

# 安定同位体比を用いた笠岡湾干拓地内窒素汚染の解析

## Analysis of nitrogen pollution in Kasaoka-bay reclaimed fields by using stable isotope natural abundances

○前田守弘<sup>1,6</sup>, 浅野裕一<sup>1</sup>, 兵藤不二夫<sup>1</sup>, 中島泰弘<sup>2</sup>, 藤原拓<sup>3,6</sup>, 永禮英明<sup>4,6</sup>, 赤尾聡史<sup>5,6</sup>

Maeda, M., Hyodo, F., Asano, Y., Nakajima, Y., Fujiwara, T., Nagare, H., and Akao, S.

### 1. はじめに

笠岡湾干拓地では畜産を中心に据えた循環型農業が推進されている。しかし一方で、干拓地内水路の窒素、リン濃度は高く、必ずしも環境保全型農業とはいえないのが実態である。この水質汚染の原因は、堆肥の過剰供給および牛舎・堆肥舎からのアンモニア揮散にあると思われるが、確証は得られていない。そこで本研究では、水路、土壌、植物に含まれる窒素、酸素、炭素の安定同位体自然存在比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) を分析することにより、干拓地内窒素汚染の原因を考察した。

### 2. 試験方法

#### 1) 笠岡湾干拓地

岡山県西南端に位置する笠岡湾干拓地には農業用地が 1190 ha あり、畜産を中心とした農業が営まれている (笠岡市, 2009)。現在では、畜産農家 18 戸 (176 ha)、耕種複合農家 26 戸 (132 ha)、園芸複合農家 49 戸 (99 ha) が入植しており、それとは別に粗飼料基地 381 ha が存在している (笠岡市, 2009)。笠岡気象観測所の気象データによると、過去 30 年平均年間降水量は 1053 mm、平均気温は 15.4°C であった (気象庁, 2009)。土壌型は灰色低地土である。

干拓地内の畑地排水は圃場脇の排水路から主要排水路を經由して寺間遊水池に貯留された後、笠岡湾に排出される (図 1)。東側堤防を浸出した海水 (潮まわし) を流入起点に持つ 2 号排水路に中途流入する支線水路はほぼ等間隔に 3 本あり、東から順に、畜産農家圃場と園芸作物圃場 (窒素投入量中)、畜産農家圃場 (同多)、飼料作物栽培圃場 (同少) の中をそれぞれ通過している。なお、園芸作物圃場には灌漑設備があり、高梁川の水が導入されている。

#### 2) 試料採取

図 1 の地点で、2009 年 5 月、7 月、9 月、11 月に採水を行った。また、同年 7 月に圃場作土を採取した。さらに 11 月に、牛舎に隣接する圃場 S-9 において、牛舎から約 10 m、80 m 離れた地点でオーチャードグラスと作土を採取した。

#### 3) 分析方法

水試料については全窒素、硝酸性窒素濃度、および硝酸性窒素の  $\delta^{15}\text{N}$  値、 $\delta^{18}\text{O}$  値、全窒素の  $\delta^{15}\text{N}$  値を分析した。また、土壌等有機物については、微粉細した後、必要に応じて炭酸塩を除去し、 $\delta^{15}\text{N}$  値と  $\delta^{13}\text{C}$  値を測定した。同位体分析には

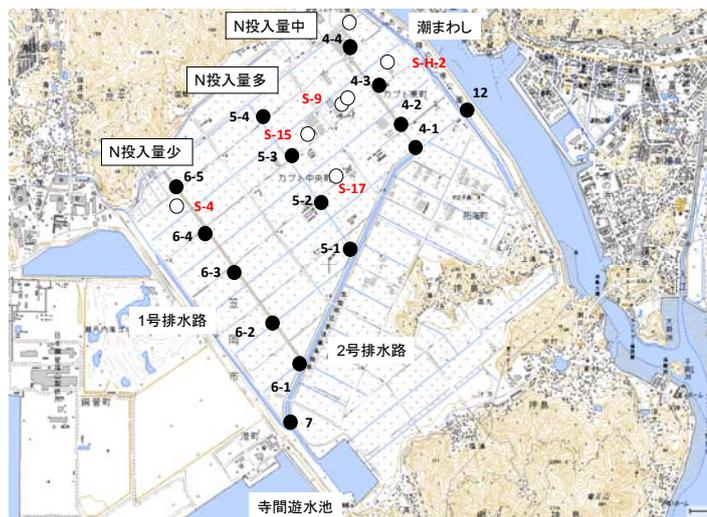


図 1 笠岡湾干拓地における水、土壌、植物の採取地点  
(注) ●は水、○は土壌、植物の採取地点を示す。

Fig. 1 Sampling sites in the Kasaoka-bay reclaimed land.

