

VI 研究報告等

1	霞ヶ浦湖岸ハス田地帯からの負荷特性……………	77
	北村立実, 吉尾卓宏, 黒田久雄	
2	沢渡川における植物による植生浄化……………	82
	高玉はるか, 北村立実, 根岸正美, 清木徹	
3	霞ヶ浦の水質汚濁機構の解明に向け平成 21 年度までに取り組んだ 調査研究成果の概要	
3-1	霞ヶ浦における優占藻類種の動態及び優占機構の解明に関する調査研究……………	93
3-2	霞ヶ浦の溶存態有機物に関する調査研究……………	96
3-3	霞ヶ浦のリンの増加原因に関する試験研究……………	98
3-4	ハス田から流出する汚濁負荷の削減に関する試験研究……………	100
4	茨城県霞ヶ浦環境科学センター調査研究計画（第 2 期調査研究計画）……………	102

霞ヶ浦湖岸ハス田地帯からの負荷特性

北村 立実, 吉尾 卓宏, 黒田 久雄 *1

Characteristics of load from lotus field along Lake Kasumigaura

Tatsumi KITAMURA, Takahiro YOSHIO, Hisao KURODA

キーワード：湖岸ハス田地帯, 用排水機場, 差し引き排出負荷量

1 はじめに

茨城県のレンコン作付面積は 1,580 ha であり全国の 39% を占め, 収穫量および出荷量は全国 1 位である¹⁾. さらに作付面積の約 9 割が霞ヶ浦湖岸に分布している²⁾. また, 茨城県ではレンコンを収穫する際に地下水をポンプで汲上げて水圧を噴射して泥をよける「水堀り」と呼ばれる収穫手法が一般的に用いられている. そのため, ハス田から濁水が生じ, それによる霞ヶ浦への水質汚濁が懸念されている. 茨城県では面源負荷や点源負荷等の陸域から霞ヶ浦への負荷削減対策を第 5 期水質保全計画の基で目標値を設定して実施している³⁾. しかし, 排出負荷の算定には原単位法が用いられているが, その原単位を設定するための実態調査不足による課題が挙げられている⁴⁾. そこで本研究では霞ヶ浦湖岸ハス田地帯を対象として上流域から河川の取水によってかんがいを実施しているハス田地帯からの排出負荷機構の特性について検討したので報告する.

2 調査地区と用排水機場の状況

2-1 調査地区の状況

本調査地区は霞ヶ浦(西浦)湖岸のかすみがうら市南部の戸崎地区(55 ha)である. Fig.1 に本調査地区の概要を示した. 土地利用はほとんどがハス田であるが, 県道沿いには住宅が 10 戸見られる. 本調査地区沿いの東側には川尻川が流れている. 地区上流部にはその河川から取水

Fig. 1 調査地区概要

するための堰が 2 箇所 (St.1 と St.2) 設置されている. St.1 で取水した水は水路を通過して県道まで途中のハス田にかんがいしながら流下する. 県道に達すると分岐点があり東西に県道に沿って分流し, それぞれ小水路からさらにかんがいしながら流下し, 最終的には最下流部の湖岸沿いの堤脚水路に流出する. 堤脚水路には川尻川に繋がる樋門 (St.3) や霞ヶ浦と繋がる樋門 (St.4) と戸崎用排水機場 (St.5) が設置されており, それらから地区外に流出する. また, 川尻川からの取水が不足する場合には戸崎用排水機場 (以下, 機場と称す) で揚水ポンプによって県道の分岐点まで揚水し, St.1 から取水した水と同様に東西に分流して下流に向けてかんがいを行う. レンコンの栽培管理を Table 1 に示した.

Table 1 栽培管理

	2008年			2009年								
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
基肥							4/1	4/30				
代かき							4/10	4/30				
種付け							4/10	5/20				
追肥								5/20~6/15	7/1~7/30	8/1~8/10		
収穫	10/1							5/20				

*1 茨城大学農学部

2-2 機場の構造および排水方法

機場周辺の水流の概観を Fig.2 に示した。機場敷地内に調圧水槽が設置されており、堤脚水路と霞ヶ浦を繋ぐ樋管が通っている。調圧水槽内にはゲートが設置してあり、ゲートは常に空いているため、基本的には堤脚水路の水と霞ヶ浦湖水の交換が両者の水位差によって自由に行われる。機場には揚水ポンプ 1 機 ($10.26 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$) および機械排水ポンプ 2 機 (常時機械排水ポンプ: $8 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ および緊急機械排水ポンプ: $34 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$) が設置されている。揚水ポンプ稼働時は霞ヶ浦湖水と堤脚水路の水が混合して揚水される。

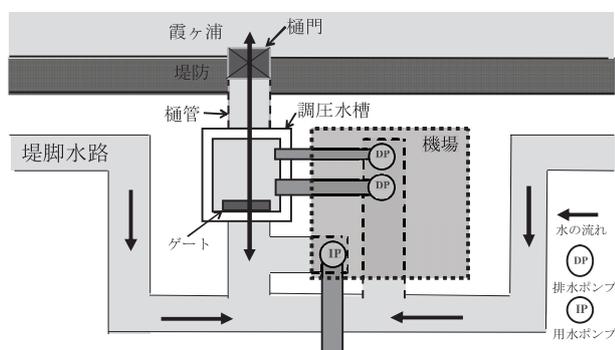


Fig. 2 機場周辺の水流の概観

3 調査方法

2008年10月17日～2009年9月30日までの348日間実施した。流入2箇所の堰 (Fig.1: St.1とSt.2) と流出2箇所の樋門 (St.3とSt.4) は週1回採水し、電磁流速計 (アレック電子株式会社製 AEM1-D) で流速を測定および断面面積を計測することで流量を算出した。また、用排水機場 (Fig.1: St.5) の調圧水槽と霞ヶ浦を繋ぐ樋管に電磁流速計 (東京計測社製 SF-5511・SFT-200-12X) を設置し、5分間隔で流速を計測した。そして樋管の断面面積を計測することで調査地区と霞ヶ浦間の流向と流量を算出した。さらに、調圧水槽内に自動採水機 (ISCO 社製 6712FR/NR) を設置し、原則1日2回採水した。揚水量は揚水ポンプ能力と稼働時間から計算し、揚水毎に揚水の排出口で採水した。降雨量は気象庁アメダスデータ (土浦) を用い、降雨は茨城県霞ヶ浦環境科学センターの

降雨採水器 (小笠原計器製 US-330) で採取した。分析項目としては SS, COD, T-N, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, T-P, $\text{PO}_4\text{-P}$ とし JIS 法に準拠した分析を行った。

4 結果と考察

4-1 調査地区内の水管理

本調査地区は基本的に年間を通して川尻川から取水してした。しかし、収穫期、特に年末年始は収穫の最盛期であり、多量の地下水を利用して収穫するため河川からの取水が必要ないので、取水の頻度は少なかった。また、7月1日から30日は流出3箇所のゲートを閉じて堤脚水路に排水を貯留し、揚水ポンプによって排水を循環させる循環かんがいを実施した。ただし、循環かんがいは昼間のみで、揚水ポンプが停止する夜間は堤脚水路に排水を貯留しきれないため、用排水機場のゲートのみを開放して霞ヶ浦へ排水した。

Fig.3 に調査地区の流入量と流出量の経月変化を示す。ただし、10月は17日から開始したため14日間の流量で表示した。地下水は収穫の際の掘り取りに用いられるジェット水であり、小松らが実施した普通水圧掘りの利用水量 $496.2 \text{ mm}/573.5 \text{ m}^2$ を用い⁵⁾、さらにレンコンは収穫後即日出荷のため、JA土浦の月別出荷量の割合に応じて地下水量を月別に算出した。蒸発散量はペンマン法によって算出した⁶⁾。St.3およびSt.4は毎月の排水量にSt.5で調査した年間の晴天と降雨の排水量の比率を用いて、降雨を考慮した排水量を算出した。ただし、1日当たり 5 mm 以上をかんがいの有効雨量の降雨とし、 5 mm 未満を晴天とした⁷⁾。さらに、流出3箇所は霞ヶ浦の水位によっては逆流するため、逆流した場合は霞ヶ浦取水として加算した。その結果、4月から6月の代かき・植付け期や追肥期にかけて流入量は約 $250,000 \text{ m}^3$ 、流出量は約 $200,000 \text{ m}^3$ と流入量が大きく、7月から9月にかけても水量は小さくなるものの、流入量は $150,000 \sim 250,000 \text{ m}^3$ で、流出量が約 $100,000 \text{ m}^3$ と流入水量の方が大きくなる傾向が見られた。また、10月から収穫期に入ると地下水の流入が始まり、特に収穫の最盛期となる12月は地下水

が大きな割合を占め、流入量が約 100,000 m³であったものが、流出量が約 150,000 m³となり、流出量の方が大きくなる傾向が見られた。これらのことから収穫期は地下水やハス田に貯留されていた水が流出し、収穫期以外はハス田に貯留されていたと考えられた。

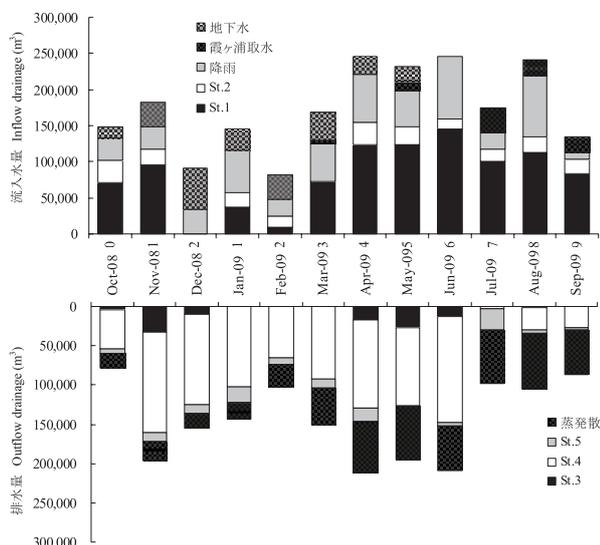


Fig. 3 流入水量と流出水量の経月変化

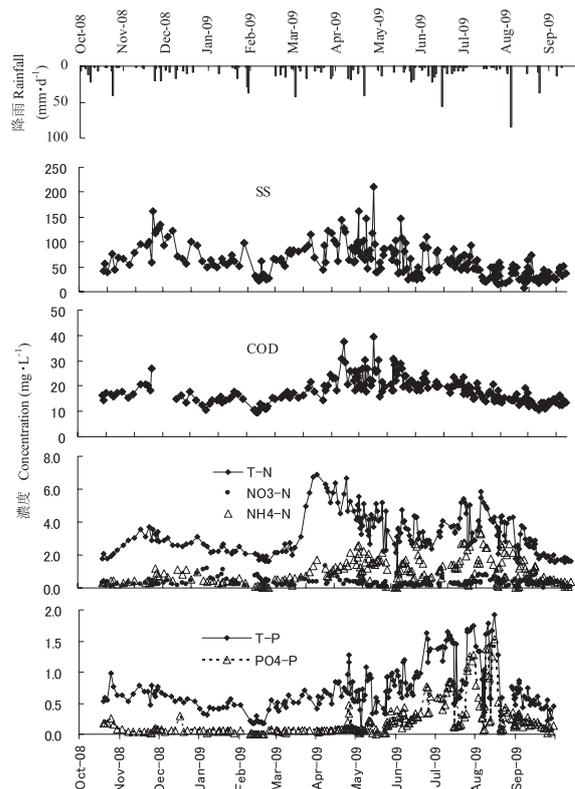


Fig. 4 用排水機場からの排水の水質変動

4-2 用排水機場における排水の水質変動

Fig.4 に用排水機場における排水の水質変動を示した。収穫期の11月から翌年1月にかけてSS濃度が 162 mg · L⁻¹まで上昇し、窒素濃度では T-N が 3.6 mg · L⁻¹, NH₄-N が 1.1 mg · L⁻¹, リン濃度では T-P が 0.79 mg · L⁻¹, PO₄-P は 0.29 mg · L⁻¹まで上昇した。その後は、すべての水質で低下する傾向が見られた。しかし、4月の代かき期から再び上昇する傾向が見られ、SS濃度が 210 mg · L⁻¹, COD濃度が 39 mg · L⁻¹, 窒素濃度では T-N で 3.9 mg · L⁻¹, NH₄-N が 2.5 mg · L⁻¹, リン濃度では T-P が 1.2mg · L⁻¹, PO₄-P は 0.47 mg · L⁻¹まで上昇し、収穫期の排水よりも代かき期の排水の方が、水質濃度が大きく上昇した。また、5月下旬から8月にかけて NH₄-N で 3.3 mg · L⁻¹, や PO₄-P で 1.7 mg · L⁻¹, の濃度まで大きく上昇したことから施肥による影響と考えられた。

また、Table 2 に取水2箇所 (St.1, St.2) と排水3箇所 (St.3, St.4, St.5) の水質濃度の特徴を示す。SS, COD, T-P の年平均濃度は取水2箇所より排水3箇所の方が2倍近く高かったが、

T-N では大きな差は見られなかった。変動係数は取水の方が高い傾向が見られた。また、排水3箇所で比較すると St.4 が最も年平均濃度が高かった。これらのことから、懸濁物質に関する項目が高濃度で比較的安定して排水していることから地区で発生した濁質成分が排水されていることが示唆された。さらに、St.4 は他の排水箇所と比較して流量も大きかったことから、堤脚水路の底泥を巻き上げながら排水していたと考えられた。形態別では、年平均濃度が NO₃-N で取水の方が高く、PO₄-P では排水の方が高かった。変動係数は NH₄-N と PO₄-P で排水の方が高かった。これらのことから窒素やリンの栄養塩成分についても栽培時期等の流域の管理状況によって排水の濃度が変動していたと考えられた。

4-3 ハス田地帯からの負荷特性

本調査地区における COD, T-N, T-P の流入負荷量と排出負荷量の経月変化を Fig.5 に示す。St.3 と St.4 の排出負荷量は排水量の算出と同様に各項目の年間の晴天と降雨の負荷量の比率を用いて降雨を考慮した負荷量を算出した。変動

