九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

低平地クリークにおける水質浄化型水管理手法の検討

阿南, 光政
九州大学大学院生物資源環境科学府

弓削, こずえ
九州大学大学院農学研究院

中野, 芳輔
九州大学大学院農学研究院

舟越, 保

他

https://doi.org/10.15017/4367

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 60 (2), pp.223-231, 2005-10-01. 九州大学大学院農学研究院
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

九大農学芸誌 (Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.)
第60巻 第2号 223-231 (2005)

低平地クリークにおける水質浄化型水管理手法の検討

阿南光政[1]*・弓削こずえ・中野芳輔
舟越保・丸居篤[2]
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
(2005年6月30日受付, 2005年7月26日受理)

Study on Utilization of Creeks for Purifying Water Quality

Mitsumasa ANAN[1]*, Kozue YUGE, Yoshisuke NAKANO,
Tamotsu FUNAKOSHI and Atsushi MARUI[2]
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

農村環境を構成する重要な要素である農業用水と水田は，食糧生産の役割のほかに，地下水涵養，生物生息空間の保持，農村の景観形成といった地域用水としての機能，いわゆる多面的機能を兼ね備えている．その多面性故に，水田の周囲には自然と融合した人間社会ともいえる農村空間が形成されてきた．しかしながら，混住化の進行に伴う生活排水の増加，農業従事者の少人数高齢化による維持管理機能の低下などから，農業用水の水質悪化が生じている．加えて，米の生産調整や農村経済の低迷から，水田の転用率や転作率は上昇し，耕作放棄地の増加，農地の壊廃化が徐々に進行している．農業用水や水田を取り巻く環境の変化から，農業，農村の持つ多面的機能の喪失が危惧されている．斯かる背景のもと，農業用水の水質改善は，農業生産及び農村生活に密接な課題であり，早急な対処が求められている．また対策にあたっては，農業用水や水田の本来持つ多面的機能を害わないよう，さらにはそれらを活用した形での方策を導入することが望ましい．

本研究では，農業用水の水質浄化に適切な水管理手法を検討するために，排水収支型のライシメータを用いた実験を行い，水管理形態別に水質の動向を分析した．実験モデル構築の前提条件として，用水不足や水質悪化に関する課題が顕著である筑後川下流域，低平地クリーク地帯を想定した．クリークとは，大河川下流部の低平地帯に掘削された水路網で，当地区特有の水路形態である．クリークは，その幅や深さを変化させたり，曲がったりしながら流れることで，流速に変化をつけ，全体としてゆっくり時間をかけて流れる構造になっている．洪水時には，クリーク網全体が遊水池の役割を果たし，水の勢いを削ぎ，洪水を緩和する機能も持っている．しかし，流れが緩やかであることに加えて，近年では維持管理不足や集落からの生活排水の混入から富栄養化が著しく，場所によっては，水生植物の大量発生や悪臭被害が生じている．実際にクリークの水質を調査した一例を図1に示す．図1は，2004年7月，筑後川下流に位置する福岡県山門郡大和町内のクリークにおいて，採水し，リン・窒素の濃度

[1]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
[2]九州共立大学工学部　環境サイエンス学科
[1]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
[2]Department of Environment Science, Faculty of Engineering, Kyushu Kyoritsu University
*Corresponding author (E-mail: anan@bpes.kyushu-u.ac.jp)