<sup>1</sup>岡山大学 Okayama University, <sup>2</sup>農業環境技術研究所 National Institute of Agro-Environmental Sciences, <sup>3</sup>高知大学 Kochi University, <sup>4</sup>北見工業大学 Kitami Institute of Technology, <sup>5</sup>鳥取大学 Tottori University, <sup>6</sup>JST, CREST  
キーワード 安定同位体比, 流出, 脱窒, 堆肥, アンモニア揮散

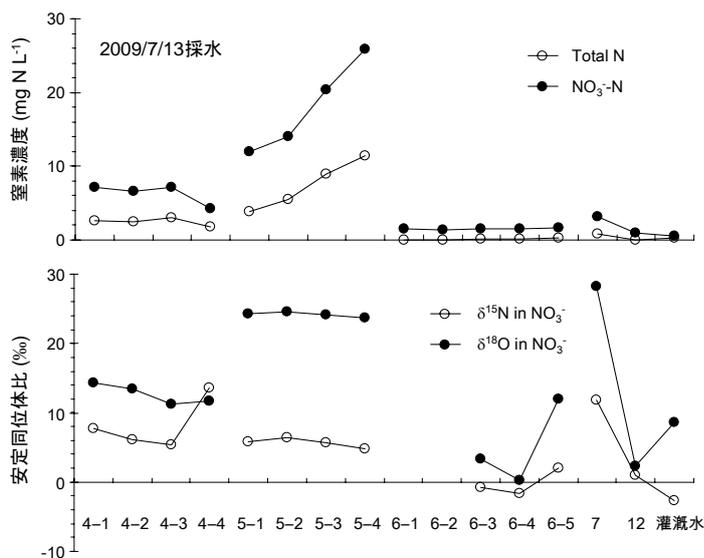


図2 干拓地内水路の窒素濃度と窒素・酸素安定同位体比  
Fig.2 Nitrogen concentration and nitrate- $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  in water.

Finnigan MAT 252, Flash EA 1112, Thermo Fisher Delta V を用いた。

### 3. 結果および考察

1) 支線水路の全窒素ならびに硝酸性窒素濃度は窒素投入量に対応し、系列5, 4, 6の順に高濃度であった。硝酸性窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値も同順であった。一方、 $\delta^{18}\text{O}$ 値は系列4と5で同程度であり、系列6で低かった。(図2)

2) 系列5, 4で窒素が高濃度であったのは、堆肥の多投入が影響したと思われる。しかし $\delta^{15}\text{N}$ 値は堆肥(表1)よりも高く、 $\delta^{18}\text{O}$ 値も相対的に高いことから、流出過程あるいは水路内の脱窒が考えられる。

3) 支線水路が合流する地点7で窒素濃度は低いものの、 $\delta^{15}\text{N}$ 値、 $\delta^{18}\text{O}$ 値は高く、2号排水路内での脱窒が示唆される。

4) 牛舎から約10mのオーチャードグラスおよび土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値は80m離れた地点よりも小さかった。これは、牛舎からのアンモニア揮散が影響したと思われる。(表1)

5) 土壌 $\delta^{15}\text{N}$ 値の低い地点は化成肥料とアンモニア揮散の影響、高い地点では堆肥の影響を受けていると考えられる。一方、土壌の $\delta^{13}\text{C}$ 値はトウモロコシ(C4植物)、牧草(C3植物)の中間的な値をとり、堆肥とほぼ同程度であった。牛飼料と堆肥の $\delta^{13}\text{C}$ 値の差はおがくず等副資材添加によるものと思われる。(図3)

### 4. まとめ

笠岡湾干拓地内の水路流下水および土壌等有機物に含まれる窒素、酸素、炭素の安定同位体比を測定した。これにより、窒素濃度の高い水路では堆肥の影響を受けていることがわかった。また、水路あるいは圃場内において脱窒が生じていることが示唆された。さらには、牛舎近郊の土壌および牧草にはアンモニア揮散の影響が認められた。今後は、アンモニア揮散が水質に及ぼす影響や亜酸化窒素の安定同位体比について調査する予定である。

参考文献：笠岡市(2009)笠岡湾干拓地, <http://www.city.kasaoka.okayama.jp/001p/000v.html>

表1 土壌、植物等の炭素、窒素含有量および窒素安定同位体比( $\delta^{15}\text{N}$ )

Table 1 TC, TN, and  $\delta^{15}\text{N}$  in organic matters

	C	N	$\delta^{15}\text{N}$
	$\text{g kg}^{-1}$	$\text{g kg}^{-1}$	‰
土壌			
S-4	1.3	0.11	5.2
S-15	5.2	0.51	6.3
S-17	2.9	0.23	11.1
S-H-1	2.1	0.12	3.0
S-H-2	1.7	0.16	7.9
S-9 牛舎近	1.8	0.18	-0.3
S-9 牛舎遠	2.0	0.22	5.5
その他			
トウモロコシ	41.2	2.11	2.2
家畜飼料	42.6	2.50	-0.9
堆肥	35.1	1.52	8.5
オーチャードグラス			
S-9 牛舎近	41.6	3.03	-8.2
S-9 牛舎遠	42.4	3.00	4.2

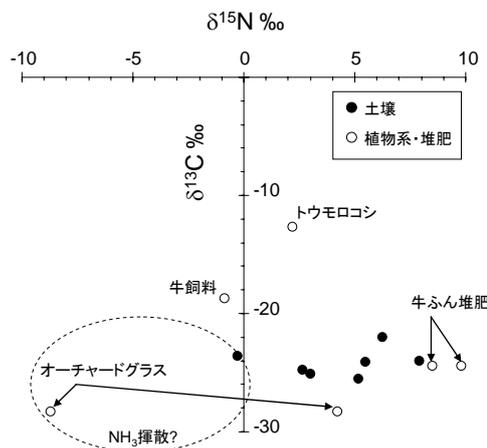


図3 有機物の炭素 vs. 窒素安定同位体比  
Fig. 3  $\delta^{15}\text{N}$  vs.  $\delta^{13}\text{C}$  in organic matters.