

循環灌漑水田地区の排水路底泥に含まれる栄養塩類
 Nutrients of the Sediment in a Drainage Canal
 in a Paddy-Field District Implementing Cyclic Irrigation

○濱 武英¹ 青木 丈² 大菅勝之¹ 杉山 翔¹ 中村公人¹ 川島茂人¹

Takehide Hama, Takeru Aoki, Katsuyuki Osuga, Sho Sugiyama,
 Kimihito Nakamura, Shigeto Kawashima

1. はじめに 湖沼の底泥は、脱窒やリンの吸着など栄養塩類の浄化機能を有する。一方で、直上水中の栄養塩類濃度が低い場合などには、底泥が栄養塩類の供給源になる、いわゆる内部負荷源となることが知られている。これまで著者らは、琵琶湖に隣接する水田地区において、地区からの栄養塩類負荷排出削減対策の一環で実施された循環灌漑の効果を評価してきた。調査結果から、循環灌漑では農業排水路が貯水池の役割を果たすが、その貯水機能により懸濁物質や栄養塩類も排水路内に一時的に溜まる可能性が示された。これは、排水路が湖沼と同様に内部負荷源となることを意味する。したがって、水質対策を考える上では、排水路底泥中の栄養塩類の動態を把握することが重要である。ここでは、低平地水田地区の排水路底泥に含まれる栄養塩類の特徴について報告する。

2. 調査方法 調査地は琵琶湖南湖の東岸に隣接する約 148ha の水田地区である。地区のほとんどは水田として利用されている。本地区では、4月下旬の灌漑期間の開始から中干し期間前まで、幹線排水路の排水を用水として再び利用する循環灌漑が行われている（中干し期間後は、琵琶湖水による灌漑（湖水灌漑）が行われる）。

2007年4月より幹線排水路、用水路および地区に隣接する琵琶湖内湖においてそれぞれ排水、用水、湖水を週に1回の頻度で採水し、実験室にて水質を分析した。適宜、降雨の分析も行った。主な水質分析項目は、リン項目；全リン（TP）、リン酸態リン（ $\text{PO}_4\text{-P}$ ）、窒素項目；全窒素（TN）、溶存態全窒素（DTN）、アンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）、硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）、亜硝酸態窒素（ $\text{NO}_2\text{-N}$ ）である。さらに、幹線排水路の南端に設置した自動採水器により、毎日正午に排水を採取し、TNとTPを分析した。水質の分析方法はJIS K 0102に従った。

2009年1月から2010年6月まで、毎月1、2回の頻度で幹線排水路中央の底泥、水田土壌、転作田土壌を採取した。採泥は、酸化層と還元層を色の違いから判断して、底泥を表面から深さ約3cmまでの上層と深さ3cmから10cmまでの下層の2層に分けて行った。採取後の試料は、凍結乾燥させ、 $125\mu\text{m}$ ふるい通過分を試料とした。底泥および土壌の分析項目は、全リン（TP）、全無機態リン（TIP）、全窒素（TN）、吸着態全窒素（ATN）、吸着態アンモニア態窒素（ $\text{ANH}_4\text{-N}$ ）、溶存態アンモニア態窒素（ $\text{DNH}_4\text{-N}$ ）、溶存態硝酸態窒素（ $\text{DNO}_3\text{-N}$ ）である。底泥のTPとTIPは、それぞれ灰化処理後と前の試料に塩酸添加し得られた抽出液中のリン濃度を吸光光度法で定量して求めた。TNは乾式燃焼法により求めた。また、吸着態と溶存態の窒素は、それぞれKCl溶液と蒸留水を試料に添加し得られた

1 京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

2 東京ガス株式会社 Tokyo Gas Co., Ltd.

Keywords : 栄養塩類, 底泥, 排水路

抽出液中の窒素濃度を、アンモニア態については吸光光度法、硝酸態についてはイオクロト法で定量して求めた。さらに、ここでは $\text{ANH}_4\text{-N}$ 、 $\text{DNH}_4\text{-N}$ 、 $\text{DNO}_3\text{-N}$ の和を底泥の全無機態窒素（TIN）とした。

水文諸量を計測するため、地区の南部に雨量計、全天日射計、風速計、温度計を設置した。排水路の末端には、流量計と水位計を設置した。

3. 結果と考察

a) 排水の水質の経時変化 排水のTPは5月初めの代かき時期と降雨日に高い値を示し、湖水灌漑期および非灌漑期の晴天日には低い値を示した。 $\text{PO}_4\text{-P}$ がTPに占める割合は5～75%であり、湖水灌漑期および非灌漑期の晴天日には低い値を示し、降雨日に高い値を示す傾向が見られた。また、TNは代かき時期と冬季に高い値を示した。冬季の高い濃度の $\text{NO}_3\text{-N}$ は、小麦転作田へ施用された肥料成分の流出によるものと推察される。

b) 排水路底泥中の栄養塩類の特徴と年間変動 Table 1に幹線排水路の底泥上層および下層、水田土壌、転作田土壌に含まれるリンおよび窒素の濃度（乾泥当たりの物質質量）の平均値を示す。

TP、TNとTIPは、底泥上層が下層に比べて高い値を示した。また、底泥のTIPは、TPにほぼ等しく、底泥に含まれるリンは主に無機態として存在した。一方、底泥の窒素は、TNに占めるTINの割合が小さく、主に有機態として存在していた。

リンについては、底泥上層が酸化状態にあるため、無機態リンの溶出が抑制されたものと推察される。また、底泥のTINは下層の方が高かったが、これは、底泥のTINは主に $\text{ANH}_4\text{-N}$ として存在しており、上層に比べて強い還元状態にある下層では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化から $\text{NO}_3\text{-N}$ の脱窒および溶出に至るTINの減少過程が抑制されたためと考えられる。

底泥下層の物質全濃度は年間を通じて安定した値を示したのに対し、上層の物質濃度は月単位で変動する傾向にあった。ただし、上層の物質濃度の変動には、地区の営農や灌漑状況（循環灌漑期、湖水灌漑期など）に応じた明確な特徴は見られなかった。調査地区の幹線排水路（採泥地点）は2004年に整備されて以降、底泥の浚渫が行われていないため、幹線排水路の土砂堆積容量は既に飽和に達しているものと推測された。つまり、底泥上層の濃度変化には、リンや窒素を含む土粒子の一時的な堆積が主要な要因として考えられる。

Table 1 幹線排水路底泥および水田・転作田土壌のリンと窒素（平均値）
Phosphorus, nitrogen, carbon of the sediment in the drainage canal, paddy soil and upland soil

試料	リン(mgP/kg)		窒素(mgN/kg)			
	TP	TIP	TN	TIN	$\text{DNH}_4\text{-N}$	$\text{DNO}_3\text{-N}$
底泥上層	2.41	2.23	1.95	0.10	0.03	0.00
底泥下層	0.83	0.76	1.38	0.13	0.03	0.00
水田土壌	1.17	0.98	1.73	0.02	0.01	0.01
転作田土壌	0.87	0.70	1.87	0.02	0.00	0.02

4. おわりに 底泥の物質全濃度は、水田と転作田土壌と比較して、同程度あるいはそれ以上の値を示しており、排水路の底泥は排水の水質形成に寄与する可能性があるといえる。今後は、排水の水質形成における底泥の寄与について明らかにする必要がある。

謝辞：本調査では、木浜土地改良区、木浜農業組合、調査協力農家、滋賀県、守山市の関係諸氏には多大なご協力を頂いた。ここに記して深謝する次第である。