

MIS023-04

会場:303

時間:5月22日 10:45-11:15

硝酸の三酸素同位体組成を指標に用いた水環境中の窒素循環の定量化：非培養・現場型の窒素同化速度定量法開発

Quantifying nitrate dynamics in hydrosphere using the triple oxygen isotopes as tracers

角皆 潤^{1*}, 小松 大祐¹, 中川 書子¹

Urumu Tsunogai^{1*}, Daisuke Komatsu¹, Fumiko Nakagawa¹

¹ 北海道大学大学院理学研究院

¹ Faculty of Science, Hokkaido University

【はじめに】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、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。

これまで一次生産に伴う NO_3^- の同化速度は「¹⁵Nトレーサー法」、すなわち、(1) (培養容器への) 試料採取、(2) 人工 ¹⁵ NO_3^- の添加、(3) 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 ¹⁵N 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 (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、補正が必要である。さらにこれで得られるデータは特定水塊における特定時期のもので、対象とする湖沼 (or 海域) について通年平均値が必要となる場合には、深度毎や季節毎に定量する必要があり、さらに通年平均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り、実現は容易では無い。

そこで我々は、 NO_3^- の三酸素同位体組成に着目し、これを天然指標として活用することで、対象とする湖沼 (or 海域) 全体の同化速度を簡便かつ高精度に定量することに成功した。本報告では世界有数の貧栄養湖である摩周湖における定量を例に、その概要と結果について報告する。

【試料採取・分析】摩周湖における観測は 2007 年の 6 月末と 8 月末の夏季の二回、二ヶ月の間隔を置いて湖心の定点で行った。表面を含む 20-50 m 毎の各層試料を採取し、濾過後、北海道大学の実験室に持ち帰って NO_3^- の濃度と、¹⁵N/¹⁴N 比、¹⁸O/¹⁶O 比、¹⁷O/¹⁶O 比を定量し、これを元に三酸素同位体組成を算出した。

【結果・考察】湖水中の NO_3^- 総量は、6 月末の 4.2 Mmol から 8 月末の 2.1 Mmol へと半減していた。これは一次生産 (光合成) に伴う消費 (同化) が活発に進行していることを示唆する。一方、三酸素同位体組成は +2.5 permil でほぼ一定であった。 NO_3^- の三酸素同位体異常 (三酸素同位体組成 > 0 permil) は大気から沈着する $\text{NO}_3^-_{atm}$ に特有のもので (平均三酸素同位体組成 = +26.8 permil)、硝化反応で形成される $\text{NO}_3^-_{re}$ は 0 permil である。また同化反応など一般の化学反応では変化しないため、先の三酸素同位体組成は、湖水中の総 NO_3^- に占める $\text{NO}_3^-_{atm}$ の比率が 9.7% で時期によらずほぼ一定であったことを意味する。

$\text{NO}_3^-_{atm}$ の沈着速度は、越境大気汚染などの問題を契機として、各月毎・各地域毎に詳細に定量されており、二回の観測の間に 0.047 Mmol が摩周湖に沈着したはずである。もしこの間に湖水に対する $\text{NO}_3^-_{re}$ の供給が一切無かった場合、湖水中の総 NO_3^- に占める $\text{NO}_3^-_{atm}$ の比率はその分だけ上昇する。しかし実際は一定であったことから、その上昇を打ち消すように $\text{NO}_3^-_{re}$ の供給 (= 硝化) も同時進行していたことになり、その総量は 0.52 Mmol と見積もられる。さらにこのような $\text{NO}_3^-_{atm}$ や $\text{NO}_3^-_{re}$ の供給にも関わらず、 NO_3^- の総量は同化 (一次生産) によって半減していたことから、摩周湖における 2007 年夏季の二ヶ月間の NO_3^- 同化速度は 2.6 Mmol (2 months)⁻¹ となる。

さらに年スケールの湖水の窒素循環に定常状態を仮定し、また $\text{NO}_3^-_{atm}$ の年平均沈着速度を利用することで、上記と同様の計算から年間平均の窒素循環速度も算出出来る。その結果、摩周湖では同化 (一次生産) は夏季に集中的に進行する一方で、大気からの沈着や硝化は、季節とは無関係にほぼ一定の速度で進行していることが明らかになった。また湖水中の NO_3^- の平均滞留時間は 1.2 年となり、また同化された NO_3^- の 90% 以上が再度 $\text{NO}_3^-_{re}$ に戻ることも明らかになった。著しい貧栄養環境に置かれた摩周湖では、窒素栄養塩は短期間で同化と硝化を繰り返して湖内を循環しているものと考えられる。

以上のように、同化反応で変化しない NO_3^- の三酸素同位体組成の実測と大気からの $\text{NO}_3^-_{atm}$ 沈着速度のデータを組み合わせることで、培養に依存することなく水環境中の窒素循環の定量化が実現できる。

キーワード: 硝酸, 大気沈着, 同化速度, 硝化速度, 窒素循環, 三酸素同位体

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