

長半減期放射性核種の移行に及ぼす微生物の影響 - 好気性条件におけるアクチノイドの微生物への吸着挙動 - Effect of microorganisms on migration of radionuclide - Sorption of actinides on microbial cells in aerobic condition -

大貫 敏彦^{1*}, 岩井和加里¹, 香西直文¹, 鈴木 庸平²
Toshihiko Ohnuki^{1*}, Wakari Iwai¹, Naofumi kozai¹, Yohey Suzuki²

¹ 原子力機構, ² 産総研
¹JAEA, ²AIST

緒言: 地層処分安全評価においては、アクチノイドなどの長半減期核種の地層中移行挙動を明らかにする必要がある。アクチノイドは移行過程において地層を構成する無機あるいは有機物に吸着される。そのため、鉱物などの無機構成物質によるアクチノイドの吸着に関する研究が多くの研究者により実施されてきた。

最近の地下環境における微生物の調査により、地下数百mの環境でも地表と匹敵する数の微生物が生息していることが明らかになった(1)。しかしながら、微生物のアクチノイドの移行挙動への影響は未だ明らかにされていない。そこで、アクチノイドの微生物への吸着挙動を明らかにする研究に着手した。微生物細胞表面は、構造の違いによりグラム陽性菌と陰性菌に分けられる。本研究では、アクチノイドとしてU(VI)を用いて *Shewanella putrefaciens* (グラム陰性菌) 及び *Bacillus subtilis* (グラム陽性菌) への吸着挙動を検討した。

実験: 予め培養した微生物を 0.1mol/L の NaCl 溶液で 3 回洗浄した後、約 1×10^{-5} mol/L の U(VI) を含む溶液 (以下、An 溶液) に添加した。溶液の pH を 3.0、4.0、5.0 及び 6.0 に調整して、25 °C で 4 時間振とうした。溶液中の U 濃度を調べるため、微生物を添加した後 2 時間及び 4 時間後に上澄み溶液を採取し、遠心分離の後、0.2µm のフィルターにより固相を分離した。U 濃度は液体シンチレーションあるいは ICP-MS により測定した。U(VI) の微生物への吸着に対する菌体重量、Ca イオン濃度、クエン酸濃度及び炭素源としてグルコース濃度の影響を調べた。さらに、吸着した U の化学状態を調べるため、U を吸着した *S. putrefaciens* について KEK、PF の実験ステーション BL-27B において U の LIII 吸収端 EXAFS スペクトルを測定した。

結果及び考察: 吸着実験を行った pH 領域では、微生物を添加してから 2 時間及び 4 時間後の溶液中濃度はほぼ同じであった。この結果から、微生物添加後 2 時間で吸着は平衡に達したものと考えられる。溶液に pH が 3 における U 濃度は両微生物の菌体重量が 0.02g/L の場合、おおよそ 2×10^{-6} mol/L であった。溶液中の pH の上昇に伴い溶液中の U 濃度は減少した。この結果は、微生物の細胞表面の電荷が溶液の pH の上昇に伴い、負に荷電量が増加することと一致する。EXAFS スペクトルを解析した結果から、U-P が認められた。これらの結果から、U は微生物細胞表面のリン酸基などの官能基に吸着していると考えられる。

溶液中における Ca イオン (0.01-0.05mol/L) の存在は、*S. putrefaciens* への吸着へはほとんど影響がなかった。一方、*B. subtilis* への吸着では、Ca イオン濃度の増加により U 濃度が上昇した。溶液中におけるクエン酸イオン (0.01-0.05mol/L) の存在は、*S. putrefaciens* への吸着ではクエン酸イオン濃度の増加により U 濃度が上昇した。*B. subtilis* への吸着では、クエン酸イオン濃度の増加により U 濃度が増加したものの、増加の割合は *S. putrefaciens* よりも小さかった。溶液中におけるグルコース (0.01-0.05mol/L) の存在は、*S. putrefaciens* への吸着へはほとんど影響がなかった。*B. subtilis* への吸着では、グルコース濃度の増加により U 濃度が増加した。これらの結果から、水溶液中に存在する陽イオン、有機酸などは U(VI) の微生物への吸着に影響する。その影響は微生物種、あるいは細胞表面の構造に依存する可能性がある。

本研究は原子力安全・保安院「平成 22 年度地層処分に係る地質評価手法等の整備」として実施した。

キーワード: 地層処分, 吸着, 微生物, 長半減期核種, 移行

Keywords: Geological disposal, adsorption, microorganism, long-lived radionuclides, migration