

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 26 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23248041

研究課題名(和文) 持続的な環境配慮型水管理に資する循環灌漑の可能性

研究課題名(英文) Potential Contribution of Circulating Paddy Irrigation to Sustainable Water Management for Conserving Environments

研究代表者

堀野 治彦 (Horino, Haruhiko)

大阪府立大学・生命環境科学研究科(系)・教授

研究者番号：30212202

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 26,200,000円、(間接経費) 7,860,000円

研究成果の概要(和文)：農地排水の循環利用(循環灌漑)は、水資源の有効利用や負荷削減による環境配慮の観点から重要と考えられる。そこで、琵琶湖沿岸域において、循環・非循環灌漑水田群を対象に、循環灌漑が年間の流出負荷に及ぼす影響を検討した。その結果、循環灌漑区では、灌漑期における平常時の排出負荷軽減が循環取水率の増加とともに期待されるが、一方で、出水時の一時的な排出負荷の増大や非灌漑期における集積負荷排出などにより、必ずしも排水再利用によって軽減された負荷のポテンシャルが活かされるとは限らないことが示された。

研究成果の概要(英文)：Recycle of drainage water from paddies, which is referred to as circulating irrigation, is important for environment conservation in terms of effective water use and reduction of loads. The effects of circulating irrigation on annual effluent loads from the paddies were evaluated in the circulating and non-circulating irrigation paddies along Lake Biwa. As a result, in the circulating irrigation paddies, the reduction of effluent loads during the irrigation periods except the flood events was expected to be increased with the ratio of the reused drainage to the total irrigation water. However, such loads reduction cannot necessarily contribute to the environmental conservation up to the full potential, since the temporal increase of effluent loads during the times of flooding was inevitable and the substances brought back to the paddies were released in the non-irrigation periods.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学，農業土木学・農村計画学

キーワード：循環灌漑 排水再利用 負荷削減 循環取水率 農家意識

## 1. 研究開始当初の背景

環境問題として水質の劣化が懸念されるなか、湖沼の水質改善は河川や海域など他の水域に比べ困難な現状にある。例えば、日本での公共用水域の水質環境基準達成率は、河川の 87%、海域の 76% に対し、湖沼は 55% と著しく低い。この一因には、工場・家庭などの点源負荷には排出規制や下水道整備などの直接的対策が実施されているが、農地などの面源負荷はその濃淡や発生域の特定が難しく規制による対策に馴染まないことが挙げられる。したがって、農家による環境配慮型（負荷削減型）水管理の実践が重要となるが、そのための意識レベルの向上や具体的な管理のためには、実態としての負荷削減効果や更なる削減の可能性を把握し提示することが肝要と思われる。特に、先述のように閉鎖性水域の上流に位置する水田域ではその必要性は高く、日本の代表的な湖である琵琶湖の沿岸部に展開する水田群を事例に、循環灌漑による負荷削減を中心とした環境保全効果を実証的に整理することは意義深いと思われる。

琵琶湖への負荷量の内訳推定結果（大久保, 1997）によれば、COD と T-N では家庭系、産業系が発生源の約半分を占め、農地からの割合はおおよそ 14% 程度と見積もられている。一方、T-P では家庭系、産業系で 3/4 を占め、農地は 5% となっている。また、負荷量の経年変化を見ると（滋賀県, 2008）、どの項目も減少傾向にあるが、これは家庭系、産業系といった点源負荷減少の影響が大きく、農地、市街地などの面源負荷減少量は小さい。特に、農地排出負荷は人為的制御の可能性があり、かつ、環境配慮型の農業が期待されることを鑑みると、今後益々その削減管理が重要となる。

