

## 中干しが灌漑地区の取水パターンへ及ぼす影響の事例分析

堀川直紀\*・吉田武郎\*・増本隆夫\*\*,\*\*

## 目 次

I 緒 言	109	4 灌漑地区の取水量	112
II 中干しの現状	109	IV 灌漑地区の取水パターンの分析	112
1 中干しとは	109	1 対象地区の概要と分析方法	112
2 中干しの進展とその阻害要因	109	2 分析結果	112
3 中干しをめぐる最近の動向	110	3 取水パターンの比較	116
III 用水計画における中干し	111	V 結 言	117
1 計画基準における中干しの取り扱い	111	参考文献	117
2 用水計画への中干しの反映	111	Summary	119
3 中干し期の水収支に関する研究	111		

## I 緒 言

「中干し」は灌漑期間中の一時期水田を非湛水状態にする水田灌漑方法である。日本ではこれは古くから行われてきたが、特に戦後急速に普及した。中干しは主に栽培上の理由、すなわち安定した収量を確保するために行われる。一方、中干しの期間はその前後の期間と比較すると取水量が減少するため、水資源管理の観点からは節水技術としても位置付けられる。今後は、環境問題や地球温暖化等の稲作をとりまく状況を背景として、中干しには環境保全等の新たな役割が求められていくと考えられる。中干し期の水収支については、期間中の消費水量（蒸発散量と浸透量の和）等、まだ明らかになっていない要素が多い。また、中干しが灌漑地区全体の取水量やそれに補給するダムの補給量に対してどの程度の影響を及ぼすかは明確にされてこなかった。

本報告では、現在の中干しの状況及び用水計画における位置付けを分析し、大規模灌漑地区7箇所を対象としてマクロ的に中干しと灌漑地区取水量の関係の事例分析を行う。

## II 中干しの現状

## 1 中干しとは

農業土木標準用語事典（農業土木学会，2003）によると、中干しについて「稲の栄養生長期間中、最高分けつ期を過ぎて分けつ停止期に近づいたところに、落水して水田を干し、一時期畑状態にすること。土壤に酸素を供給し、還元状態で起こる様々な根の障害を防止、根の活力を増進させると同時に窒素の過効を押さえる。暖地、排水不良地で特に有効。（土用干し）」と記載されている。また、土壤に亀裂を入れることによる土壤の透水改良及び物理的に以後の分けつの発生を抑えることなども中干しの意義とされている。

中干しを開始する時期は、それぞれの圃場において莖数などから有効分けつが終了し無効分けつが始まる時期とすることが普及指導センター等により推奨されているが、その目安となる時期は田植え後約一ヶ月である。田植え時期が移動すれば中干しの時期も移動することになる。分けつが終了すると幼穂形成が始まり出穂にいたるが、出穂の1ヶ月前が中干し終了時期の目安である。

普及指導センター等が推奨する中干しの期間は一週間程度である地域が多いが、暖地では20日を越える強い中干しや有効分けつ期に始める早期中干しの実施も見られる（水管理研究会，1972）。一方で北海道では数日に留めることが指導されている。この様に推奨される中干し期間は地域によって異なる。

## 2 中干しの進展とその阻害要因

中干しがわが国でいつの時代に導入されたかは明らか

\* 農地・水資源部水文水資源研究室

\*\* 農村総合研究部地球温暖化対策研究チーム

平成23年1月24日受理

キーワード：水田灌漑，中干し，取水量，貯水池，水管理

ではないが、永田(1964)は中干しの記述がある江戸時代の農書をいくつか示している。このことから遅くとも江戸時代には中干しが一部で実施されていたといえる。永田(1964)は「水稻及陸稻耕種要綱(農林省農務局, 1933)」に記載されている灌漑方法を検討し、22県で中干し(原文では土用干し)が実施されていることを示した。但し、戦前にはその普及は用水の豊富な一部の地方に限られていた(田中, 1970)。全国18か所を対象として1940年から1975年頃までその時期に用いられた稲作技術が調査されている(日本農業研究所・農水省, 1970及び農水省, 1979)。地区の一部にせよ中干しを実施している地区数は5地区(1940年), 10地区(1955年), 12地区(1965年), 12地区(1975年)と次第に増加している。昭和41年産作物統計(農林省, 1967)には中干し実施面積の全国調査が掲載されている。実施水田面積の耕作水田面積に対する割合の全国平均は59%である。地域別では北海道が2%とほとんど行われていない一方、東北56%, 北陸68%, 関東51%, 東山65%, 東海69%, 近畿65%, 中国68%, 四国67%, 九州75%と、北海道以外では半数以上の水田耕作面積で中干しが実施されていた。豊田ら(1984)は栽培技術としての中干しは、特殊な気象災害防止の場合と特に水不足に悩む場合を除いて一般に定着しているとしており、現在では北海道でも中干しが推奨されている。この様に中干しは戦前から実施されていたが、特に戦後になって急速に全国的に普及した。

