

大石堰掛吉井地区における取水実態と適正取水量の 検討 (1)

阿南, 光政
株式会社 高崎総合コンサルタント

弓削, こずえ
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概利水学研究室

中野, 芳輔
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概利水学研究室

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概利水学研究室

他

<https://doi.org/10.15017/21107>

出版情報 : 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 56 (2), pp.171-178, 2002-02. 九州大学大学院農学研
究院

バージョン :

権利関係 :

大石堰掛吉井地区における取水実態と適正取水量の検討 (1)

阿南光政*・弓削こずえ**・中野芳輔****
舟越保・原口智和***

九州大学大学院農学研究科生産環境科学部門地域環境科学講座灌漑利水工学研究室
(2001年10月30日受付, 2001年11月20日受理)

Study on the Actual and Optimum Water Use in Ohishi Diversion Weir Command Area (1)

Mitsumasa ANAN*, Kozue YUGE**, Yoshisuke NAKANO****,
Tamotsu FUNAKOSHI and Tomokazu HARAGUCHI***

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

緒 言

近年、農家の兼業化や農作業の機械化に伴い、従来の水利利用の形態は変化しつつある。干ばつや水不足に対応し、適切かつ円滑な水管理を行なうためには農業用水の取水実態を認識することが非常に重要である。しかし、土地利用状態や営農形態は時代とともに変化し、これらの要因が複雑に絡み合った現在の取水実態を把握することは必ずしも簡単ではない。農業水利利用の現状を正確に捉えるための手法を検討し、さらにそれを基にして中長期に亘る水収支予測を可能にすることが求められている。本報では、筑後川中流域に位置する圃区を対象地区とし、取水実態の把握を試み、適正取水量の算定法を検討した。対象地区を図1に示す。

対象地区概要

筑後川河口から約60kmに位置する大石堰受益地の上流部、約6haの圃区を対象地区として選定した。図2および表1に土地利用状況を示す。水田の他に、畑地も存在するが大石堰から取水された水は水田のみに用いられ、畑地用水は地下水等を利用している。圃区の両側にU字フリュームの用水路、中央にコンク

表1 対象地区土地利用状況

地 目	面積 (m ²)
水 田	55,226
樹 園 地	2,684
普 通 畑	382
計	58,292

* 株式会社 高崎総合コンサルタント

** 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工学研究室

*** 九州大学熱帯農学研究センター

* TAKASAKI SOGO Consultants CO., LTD

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

*** Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University

**** Corresponding Author (E-mail: ynakano@agr.kyushu-u.ac.jp)



図1 対象地区位置図

リート三面張りの排水路があり用排水の分離がなされている。排水路は上流からの流れ込みがなく土砂が堆積していた。この地は以前筑後川の氾濫源であったた

め、水田の土層は比較的浅く、掘り下げると礫がたくさん出てくるのが特徴である。

取水実態調査

1. 調査方法

調査は、2000年の灌漑期6月から9月にかけて行なった。以下に調査内容ならびに方法について示す。

(1) 水位観測

用水路の最上流部および末端部、排水路末端部の5ヶ所水位計を設置し、60分間隔で水路の水位変動を観測した。

(2) 雨量観測

圃区内に雨量計を設置し、降雨強度の24時間連続観測を行った。

(3) 流量観測

水位計設置箇所を中心にプロペラ流速計等を用いた流量測定を行なった。観測は、灌漑期間中の、6/22, 7/4, 7/18, 8/3, 8/29, 9/19に行なった。またこれに加えて、測定地点別に必要に応じて適宜行なった。

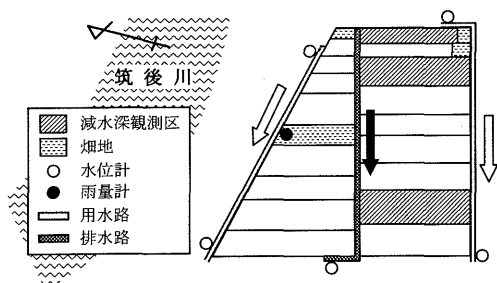


図2 対象地区概略図

(4) 減水深観測

対象地区において、地形条件の異なる3筆を選定し(図2参照)フックゲージを用いて一筆減水深を観測した。観測は中干し前と中干し後に、それぞれ晴天日を選んで行なった。

2. 調査結果の検討

観測結果から、対象地区の取水実態について検討した。

(1) 水田取水量

水位計観測結果ならびに流量観測結果をもとに水田取水量の特徴を検証した。図3は、取水量と雨量の経時変化を示したものである。図から、取水量と雨量の関係があることが明らかである。無降雨時に比べると、降雨時の取水量は抑えられている。雨が続く場合、水田の湛水深が必要以上に高くないよう、用水調節が行なわれたことがうかがえる。生育期別に見ると、活着後取水をやや抑え浅水にし、中干し期に落水され、出穂期には間断灌漑が行なわれたことが表れている。

