

クリーク水質に及ぼす底泥と水生植物の影響

山本, 史子
九州大学大学院生物資源環境科学府

弓削, こずえ
九州大学大学院生物資源環境科学府

中野, 芳輔
九州大学大学院農学研究院

船越, 保
九州大学大学院農学研究院

<https://doi.org/10.15017/4315>

出版情報 : 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 58 (1/2), pp.61-68, 2003-10-01. 九州大学大学院農学
研究院
バージョン :
権利関係 :

クリーク水質に及ぼす底泥と水生植物の影響

山本史子*・弓削こずえ*・中野芳輔・舟越保†

九州大学大学院農学研究院生産環境科学部門地域環境科学講座灌漑利水学研究室

(2003年6月30日受付, 2003年7月15日受理)

Water Quality of Creeks Affected by the Bed Mud and Aquatic Plants

Fumiko YAMAMOTO*, Kozue YUGE*, Yoshisuke NAKANO,
and Tamotsu FUNAKOSHI†

Laboratory of Irrigation and Water Utilization, Division of Regional Environment Science,
Department of Bioproduction Environmental Sciences, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

緒 言

佐賀平野は水田を中心とした大農業地帯であるとともに、クリーク地帯という特徴的景観を持っている。クリークは、古くから地域の自然や住民の生活に密着しながら存在しつづけてきた。近年では農業用水源のみならず、貴重な親水空間としての役割が期待されている。またクリークは農業的機能、生活的機能、防災・環境保全的機能、生態的機能など多面的な機能を持つ、後世に残すべき文化的遺産である。しかし農業形態の変化や住民の生活様式の変化、地域社会の都市化、水利施設の管理状態の変化など様々な理由によって、クリーク水質は悪化し、富栄養化したクリークが多いのが実態である。特に非灌漑期のクリークでは、水流の停滞や水位の低下に起因するヘドロ化や底泥からの栄養塩類の溶出が問題になっている。

そこで本研究では、佐賀県佐賀郡東与賀町のクリーク地帯において、灌漑期と非灌漑期の水質を調査し、両者の水質変化特性について比較検討を行った。また、灌漑期においては水質浄化の役割を果たす水生植物が、非灌漑期になり腐敗すると、水質にどのような影響を及ぼすか検討するため、ホテイアオイを栽培し溶出実

験を行った。

調査地区の概要

佐賀県佐賀郡東与賀町は佐賀市、大和町、三日月町、牛津町、久保田町、諸富町、芦刈町、川副町、小城町とともに佐賀土地改良区に属し、これら1市9町の水田約10,000haが一級河川嘉瀬川の水を利用して、北山ダム、川上頭首工、水路の施設を維持管理している。

東与賀町は、肥沃な土地と有明海の恵みを受け、農業と漁業を中心に繁栄してきた。東は八田江川を挟み川副町、西は佐賀市西与賀町、嘉瀬町、北は佐賀市本庄町に隣接している。南は直線状コンクリート堤防によって有明海に臨み、さらに南方に雲仙岳や多良岳を遠望することができる。東西約3.5km、南北約7kmの南北に長い地形で、総面積は15.39km²、標高は最も高いところで海拔2.8m、低いところで0.4mの純平坦地である。

実験の概要

1. クリーク水質調査

佐賀県佐賀郡東与賀町において、灌漑期にあたる10月9日と非灌漑期にあたる11月20日および12月11日の

* 九州大学大学院生物資源環境科学府生産環境科学専攻地域環境科学講座灌漑利水学研究室

* Laboratory of Irrigation and Water Utilization, Division of Regional Environment Science, Department of Bioproduction Environmental Sciences, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

† Corresponding author (E-mail: tfunako@agr.kyushu-u.ac.jp)

