干潟堆積物中の脱窒・Anammox による窒素除去量の把握

東京都市大学　学生会員　○篠崎知美
東京都市大学院　学生会員　佐々木奈々
東京都市大学院　学生会員　梅田悠輔
東京都市大学　フェロー　村上和男
(独)港湾空港技術研究所　正会員　桑江朝比呂

1. 研究背景

東京湾のような閉鎖性海域において，生活排水，工業排水等による窒素・リン等の栄養塩類の流入により，富栄養化が進行している．干潟には富栄養化の原因物質である栄養塩類を除去し，閉鎖性海域の水環境を良好にすると考えられている．近年では干潟の重要性は強く認識され，各地で干潟の造成や研究調査が盛んに行われている．干潟における栄養塩除去にはいくつかの要因が挙げられるが，脱窒による窒素除去が大きく影響していると考えられる．

干潟域における脱窒過程を**図 1** に示す．有機物の無機化により生成されたアンモニア態窒素の一部は，好気性層において硝化菌の働きにより亜硝酸態窒素，硝酸態窒素へと酸化される．これを硝化という．硝化により生成された硝酸態窒素は，嫌気性層において脱窒菌の働きにより窒素ガスへ還元され大気中に放出される．これを脱窒という．また，嫌気性層において亜硝酸態窒素とアンモニア態窒素から窒素ガスを生成する Anammox という反応が起こる．本研究は干潟堆積物における脱窒，Anammox 反応による窒素除去量を把握することを目的とし，東京港野鳥公園・潮入りの池において，Risgaard-Petersen et al.(2003)の r-IPT 法[3]を用いて脱窒速度および Anammox 速度を測定する．

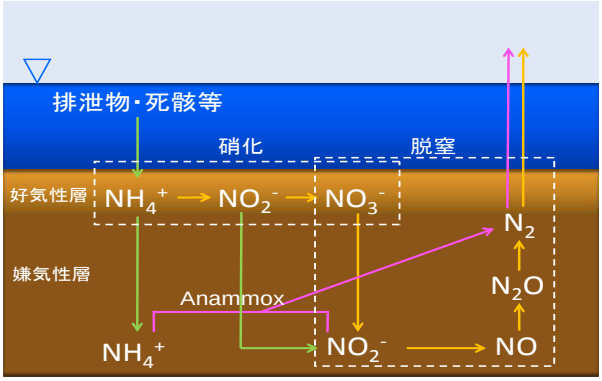

図 1：硝化，脱窒，Anammox の流れ

2. 調査対象干潟

調査は東京湾奥部に位置する東京港野鳥公園・潮入りの池を対象とした．調査対象干潟を**図 2** に示す．干潟の総面積は約 57000m^2，潮間帯面積は約 35000m^2，潮下帯面積は約 22000m^2，干潟内の水深は 1～2m である．隣接している東京湾とは 2 本の水路で海水交換が行われている閉鎖性の高い人工干潟である．

3. 調査方法

7 月，8 月，12 月に調査を行った．**図 2** に示す潮間帯，潮下帯の 2 地点にて，アクリルコアを用いて表層 10cm の堆積物および直上水を採取し，室内で培養実験を行った．トレーサーとして $Na^{15}NO_3^-$ を直上水中に 100μmol N/ℓ と 200μmol N/ℓ の濃度条件で添加し，$^{15}NO_3^-$ を堆積物中に浸透させるため培養を行った．培養時間は 3 時間と 6 時間とし，培養後にコア内の堆積物および直上水を，ポリカーボネイトパイプを用いて 1 本のコアに対し 3 本ずつ採取した．採取したサブコアサンプルを口の狭い容器に移し，スラリー状にしたものを静置する．その上澄み液をそれぞれ $ZnCl_2$ が 1mℓ 入ったバイアル瓶にオーバーフローさせながら注ぎ入れ，蓋をした．

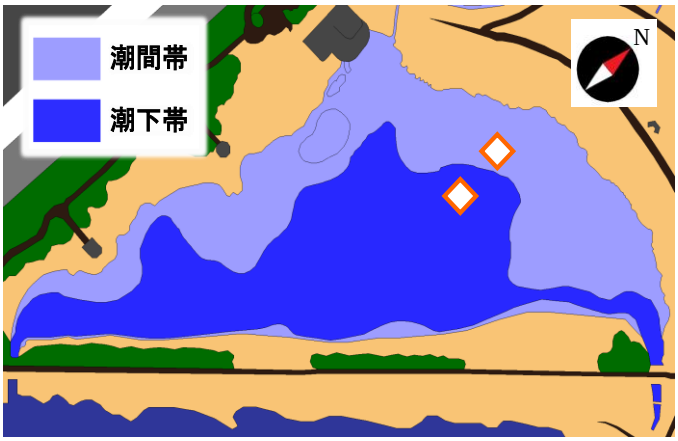

図 2：調査対象干潟（◇：調査地点）

キーワード：干潟　脱窒　Anammox　r-IPT 法
連絡先：〒158-8557　東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学　Tell：03-5707-0104　E-mail:g0818053@tcu.ac.jp

作成したバイアル瓶サンプルの質量分析は港湾空港技術研究所にて行った．バイアル瓶内の窒素を抽出するため，バイアル瓶に He を 4mℓ 打ち込むと同時にバイアル瓶内の液を抜き，ヘッドスペースを作った．He で満たされた蒸留水を流した針をバイアル瓶に刺し，バイアル瓶内の気体をシリンジで 1.5mℓ 採った．大気の混入を防ぐためシリンジを押し出し続け，1mℓ になったところで質量分析計に打った．

