

○東京大学工学部都市工学科 長谷川聖

同上

花木啓祐

同上

松尾友矩

1. はじめに

亜酸化窒素 (N_2O) は、対流圏での寿命が150年と長く、二酸化炭素の290倍もの温室効果をもつガスである。その環境大気中の濃度は0.3mg/l程度で、年率約0.2～0.3%の割合で増加しているとされるが、1990年以降2～3%というこれまでの10倍もの著しい増加をしているとの報告もなされており、注目される。

N_2O の生物学的生成分解機構は、硝化脱窒反応であり、人間活動により出された窒素が、自然水系に達しても起こる反応である。近年、窒素肥料の増大等、人間活動に起因する地下水中の硝酸態窒素の増加や閉鎖性水域の富栄養化が問題視されているが、これに伴い、自然水系における N_2O 発生のポテンシャルも高くなっている。この状況下において、 N_2O の発生をより少なく保つには、いかなる水系コントロールが有効となるのか、その糸口を見つけることを本研究の目的とし、特に硝酸態窒素汚染を受けた農地水系を対象として、 N_2O の調査測定を行なっている。

2. 調査・測定法

N_2O としては、水中溶存態濃度及びガスの大気中へのフラックスを測定している。水のサンプルは、前処理として、微生物を不活化させるために、ヒビテンを添加し、バイアルに密閉の後、ヘッドスペース法により測定を行なっている。大気中へのフラックスの測定には、チャンバーを用い、0分、15分、30分ごとに、気相部をポンプでひき、テドラーバッグにサンプルを採取している。

3. 調査概要

3.1 対象フィールド

調査測定は、埼玉県岡部町をフィールドとして行なっている。岡部町は、埼玉県西北部、荒川の洪積扇状地上にある大里郡の町であり、台地面は、桑園、酪農等に、低地との境界面は畑地として、低地は水田として利用されている。低地には、多くの湧水及び、生活排水で汚染された小河川が存在する。

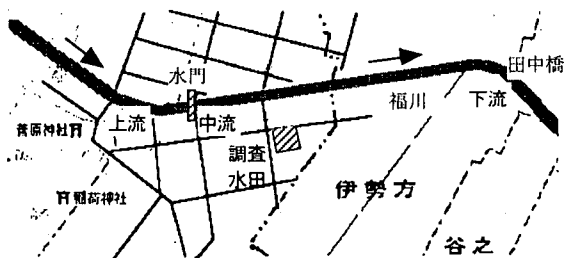


図3-1 調査地点

3.2 冬期調査

昨冬には、湧水と小河川の溶存態 N_2O 濃度を調査測定した。その結果、高台での施肥等による窒素が、低地湧水の中に NO_3^- 20～30mgN/lもの高い値となって湧出しており、 NH_4^+ は殆ど無い系であった。そして、この湧水が、小河川に流れ込んで有機分を得ることで、脱窒が起きて、 N_2O が生成されていた。小河川中の溶存態 N_2O では、30～90 μ gN/lという、通常大気と平衡状態にある時の数百倍もの値が検出された。

3.3 夏期調査

今夏からは、低地水田と小河川を中心に、溶存態 N_2O 及び、 N_2O の大気中へのフラックスを測定している。小河川は、夏期の間、灌漑用に中流で水門を開けており、水深が1m以上にもなっている。よって、水深30cm程度で流れている冬期とは、様相が異なるのではないかと考え、3地点を選んで調査を行なった。(図3・1)

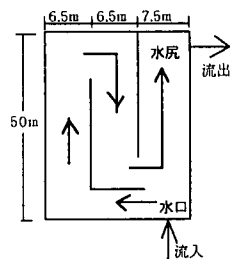


図3-2 調査水田

水田での調査は、6月の田植え直後から、殆ど田に水を入れなくなる9月まで、月に1回の割合で行なった。(図3・3) 水田内では、水の流れに沿って水口から水尻にかけて4地点を調査地点として選び、そのうち水口側と水尻側の2地点で、 N_2O の大気中へのフラックスを測っている。(図3・2)