Table 2 取水および排水の水質

	流入		流出			
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	
SS	平均濃度	33	24	51	81	82
	(min-max)	(4-155)	(7-149)	(14-186)	(12-268)	(7-210)
	標準偏差	36	29	38	54	32
	変動係数	109	118	75	67	52
COD	平均濃度	12.6	11.8	20.0	23.0	18.2
	(min-max)	(7.3-24.7)	(6.9-24.4)	(9.8-29.4)	(9.1-49.0)	(9.4-39.3)
	標準偏差	3.5	3.6	5.1	8.2	5.0
	変動係数	28	30	25	36	27
T-N	平均濃度	3.2	3.1	3.0	3.5	3.3
	(min-max)	(0.8-5.5)	(1.8-4.7)	(1.1-6.7)	(0.9-14.6)	(1.0-6.9)
	標準偏差	1.1	0.7	1.4	2.4	1.2
	変動係数	35	23	47	69	37
NO ₃ -N	平均濃度	0.78	1.35	0.26	0.09	0.33
	(min-max)	(0.31-1.77)	(0.15-2.50)	(0.02-1.67)	(0.00-0.62)	(0.00-1.35)
	標準偏差	0.35	0.45	0.38	0.13	0.23
	変動係数	46	33	127	137	70
NH ₄ -N	平均濃度	0.93	0.55	0.54	0.97	0.97
	(min-max)	(0.09-2.88)	(0.10-1.50)	(0.05-1.55)	(0.05-7.54)	(0.00-3.35)
	標準偏差	0.67	0.32	0.44	1.26	0.74
	変動係数	73	59	82	131	76
T-P	平均濃度	0.37	0.36	0.72	0.78	0.75
	(min-max)	(0.18-1.10)	(0.10-1.50)	(0.22-1.59)	(0.21-1.39)	(0.17-1.91)
	標準偏差	0.14	0.14	0.30	0.30	0.38
	変動係数	37	38	41	38	51
PO ₄ -P	平均濃度	0.09	0.10	0.29	0.23	0.23
	(min-max)	(0.01-0.16)	(0.01-0.24)	(0.02-0.80)	(0.02-0.82)	(0.00-1.54)
	標準偏差	0.04	0.05	0.22	0.23	0.29
	変動係数	46	48	78	100	123
	n=53	n=50	n=32	n=46	n=228	

の傾向として、流入負荷量は1月～3月の収穫の最盛期に減少し、4月～7月の代かき・植付け期、追肥期にかけて増加する傾向が見られ、最大でCODでは5月に54 kg・ha⁻¹、T-Nでは4月に13.1 kg・ha⁻¹、T-Pでは7月に1.55 kg・ha⁻¹まで増加した。4月～6月まではSt.1からの流入負荷量の割合が大きかったが、7月は霞ヶ浦取水の割合が大きかった。

また、流出負荷量はすべての項目で11月～翌年1月の収穫期に増加し、4月から6月の代かき・植付け期と追肥期の始めにかけて再び大きく増加する傾向が見られ、最大でCODは4月に80 kg・ha⁻¹、T-Nは4月に28.2 kg・ha⁻¹、T-Pは6月に3.49 kg・ha⁻¹まで増加し、収穫期よりも代かき・植付け期の方が高い傾向が見られた。また、CODとT-Pに関しては10月～翌年5月までの収穫期と代かき・植付け期は流入負荷量よりも流出負荷量が常に大きかった。田淵・高村は、水田の流入と流出の差し引き負荷から水田の機能として吸収型と排出型に区分していることから⁸⁾、今回の調査についてもCOD、T-N、T-Pで差し引き排出負荷量を算出したところ、CODで160 kg・ha⁻¹、T-Nで10 kg・ha⁻¹、T-Pで8 kg・ha⁻¹となり、排出型となった。

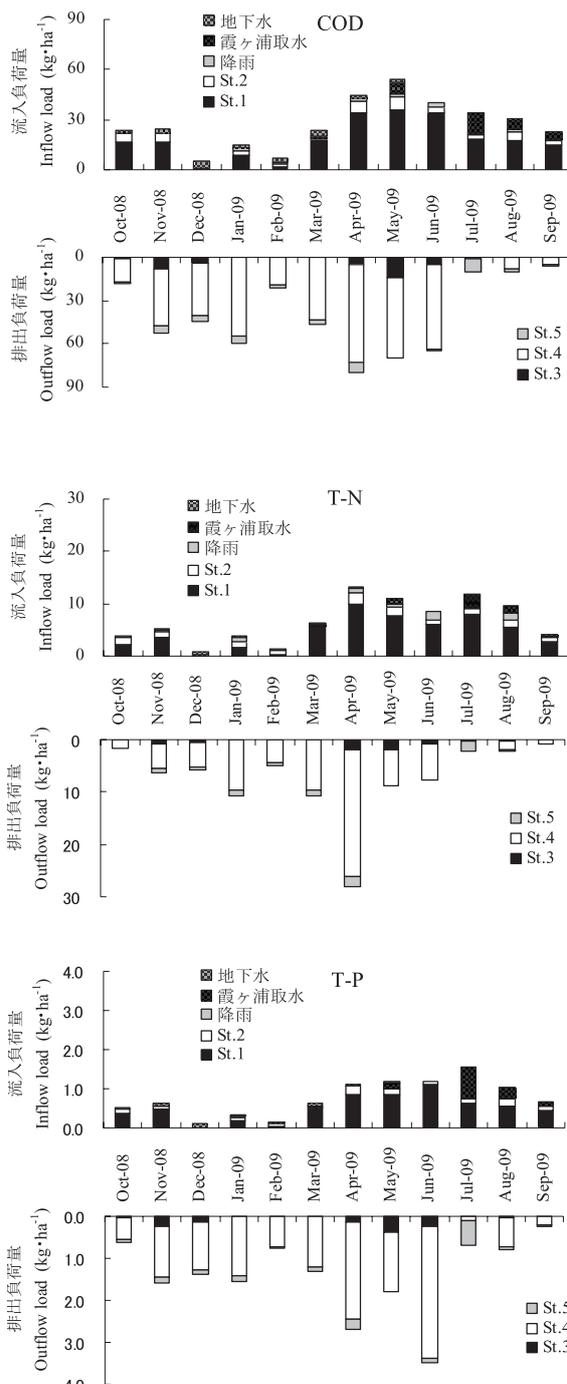


Fig. 5 流入負荷量と排出負荷量の経月変化

5 まとめ

霞ヶ浦湖岸ハス田地帯における流入および流出負荷量調査を行い、調査地区内の水収支や排出負荷の特性について検討した。その結果、以下のような知見が得られた。

- ・4月から9月までは流入水量の方が大きかったが、10月以降は流出水量の方が大きかった。10

- 月以降は収穫による地下水の利用によって流入水量よりも流出水量が上回ったと考えられた。
- ・収穫期の流出水よりも代かき・植え付け期や追肥期の流出水の方がSS濃度，窒素濃度，リン濃度が高い傾向が見られた。
 - ・COD，T-Nでは代かき・植え付け期で流出負荷量の方が最も大きくなり，T-Pでは追肥期で最も大きくなった。
 - ・調査期間におけるCOD，T-N，T-Pの差し引き排出負荷量はCODで $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ，T-Nで $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ，T-Pで $8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ となった。

本調査地区においては，すべての項目で排出型となったが，今回の調査地区とは異なる霞ヶ浦湖岸のハス田地帯における黒田らの研究では窒素について吸収型になった事例もある⁹⁾。このことから，ハス田地帯の水管理や土地条件によって負荷の特性は異なることが考えられるため，それらを考慮した研究を行う必要がある。

謝辞

本研究を行うに当たり，戸崎土地改良区の飯田理事長を初めとする調査地区の農家の方々，茨城県県南農林事務所土地改良部門の職員の方々に現地調査や資料提供等，多大なるご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 農林水産省大臣官房統計部 (2008) : 平成20年度産秋冬野菜等の作付面積, p57.
- 2) 関東農政局水戸統計・情報センター (2003) : 茨城農林水産統計年報, p84.
- 3) 茨城県生活環境部環境政策課 (2009) : 平成21年度版 環境白書, 59-63.
- 4) 田渕俊雄 (2008) : 第5期湖沼水質保全計画—その特徴と課題, 用水と廃水, 50, 1, 9-17
- 5) 小松鋭太郎, 石塚由之, 松沢義郎 (1989) : レンコン栽培田における三要素の動向と収支について, 茨城園試研報, 14, 90-108.
- 6) 三浦健志, 奥野林太郎 (1993) : ペンマン式による蒸発散位計算方法の詳細, 農土論集, 164, 157-163.
- 7) 社団法人農業農村工学会 (2007) : 改訂5版 農業土木標準用語事典, p54.
- 8) 田渕俊雄, 高村義親 (1985) : 集水域からの窒素・リンの流出, 東京大学出版会, 75-129.
- 9) 黒田久雄, 加藤 亮, 中曾根英雄 (2010) : ハス田群からの流出負荷量調査について, 農業農村工学会論文集, 265, 47-53.

沢渡川における植物による植生浄化

高玉はるか^{*1*2} 北村立実 根岸正美 清木徹^{*1}

Water purification by plants in Sawatari River

Haruka TAKADAMA, Tatsumi KITAMURA, Masami NEGISHI and Tohru SEIKI

キーワード：沢渡川，植生浄化，ヨシ，CNP，除去率

1. はじめに

植生浄化法は1970年代以降、日本各地の水辺において施行され、調査されてきた(1-8)。植生浄化とは植物を配した浄化施設を用い、汚濁した河川・湖沼・湿地などの水質を浄化する方法である。植生浄化の特徴的な効果は「流速及び光の減衰効果」、「沈殿促進効果」、「付着微生物の役割」、「栄養塩の吸収」、「根からの酸素放出」の5点が指摘されている¹⁾。

茨城県においても沢渡川緑地を利用して緑地内に河川水を導き、植物の自然機能を有効に利用する水質浄化対策が策定され、調査が行われているが、浄化効率について詳細な検討が行われていないため、効果の有効性が判断しにくいものとなっている^{9,10)}。

そこで本研究では、沢渡川における植物の自然機能を利用した水質浄化の調査を更に詳しく行うことで現在の浄化状態を把握し、その浄化効率を他のフィールドと比較、検討することで、沢渡川の植生浄化効果の有無を科学的に評価することを目的として調査、解析を行った。

2. 調査方法及び測定項目

沢渡川は茨城県水戸市双葉台を源とし、水戸市のほぼ中央を東流し、桜川に合流する流路約6km、流域面積14.6km²の一級河川である。上流は双葉台浄化センター(標準活性汚泥法)と大塚・赤塚浄化センター(回分式活性汚泥法)の排水があるが、農業用水として利用され、中流以降は下水道の未整備区域の住宅や団地などからの生活雑排水が流入し、下流域には沢渡川緑地が設けられている。

調査した植物浄化施設は沢渡川緑地の池内に設置されたもので(以下、試験地とする)、水面積4200m²、水深約0.3mで、平均流入水量は1000m³/時間、平均滞留時間は約1時間である。中央部分には主にヨシ*Phragmites communis Trinicus*が植栽されている(図1)。試験池は沢渡川から河川水を引いており、その水はヨシ群落を通り流出口へと流れていく。ヨシ群落をさむように流入側(St.1)と流出側(St.2)の2地点で水質調査し、窒素やリン等の物質収支を測定した。また、50×50cm角のコドラートをを用いてヨシの密度や現存量、生長速度も測定した。

調査は2007年12月の冬期に1回と、2008年3月～10月の間に月1回の頻度で行った。植物による水中の窒素、リンの浄化量は流入、流出水の物質収支(物質収支法)とヨシの取り込み量(摂取法)の2種類の方法で検討を行った。

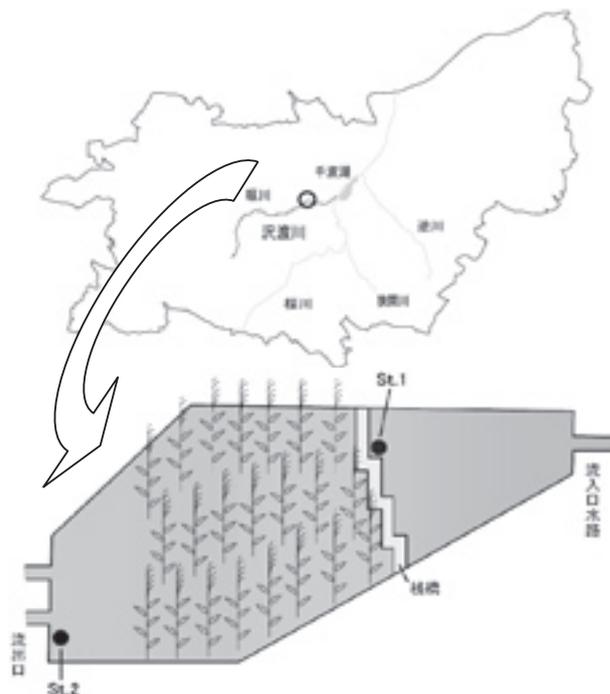


図1 試験池の模式図

*1 茨城大学教育学部

*2 (現)独立行政法人水資源機構

また有機物の浄化量については水中の TOC の物質収支と水中の DO 変化量の両面から検討を行った。

水質及びヨシの測定方法を表 1, 2 にそれぞれ示す。なお, POC, PON, POP は試料をガラス繊維ろ紙 (Whatman GFC) でろ過し, ろ紙上に残ったものを表 1 の方法で測定を行った。

表 1 水質分析の測定項目及び方法

測定項目	測定方法
水温	水質チェッカー
DO	(TOA, WQC-22A)
SS	ガラス繊維ろ紙(Whatman GFC)
TOC	燃焼非分散形赤外線ガス分析法 (島津TOC-5000A)
NH ₄ -N	インドフェノール法
NO ₂ -N	ナフチルエチレンジアミン法
NO ₃ -N T-N	紫外線吸光光度法
PO ₄ -P T-P POP	モリブデン青法
POC PON	CNコーダー (Vector,EURO EA3000 Series)
Clh.a	Parson&Strickland(1963) 吸光法11)

