

## 硝酸の三酸素同位体異常を利用した 非培養型の海洋窒素循環速度定量法の確立と検証

○角皆 潤・伊藤昌稚・中川書子 (名古屋大・院・環境学), 小松大祐 (東海大・海洋),  
亀山宗彦 (北海道大・院・環境), 新青丸 KS19-11/21 次航海乗船者一同

硝酸 ( $\text{NO}_3^-$ ) は、アンモニアとともに代表的な窒素栄養塩であり、一次生産 (光合成) の制限元素となっている海域も多い。海洋に対する人為起源の窒素負荷量は増大しており、これが一次生産量の無用な増大や、生態系の変質を引き起こす可能性が懸念されている。このため多くの観測において  $\text{NO}_3^-$  濃度の定量が行われ、時系列観測も頻繁に行われている。しかし、仮に窒素負荷量の増加が一次生産量の増加を引き起こしたとしても、 $\text{NO}_3^-$  同化速度 (Fig. 1 中の  $F_{\text{assim}}$ ) も同時に増加していることになるので、必ずしも  $\text{NO}_3^-$  濃度が増加するわけではない。窒素負荷量増大の影響を定量化するには、 $\text{NO}_3^-$  の同化速度 (Fig. 1 中の  $F_{\text{assim}}$ ) や、硝化速度 (Fig. 1 中の  $F_{\text{nit}}$ ) といった物質循環速度が、より重要な観測項目である。しかしながら、 $^{15}\text{N}$  等のトレーサの添加と培養を組みわせるような従来からの  $\text{NO}_3^-$  同化速度の測定手法は煩雑で、報告例は限られている。硝化速度はさらに難しく、信頼に足る報告値はほとんど存在しない。これを解決するには、より簡便で、より精度の高い硝化速度や  $\text{NO}_3^-$  同化速度定量法の確立が必要である。これは海洋における炭素循環や総一次生産量の時間変化や海域変化の定量化にも貢献する。

酸素には三種の安定同位体が ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) が存在し、天然トレーサーとして広く利用されてきた。2000 年代に入ると、大気中の硝酸 ( $\text{HNO}_3$ ) の酸素安定同位体比に、三酸素同位体異常 (同位体間の質量の違いに由来する同位体分別では説明できない同位体組成の異常;  $\Delta^{17}\text{O}$  値 =  $\delta^{17}\text{O} - 0.52 \times \delta^{18}\text{O}$  で大きさが定義される) が見つかった。この  $\Delta^{17}\text{O}$  値は一般の化学反応に伴う同位体分別では変化しないため、海洋の溶存  $\text{NO}_3^-$  の  $\Delta^{17}\text{O}$  値は、大気沈着由来の  $\text{NO}_3^-$  と硝化由来の  $\text{NO}_3^-$  の混合比を反映し、さらに混合比は供給速度比の積算値を反映する。そこで本研究代表者らは、 $\text{NO}_3^-$  の  $\Delta^{17}\text{O}$  値を、海水中の  $\text{NO}_3^-$  の硝化速度 ( $F_{\text{nit}}$ ) や  $\text{NO}_3^-$  同化速度 ( $F_{\text{assim}}$ ) の定量に活用することを企画した。水平・鉛直の両方向に均一な海域に溶存する  $\text{NO}_3^-$  の平均  $\Delta^{17}\text{O}$  値 ( $\Delta^{17}\text{O}_{\text{ocean}}$ ) は、大気沈着を経て供給される  $\text{NO}_3^-$  ( $\text{NO}_3^-_{\text{atm}}$ ) と、海洋内部の硝化反応で生成し、深層水の湧昇を経て供給される  $\text{NO}_3^-$  ( $\text{NO}_3^-_{\text{re}}$ ) の供給速度比を反映するので、 $\text{NO}_3^-_{\text{atm}}$  の沈着速度 ( $F_{\text{atm}}$ ) が既知量なら、 $\Delta^{17}\text{O}_{\text{ocean}}$  から  $F_{\text{nit}}$  や  $F_{\text{assim}}$  を定量化出来る (Fig. 1)。また、鉛直方向に不均一な海域であれば、各層に分けて同様に計算することで、 $F_{\text{nit}}$  や  $F_{\text{assim}}$  を層別に定量化出来る。

本研究代表者らは、2017-20 年度の科研費基盤研究 (A) の支援を受け、本手法 ( $\Delta^{17}\text{O}$  法) のアイデアを提示するとともに、まず琵琶湖や摩周湖といった湖沼をフィールドにこの  $\Delta^{17}\text{O}$  法観測を行い、湖内の  $F_{\text{nit}}$  や  $F_{\text{assim}}$  の定量化に成功した (Tsunogai et al., 2011; 2018)。そして、海域における  $\Delta^{17}\text{O}$  法観測に挑戦するため、新青丸 KS-19-11 次および KS-19-21 次航海を計画し、実施した。その結果、日本海の水深 300 m 以浅の  $\text{NO}_3^-$  に有意な三酸素同位体異常を検出し、平均  $\Delta^{17}\text{O}$  値 ( $\Delta^{17}\text{O}_{\text{ocean}}$ ) は +0.3‰ 前後となった。本講演ではその詳細と、ここから見積もられた日本海の窒素循環像について報告する。

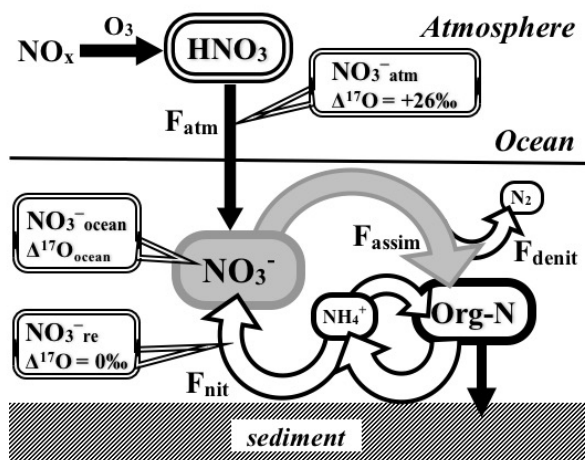


Fig. 1 海洋を鉛直および水平に均一とした場合を例に示した  $\text{NO}_3^-$  を中心とした窒素循環系の模式図。