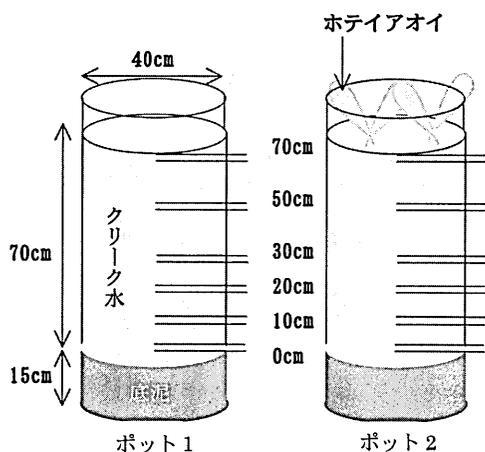


図1 溶出実験装置

計3回水質調査を行った。調査日の天候は10月9日、11月20日が晴れ、12月11日は雨であった。水生植物の影響を検討するため、植物被覆なしのクリーク1、ヒシが繁殖するクリーク2およびホテイアオイが繁殖するクリーク3の3箇所を選定し、灌漑期、非灌漑期ともに午前8時から2時間間隔で5回、データのサンプリングを行った。測定項目は水温、電気伝導度 (EC)、溶存酸素 (DO)、pH、硝酸イオン濃度 (NO_3^-)、全窒素 (T-N)、全リン (T-P) の7項目である。計測機器は堀場製作所センサプローブ W-20XD シリーズ W-23XD を使用した。なお T-N、T-P については、実験室に持ち帰り測定した。

2. 水生植物存在下での溶出実験

非灌漑期におけるクリークの水質悪化は、底泥からの栄養塩類溶出、水生植物の腐敗・沈降が起因していると考えられる。そこで本実験では、クリーク底泥とクリーク水を入れたポットで底泥からの溶出を調査し、同様の条件で水面に水生植物を栽培したポットで、水生植物の影響を含めた水質動態を調査した (西條・三田村, 2000)。

1) 実験方法

九州大学農学部貝塚圃場内のガラス室に2個の栽培ポットを設置し、ポット1は東与賀町から採取してきたクリーク底泥とクリーク水のみ、ポット2は同様の条件で水面にホテイアオイを栽培した。実験装置について図1に示す。溶出実験期間を11月28日から12月12日までの15日間と設定し、実験開始1日目と実験終了日の各1日間、午前9時から午後9時まで2時間間隔

表1 溶出実験の測定項目

分析対象	測定項目	測定時間
上層水	水温, EC,	実験開始日
	pH, DO,	実験終了日
	NO_3^-	2時間間隔
底泥間隙水	T-N, T-P	実験開始日
		実験終了日
底泥	T-N, T-P	実験開始前 実験終了後
ホテイアオイ		

で水質測定を行った。蒸発散や採水等で減少した水は実験期間終了後、クリーク水を補給した。ポット2についてはホテイアオイの腐敗による影響を検討するため、実験期間終了後の1月17日にも水質測定を行った。測定項目について表1に示す。T-N、T-Pについては9:00、15:00および19:00の3回、深さごとに採水し、測定した。1月17日は9:00、11:00、15:00、19:00、21:00の5回測定した。なお底泥間隙水は遠心分離法で抽出し、ホテイアオイのT-N、T-Pは葉茎部および根部に分け、60℃で72時間乾燥させた後、ケルダール法により測定した。

結果と考察

1. クリーク水質調査結果

灌漑期10月9日と非灌漑期11月20日の水質調査結果の概要を以下に示す。なお T-N、T-P については、灌漑期10月9日と非灌漑期12月11日の結果を述べる。12月11日の水温、EC、DO、pH、 NO_3^- については省略する。

1) 水温

クリーク1 (植被なし) における10月9日および11月20日の水温の経時変化については、鉛直分布はほとんど見られず、10月9日においては14:00の値をピークとした時間変化が表れ、11月20日においては時間の経過とともに上昇した。クリーク2 (ヒシ) においては、10月9日はクリーク1 (植被なし) と同様の時間変化を示し、水面付近の値が若干大きくなった。11月20日は時間の経過とともに上昇していき、午後は水面の値が大きくなった。またクリーク3 (ホテイアオイ) の経時変化では、10月9日はクリーク1 (植被なし)、

クリーク 2 (ヒシ) と同様の時間変化が見られたが、変動の幅は前者 2 つより小さかった。また 11 月 20 日においては、ほとんど時間変化がなく、前者 2 つのクリークより水温が高いことから、水面を覆ったホテイアオイが、水中への日光の供給を妨げた影響であると考えられる。