表 2 ヨシ分析の測定項目及び方法

測定項目	測定方法
密度	コドラート
乾燥重量	重量測定
IL, T-P	IL 法 ¹²⁾
T-C, T-N	CN コーダー (Vector,EURO EA3000 Series)

3. 結果及び考察

3-1 有機物の浄化量

調査池は滞留時間が短く, また流量変動が少ないことから (図 2), 流量の影響はほとんど無視できるため除去率は以下の式から計算して求めた。

$$\text{除去率 (\%)} = \frac{\text{流入水質 (mg/l)} - \text{流出水質 (mg/l)}}{\text{流入水質 (mg/l)}} \times 100$$

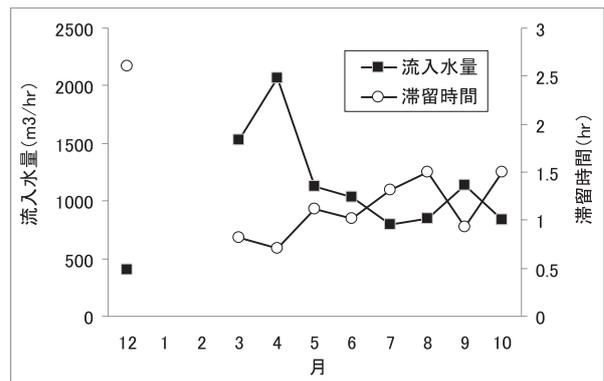


図 2 滞留時間と流入水量の変化

(1) 懸濁物質

本来, 植生浄化では SS の沈降・ろ過作用による浄化が大きいと言われ, 多くの実験でもそれが証明されている¹⁻⁸⁾。しかし本調査では, SS, POC, PON, POP の懸濁物質は除去効果が見られなかった (図 3)。SS については測定期間を通して St.1 と St.2 で視覚的に異なる特徴が認められ, St.1 においては SS の粒径が St.2 よりも大きく, SS 濃度も低かった。このことから St.1 から流入した SS はヨシフィルターを通過することで分解・微細化され, St.2 にたどり着くことが考えられる。

St.2 で水中の SS 濃度が増大した理由としては底泥の巻上げが考えられる。試験池内にはコイや水鳥が多数生息しており, 微細粒子の巻上げが起こりやすい状態であったため, 今回の SS の逆転現象はその影響によるものではないかと推測された。

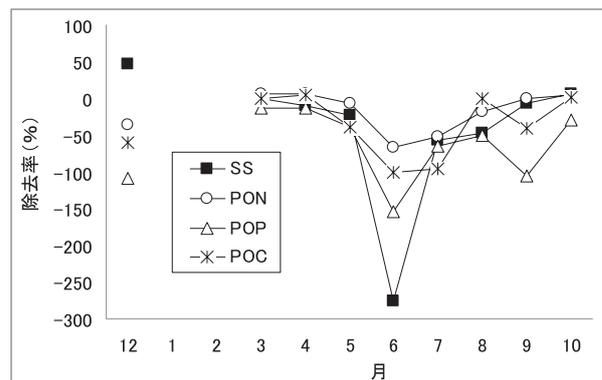


図 3 懸濁物質の除去率の経月変化

(2) 有機物

TOC の除去率を見てみると春先は 40%前後と高めだが, それ以降は減少傾向にある (図 4)。6 月, 7 月の除去率は 0%前後まで落ちているが,

これは懸濁粒子の影響であると考えられる。

POCの除去率は0%前後かマイナス値でPOC除去の効果はない様子が伺われ(図3), 有機炭素に関してはDOC(溶存態有機炭素)の除去効果によるものであるということが言える。

次に, 流入, 流出地点における水中のDO濃度の変化を図5に示す。図5において, 全体的にSt.1よりSt.2の方が低い傾向が認められる。St.1とSt.2とも12月(冬期)から翌年10月にかけて減少傾向にある。St.1においては12月(冬期), 3月, 4月では10mg/l以上であるが, 5月以降に大きく減少し, 10月では12月の半分までに減っている。St.2においては9月を除いてSt.1より2~4mg/lの減少が認められた。

これらの結果を踏まえて, St.1に対するSt.2におけるDO濃度の減少量から, 呼吸商 CO_2/O_2 (mol) \approx 1と仮定して付着微生物による有機炭素分解量を求め, 物質収支法から求めた分解速度との比較を行った(図6)。n = 9の時, 危険率5%で有意な相関係数 $R = 0.66$ ($R^2 = 0.44$)である。両者の値はほぼ一致しており, 有機物の減少速度は最大で約 $40g-C/m^2/日$ に達することが確認された。物質収支法による水中有機炭素の減少は懸濁物の沈降, 底泥への堆積によっても生じるが, 3-1-1)で示したように懸濁物の沈降効果は少ないことや, 両方での速度がほぼ一致していることから, この減少速度はヨシの付着微生物による分解効果によるものと考えられる。

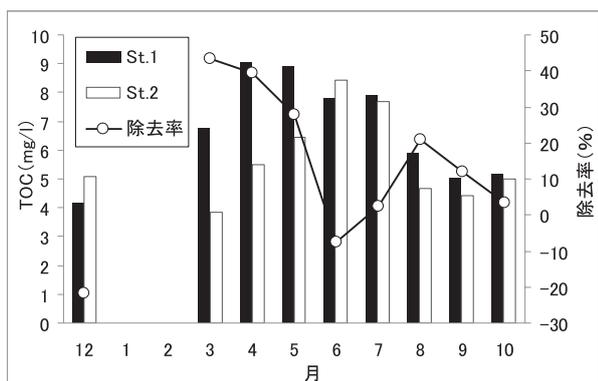


図4 St.1, 2のTOC濃度の比較と除去率

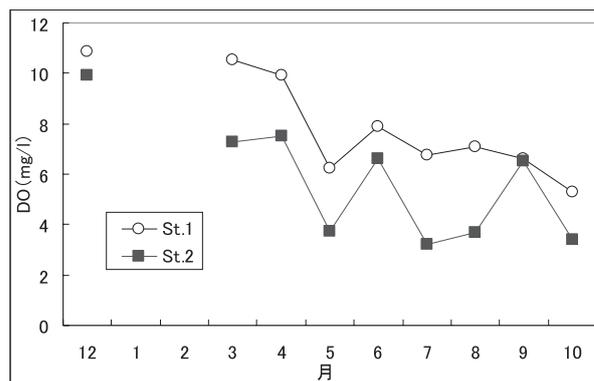


図5 2地点でのDO濃度の比較

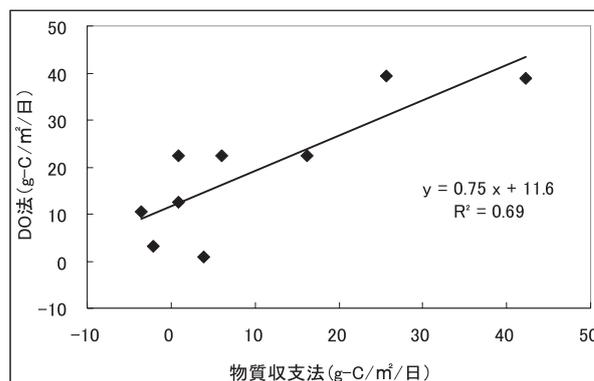


図6 物質収支法とDO法による有機炭素減少速度の比較

3-2 水中の物質収支による窒素, リンの浄化(物質収支法)

(1) 窒素

流入, 流出地点のT-N濃度の月別比較と形態別窒素除去率の月別変化を, それぞれ図7, 8に示す。

窒素の除去率を見ると, T-Nは全体的にSt.1がSt.2を上回っているのが, どの月の除去率を見ても5%以上である。除去率は4月から7月にかけて上昇しており, また8月から10月にかけても上昇が見られる。この除去率の挙動はDINの除去率の挙動とよく似ている。NH₄-Nは6月, 7月, 10月では除去率も高めであるが, それ以外では除去率は0%もしくはマイナス値である。NO₂-N量は他の形態に比べて小さく, 窒素除去にほとんど影響がないため, 除去率表示を省略した。NO₃-Nは測定期間を通して常にSt.2がSt.1を下回っているため除去はされているものの, 2~14%とあまり高くはない。DIN全体で見ると, その挙動はNH₄-Nと最も良く似ており, 除去率は8月を除

ば5%以上である。特に7月の除去率は高く30%であった。NH₄-Nだけが夏期にマイナス値になる理由として底泥からの溶出が挙げられる。水中-底泥間では均衡状態になっており、この均衡状態が崩れると拡散(溶出・吸着)が起こる。水中の方が底泥(間隙水中)より濃度が高い場合の拡散はDIPもDINも同じである。しかし底泥(間隙水中)が水中より濃度が高い場合には、DIPは好気的な土壌表層部で吸着されるが、DINには吸着作用は働かないという違いがある。つまりDINは土壌に吸着されにくいいため、底泥(間隙水中)の方が水中より濃度が高くなると随時溶出が起こると考えられる。夏期において、底泥中の有機物の分解が促進され根からの吸収を上回り、水中へ溶出していると考えられるので、夏期には底泥からのNH₄-Nの溶出が生じ、除去率がマイナス値になったと推察できる。T-N浄化量は2.2~9.1g/m²/日で、平均5.5g/m²/日であった。4月~7月に6~9g/m²/日で増加が見られ、8月~10月に2~5g/m²/日で増加が見られた(図15参照)。

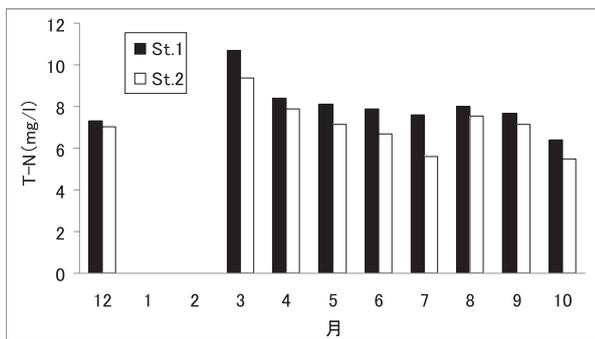


図7 St.1, 2のT-N濃度の比較

(2) リン

流入, 流出地点のT-P濃度の月別比較と形態別リン除去率の月別変遷を、それぞれ図9, 10に示す。

T-Pの除去率を見てみると、6月を除き、全体的にSt.2がSt.1を下回っているので、10%前後の除去率が認められた。12月(冬期)での除去率は高く45%であった。除去率の変化傾向はDINの挙動と類似していた。

DIPの除去率を見ると、3月~7月まで10%~50%にまで上昇し、8月以降は35%前後で一定になった。このことから、T-P除去率の6月のマイナス値は、POPの影響が大きいのということが推測される。また、12月(冬期)でも除去率は高く、T-Pと同様で45%であった。

T-P浄化量を見ると、-0.24~0.31g/m²/日で、平均0.13g/m²/日であった。4月~5月に約0.15~0.3g/m²/日で増加が見られたが、6月にマイナス値であった。また、6月~8月に約-0.25~0.3g/m²/日で増加が見られたが、8月以降に浄化量は減少し、10月には0.13g/m²/日であった(図17参照)。

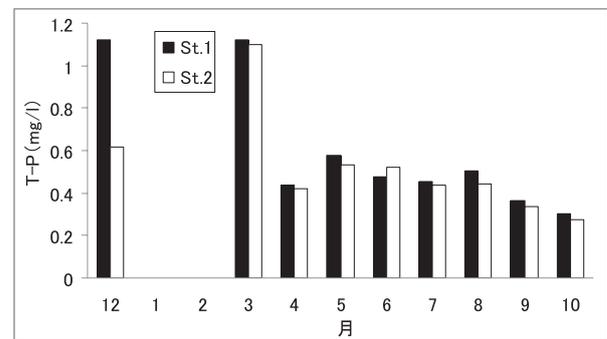


図9 St.1, 2のT-P濃度の比較

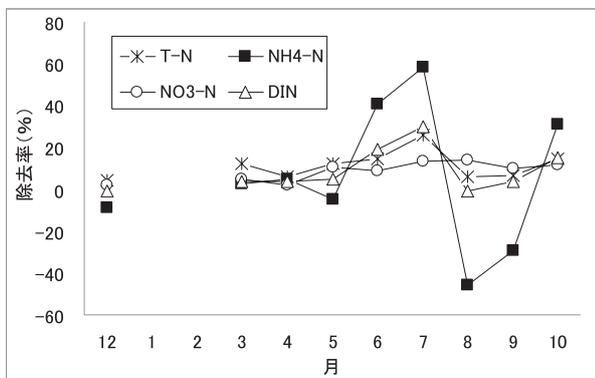


図8 窒素項目の除去率

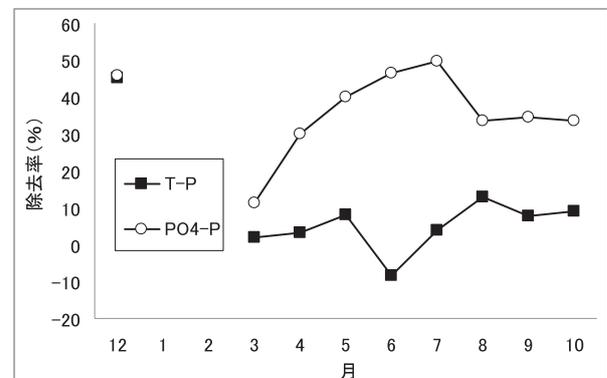


図10 リン項目の除去率

3-3 成長に伴うヨシの有機物及び窒素、リンの含量の変化

ヨシの生成データ（高さ、密度、乾燥重量）を図11, 12及び表3に示す。またヨシの部位（穂・茎・葉）別N, P含有量の月別変遷を図13, 14に、部位別のN/P比を表4に示す。

