

## 研究成果報告書

研究課題名	水田の排水形態の制御による管理コスト・環境負荷削減方法の開発
研究開発組合代表者名	キタイ設計株式会社

### 1. 研究目的

琵琶湖流域での水質保全対策は、家庭系・工業系等の特定汚染源対策では下水道により着実に進んでおり、今後は、農地等から流出する非特定汚染源対策の充実が重要となっている。滋賀県では、農業系の排水対策として、行政を核とした各機関による様々なハード整備主体の排水対策が実施されてきたが、未だ際だった改善が見られていない。

一方、農業水利施設の多くは耐用年数を迎ようとしている中、今後の施設更新の基本は既存施設の劣化状況に合わせた更新だけにとどまらず、節水や新たな営農形態を視野に入れ、地球環境への貢献度までを含めたマネジメントが重要と考えられる。特に、かんがいや排水にかかるコストを削減するために、節水はストックマネジメントの重要事項と考える。

本研究開発事業では、水田で発生する環境への負荷を **3R** の観点から見直し、特に **Reduce**、**Reuse** を重視し、ストックマネジメントの一つの手段として、既存施設の有効利用を基本とした排出負荷削減方法、かんがい用水節減（節水）方法を開発し、汚濁負荷の削減、使用エネルギーの削減により地球環境への寄与を図る。また、水田地帯の生態系を改善する構造を開発することにより農村の多面的機能の増進を図る。なお、面的発生源対策を重視したこの具体的な推進は、Reduce(発生抑制)が主役であり、今後そのための「地域住民」「農家」の連携システムづくりも必要と考えます。

### 2. 研究内容

3R(Reduce、Reuse、Recycle)の視点のうち、Reduce(省資源化)と Reuse(再利用)に重点を置き、営農手法の改良によって水田からの余剰水や漏水を削減し、かんがい用水の節減と汚濁負荷の削減を目指す。これと同時に、畦畔からの漏水を防ぐ簡単な止水パネルおよび余剰水防止のための半自動給水栓を開発する。これらを組み合わせて1つの物質循環システムを構築するための研究。

#### 試験地の概要

滋賀県 O 市の水田群 4ha を対象に検証実験を行った。

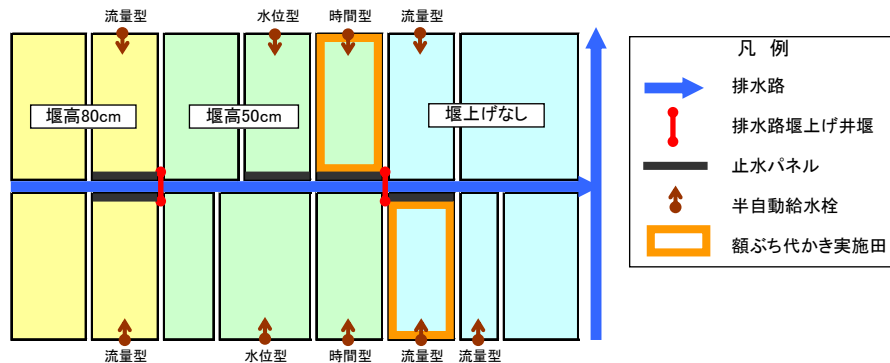


図-1 検証実験地の概略図

水田から排水路へ水や汚濁負荷が流出する経路は、①鉛直浸透、②畦畔漏水、③余剰水（一筆排水からのオーバーフロー）の3通りである。①の対策として、排水路を堰上げ、水田と排水路の水位差を小さくして減水深の低減を図る。②の対策は、畦畔に耐久性のある止水パネルを設置し、畦畔からの漏水を防止するものである。③の対策として、用水側の給水栓を自動で止める（給水開始は手動）半自動給水栓を設置する。