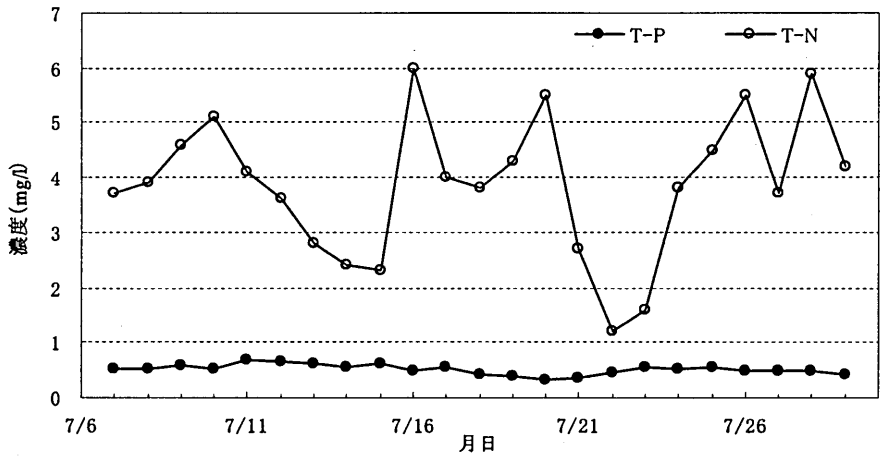


図1 クリーク水質調査結果（2004年，福岡県大和町内）

測定を行なった結果である．リン濃度，窒素濃度ともに農業用水の水質基準値である0.1mg/l，1mg/lを上まわっている．高い時には基準値の5倍以上の値にまで上昇しており，クリーク水の富栄養化は顕著である．

実 験 方 法

水管理手法の違いによる水質浄化効果を検証するため，クリークを想定した2種類のモデルを九州大学内のライシメータで構成し採水，水質分析を行なう．実験期間中の気象条件を把握するため，ライシメータに隣接する場所に，日射計，温湿度計，雨量計，蒸発計を設置し，自動記録観測を行なった．浄化能力の許容範囲を把握するため，クリーク水の初期濃度をあらかじめ高く設定しておき，高濃度から低濃度までの検証が対応できるようにしておく．市販の家庭園芸用液体肥料（窒素5％，リン10%，カリ5％を含む）を高濃度に希釈した溶液を作製し，これを初期状態として実験を開始する．水質分析項目は農業用水の水質基準項目のうち，現地計測可能なpH，電気伝導度（EC）及び溶存酸素量（DO），また室内分析による全窒素（T-N）及び全リン（T-P）とした．

1．クリーク水循環モデル

水田は，連作障害の起こらない極めて得意な農地である．その要因のひとつは飽和土壌中の微生物や，湛水域に生息するソウ類や植物による物質の吸収，分解能力の高さにあるといえる．従って，灌漑水をそのまま河川へ還元せずに，一旦水田を通過させることで，水田がいわばフィルタリングの機能を発揮し水質が改善されることが期待される．休耕田を湛水することは，優良農地保全の観点からも望ましい状態である．また，維持管理作業が比較的少ない水生植物を植えれば，食用の他にも，栄養塩類の吸収作用，生物の生息空間の形成，美しい景観の形成といった様々な効用の発生が期待できる．そこで，クリーク水をポンプアップし休耕田を経由して循環させることで，水質浄化効果の発現状況について，さらに循環の方法が浄化効果に与える影響について検証する．

実験は幅1m長さ4mのライシメータを3基用意し，A圃場，B圃場，C圃場とする（図2）．土壌状態は，代かき後の水田と同様に飽和状態とする．A圃場，B圃場には水生植物のクレソンを25cm間隔で植え付け，C圃場は裸地状態とする．圃場下流側には1m×1mの水路部（貯水部）を設け，液体肥料溶解水を貯水する．圃場部と水路部の間には畦畔部（土壌）を設け，圃場の浸透水は横浸透で水路部に還元される．圃場末端部には高さ5cmの越流堰を設置し，余剰水は落水させることで各圃場の最大湛水深を同一にした．灌漑はクリーク部の水をポンプアップし圃場へ給水する．灌漑スケジュールは，A圃場は1日1回午前8時，B圃場及びC圃場は通日30分毎に循環させる．クリーク部の水質の動向を観測し，水田を経由することによる水質浄化機能を検証する．

