

# 岩石 水相互作用による水質形成機構について

九州大学 工学部 学生会員 横溝理恵  
九州大学大学院工学研究院 正会員 広城吉成  
九州大学大学院工学研究院 正会員 神野健二

## 1. はじめに

沿岸部帯水層における塩水化地下水はその深層部における水循環速度が浅層部の流速より遅いため、高レベル放射性廃棄物の地層処分を検討する際の天然バリアとしての機能が期待されている。我が国では、天然バリアと人工バリアの組み合わせによる多重バリアシステムとして、断層等がない安全性の高い地層での処分が検討されている。放射性廃棄物の地層処分を考える際の重要な点は、処分された放射性物質が、地表付近の生物圏に到達しないこと、もしくは、生物の生態圏に到達した場合、生態への影響が無視できるほど小さいことであり、これを科学的に証明しなければならない。現在、放射性廃棄物の地層処分に関して様々な分野の研究がなされている。しかし、その具体的な知見はまだ十分とはいえず、物質循環と水循環の関係、またその過程で生起する相互の質的变化といった問題は現在のところ解明されていない状況である。したがって、放射性廃棄物と岩石・地下水との相互作用を予測するには数千年あるいは数万年前から現在に至るまでの地下水の挙動や水質形成機構等を把握することが重要である。

元来、還元的な地下塩水環境が、掘削等によって空気に接触することで酸化となり地下水環境が変化することが予想される。ここで、埋め戻した時に再び還元状態に戻るかどうかことが重要となってくる。本研究では、もとは還元状況下にあったコアを酸化させ、そのコアが再還元するかどうかについて、岩石・水（海水、蒸留水）相互作用に着目した室内カラム実験を行った。

## 2. 内容

### 2-1. 調査対象地域

本研究の調査対象地域は、九州大学新キャンパス周辺の福岡市西区元岡・桑原地区である。現在、新キャンパスは丘陵地に造成・建設中である。図-1は調査対象地域の東部と海(湾)の位置関係及び観測井の位置を示している。九州大学新キャンパス建設地一帯は、標高0.3~5.0mの沖積平野からなる低地部と標高数10~100m前後の主に山林からなる丘陵地部で形成されている。新キャンパス建設地の北側には結晶片岩、南側には花崗閃緑岩が分布しており、大原川が南西から北東に向かって流れている。また、低地部では深度約5~15mまで砂礫や砂が堆積しており、それ以深では地層境界より北側では風化結晶片岩、南側では風化花崗閃緑岩が分布している(透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-6}$ cm/sec)。土地利用状況は、施設園芸、水田、畑などであり、なかでも施設園芸用水には地下水が利用されている。また両地区では飲料水としても地下水が利用されている。

### 2-2. 現地測定

当該地域の地下水の塩水侵入状況及び酸化還元状況を把握するため、図-1に示した観測井(B100)においてEC(電気伝導度)、ORP(酸化還元電位)を測定した。測定にあたっては、ORPが十分に安定(約1時間)した後、数m間隔で鉛直下向きにEC、ORPの値を測定した。なお、地下水位はGL-1mであった。図-2は観測井(B100)の柱状図である。B100の深度は100mであり、地表面から深度2mまで沖積層が分布し、それ以深では結晶片岩(2~35m)、花崗閃緑岩(35~50m)、花崗岩(50~97m)、結晶片岩(97~100m)の順で分布している。なお、コア採取深度を図中の左側に示している。図-3はB100におけるECとORPの鉛直分布をそれぞれ示している。縦軸は地表面を基準とした深さを示している。図よりECは浅い深度において約17000 $\mu$ S/cmであり、GL-6mで急激に上昇し始め、GL-16m付近で約46000 $\mu$ S/cmとなり明瞭な淡塩境界が見られる。ORPはGL-6m付近までは約400mVで安定しているが、淡塩境界以深から急激に減少しGL-20m以深では約230mVを示した。これは塩水部の流速が遅いため酸素の供給がなく、微生物活動等によって酸素が消費され還元的になったと考えられる。

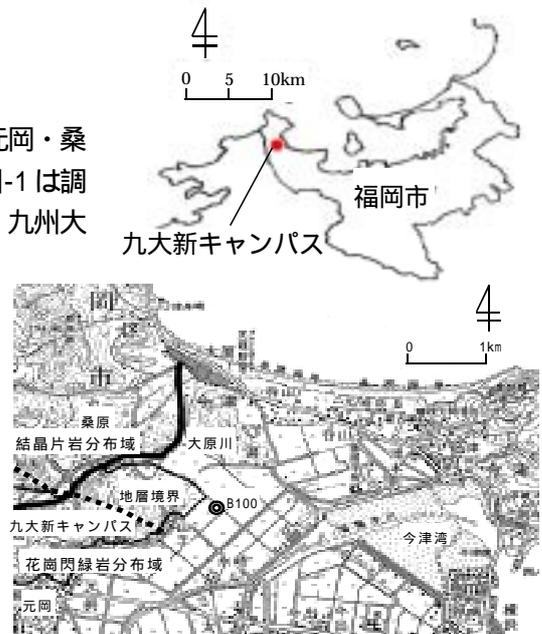


図-1 調査対象地域

2-3. 実験内容

実験用のコアとして、図-1に示した観測井(B100)より結晶片岩、花崗閃緑岩を採取した。コアの採取深度は図-2に示すように結晶片岩がGL-18m、花崗閃緑岩がGL-40mである。

図-4は実験に用いたカラムの概略図である。本来の塩水化地下水は数千年～数万年スケールで流れ、様々な反応が起こり現在の地下水水質を形成しているが、

今回は水-岩石反応を早めるためコアを小さく砕き(直径1~5mm)比表面積を大きくした。カラム中に酸化還元状況を把握するためORPセンサーを設置して砕いたコアを充填し、そこに海水、蒸留水をそれぞれ満たした。次に、カラム内部が大気に接触しないように密封した。

