

ガス移行挙動評価のための原位置ガス注入試験

(財)原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 ○岡本修一，山本修一，藤原 愛
(株)大林組 正会員 安藤賢一，志村友行，田中達也
NAGRA Stratis Vomvoris，Bill Lanyon

1. はじめに

TRU放射性廃棄物処分の埋設施設では，特有な現象の一つとして，金属等の腐食によるガスの発生が挙げられ，処分施設設計の合理化及び詳細化，並びに安全性の評価の信頼性向上を目指し，試験データの取得，特有な現象の把握と評価モデルの構築などを行なうことが重要であるとされている¹⁾．本試験は図-1 に示すように，現実的な地質条件下においてTRU 放射性廃棄物のサイロ型処分場を建設する場合を模擬した試験施設により，人工バリアと周辺岩盤中のガスの移行挙動を実験・評価することで，TRU放射性廃棄物処分の地層処分概念の検討に資することを目的としている．

試験予定を表-1 に示す．試験は，スイスグリムゼル岩盤試験場において平成9年度より開始した²⁾．まず，高さ約4.5m，直径約4mのサイロ型に掘削された岩盤内に，コンクリートサイロ及びベントナイト混合土からなる人工バリアを建設³⁾，次に砂礫による上部埋め戻し，トンネルとの境界をコンクリートプラグにより閉塞した．その後，人工的な注水により人工バリアを飽和させ⁴⁾，サイロ内からガスを注入し人工バリア中を移行させる手順で実施している．そのうち本報文では，ガス注入試験について報告する．

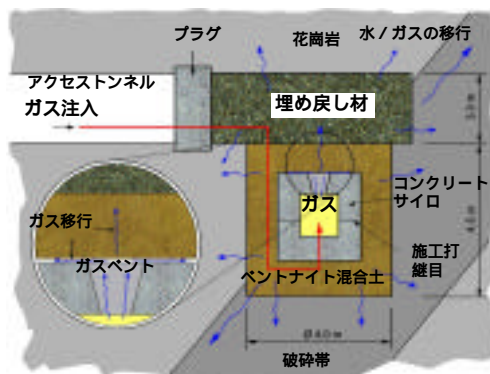


図-1 ガス移行挙動試験の概念図

表-1 試験予定

年度	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16
試験計画								
試験空洞掘削								
室内試験								
周辺岩盤調査								
人工バリア建設								
人工飽和								
ガス注入試験								
解体調査								
事後解析・評価								

表-2 STEP2 の概要

名称	注入速度 (mg/s)	試験期間 (日)	目標とするガス移行形態
GI1	0.025	35	・サイロ内へのガス移行 ・間隙水への溶解が卓越
GI2a	0.05	63	二相流状態でのガス移行
GI2b	0.1	41	
GI3a	1	69	二相流状態 + 力学連成でのガス移行
GI3b	5	8	

2. ガス注入試験の手順

ガス注入試験は大略，次の4つのステップから構成される．

- ・STEP1：人工バリアシステムの透水試験（WT1）
- ・STEP2：ガス注入試験（GI1～GI3b）
- ・STEP3：再人工バリアシステムの透水試験（WT2）
- ・STEP4：再ガス注入試験（GI4）

STEP1 では，ガス注入前の人工バリアシステムの透水特性把握を目的とした，サイロ内からの定量揚水，正弦振幅揚水，定量注入試験を実施した．STEP2 では，多様なガス移行特性の把握を目的に，表-2 に示す様なガス溶解が卓越する形態から力学連成も含んだガス移行形態までの再現を目指し 5 段階の速度でのガス注入試験を実施した．本試験では，諸外国も含め既存の安全評価モデルで用いられたガス発生速度を参考にし，単位体積当たりの発生速度が同程度となるように模擬コンクリートサイロ体積に換算した値を標準とした．表中では，GI1 と GI2a に相当する．なお，試験には窒素ガスを使用している．STEP3 では，ガス移行前後の透水特性を比較することで，ベントナイト系緩衝材の自己修復性を確認する目的とした，定量揚水，正弦振幅揚水，定量注入試験を実施した．STEP4 では，ガス注入データセットの充実と，後の解体調査でガス移行経路の確認するための発色トレーサ注入を目的とした，注入速度 0.05mg/s と 1mg/s でのガス注入試験を実施した．発色トレーサ（H₂S 混合ガス）は試験の最終段階で注入している．

キーワード 放射性廃棄物，ガス注入試験，ガス移行，人工バリア，ベントナイト混合土，原位置試験

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-8-10 第15森ビル4階，TEL03-3504-1081，FAX03-3504-1297