2) EC

10 月 9 日のクリーク 1 (植被なし) およびクリーク 2 (ヒシ) においては時間変化や鉛直分布がほとんど見られないが、11 月 20 日は時間の経過とともに EC 値が大きくなる傾向が見られた。またクリーク 3 (ホテイアオイ) の経時変化のグラフでは 10 月 9 日、11 月 20 日ともに EC 値の時間変化および鉛直分布は見られなかった。EC 値は水温に支配され、イオン成分の濃度にはほぼ比例する。クリーク 3 (ホテイアオイ) ではホテイアオイが水面全体を被覆したことにより、日光の供給が妨げられ、水温と同様に時間変化および鉛直分布が見られなかったと考えられる。

3) DO

各クリークともに、11 月 20 日の値が 10 月 9 日の値を上回った。夏季は冬季の半分ほどしか、酸素は水中に溶け込むことができないため、水温の低い 11 月 20 日の値が大きくなったと考えられる。クリーク 1 (植被なし) の 10 月 9 日の経時変化では、15:30 を最大値とした時間変化が表れた。11 月 20 日は時間の経過とともに大きくなった。クリーク 2 (ヒシ) の 10 月 9 日の経時変化では、表層部で DO が大きくなった。これは、植物プランクトンが活発に光合成をしている影響と考えられる。11 月 20 日はクリーク 1 (植被なし) と同様に、時間経過とともに大きくなった。クリーク 1 (植被なし) およびクリーク 2 (ヒシ) では、10 月 9 日と比較すると 11 月 20 日の DO が大きい時間変動を示した。クリーク 3 (ホテイアオイ) では、前者 2 つのクリークよりも季節変化が小さく、DO 値も小さい。水温、EC と同様にホテイアオイが水面を被覆した影響と考えられる。実際、これに関連して、手賀沼で行われているホテイアオイ植栽の圃場における水質は、水中に脱落したホテイアオイからの根、根茎、葉などの分解無機化に伴う酸素消費によって、圃場外に比較して DO が小さいという報告がある (本橋, 2001)。

4) pH

pH は DO と連動するため、DO と同様の変化を示した。クリーク 1 (植被なし) およびクリーク 2 (ヒシ) では 11 月 20 日の pH が高く、10 月 9 日のクリーク 2 (ヒシ) では DO と同様に水面の pH が高くなった。

これは盛んに光合成が行われ、二酸化炭素が消費されたものと考えられる。また 11 月 20 日のクリーク 2 (ヒシ) では底泥付近の pH が低くなっているが、これは底泥中の微生物が呼吸したことによって、二酸化炭素が放出されたものと推測できる。クリーク 3 (ホテイアオイ) においては変動が小さく、ホテイアオイの影響が示唆される。

5) NO₃⁻

各クリークともに、11 月 20 日の NO₃⁻ は 10 月 9 日の約 10 倍の値を示した。また 10 月 9 日は、いずれのクリークも時間変化および鉛直分布がほとんど見られないのに比べ、11 月 20 日はクリーク 1 (植被なし) およびクリーク 2 (ヒシ) で時間変化が表れた。クリーク 3 (ホテイアオイ) では 10 月 9 日と同様、時間変化は表れなかった。

