

循環取水率と差し引き排出負荷の関係 Relationship between Cyclic Irrigation Ratio and Net Effluent Loadings

○濱 武英* 中村公人* 川島茂人* 三野 徹**

HAMA Takehide, NAKAMURA Kimihito, KAWASHIMA Shigeto, and MITSUNO Toru

1. はじめに 琵琶湖岸の水田流域では、濁質や栄養塩類などの流出負荷削減対策の1つとして、循環灌漑の実施が進められている。一般に、循環灌漑による流出負荷の削減効果は、再利用される排水の割合に比例する。これまで、著者らは高い循環取水率で実施された循環灌漑を調査してきた。ここでは、2006年の調査結果をもとに、循環取水率と差し引き排出負荷の関係について考察した。

2. 調査地および調査方法

2.1. 調査地 調査地区は琵琶湖南湖の赤野井湾に隣接する水田流域である。流域面積は148haであり、後背地はない。9割以上の面積は水田として利用されている（約3割の水田では転作が実施され、小麦と大豆が栽培される）。

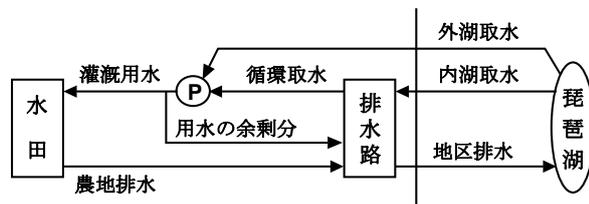
Fig.1 は灌漑排水システムを概念的に示したものである。農地からの排水と用水の余剰分は、東西14本の小排水路を経て幹線排水路にすべて流入する。一方、用水はすべて幹線排水路の南北末端に設置されたポンプによって取水される。

地区外からの用水の取水方法には2つある。1つは、北部水門を開放し、隣接する木浜内湖の水を幹線排水路に導くものである（内湖取水とよぶ）。もう1つは、北部ポンプにより、琵琶湖からパイプラインを通じて湖水を取水するものである（外湖取水とよぶ）。本地区では、4月下旬のポンプの運転開始日から6月下旬の中干し期間の前までは、幹線排水路から循環取水が積極的に行われ、7月上旬の中干し期間の後から8月下旬のポンプ運転停止日までは、外湖取水のみが行われた。

2.2. 調査方法 地区南部には雨量計、全天日射計、風速計、温度計を設置し、南北の水門の内側には超音波型流量計をそれぞれ設置し、1分間隔で計測した。水田の水収支の諸元を把握するため、2筆の水田の水口と落水口に、それぞれパーシャルフリュームと三角堰を設置し、水位計による越流高の計測から堰公式によって灌漑量と農地排水量を算出した。

幹線排水路の南端に自動採水器を設置し、灌漑期間中連続的な採水を行った。採水の時間間隔は、4月28日から6月8日までを6時間（3:00, 9:00, 15:00, 21:00）、6月8日から10月4日までを8時間（0:00, 8:00, 16:00）に設定した。分析項目は全窒素（TN）と全リン（TP）である。

3. 結果と考察 普通期の晴天日における循環取水率（ r_{CI} ）と排水のTN（ C_{out-TN} ）とTP（ C_{out-TP} ）の関係を**Fig.2**に示す。ここで、 r_{CI} は粗用水量（本地区では、揚水量に等しい）のうち再利用された排水の割合として定義する。排水のTNは、数日間連続して同じ灌漑形態が行われた期間を抽出し、日平均を計算したものである。排水のTNは循環取水率の増加とともに高くなる傾向が見られた。TPの回帰直線の傾きがTNに比べて大きいのは、外湖用水の濃度の違いによると推察される。すなわち、



注) Pはポンプ、矢印は水の流れの方向を表わす

Fig.1 灌漑排水システムの概念図
Schematic diagram of irrigation and drainage system

* 京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

** 京都大学名誉教授 Emeritus Professor of Kyoto University

キーワード：循環取水率，差し引き排出負荷，栄養塩類

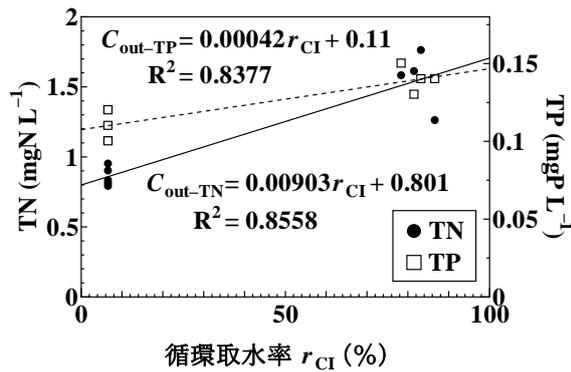


Fig.2 循環取水率と排水の TN, TP
Cyclic irrigation ratio and TN and TP of the drainage water