3. ガス注入試験の評価

図-2 に STEP2 でのガス注入に対する圧力応答の計測結果を示す。ガス注入が進むにつれ GI1 では、サイロ内および緩衝材内（L8）の圧力が徐々に上昇するが、最上の空洞部（L13）では若干の変化しか認められなかった。GI1 の 2 倍の注入速度となる GI2a では、サイロ内圧力応答が約 620kPa に達した時点で明瞭なブレイクスルー現象が確認された。その後、ガス注入が進んでも圧力は上昇せず、GI2a の 2 倍の注入速度となる GI2b となっても急激な圧力応答の変化は認められず、L13 との圧力差も徐々に小さくなることが認められた。この事より、GI2a のブレイクスルーの時点で何らかのガス移行経路が形成されたと思われる。参考として、埋設された TDR⁵⁾ の受感状況から推察した GI2a 段階でのガス移行予想図を図-3 に示す。その後、GI2b の 10 倍の注入速度となる GI3a では、初期にサイロ内、L8、L13 何れも急激な圧力上昇を示し、サイロ内圧力において GI2a で確認された応力と同様な圧力レベルで再度ブレイクスルー現象が確認された。ブレイクスルー以降は、GI2a や GI2b とは異なり、上部空洞圧も含めてガス注入が進むにつれ圧力は上昇し続けた。この傾向は GI3b 段階でも同じであり、GI3 シリーズではガス移行の評価を緩衝材内のみではなく、周辺岩盤への移行も考慮する段階であることを示唆しているものと考えられる。

また、システム透水試験の結果においてガス移行前後の透水特性に大きな差異は認められず、今回の試験条件の範囲では、大規模な複合人工バリアシステムにおけるベントナイト系緩衝材に自己修復性を期待することが可能と考えられる。

4. まとめ

約1年をかけガス注入試験を実施し、原位置でのガス移行に関するデータセットを取得することが出来た。今後は、これまでに得られたデータ等を体系的に整理し、一般に広く共有でき得るデータとして整備を進める予定である。また、試験に平行して試験データに基づいた既存の2相流解析コードによるガス移行検討を進めており、ガス再注入試験終了後に実施予定のガス移行経路や特性値の確認のための解体調査の結果とも比較しながら、解析コードの適用性についても検討を進めて行く。

なお、本報告は経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等」の成果の一部である。

参考文献

- 1)超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分の基本的考え方について、原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会、2000年3月23日
- 2)スイス・グリムゼル岩盤実験場におけるガス移行挙動評価試験(1)・(2)、土木学会第55回年次講演会、2000年
- 3)ガス移行挙動評価のための人工バリア原位置試験施工、土木学会第56回年次講演会、2001年
- 4)ガス移行挙動評価のための人工バリアシステムの飽和、土木学会第58回年次講演会、2003年
- 5)ガス移行挙動評価のための原位置試験計測、土木学会第57回年次講演会、2002年

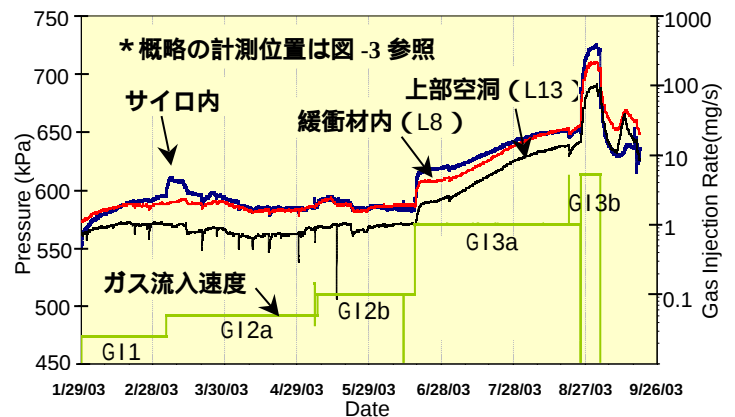


図-2 STEP2 でのガス注入に対する圧力応答

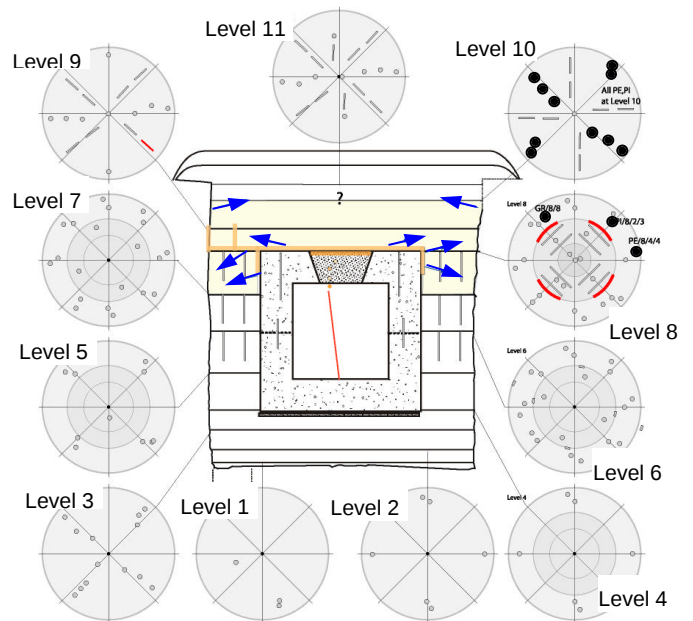


図-3 GI2a 段階でのガス移行予想図