測定に用いた12月, 3月のヨシは、4月～10月のヨシの1世代前の株である。また4月～10月は今年度に新しく出芽した世代株である。4月～10月においては今年度に新しく出芽した世代

を採取、カウントし、1世代前のヨシや立ち枯れを起こしているものは含まれない。

ヨシの全体の丈の生長は夏期がピークであるが、N, P含有量は伸長・重量以外にも出穂時期の影響も受けるため秋期にも増大することが確認された（図13, 14）。

またヨシのIL（強熱減量）を表5に示す。季節変化はあまり見られないが、6～7月の間に茎の有機物の増加が認められた。

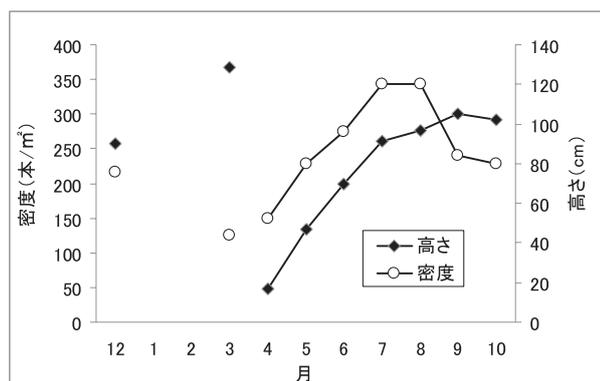


図11 ヨシの密度と高さ

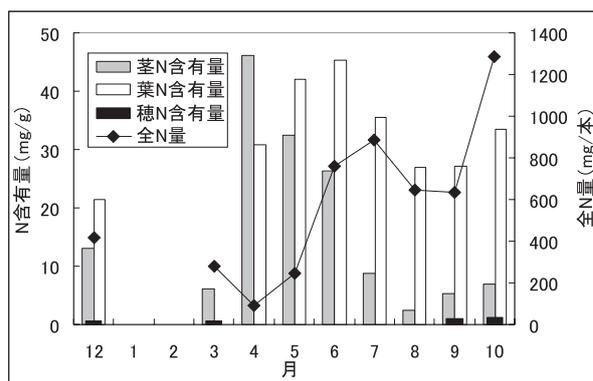


図13 部位別N含有量及び全N量

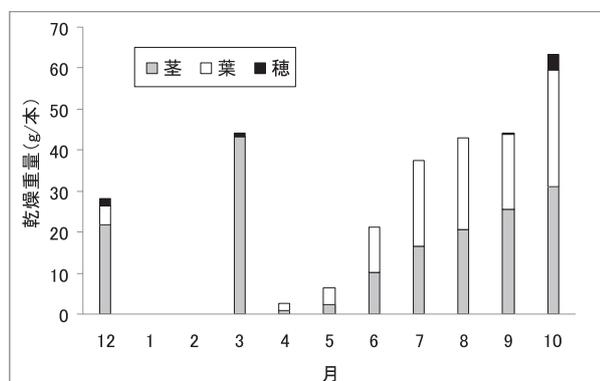


図12 乾燥重量

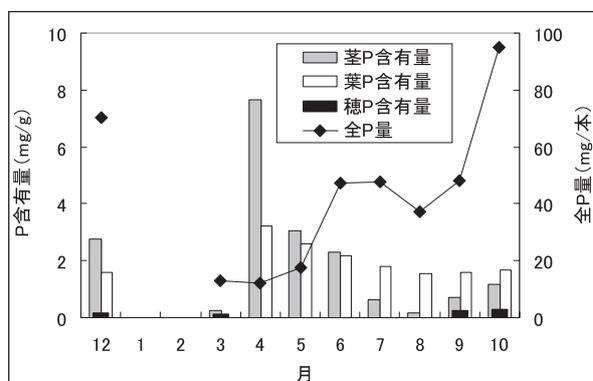


図14 部位別P含有量及び全P量

表3 ヨシの生成データ

		12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
乾燥重量 (g/本)	穂	1.8	—	—	0.9	—	—	—	—	—	0.3	3.8
	茎	21.9	—	—	43.3	0.9	2.3	10.3	16.6	20.7	25.6	31.0
	葉	4.5	—	—	—	1.7	4.1	10.8	20.7	22.2	18.1	28.5
	合計	28.2	—	—	44.3	2.6	6.4	21.1	37.4	42.9	44.1	63.2
高さ(cm)		257	—	—	368	47	134	200	262	277	300	292
密度(本/m²)		76	—	—	44	52	80	96	120	120	84	80

表4 ヨシの部位別のN/P比

	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
穂	11.6	—	—	12.9	—	—	—	—	—	11.1	11.2
茎	4.8	—	—	22.9	6	10.6	11.4	14	15.3	7.6	5.9
葉	13.5	—	—	—	9.5	16.2	20.7	19.8	17.6	16.8	19.7

表5 ヨシの部位別IL

	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
穂	86.5	—	—	92.5	—	—	—	—	—	96.1	94.0
茎	94.5	—	—	92.7	86.4	90.3	90.6	97.0	96.9	97.0	98.2
葉	94.1	—	—	—	90.4	92.5	91.6	93.5	91.4	93.8	92.6

3-4 物質収支法と摂取法による浄化量の比較

ヨシによるN, P浄化量を求める際、単純に流入量から流出量を差し引いた量で求められることが多い。今回の調査期間のうちヨシの活動期間(4~10月)中のN, P浄化量は、物質収支法による推定ではNで平均5.5 g/m²/日、Pで平均0.13 g/m²/日であった。しかしこのN, P浄化量は溶出や沈降等の要素も含まれる見かけ上の浄化量であり、ヨシ本来の摂取による浄化量ではない。このヨシ本来のN, P浄化量を求めるには、ヨシのN, P吸収量を求める必要がある。

ヨシのN, P吸収量を以下のようにヨシのN, P吸収量 (g/m²/日)

$$= Cr \times w \times d / t \quad \dots \textcircled{1}$$

- Cr: ヨシの窒素及びリンの有量 (mg/g)
- w: 乾燥重量 (g/本)
- d: 密度 (本/m²)
- t: 生長日数 (日)

P含有量, 乾燥重量, 密度, 生長日数から求めた。

ヨシのN, P吸収(摂取法)による浄化量を求めると、Nで平均2.2 g/m²/日(0.2~4.5 g/m²/日)、Pで平均0.15 g/m²/日(0.02~0.36 g/m²/日)であった。N浄化量の季節変化を見ると、5月~7月では約1~4 g/m²/日の中で、8月~10月では約0~5 g/m²/日の中で増加が見られた。P浄化量では、5月~7月では約0.1~0.2 g/m²/日の中で、8月~10月では約0~0.4 g/m²/日の中で増加が見られた。

2つの方法によるTN浄化量の比較を図15に、また両者の関係を図16に示す。ヨシの取り込みによるN除去量は、物質収支より約2倍程度少

なく、溶出や脱窒などの効果が水中のN収支に影響を与えている様子が伺える。

一方T-Pの関係を図17に示すが、両法の浄化量は全体的に同程度の値が得られた。ただ、6月の収支法の測定値が異常な値を示したため、両法による浄化量の間には有意な相関性は認められなかった。収支法においてもPの除去は植物の吸収による除去であると考えられるが、6月は懸濁態リンの巻き上げ等の外部影響による変動が大きかったため異常値が発生したものと推定される。

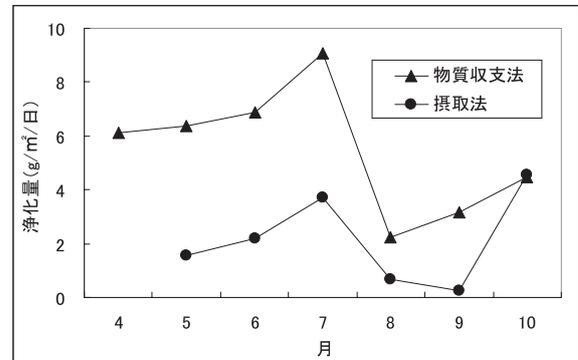


図15 2つの方法によるN浄化量の比較

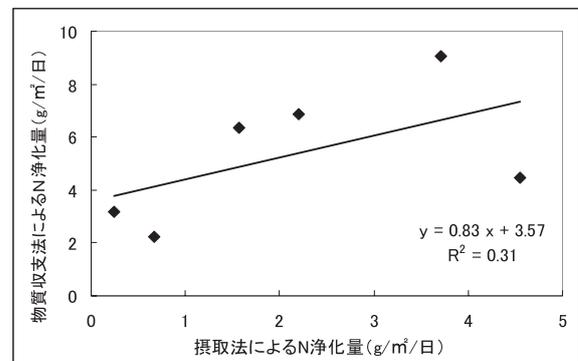


図16 N浄化量の関係

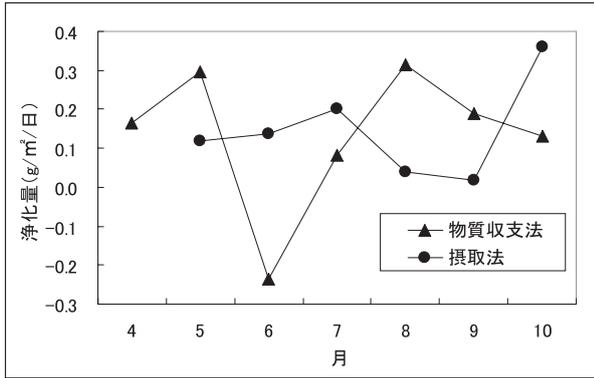


図 17 2つの方法による P 浄化量の比較

3-5 脱窒速度

ヨシ群落における脱窒速度については国内での報告事例は少ないが、様々な条件下においていくつか研究され¹³⁻¹⁹⁾、ヨシの存在が脱窒を促進することが報告されている¹³⁾。その理由の1つとして、ヨシが存在しない土壌よりも存在する方が酸化還元電位の値が高く、土壌中に酸化的な部位が形成されるためである¹⁴⁾。また元々土壌が還元状態であれば、ヨシの酸素放出によってより脱窒速度は高くなること¹⁵⁾、更にNO₃-Nが多く存在するとそれだけ脱窒も活発に行われる¹⁶⁾等が主な理由である。

今回の調査では土壌の酸化還元電位や脱窒速度は測定していないが、ヨシ原におけるNO₃-N濃度と脱窒速度の文献値^{15,17,18,19)}から試験池内の脱窒速度の推定を行った。

NO₃-N濃度と脱窒速度の関係を図18に示す。図中のカッコ内のデータは欠損値扱いとし、今回の相関を求めるにあたって使用していない。試験池においてNO₃-N濃度は調査平均値で4.4ppmであり、図18の回帰式から本試験池での脱窒速度は108mg/m²/日程度と推定される。しかし、物質収支から求めた浄化量からヨシによる浄化量を差し引いた残りの浄化量約3g/m²/日や、ヨシによる摂取速度と比較すると、推定した脱窒速度はかなり小さく、試験池内における脱窒によるN浄化効果はあまり大きくない可能性が推察された。

3-6 本浄化試験池における窒素、リンの浄化効果

植物による栄養塩除去に影響する要因として、植生の種類、温度、日射量、水の滞留時間、流

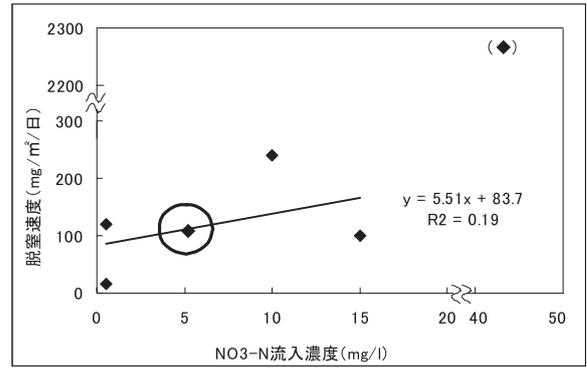


図 18 NO₃-N 流入濃度と脱窒速度の関係 (○は推定値)

入水量、栄養塩濃度や負荷量等多くの因子が考えられるが、ここでは滞留時間、水面積負荷及び栄養塩負荷量との関係や他フィールドとの除去効率の比較について、物質収支法で求めた除去率データを用いて考察を行った。

(1) 滞留時間と除去率(物質収支法)の関係

栄養塩の除去率 y (%) は次式②で表される。

$$y = I \cdot A / C \cdot Q \times 100 \quad \square 2$$

栄養塩取り込み速度 I を Monod 式から類推すると

$$I = I_{max} \cdot C / (K + C) \quad \square 3$$

また滞留時間 T (日) は次式で求まる。

$$T = A \cdot H / Q = V / Q \quad \square 4$$

②~④式において

- I : ヨシ栄養塩取り込み速度 (mg/m²/日)
- C : 栄養塩 (N, P) 流入濃度 (mg/l)
- Q : 流入量 (m³/日)
- I_{max} : ヨシの最大生長速度または栄養塩最大摂取速度 (mg/m²/日)
- K : (生長) 半飽和定数
- H, A, V : それぞれ試験池の水深 (m)、面積 (m²)、体積 (m³)

③, ④の関係を②に代入して整理すると、

$$y = \{I_{max} / (K + C)\} \cdot T / H$$

の関係式が得られ、 $C \ll K$ の場合

$$y = (I_{max} / K) \cdot T / H \quad \square 5$$

となる。⑤式で I_{max}/K は単一種では一定なので除去率 y は滞留時間 T と深さ H で決定される。

今回の調査において、実施設の深さについてはほとんど変動がなかったため、除去率は滞留時間に比例することが推測される。

それぞれの項目について滞留時間と除去率との関係を検討した結果、 NO_3-N 、 NO_2-N に関しては滞留時間が長いほど除去率も高くなる傾向が認められた。図19に NO_3-N の滞留時間と除去率の関係を示す。 $n = 7$ の時、危険率5%で有意な相関係数 $R = 0.75$ ($R^2 = 0.57$) である。その他の項目においては有意な関係性は見られなかったが、 $\text{T}-\text{N}$ 、 DIN 、 $\text{T}-\text{P}$ で滞留時間との関連性が認められた。一方、 NH_4-N 、 PO_4-P では滞留時間による除去率の変化は少なかった。