(2) 減水深

減水深観測結果を図4に示す。いずれの圃場でも、中干し後に減水深が増加している。これは、中干しを行なったことにより、それまで飽和状態だった水田土壌に空気が混入し、亀裂が生じたためである。土壌に酸素を供給し、根の障害を防止したり、窒素の過効を抑えることが中干しの効果であるが、この観測結果から、中干しが効果的に行なわれていることが推測できる。圃場によって減水深に差があるが、これは図5によって説明ができる。圃場 No.1 は上流側に水田が

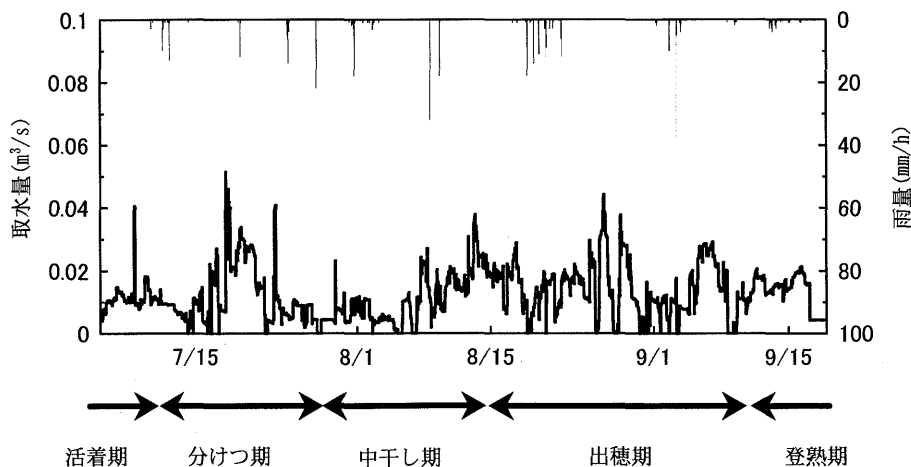


図3 水田取水量と雨量

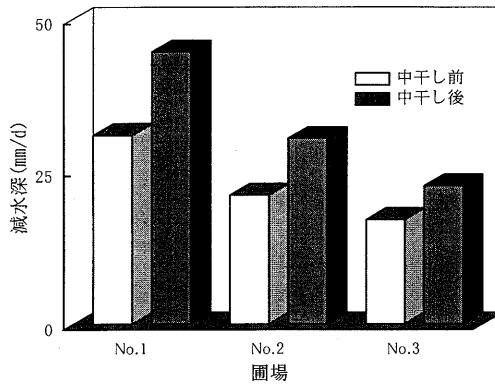


図4 減水深観測結果

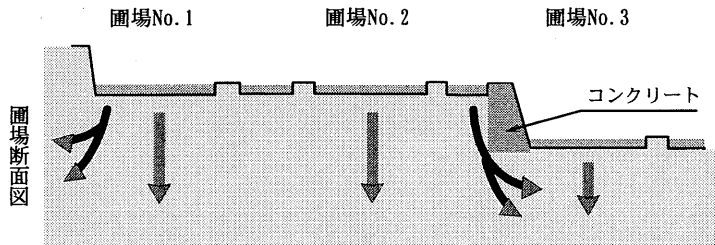


図5 圃場断面図

ないので、真下への浸透に加えて横方向への浸透が起こる。よって、減水深が他の圃場よりも大きくなっている。一方、圃場 No.3 は隣田との高低差が大きく、その影響で隣田から No.3 への浸透が起こる。そのため他水田よりも減水深が小さい状態にあると考えられる。