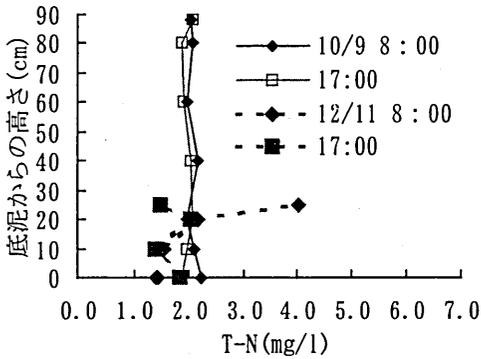
6) T-N

ここからは灌漑期 10 月 9 日と非灌漑期 12 月 11 日の結果を比較しながら、考察を進める。

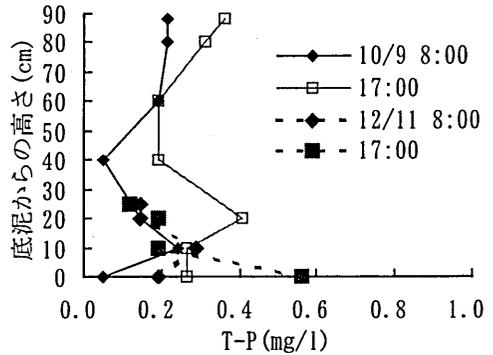
クリーク 1 (植被なし) における 10 月 9 日および 12 月 11 日の T-N の経時変化を図 2 (a) に示す。クリーク 1 (植被なし) について、底泥からの高さが 20cm 以下では 10 月 9 日と 12 月 11 日の変化はほとんどないが、表層部では 12 月 11 日の T-N が高い。これは光によって植物プランクトンが増殖していることを表す。12 月 11 日の 17:00 の値が低いのは、測定日に降雨があったことによる希釈と考えられる。図 2 (b) に示すクリーク 2 (ヒシ) の経時変化においては、12 月 11 日の T-N の方が大きく、冬季になりヒシが腐敗した影響や、クリーク 2 (ヒシ) は民家に隣接していたため、汚水が流入した影響と考えられる。クリーク 3 (ホテイアオイ) の経時変化を図 2 (c) に示す。クリーク 3 (ホテイアオイ) では 10 月 9 日と 12 月 11 日との間に大きな変化は見られなかった。12 月 11 日の測定時、ホテイアオイの葉部は枯れかけていたが、腐敗は認められなかった。このため 10 月 9 日と同様に、水面を覆うホテイアオイにより水中への日光の供給が妨げられ、水中の植物プランクトンの活性が低下したため、両者の変化が表れなかったと考えられる。

7) T-P

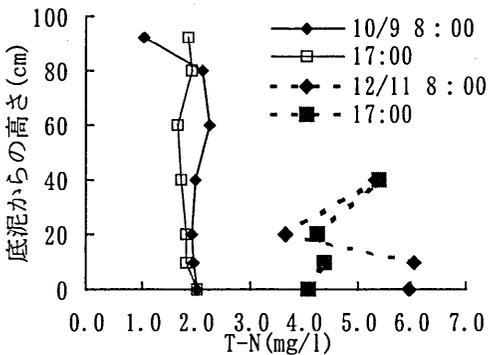
クリーク 1 (植被なし) における 10 月 9 日および 12 月 11 日の T-P の経時変化を図 3 (a) に、クリーク 2 (ヒシ) の経時変化を図 3 (b) に、クリーク 3 (ホテイアオイ) の経時変化を図 3 (c) に示す。T-P は 10 月 9 日と 12 月 11 日の大きな変化は表れなかったが、植生の有無による違いが表れた。植物なしのクリーク 1