6月		7月		8月		9月	
湛水期				中干し	間断湛水期		
田基 植肥	調査	調査		調査	追肥		調査

図3-3 水田調査日程

4. 調査結果

4.1 水田

水田では、6月、7月といった湛水初期に水尻での N_2O のフラックス及び溶存態の減少が認められる。

(図4・1) 水田土壌は、田面水の下から、作土層、鋤床、心土層からなり、作土層は上部数mm～1cm程度の酸化層とその下部の厚さ10数cmの還元層に分けられる。 N_2O はこの還元層での脱窒反応により、生成分解されている。1) 2) (図4・2) 湛水土壌では、特に湛水初期に好氣的・半嫌氣的分解過程が進行しやすいとされており、6、7月は還元層での脱窒反応が十分に進んでいると考えられる。そのことは、6、7月の間隙水中の N_2O 及び NO_3 の値が小さく、また、TOCの値から間隙水中に有機分が十分にあることから裏付けられる。

しかし、中干し(水田管理において水田土壌が還元的になりすぎ、メタン発酵等が進むのを防ぐために、一時的に湛水を止めること)後の8月の調査、さらに、殆ど水を入れなくなる9月では、水尻でのフラックスが、水口の値を上回っている。溶存態 N_2O の値を見ても、8月は、6、7月に比べ、水尻での減り方が小さく、9月に至っては、値の増加が見受けられる。これは、水が殆ど入らないことにより、還元的状況が十分に保たれず、脱窒反応が進行しないためではないかと考えられる。間隙水中の N_2O 及び NO_3 の値が6、7月に比べ大きいことから、そのことがうかがわれる。但し、表面水の NO_3 の値が水尻にいくに従って減少しており、その点が不明である。

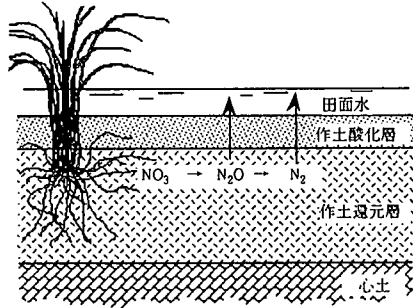


図4-2 水田土壌

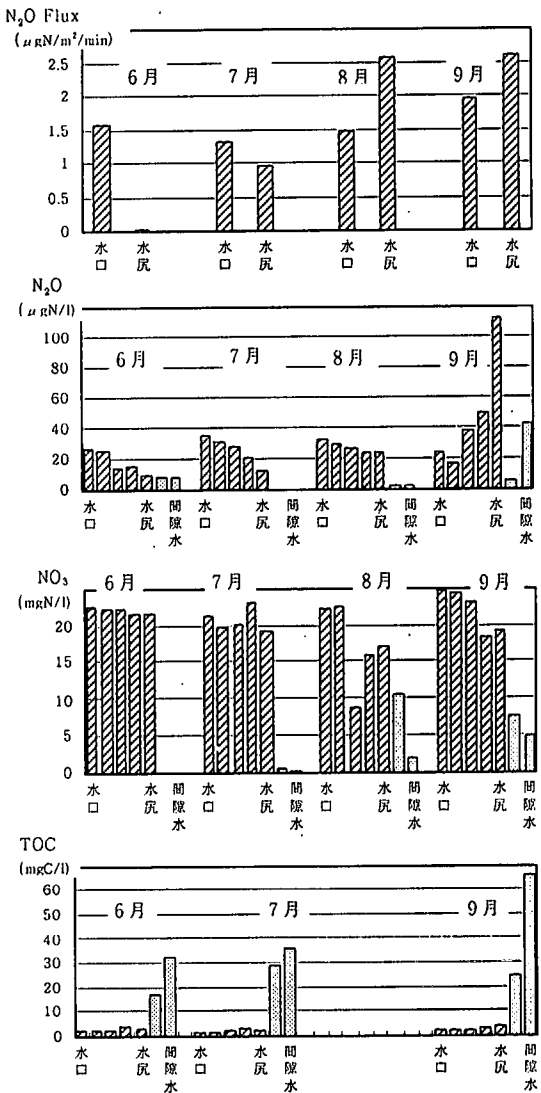


図4-1 水田における調査結果
(上段から N_2O のフラックス、溶存態 N_2O 、 NO_3 、TOC)

