

水田圃場の水質浄化機能を調査する！

生物資源科学部 生物環境科学科

2年 木内 桃優

2年 一戸 龍彌

2年 大久保 武矢

指導教員 生物資源科学部 生物環境科学科

准教授 岡野 邦宏

【背景と目的】

昨今の世の中は、環境問題の防止ないしは遅延を旨とする活動が盛んである。誰もが関係しているといえる環境問題に生活排水による水域の富栄養化がある。秋田県は、下水処理人口比率の約10%を農業集落排水処理施設や合併浄化槽が占めており、富栄養化物質（窒素・リン）の高度処理が重要な課題となっている。そこで、SDGsな排水処理技術として注目されている植生浄化に注目した。

本研究では、秋田市内の農業集落排水処理施設の処理水を、隣接する水田に導入して水稻を栽培し、①圃場排水の水質、特に栄養塩類の濃度、②圃場排水への環境影響、特に藻類発生への影響、および③収穫物の品質を調査した。これらの項目を調査することにより、農業集落排水処理水を水稻により高度処理した際の湛水への影響を明らかにすることを最終的な目標とするとともに、秋田県のような下水道普及率が高くない地域において、持続可能な水質浄化の方法を見出したいと考えた。

【実験方法】

1. 調査地

秋田市内の農業集落排水処理施設の処理水を、隣接する水田（A～C）に導入して水稻（秋田酒こまち）を栽培した（図1）。2021年5月15日に田植えをし、6月2日より処理水を導入した。水田Aは処理水のみを導入し、水田BとCは処理水量を変え、農業用水も加えて栽培した（表1）。また、水田Dは対照区として慣行農法で栽培し、化学肥料も使用した。なお、7月4日から21日に中干しを行い、9月13日には落水した。