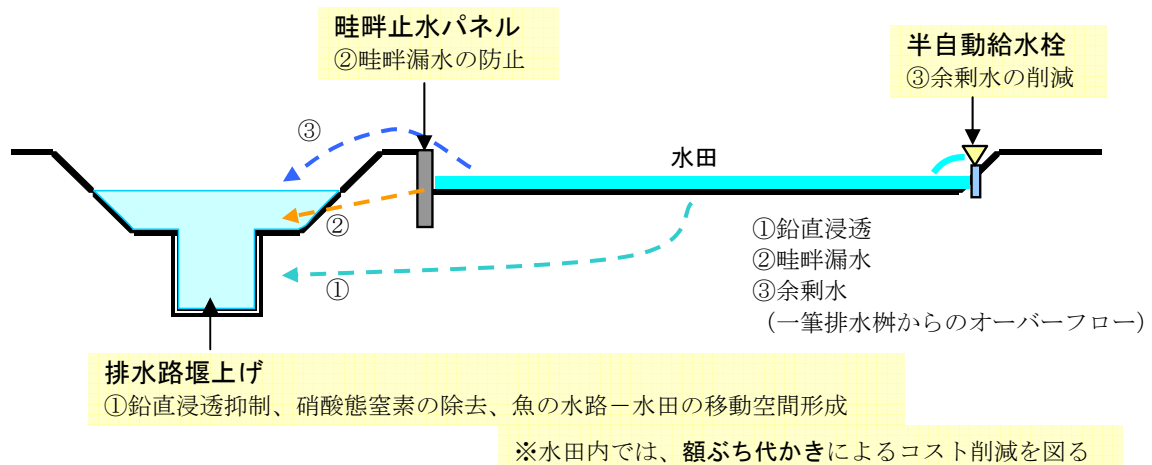


図-2 節水・汚濁負荷削減工法の概略図

### 3. 目標とする成果

#### 3.1 目標とする成果

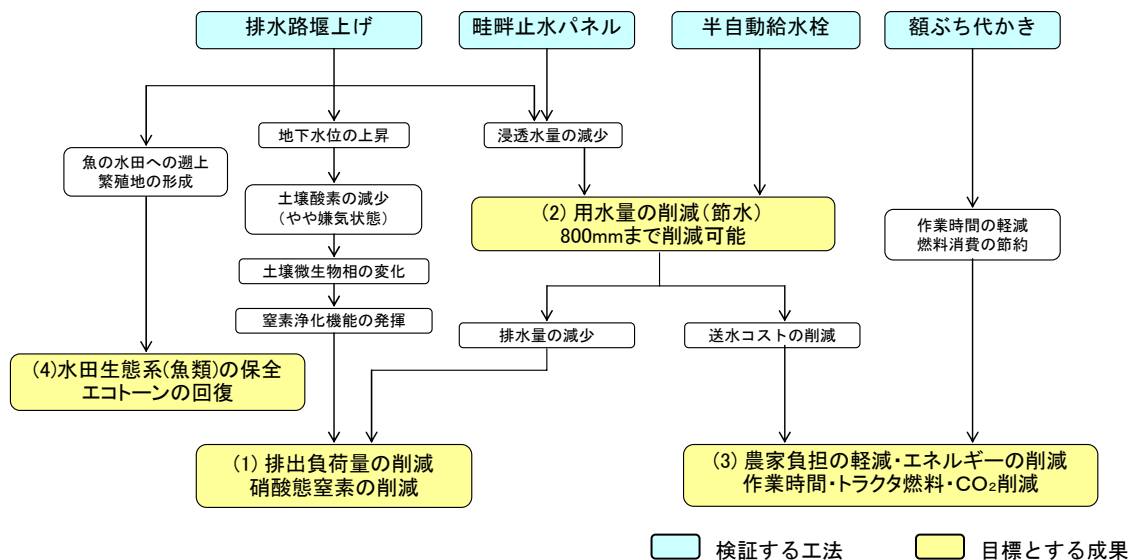


図-3 本研究の目標成果

#### 3.2 従来技術との比較

これまでの農地の面源系の汚濁負荷削減対策は、排水路に流れ出てしまった排水に対して、浄化池、浄化型水路や循環かんがい施設等により浄化する対策が中心であり、現時点では際だった効果は報告されていない。