4. 脱窒・Anammox 速度の計算

培養による $^{29}N_2$, $^{30}N_2$ の生成量の増加の傾きを，$^{29}N_2$, $^{30}N_2$ それぞれの生成速度(μmol $N_2/m^2/h$)とした．**図 3**, **図 4** に 8 月，12 月の $^{29}N_2$ 生成量のグラフを示す．

培養前(t_0)は $Na^{15}NO_3^-$の添加量の違いに関係なく窒素生成量は同程度となり，培養時間とともに窒素の生成量は増加する．また，その生成速度は $Na^{15}NO_3^-$の添加条件が 100μmol N/ℓ のサンプルより 200μmol N/ℓ の方が大きくなる．この条件から外れたサンプルは，質量分析計による測定の際に大気が混入してしまった等，実験が成功しなかったものと考えられ，生成速度を求める際に除外した．求めた $^{29}N_2$, $^{30}N_2$ の生成速度から，Risgaard-Petersen et al.(2003)の r-IPT 法の式[2]を用いて脱窒，Anammox 速度を計算した．結果を**図 5** に示す．

5. 結果

7 月は脱窒速度が潮間帯 28.8(μmol $N/m^2/h$)，潮下帯 26.5(μmol $N/m^2/h$)と近い値になった．8 月は潮間帯の脱窒速度が 271(μmol $N/m^2/h$)と高い値を示した．潮下帯の Anammox 速度は 141(μmol $N/m^2/h$)となり，7～12 月の Anammox 速度の中で最も高い値となった．12 月は潮下帯の脱窒速度が最も高い 275(μmol $N/m^2/h$)となった．全体を比較すると，8 月潮間帯，12 月潮下帯の脱窒速度が他より高い値を示し，Anammox 速度よりも大きくなった．

6. 考察

結果より，脱窒・Anammox 速度にはばらつきが大きく，季節間の特性はみられなかった．しかし，$^{29}N_2$, $^{30}N_2$ の生成量は 12 月より 7 月，8 月の方が大きかったことから，脱窒菌の個体数や脱窒活性が季節によって変化すると考えられる．

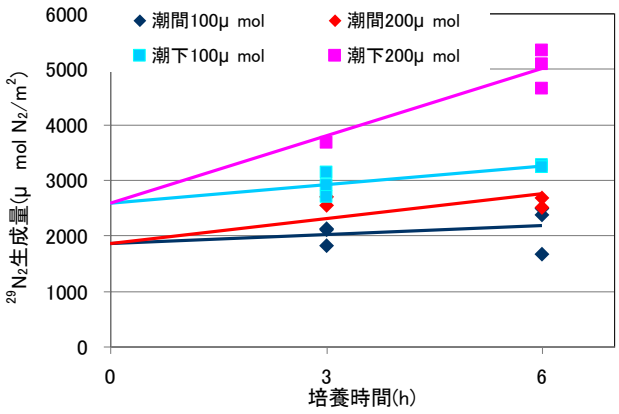

図 3：8 月 $^{29}N_2$ 生成量

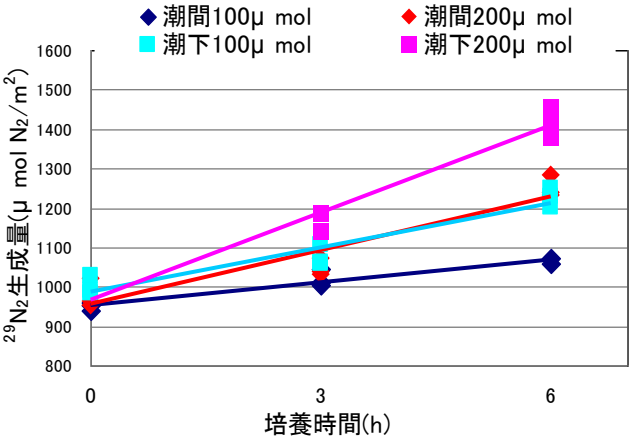

図 4：12 月 $^{29}N_2$ 生成量

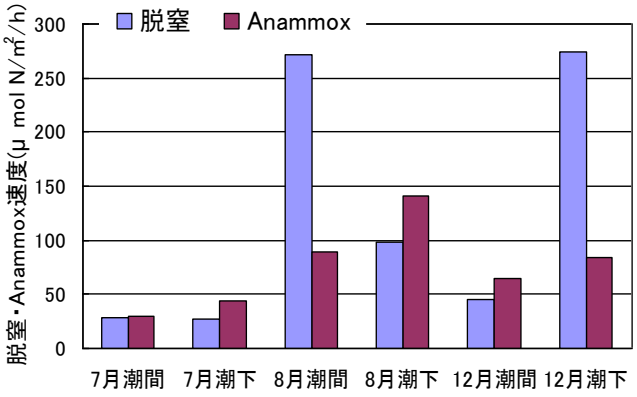

図 5：脱窒・Anammox 速度

参考文献

1) 野嵜勝己：東京港野鳥公園干潟の堆積物における脱窒速度の測定,東京都市大学卒業論文，73p，2010.

2) Risgaard-Petersen et al.：Application of the isotope pairing technique in sediments where anammox and denitrification coexist，Limnol Oceanogr Meth 1，p63-73，2003.