以上の観点から、琵琶湖周辺の循環灌漑は、これまでもその効果について検討が行われてきた（例えば、金木, 1989; 濱ら, 2007; 2008）。また、琵琶湖以外の地区についても、Takeda and Fukushima (2006) や Hitomi et al. (2006) などの報告があるが、循環灌漑による局地的な負荷削減評価であることが多く、かつ通年ではなく灌漑期に限定された総積算量としての整理に留まっている。結果的に、循環取水率（ここでは、「農地排水の再利用量 / 全取水量」と定義）の増加に伴って負荷削減効果は増加するという報告がほとんどであり、排水再利用の強化に伴って用水濃度が上昇し農地への負荷集積が進めば、降雨出水時や栽培管理上必要な落水時などに一時的に排出負荷が増加する可能性について触れられていない。さらに、1) 汚濁水により揚水ポンプに支障が生じやすいこと、2) 除塵機の設置費用や維持管理労力がかかること、3) 病害虫が発生した場合に地区内に蔓延するリスクが高いこと、4) 濁水利用によるコメの品質低下の懸念があること、といった様々な問題点も懸念されつつある。すなわち、

持続的な排水の循環利用には、農家の立場からみた課題も現状として多く残されている。

## 引用文献

- 大久保卓也 (1997): 琵琶湖研究所所報, 第 14 号, 16-19  
滋賀県 (2008): 滋賀の環境 2008 (平成 20 年版環境白書), 56p.  
金木亮一 (1989): 農業土木学会誌, 57(7), 39-44  
濱武英ら (2007): 農業農村工学会論文集, 250, 91-97  
濱武英ら (2008): 農業農村工学会論文集, 257, 11-17  
Takeda, I. and A. Fukushima (2006): Water Research, 40, 569-578  
Hitomi, T., et al. (2006): Water Science and Technology, 53(2), 101-109

## 2. 研究の目的

水田排水を用水の一部として再利用する循環灌漑は、琵琶湖のような閉鎖性水域を下流に有する水田域において、水資源の有効利用や負荷削減による環境配慮の観点から重要であり、その持続的な水管理が期待される。しかし、排水の利用増や長期化に伴い水田群内部での物質蓄積も増え、循環利用形態によっては降雨時や栽培管理上の落水時、非灌漑期にはむしろ流出負荷が増加する恐れもある。また、収穫品質面での抵抗感や維持管理負担増などマイナス面も少なくない。したがって、水・物質動態観測をもとに循環灌漑の利害を統合的に評価し、「循環取水率」や「排水利用可能量」を新基軸に、循環形態に応じた適切な環境配慮型水管理法を検討すると共に、その持続性の確立に向けた課題への対処が重要となる。

そこで本研究では、主に以下の 4 点について検討することを目的とした。

- ・集排水域と受益地の面積比が異なる（非循環灌漑区も含む）循環灌漑水田群を対象に、水文・水質観測を行い、各地区の負荷動態（窒素、リン、有機物を中心）を期別に把握することによって、新たに設定する排水利用可能量（質・量の両面から再利用可能な排水の潜在量）や循環取水率の違いが負荷削減効果に及ぼすメカニズムを明らかにする。

- ・年間を通じて有機物の量的・質的変動が激しい農業用排水でも河川水と同様に TOC と COD の関係性に差が生じる可能性があり、有機物による汚濁の評価精度向上に向けて、灌漑様式および水田管理状況が両者の関係性に及ぼす影響を把握する。

- ・アンケート調査などにより、耕作者や水管理者の循環灌漑に対する意識（どこまで許容できるか）をはじめ、営農と環境保全に関わる認識や懸案事項を明らかにする。

- ・以上から、出水時の排出や中干し落水などにおける耕作者にとって栽培管理上不可避な流出過程を考慮した上で、地区全体として

の負荷削減機能，節水効果の現れ方をシステムとして把握し，循環利用形態に応じた望ましい水管理法を提言する．

### 3. 研究の方法

#### (1)対象水田群の概要

詳細調査区として主に対象とした水田群は，琵琶湖北西側の高島市内に位置し，鴨川流域土地改良区の受益地に含まれている．同受益地の灌漑は，図1に示すように河川を取水源とした一般的な自然流下型（非循環灌漑型）と，琵琶湖を主水源としこれに農地排水の一部を再利用して逆水灌漑を行う循環灌漑型に大別される．受益水田面積は非循環灌漑区で約85.4ha（実作付面積80.0ha），循環灌漑区で約745ha（同面積647ha）となっており，多くが循環灌漑されている．具体的には，非循環灌漑区では，頭首工から鴨川の渓流水を取水し，開水路による重力灌漑を行っており，その水田排水は再利用されず下流に排出される．一方，循環灌漑区では，受益地末端の貯水槽に琵琶湖水を導き，これに農地排水の一部を混合させて，揚水ポンプによりパイプラインシステムを利用して用水供給されている．農地排水の利用は，受益地全てからではなく比較的下流部に位置する約53haの水田からの集水となっている．なお，現在の滋賀県における循環灌漑面積率は集水水田面積率換算で約7.5%である．