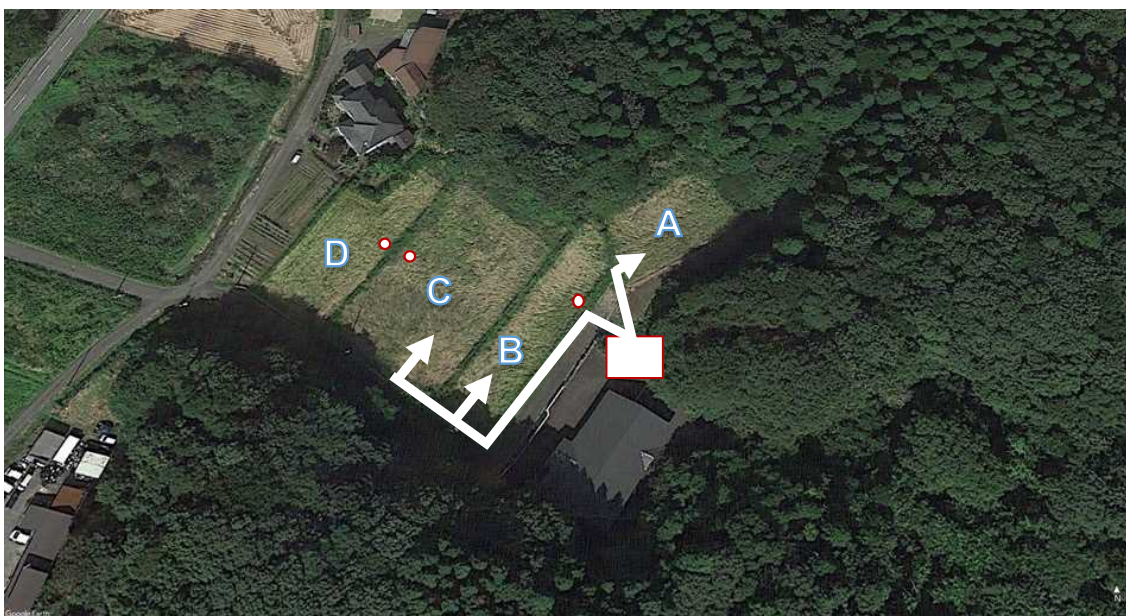


図1. 調査地の概要（Google earthより作成）

表 1. 各水田の面積と窒素添加量

	A	B	C	D
水田面積 (m ²)	540	600	1,500	760
窒素量 (g-N/m ²)	3.1	4.0	4.5	3.7

2. サンプルング方法

2021年6月から9月まで採水を行った。ただし、中干しと落水により採水できない時期があったため、6月21日、6月29日、7月5日、7月26日に採水した試料を分析に用いた。採水は、図1の赤丸の地点で表層水をヒシヤクにより採取した(図2)。各試料80 mL、または100 mLをガラスフィルターにより2回吸引ろ過した。ガラスろ紙はアルミ箔で遮光して-80℃で保存してクロロフィル*a* (Chl. *a*) の分析に用い、ろ液は低温で保存して栄養塩分析に用いた。また、試料水を100 mLのポリ瓶に移し、5%ホルマリンで固定して植物プランクトンの観察に用いた。

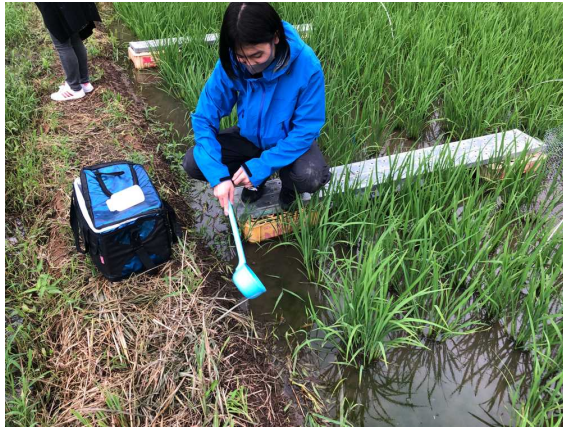


図 2. 採水の様子

3. 水質分析

3-1. 栄養塩類の分析

栄養塩類としてアンモニア態窒素 (NH₄-N)、亜硝酸態窒素 (NO₂-N)、硝酸態窒素 (NO₃-N)、リン酸態リン (PO₄-P) を自動分析装置QuAAtro 2HR (BLテック) により分析した。

3-2. Chl. *a*分析

保存していたガラスろ紙をアルミ箔から取り出し、丸めて遠沈管に入れた。90%メタノール水溶液 9 mLを加え、湯煎により30分間加熱した。遠心分離機に3000rpmで10分間の遠心分離後、上澄みを回収した。分光光度計 (UV-1280, 島津製作所) を用いて750, 665, 645, 630 nmの吸光度を測定した。750 nmにおいて90%メタノールでゼロ補正し、下記の式に従いChl. *a*の濃度を求めた。

$$\begin{aligned} \text{Chl. } a \text{ (}\mu\text{g/L)} &= (11.6D_{665} - 1.31D_{645} - 0.14D_{630}) \times f \\ f &= (V/V_f) \times (1/L) \\ V: &\text{抽出液総量 (mL)} & V_f: &\text{サンプルの濾過量 (L)} \\ L: &\text{セルの光路量 (L)} & D_{\text{数字}}: &\text{数字 nmにおける吸光度} \end{aligned}$$

4. 藻類の観察

試料をスライドガラスに滴下してプレパラートを作成し、光学顕微鏡 (BX51, オリンパス) で観察した。

5. 米の品質分析

2021年9月27日に収穫を行った。醸造品質として水分%, 整粒歩合%, 千粒重, 粗タンパク質%を測定した。また、安全性評価としてカドミウム (Cd), ヒ素 (As) の含有量をICP発光分析法により測定した。