2．水耕栽培モデル

クリークの標準的な断面は台形型土水路で，側壁の勾配は2割程度である．農地面積に対する水面積が広

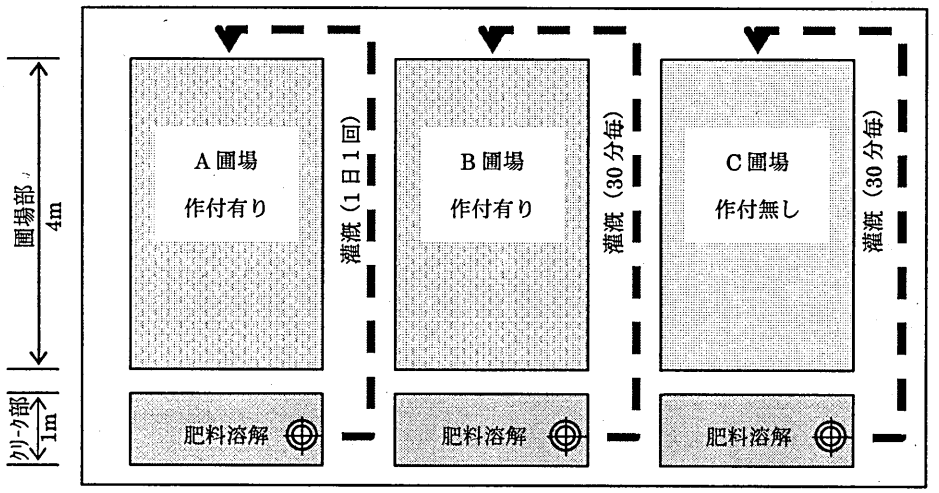


図2　クリーク水循環モデル実験模式図

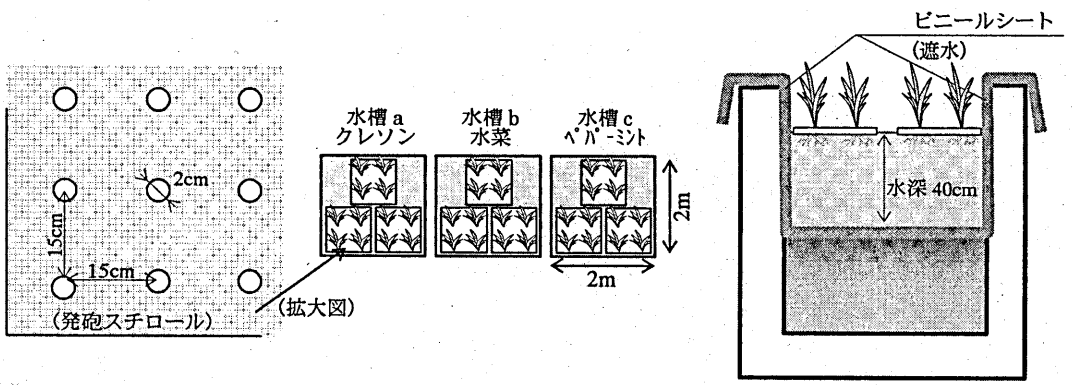


図3　水耕栽培モデル実験模式図

いことが特徴的であり，幹線クリークとなると水面幅は20m 以上となる．その広域さゆえに，クリークの状態が周辺環境に与える影響は大きい．水面幅が広く，水の流れが非常に緩やかなのが特徴であるクリーク水中は，水温が上昇しやすく，その結果プランクトンの生育が活発となり富栄養化を引き起こしやすい．これらの広域なクリーク面積を有効に活用し，かつ，クリークの水質浄化作用を発生させる手法として，クリーク水面を利用した水耕栽培モデルを検証する．クリークの水質悪化の要因のひとつとして維持管理の不十分さがあり，その背景に地域住民と農業用水との関係が希薄になってきたことが推測される．クリーク水面上に景観性の優れた植物を栽培すれば，農業水利施設の親水空間としての効果が促される．農業水利施設の有効活用，作物生産，生態系や景観の保全形成効果を併せ持つクリーク水質浄化システムを開発する目的で，その水耕栽培の方法と，水質浄化効果に優れた植物についての検討を行なった．

実験は縦横 2 m のライシメータを用いて行った．ライシメータ内の土壌を50cm 掘り下げ，植物が水質に与える影響を把握するため，農業用ビニールシートで底面，側面を覆い，水深40cm になるように貯水し水槽状態にする．この実験施設を3つ用意し，異なる3 種類の植物を水耕栽培させる．実験施設を，水槽 a，水槽 b，水槽 c とし，それぞれにクレソン，水菜，ペパーミントを水耕栽培する（図 3）．水耕栽培の方法は，縦横90cm，厚さ 2 cm の発泡スチロール板に，15cm 間隔で直径 2 cm の穴を開け，植物を挿し込み