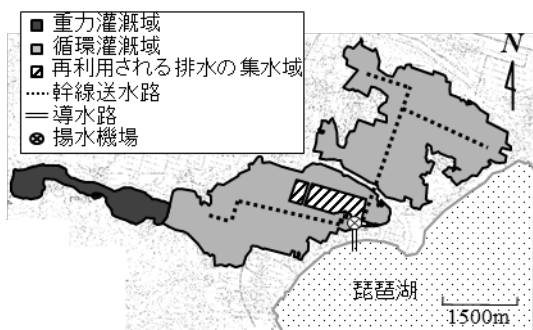


図1 対象地の概要

#### (2)調査方法

本調査の第1目的は，循環灌漑による排出負荷削減の定量化である．このために，循環灌漑区での取水量，排水量，再利用水量，水質の測定を経時的に行っている．取水量はポンプに設置した揚水記録計，排水量は排水路流量計，再利用量はポンプ場貯水槽への導水量計により特定し，水質は採水した各試水（用・排水，琵琶湖水など）を室内で分析した．ここでは，主として富栄養化に関わる窒素（T-N），リン（T-P），有機物含量（TOCあるいはCOD）について整理することにする．また，循環灌漑の影響を明確にするために，比較対照として非循環灌漑区においても調査水田群を具体的に設け（面積5.7ha），先と同様に，取水量，排水量，水質等の観測を行っている．これらの観測は2012年の4月末頃より開始している．また，採水は原則，灌

漑期に週1回，非灌漑期に月1~2回の頻度で行っており，この他にも大気からの総沈着負荷（乾性沈着+湿性沈着）を30cmのルート用いて月1回程度回収・分析している．

さらに，農家の循環灌漑に対する理解が，その継続や今後の普及に大きく関わってくることから，循環灌漑区で11集落，非循環灌漑区で2集落を選定し，循環灌漑の是非や，メリット・デメリットなどについて農家を対象に悉皆アンケート調査を行い整理した．

なお，測定頻度は若干少ないが，同種の調査を湖東の西の湖（琵琶湖周辺の内湖の1つ）近隣の水田群（受益50haのうち16haが循環灌漑水田）でも行った．

### 4. 研究成果

#### (1)用排水におけるCODとTOCの関係性

水中の有機物量の尺度として従来利用されてきた化学的酸素要求量（COD）は，必ずしも有効な指標とはならないと指摘されてきており（厚生労働省，2003），最近では全有機炭素量（TOC）が新指標として用いられつつある．しかし，一般にこれまで膨大に蓄積されてきたCODデータ資産を活かすには両者の対応関係を明確にすることも大切である．基本的に両測定項目は測定原理に違いがあるため，有機物の形態や種類などによって一義的な関係を示すことは難しい．一方で，この一義的関係の差異や変動特性から，水中の有機物に関する新たな知見を得る可能性も考えられる．ここでは，循環灌漑による排出負荷への影響を探究する前に，時期によって有機物形態に変化が生じる水田用排水を対象に，TOCとCODの関係性を整理し，営農状況を踏まえた変動要因を整理する．

#### 灌漑形態別の用排水での整理

用排水におけるTOCとCODの関係性を全量ベース（溶存態+懸濁態）について灌漑形態別に図2に示す．ここでは，自然流下型灌漑での用水，排水をそれぞれNI，NDとし，循環灌漑での用水，排水をTI，TDで表す．この全量ベースでの整理からは，ND（ $R=0.90$ ）およびTD（ $R=0.96$ ）で相関が高く，NI以外で有意な回帰性が認められた．NIでは相関が低く（ $R=0.15$ ），回帰の有意性も認められなかった．この要因には，水源である渓流水の水質に大きな変動が見られず，測定誤差に敏感になり過ぎたことが考えられる．一方，溶存態ベースでは，両灌漑形態とも排水で相関が非常に高く回帰の有意性が認められたが，TIでは全量ベースでの結果と異なり有意な回帰性は認められなかった．この要因も，先のNIと同様に水質変動が小さかったことが考えられる．これに対し，懸濁態ベースでは，回帰の有意性が認められたのはTDのみであった．総じて，この地区では懸濁物質中のTOCとCODが少量であったことから回帰の有意性の検討は困難と判断される．

