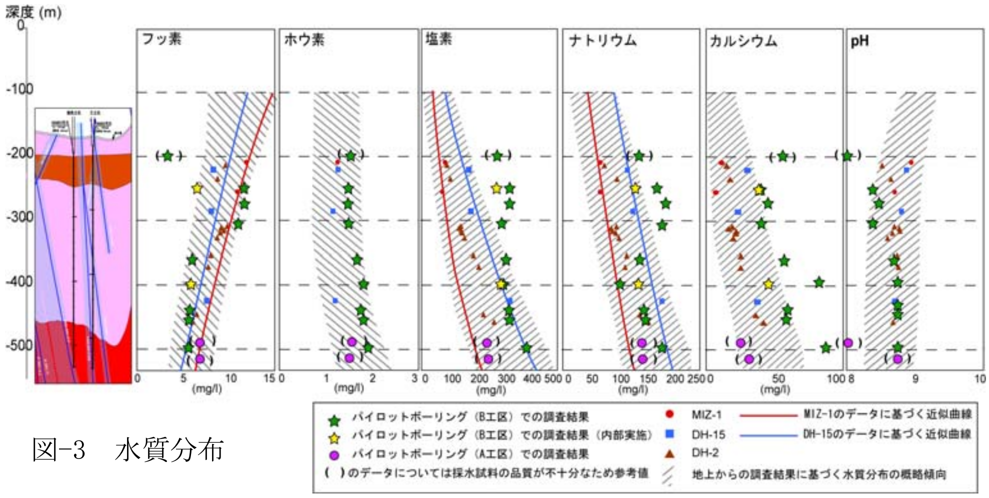
10^{-8}（m^2/s）オーダーの低い透水性を示した（図 - 2）。これは強い変質作用に伴う粘土鉱物が割れ目を充填したためと判断される。一方，換気立坑側では深度 300m 付近で 10^{-8}～10^{-7}（m^2/s）オーダーの値が得られたが，その他は 10^{-6}（m^2/s）オーダー以上の高い値が得られた。特に流体検層（電磁フローメータ検層）で顕著な流速の増加が確認された深度約 210m および同 400～460m の区間で，それぞれ 10^{-4}（m^2/s）オーダー，10^{-5}（m^2/s）オーダーの値が得られた（図 - 2）。岩芯地質観察，ボアホール TV 観察および物理検層等の結果から，前者は LAFZ 中の特定の割れ目が水みちとして機能していることが確認された。また後者は北東走向で高角度傾斜の割れ目が卓越する領域であることが確認された。



図−2　水理試験結果

(3) 地下水水質

水理試験中に採取した地下水を分析した結果，ふっ素，ほう素，塩素，ナトリウム，カルシウムなどの濃度および pH の深度変化は，地上からの調査で推定された傾向と概ね整合的と判断される（図 - 3）。また，ふっ素濃度は減少傾向，ほう素濃度は上昇傾向であるが，調査区間内ではいずれも環境基準値（それぞれ 0.8（mg/L）および 1.0（mg/L））を超えている。



図−3　水質分布

４．まとめ

1)　排水処理設備の設計

主立坑付近は透水性の低い岩盤が分布するため顕著な湧水が発生する可能性は低いと考えられる。しかしながら，低透水性領域が主立坑の掘削範囲内で収束する場合は，換気立坑付近と同様な高透水性の岩盤が出現する可能性もあり，湧水の発生を考慮することが必要である。また，換気立坑では LAFZ の一部および深度 400～460m 付近の掘削により大量の湧水が予測される。ふっ素，ほう素の水質については環境基準値よりも高いため，適切な濃度低減処理が必要である。

2)　グラウト施工計画の策定

換気立坑側の深度 210m 付近の湧水は特定の割れ目からの湧水である可能性が高いことから，湧水割れ目の特定とグラウチングが湧水の抑制に効果的と考える。一方，400～460m 付近は透水性の高い割れ目の密度が高いことから，湧水割れ目の性状に応じたグラウチング手法の適用が必要である。

3)　施設設計の見直し

主立坑沿いには変質した脆弱な岩盤が，換気立坑沿いには弱変質の硬質な岩盤が予測されることから，把握された地質・地質構造ならびに岩盤等級等に基づき，必要に応じて施設設計の見直しを行っていく。

参考文献

1)今津ほか：地下 1,000m の研究坑道工事に着手－瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削工事－，トンネルと地下，第 35 巻 6 号 pp.31-42(2004). 2)大山他：瑞浪超深地層研究所における研究と建設の現状と課題（その 3）－パイロットボーリング調査に基づく湧水量予測解析－，土木学会平成 19 年度全国大会第 62 回年次学術講演会講演概要集(2007).