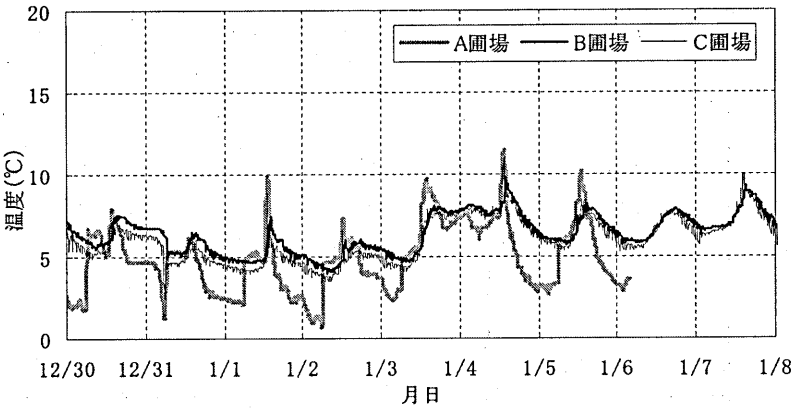


図4 圃場面温度経時変化（クリーク水循環モデル）

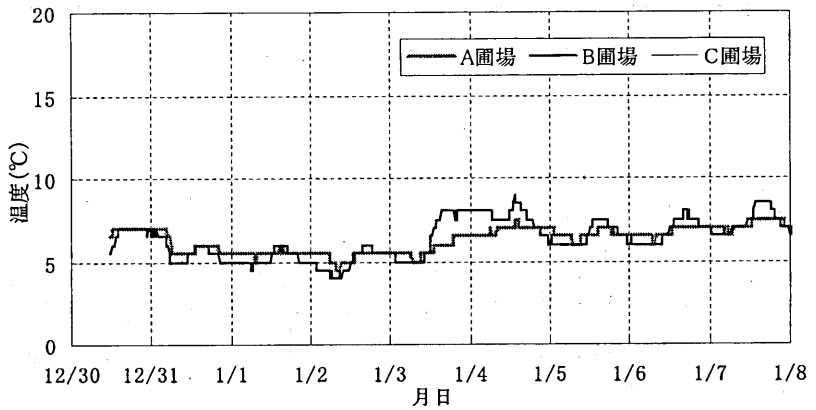


図5 水温経時変化（クリーク水循環モデル）

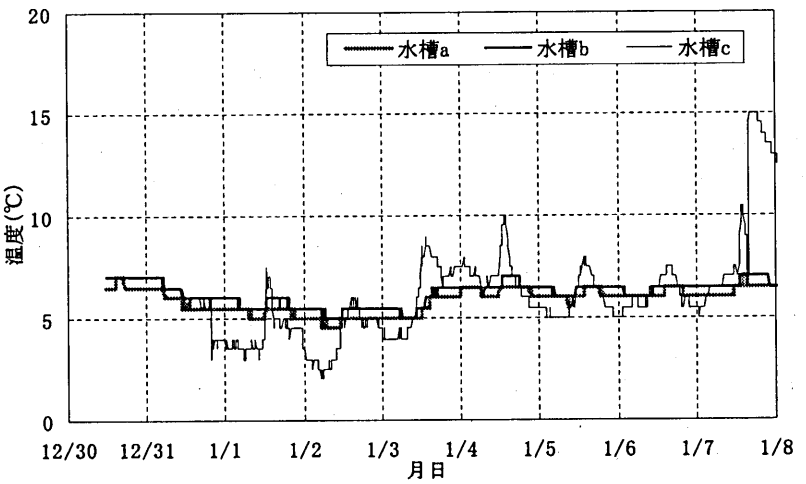
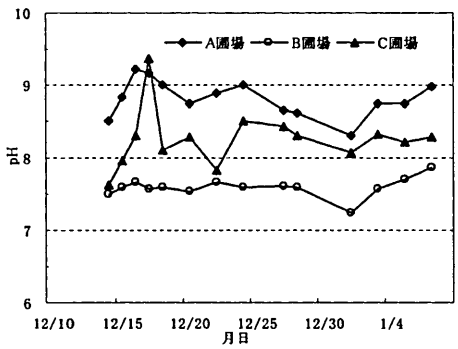
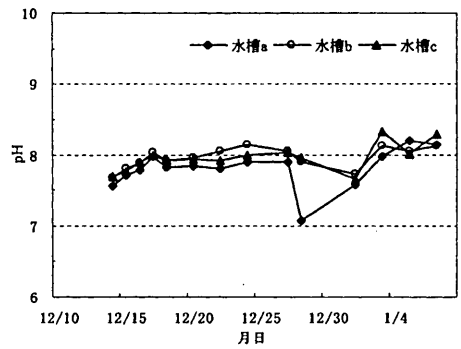