さらに，用水，排水ともに，全量ベースのTOCとCODの回帰に有意性が認められた循環

灌漑について、共分散分析にて用水、排水それぞれの回帰式を比較したところ、有意差は認められなかった。このことから、排水を再利用する循環灌漑では用排水中の懸濁態を含めた有機物の形態がある程度類似していると推察された。これは TOC と COD の関係性を用水と排水で区別する必要のない統合的な整理が許容され、一義的な関係式が確立されることを示唆する。一方、溶存態ベースでの回帰式については、TD と ND の間で有意差が認められた。回帰式の勾配については循環灌漑型の方が自然流下型より大きい、すなわち、循環灌漑型では COD の増分に対して TOC が比較的敏感に反応していることがわかった。このことから、循環灌漑型の方が COD の測定ではカウントされない難分解性の溶存態有機物の成分割合が高いと推察される。

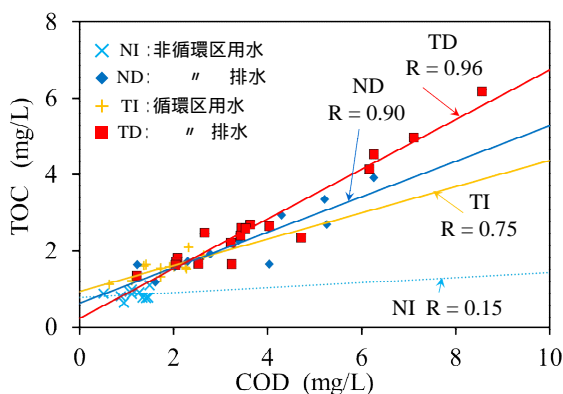


図2 灌漑形態別用排水の TOC-COD 関係  
中干し前後での比較

灌漑形態別に灌漑普通期中干し前後での用排水における TOC と COD の関係（全量ベース）を整理したところ、循環灌漑では用排水ともに中干し前後で有意差が認められ、自然流下灌漑では認められなかった。灌漑形態間でこのような結果の相違が見られた要因の 1 つとして、両地区における施肥の違いが考えられる。すなわち、自然流下灌漑区（非循環灌漑区）では 83% 以上の水田で、田植え時に施される元肥に加え、中干し後にも追肥・穂肥が施されており、水田からの排水中の有機成分は比較的類似していると考えられる。一方、循環灌漑区では、中干し後の施肥はおおよそ半分の水田に留まっており、排水中の有機成分が中干し前後で比較的大きく異なっていた可能性がある。また、自然流下型では、先述のように、水質変動の小さな渓流水が水源であるのに対し、循環灌漑型では、琵琶湖水が用水の構成成分となっており、この水質や混合割合の時期的変動により中干し前後で有意差が生じた可能性も考えられる。

## (2) 灌漑期における平水時の排出負荷

定期採水間の水質濃度は線形に変化していると仮定し、日別濃度と各用排水量の積から先の営農期別の総負荷量を算出した結果を 2013 年度の T-N を例に図 3 に示す。ここで、正味の排出負荷とは再利用されず系外へ

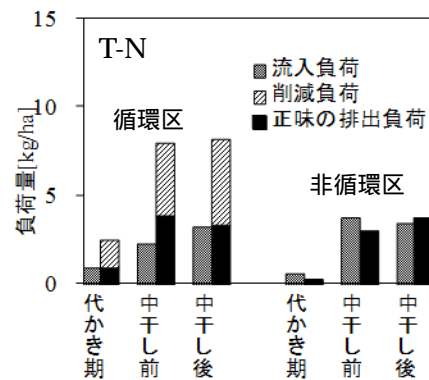


図3 流入負荷と排出負荷(2013年)

