

沿岸域堆積岩における地下水の水質評価

鹿島 技術研究所 正会員 田中真弓・升元一彦・戸井田克

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物地層処分場を沿岸域海底下岩盤に建設する場合、海水の存在が天然バリア・人工バリアの性能に影響を与える可能性があることが知られている。沿岸域では塩淡水境界の存在が予想されるため、海水が周辺地下水の水質に与える影響をあらかじめ把握しておくことが重要であると考えられる。

今回、沿岸域堆積岩中に削孔した複数のボーリング孔を利用し、地下水水質調査を約一年間にわたって実施した。その結果、沿岸域堆積岩特有と考えられる分析結果が得られたので以下に報告する。

2. 調査サイト概要

ボーリング掘削地点の地質は、第三紀前～中期中新世の泥岩・砂岩互層で $70 \sim 80^\circ$ の高角度で傾斜している。ボーリングは図-1 に示すように、海岸に近い方から No.4, No.3, No.2, No.1 の 4 孔を深度約 40m まで掘削しており、ボーリング孔口の標高は+6m である。No.1 孔周辺には泥岩優勢層が、No.2～No.4 孔周辺には砂岩優勢層が各々分布しており、砂岩部は泥岩部より亀裂が多い。

3. 一般水質分析結果

各ボーリング孔の深度 5～35m 区間において、経時的にサンプラー採水を削孔直後から約一年間実施した。図-2 は、削孔後の水質分析結果であり、No.2 孔と No.3 孔では、採水期間中に塩水投入によるトレーサ試験を実施したため、水質が試験前後で淡水型から海水型へと変化している。試験前の分析結果のみを比較すると、No.4 孔は海水型の成分構成であり、No.3 孔、No.2 孔、No.1 孔の順に淡水型へシフトしている。このことから、孔内水質は海岸線に近い孔ほど海水の影響をより大きく反映していると推定される。また、No.4 孔は、地下水位の変動状況と潮汐記録との対応が良好なことが別途確認されていることから、他孔に比べ海水の影響が大きいと考えられる。

図-3 には、凡例の括弧内の採水深度での SO_4^{2-} の経時変化を示す。No.4 孔では SO_4^{2-} の濃度はほぼ一定であるのに対し、No.1 孔では削孔直後の SO_4^{2-} 濃度が最も高く、時間経過と共に急激な低下、さらに上昇・低下の変動が見られた。No.2 孔、No.3 孔でも、 SO_4^{2-} 濃度は削孔後 100 日以降で顕著な変動が認められた。通常、化学反応による地下水の進化は非常に長い時間を要するが、今回認められた No.1 孔、No.2 孔、No.3 孔の SO_4^{2-} の変動は急激であり、No.1 孔孔口でガス濃度を測定した結果でも H_2S の発生が確認されたため、バクテリアの活動による影響検討が必要と判断した。そこで、全孔を対象に嫌気性の硫酸塩還元菌と好気性の硫酸酸化細菌を検索した結果、硫酸塩還元菌が No.4 孔以外のボーリング孔で検出され、硫酸酸化細菌はすべての孔で確認された。このことから、 SO_4^{2-} 濃度の急激な上昇・低下を示す経時変化はバクテリアの活動

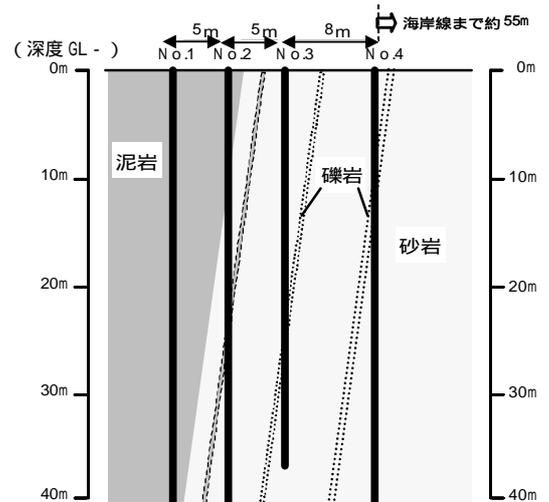


図-1 ボーリング地点の概要

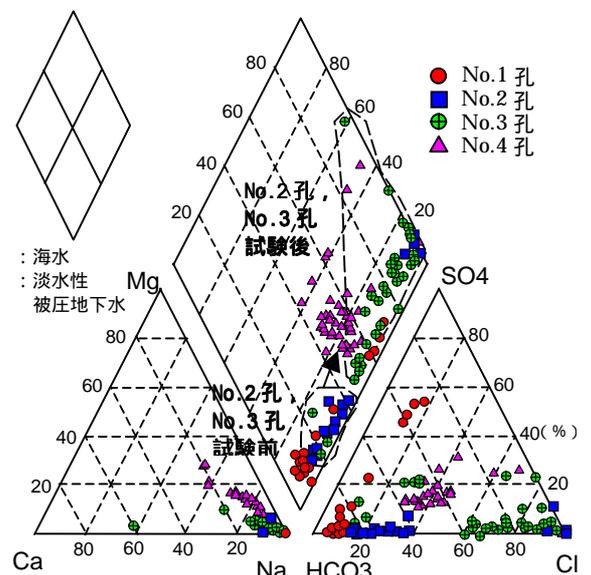


図-2 地下水水質

キーワード：沿岸域，堆積岩，地下水，主成分分析

〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL：0424-89-7081，FAX：0424-89-7083