中干しが急速に普及した理由はいくつか考えられる。米作日本一表彰事業が昭和24年から実施されたが、1位入賞者はいずれも中干しを実施している。これにより、それまで関心の薄かった水田の灌漑法が多収技術として浮かび上がり、中干しが普及することとなったと鈴木(2003)は指摘している。また、水田土壌の透水性と稲作収量に関する研究(稲作における土壌と水に関する研究)が昭和31~35年に実施された。鈴木(2003)はこの研究の結果、「水のかけひきの合理的な方法が案出され、広く農家に普及した」としている。この時期に中干しは安定した水稻の収量を実現する上で有効な技術であると認識され、それを支える具体的な方法が示された。

一方、山際(1984)は昭和20年代前半に農業2.4Dの利用拡大と共に広まったとしており、池橋(2005)は、「中干しという技術は、用水が自由に使い、化学肥料が使えるようになった現代の技術である」とした。渡邊ら(1986)は「非湛水・間断灌漑の拡大を可能ならしめた重要な条件として、水田の基盤整備の進展がある」と指摘している。用排分離等を目的とする水田の基盤整備は中干しを実際に普及させた主要な条件の一つと言える。

昭和41年産作物統計には中干しを実施しない理由が都道府県別に記載されている。ほとんど実施していない北海道を除く都府県における理由とその回答割合は、水掛かり不良田(31%), 排水不良田(22%), 不必要(13%),

水利慣行(10%), 漏水田(7%), 労力事情(6%), その他(11%)である。水掛かり不良田, 排水不良田, 漏水田と回答した割合を合計すると60%となり、これらを確保する基盤整備事業の進展が中干しの普及において重要であることが裏付けされている。なお、不安定な取水は現在でも中干しの実施の阻害要因となっており、北村ら(2001), 村上(2005), 吉田ら(2010)は水源が不安定な棚田等では中干しが実施されていないことを報告している。

### 3 中干しをめぐる最近の動向

中干しの機能は上述したとおりであるが、高温障害対策や環境への配慮等について新たな役割を求められるようになってきた。

近年、登熟期の高温による米の品質低下が問題となってきている。友正・山下(2009)は高温障害対策を検討したが、予防的対策の一つとして中干しを示した。中干しの実施による生長の抑制はイネの高温に対する耐性を強める。農林水産省が実施した平成13年産水稻作における高温障害対策の調査では、調査対象9県のうち6県で中干しの徹底や期間延長が推奨されていた(農林水産省, 2002)。

また、最近では農業用水の持つ多面的機能にも関心が高まっている。中干しにより一時的に水路に流れる流量や水田における湛水の消滅は生態系や環境に対して影響を与えることがある。コウノトリとの共生を図っている兵庫県豊岡盆地では、餌である水棲生物の保護のために中干しを通常より3週間程度遅らせる「中干延期稲作」が実施されている(松島, 2010)。福岡県の筑後川流域にある多目的ダムでは中干し期に灌漑のための利水放流を実施しないことにより、ダム下流の河川流量が減少している。また、同時に水田からの排水も少なくなるため広い範囲で下流河川の流量が低下する。これを改善するために別の水源が手当てされ代替の放流が試みられている(水資源機構, 2005)。

一方で、中干しの持つ特性を積極的に環境改善に活かす動きも見られる。新潟県では中干期の用水取水の低下の時期にそれに相当する量が浄化用水として使われていた(環境省, 2007)。地球温暖化問題において水田は土壌が還元状態にあり、湿地等と同様に温室効果ガスであるメタンガスの供給源の一つとされている。中干しによるメタンガス発生量削減効果については1990年代半ばから指摘されるようになり、齋藤ら(2004)は常時湛水と比較して中干し期間が長くなるにつれて、メタンガス発生量が減少することを示した。これにより、将来メタンガス発生緩和策として積極的な中干し期間の延長が提案されることが予想される。

### Ⅲ 用水計画における中干し

#### 1 計画基準における中干しの取り扱い

1954年に初めて制定された土地改良事業計画設計基準（農林省農地局，1954）の「水田用水量の決定」の項には中干しについての技術的な言及がなく，測定水田台帳の記載例に使われている程度である。灌漑期間は，代かき，活着期，分けつ期，穂ばらみ期，出穂期，落水期の6期に分割されており，中干しまたは中干しの前後は分類されていない。

