

## 地層処分システムにおける閉鎖要素の相互影響を考慮した パネル規模での水理解析

原子力発電環境整備機構 正会員○杉田 裕, 正会員 高橋美昭  
日本原子力研究開発機構 正会員 藤田朝雄, 非会員 川上 進  
検査開発(株) 非会員 酒井裕一

### 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分システムにおける閉鎖要素（埋め戻し材、止水プラグなど）には、処分場の長期安全性に対する重要な役割が期待されており、安全評価や設計を行うためには、処分場の閉鎖性能を理解することが重要である。原子力発電環境整備機構および日本原子力研究開発機構は、処分システムに求められる閉鎖性能の考え方を示し、そこで示される閉鎖要素の設計要件の考え方に対する今後の技術開発等の方向性を導出することを目的として検討を行っている<sup>1)</sup>。初年度は、閉鎖要素が比較的集中し、その効果の評価が重要になると考えられる坑道交差部に着目して、想定される構成要素をモデル化した3次元の水理解析を行い、動水勾配の影響、コンクリートや粘土材といった材料の透水係数、粘土プラグ設置の影響等について概略評価を行った<sup>12)</sup>。今年度は、パネルの下流側に高透水ゾーンが存在し、主要坑道が高透水ゾーンを横切る場合の閉鎖要素の相互影響に着目した。本報告は、複数の処分坑道（処分坑道横置き定置方式）とそれを囲む主要坑道で構成される処分パネルに解析領域を広げて水理解析を行った結果について報告するものである。

### 2. 水理解析

本解析は、処分坑道35本とその周囲に配置される4本の主要坑道で構成される処分パネル1パネルをモデル内に表現し、パネル下流側100mに高透水ゾーンがある場合のパネル規模での地下水流動を把握することを目的とした。解析には移流分散解析ソフト Dtransu-3D-EL<sup>3)</sup>を用いた。坑道は正方形断面でモデル化し、主要坑道は一辺4.0m、処分坑道は一辺2.0mとした。解析モデルを図1に示す。主要坑道の2箇所に粘土プラグ、処分坑道の両端部にコンクリートプラグと粘土プラグを設置する（図中では一部を拡大）。坑道は、坑道全体として等価な透水係数を適用することとし、図2および式(1)に示すように埋め戻し材あるいは緩衝材、支保工および掘削影響領域（EDZ）の透水係数を考慮した。解析ケースごとの粘土プラグの設置箇所、透水係数の設定値を表1に示す。各坑道の等価透水係数は、緩衝材の透水係数 $1.0E-12m/s$ 、埋め戻し材の透水係数 $1.0E-5$ 、 $1.0E-8$ および $1.0E-11m/s$ 、支保工の透水係数 $1.0E-5$ 、 $1.0E-9$ および $1.0E-13m/s$ 、EDZの透水係数 $1.0E-6$ あるいは $1.0E-7m/s$ の組み合わせから式(1)による値を設定した上で、その中から代表値を設定した。例えば、主要坑道の等価透水係数は、埋め戻し材および支保工の透水係数が $1.0E-5m/s$ の場合 $1.0E-5m/s$ 、埋め戻し材および支保工の透水係数が $1.0E-8m/s$ 以下の場合 $1.0E-7m/s$ とした。境界条件を図3に示す。動水勾配は0.01とし、

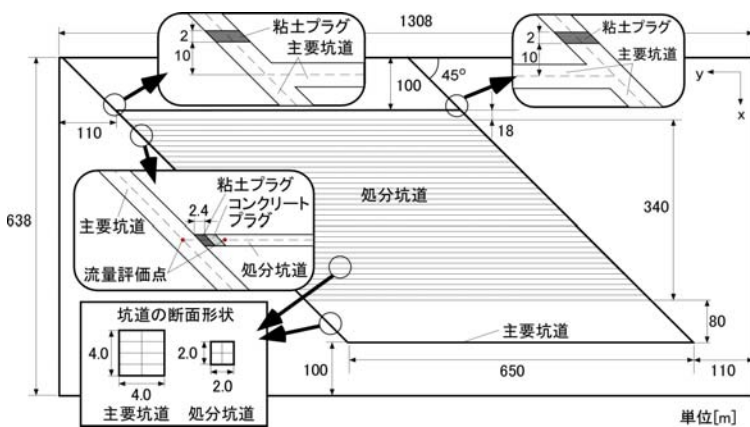


図1 解析モデル

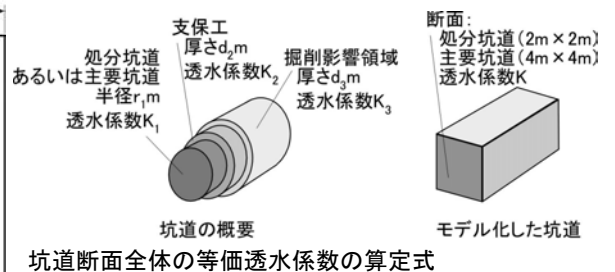


図2 坑道のモデル化

$$K = \frac{r_1^2 K_1 + (d_2^2 + 2r_1 d_2) K_2 + (d_3^2 + 2r_1 d_3 + 2d_2 d_3) K_3}{(r_1 + d_2 + d_3)^2} \quad (1)$$