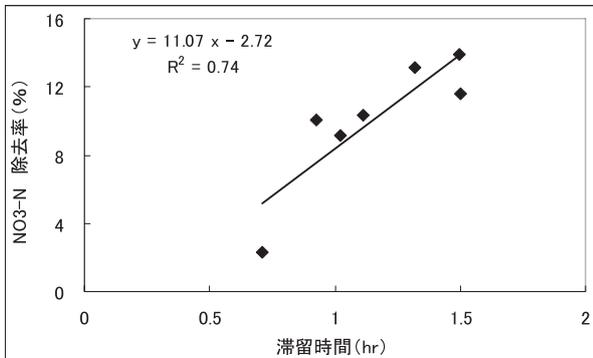


図19 滞留時間と NO_3-N の除去率

(2) 水面積負荷量, 栄養塩面積負荷量と除去率 (物質収支法)

水面積負荷量を q ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$)、栄養塩の面積負荷量を L ($\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$) とすると

$$q = Q/A \quad \dots \textcircled{6}$$

$$L = Q \cdot C/A = qC \quad \dots \textcircled{7}$$

②, ⑥, ⑦式より

$$y = (I/L) \times 100$$

$$= (I/q) \cdot \{I_{\text{max}} / (K + C)\} \times 100$$

が得られ、 $C \ll K$ の場合、

$$y = (I/q) \cdot (I_{\text{max}}/K) \times 100 \quad \square \textcircled{8}$$

となり、 I_{max}/K は一定のため、除去率は水面積負荷に反比例することが予測される。

それぞれの項目について水面積負荷と除去率との関係を調べた結果、 NO_3-N で特に強いことがわかった。

図20に NO_3-N の水面積負荷と除去率の関係を示す。また $\text{T}-\text{N}$ 、 DIN 、 NH_4-N 、 NO_2-N 、 $\text{T}-\text{P}$ 、 PO_4-P についても、 NO_3-

N 同様、水面積負荷が少ないほど除去率が高くなる傾向が認められた。

次に、 NO_3-N 除去率と NO_3-N 面積負荷との関係を図21に示す。両者の関係も水面積負荷との関係と同様の傾向が認められ、栄養塩面積負荷の増大とともに除去率は低下した。 $\text{T}-\text{N}$ 、 DIN 、 NO_2-N 、 $\text{T}-\text{P}$ 、 PO_4-P についても、 NO_3-N 同様な傾向が認められた。

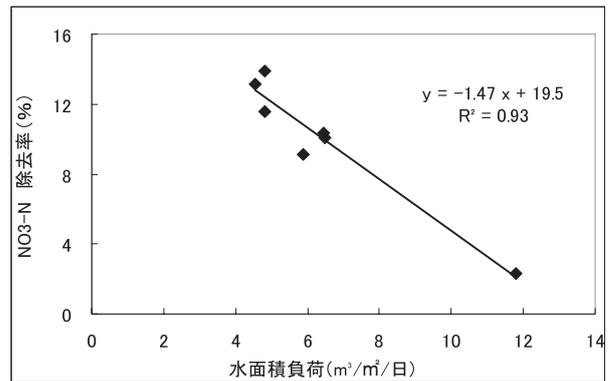


図20 NO_3-N の水面積負荷と除去率

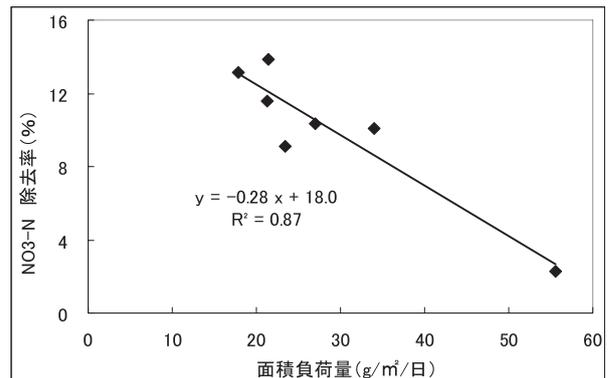


図21 NO_3-N の面積負荷量と除去率

以上、3項目間での比較結果から、浄化施設に入ってくる負荷が大きくなればなるほど除去効率が悪くなる傾向が認められた。面積負荷量 (L) と除去率の関係は $y = (I/L) \times 100$ であり、流入負荷が増大すればヨシの成長速度 (栄養塩取込み速度) I も増大するが、あるレベルを超えるとほぼ一定になると考えられるため、面積負荷量についても除去率との間に水面積負荷量同様の傾向が存在することが推察される。また浄化速度は負荷速度以外にも、フィールドの環境条件等の影響によっても左右されると考えられ、浄化速度はそれぞれのフィールドでも異なると推察される。

(3) N, P 面積負荷と浄化速度の関係

他との比較を行うにあたって、本調査と他フィールドにおいて、有機物等の測定項目に関して整合が図れなかったことから、栄養塩（物質収支法）についてのみ比較を行った。また除去効果を除去率だけで判断すると、影響因子等の諸条件が異なり、問題があるため、水面積負荷量と栄養塩濃度から求めた栄養塩面積負荷量 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$) をベースとした浄化速度で比較した。他フィールドでの報告値と本試験池での浄化速度の関係を表 6, 7 及び図 22, 23 に示す。使用したデータは茨城県八郷町の実施設^{2,4)}、水元公園の実施設⁵⁾、山王川の実施設^{2,3,8)}、清明川植生浄化施設、ヨシ原浄化施設^{3,8)}（渡良瀬貯水池）、河北潟生態系活用水質浄化施設、長野県の実験⁶⁾、下水道事業団の実験（岡山県児島湖流域下水道児島湖浄化センター用地内）、佐渡⁷⁾での実験のものであり、それぞれの調査で得られた、平均の負荷及び浄化速度である。

本試験池での N, P 浄化速度は他フィールドに比べて大きく、本試験池の浄化効果は高いことが伺えるが、これは面積負荷速度も大きいためであると推察される。

表 6 T-N 負荷速度に対する浄化速度比較

	面積負荷速度 (T-N $\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$)	浄化速度 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$)
既往調査	0.11 ~ 4.39	0.042 ~ 1.29
沢渡川緑地	16.8 ~ 99.2	0.69 ~ 11.3

表 7 T-P 負荷速度に対する浄化速度比較

	面積負荷速度 (T-P $\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$)	浄化速度 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$)
既往調査	0.006 ~ 0.61	- 0.002 ~ 0.14
沢渡川緑地	1.15 ~ 9.78	- 0.24 ~ 1.17

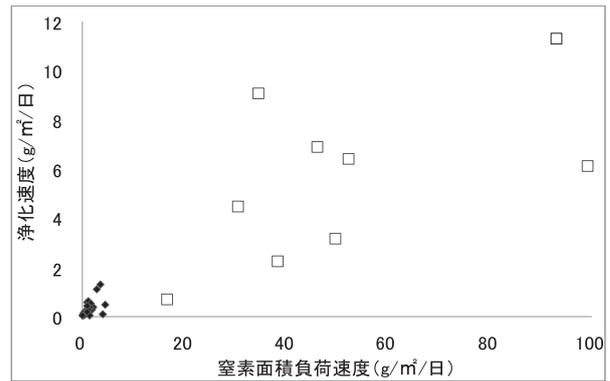


図 23 T-N 負荷速度に対する浄化速度比較
(◆：既往調査, □：本試験池)

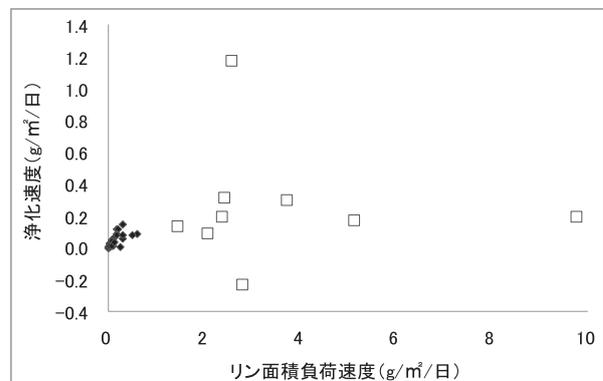


図 24 T-P 負荷速度に対する浄化速度比較
(◆：既往調査, □：本試験池)

4. まとめ

湖沼に流入する汚濁負荷対策の一手法として、生活排水や農業排水が流入する河川水を導入している溜池（沢渡川緑地）において実地調査を行った結果、以下の知見が得られた。

① 懸濁物質

巻き上げの影響により、SS, POC, PON, POP いずれも除去効果は認められなかった。

② 有機物

冬期を除き、大きな除去効果が認められ、特に DOC では最大 $40\text{g-c}/\text{m}^2/\text{日}$ の除去が見込まれる。これは主に付着微生物の有機物分解による除去であると考えられる。

③ ヨシの生長

ヨシの全体の生長は夏期がピークであるが、C, N, P 含有量は伸長・重量以外にも出穂時期の影響も受けるため秋期にもピークを持つ

ことがわかった。一方、ILについて季節変化はあまり認められなかった。

④ 窒素, リン

植物のNP摂取によるNP除去量と物質収支法によるNP除去量について検討したところ、Nについては摂取法によるN除去量(平均2.2g/m²/日)は物質収支法による除去量(平均5.5g/m²/日)と2倍近くの差があった。Pにおいては植物摂取法による除去量(平均0.15g/m²/日)は物質収支法による除去量(平均0.13g/m²/日)と同程度であった。植物によるNP摂取よりも、溶出、吸着、脱窒などがNP除去効果に影響があるということが伺えた。

しかし脱窒については、N除去量を文献値から推測すると非常に小さく(100mg/m²/日前後)、あまりN除去効果が認められないと推測された。

⑤ 除去効率

滞留時間、水面積負荷及び栄養塩負荷量との関係について検討した結果、除去率-滞留時間は比例関係、除去率-水面積負荷と除去率-栄養塩面積負荷は逆相関の関係が認められ、特にNO₃-Nについてはそれぞれの傾向が強く表れていた。

沢渡川緑地の溜池におけるN、P除去効率は他フィールドと比較した結果、N、P浄化効率は高いことがわかった。

引用文献

- 1) 島谷幸宏, 細見正明, 中村圭吾編 (2003.10): エコテクノロジーによる河川・湖沼の水質浄化, 一持続的な水環境の保全と再生一
- 2) 中村圭吾, 細見正明ほか (2000): 日本における表面流方式の植生浄化事例の整理
- 3) 河川環境管理財団 (2000.7): 植生浄化の事例と浄化効果について, 河川環境総合研究所報告第6号, ~水環境改善および河川水質浄化に関する調査研究~
- 4) 細見正明, 稲葉一穂, 稲森悠平, 原沢英夫, 須藤隆一 (1988): アシ原の自然浄化能を活用した生活排水処理, 国立公害研究所報告第119号
- 5) 田畑真佐子ほか (1996): ヨシ植栽水路における河川水中の窒素・リンの除去効果, 水環境学会誌 Vol.19, No.4
- 6) 川村實, 樋口澄男, 清水重徳 (1995): アシ原による水質浄化, 長野県衛公研報告 No.18
- 7) 北詰正義ほか (1998): 生体工学を活用した水環境修復, ~人口湿地による水質浄化~, 用水と排水 Vol.40, No.10
- 8) 河川環境管理財団 (2002.12): 植生浄化施設計画の技術資料, 河川環境総合研究所報告資料第5号
- 9) 茨城県水戸土木事務所 (1992.6): 沢渡川の水質浄化対策, 一自然浄化機能を利用した水質浄化一
- 10) 茨城県水戸土木事務所, 日本技術開発株式会社 (1993.3): 平成4年度4県単河川防災第151-52号, 沢渡川水質浄化効果検討報告書
- 11) 西條八束 (1975): 陸水学実験法シリーズ1, クロロフィルの測定法, Jap.J.Limnol. Vol.36, No.3, P103~109
- 12) J. M. Andersen (1976): An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments, Water Research Vol.10, pp.329 to 331.
- 13) 生嶋功・前川孝志・森田尚 (1993): ヨシ群落のワイズユースを考えるとときに, 水草研会報 No.51
- 14) 桜井俊輔 (2003): ヨシによる底泥からの窒素除去に関する研究, つくば生物ジャーナル 2003
- 15) 三重県科学技術振興センター農業技術センター自然循環・病虫害制御グループ (2003): 河口域におけるヨシ群落の窒素浄化量の推定方法
- 16) 赤塚徹志・後藤直成・三田村緒佐武 (2006): 琵琶湖沿岸域湿地帯における脱窒に及ぼすヨシ群落の役割II, 一ヨシの成長過程と脱窒との関係を中心として一, 第71回陸水学会講演要旨集
- 17) 木村基・楊宗興・秋山博子・細見正明 (2000): Nトレーサー法を用いたヨシフィルターの窒素除去性能に関する研究, 水環境学会誌 Vol.23, No.11

- 18) 戸田任重・楊宗興・日高伸 (1995) : 高濃度硝酸態窒素含有地下水の流入するアシ湿地における脱窒速度の実測, 水環境学会誌 Vol.18, No.5
- 19) 戸田任重 (2000) : 窒素濃度の高い農業用ため池における窒素収支, 第 19 回琵琶湖研究シンポジウム記録⑤

3-1 霞ヶ浦における優占藻類種の動態及び優占機構の解明に関する研究(H17~H21)

1 目的

藻類は、水質(COD, 全窒素, 全リン等)と密接な関係があることから、霞ヶ浦における優占藻類種の変遷を詳細に調査することにより、優占藻類種の増加要因や増殖特性を明らかにする。

2 事業内容

(1) 優占藻類種の変遷の解明

- ・定期モニタリングの実施(H17-H21)
- ・糸状藍藻(ユレモ目)の再分類(H19)