その後，策定された計画基準案（農林水産省構造改善局，1978）において必要水量の期別変化の把握は，活着期，中干し前後，中干し以降の減少過程が重要であるとされた。また，標準的期別必要水量パターンが示されており，中干し後～出穂期までの必要水量を1としたときに，田植え期ではほぼ1前後をとること，中干し期及び落水期に向けそれぞれ通減することとされている。また，普通期にピーク取水が現れる時期は一般的には中干し後の再灌水時に来ることが多いと認識されるようになってきた。

改訂された計画基準（農林水産省構造改善局，1993）において「中干し」の用語はFig.1に示す箇所を用いられており，その後大きな変更は加えられていない。

#### 3.3.4.4 ほ場単位用水量 [解説] 3. 普通期ほ場単位用水量

「普通期ほ場単位用水量を用水計画で期別に算定する場合の蒸発散浸透量は，栽培ステージから，活着期又は初期かん水期，中干し期，中干し後（中干しをなければこれら2期を分けつ期1期にする），出穂期以降の，または，全体を1～2期程度とするなど，1～4期に分けることが，事業計画における計算上は合理的といえる。」

「一般に，ピーク蒸発散浸透量は中干し後にくることが多い。」

「以下のような場合に栽培管理用水量が必要となるが，地区の状況に応じて，必要な時期を定める。①中干し後の再灌水あるいは間断かんがい時のかん水」  
「浸透量は，中干しの前後で大きく異なる。」

Fig.1 計画基準における中干しの取り扱い  
Articles related to mid-summer drainage in the manual

以上の様に，現在の計画基準においては，①中干し後に湛水深を回復させるための用水量が必要であること，②中干し後は蒸発散浸透量も増大すること，③中干し期の蒸発散浸透量は他の時期に比べ少ないこと，が示されている。

#### 2 用水計画への中干しの反映

中干しが計画基準もしくは計画基準案で言及されるようになる以前においては灌漑地区において策定される用水計画には中干しによって生じる取水量の低下やその後に生じる取水量のピーク等は考慮されていなかったと推定される。岩崎（1989），志村（1982）は灌漑地区における計画時取水量と現況用水使用実態量が異なることが水管理における問題を引き起こしており，その一つが中干しの普及による中干し後の「大水需要期」の形成であると指摘した。この様に実際の水管理においてはこの需要の取り扱いが一つの課題となっている。

中干しの用水計画における位置づけを示した計画基準案が作成された1978年以降に開始され既に完工した国営農業水利事業を対象として，それぞれの用水計画における中干しの取り扱いを事業誌によって調査した。検討した灌漑地区は14か所である。すべての地区で湛水灌漑を用水計画における水田の灌漑方法としている。また，用水計画において検討された作期が記載されていたのは3地区であったがいずれも中干し期もしくは中干し後という作期は用いられていなかった。

この様に比較的最近計画された灌漑地区においても中干しは用水計画に積極的に取り上げられていない。中干し期による需要量の増減が用水計画に取り上げられにくい理由の一つとしては，湛水していないため減水深等の算定方法が困難であるとともにその中干しを考慮した用水計画事例が少ないことが考えられる。

#### 3 中干し期の水収支に関する研究

既往の研究を概観すると，中干しの進展とともに昭和30年代からは稲作に関する透水の効果についての研究（農林省，1962），昭和40年代以降には圃場排水の観点から研究が行われ，昭和50年前後に入って用水量に関する研究が見られるようになった。

計画設計基準における純用水量の構成要素は，栽培管理用水量，有効雨量，蒸発散量及び浸透量である。豊田ら（1984），渡邊ら（1984，1988a）は中干し期間中に降雨の影響を含まない水田圃場からの表面流出量を計測し，これを栽培管理用水量とした。渡邊ら（1988b）は中干し期を含む生育期間毎の有効雨量を観測し，それぞれの期間で有効雨量率を求めた。その一方で中干し期間中の蒸発散量，浸透量に関する調査はこれまでほとんど行われていない。

中干し直後には再び湛水を維持するための水量が水田圃場に導入されるが，この水量を中干し後に直接計測した例は豊田ら（1984）の例に限られ決して多くはない。また，最近では中干し後に湛水を前提としない間断灌漑が増加している。間断灌漑において再灌水に必要な水量の検討例は知られていない。