図6 水温経時変化（水耕栽培モデル）

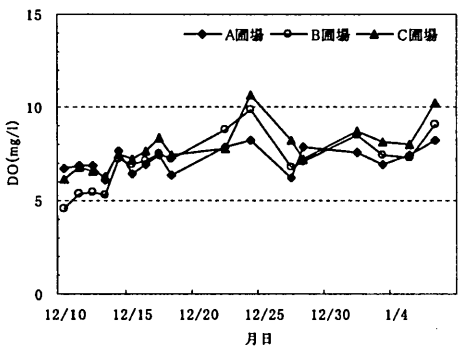


1. クリーク水循環モデル

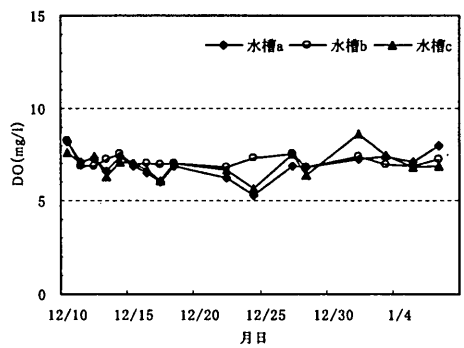


2. 水耕栽培モデル

図7　pH 測定結果

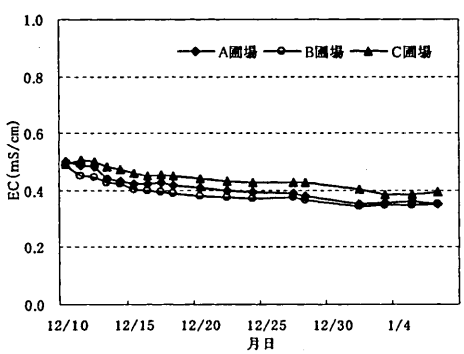


1. クリーク水循環モデル

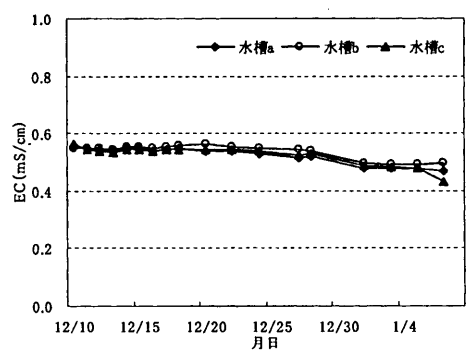


2. 水耕栽培モデル

図8　DO 測定結果

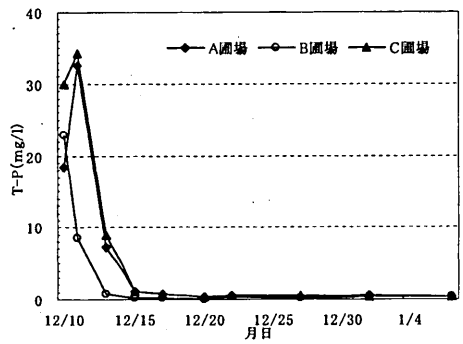


1. クリーク水循環モデル

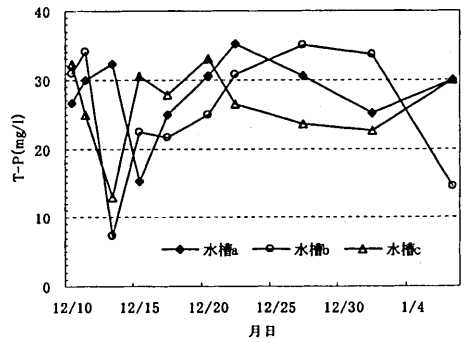


2. 水耕栽培モデル

図9　EC 測定結果

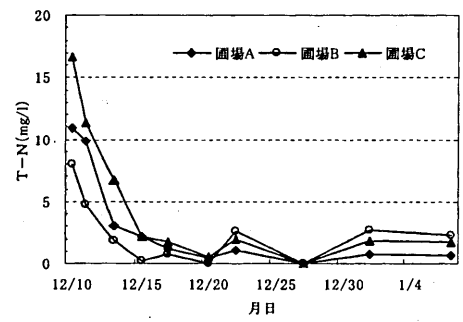


1. クリーク水循環モデル

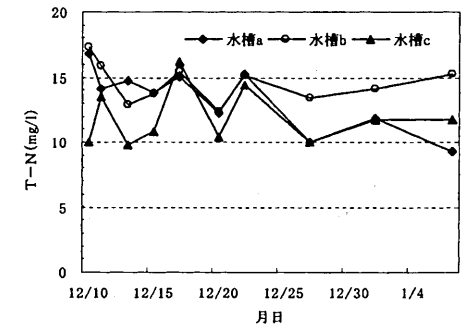


2. 水耕栽培モデル

図10 T-P 測定結果



1. クリーク水循環モデル



2. 水耕栽培モデル

図11 T-N 測定結果

水面に浮かべる．植物体を固定するため，植物体と発泡スチロールの隙間にはスポンジを押し込み，固定する．各圃場に3枚ずつ，植物を植え付けた発泡スチロール板を浮かせる．

実 験 結 果

1．温度

クリーク還元モデルにおける圃場面温度は，灌漑用水を頻繁に循環させるB，C圃場はほぼ同一の挙動を示している．一方，一日一回の灌漑であるA圃場の変動幅はB，C圃場に比べると大きく，外気の気温などの気象条件の影響を直接受けている．循環の頻度を多くすることで，地温は平衡化していく傾向にある．クリーク部の水温は変動が非常に小さく，3圃場とも同一傾向の温度変化を示しており，水循環の頻度がクリーク部の水温に与える影響は小さい．