(2) 優占藻類種の動態の検討

- ・糸状藍藻(ユレモ目)の増加要因の検討(H19-H21)
- ・*Planktothrix* 属の増殖速度の時空間変動の解析(H19)

(3) 優占藻類種の増殖特性の検討

- ・優占藻類種の優占を促す諸因子の因果関係のモデル化(H21)

3 得られた成果

(1) 優占藻類種の変遷の解明

西浦は平成17年(2005)、18年(2006)においては珪藻類(キクロテラ等)が優占したが、平成19年(2007)以降は糸状藍藻(ユレモ目)が優占種となった(図1)。また、北浦でも平成20年夏季以降に糸状藍藻(ユレモ目)が優占種となった。

霞ヶ浦の糸状藍藻(ユレモ目)は、これまで2属2種存在すると考えられていたが、本研究により、Komarek と Anostidis(2005)による分類体系から9属15種を再同定した(図2)。

図1 霞ヶ浦における優占藻類種の変遷モニタリング

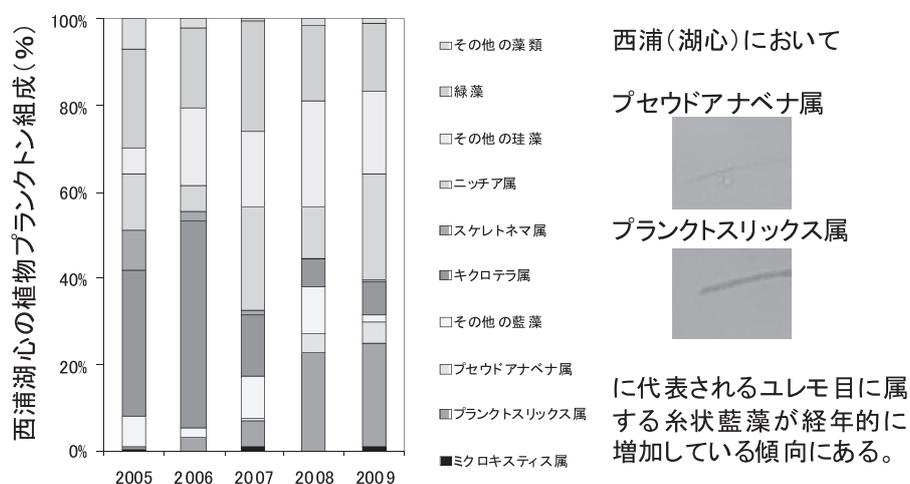
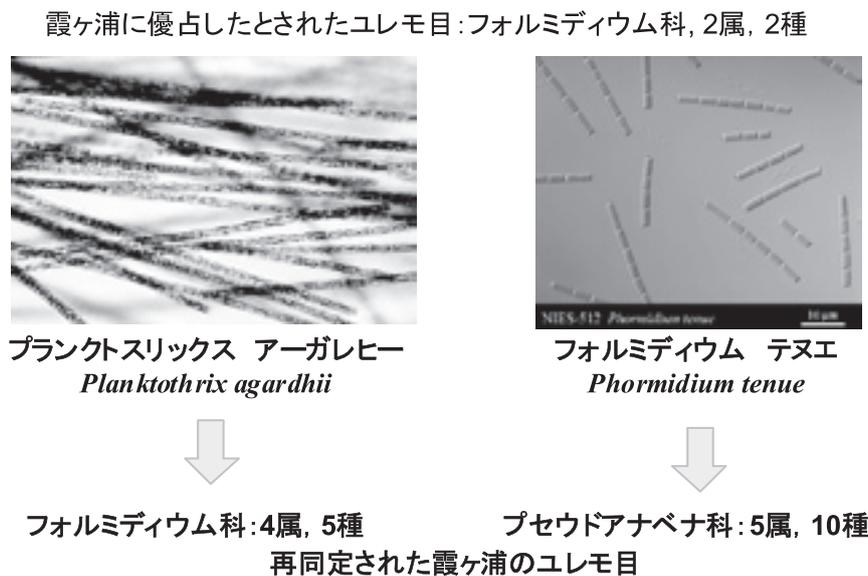


図2 霞ヶ浦における優占藻類種の変遷藍藻類ユレモ目の再同定



写真提供: 国立環境研究所 HP より

(2) 優占藻類種の動態の検討

糸状藍藻(ユレモ目)は弱い光環境に対しても珪藻などに比べ感受性が高いことが知られている。霞ヶ浦は白濁現象に代表される無機の懸濁物によって光が制限されていたが、近年、透明度が上昇した。その結果、光が到達する範囲が広がり、糸状藍藻(ユレモ目)の生産層が拡大したと考えられる。

また、N/P(リンに対する窒素の割合)と糸状藍藻(ユレモ目)の増殖速度の関係を現地調査した結果、N/Pの低下に伴い糸状藍藻の増殖速度が上昇することが分かった(表1)

表1
西浦(3地点)における冬期藍藻ブルーム調査期間中における *Planktothrix cf. suspensa* の比増殖速度と窒素・リン濃度及びその相対比

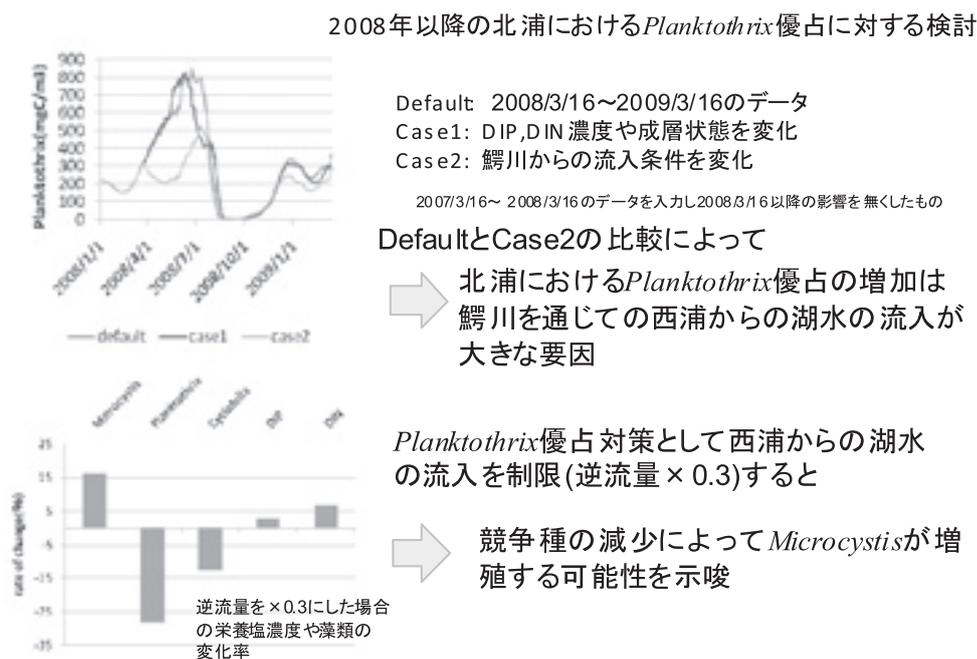
Location	<i>Pla. cf. suspensa</i> torichome volumes		Specific growthrate (Doubling time)		Nutrients concentration and ratio		
					(mean ± SD)		
	min.	max	DIN	DIP	N/P ratio		
Takasaki	10.2	13.4	0.006	(116)	0.45 ± 0.13	0.003 ± 0.001	168 ± 89
Tamatukuri	10.4	19.2	0.012	(57.8)	0.20 ± 0.19	0.003 ± 0.001	57 ± 54
Lakecenter	10.1	21.9	0.017	(40.8)	0.08 ± 0.05	0.002 ± 0.001	38 ± 22
unit	(mm ³ L ⁻¹)		(day ⁻¹)	(days)	(mg L ⁻¹)		(weightratio)

(3) 優占藻類種の増殖特性の検討（北浦）

東京大学と共同で開発したシミュレーションモデルにより北浦の糸状藍藻（ユレモ目）の増殖要因について解析した結果、図3のとおり鰐川から北浦への流入量を少なくすると、糸状藍藻（ユレモ目）は実測値より減少した（特に藻類増殖時に顕著な差があった）。一方、ミクロキスティスは実測値より増加した。

したがって、北浦における糸状藍藻（ユレモ目）の増殖は、水門操作によって生じる西浦から北浦への鰐川を通じての湖水流入が影響しているものと考えられる。

図3 優占藻類種の優占を促す諸因子の因果関係のモデル化



4 成果の利活用方法

本研究により、光環境と優占藻類との関係について成果が得られたので、今後は、光環境の変化と藻類の増殖との関係を確認する。

(3) 溶存態有機物の起源と微生物生態との関連性の把握

溶存態有機物に対する陸域起源物質と湖内起源（植物プランクトン由来）物質の寄与率について、蛍光特性により解析した（表1）。その結果、陸域起源・湖内起源それぞれ同程度であることが分かった。

表 1

■溶存態有機物の蛍光特性による起源推定

Fluorescence index (FI)	Sampling site	Fluorescence index ave.	SD
McKnightら（2001）が陸域起源および微生物由来のフルボ酸を評価するための指標として提唱された。	土浦沖	1.72	0.12
	高尾沖	1.68	0.19
	湖心	1.66	0.11
Ex=370nmで励起しEm=450nmおよびEm=500nmの蛍光を蛍光分光光度計により検出する。	森生沖	1.66	0.13
	二重森沖	1.67	0.16
	武井沖	1.64	0.12
	蓮田沖	1.64	0.11
	外波沼澤	1.65	0.11
FI = 450nmEm1 / 500nmEm1	東陸川水門	1.65	0.11
FI = ~1.4で陸域起源のフルボ酸	志摩川上流	1.46	0.45
FI = 1.9~で微生物起源（自生性）のフルボ酸	相川上流	1.55	0.47
	巴川上流	1.47	0.24

霞ヶ浦の溶存態有機物（フルボ酸）は陸域起源（他生性）と微生物起源（自生性）の影響を等しく受けている？

(4) 溶存態有機物の削減手法の検討

淡水中の主要な浮遊細菌であり、溶存態有機物 (DOM) の分解者として重要と考えられる細菌 (*Polynucleobacter* 属等) の分離・培養に国内で初めて（世界で2例目）成功した（図2）。

また、その生理を研究した結果、以下の事が明らかとなった。

- ①これらの細菌は、栄養源として有機酸に強く依存している。
- ②溶存態有機物は、太陽光によって有機酸へ変化する。

以上から、太陽光により溶存態有機物は有機酸に変化し、それが *Polynucleobacter* 属等の細菌によって分解されている可能性がある（図3）。

■霞ヶ浦の溶存態有機物と湖内微生物生態との関連性について

- ・霞ヶ浦および流入河川より *Polynucleobacter* 属と高い相応性を有する細菌の分離に成功した。
- ・ *Ultramicrobacterium* (0.1 μm) に特徴的な C-shaped cell が観察された。
- ・レーザー回折粒度分布測定装置による平均粒径測定の結果、0.50 ± 0.1 μm (球形当量) であった。
- ・炭素源として糖類は全く利用できず有機酸を特異的に要求した。



分離した細胞の電子顕微鏡 (FE-SEM) 写真

溶存態有機物の光分解生成物を炭素源として利用している可能性が示唆された！

Polynucleobacter 属の経歴について

- ・分子遺伝学的方法により世界中の湖沼に広く分布していることが報告されている。
- ・近年オーストリアのLake Innが分離培養に成功した。（世界で1例のみ！）
- ・産地未定では浮遊細菌の50%が *Polynucleobacter* 属を含む細菌群であったと報告されている。

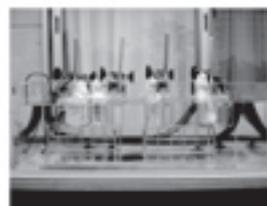
図2

4 成果の利活用方法

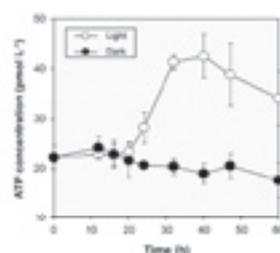
本研究により確立したアミノ酸及び糖質に係る分析手法は、今後の炭素循環の解明に係る研究に大いに役立つことが期待される。

分離・培養に成功した菌株 (*Polynucleobacter* 属等) については、生物遺伝資源として、(独)理化学研究所バイオリソースセンター微生物材料開発室に寄託・登録した。当該菌株は、国内外の研究者に無償で提供される。

■DOMの光分解物の影響



実験装置
太陽光照射：9h
恒温度：27℃



DOMの光分解によりKFO01株の増殖が観察された！

図3

3-3 霞ヶ浦のリンの増加原因に関する試験研究 (H17～H21)

1 目的

継続的に、霞ヶ浦湖内におけるリン濃度の実態把握及び流入負荷量の算定を行い、リンの挙動や物質収支を把握し、リンの増加原因を究明する。

2 事業内容

- (1) リン濃度の分布把握調査
- (2) 底泥に含まれるリンの形態と底泥からの溶出の実態調査
- (3) 霞ヶ浦におけるリン収支の算定及び増加要因の検討
- (4) 湖内リンの挙動に影響を及ぼすその他の要因の検討