流出した排水の負荷を意味する。また、削減負荷とは農地に還元された排水の負荷とし、循環灌漑による負荷供給増分の影響については考慮していない。流入負荷は非循環地区の方がわずかに大きい。一方で、流入負荷に対する総排出負荷（正味の排出負荷 + 削減負荷）の比は循環地区の方が大きくなっている。TOC、T-N についても同様の傾向がみられた。また、総排出負荷自体も循環地区の方が顕著に大きく、灌漑期全体では、TOC、T-N、T-P それぞれに対し、87kg/ha、23kg/ha、6.3kg/ha であった。しかし、削減負荷がそれぞれ 34kg/ha、9.0kg/ha、2.5kg/ha と評価され、いずれの成分も約 4 割の削減が達成されていることから、地区外への正味の排出負荷は循環地区と非循環地区で大きな差はみられなかった。

## (3) 循環灌漑による負荷削減量

循環灌漑による琵琶湖への排出負荷削減の評価は、当初からの懸案事項である。農地排水の一部を再利用することから、厳密には水田群への流入負荷が幾分か上昇し、これにより既述のように排出負荷も割り増しになることは否定できない。しかしながら、現段階ではその割増し分を定量化するまでには至っていないため、ここでは単純に再利用された農地排水の含有する負荷を削減相当としてその量を特定した。その結果、灌漑期全体での 2012、2013 年度平均削減量は、TOC、T-N、T-P それぞれに対し、2132kg、500kg、153kg となった。一方で、排水を回収している水田群から流下した総負荷は、同じく 4381kg、1066kg、323kg であり、いずれの成分もおおよそ 50% の削減と評価された。また、こうした削減率を両年の期別平均で見ると、代かき期で約 61~64%、普通期中干し前で 39~44%、普通期中干し後で約 50~53% であった。こうした削減率の大小関係は、2013 年度の代かき期で若干の例外がみられたものの、各期の循環取水率の多寡とおおよそ符合した。したがって、排水の集水域が循環灌漑農地の一部に限定されていること、循環取水率が 10% に満たないことを勘案すると、今後のさらなる循環灌漑の拡張によって、琵琶湖への排出負荷を削減し環境保全に寄与するポテンシャルは高いと思われる。

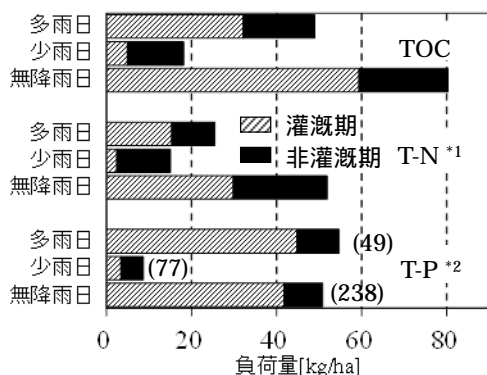


図4 日雨量の大小で整理した負荷量  
 無降雨日: R<1, 少雨日: 1 R<10, 多雨日 10 R  
 ただし, R: 降水量[mm/d], ( )内は日数  
 \*1 T-N: [×2 kg/ha], \*2 T-P: [×10 kg/ha]

(4) 年間を通じた短期出水時の負荷特性

図4は2012年度における年間の排出負荷量を日降雨量 R[mm/d]によって無降雨日(R<1), 少雨日(1 R<10), 多雨日(10 R)に分けて集計したものである。ここで多雨日の負荷量は灌漑期, 非灌漑期別にL-Q式を作成して求めた。多雨日は日数が少ないが, いずれの項目も降雨による排出負荷への影響が大きいことがわかった。また, 非灌漑期の無降雨日に注目すると, 1日当たりの排出負荷は小さいが, 日数が多いことから, その影響は小さくないと思われる。さらに, 年間に対する非灌漑期の総負荷量は, TOCが34%, T-Nが48%, T-Pが21%であり, 非灌漑期であっても農地からの流出(排水)の影響は決して小さくない。本研究で対象とした循環地区のように, 非灌漑期でも排水が生じる場合には, その負荷量も考慮して保全を検討すべきと考えられる。非循環地区については非灌漑期におけるデータの欠測期間が長く, 今のところ総負荷量を算出できていない。しかし, その排水量は目視によってほとんど認められなかったため, 循環地区と比較して小さいと思われる。