## 4. 研究成果

### 4.1 研究成果概要（目標とする成果との検証等）

#### 4.1.1 排出負荷量の削減効果

今回は、硝酸態窒素の削減効果について検討を行う。硝酸態窒素は土壌に保持されにくいため、水田から流出しやすく、地下水汚染の原因にもなっている。

排水路の堰上げの高さを 80cm、50cm、堰上げなしの 3 段階に設定して、各ブロックからの排水の濃度と用水の硝酸態窒素濃度を測定した。その結果は図-4 に示すとおり、5 月上旬の代かき期と 7 月下旬の施肥時に排水の濃度が上昇したが、それ以外の時期では用水の濃度を下回る時も見られた。

硝酸態窒素の負荷量については、図-5 に示すとおり、堰上げ高さ 80cm 区では差引負荷（流出－流入）がマイナスであり、硝酸態窒素が水田内で浄化されていた。堰上げ高さ 50cm 区では、排水溝畔の崩壊がおり、漏水量が多くなったため、負荷量が大きくなったと考えられる。堰上げによる溝畔の崩壊防止は今後の課題であるが、草刈り等の法面管理は軽減された。

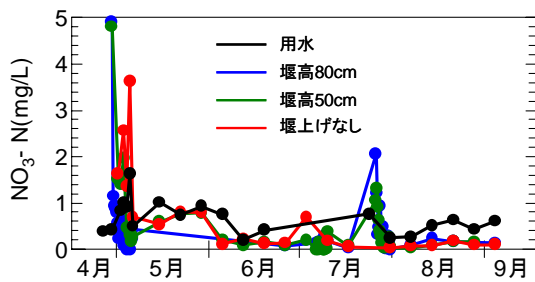


図-4 用水と排水路の硝酸態窒素濃度

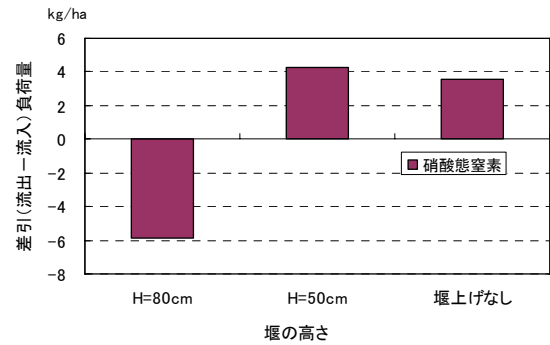


図-5 堰上げ高さ別排出負荷量の比較

#### 4.1.2 かんがい用水削減(節水)効果

##### (1)排水路堰上げによる減水深抑制

堰上げの有無による、ほ場の地下水位を調査すると、中干し前までの堰上げ区の地下水位は堰上げなし区より 20~30cm 高い位置にあった。この地下水位の差が、浸透の抑制につながると考えられる。現地、ほ場の平均飽和透水係数値 ( $4.3 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ ) を用いて、6月1日~7日の無降雨期間における浸透フラックスを計算した(図-6 参照)。その結果、堰上げ区の浸透フラックスは堰上げなし区の 0.29 倍であったが、この期間の日平均蒸発散量はペンマン式より 5.2mm と推定されるため、堰上げによる減水深の低下割合は 0.87 倍となり、用水量は理論的に約 10%抑制することができると試算される。

