

## 天然表層堆積物中での微生物による直接的ウラン還元濃集の莫大さ

Extensive, direct microbial reduction, sequestration and enrichment of uranium in natural near-surface sediment

# 鈴木 庸平[1]

# Yohey Suzuki[1]

[1] 海洋科技セ

[1] DEEPSTAR, JAMSTEC

地球表層でウランは四価又は六価で安定的に存在する。可溶性の六価ウラン U(VI) から不溶性の四価ウラン U(IV) への還元によるウラン鉱物生成が、地球表層での最大のウラン濃集機構である。U(IV) の U(VI) への酸化は、酸素、三価鉄四価マンガンなどにより速やかに進行するが、対照的に U(VI) から U(IV) への還元は非常に遅い事が知られている。そのため、地球表層では硫化鉱物の表面で還元反応が触媒されると実験的根拠に基づき考えられてきた。近年、ウラン還元を酵素を用い触媒する微生物の発見により、地球表層での微生物によるウラン還元の可能性が示唆された。ウラン鉱体に関連した硫化鉱物の微生物による硫酸還元を反映する軽い硫黄同位体の値からも、硫酸還元菌の直接的もしくは間接的関与が示唆されている。しかし、未だ複雑な天然中でウランの還元機構は解明されていない。

アメリカ合州国ワシントン州のウラン鉱山露天採掘場跡地に形成した池の浅瀬で堆積物の表面が黒くなっており、その表面堆積物中の間隙水を分析したところ高濃度の硫化水素が検出され硫酸還元が起こっていることがわかった。酸化的な池の表層水のウラン濃度は約 2 ppm であり、堆積物中には約 500 ppm のウランが大部分四価で濃集している事が X 線吸収分光法などを用いる事により明らかになった。走査型及び透過型電子顕微鏡による観察及びエネルギー分散型分光法を用いた元素分析によりウランは硫黄、鉄と共に微生物細胞に濃集していることがわかった。しかし、黄鉄鉱や藻類細胞表面では過去の論文とは異なりウランは還元濃集してなかった。また硫酸還元菌と考えられる粒径約 5 nm の非晶質の硫化鉄を沈澱している微生物細胞にもウランは濃集しておらず、表面積が高く反応活性の高い硫化鉄のナノ粒子もウラン還元を促進しないことが判明した。この堆積物中から得られたゲノム DNA 中のライボゾーマル RNA と硫酸還元菌の全てが有する異化型亜硫酸還元酵素の遺伝子配列を用いた系統解析により、ウラン及び鉄、硫黄還元能を有する *Geobacter* 族に属する系統群が優占して検出され、ウラン還元を行っている事が強く示唆された。又硫酸還元菌でウラン還元能がない系統群も検出され、電顕による観察結果と一致した。以上の結果より、複雑な天然中でウラン還元は従来考えられてきた鉱物表面でなく微生物の酵素作用により媒介される直接的証拠を得た。

堆積物を採取した浅瀬周辺の乾燥した堆積物の表面は黄土色を呈し、堆積物が酸化された事を意味したが、表面下約 10 cm には厚さ約 2cm の黒い層が見つかった。この黒い堆積物中では約 750 ppm のウランが四価のまま酸化を免れ残っており、ウラン鉱床の低品位の鉱石と同程度のウランが濃集していることがわかった。それ故に、微生物によるウラン還元濃集により極めて酸化的な表面堆積物中でもウラン鉱床を生成する可能性を示した。