キーワード 高レベル放射性廃棄物, 閉鎖性能, 水理解析, 処分パネル

連絡先 〒108-0014 東京都港区芝4丁目1-23 三田 NN ビル2階 原子力発電環境整備機構 TEL03-4513-1114

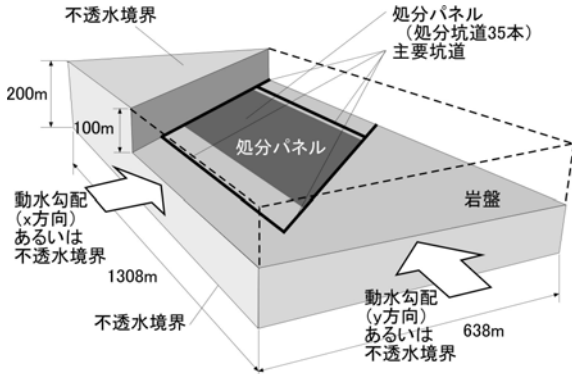


図3 境界条件

表1 解析用の透水係数

ケース	粘土プラグの設置		透水係数 [m/s]		透水係数のベース
	処分坑道	主要坑道	主要坑道	その他	
41	○	○	1.0E-5		【処分坑道】 緩衝材: 1.0E-12 支保工: 1.0E-5, -9, -13 EDZ: 1.0E-7 【主要坑道】 埋め戻し材: 1.0E-5, -8, -11 支保工: 1.0E-5, -9, -13 EDZ: 1.0E-6
42	○	○	1.0E-6		
43	○	○	1.0E-7	処分坑道	
51	○	×	1.0E-5	1.0E-7	
52	○	×	1.0E-6	粘土プラグ	
53	○	×	1.0E-7	1.0E-13	
61	×	○	1.0E-5	コンクリート	
62	×	○	1.0E-6	プラグ	
63	×	○	1.0E-7	1.0E-5	
71	×	×	1.0E-5	岩盤	
72	×	×	1.0E-6	1.0E-8	
73	×	×	1.0E-7		

処分坑道に対して垂直 (x 方向) と、平行 (y 方向) の 2 方向とした。動水勾配を与えないその他の境界面は不透水境界とした。

### 3. 解析結果

流量は、図1中の拡大部の流量評価点(2点)で示すように、主要坑道は坑道の中心、処分坑道はコンクリートプラグの内側で算出した。処分坑道が35本あることから主要坑道と処分坑道の交差部は70箇所、各坑道で140点の流量評価点があることとなる。ここでは各坑道における最大流量を求め、比較検討した。図5にx方向動水勾配の結果を示す。主要坑道の透水係数が小さくなると(たとえば、ケース41,42,43での比較)、主要坑道および処分坑道の最大流量は減少する。主要坑道の透水係数が同じ場合、処分坑道の流量は処分坑道にプラグを設置しない場合に増加する(たとえば、ケース41,61での比較)。主要坑道への粘土プラグの有無の影響では(たとえば、ケース41,51あるいはケース61,71での比較)、主要坑道に粘土プラグがない場合は処分坑道の流量がわずかに減少する。いずれの解析ケースも、主要坑道の流量が処分坑道の流量よりも大きく、主要坑道の透水性が高いほど主要坑道が主要な流れ場となっている。図6にy方向動水勾配の結果を示す。主要坑道の流量はx方向動水勾配の結果と同様に、主要坑道の透水係数が小さくなると減少する。しかし、処分坑道の流量は主要坑道の透水係数の値に関係なく、ほぼ一定値となり、x方向動水勾配の各ケース(図5)と比較して増加している。透水係数のコントラストが大きいケース(ケース41,51,61,71)は、主要坑道が主要な流れ場となっており、x方向動水勾配の場合と同じ傾向である。

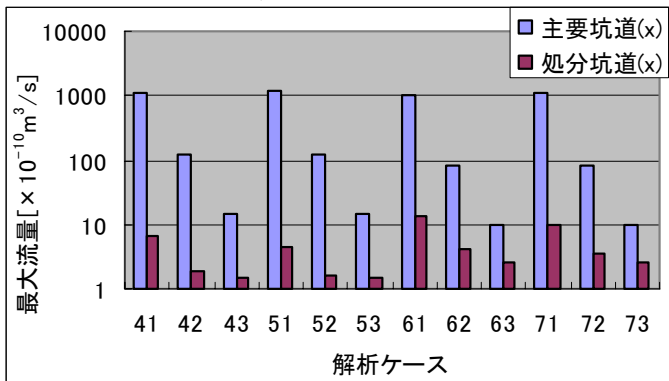


図5 x方向動水勾配の結果

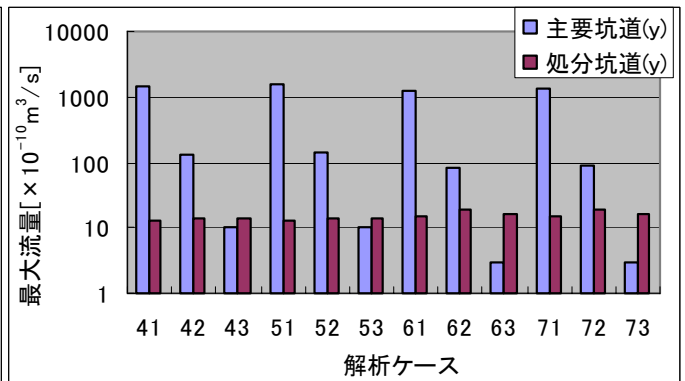


図6 y方向動水勾配の結果

### 4. おわりに

以上の解析結果から、次のことが明らかになった。処分坑道の流量を抑制するためには、まず、動水勾配に対して垂直に配置し、さらに、主要坑道の透水係数を小さくする、あるいは処分坑道に粘土プラグを設置することが有効である。

### 参考文献

1)藤田朝雄ほか、地層処分システムにおける閉鎖要素の相互影響を考慮した坑道交差部における水理解析、平成18年度全国大会第61回年次学術講演会(2006)。2)杉田裕ほか、NUMO-TR-05-02, JNC TN8400 2005-016 (2005)。3)Nishigaki et al., Proc. of the 1st Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics, pp.1375-1380 (2001)。