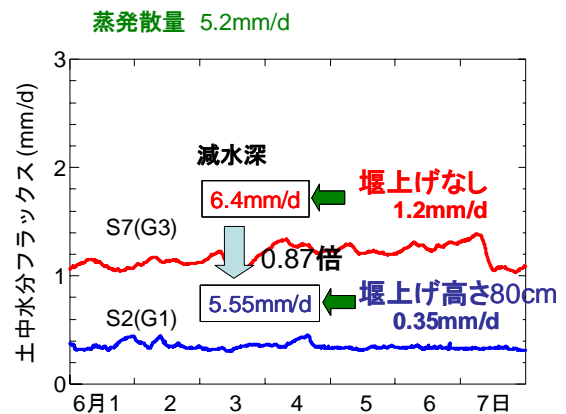


図-6 堰上げ高さ別浸透フラックス

## (2)畦畔止水パネルによる浸透量削減

排水路の堰上げ高さが同じほ場について、止水パネルの有無による中干し前後の浸透量の違いを図-7に示した。堰上げ高さ 80cm では、中干し前は止水パネルを設置したほ場で浸透量が約 40%低下し、中干し後は約 60%低下した。堰上げ高さ 50cm では、中干し前に止水パネルを設置したほ場で浸透量は 40%低下、中干し後では約 20%の低下が見られた。

以上より、止水パネルによる浸透量を低減効果があると考えられる。

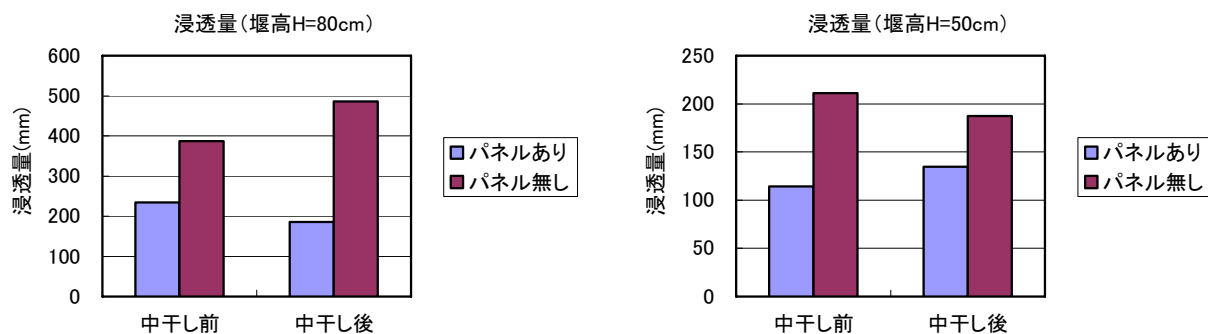


図-7 止水パネルの有無による浸透量の比較 (左：堰高 80cm、右：堰高 50cm)

## (3)半自動給水栓による使用水量削減

現地に設置した 3 種類の半自動給水栓 (流量管理型、時間管理型、水位管理型) と手動バルブによるかんがい期間中の平均使用水量を図-8に示す。半自動給水栓設置ほ場の使用水量は最大で 800mm 程度で、手動より約 500mm 以上減少した。給水栓の違いは明確でないが、半自動給水栓による揚水量削減効果はあった。

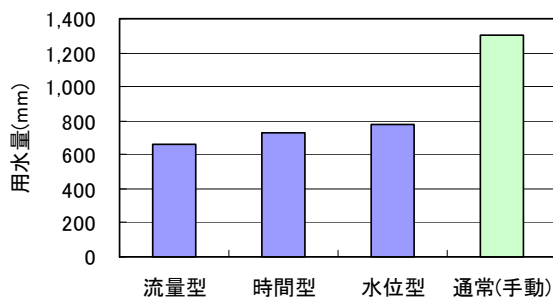


図-8 半自動給水栓の使用水量

### 4.1.3 農家負担の軽減について

#### (1)節水による送水コスト削減の検討

検証実験を行った地区では、かんがい用水を琵琶湖からポンプアップで送水しており、ポンプの電気代は年間約 3,800 万円に達する。例えば、排水路の堰上げによって、使用水量を 10% 削減すると、使用電力は 40 万 kWh、電気料金は約 200 万円の削減と試算される。このことは、CO<sub>2</sub>削減効果にも役立つと考えられる。