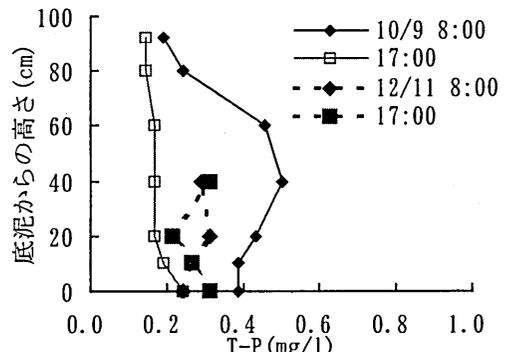
(a) 植物なし



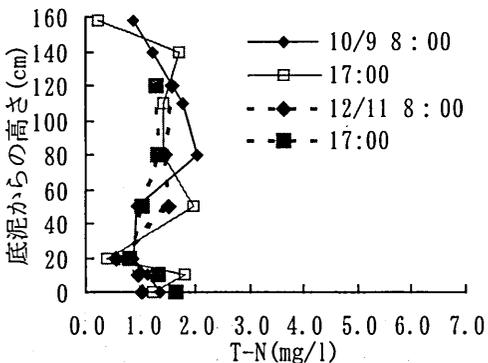
(a) 植物なし



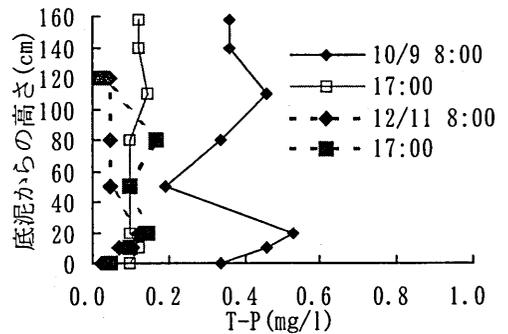
(b) ヒシ



(b) ヒシ



(c) ホテアオイ



(c) ホテアオイ

図2 T-Nの経時変化

図3 T-Pの経時変化

(植被なし)では10月9日, 12月11日ともに17:00のT-Pが高い傾向であるが, 植物があるクリーク2(ヒシ)およびクリーク3(ホテアオイ)では8:00のT-Pが高い傾向を示した。これは, 腐敗したヒシや水面を覆いつくしたホテアオイが, 何らかの影響を及ぼしていると考えられるが, ここでは考察し難い。

なお, 次項で述べる溶出実験においても, これと同様の現象が表れた。

8) まとめ

今回のクリーク水質調査では, 植生の違いにより3つのクリークを選定し, 灌漑期と非灌漑期の水質を比較した。水生植物が繁殖していないクリークにおいて

は、日光や気温の影響を受け、水質の変動が見られた。ヒシが繁殖するクリークにおいては、ヒシの活性がある灌漑期は、水面を覆いつくしたヒシの薄い葉を日光は透過するため、水中の植物プランクトンは光合成ができ、水中の DO は上昇するが、ヒシが腐敗する非灌漑期には EC や T-N を上昇させるなど、クリークを富栄養化させる原因となる。ヒシは耐寒性が低く、11月には腐敗してしまうため、腐敗する前に除去が必要である。ホテイアオイが繁殖するクリークにおいては、各水質項目ともに、鉛直分布および時間変化がほとんど見られないという結果が得られた。ヒシとは異なり、背の高い群落で水面を覆ったホテイアオイは、大気から水中への酸素供給を減少させ、水中への日光の到達を遮り、水中の植物プランクトンの光合成作用を低下させる。しかし、ヒシより耐寒性に優れ、適切な維持管理が行われていれば、優れた浄化機能を持つ植物である。水生植物が繁殖するクリークでは、維持管理を徹底させることが重要な課題の1つとなる。

2. 水生植物存在下での溶出実験

ポット1とポット2について実験開始日11月28日と実験終了日12月12日を比較しながら、各水質項目の測定結果を以下に示す。

1) 水温

11月28日と12月12日のポット1とポット2の水温の経時変化について以下に述べる。2つのポットともに実験前後で17:00の値をピークとした時間変化が表れた。時間変動は12月12日が小さい。またポット2における1月17日の経時変化については、1月17日の天気は晴天で、気温も上昇したため、水温も上昇し、21:00になってもほとんど低下しないという結果が表れた。

2) EC

植物を栽培しなかったポット1においては、11月28日は各時間ともに底泥直上で最大値を表し、底泥からの高さが10cm以上では一定で、時間変化も見られなかった。12月12日においても底泥直上で最大となり、底泥からの高さが20cm以上ではほぼ一定値を示した。実験前後を比較すると、12月12日の EC 値が大きく、上層部と下層部の濃度差が大きくなったことが分かる。また、ホテイアオイを栽培したポット2においては、11月28日の EC 値はポット1と比較すると、高い傾向を示した。これは2つのポットを準備してから6日後を実験開始日としたためである。2つのポットの初期値は等しかったことをここで補足しておく。12月12日の EC 値は全体的に上昇し、底泥直上と上層部との間に濃度差が表れた。さらに1月17日の調査結果では、

