

水 - 岩石反応の地質学的証拠からみた海成堆積物地下浅部における淡水浸透領域の長期的変遷

Evolution of fresh water zone in shallow part of marine sediments inferred from geological evidence of water-rock interaction

石井 英一 [1]

Eiichi Ishii[1]

[1] 原子力機構

[1] JAEA

地下の岩石中にはしばしば水 - 岩石反応の地質学的証拠が認められる。この証拠は過去から現在にいたる地下水の地球化学的特性や流動経路に関する情報を記録しているものであり、地質環境の長期的変遷を検討する上で重要な情報となる。講演者はこの長期的変遷に関する研究事例の題材として、北海道北部幌延地域に分布する海成堆積物中の、地表から浸透した淡水による古海水の洗い出しに着目した。この現象は本地域の地下水の水質分布や流動を規制する主要なプロセスである。本研究はこの現象に関連する水 - 岩石反応の地質学的証拠を見出し、地下浅部の淡水浸透領域の長期的変遷を検討することを試みた。

講演者は、本堆積物中に掘削されたボーリング孔 (HDB - 1, 3~6 孔; 深度 520~720 m) において全岩と間隙水の化学組成を分析した。その結果、地下浅部では Na の溶脱が起こっており、これが淡水浸透領域に深く関連することが明らかになった。以下ではその概要を述べる。

調査対象の本堆積物は新第三紀の珪質な泥質層 (稚内層・声問層) である。その代表的な構成鉱物はオパール A / CT、少量の石英・長石・粘土鉱物 (カオリナイト / スメクタイト / イライト / 緑泥石) および極少量の黄鉄鉱・菱鉄鉱である。本堆積物中に、肉眼で観察できる変質帯や沈殿鉱物は認められない。また、陽イオン交換容量試験では Na^+ が多く溶出される (9~18 meq/100g)。

調査の結果、各孔における全岩の $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ (以下、重量パーセント比)、 $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ および $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ は全深度を通じて概ね一定であった。しかし、 $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ は浅部 (HDB-1: 約 100 m 以浅; HDB-3: 50 m 以浅; HDB-4: 300 m 以浅; HDB-5: 300 m 以浅; HDB-6: 50 m 以浅) で明らかに低いことが確認された。堆積物中の構成鉱物のうち、 $\text{Al} \cdot \text{Mg} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na} \cdot \text{K}$ を含むものは長石と粘土鉱物である。さらに $\text{Mg} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na} \cdot \text{K}$ は水 - 岩石反応により移動しやすいが Al は移動しにくい元素である。これらのことから、 $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ のみに低下が見られたことは、 Na の溶脱を示唆すると考えられる。一方、 $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ の低下が見られる深度では、間隙水の Na^+/Cl^- (g/l 比) が相対的に高いことが確認された。一般に Cl^- は岩石との反応は考えにくいことから、この Na^+/Cl^- の増加は岩石との反応などによる地下水中の Na^+ の増加を示すと考えられ、このことは上述の Na の溶脱を裏付ける。以上のことから、浅部では Na の溶脱が起きていると考えられる。

Na の溶脱のメカニズムとしては、地下水の pH が中性に近いことから、長石の加水分解の関与は低いものと考えられる。一方、陽イオン交換容量試験では Na^+ が多く溶出するため、 Na の溶脱は、主に粘土鉱物 (特にスメクタイト) 中の Na^+ と地下水中の陽イオン (H^+ など) の陽イオン交換によるものと考えられる。

また、全岩の $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ と間隙水の Cl^- 濃度は正の相関を示すことが確認され、 Na の溶脱が生じている領域は淡水の浸透領域と一致していることがわかった。 Na^+ のイオン交換侵入力は $\text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{H}^+$ の中で最も低いいため、 Na を溶脱した陽イオン交換反応は不可逆的な反応に近いといえる。さらに陽イオン交換は瞬時に起こり得る反応である。以上のことを考慮すると、仮に淡水浸透領域が過去のある時点において現在よりも大きく深部へ拡大していたとするならば、これは現在の Na の溶脱領域と淡水の浸透領域が一致することと矛盾する。したがって淡水の浸透領域は、現在に至るまで深部へ拡大し続けているか、あるいは現在の淡水浸透領域の範囲内で拡大と縮小を繰り返している可能性が考えられる。

一方、各孔では淡水の浸透深度にバラつきが見られた。このことは、淡水の浸透領域は一様に拡大したのではなく、相対的に速く拡大した (あるいは早期に拡大し始めた) 部分とそうでない部分が存在することを示唆すると考えられる。この要因は水理地質構造の不均質性に深く関連している可能性が高いが、その詳細な検討については今後の課題とする。