Frontiers in Contaminant Speciation and Reactivity in Terrestrial Environments: The Role of Synchrotron Radiation

陸域環境における汚染物質のスペシエーションと反応性研究の最先端：放射光の役割

Donald L. Sparks (Department of Plant and Soil Sciences University of Delaware)

Environmental quality and sustainability is a concern worldwide. Contamination of soils and waters with metals, oxyanions, radionuclides, nutrients, and organic chemicals is the focus of research in a variety of fields including soil and environmental sciences and engineering. Ideally, one wants to understand environmentally important reactions and processes in natural systems at multiple scales to accurately predict the fate, transport, toxicity, and bioavailability of contaminants. In the past, most studies were conducted at larger scales such as the field and macroscopic scales. However, in the past decade, there have been major advances in the development and use of state-of-the-art in-situ analytical techniques that enable one to study an array of important reactions and processes at the molecular scale. In fact, a new interdisciplinary science has evolved based on the use of molecular scale approaches- molecular environmental science.

To delineate reaction mechanisms of contaminant reactions on soil minerals and in soils, it is advisable to couple macroscopic investigations with molecular scale studies. In recent years, synchrotron-based, in-situ micro-focused X-ray absorption and fluorescence spectroscopic techniques, infrared spectroscopy, and microtomography have significantly advanced research frontiers in the soil and environmental sciences. Applications of these techniques to assess metal and metalloid sorption/release, natural attenuation processes, speciation of metal(loid)s in heterogeneous soils/biosolids/plants, and mineral/microbe/contaminant reactions will be addressed. Future research needs and directions will also be assessed.

環境およびその持続性に関する問題は世界的な関心事だ。金属、オキソ酸アニオン、放射性同位元素、栄養塩、有機化学物質による土壌や水の汚染問題は、土壌・環境科学、工学を含む様々な研究分野における重点研究領域である。汚染物質の行方、輸送過程、毒性、生物による利用性を精確に予測するためには、自然界でおこる環境に重要な反応とそのプロセスを複数のスケールで理解するのが理想だ。以前は、現場における観測（フィールドスケール）や、土壌と物質の巨視的な反応を再現しての観測（マクロスケール）といった比較的大きなスケールを対象とした研究がほとんどであった。しかし最近10年間で分子スケールの現象を in-situ 観測できる最先端の分析技術の開発がすすみ、応用可能になったことで、重要な反応プロセスを分子スケールから整理して研究することが可能となった。実際、環境科学への分子スケールにおけるアプローチの適用をベースとした新しい学際的科学である“分子環境科学”が展開しつつある。

汚染物質の土壌鉱物表面や土壌中における反応メカニズムを詳細に理解するためには、マクロスケールにおける研究と分子スケールにおける研究を組み合わせることが望ましい。放射光を利用し、in-situ で、かつ微小領域に焦点をしぼったX線吸収スペクトル、蛍光X線スペクトル、赤外線吸収スペクトル、マイクロトモグラフィーが、土壌・環境科学分野において最近顕著に発展をとげた最先端の研究領域だ。本講演では、土壌/バイオソリッド/植物といった不均一な系における金属や半金属の収着/脱離、自然減衰過程、半（金属）のスペシエーションや鉱物/微生物/汚染物質間で進行する反応を評価するために放射光技術を適用した研究例について述べる。今後必要とされる研究領域とその方向性についても議論する。

訳者注： 放射光とは電子を高速で加速することで得られる光であり、極めて明るい、細く絞られ拡がりにくい、X線から赤外線までの広い波長領域を含む、といった特徴をもつ。放射光を利用すると、通常の分光分析技術で用いられている光源から得られる光による場合とは桁違いに感度のよい分析が可能である。

（訳者）農業環境技術研究所 山口紀子