【結果および考察】

1. 栄養塩類濃度

水田Aは処理水のみで栽培したため、水量が少なく採水できなかった。水田Bの7月5日で $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高くなったが、水稻の生育とともに窒素濃度は減少した（図3）。水田Cの7月26日では $\text{NO}_3\text{-N}$ が検出され、硝化が起きていると考えられた。また、農業集落排水処理施設の処理水と比較して、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度と $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が顕著に低下することから（表2）、水稻圃場で高度処理は可能であると考えた。

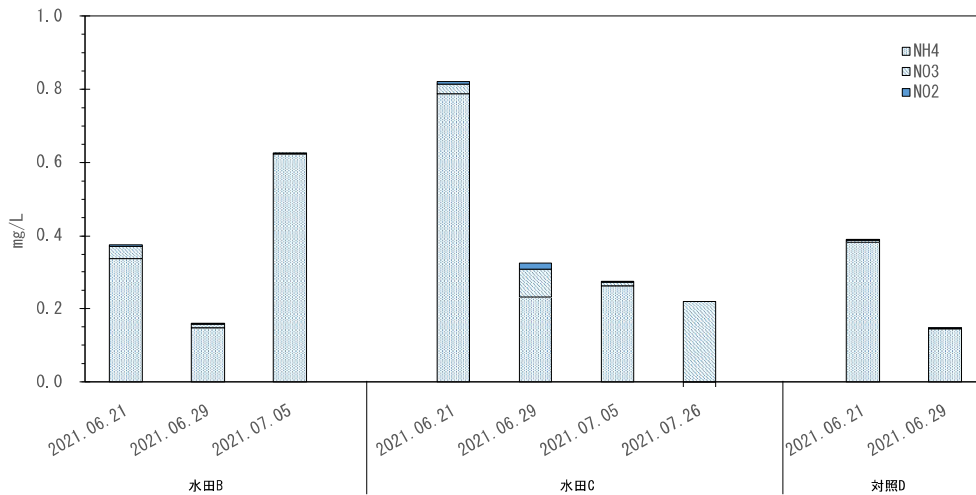


図3. 水田別の窒素濃度

表2. 試験期間中の栄養塩濃度（平均±標準偏差）

	処理水 (mg/L)	農業用水 (mg/L)	水田B (mg/L)	水田C (mg/L)	対照D (mg/L)
無機態窒素	17.7±3.33	0.28±0.13	0.39±0.23	0.40±0.29	0.26±0.01
$\text{NH}_4\text{-N}$	17.7±3.33	0.17±0.11	0.37±0.11	0.31±0.35	0.26±0.01
$\text{NO}_2\text{-N}$	ND*	ND	ND	0.01±0.01	ND
$\text{NO}_3\text{-N}$	0.04±0.00	0.11±0.02	0.02±0.02	0.08±0.10	ND
$\text{PO}_4\text{-P}$	1.05±0.37	ND	0.07±0.04	0.07±0.05	ND

* 不検出

2. Chl. a濃度と藻類観察

藻類量の指標であるChl. aを分析した結果、処理水区である水田Bと水田Cは対照Dと比較してもChl. a濃度が低く（図4）、処理水の流入による藻類の異常発生などは観察されなかった。今回は主にアオミドロしか観察されなかったが（図5）、土壌中の微生物への影響も調べたい。