3 得られた成果

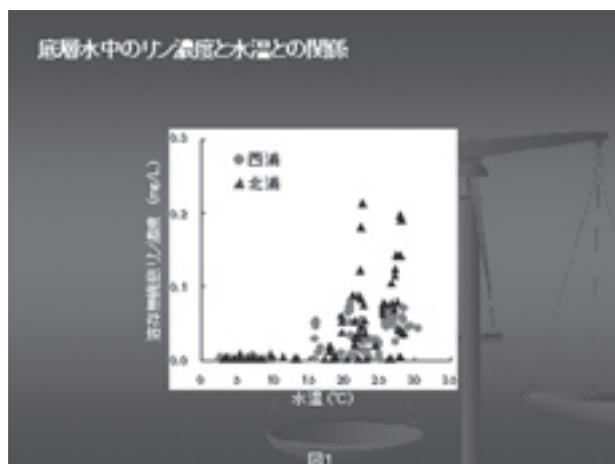
(1) リン濃度の分布把握調査

リン濃度の水平分布を調査したところ、リン酸態リン濃度は、夏季に北浦中央～南部で顕著に上昇していた。

(2) 底泥に含まれるリンの実態と底泥からの溶出の実態調査

底泥に含まれるリンは、その形態によって、溶出し易いものとしづらいものがあり、北浦は、西浦に比べ、溶出し易い形態のリンを含む底泥が多く分布している。

北浦は、西浦と比べ、いずれの温条件下でもリンの溶出速度が大きい (図1)。



(3) 霞ヶ浦におけるリン収支の算定及び増加要因の検討

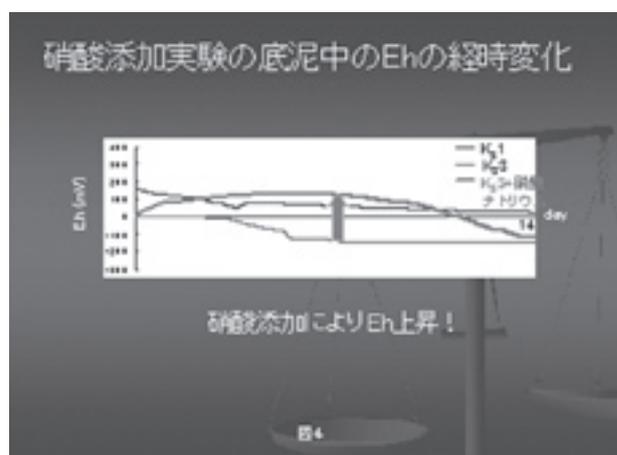
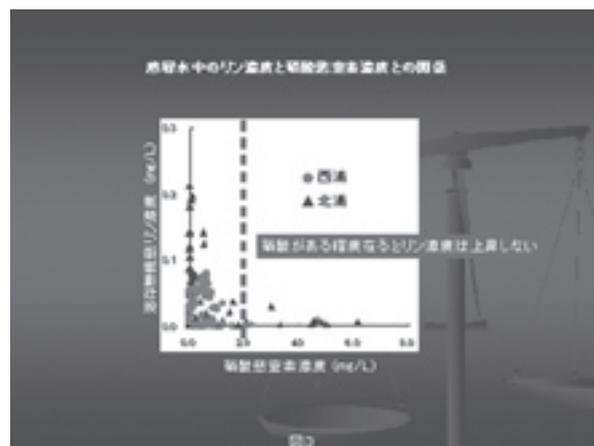
河川からの平均流入負荷量は、主要 20 河川 (全集水域面積の 73%) の推定年間平均負荷量から、全集水域に換算し求めた。河川からの推定流入負荷量は年間 174 トン/年であり、底泥からの推定最大溶出量 (216 トン/年) より少なかった (図2)。したがって、湖内のリン濃度は、底泥からの溶出の影響が大きいと判断される。



(4) 湖内リンの挙動に影響を及ぼすその他の要因の検討

硝酸が高濃度の地点においてはリンの溶出量が少なかった（図3）。その原因については、実験の結果、硝酸イオンにより底泥の酸化還元電位が上昇し、リンの溶出を抑制していることが分かった（図4）。

本研究で得られた成果と平成20年度に作成した水塊・湖流モデルを組み合わせることにより、北浦におけるリンの物質循環モデルが作成できる。リンの物質循環モデルの活用とリン濃度の継続的な実態把握等により、湖内におけるリンの溶出量の多い地域とリンの変動が予測できれば、より実態に即した負荷削減対策の提案が可能となる。



4 成果の利活用方法

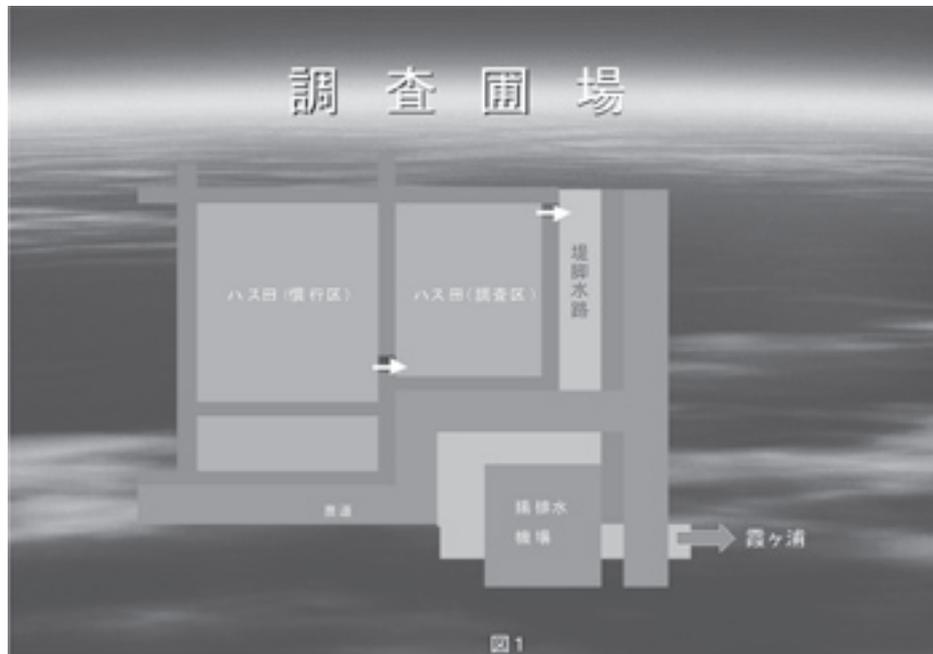
本研究で得られた成果と平成20年度に作成した水塊・湖流モデルを組み合わせることにより、北浦におけるリンの物質循環モデルが作成できる。

リンの物質循環モデルの活用とリン濃度の継続的な実態把握等により、湖内におけるリンの溶出量の多い地域とリンの変動が予測できれば、より実態に即した負荷削減対策の提案が可能となる。

3-4 ハス田から流出する汚濁負荷の削減に関する試験研究(H19～H21)

1 目的

霞ヶ浦湖岸のハス田からの流出負荷の実態を把握するとともに、ハス田流出水を無施肥ハス田に導くことによる負荷削減対策を検討する。



2 事業内容

- (1) ハス田からの流出負荷の実態把握
- (2) 無施肥ハス田による負荷削減効果

3 得られた成果

- (1) ハス田からの流出負荷の実態把握

ア 流出水濃度

CODとSSは、施肥と代かきが行われる4月に最も濃度が高く、その後減少するが、10月から12月にかけて濃度が上昇した。

窒素とリンは、4月から8月にかけて濃度が上昇し、9月以降急激に減少した。

イ 溶存態割合

溶存態の割合は、COD、窒素、リンともに、4月から5月にかけて増加し、以後9月まではほぼ横ばい、9月以降に減少する。その後、CODと窒素については、12月から1月にかけて増加した。

なお、溶存態窒素は、年間を通じて大部分がアンモニア態窒素であったが、9月に硝酸態窒素の増加が見られた。

- (2) 無施肥ハス田による負荷削減効果

無施肥のハス田を通過させることにより、表1のとおりCODが約10%、SSが約10～50%、窒素、リンは約15%除去された。

播種密度を増すことで、COD、SS、窒素の除去率が増加した。

調査区の底泥中の窒素・リン濃度は、間隙水中はともに慣行区に比べて濃度が低くなった。土壌中は、窒素では差がなかったが、リン濃度は減少した。

堀取時の濁水は、ハス田を通過させることによって、汚濁負荷物質が80%以上除去された。

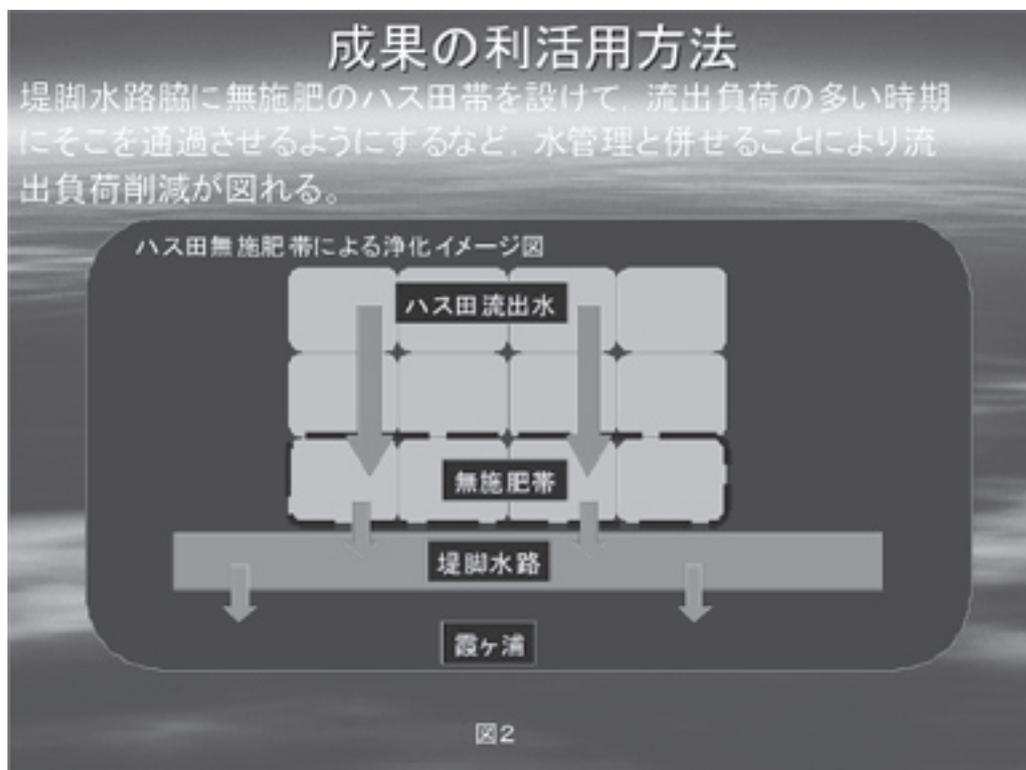
表1
試験期間中の浄化率

	19年度	20年度	21年度
COD	7%	11%	30%
SS	10%	53%	67%
全窒素	16%	16%	20%
全リン	18%	18%	16%
平均滞留日数	1.4日 (測定日数14日)	1.0日 (測定日数15日)	1.8日 (測定日数70日)
植生	ハス田(無施肥)	ハス田(無施肥)	ハス田(無施肥) 作付け密度2倍

※浄化率: (流入水濃度-流出水濃度)/流入水濃度×100
※平均滞留日数: 日平均流入量/日平均流出量
※測定日数: 流量が測定された日数

4 成果の利活用方法

本研究で得られた成果から判断すると、図2のように堤脚水路脇に無施肥のハス田帯又は沈殿池を設けて、流出負荷の多い時期に施肥したハス田の流出水を通過させるようにするなど、無施肥ハス田帯や沈殿池を利用することにより、ハス田流出水の汚濁負荷の削減を図ることが可能である。



4 茨城県霞ヶ浦環境科学センター調査研究計画（第2期調査研究計画）

平成22年3月策定

1 調査研究計画策定の趣旨

茨城県霞ヶ浦環境科学センター（以下「センター」という。）は平成17年4月に開所され、霞ヶ浦を始めとする県内の水環境に関する調査研究は、「霞ヶ浦環境科学センター霞ヶ浦等調査研究計画」（平成17年3月）（以下「第1期調査研究計画」という。）に基づいて、また、大気や化学物質に関する調査研究は、平成13年度に策定された茨城県公害技術センター調査研究5ヶ年計画を引き継いで実施してきたところである。

第1期調査研究計画は本年度が最終年度であることから、これまで霞ヶ浦等に関する調査研究計画と大気・化学物質等に関する研究計画の2本立てになっていた調査研究計画の一元化を図り、今後5年間の調査研究計画を定めるものである。

2 調査研究計画策定における基本的考え方

（1）計画の対象

霞ヶ浦を始めとする湖沼・河川に関する調査研究、大気汚染、地下水、騒音・振動・悪臭、化学物質に関する調査研究などセンターが行う全ての調査研究とする。

（2）計画の期間

平成22年度から26年度までの5年間とする。

（3）調査研究内容

ア 霞ヶ浦を始めとする湖沼・河川に関する調査研究

第1期調査研究計画は、霞ヶ浦の調査研究に関して、中長期的には水質汚濁機構の解明と水質保全対策の提言を目標として進めることとし、

- ①生態系に関する調査研究、
- ②湖内物質循環に関する調査研究、
- ③流入負荷解析、
- ④流域管理に関する調査研究、
- ⑤社会科学的手法による施策立案に関する調査研究

という5つの調査研究テーマで調査研究項目を整理して取り組んできており、今後もこのテーマに沿って調査研究を進めることとする。

イ 大気、化学物質等に関する調査研究

当面の環境に関する課題に対応した調査研究や行政施策に活用される調査研究を中心に行っていく。

3 第1期調査研究計画における成果

(1) 生態系に関する調査研究

霞ヶ浦では、平成11年から17年にかけて年間を通じて珪藻類が優先し、CODは夏に低く、冬から春にかけて高くなる状況がみられ、年間平均値は8mg/L程度で推移していたが、18年度以降CODは上昇し、19年度8.8mg/L、20年度8.7mg/Lとなった。

「霞ヶ浦の優占藻類種の動態及び優占機構に関する研究」では、湖内の透明度が改善されたため、18年度以降、西浦では優占藻類種が珪藻類から糸状に細胞が連なった藍藻類（糸状藍藻類）に変化し、かつ年間を通じて出現することによりCODが高めに推移していることを明らかにした。

また、糸状藍藻類はこれまでオシラトリア属とフォルミディウム属の2種から構成されているとみられていたが、フォルミディウム科（プランクトスリックス属とフォルミディウム属）とプセウドアナベナ科（プセウドアナベナ属とリムノスリックス属等）の複数の種により構成され、その種の構成が季節により変化していることが明らかになった。

