HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北太平洋亜寒帯域縁辺海における脱窒の定量化に向けての研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	伊藤, 昌稚
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第11610号
Issue Date	2014-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57680
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Masanori_Ito_abstract.pdf, 論文内容の要旨



Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士（環境科学）　　氏 名　伊 藤 昌 稚

学 位 論 文 題 名

北太平洋亜寒帯域縁辺海における脱窒の定量化に向けての研究
（Studies for the estimation of denitrification in the subarctic marginal seas of the North Pacific）

全球的な海洋窒素循環の収支がつりあっているかどうかは未だ議論されており、その原因は主な海洋への供給源である窒素固定と除去源である脱窒の見積りの不確かさが大きいためである [Codispoti, 2001]。特に、縁辺海の大陸棚域では、海底堆積物付近の脱窒量が海水柱内で起こる脱窒量に比べて大きい可能性が示唆されている[Middleburg et al., 1996]。

近年、海水中の溶存態窒素ガス(N_2)と希ガスアルゴン(Ar)は、海洋内の水柱及び堆積物内で起きた脱窒から生成した最終生成物N_2を見積もるための指標として注目されている。しかし、大気中のN_2/Arは海水中の約2倍であるため、海表面での波の破砕によって溶け込んだ気泡中の気体の効果が大きく関与している。これまで、脱窒と窒素固定によって増減した硝酸塩とリン酸塩の化学量論比からのずれ分を指標としたN^*[Gruber and Sarmiento, 1997; Deutsch et al., 2001]により、全球的な海洋窒素収支は見積られてきた。しかし、N^*は窒素固定と脱窒だけでなく、溶存有機物の再無機化、化学量論比や物理過程等、数多くの過程の影響を反映しているため、N^*のみを使った見積りでは半定量的であると言わざるを得ない。そこで、本研究では縁辺海大陸棚の海底で起きている脱窒量を見積もるための第一段階として、N_2とArを用いた化学トレーサー（N_2^{ex}とN_2^*）の有効性を評価する事を試みた。N_2^{ex}は以下の(1)式である。

$$N_2^{ex} = [(N_2/Ar)_{smp} - (N_2/Ar)_{bkg}] \times [N_2]_{sat}, \qquad (1)$$

ここで、$(N_2/Ar)_{smp}$は脱窒域の規格化したN_2/Ar、$(N_2/Ar)_{bkg}$は外洋の規格化したN_2/Ar、$[N_2]_{sat}$はN_2飽和濃度である [Codisopoti, 2001; Devol et al., 2006]。
また、N_2^*は以下の(2)式である。

$$N_2^* = [N_2]^{obs} - [N_2]_{sat} / [Ar]_{sat} \times [Ar]^{obs}, \qquad (2)$$

ここで、$[N_2]^{obs}$と$[Ar]^{obs}$は観測されたN_2とAr濃度、$[Ar]_{sat}$はAr飽和濃度である [Shigemitsu et al., in preparation]。

第二章においては、北太平洋の気候を左右する中層水の起源のひとつであるオホーツク海の高密度陸棚水形成層に着目した。オホーツク海は太平洋の北西側に位置する亜寒帯域縁辺海であり、北半球最南端の海氷形成域である。オホーツク海北西大陸棚においては、最小低温水（MTW）由来の海氷形成に伴う塩分付加で形成された高密度陸棚水（DSW）が潮汐による上下混合によってオホーツク海中層水(OSIW)となり、太平洋に流出し、北太平洋中層水(NPIW)の形成に寄与している[Kitani, 1973]。さらにこのオホーツク海北西大

陸棚では、生物の生産量が高く、有機物が分解されないまま深層まで沈み、堆積物付近で分解されることで活発な脱窒が起きている事が、N^*と硝酸中の窒素安定同位体比のデータから示唆されている[Yoshikawa et al., 2006]。

第三章においては、ベーリング海南東大陸棚に着目した。これまで、北極海において通常とはかけ離れて高い窒素リン比が観測されており(Yamamoto-Kawai, 2006)、この結果は近年の気候変動に関わる海氷減少と相まって、海洋窒素循環及び海洋生物生産、延いては炭素循環にまで影響をもたらす事が予想されるため(Codispoti et al., 2012)、本海域での窒素循環収支の解明は海洋物質循環における喫緊の課題である。また、ベーリング海はオホーツク海と同様に高い生物生産と大陸棚の地形から堆積物中で脱窒が起きていることが示唆されている[Tanaka et al., 2004]。しかし、活発な脱窒が示唆されているベーリング海 [Leahmann et al., 2005]では溶存ガスN_2とArを用いた直接的手法を用いた観測例はなく、従来の間接的手法を用いた見積りだけでは半定量的であると言わざるを得ない。

第二章においては、i) N_2^{ex}の見積りは $(N_2/Ar)^{bkg}$に大きく依存している事、また、ii）N_2^*に比べN_2^{ex}の誤差の伝播が大きくなる事から本研究においてはN_2^*を使う事とした。N_2^*の空間分布はオホーツク海の26.6− 27.3 σ_θで水温、塩分に対して共に負の相関を示した（相関係数r = − 0.55と− 0.39）。このため、N_2^*は等密度面上で保存量的に振舞っていることが分かった。

さらに、N_2^*の分布がどの成分でどれだけ説明されるかを明らかにするため、重回帰モデルと赤池情報量基準（AIC）を用いて評価した結果、オホーツク海では脱窒と表面からの気泡の効果を説明変数とするモデルが最も良い結果となった（重相関係数R = 0.7）。ベーリング海では重回帰解析を行った結果、脱窒と冷却の効果を説明変数とするモデルが最も良い結果となった（重相関係数R = 0.6）。これらのモデルの標準偏回帰係数から、オホーツク海とベーリング海では共にN_2^*に与える影響は脱窒が最も大きい事が分かった。また、偏回帰係数を用いて、オホーツク海における脱窒由来のN_2^*濃度は5.7±2.4 μmol kg^{-1}であった。ベーリング海についてはN_2^*濃度は6.3±7.3 μmol kg^{-1}であった。

オホーツク海とベーリング海では、化学トレーサーN_2^*が脱窒を見積もる有効な指標となり得る事が明らかとなった。さらに、この化学トレーサーを用いることにより海洋窒素収支を解明することができると期待される。