水田流出のモデリング

観測結果をもとに、水田流出のモデリングを試みる。流出解析手法として、本研究ではタンクモデルを用いる。

1. モデル構築

タンクモデルの基本構造を、図6に示す。上段タンクからの流出は水田からの越流水を表している。突発的な降雨などの影響で、湛水があふれる形での流出を想定している。中段タンクからの流出は、個々の水田に備えられている排水口からの流出を、下段タンクからの流出は畦畔浸透による流出をそれぞれ表している。用水口から流入した水が排水口まで到達する間の時差を考慮に入れ、田面上段、中段タンクとに分離して

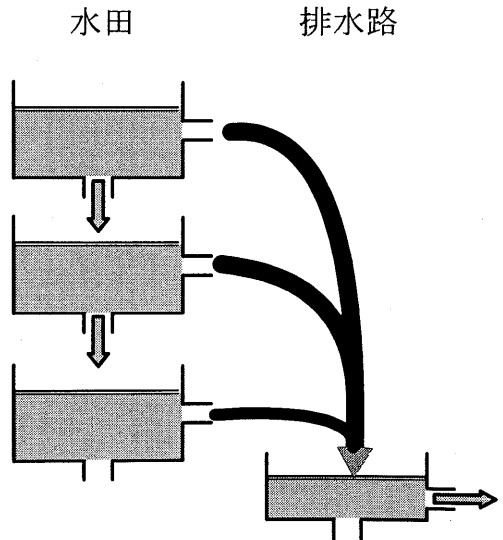


図6 タンクモデルの基本構造

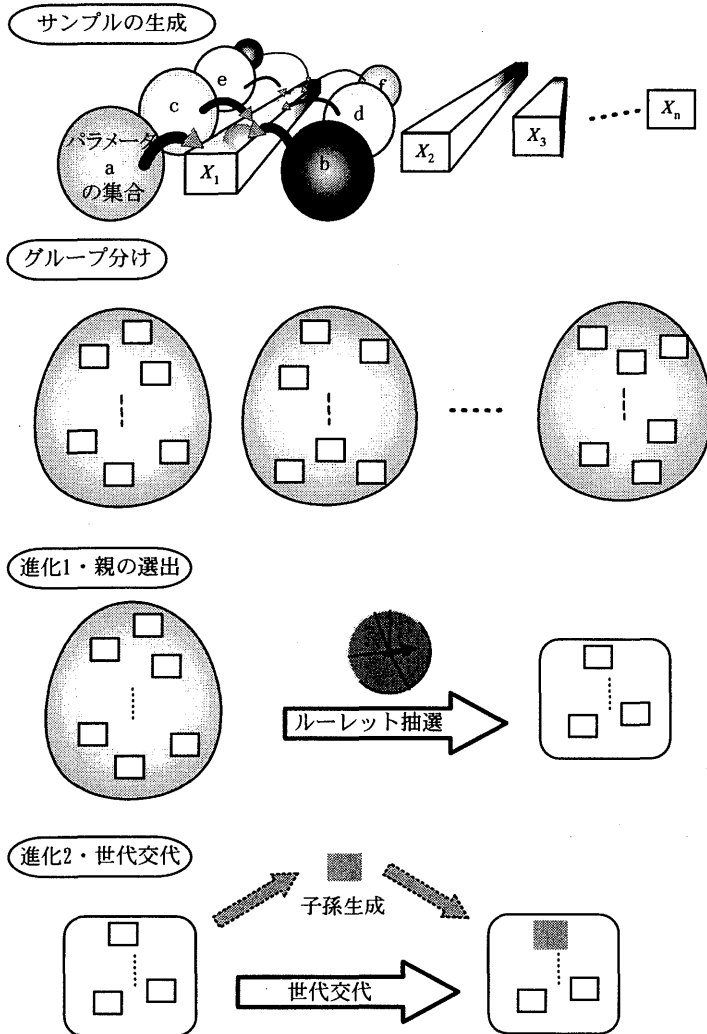


図7 SCE-UA法の概略

表現した。

2. パラメータの最適化

タンクモデルを用いる上で、パラメータ決定は最も重要で困難な過程である。最適解探索法は、局所探索法と大域的探索法とに大別できる。局所探索法（例えば、パウエルの共役方向法）は、パラメータの“真値”を探し出すのに優れた方法と言われている。しかしながら局所解に陥りやすいという難点がある。また、パラメータ探索に際して与える初期値が適切でなければ準最適解に達して探索が終了してしまうので、妥当な初期値を与え、最適解を見分けるテクニックや経験が必要となる。一方、大域的探索法（例えば遺伝