琵琶湖南湖水の TN と TP はそれぞれ 0.8 mg L^{-1} と 0.05 mg L^{-1} であり、リンは窒素に比べて地区の排水路内で汚濁されやすかったと考えられる。

普通期の晴天日における循環取水率と TN および TP の差し引き排出負荷の関係の推定結果をそれぞれ **Fig.3** と **Fig.4** に示す。ここで、 r_{sw} は粗用水量のうち水田に供給されない水量の割合であり、余剰水率とよぶことにする。普通期の余剰水率は主に蒸発散量に左右されると考えられる。

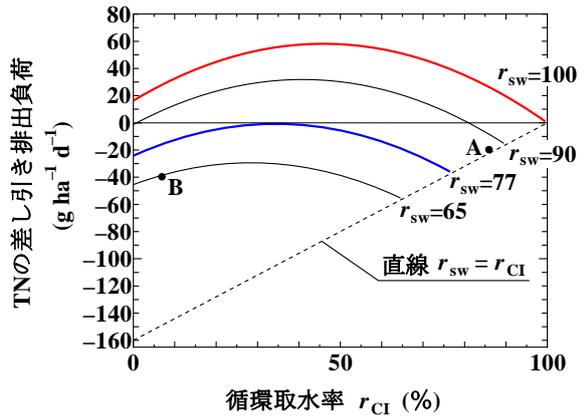
Fig.3 から、TN の差し引き排出負荷は、必ずしも循環取水率の増加とともに単調に減少するわけではないことが示された。これは、循環取水は地区外への排水量を削減させる一方で排水の TN と TP を増加させる (**Fig.2**) ためである。窒素では、循環取水率が低い場合、循環取水率の増加による排水の TN の増加量が排水量の削減効果打ち消したと考えられる。また、**Fig.3** から、余剰水率を低下させることが差し引き排出負荷の削減に有効と考えられる。余剰水率が 77% 以下では、循環取水率に関わらず差し引き排出負荷が $0 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ となることが示唆された。余剰水率が 65% と低かった 8 月の実測値では、差し引き排出負荷 $-40 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ であった。

対照的に、リンの場合 (**Fig.4**) では、TP の差し引き排出負荷は循環取水率の増加とともに単調減少することが示された。これは、循環取水率増加による排水の TP の増加量が小さかったためである。

4. おわりに 循環灌漑システムの流出負荷削減効果は、窒素よりもリンに関して現れやすいことが明らかとなった。窒素の差し引き排出負荷の削減には、循環取水を実施することよりも、用水量を効率的に使用することが有効であることが示された。

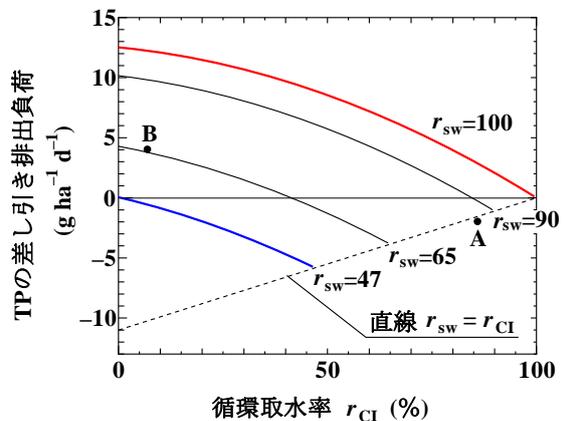
今後、代かきや施肥などの水田における営農の影響、灌漑が実施されない降雨日の栄養塩類の流出を定式化し、循環灌漑システムによる流出負荷削減効果の総合的な評価を行いたいと考えている。

謝辞 本調査では、木浜土地改良区、木浜農業組合、調査協力農家、滋賀県、守山市の関係諸氏には多大なご協力を頂いた。また、滋賀県立大学金木亮一教授と学生の皆様には水田と降雨の水文・水質データを提供して頂いた。ここに記して深謝する次第である。



A ; 6 月の実測値から計算した差し引き排出負荷
B ; 8 月の実測値から計算した差し引き排出負荷

Fig.3 循環取水率と TN の差し引き排出負荷
Cyclic irrigation ratio and net effluent loading of TN



A ; 6 月の実測値から計算した差し引き排出負荷
B ; 8 月の実測値から計算した差し引き排出負荷

Fig.4 循環取水率と TP の差し引き排出負荷
Cyclic irrigation ratio and net effluent loading of TP