図-5はカラム中に設置したORPセンサーの測定値を表している。まず、海水を満たした場合には、結晶片岩の場合は、ORPが約500mVから10日目まで急激に低下した。その後、ORPはいったん増加するが約30mVで安定した。花崗閃緑岩の場合は約20日目までORPが急激に低下し-200mV程度を示したが、40日目には上昇し約-100mVで安定した。このことより、結晶片岩と花崗閃緑岩を比較すると花崗閃緑岩の方が還元しやすいということが分かった。続いて、蒸留水を満たした場合には、結晶片岩の場合はORPが約600mVから3日目までに約500mVまで低下した。その後、10日目までは大きな変動が見られなかったが、11日目から再び減少し始め現在約0mVを示している。花崗閃緑岩の場合は3日目までに約500mVまで低下した。その後、7日目までは大きな変動が見られなかったが、8日目から再び減少し始め現在約-150mVを示している。このことより、蒸留水を用いた場合でも、花崗閃緑岩の方が還元しやすいということが分かった。また、海水を用いた場合と蒸留水を用いた場合を比較すると、最終的な値にはほとんど差が見られないが、急激な減少が始まるまでにかかる日数が海水を用いた場合より蒸留水を用いた場合のほうが長くなるということがわかった。

3. 結論

本研究の室内カラム実験の実験結果より、再還元が生じた主な原因は、岩石中の微生物などによるものであったと考えられる。ただし、海水の場合の方が、微生物量が多く、活動が活発に行われるため、海水の場合の方が蒸留水の場合よりも早くORPの急激な減少が生じたのではないかと考えられる。また、観測井のコア採取深度(18, 40m)のORPと比べると、観測井のORPは両深度で約230mVであり、室内カラム実験のORPの方が低かった。これは比表面積を大きくしたため還元しやすくなったと考えられる。

[参考文献]

1) 島崎英彦・新藤静夫・吉田鎮男(1997): 放射性廃棄物と地質化学 地層処分の現状と課題, 東京大学出版会

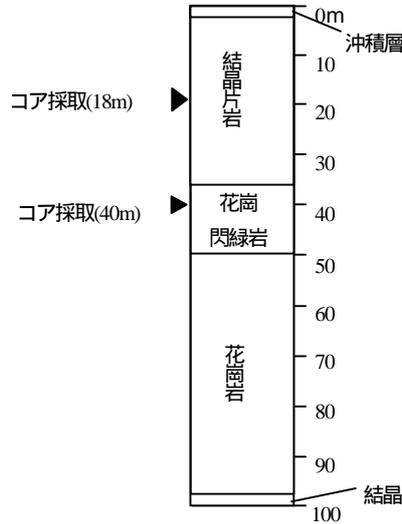


図-2 柱状図

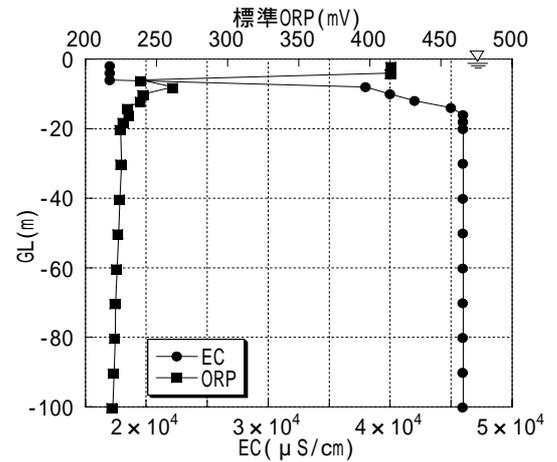


図-3 B100におけるEC, ORPの鉛直分布

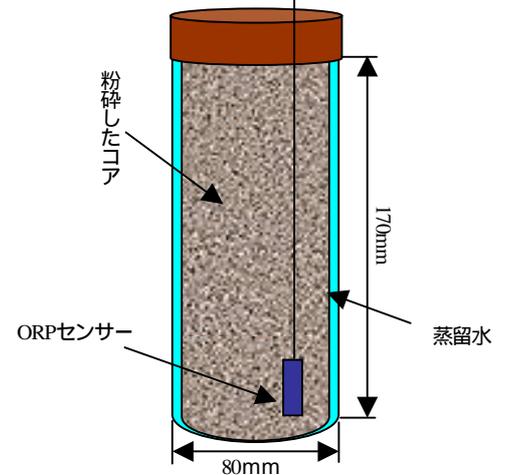


図-4 カラム概略図

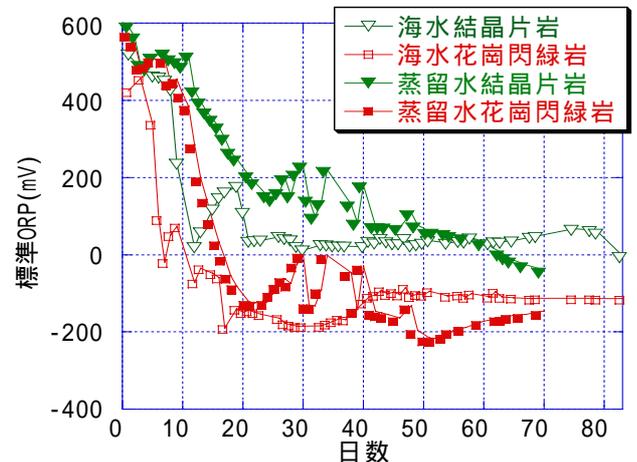


図-5 ORP測定値の比較