的アルゴリズム）はランダムに探索が進行するため、局所解に陥ることがない。また、初期値に依存しないため局所探索法で要求されるほどのスキルを必要としない。このような特徴からタンクモデルのパラメータ探索に有効であるといわれている。

本報では大域的探索法の1つであるSCE-UA法によるパラメータ探索を試みた。SCE-UA法（Shuffled Complex Evolution Algorithm）は、Duan *et al.* (1992)によって提案された方法で、ランダム探索、競争進化および集団混合の概念を取り入れた探索法である。昨今タンクモデルパラメータ探索における有効性が報告されている（田中丸, 1995）。図7及

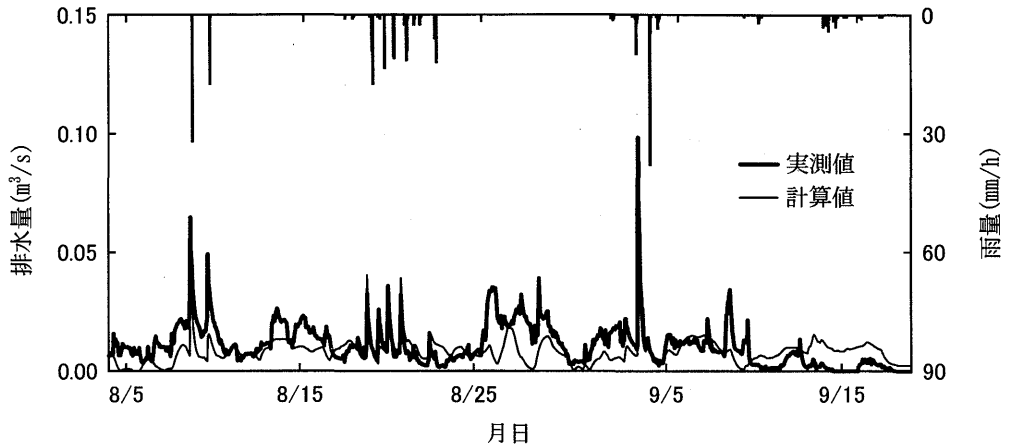


図8 排水量経時変化

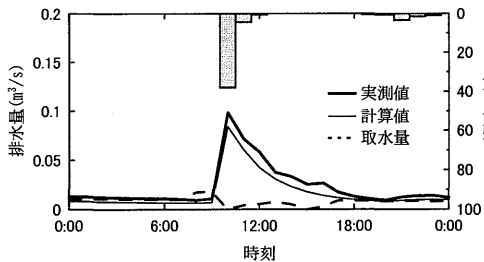


図9 排水量経時変化(9月3日)

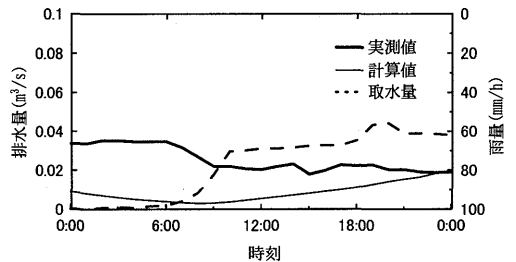


図10 排水量経時変化(8月26日)

び以下にその概略を示す。n個のパラメータに対し適応範囲(各パラメータの最大値と最小値)を設定する。各適応範囲内よりパラメータの候補値をランダムに選出し1つの組み合わせ(以後これをサンプルと呼ぶ)とする。サンプルは複数作り、それぞれ評価関数値を計算する。サンプルを評価関数値の小さい順に並べる。それらを複数のグループに配分し、各グループを「進化」させる。すなわち各グループごとで、より真値に近いと思われるサンプルを作り出す。進化の方法は、グループ内のサンプルに評価関数値の小さい順に重み付きの確率を割り当て、ルーレットを回転する要領で新しいサンプルを作るための「親」を選出する。ここでは、評価関数値の小さいサンプルほど親になる確率は高いことになる。選出された親のサンプルをもとに新しいサンプル「子孫」を生成する。子孫を親の中でもっとも評価関数値が大きいサンプルと入れ替え「世代交代」を行なう。以上がSCE-UA法における進化の過程の概略である。すべてのグループで世代交代が

