

STXM を用いた海水中粒子の鉄・炭素化学種分析とその輸送過程の解明

栗栖 美菜子¹¹ 東京大学大気海洋研究所

走査型透過 X 線顕微鏡を用いて、海洋中の懸濁粒子の Fe と C の化学状態・共存状態の分析を行った。沿岸堆積物から鉄が溶出する海域付近では、鉄が有機物粒子と共存している様子が見られ、有機物との相互作用が鉄の長距離輸送の要因の一つとなっている一方、その効果は限られた範囲にとどまることが示唆された。

海洋の一部では、微量必須元素である鉄(Fe)の不足が植物プランクトンの増殖を制限しており[1]、鉄の供給源とその輸送メカニズムを解明することは、炭素循環や気候変動とも密接に関わる重要な課題である。Fe(特に生物が使いやすい溶存態)の主要な供給源として、大気中の微小粒子、河川、沿岸堆積物からの溶出、熱水活動などが挙げられる。中でも沿岸堆積物からの溶出は、外洋まで含めた重要な Fe の供給源であり、鉄制限海域である北太平洋亜寒帯域では、縁辺海から供給された Fe が 3000 km 以上も外洋に向かって輸送されることが分かっていた[2]。しかしながら、酸化的な海水中において 3 価となり容易に沈殿する Fe が、このように長距離輸送されるメカニズムは不明瞭である。同様に長距離輸送されることが知られている熱水由来の Fe では、密度の小さな有機物粒子との相互作用により、コロイド態の Fe が凝集と分離を繰り返しながら輸送される”Reversible exchange”というメカニズムが考えられており、粒子態の存在が、溶存態の挙動を支配する重要な因子であることが分かっている[3]。しかしながら、沿岸堆積物からの Fe の長距離輸送における粒子態の重要性に着目し、その実態を詳細に明らかにした例はない。

本研究では走査型透過 X 線顕微鏡(STXM)を用いて、海水中の微粒子の Fe の化学状態や、有機物粒子との共存状態分析などから、北太平洋における沿岸堆積物由来の Fe の長距離輸送過程を明らかにすることを目的とした。

海水中の粒子試料は、現場濾過装置を用いてフィルターに海水を 200~500 L 程度濾過することで採取した。このフィルターを凍結乾燥させたのち、BL-12C での Fe-K edge XAFS 分析を行い平均的な化学形態の分析を行ったほか、純水に再懸濁させた粒子を TEM グリッド上に数滴滴下し、乾燥させた上で、STXM で顕微分析を行った。

沿岸堆積物由来の鉄の排出域付近では、2 価を含む鉄と有機物が比較的一様に分布した粒子が観察された一方、そこから 1000 km 程度南の海域では有機物と共存する鉄は少なく、共存する場合も局所的に 3 価の鉄が存在している様子が確認された。これらから、Fe は排出源付近で Reversible exchange のプロセスにより有機物粒子と相互作用しながら凝集/分離を繰り返して輸送されているものの、その影響は限られた範囲にとどまることが考えられた。発表では、天然試料分析の課題などについても議論する。

[1] J. Martin and S. Fitzwater, *Nature* **331**, 28 (1988).

[2] J. Nishioka *et al.*, *J. Oceanogr.* **77**, 4 (2021)

[3] J. Fitzsimmons *et al.*, *Nat. Geosci.* **10**, 3 (2017)