4.2 小河川

小河川での夏期の調査結果を表4-1に示す。溶存態 N_2O の値は、冬期と大差ないが、 NO_3 値は冬期に比べ、小さくなっている。温度が高く、微生物活動が活発に行なわれ、 N_2O の発生量が増える要因と、水門を閉めたことにより滞留時間が長くなり、脱窒が十分に進行し、 N_2 にまで分解される要因が打ち消しあった結果と考えられる。 N_2O のフラックスを見てみると、水田の10倍近くの値を示している。

4.3 窒素バランス

8月の測定値を用い、水田と小河川それぞれにおいて、窒素のマスバランスをとった。流入及び流出口は、水田では、水口と水尻を、小河川では上流地点と下流地点をとっている。流量は、流入と流出の平均を用いている。これにより、濃度に流量を、フラックスは流入地点での値と流出地点での値の平均に面積をかけて、値を算出している。計算結果を図4-3に示す。総量では、水田より河川の方がかなり大きい系となっていることがわかる。この値を用い、評価した結果を表4-2に示した。流入した NO_3 のうち除去される割合は、20%前後となっているが、水田の方が若干高い。流入した NO_3 と N_2O に対する、大気中へ抜ける N_2O 量の割合では、水田の方が1.3%と、その割合が高くなっている。また、面積当たりの NO_3 除去量では、河川の方が水田よりその値が高くなっている。

表4-1 小河川における調査結果

		NO_3	TOC	N_2O	
		mgN/l	mgC/l	溶存態 $\mu gN/l$	フラックス $\mu gN/m^2/min$
7月	上流	7.9	8.3	16.2	10.7
	中流	9.4	12.8	28.6	6.3
	下流	12.0	9.1	41.5	
8月	上流	13.1	12.5	82.9	16.6
	中流	10.7	8.0	54.0	11.6
	下流	11.3	9.9	45.9	9.0
9月	上流	9.9	18.0	47.6	15.3
	中流	9.8	20.0	60.3	
	下流	9.4	7.2	31.6	

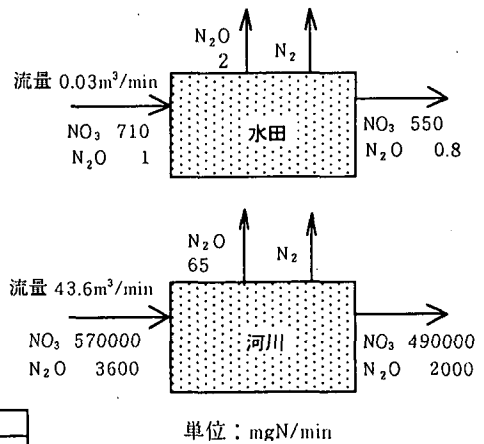


図4-3 窒素収支（8月）

表4-2 窒素収支（8月）

	水田	河川
除去 NO_3 量 / 流入 NO_3 量 (%)	23	16
Flux N_2O/N 減少分 (%)	1.3	0.08
面積当たりの NO_3 除去量 ($mgN/m^2/min$)	0.16	15.4

5. おわりに

本水系においては、水田、小河川ともに、脱窒反応による NO_3 除去の場としてとらえることができる。その一方で、 N_2O 生成分解の場ともなり、 N_2O の発生をより少なく抑える配慮が必要となる。上述した結果は、これに関し、1つの知見を与えるものではあるが、さらに、冬期での小河川のフラックスの測定、室内実験等による考察が必要である。

<参考文献>

- 1) 松本聡編：微生物のガス代謝と地球環境、学会出版センター（1995）
- 2) 渡辺巖著：田畑の微生物たち その働きを知る、農山漁村文化協会（1987）