終われば、いったんグループを解き、サンプルを混合しグループを作り直し新たな進化の過程へと進む。このグループの分割、混合の過程により、適切により速く最適解探索が進んでいくのがSCE-UA法の特徴である。

3. モデリング結果

図6に示したタンクモデル基本構造を用いて、対象地区におけるモデリングを行なった。対象地区における排水量の実測値とモデルによる計算値を比較した結果を図8に示す。降雨時の排水量の動きはうまくとらえることが出来ているが、晴天時における誤差が数ヶ所で生じているように思われる。図9、図10はそれぞれ降雨のあった日(9月3日)と晴天日(8月26日)についてのモデリング結果である。降雨時の排水量経時変化は毎時良い一致を示しているのに対し、晴天時はほとんど再現できていない。このときの取水量の実測値は大きな変化を示しており、晴天時であることから、人為的な取水量の操作が行なわれたことが推測

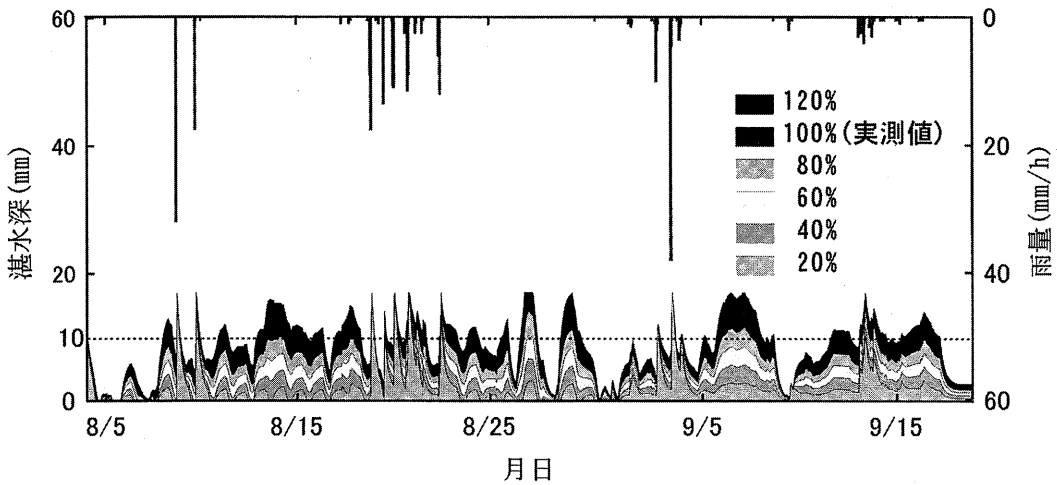


図11 湛水深シミュレーション 1

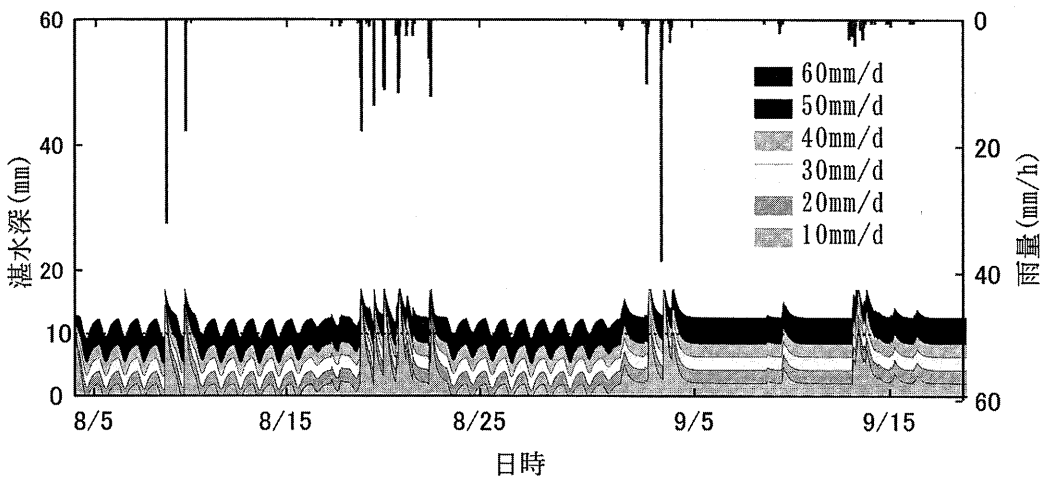


図12 湛水深シミュレーション 2

できる。人為的な用水操作がなされた場合に計算値と実測値との誤差が生じていると思われる。

適正取水量の算定

モデルを用いて対象地区における適正取水量の検討ならびに今後の水管理に関する将来予測を行なった。

図11は、実測した現状の水田取水量を基準（100%）とし、40%から120%に変化させた時の水田湛水深の変化をシミュレーションしたものである。結果を見ると、突発的な降雨があった場合は、取水量に関係なく湛水深が上昇している。一方、晴天時は取水量が湛水

深に大きく影響していることがわかる。取水量を現状の80%以下に落とすと湛水深は10mmにも満たない日が大半を占め、十分な湛水深を保つのは難しいことが予測できる。一方、図12は、一日の取水量を灌漑期を通して一定とした場合の湛水深変動を表している。今後当地域において農業従事者の少人数化、高齢化が進行した場合、現状のような頻繁な水管理が難しくなった場合を想定したシミュレーションである。なお今回の調査期間を通しての一日平均取水量は約35mm/dayであった。取水量40mm/dayでも湛水深が10mm以上となる日がほとんどない結果となった。類

繁な取水調節を必要としないような合理的な水管理を行なうためには多量の用水が必要となることが推測できる。

摘 要

(1) 筑後川中流域大石堰掛かり受益地内から選定した約6haの圃区を対象として行なった水田用水路および排水路の水位連続観測から、天候や稲の生育期別による、水管理の特徴を捉えることが出来た。自記水位計による観測で取水実態が把握可能であることが解かった。また、生育期や水田のロケーションに依存した減水深の変化もとらえることができた。

(2) 対象地区における水田タンクモデルを構築し、パラメータ最適化手法には大域的探索法のひとつであるSCE-UA法を適用した。SCE-UA法は、アルゴリズムが比較的容解であり、局所解に陥りにくくまた初期値への依存性もなく、タンクモデルパラメータ同定法としての有効性を確認した。モデルは、降雨時においては実測値と良い一致が認められたが、晴天時に

おける再現性が不十分であった。人為的な用水操作がなされた場合に計算値と実測値との誤差が生じている。

(3) モデルを用いて対象地区における取水量が変化した場合の湛水深シミュレーションを行なった。シミュレーション結果からは、取水量を現状の80%以下に落とすと十分な湛水深を保つのは困難となることが予測でき、対象地区の現状の取水量は妥当な量であると考えられる。しかし今後農業従事者の高齢化、少数化が進んだ場合、現状以上の水量が必要となってくる可能性がある。

文 献

- Duan, Q., S. Sorooshian and V. Gupta 1992
Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models, *Water Resources Research*, 28(4): 1015-1031