EC 値は最大で2000 μ S/cm まで上昇し、時間変化や鉛直分布は見られなくなった。

3) DO

ポット1については11月28日と比較すると、12月12日の DO は底泥付近で低く、上層部では高くなり、濃度勾配が大きくなった。底泥付近で DO が低下したことから、底泥からの溶出が起り始めていると考えられる。また、ポット2における12月12日の DO は、11月28日と比較して全体的に大きい傾向を示している。底泥付近では上層部と比較して小さい値を示した。さらに1月17日の DO は実験期間中と比較すると、全体的に小さくなった。また鉛直分布がほとんど見られなくなった。1月17日は、日光を遮っていたホテイアオイの葉がほとんど枯れ、活性が失われていたため、実験期間中に見られた鉛直分布が見られなくなったと考えられる。

4) pH

ポット1では底泥付近で小さく、水面付近で大きくなった。実験前後を比較すると、12月12日の pH が全体的に若干高い傾向を示した。またポット2では、ポット1と比較して深さごとの変化が小さく、12月12日の pH が高い傾向を示した。さらにポット2における1月17日の結果では、鉛直分布はほとんど見られず、9:00を最小値とする時間変化が見られた。

5) NO₃⁻

11月28日および12月12日のポット1における NO₃⁻ の経時変化を図4(a)に示す。実験前後ともに底泥直上が最も大きく、底泥から20cm以上ではほぼ一定値を示した。12月12日の NO₃⁻ は、実験開始前より濃度勾配が小さくなった。初期値と比較して、底泥直上水では NO₃⁻ 値が低く、底泥から10cm以上では濃度が高くなっているため、実験期間中拡散による均等化が起こったものと考えられる。また図4(b)に示すポット2の経時変化においては、実験前後ともに底泥直上に最大値が表れ、底泥からの高さが20cm以上ではほぼ一定の値を示した。時間の経過とともに底泥直上水と上層水との濃度差が小さくなり、1月17日の測定ではほとんど濃度差は認められなくなった。また実験前後のホテイアオイ成分分析の結果、ホテイアオイに含まれる硝酸態窒素の値が大幅に減少しており、葉茎部においては乾物当たり T-N も減少していることから、ホテイアオイの葉茎部からの NO₃⁻ 溶出が起こったと考えられる。

6) T-N

ポット1における11月28日と12月12日の T-N の経

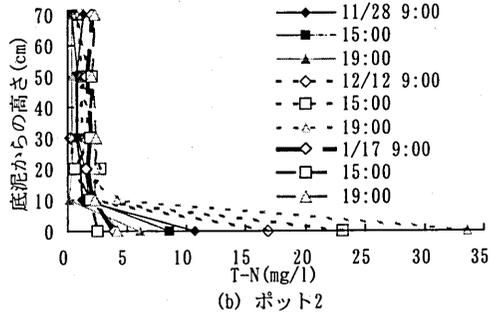
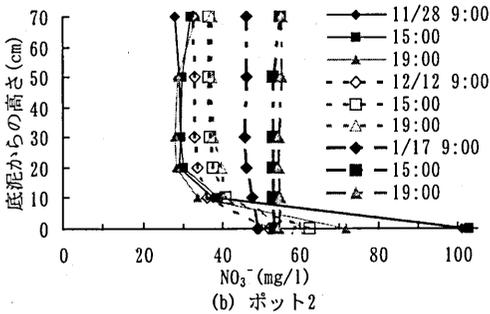
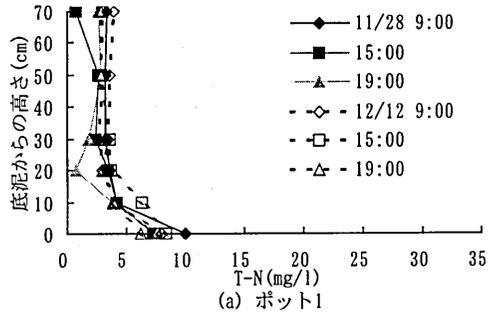
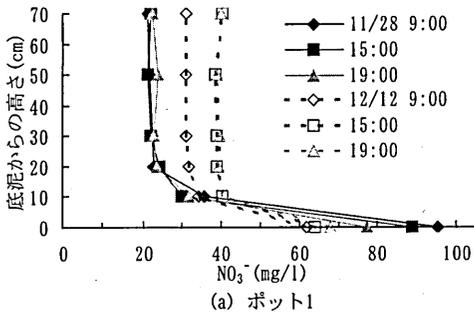


