

原子力発電

地下深部流体の判別手法の考案と影響領域の評価手法を開発

● スラブ起源水の影響を回避した高レベル放射性廃棄物処分施設の候補地選定に貢献

スラブ起源水

地下深部に沈み込んだ海洋プレート(スラブ)からの脱水により形成された熱水。

深部流体

地下300mより深いところに存在する雨水を起源としない地下水。

背景

プレート境界に位置するわが国の地下深部には、マグマを起源とする火山性熱水のほかに、**スラブ起源水**と呼ばれる**深部流体**が存在しています。有馬温泉に代表されるスラブ起源水は、地下深部で形成され断層などを經由して地表まで到達する場合があるものの、その分布は十分に把握されておらず、判別手法も確立されていません。高レベル放射性廃棄物の最終処分地の選定にあたっては、その影響を適切に回避する必要があるため、地点選定調査時のボーリング調査等で得られる地下水から、深部流体の種類や、スラブ起源水の流入・影響範囲を特定することが望まれています。

\* 経済産業省「平成30～令和2年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業(地質環境長期安定性評価技術高度化開発)」の委託事業として実施。

成果の概要

◇ 深部流体判別手法の考案

わが国の地下水について、既往の文献データを調査するとともに、全国各地の温泉水等を採用・分析した結果を加えて、水分中に溶存する元素、希ガス、同位体等の特徴を整理しました。その結果に基づき、スラブ起源水の流入・影響の有無と深部流体の種類を、塩素の濃度とヘリウム同位体比、水の安定同位体比の3つを指標として、定性的に判別するフローを考案しました(図1)。

◇ 影響範囲の判定指標の例示

地下水の溶存物質濃度は、深部流体の混合の影響で地域により特徴的な分布を示す場合があります。この地域的な特徴に基づいて、各地点におけるスラブ起源水など深部流体の流入の影響の大きさや、地下水にスラブ起源水の影響が及んでいる地域を評価できる可能性を示しました(図2)。

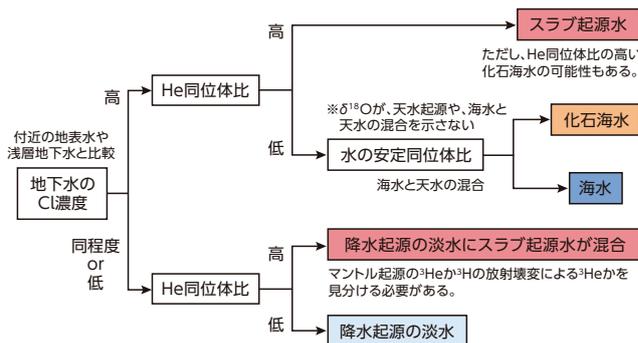


図1 深部流体判別フロー案

地下水の塩素(Cl)濃度、ヘリウム(He)同位体比の特徴から、スラブ起源水の流入と混合を判別できることがわかりました。  
\*  $\delta^{18}O$ : 酸素の安定同位体である $^{18}O$ と $^{16}O$ の存在比。

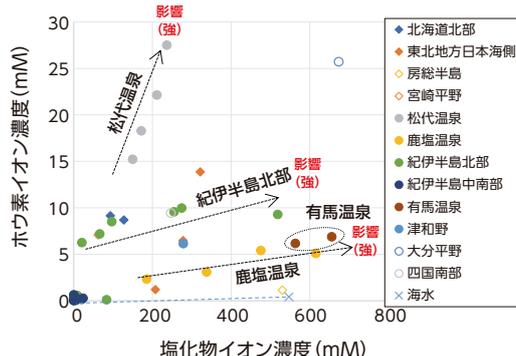


図2 スラブ起源水の影響の評価

地下水のホウ素イオンと塩化物イオン濃度が高くなるほど、スラブ起源水等の影響を大きく受けている地点と考えられます。



富岡 祐一(とみおか ゆういち)  
サステナブルシステム研究本部  
地質・地下環境研究部門

イオンクロマトグラフ 水に含まれるイオン成分を定量する装置です。深部流体の影響を判別することで、処分サイトの選定に貢献します。

**深部流体判別指標の例**  
地下水の溶存元素組成、同位体比に着目し、スラブ起源水と降水、海水、化石海水\*と判別するための指標を整理しました。  
※岩石・地層の間隙等に閉じ込められた昔の海水。

| 判別指標     |           | スラブ起源水  |
|----------|-----------|---|
| 溶存元素組成   | 降水・海水との比較 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・降水よりCl濃度が高い。</li> <li>・海水よりMg/Clが低い場合が多い。</li> <li>・海水よりSO<sub>4</sub>/Clが低い。</li> <li>・海水よりBr/Clが低い。</li> </ul>  |
|          | 化石海水との比較  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・Li/Clがモル比で0.005以上を示す場合が多い。</li> <li>・I/Clは化石海水より低い場合が多い。</li> <li>・Sr濃度が化石海水よりも高い場合が多い。</li> <li>・NH<sub>4</sub>濃度が化石海水よりも低い場合が多い。</li> </ul>                         |
| He同位体比   | 大気との比較    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・大気と比較して高い。ただし、スラブ沈み込み深度の浅い地域では、He同位体比が低い場合がある。</li> <li>・地下水に核実験の影響など、人為的な<sup>3</sup>Hが高濃度に含まれていた履歴のある場合、放射線変換することで生成する<sup>3</sup>HeによりHe同位体比が高くなる場合がある。</li> </ul> |
|          | 化石海水との比較  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・一般にスラブ起源水の方が高いHe同位体比を示すが、東北地方の日本海側では高いHe同位体比を持つ化石海水がある。</li> </ul>  |
| 水の安定同位体比 | 降水・海水との比較 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・淡水と比較して酸素安定同位体比(δ<sup>18</sup>O)が高い。</li> <li>・海水と比較して水素安定同位体比(δD)が低く、δ<sup>18</sup>Oが高い。</li> </ul>  |
|          | 化石海水との比較  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・化石海水と比べ低いδDを持つ。</li> </ul>  |

## 成果の活用先・事例

本手法は、高レベル放射性廃棄物施設建設の候補地選定において、スラブ起源水の影響判定へ用いられることが見込まれます。本研究により、概要調査から精密調査段階で取得すべきデータを明確化し、影響領域の評価手法を示したことで、調査・評価の合理化に寄与します。

参考 日本原子力研究開発機構・電力中央研究所、資源エネルギー庁委託事業「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業(地質環境長期安定性評価技術高度化開発)」報告書(2019, 2020, 2021)