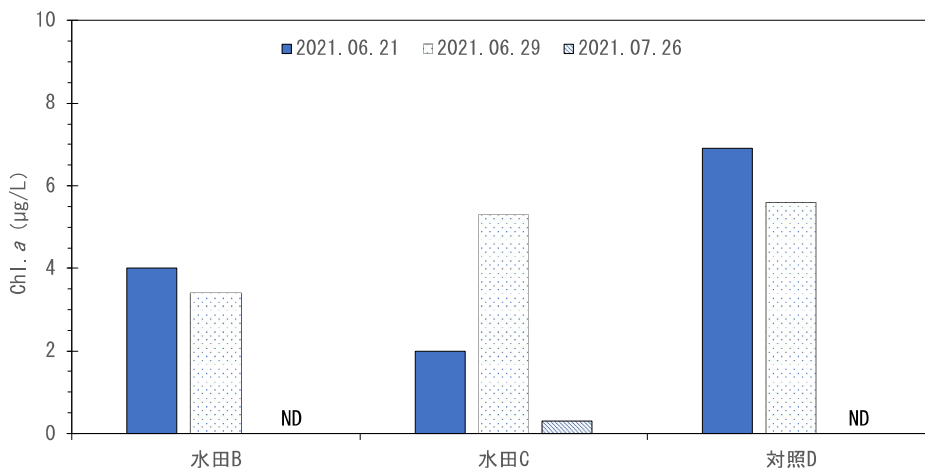


図4. 水田別のChl. a濃度

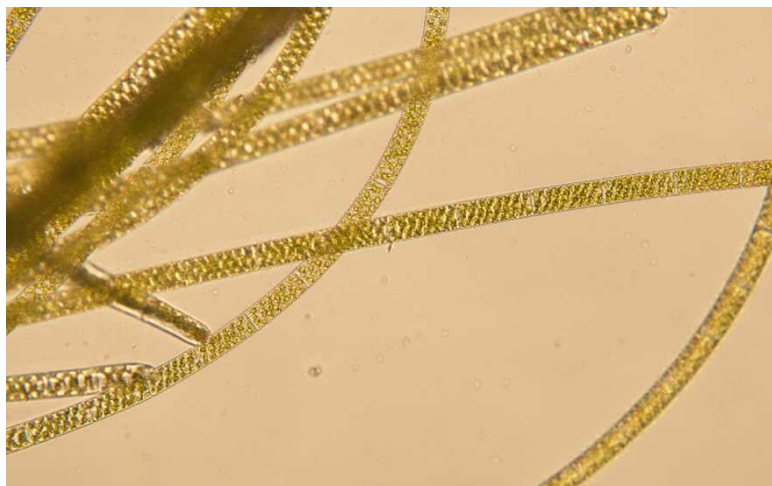


図 5. 水田で観察された藻類（アオミドロ）

3. 米の品質

処理水区である水田BとCは対照Dよりも収量が高く（表 3），処理水の導入により収量が増加した。水量が少なかった水田Aでは収量が低かった。粗タンパク質は目標値より高かったが，概ね醸造品質を満たしていた。また，処理水区でのCd含有量は平均0.06 mg/kg（基準値0.4），As含有量は平均0.13 mg/kg（基準値0.35）であり，基準値より低かった。粗タンパク質が高かった原因として窒素供給過多が考えられるが，増田らが別の農業集落排水処理施設で行った実験では，酒米より上流で飼料米を栽培したことで粗タンパク質が5.7～6.8%に抑えられていた¹⁾。栽培時に別の品種を組み合わせることで，より醸造に適した米になるのではないかと考えた。

表 3. 米の収量品質と醸造品質の比較

	収量 (g/m ²)	水分 (%)	整粒歩合 (%)	千粒重 (g)	粗タンパク質 (%)
処理水区A	474	14.6	78.6	26.4	8.1
処理水区B	752	14.8	78.7	27.1	9.2
処理水区C	780	14.7	79.4	26.9	9.4
対照区D	680	15.0	77.5	27.1	8.2
目標値	500	15	65以上	28.5以下	6.5～8.0

【まとめ】

- ・栄養塩類濃度が低下し，水稻圃場で高度処理は可能であった
- ・圃場排水に大規模な藻類発生などの影響は確認されなかった
- ・収穫物の品質は基準値および目標値内であり，品質への影響はなかった

【謝辞】

本研究は，調査地の提供や収穫物の分析データなどを秋田工業高等専門学校 増田周平 准教授にご提供頂き，多大な協力を頂きました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 増田周平，竹田壮太，児玉雅，PHAM Duy Dong，岡野邦宏，宮田直幸，渡部徹：下水処理水を用いた酒造好適米栽培における玄米品質と安全性の評価．土木学会論文集G(環境)，Vol. 75(2) (2019) 65-74.