図4 NO₃⁻の経時変化

図5 T-Nの経時変化

時変化を図5 (a) に示す。ポット1においては、実験前後でほとんど変化は見られなかった。実験前後ともに底泥直上の値が大きく、上層で低くなる傾向にあった。日変化についても大きな変化は見られず、時間経過とともに若干大きくなる傾向が表れた。図5 (b) に示すポット2の経時変化においては、底泥直上から底泥上10cm までの下層部に実験前後の違いが顕著に見られた。12月12日における底泥直上の T-N の値が、ポット1と比較すると高い値を示した。底泥からの高さが10cm 以上の上層部でも、12月12日の T-N は初期値より高い値を示した。1月17日になると底泥付近の値は小さくなったが、全体的に T-N は高くなり、拡散による均等化が見られた。ポット1では実験前後の変化がほとんどなかったことから、ポット2では窒素を大量に含んだホテイアオイの根部や茎部が腐敗して沈降したために、下層部で高濃度を示したものと考えられる。

7) T-P

ポット1における11月28日と12月12日の T-P の経時変化を図6 (a) に示す。11月28日のポット1においては底泥直上の T-P 値が最大で、底泥からの高さが10cm 以上ではほぼ一定値を示した。12月12日には

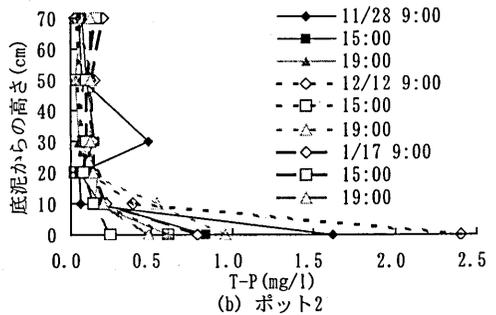
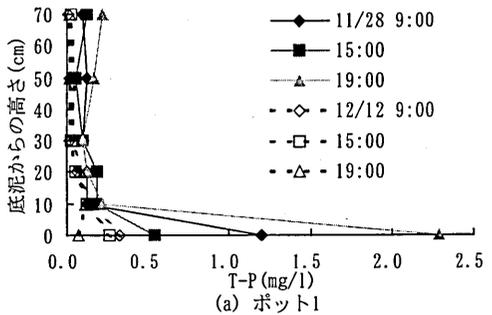


図6 T-Pの経時変化

底泥直上水と上層水との濃度差が大幅に小さくなり、全体的に T-P は低下した。図 6 (b) に示すポット 2 の経時変化においては、底泥からの高さが 20cm 以下の下層部では、実験後の T-P が初期値に比べ高い傾向を示した。表 1 に示す実験前後のホテイアオイにおける成分分析の結果、ホテイアオイの葉茎部のリンが若干減少したことから、腐敗したホテイアオイの茎部が沈降し、リンが溶出したものと考えられる。また表 1 に示す底泥および底泥間隙水の成分分析の結果、ポット 2 では、底泥のリン全量が若干減少し、底泥間隙水の T-P も若干ながら減少しているが、誤差の範囲であると考えられ、さらに、12月12日のポット 2 の DO は底泥付近で若干小さいが、8.0mg/l 以上であり貧酸素状態であったとは考えられない。したがって、底泥からのリン溶出が起こったのか、ここでは判定し難い。またポット 1 とポット 2 を比較すると、ホテイアオイのポット 2 は底泥付近で 9:00 の T-P が高い傾向を示している。これと同様の現象は、クリーク水質調査でも起こっており、水生植物と日光の透過が何らかの影響を及ぼしているものと考えられ、今後は水生植物と日光との関係を解明する実験が必要である。

8) まとめ

今回の溶出実験では、水流が停滞する非灌漑期のクリークを想定し、降雨や風の影響を受けないガラス室で実験を行い、植物を栽培しなかったポットと、ホテイアオイを栽培したポットを比較することによって、ホテイアオイの腐敗が水質に及ぼす影響を調査した。