## (2) 「額ぶち代かき」による生産コスト削減効果

額ぶち代かき田と慣行田で、代かき作業に要した時間は図-9の通りであり、額ぶち代かきによって、作業時間は約40分(40～50%)短縮された。これを金額に換算すると約1,390円/10aの削減となる※1。

また、秋耕から、代かきまでの作業にかかるトラクタの軽油使用量は図-10のとおりであり、額ぶち代かきによって軽油の消費量は10aあたり0.8～1.9L(10～25%)、金額にすると100円～230円/10aの削減となる※2。これについてもCO<sub>2</sub>削減効果にも役立つと考えられる。

※1 特殊作業員(日単価16,700円)を基準に算出  $16,700 \text{ 円} / 8 \text{ 時間} \times 40 \text{ 分} / 60 \text{ 分} = 1,391 \text{ 円}$

※2 軽油価格125円/Lとして算出

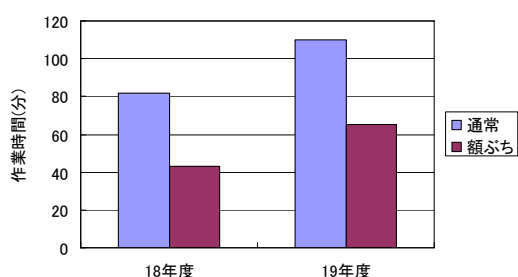


図-9 代かき時間の比較(10aあたり)

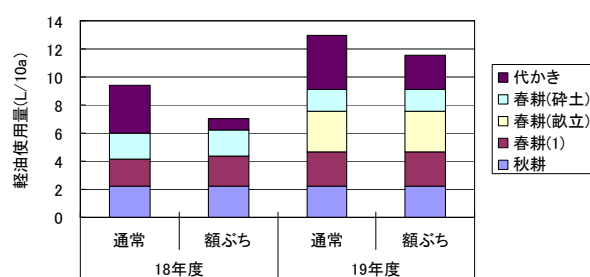


図-10 トラクタ軽油使用量の比較(10aあたり)

### 4.1.4 水田生態系(魚類)の保全効果

排水路に写真-1のような階段状の井堰を設けてトラップを仕掛けたところ、フナ等が捕獲された。

井堰の上流部に5月上旬頃に地元農家がフナとナマズを放流した。その2ヶ月後の調査では、両種の稚魚が捕獲されており(写真-2)、堰上げでできた止水域では、フナとナマズの繁殖が可能であることが判明した。用排分離により弊害となっていた琵琶湖周辺のエコトーン(琵琶湖と水田を結ぶ遷移帯)の回復が可能となる。



写真-1 魚道井堰



写真-2 フナ類の稚魚

## 4.2 実験施設における概要、結果、課題等

### 4.2.1 排水路堰上げ井堰（写真-3）

①概要 排水路の排水を堰上げて水田を湿地型に管理する。

堰の高さは 80cm(田面と同じ高さ)と 50cm(排水路天端の高さ)を設定し、効果の検証を行った。

②結果 負荷削減の効果は前述 4.1.1 のとおり、硝酸態窒素が水田と堰上げ水路の中で約 6kg/ha 削減。

節水の効果は、減水深抑制により約 10% (4.1.2 参照)。

生態系保全効果は、井堰上流側の水域で魚類の繁殖が可能 (4.1.4 参照)。

草刈り等、法面管理の軽減。

収量の増加 (10a あたり約 30kg)。



写真-3 排水路堰上げ井堰（左：堰高 80cm、右：堰高 50cm）

### 4.2.2 畦畔止水パネル（写真-4）

①概要 畦畔漏水防止のため、市販の畦波シートより耐久性に優れたコンクリート製止水パネルを試作し、現地試験により効果を検証した。

なお、このパネルは、今後営農との連携を考慮し農家自身が直接施工できるように、軽量化と設置しやすい形状を考慮して設計した。

②結果 浸透量削減による節水の効果は、前述 4.1.2 のとおり浸透水量が 20～40%減少。

平成 18 年度では、パネルのずれや、重量の問題が明らかになった。19 年度では材質変更によるパネルの軽量化 (26kg/m<sup>2</sup>→9kg/m<sup>2</sup>) ・接合支柱の開発によりそれらの問題をクリアした。

