

硝酸の自然同位体組成を指標に用いた窒素循環速度定量化手法の開発：人工トレーサー添加法との比較検証

Quantifying nitrate dynamics in hydrosphere using the natural stable isotopes as tracers

角皆 潤^{1*}, 蓼沼 雪衣¹, 大山 拓也¹, 小松 大祐¹, 中川 書子¹, 梅田 信², 田中 敦³

TSUNOGAI, Urumu^{1*}, Yukie Tadenuma¹, OHYAMA, Takuya¹, KOMATSU, Daisuke¹, NAKAGAWA, Fumiko¹, UMEDA, Makoto², Atsushi Tanaka³

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² 東北大学大学院工学研究科, ³ 国立環境研究所

¹Earth and Planetary System Science, Faculty of Science, Hokkaido University, ²Graduate School of Engineering, Tohoku University, ³National Institute for Environmental Studies

硝酸 (NO_3^-) はアンモニアとともに自然環境中の固定態窒素の主要な存在形態であり、一次生産の制限因子となっていることも多い。水環境中における NO_3^- の多くは有機体窒素から硝化反応を経て再生した NO_3^- ($\text{NO}_3^-_{re}$) と考えられるが、それ以外に、大気からの沈着によってもたらされた NO_3^- ($\text{NO}_3^-_{atm}$) も存在する。

これまで水環境中の一次生産に伴う NO_3^- の同化速度 (F_{up}) は「 ^{15}N トレーサー培養」、すなわち、(1) (培養容器への) 試料採取、(2) 人工 $^{15}\text{NO}_3^-$ の添加、(3) 現場環境 (もしくは疑似現場環境) 下での培養、(4) 粒子状有機体窒素の回収と質量分析に基づく ^{15}N 移行速度の定量、という一連の煩雑な作業を経て定量化されてきた。またこうして得られた F_{up} データには、培養操作に伴う物理・化学環境変化とか、競合反応 (有機体窒素の再無機化反応など) の同時進行とか、同化された窒素の溶存態への流出といった点に関して、補正を加える必要がある。さらにこれで得られる F_{up} は特定水塊における特定時期の F_{up} でしかなく、対象とする湖沼 (or 海域) について通年平均の F_{up} が必要となる場合には、深度毎や季節毎に F_{up} を定量する必要があり、さらに通年平均の F_{up} の長期変化を定量する場合には、この一連の作業を毎年繰り返す必要がある。作業量や予算は多大になる一方で、信頼に足るデータを出すのは容易では無かった。

そこで本研究グループは、 NO_3^- の天然同位体組成である三酸素同位体組成 ($\Delta^{17}\text{O}$) に着目した。 $\Delta^{17}\text{O}$ 値は、 $\text{NO}_3^-_{re}$ と $\text{NO}_3^-_{atm}$ の間で値が大きく異なる上に、同化反応や脱窒反応を受けても変化しない。したがって NO_3^- の $\Delta^{17}\text{O}$ 値分布を実測するだけで、対象とする湖沼 (or 海域) 全体の NO_3^- に含まれる $\text{NO}_3^-_{re}$ と $\text{NO}_3^-_{atm}$ の混合比の定量化が実現し、これと対象とする湖沼 (or 海域) 全体に大気から供給される $\text{NO}_3^-_{atm}$ の沈着速度を組み合わせることで、対象とする湖沼 (or 海域) 全体の F_{up} が定量出来ることを、摩周湖における観測を例に実証した (Tsunogai et al., Biogeosciences, 8, 687-702, 2011)。さらに時期を変えて複数回観測を行うことで、観測インターバル間の F_{up} の時間変化を求めることが出来ることも明らかにした。

この新手法の汎用性と信頼性を検証するため、本研究グループでは、北海道の支笏湖と倶多楽湖において、従来法である ^{15}N トレーサー法との直接比較による検証実験を行った。本講演では、その結果について報告する。

キーワード: 硝酸, 大気沈着, 同化, 硝化, 窒素循環, 三酸素同位体

Keywords: nitrate, atmospheric deposition, assimilation, nitrification, nitrogen cycle, triple oxygen isotopes