その結果、水温は水面付近が高く、下層へ向かって低下する傾向、EC、NO₃⁻、T-N および T-P 等栄養塩類を表す項目は、底泥付近で最も大きく、上層部に向かって一定値を示す傾向を表した。ホテイアオイを栽培したポットにおいては、ホテイアオイの腐敗に伴い、EC や底泥付近の T-N、T-P が上昇し、富栄養化の傾向が見られた。また先に述べた通り、ホテイアオイの活性がある時は、水温や DO の上昇を妨げるが、活性を失い、茎部や根部が沈降すると、植物体に蓄積されていた栄養塩類が水中へ溶出することが明らかになった。

本実験では、底泥からの栄養塩類溶出が起こったのか確認できなかったが、非灌漑期における水質悪化は、底泥からの溶出も一因であるが、水生植物の腐敗による影響が大きいという結果が得られた。水生植物の管理が、クリーク水質を保全するための重要な課題の 1 つである (農業土木学会, 1999)。

摘 要

本研究では、灌漑期と非灌漑期のクリーク水質特性を比較検討し、特に、水位が低下し、水流が停滞する非灌漑期の水質動態に着目し、ホテイアオイを栽培し、溶出実験を行った。これらの調査および実験の結果は、以下のように要約できる。

①クリークの水質変動にクリーク植生は大きく影響する。ホテイアオイが繁殖するクリークでは、水質の鉛直分布および時間変化がほとんど見られなかった。

②ホテイアオイは繁殖力が大きく水中からの栄養塩類などの吸収能力が高いが、腐敗が進み、茎部や根部などが沈降すると、植物体に蓄積されていた栄養塩類が溶出することが明らかになった。

③非灌漑期の水質悪化は、底泥からの栄養塩類溶出も一因であるが、水生植物の腐敗による影響が大きい。腐敗した水生植物の一部が底泥を生成する。

本実験で行った、水生植物存在下での底泥溶出モデルを構築する際は、クロロフィル a、植物プランクトン、DO、COD などの項を考慮する必要がある。その他、農地からの流入負荷量、底泥への吸着、底泥の巻き上げなども考慮できれば、クリーク内での物質移動が再現できると考えられる。

本研究では 9 月から 1 月までを実験期間としたが、今後はホテイアオイの生長を考慮して 1 年を通した調査および実験が必要である。またクリークのみを対象とするのではなく、クリーク・水田系として水質をとらえ、流入・流出を考慮に入れることが今後の課題である (楠田, 2001)。

農業農村整備事業では、環境との調和に配慮した調査・計画が行われており、環境への意識が高まっている。クリークを取り巻く水環境においても、行政や地域住民が一体となって意識を高め、適切な維持管理がなされるべきである。

文 献

- 楠田哲也 2001 自然の浄化機能の強化と制御, 技報堂出版, 東京, 72-86, 166-176頁
 本橋敬之助 2001 水質浄化マニュアル 技術と実例, 海文堂, 東京, 44-56頁
 農業土木学会 1999 平成10年度曾於東部農業水利事業中岳ダム水質保全検討委託事業報告書
 西條八東・三田村緒佐武 2000 新編湖沼調査法, 講談社サイエンティフィック, 東京, 53-116頁

Summary

The activities of some creek aquatic plants on water purification were studied. Two aquatic plants are locally called Hoteiaoi (*Eichhornia crassipes*) and Hishi (*Trapa natans* L. Var. *bispinosa*). The items of measured water quality were water temperature, DO, EC, pH, T-P, T-N and NO_3^- .

Water levels in the creeks are kept high during the irrigation season, from June to October, for rice crop production. The creek water is used with cyclic system by pumping up to paddy fields. During the non-irrigation season, from November to March, water levels are kept low for upland crop production. Measuring diurnal changes of profiles of each items, the effects of aquatic plants on water qualities of both seasons were compared. Additionally, the effects of creek bed mud on the water quality were measured by using prototype models of creek set in the green house.

Hoteiaoi showed strong activity of absorbing nitrogen during the maturing stage, but after the declining stage, creek water quality was degraded because of the decaying of the plant mass. The results of the prototype model showed that the creek water quality was not so much affected by the creek bed mud except in the vicinity of bottom.