水耕栽培モデルの水温変化は，水槽a，bにおいてはほぼ同一の温度を示しているのに対して，水槽cは異なる挙動を示している．水槽cに植栽したペパーミントは初期の葉面積が小さかったことから，これらの水温変化の特徴は，水面に対する直射日光量の違いが影響していると考えられる．

2．水質分析

pHおよびDOは，観測毎に上下に変動しているものの，初期値からの微変動であり，いずれのモデルにおいても，経時変化の傾向は観測されなかった．ECは一様に下降しており，両モデルとも一ヶ月でおよそ0.2mS/cm低下している。モデルの設定条件による顕著な違いは現れていない．従って，pH，DOおよびECが本実験で示した変化は，構成した水質浄化モデルに起因するものではなく，実験に使用した水の初期状態や気象環境の影響によるものと思われる．

T-PならびにT-Nは，クリーク水循環モデルにお

いて，顕著な傾向が観測された．初期条件として，リン及び窒素を高濃度に設定していたが，当初20ppm以上あった濃度は，5日間で急激に低下し，農業用水の水質基準値に匹敵する濃度にまで落ち着いた．循環の頻度による浄化作用の違いは見受けられず，また何も植えてない休耕田状態のC圃場においても，リンおよび窒素の濃度低下は著しい．したがって，これらのクリーク部の水を1日1回循環するだけでも，十分な水質浄化効果が発揮できることが観測された．水耕栽培モデルにおいては，若干の濃度低下は見受けられるものの，水質浄化とまでは言い難く，本実験に用いたクレソン，水菜，ペパーミントでは，リンや窒素の吸収能力はそれほど大きくないことが判明した．しかし，いずれの植物も順調に成長しており，本実験で用いた発泡スチロール板を用いた簡易な方法でも水耕栽培は実現可能であると考えられる．