③課題 普及のための量産化と低コスト化



写真-4 畦畔止水パネル（左：18 年度試作、右：19 年度試作）

#### 4.2.3 半自動給水栓（写真-5）

- ①概要 余剰水防止や管理作業軽減のための全自動給水栓では、農家の管理が粗放化して使用水量が2倍になったという事例も見られる。本研究では入水を手動にすることにより、田との対話を活かしながら節水を図るための検証を行う。  
自動止水のタイプは、水位型、時間型、流量型の3種類で、節水の効果について検証した。
- ②結果 余剰水削減による節水の効果は前述 4.1.2 のとおり。  
平成18年度では、パイプラインの設定水圧(2kg/cm<sup>2</sup>)で正常に作動しなかったが、改良により19年度では設定水圧で正常に作動した。  
利用農家からは、田んぼへ行く回数は増えたが稲の生育状況等の把握はしやすかったという声が聞かれた。
- ③課題 普及のための量産化と低コスト化。

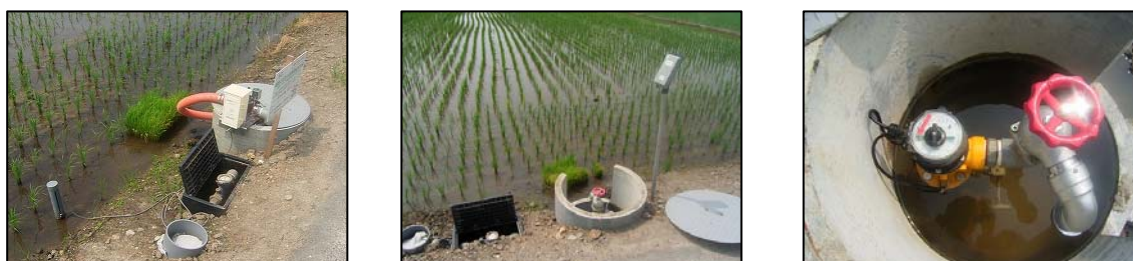


写真-5 半自動給水栓（左：水位管理型、中央：時間管理型、下：流量管理型）

#### 4.2.4 額ぶち代かき

- ①概要 写真-6のように、一筆水田の畦ぎわのみを代かきし、中央は無代かきにする。代かき面積の減少により、作業時間やトラクタの燃料の削減を図る。
- ②結果 生産コストの軽減は代かき時間は約40%減、トラクタの軽油使用量は10~25%減。
- ③課題 粘土質土壌では、無代かき部の田面の凹凸が大きいため、田植の欠株が多少みられたが収量には大きな影響はなかったと考える（欠株部付近の稲の生育がよかった。）

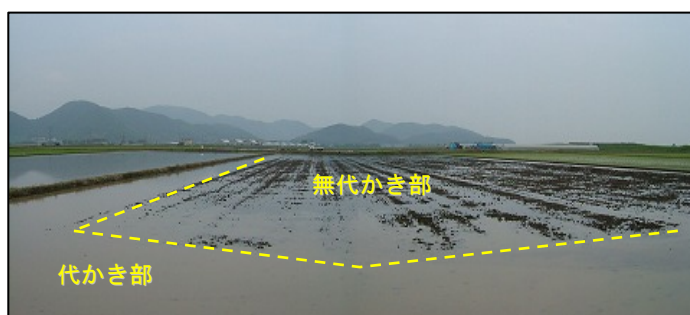


写真-6 額ぶち代かき実施ほ場

#### 4.2.5 上記施設を組み合わせた水管理システム

排水路堰上げ、畦畔止水パネル、半自動給水栓、額ぶち代かきを組合せて一個の水管理システムとしたとき、汚濁負荷の削減と節水の効果は次のとおりである。なお、堰上げの高さは水田の田面(80cm)とする。