- 田中丸治哉 1995 タンクモデル定数の大域的探索, *農業土木学会論文集*, 178: 103-112

Summary

The water level of the irrigation and drainage canal was observed using the water level indicator in the 6ha paddy fields which is selected as the study site and located in the Ohishi diversion weir command area along the Chikugo River. The characteristic of water management in paddy field concerning the weather or growth stage of rice could be clear using the result of the observation. The variation of the water requirement rate depending on the growth stage of the rice or the location of the field could be estimated.

The tank model of the paddy field was introduced in the study site. The method of Shuffled Complex Evolution Algorithm (SCE-UA) which is one of the global optimization method was adopted for the tank model parameter estimation. The advantage of this method is that algorithm is relatively easy, the local optimum value can be avoided and it is independent of the initial value. The effectiveness of the SCE-UA method for the parameter identification was proved in this study. The calculated value under the precipitation had good agreement with the observed data, but the calculation in the sunny days didn't fit the observation. There are errors between calculated and observed values under the condition of the manual operation for the water intake.

The water level of the paddy field was simulated assuming the future change of water intake in the study site. According to the result of simulation, it proved that it would be difficult that water level of the paddy fields is maintained under the condition of the present water intake of 80%. The present water intake is appropriate in the study site and it is probable that much water intake would be necessary in case of the future decrease and aging of farmworkers.