考　　察

クリークの水質悪化の原因は，富栄養化によるプランクトンなどの大量発生である．したがって，栄養塩類である，リン，窒素濃度の低減が，農業用水にとって重要な課題である．

本研究で水質浄化効果を目的に実施したクリーク水循環モデルの実験では，いずれの圃場でも，短期間のうちにほぼ完全にリン・窒素が除去されるという結果が得られた．しかし，循環させる圃場の状態，植物の有無や，循環させる頻度の違いによる差は確認されなかった．したがってリンや窒素の除去効果は，そのほとんどが水田土壌の吸着によるもので，植物による効果はほんのわずかなものであると考えられる．このことは，植物による浄化能力を検証するために実施した水耕栽培モデル実験の結果，顕著な浄化効果が現れなかったことからも確認される．一方で，循環の頻度により植物の生育状況には大きな違いが発現した．クリーク水循環モデルの実験において，クレソンを作付けしたA圃場，B圃場について，同時期に撮影した圃場

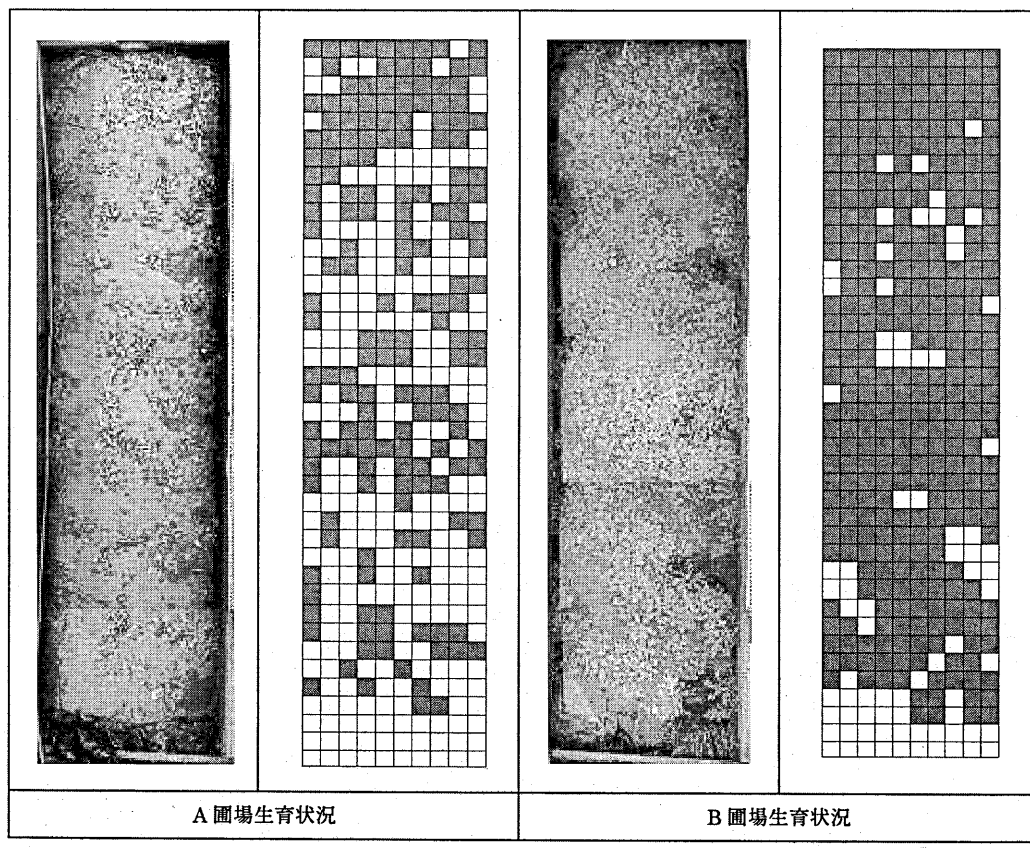


図12　クリーク水循環モデルにおける作物の生育状況

状況の画像をメッシュ（10cm×10cm）で区分し，クレソンの繁殖率を比較した．図12に示すとおり，一日一回の循環だったA圃場に比べてクリーク水を頻繁に循環させたB圃場の繁殖率の高さは一目瞭然であり，セル数は2倍以上に及ぶ．これは，頻繁な水循環による付加効果と推測されることから，今後，他の植物についても検討を行い，水質浄化と作物生産の相乗効果が発揮できるシステムの開発に取り組んでいく．

