

高レベル放射性廃棄物地層処分に向けた安全裕度増大と信頼性向上に向けた水理上の取り組み

Efforts in hydrogeology to build confidence in geologic disposal of HLW (High Level Radioactive Waste)

内田 雅大[1]

Masahiro Uchida[1]

[1] サイクル機構・東海・処分

[1] Waste Isolation Research Div., Tokai, JNC

サイクル機構が、平成 11 年 11 月に原子力委員会に提出した高レベル放射性廃棄物地層処分に関する第 2 次取りまとめにおいては、天然バリアにおいて流量に関するパラメータが重要であることが示された。ここでは、これまでに得られている知見から今後着目すべき項目について動水勾配、透水性の観点から考察した。動水勾配については、塩淡境界の他に化石海水が動水勾配を低下させる可能性について述べた。透水性については、亀裂の連結性の重要性について述べた。また、水理モデルの信頼性向上に向けた地下水化学との総合的解釈の重要性を述べ、定性的比較と定量的比較の例について述べた。

本稿では、サイクル機構が平成 11 年 11 月に原子力委員会に提出した「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分第 2 次取りまとめ」(以下では「第 2 次取りまとめ」の中で得られた知見のうち、地層(ここでは天然バリアと言う)中の水理に関する事項を整理し、今後の調査・研究の着目点について考察する。

第 2 次取りまとめにおいては、亀裂を移行するものとした仮定が保守的であるため岩石マトリクス部と亀裂の両方が移行経路となりうる岩石についても、全て亀裂中を移行するものとして評価を行っている。この前提に立ち、天然バリアの基本シナリオ解析の中でデータ不確実性について検討している。具体的には、亀裂の透水量係数分布、亀裂開口幅分布、分散長、亀裂表面積に占めるマトリクス拡散寄与面積率、マトリクス部の間隙率/乾燥密度/実効拡散係数、岩石に対する核種の分配係数、断層の動水勾配の違いが最大線量に与える影響について検討されている。

上記の検討の結果、最も線量に影響を及ぼしたのは亀裂の透水量係数分布と動水勾配であり、次いで分配係数、断層の動水勾配、マトリクス拡散寄与面積率、マトリクス拡散深さの順で影響が大きかった。このことから、流量に関するパラメータ(透水量係数、動水勾配)が最も影響が大きく、次いで分配係数値およびその値に影響を及ぼす要因(地下水組成)の影響が大きいことが分かる。断層の動水勾配も、流量に関するパラメータの影響の一種とみなすことができる。

今後は、上記の知見を考慮して研究課題やサイト特性調査時の調査の優先度を設定することが有効であろう。

流量は透水量係数(多孔質媒体にあっては透水係数)と動水勾配に支配される。

動水勾配に関しては、沿岸部における塩淡境界の塩水側で低下することが期待されている。これと同様に化石海水分布領域は、キャップロックとなる低透水性の地層の下位に分布し、動水勾配が淡水域に較べ相当程度低下し低流速場となっている可能性がある。この点については、石油やガスのキャップロックを対象として低透水性の地層の効果について検討することが有効となるものと考えられる。一方、透水量係数については、透水性が高く比較的規模の大きい断層と通常岩盤中の亀裂に区分して考える必要がある。断層の透水性について透水性とその頻度が処分場レイアウト上重要となる。通常岩盤については、処分孔から大規模断層までの連結性が重要である。連結性に関しては、亀裂性媒体については釜石鉱山で旧動燃が行った原位置試験では、花崗閃緑岩中の岩盤が数 10m から数 100m の水理的に独立したブロックに分かれておりその水理的連結性は非常に低いことが明らかとなっている。このような現象の性能評価上への反映と調査法が今後の課題と考えられる。多孔質媒体と一般に考えられている新第三紀堆積岩中の亀裂については、亀裂が連結しない場合には多孔質媒体として挙動し流速が低下する可能性があり、実データを取得し亀裂の影響を評価することが重要であろう。

こうした天然バリアの性能をより現実的に理解しようという研究の他に、水理モデルの妥当性を地下水化学、鉱物成長の観点から示すための研究も行われている。この方法には、定性的検討と定量的検討とがある。定性的検討の例として、英国のセラフィールドでは、淡水中での方解石の結晶形と塩水中での方解石の結晶形の違いを基に、一定深度以下の地下水は過去において淡水化したことがないことが示されている。定量的検討の例としては、スウェーデンの地下研究施設では地下 450m に至る全長 3600m の斜坑掘削時の水質変化が観測されており、起源の異なる 4 種類の地下水を区分しこれらがどのように混合したか混合比を水理解析から計算し、実測値と比較する試みが行われている。また、地下水の滞留時間から水理モデルの妥当性を検証する試みも行われておりこの分野での技術開発が重要になるものと考えられる。

このように、地層処分の水理の分野では安全裕度の増大と信頼性向上に向けて、よりきめ細かい研究の実施と、かつ、地質学、地球化学、石油など他分野での知見を活用していくことが重要と考える。