さらに、湖中央部では栄養塩である窒素が極めて低く、水深に対して光が届く範囲が低いにもかかわらず、糸状藍藻類の量が多いことを明らかにした。このことから、窒素濃度が高く光が湖底まで届く沿岸域で糸状藍藻類は窒素を取り込み、窒素の低い湖中央域に移動しても増殖できるものと推定された。

(2) 湖内物質循環に関する調査研究

ア 霞ヶ浦の水塊・湖流に関する調査研究

霞ヶ浦の水の流れを調査した結果、上層部は主に風によって流れが作られること、中・下層では上層部とは逆の流れが生じることが明らかになった。

また、湖内溶存酸素量を調査した結果、夏季には湖底付近の溶存酸素量が低下する状態（貧酸素状態）が広範囲で生じること、この現象は湖水が上下に入れ替わらない状態が数日間続いた際に発生することを明らかにした。

さらに、湖水の流れを精度良く再現・予測出来るシミュレーションモデルを開発したため、少ない測定データから湖水の流れや湖底の貧酸素状態を予測することが出来るようになった。

今後は、貧酸素状態になった場合に底泥からリンが溶出していく状況に関して研究した成果と組み合わせることにより、霞ヶ浦でリン濃度が上昇している原因を解明していくことが課題である。

イ 霞ヶ浦の溶存態有機物に関する調査研究

溶存態有機物を構成する有機酸、アミノ酸、糖質等を定量的に分析する方法を確立し、霞ヶ浦における溶存態有機物の組成（アミノ酸及び糖質）は季節変動がほとんどなく、湖内全域でほぼ均一であること、河川水、農地からの流出水及び下水処理水に含まれる有機物とは異なっていることが明らかになった。

また、国内で初めて、溶存態有機物が太陽光（紫外線）により分解されて生成した低分子有機物（有機酸など）を栄養源として利用している浮遊細菌を、霞ヶ浦の表層水から分離・培養することに成功した。

さらに、有機物の成分であるフルボ酸様物質の蛍光特性を調査した結果、湖内の微生物を起源とする溶存態有機物の割合が陸域からのものと同程度であり、有機物の削減を検討する上で無視できないことを推測した。

今後は、湖内微生物起源の溶存態有機物が、どのような仕組みで生成されるのか、また、どのように分解されるのか等について調査研究し、有機物の削減（CODの減少）につなげることが課題である。

ウ 霞ヶ浦のリンの増加原因に関する調査研究

高水温期には、底泥間隙水中のリン濃度が上昇し、溶出速度が大きくなること、北浦北部のように硝酸が高濃度となる地点ではリンの溶出が少ないこと、北浦中流域ではリン酸態リンが顕著に上昇する傾向があること、河川流入部の底泥は粒子態リンが沈降するため高濃度となっているが、この沈降した粒子態リンからの溶出量は少ないことなどが明らかになった。

今後は、リンの溶出に寄与している貧酸素状態に関する調査研究成果と組み合わせて、リンが高濃度となる時期や場所、その濃度について調査研究することなどにより、霞ヶ浦においてリンの濃度が上昇している原因を解明していくことが課題である。

(3) 流入負荷解析

ア ハス田流出水対策に関する調査研究

霞ヶ浦周辺は全国一のレンコンの産地で、しかも、ハス田は水田に比べ施肥量が非常に多く、その流出水の窒素やリンの濃度が高いため、沈殿池や植生浄化池により流出水を浄化する実験を行った。その結果、SSの除去率は大きいものの、水に溶けている窒素の除去効果はほとんどないことが明らかになった。

イ 循環灌漑による汚濁負荷削減調査

灌漑用の揚水施設の構造や降雨の状況により程度の差はあるもののCOD、SS、窒素、リンの負荷削減の効果が認められた。

また、鉾田川上流部においては、硝酸態窒素を高濃度に含む地下水が台地から谷津田へ湧出しているが、このような流出水からの窒素除去対策として、遊休水田を遊水池として活用した対策が実施されており、概ね50%程度の除去効果が認められた。

(4) 流域管理に関する調査研究

「GISを用いた流域管理手法に関する研究」においては、霞ヶ浦流域における人口分布や土地利用等の情報をメッシュ単位にデータベース化することにより、河川流域単位で排出負荷量の計算が容易に行えるようになったため、流域対策の効果を検討することが可能となった。

また、GISを用いることにより流域の土地利用状況などを県民にわかりやすく表示できるようになった。

(5) 社会科学的的手法による施策立案に関する調査研究

霞ヶ浦流域の生活、文化、社会組織等の変遷など霞ヶ浦と流域住民の関わりを調査し、住民の水環境への意識などについて把握するため、早稲田大学に委託して「霞ヶ浦流域住民の生活や文化等の変遷に係る調査研究」を行った。

この研究では、例えば、①恋瀬川と琵琶湖の高時川を比較して、高時川の方が水を大切に利用しており、住民の川に対する考え方にも違いがみられたが、これは、高時川では、上流の各家庭で、炊事、洗濯等に使われた河川水が、中流域の家庭においても、さらに下流域の家庭においても繰り返し生活用水として利用されているのに対し、恋瀬川流域では最上流の数世帯だけが生活用水として河川水を利用し、それより下流の地域では生活用水は地下水を利用しているという、水の利用方法の違いによると思われることや②霞ヶ浦周辺の住民の意識調査からは、約8割の住民が霞ヶ浦を身近に感じていて、霞ヶ浦の環境については、「行政に任せれば良い」よりも「住民に責任がある」と答えている人の方が多かったことから、霞ヶ浦浄化対策に住民の協力が得られる環境ができていると推測されたことなど、今まで知見の少なかった社会科学的分野で、多くの貴重な情報や資料が得られた。

4 調査研究計画

(1) 霞ヶ浦を始めとする湖沼・河川に関する調査研究

平成 19 年度の北浦の COD の年平均値が全国ワースト 2 位になるなど霞ヶ浦の水質の悪化が進んでいる。

COD は植物プランクトンや溶存態有機物に由来している。このことから、植物プランクトンやその増殖に必要な窒素やリンに関する調査研究を進めるとともに、溶存態有機物の湖内での挙動を把握し、COD の削減等につながる水質浄化対策の検討を進める必要がある。

また、河川については、以前と比べて BOD の環境基準達成率が向上し、平均水質も改善されてきているものの、霞ヶ浦に流入する河川など一部の河川で未達成の状況となっていることから、その原因を究明し水質改善に繋げることが必要である。

これらの課題について対応するため、第 1 期計画の成果を踏まえ、次の調査研究項目から着手するものとする。

ア 生態系に関する調査研究（植物プランクトンの群集構造に影響する環境因子の解明に関する研究）

霞ヶ浦では、昭和 50 年代頃は、夏から秋にかけて藍藻類のミクロキスティスが優占していたが、平成 4 年頃からは、年間を通じて糸状藍藻類が、さらに平成 11 年からは珪藻類が優占するようになった。また、近年は再び糸状藍藻類が優占している。

これまでの研究において、霞ヶ浦で優占する藻類種や構成種は、年、季節ごとに変化していること、COD の変化と密接に関連していること、また、地域的にも差異があることが明らかになった。

近年の糸状藍藻類への変化が透明度の上昇による光環境の改善によるものと推定されているものの、このような優占種の変化やその要因については、未だ十分には解明されていない。

霞ヶ浦の水質（COD）の改善対策を講じるためには、COD の増減に大きく影響を及ぼしている藻類の変化やその増殖等の要因について解明していくことが必要である。

優占藻類と窒素、リンの濃度や光環境等様々な環境因子との関係など、発生・増殖に影響する要因を明らかにすることにより、藻類の増殖抑制につながる成果が期待される。

イ 湖内物質循環に関する調査研究

(ア) 霞ヶ浦における有機炭素の挙動の解明に関する調査研究

霞ヶ浦における溶存態有機物の組成（アミノ酸及び糖類）については、これまでの研究の成果によりその一部が明らかになってきているが、その結果では、季節変動がほとんどなく、湖内全域でほぼ均一であること、河川水、農地からの流出水及び下水処理水に含まれる有機物の組成とは異なること、また、溶存態有機物は、湖内の微生物を起源とするものと、陸域から流入するものがほぼ同程度であることなどが明らかになった。

以上のように、溶存態有機物の比率や組成の一部は明らかになったが、溶存態有機物を含めた有機物の削減対策を進めるためには、陸域から流入する有機物を含めて湖内の有機物が、どのような仕組みで生成され、また、どのように分解されるのか等湖内での循環について明らかにする必要がある。

霞ヶ浦における藻類の生産、分解、沈降に伴う有機物の変化、底泥から溶出する有機物、湖内への流入、湖外への流出等、有機物の物質収支を把握することにより、有機物の削減方策につながる成果が期待される。

(イ) 北浦におけるリンの低減化に関する調査研究

近年、北浦は、西浦・常陸利根川と比べても水質汚濁が進行しており、北浦に流入している河

川のリン濃度は減少傾向にあるにもかかわらず、湖内では、夏期にリンが高濃度となる状況が進行している。

この原因として、貧酸素水塊が発生して底泥からリンが溶出していることが考えられ、底泥からのリンの溶出を抑制するには、貧酸素水塊の解消が重要な課題となっている。

そのため、第1期の「霞ヶ浦の水塊・湖流に関する調査研究」において開発した貧酸素水塊の発生を予測するシミュレーションモデルと、「霞ヶ浦のリンの増加原因に関する調査研究」において明らかとなったリン濃度の季節変化、地点分布、底泥からの溶出メカニズム等の知見を組み合わせ、北浦におけるリンの高濃度の発生時期、発生場所等について精度良く予測出来るようにするとともに、事前の対応策を検討することにより、リンの削減につながる成果が期待できる。

(ウ) 有機物生産に影響する窒素の物質循環に関する研究

植物プランクトンの増殖には、リンとともに、水中の窒素が大きく関与しているといわれているが、窒素と植物プランクトンの増殖との関係については、ほとんど解明されていないことから、中長期計画の「湖内物質循環に関する調査研究」のうち、窒素の流入、沈降、溶出、脱窒、植物プランクトンによる吸収、食物連鎖を通じた循環や収支を大まかに把握し、植物プランクトンを介した窒素とCODとの関係を究明し、有効な富栄養化対策への道を探るために実施するものである。研究は、先ず北浦から着手し、順次霞ヶ浦全域に拡大する。

ウ 流域からの流入負荷に関する調査研究

北浦流入河川の窒素濃度は、昭和40年代後半の公共用水域の測定開始以来、右肩上がりに増加し、最近では硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の濃度が環境基準値を超過する河川も見うけられる。これは台地部の地下水が高濃度の硝酸性窒素に汚染され、この汚染地下水が浸みだしていることに起因している。

そこで、北浦流域の台地部地下水に含まれる窒素の総量を推定するとともに地下水の浸み出しによる河川への流入負荷の状況を調査して、北浦流域の農地に施された肥料や流域から発生する家畜ふん尿・生活排水などが直接にあるいは農地や地下水を経由して、どの程度の量がどのぐらいの時間的な差をもって北浦に流出しているかを明らかにする。これは流域対策の効果を検討する上で重要な知見となる。

(2) 大気・化学物質に関する調査研究

大気環境については、二酸化いおうなどについて環境基準を達成しているものの、高濃度になると目や呼吸器などに影響を与える光化学オキシダントは未達成である。

また、新たにPM2.5の環境基準が設定され、平成23年度から常時監視が開始されることとなっているが、浮遊粒子状物質の測定結果から、環境基準の達成が懸念されている。

化学物質は現在10万種以上が使われているが、毒性についての知見が不十分のため、国において調査研究を進めているところであり、環境省が実施している分析法の開発や環境中濃度の把握等に協力するなど、分析技術の確保や知見の集積に努める。

さらに、緊急水質事案や地下水汚染事案のような各種事案に対してその原因を究明することもセンターの重要な役割であり、事案に対してどのような調査を行い、どう対策を講ずるのか等について知見を集積する必要がある。

これらの課題について対応するため、施策を検討する上で必要な情報、科学的知見を提供するとの観点から調査研究を進めることとし、次の調査研究項目から着手することとする。

ア 微小粒子状物質 (PM2.5) の地域特性に関する研究

微小粒子状物質 (PM2.5) については、健康影響のおそれがあることから、平成 21 年 9 月に環境基準が定められたところである。

本県では微小粒子状物質 (PM2.5) の測定は行われていないため実態は明らかではないものの、浮遊粒子状物質 (SPM) の濃度から推定すると、浮遊粒子状物質の常時監視地点 39 ヶ所中 25 地点で、現在検討されている環境基準を超える可能性が見込まれる。

このようなことから、微小粒子状物質の地域特性や季節変動を気象等との関係で解析し、今後常時監視局を整備するに当たっての適正配置を検討する手法の開発を行う。

また、高濃度時の要因を解析するとともに発生源別寄与率等のパターンを用いたグルーピング等により地域特性を把握し、対策を検討するうえでの基礎的な情報を得る。

イ 自然的要因による地下水汚染に関する研究

毎年県で行っている地下水概況調査においては、4～6%の割合でヒ素が検出され、3%程度は環境基準を超過している。

また、基準値以下であるが検出率の高い項目としてふっ素やほう素が挙げられるが、これらの物質の検出地点は県東部を始め広範囲にわたり、その原因として自然的要因が想定され、これまで過去の検出例等を参考に判断してきた。

そこで、ヒ素等の検出率が高い地域において地質調査や地下水調査を行い、ヒ素等が地下水に溶出する機構を明らかにすることにより、検出された場合の原因を判断する調査手法（調査項目、調査地点等）としてまとめる。

5 共同研究等への積極的参加及び大学等との連携

霞ヶ浦に関する研究はもとより、大気汚染など広域的な事象の研究について、分析技術や研究レベルの向上、研究の効率化等を図るため、国や他県の研究機関等との共同研究、共同調査などに積極的に参加する。

また、効率的に研究を進めるため、客員研究員制度の活用や専門分野の研究者からアドバイスを受けるとともに、大学や関連する研究機関等との連携に努める。