①汚濁負荷削減の効果：

- ・排水路堰上げにより、硝酸態窒素を水田内で浄化（6kg/ha 削減）。

②節水の効果：

- ・排水路堰上げと畦畔止水パネルの組合せにより浸透水量は 40%低下
- ・さらに半自動給水栓の使用により、稲作期間中の用水量は 800mm 程度まで節水可能。

③生産コスト削減効果：

- ・額ぶち代かきによって、代かき時間は約 40%減、トラクタの軽油使用量は 10～25%減。
- ・節水による送水コスト削減に伴う水利費の削減。

④水田生態系保全効果：

- ・フナ類の繁殖を確認。生産物の付加価値の一つになると考えられる。

#### 4. 3 実証試験工事（現場適用）の概要、結果、課題等

該当なし

#### 4. 4 普及活動状況等

- ① 滋賀県の「西の湖・伊庭内湖田園水循環マスタープラン策定業務」のプロポーザルにおいて、本事業の取組をもとに節水・水質保全対策を提案した結果、認定された。
- ② びわこ環境ビジネスメッセ 2006、2007 に出展。

#### 5. 今後の課題

一か所での検証実験であるため、土壌や気象等の条件によって節水や汚濁負荷削減の効果は変動する。汎用性を持たせるためには、地理条件別の検証事例を増やすことが必要。

また、推進には農家の環境への配慮・営農との連携が不可避であることから、農家にそのことを理解して頂くことからはじめ、その事を納得された地域から連携を図りながら進める必要がある。

以上



## 6. 試験研究機関(農工研、大学等)総括者による意見・評価等

項目	評価結果	備考
研究計画の効率性・妥当性	B	実質的には困難であるが、一箇所での試験であり、汎用性については、事例を増やすことが必要であると思われる。
目標の達成度	A	排水路の堰上げによる地下水位、浸透量、用水量、窒素負荷への影響を把握することができ、堰上げのメリットを明らかにできた。
研究成果の普及可能性	A	提案する水管理を行うことに対する付加価値を付けるなど経営面でプラスになれば、更新事業と合わせて普及可能性が高いと考えられる。
研究成果の出来栄	A	効果について、水量、負荷量、コスト、魚類、収量、品質といった幅広い観点から成果をまとめることができた。
<p>総合コメント</p> <p>排水路堰上げ、止水板の設置、半自動給水栓の組み合わせは、「節水、水質保全、生態系保全」に寄与する水田水管理として有効であると考えられる。琵琶湖低平地でのこうした管理法の拡大を期待したい。</p>		

注) 評価結果欄は、A、B、Cのうち「A」を最高点、「C」を最低点として3段階で記入する。

## 7. 研究総括者による自己評価

項目	評価結果	備考
研究計画の効率性・妥当性	B	器材のトラブルや堰上げ井堰の水漏れ等により計画通りの遂行は難しかったが、目標の成果は得られた。
目標の達成度	A	堰上げによる硝酸態窒素の削減効果に加え、節水対策としての効果が得られた。また、止水パネルや半自動給水栓による節水効果も明らかになった。
研究成果の普及可能性	A	コスト面で課題はあるが、節水と資源循環は、農業水利施設の更新における必須事項と考える。
研究成果の出来栄	A	ストックマネジメントの一つの手段として提案できる成果をまとめることができた。
<p>総合コメント</p> <p>今後の施設更新に向けて、設定水量そのものを小さくし、地元が納得する更新計画を提案できる材料となった。</p>		

注) 評価結果欄は、A、B、Cのうち「A」を最高点、「C」を最低点として3段階で記入する。