また，クリーク水循環モデルの実験後の特徴として，水田内には大量の藻類が繁茂していた．藻類は，実験開始時にはほとんど存在しなかったが，循環開始から数日で繁殖し始め，一ヵ月後には田面一面に繁茂していた．クリーク水の循環による水質浄化の要因に，藻類が関与していることは明らかであり，今後は藻類の水質浄化メカニズムを解明し，より的確な水質浄化システムの構築に活用したい．

水耕栽培システムによる実験では，水質浄化機能はほとんど確認できなかった．しかし，クリーク水面上での水耕栽培による作物生産の可能性は実証できた．今後，さまざまな植物を試行し，クリークの水質浄化とともに，生物の生息空間の生成，農村景観の形成といった農村の多面的機能に寄与できる水利システムの開発に取り組んでいく．

要　　約

本研究では，クリークの水質浄化に効果的な水管理手法を検討するために，排水収支型のライシメータを用いた実験を行い，水質の動向を分析した．実験は，クリーク水をポンプアップし休耕水田に循環させるクリーク水循環モデルと，営養塩類を吸収する作物をクリーク水面上で栽培する水耕栽培モデルの二つを構成し，水質分析を実施した．クリーク水循環システムでは，循環の多少に依存せず，また休耕田の作付けの有無に依存せず，栄養塩類の劇的な低減が明らかになった．また，循環の頻度が高くなると，作物の生育状況が向上することが観測された．水耕栽培モデルでは，クレソン，水菜，ペパーミントの3種類の作物を水耕栽培したが，顕著な水質浄化効果は現われなかった．二つのモデル実験の結果から，クリーク水の営養塩類除去には，クリーク水を循環させることが効果的であり，何も作付けをしていない休耕田を通過させるだけでも，水質浄化効果が期待できることがわかった．また，クリーク水面上での水耕栽培は，簡易的な手法でも可能であることが確認できた．今後，水質浄化に適した水生植物を探すことで，クリーク水面の有効活用，生態系保全，景観形成といった多面的機能を発揮することが可能な新しいシステムになることが期待できる．

文　　献

石崎勝義・楠田哲也監訳　2001　Sherwood, C.R., R.W. Crites and E.J. Middlebrooks: 自然システムを利用した水質浄化　土壌・植生・池などの活用．技報堂

加藤仁美　1994　水の造形　水秩序の形成と水環境管理保全．九州大学出版会

中島重旗　1983　土木技術者の陸水環境調査法．森北出版株式会社

西條八束・三田村緒佐武　1995　新編　湖沼調査法．講談社

Summary

This study was researched on the trends of water quality using lysimeters to examine utilization of creek for purifying water quality. Two experiments purifying water quality have been executed, the first one was the model of circulating creek water through fallow paddy field, the second one was the model of hydroponics on the surface of the creek absorbing nutrient rich salts. In the case of the circulate model, nutrient rich salts in the creek greatly decreased depending on neither frequency of circulating nor land use condition. It was observed that the more frequently creek water circulate, the more rapidly crops on the fallow field grow. In the case of hydroponics models, watercress, dropwort and peppermint were grown, purifying water quality wasn't observed remarkably. As a result of these experiments, for removing nutrient rich salts from creek, it's so effective to circulating creek water through paddy fields, even if there are no crops on the fields, water purification works. It was shown that hydroponics on the surface of the creek would be possible with easy method using foam polystyrene. Henceforth, we are looking for aquatic plants, which are adequate for purifying water quality, and our intention is to examine new utilization of creek for purifying water quality.