(5) 循環灌漑に対する農家の意識

循環灌漑は環境保全や節水に寄与する一方で, 維持管理の負担増や地域用水機能の低下などマイナス面も否定できない。循環灌漑の今後の展開を検討するには, 用水利用の実態を整理するだけでなく, 農家の循環灌漑への想いを知ることも大切である。そこでここでは, 農家を対象としたアンケート調査の結果を紹介する。先述のように, 調査水田が展開する高島市の全循環灌漑区から11集落, 自然流下型の非循環灌漑区から2集落をランダムに選び, それぞれ336農家, 77農家に悉皆でアンケートを配布・回収した。有効回答率は前者で81%, 後方で77%であった。

まず, 循環灌漑の継続あるいは導入に関して, 循環灌漑区では過半数(55.8%)の農家が「循環灌漑を続けていくべき」と回答し, 非循環灌漑区でも「導入しても良い」とする

農家が3割に上ったことから, 両地区で前向きな姿勢をみせる農家が少なくないことがわかった。一方で「循環灌漑の継続をやめるべき」と否定的な回答をした循環灌漑区の農家は5.5%と少なく, 「導入したくない」とする非循環灌漑区の農家の割合(28.8%)と20ポイント以上の差があった。また, 両地区とも約30%の農家が「わからない」と回答しており, 是非の評価に迷っている様子も窺えた。

次に, 循環灌漑の長所に関する回答を図5に, 短所に関する回答を図6に示す。両灌漑区とも大半の農家が「用水の安定供給」と「琵琶湖の水質保全」の2点を主な利点として捉えており, これに関して地区間での有意差はなかった(有意水準5%)。一方, 循環灌漑の短所として両地区の農家の多くが回答している項目は, 「維持管理費用の増加」と「排水路清掃の負担増」である。この2点に関する個々の質問では, 「賦課金の増加に抵抗がある」と回答した農家は両地区とも60%以上, 「水路清掃の負担増に抵抗がある」と回答した農家は約半数であった。経済的・労働的負担に対する抵抗感が大きく, 循環灌漑の継続・増加にはこうした負担の軽減が重要であると考えられる。

ここで, 短所として地区間の認識差が最大となった図6の項目1および3に着目する。循環灌漑の導入は非循環灌漑区の農家からすると賦課金の新規増加に直結することから, 項目1の捉え方に循環地区の農家とは感覚的な違いがあると思われる。ただし, 先述のように循環灌漑区の農家も現状の賦課金増に対していくらかの抵抗感は抱いている。項目3の水質悪化に関しては, 循環灌漑導入

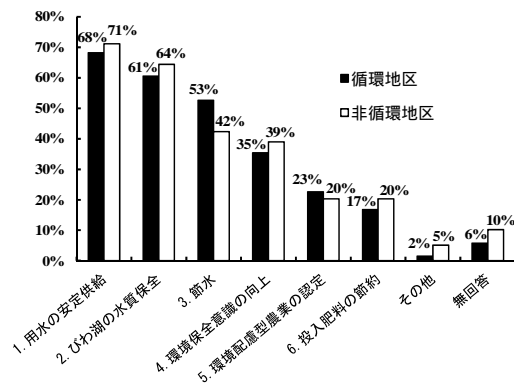


図5 農家の考える循環灌漑の長所

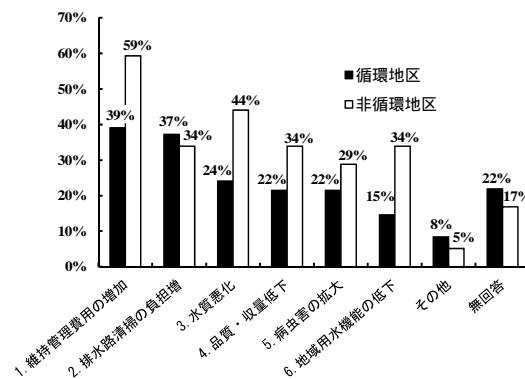


図6 農家の考える循環灌漑の短所

後の用水水質変化の問いに対し、循環灌漑区農家の8割が「変わらない」あるいは「きれいになった」と回答しており、水質の劣化を感じていないことがわかった。実際、灌漑期全体での循環取水率は5%以下であることから、用水のほとんどは琵琶湖水であり、今回の水質分析結果からも、循環灌漑区と非循環灌漑区の用水の水質に大差は見られない。しかしながら、非循環灌漑区の農家は水質悪化に過剰な危惧を抱いていると考えられる。地理的に近隣であっても、循環灌漑区の用水環境の現状が非循環灌漑区の農家に理解されていない可能性が高い。