による可能性があると推定した。一般に、バクテリアの活動は地下水流のない環境の方が活発であり、特に嫌気性のバクテリアは地下水中の溶存酸素が少ない方が活動的である。今回の結果では、No.3孔、No.2孔、No.1孔の順にSO₄²⁻濃度の変動が大きくなっており、岩盤中の割れ目が少なく地下水の流れが比較的遅い泥岩部において、バクテリアの活動が活発であると推定できる。一方、No.4孔でSO₄²⁻の変動が小さかったのは、割れ目の多い砂岩で、しかも海水の影響が大きい地下水環境では、バクテリアが活動できなかったためと考えられる。

図-4は、全孔からの採水、雨水、並びに周辺井戸から採水した試料について重水素と¹⁸Oの同位体組成の分析結果を示したデルタダイアグラムである。削孔後40日のNo.4孔、削孔後270日の全孔、および雨水と周辺井戸の水は、ほぼ天水線と重なっているのに対し、削孔後40日のNo.1孔では、同位体組成は天水線からH₂S交換反応を示す逸脱をしている。この交換反応は、地下水中のH₂Sガス濃度が高いとき生じるもので、削孔後40日にH₂Sガスが多量に発生していたことを示す。この時期はSO₄²⁻が急激に減少している時期とも一致しており、SO₄²⁻がH₂Sに還元されたことが考えられる。このことからNo.1孔における硫酸塩還元菌の活動あったと推定できる。

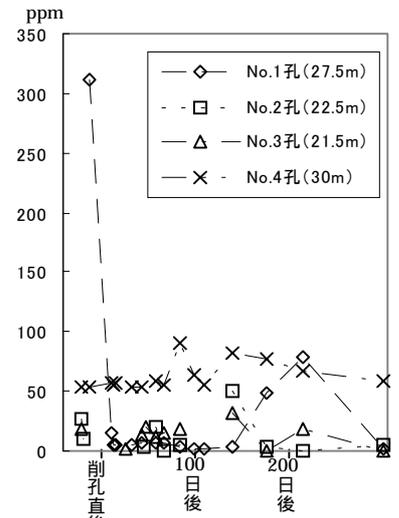


図-3 SO₄²⁻ 経時変化

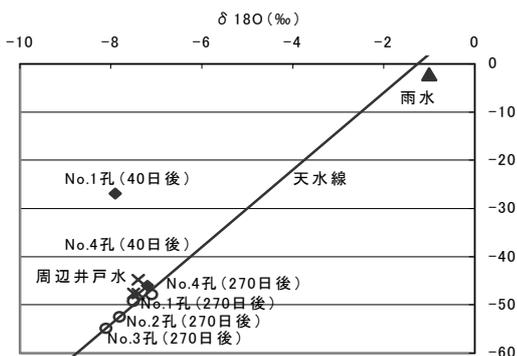


図-4 デルタダイアグラム

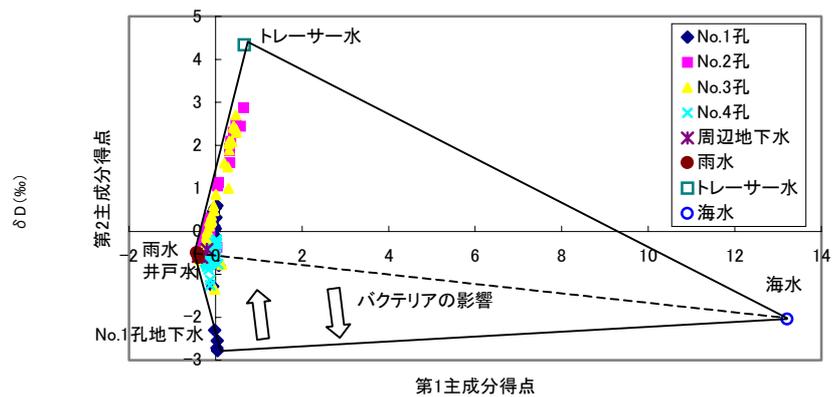


図-5 主成分分析結果

4. 主成分分析結果

各ボーリング孔、および、海水、トレーサ水、雨水、井戸水で得られた水質分析結果のについて主成分分析を主要な6つの水質構成イオン(Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻)について行った。その結果、図-5のように4つの端成分に分かれることが分かった。各イオンの因子負荷量は表-1に示す通りである。No.2~4孔は削孔直後、雨水と井戸水に近い主成分得点分布を示すが、No.1孔の主成分得点分布は異なった傾向を示している。

表-1 因子負荷量

主成分	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	寄与率
Z1	0.978	0.987	0.927	0.987	0.913	0.926	90.9%
Z2	0.076	-0.111	0.226	-0.123	0.294	-0.347	4.9%
Z3	-0.004	-0.287	-0.283	-0.017	0.276	0.064	2.7%
累積寄与率							98.5%

すなわち、トレーサ試験を行ったNo.2孔、No.3孔では試験後、トレーサ水・雨水・井戸水間で漸移しており、トレーサ水の影響を強く受けていると考えられ、No.4孔は、他孔と比べ海水・雨水・井戸水を結んだライン上に分布することから、海水との関連性が強いと判断される。また、第2主成分の因子負荷量マイナス成分ではSO₄²⁻が最も大きく、No.1孔が他孔に比べてバクテリアの影響を強く受けていることが反映されていると思われる。

5. おわりに

今回、沿岸域堆積岩中に削孔したボーリング孔から採水した地下水の水質モニタリングを実施した。その結果、当サイトにおける水質変化は、海水やバクテリアの影響により変化することが明らかになり、沿岸域堆積岩中の地下水の評価に際して留意すべき点であると考えられる。