

東濃地域の地下水における硫酸還元菌の活性と電子供与体利用能

Activity and electron donor-utility of sulfate-reducing bacteria in a groundwater of Tono uranium deposit area

村上 由記[1], 岩月 輝希[1], Kevin Mandernack[1], 長沼 毅[2]

Yuki Murakami[1], Teruki Iwatsuki[1], Kevin Mandernack[1], Takeshi Naganuma[2]

[1] サイクル機構 東濃地科学センター, [2] 広大・院・生物圏

[1] JNC TGC, [2] School of Biosphere Sci., Hiroshima Univ.

微生物の異化型硫酸還元は、海底堆積物、嫌気汚泥、汚染地下水などの多くの還元的環境において重要な代謝活性反応である。この反応をおこなう硫酸還元菌は、地下環境においても花崗岩、玄武岩、堆積岩など様々な岩質条件で分布することが知られており、地下の硫黄循環に重要な役割を果たしていると考えられる。硫酸還元菌の多くは、硫酸呼吸をおこなう際に電子供与体として有機物を必要とすることが知られており、有機物を豊富に含むリグナイト含有堆積物においても、硫酸還元菌の活性が確認されている。リグナイトが存在する環境における硫酸還元菌は、リグナイトに含まれる腐植酸を分解する過程で、低分子有機酸を中間媒体として反応をおこなっていると考えられるが、難分解性のリグナイトから硫酸還元菌が獲得している電子供与体に関しては、ほとんど報告されていない。地下環境における硫酸還元菌の生態を理解することは、地下環境の硫黄に関する地球化学反応を理解する上で極めて重要であり、環境における微生物活性の制限要因を理解する手がかりになる。本研究では、東濃地域の地下水中に存在する微生物現存量の深度分布を明らかにし、硫酸還元菌の有機物利用能およびその活性に関する見積もりをおこなった。

地下水の採取は、瑞浪超深地層研究所用地内に位置する試錐孔 MSB-2 および 4 号孔の 4 深度でおこなった。採取した地下水中の全菌数は約 10^4 - 10^5 cells ml⁻¹, 生菌数は検出方法（膜の健全性、呼吸活性、エステラーゼ活性）によって変異がみられ、約 10^2 - 10^5 cells ml⁻¹ の範囲で計数値が得られた。全菌数に対する生菌率は、すべての検出法を通して MSB-4 号孔における深度 95.5 m（花崗岩健岩部）の地下水試料が最も高い値を示していた。また、生菌率が最も低かった地下水試料は、堆積岩の最下部に位置する土岐夾炭累層下部（MSB-2 号孔, 深度 132 m）であった。全菌数に対する生菌率の値は、地下水における微生物細胞活性を反映していると考えられ、高い生菌率が得られた花崗岩健岩部や土岐夾炭累層上部の地下水は、比較的高い微生物活性を有していると考えられる。

また、同地下水試料について、地下水中の硫酸還元菌群集が有する有機物利用能および硫酸還元速度についての見積もりをおこなったところ、有機物利用能は地下水の採取深度によって異なることが分かった。土岐夾炭累層上部にて採取した地下水（深度 79 m）中の硫酸還元菌群集は、主に乳酸・ピルビン酸・エタノールを用いて増殖するのに対し、土岐夾炭累層下部における地下水（深度 132 m）中では、乳酸・エタノールなどはほとんど利用せず、フミン酸が主な電子供与体であった。また、花崗岩地下水中に存在する硫酸還元菌群集は、添加した 9 種類すべての有機物を電子供与体として利用できることが示された。硫酸還元呼吸に用いられる電子供与体は、硫酸還元菌の種類によって異なっており、特定の硫酸還元菌による電子供与体の選択性に関して多数報告されている。土岐夾炭累層上部に存在する硫酸還元菌は乳酸を利用することから、*Desulfovibrio* 属, *Desulforhopalus* 属などのグループ I に属する種が生息することが推測される。また、花崗岩に存在する硫酸還元菌は酢酸を利用したため、グループ I およびグループ II に属する種の両方が存在し、プロピオン酸を利用する *Desulfobulbus* 属に近縁な種も存在する可能性がある。本研究によって、土岐夾炭累層の上部、下部、および花崗岩における硫酸還元菌の種組成が異なっており、特に、花崗岩における硫酸還元菌群集は多様性に富んでいる可能性が示唆された。

一方で、各地下水中の硫酸還元菌群集における硫酸還元速度は、硫酸イオンが十分に存在する状態で 3 - 9.5×10^{-1} $\mu\text{mol ml}^{-1} \text{ day}^{-1}$ の速さの範囲で硫酸還元をおこなえることが明らかになった。また、リグナイト岩石抽出溶液を添加した状態で培養をおこなった場合、地下水中の微生物による硫酸還元反応は著しく促進され、その速度は 0.98 - 4.62 $\mu\text{mol ml}^{-1} \text{ day}^{-1}$ にも達すること示された。最も高い硫酸還元速度が得られた地下水試料は、堆積岩の不整合面直下に位置する花崗岩健岩部（深度 95.5 m）であったが、同試料は微生物の生菌率においても最も高い値が得られている。また、地下水の化学組成分析により、高濃度の硫化物イオンも検出されている。したがって、原位置においても微生物による硫酸還元が活発に起こっていると考えられる。この硫酸還元活性を制御する要因として、原位置における硫酸イオン濃度および利用可能な有機物の存在について検討中である。