#### (6)今後の展望

本研究でのこれまでの結果からは、従来の指摘通り、単純に言えば循環取水率を上昇させるほど灌漑期の負荷削減効果は大きいことが期待された。しかし、農地や内湖、沈殿池などの浄化機能には限界があり、短期的な出水時には逆効果となることが十分考えられることも実証された。この臨界点は受益水田と排水集水域(水田)の構成バランスにも左右されることから、今後さらに循環形態ごとの実態調査を重ね、モデル化により負荷の動態や収支などを評価した上で効果的な環境配慮型の取排水操作を提言する必要がある。また、先に示したように、負荷削減評価のみならず、循環形態や期別に応じた環境配慮型水管理を統合的に検討するには、稲作を実践する農家が、循環灌漑に伴う品質管理上の水管理負担増や、排水利用に対する抵抗感などをどこまで許容するのかについても考慮に入れなければならない。いずれにせよ、こうした水田地域の循環灌漑に関する知見は、日本の他の循環灌漑地区における同種の水管理にも援用できるだけでなく、アジアモンスーン地域において、水利用効率向上および環境に配慮した水管理を展開する一助にもなるものと期待できる。

#### 引用文献

厚生労働省(2003):第9回厚生科学審議会生活環境水道部会水質管理専門委員会

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

櫻井伸治,林友紀,中桐貴生,堀野治彦,循環灌漑による琵琶湖への窒素負荷削減の効果,環境技術,査読無,Vol.42,2013,pp.18-22

[学会発表](計9件)

櫻井伸治,林友紀,堀野治彦,中桐貴生,木山由希,循環灌漑が琵琶湖沿岸水田域の排出負荷特性に与える影響,農業農村工学会2014.8.26-28,新潟市朱鷺メッセ

林友紀,堀野治彦,中桐貴生,櫻井伸治,水田の循環灌漑による排出負荷への影響,農業農村工学会京都支部,2013.11.13,京都市京都テルサ

櫻井伸治,網田倫裕,中桐貴生,堀野治彦,水田用排水におけるTOCとCODの関係性,農業農村工学会,2013.9.3-5,東京農業大学

堀野治彦,水田の循環灌漑對灌排水水質之影響-有助於環境考量型水管理之循環灌漑的可能性-,中日農業水利技術演講會,2013.6.17-18,台北市

櫻井伸治,網田倫裕,中桐貴生,堀野治彦,水田地帯におけるTOCとCODの関係に関する実証的検討,日本水環境学会,2013.3.11-13,大阪工業大学

Kurihara, K., Y. Matsuno, N. Hatcho, H. Horino, Characteristics of Drainage Water Quality and Loading from Paddy Field under Cyclic Irrigation and Its Management Options, PAWEES, 2012.11.27-29, Bangkok

栗原和幸,藤井健嗣,松野裕,八丁信正,循環灌漑水田からの窒素・リン流出負荷特性,農業農村工学会,2012.9.18-20,北海道大学

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

堀野 治彦 (HORINO, Haruhiko)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・教授  
研究者番号: 30212202

##### (2)研究分担者

松野 裕 (MATSUNO, Yutaka)

近畿大学・農学部・教授  
研究者番号: 50340766

中村 公人 (NAKAMURA, Kimihito)

京都大学・農学研究科・准教授  
研究者番号: 30293921

中桐 貴生 (NAKAGIRI, Takao)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・准教授  
研究者番号: 80301430

櫻井 伸治 (SAKURAI, Shinji)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・助教  
研究者番号: 30531032

濱 武英 (HAMA, Takehide)

京都大学・農学研究科・助教  
研究者番号: 30512008  
(平成24年度まで研究分担者)