中干し後に減水深が増加することについては多くの報告がある。古木ら（1970），佐々木（1975），足立（1979）

は透水性の回復の観点から中干しの前後の減水深を観測し、おおむね中干しにより減水深は増加することを示した。谷口ら(2006)は減水深が中干し直後に大きくなり、その後落ち着くことを示した。

以上は圃場もしくは圃区農区単位の水収支の検討であるが、ある程度の面積を持った灌漑地区における中干し期及びその前後の用水量の検討例は少ない。中干し期は短く、中干し後の間断灌漑と区別が付きにくいこと等がその原因と考えられる。吉井(1984)は滋賀県の灌漑地区で用水量を3期に分けると中期の用水量が少ない原因として中干しの実施を示唆した。三沢ら(1980)は新潟県の3地区の取水量(100ha~300ha)をイネの生育段階に分けて観測し、中干し期に相当する無効分けつ期の日平均取水量が前後の生育段階と比較して少ないことを報告している。

4 灌漑地区の取水量

中干しは水田圃場で実施される灌漑方法であるが、水需給の厳しい灌漑地区においては、その取水は圃場の水需要に応じて実施されることから、中干し実施時期には灌漑地区取水量は一般に低下する。この期間に水の供給を停止して水路の点検やポンプ灌漑地区における揚水機場の停止が行われる地区がある。また、取水量の節水を目的として管理主体が積極的に中干しの実施を推奨する

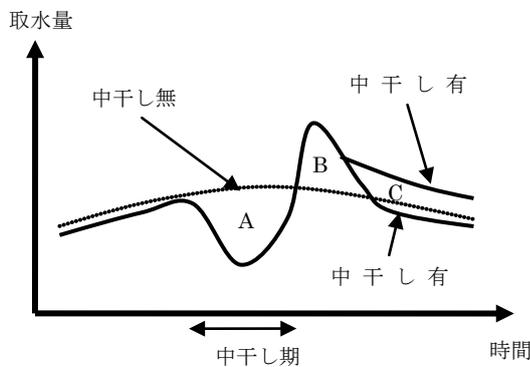


Fig.2 中干しによる取水パターンの変化の概念図  
Effects of mid-summer drainage on irrigation water

地区もある。中干しの実施による灌漑地区の取水パターンの変化の概念図を Fig.2 に示す。中干し時期に取水量が減少(A)する一方、中干し直後には再湛水のために取水量が増加(B)する可能性がある。それ以降においては減水深が増加しない場合(1)と増加する場合(2)の2通りが考えられるが、後者の場合は中干しを実施しない場合と比較してさらに取水量が増加(C)する可能性がある。節水技術としての中干しの評価のためには、この取水パターンの変化とその変化量を明らかにする必要がある。

IV 灌漑地区の取水パターンの分析

1 対象地区の概要と分析方法

大規模灌漑地区における中干し期及びその前後の水管理特性を明らかにするために、全国7地区の事例検討を行った。対象地区の位置を Fig.3 に、概要を Table 1 に示す。地区の選定においては、①大規模灌漑地区(灌漑面積が1,000ha以上)である、②水田灌漑が主体である、③長期間(10年以上)の取水量データが利用可能である、④節水を行ったことがあることを条件とした。利用した資料は、多目的ダムの管理年報(水資源開発公団・水資源機構, 1991-2006)及び農業用ダムの管理年報(農林水産省構造改善局・農村振興局, 1989-2005)である。以下では、灌漑地区を水源条件から農業用ダム掛かり、河川掛かり、多目的ダム掛かりの3つに分類してそれぞれ検討する。

2 分析結果

a 農業用ダム掛かり灌漑地区

A地区は東北地方にあり、受益面積が約9,000haの水田を主体とする灌漑地区である。農業水利事業により水源としてダム及びダムから取水する幹線用水路が建設された。貯水は直接取水されるほか、利水放流により下流に設置された頭首工に供給される。検討期間は資料入手した15ヶ年(1988年~2003年、但し1998年を除く)であり、この検討期間におけるダムからの半旬平均した日取水量を後述する相対取水量で Fig.4 に示す。

Table 1 対象地区の概要  
General features of surveyed irrigation schemes

	A地区	B地区	C地区	D地区	E地区	F地区	G地区
受益面積 (ha)	9,000	15,000	11,000	18,000	3,000	30,000	6,000
主な水源	農業用ダム	河川	河川	多目的ダム	多目的ダム	多目的ダム ため池	多目的ダム 地下水
主な土地利用	水田	水田	水田	水田	水田	水田	水田
位置	東北	関東	関東	中部	中部	中国四国	九州

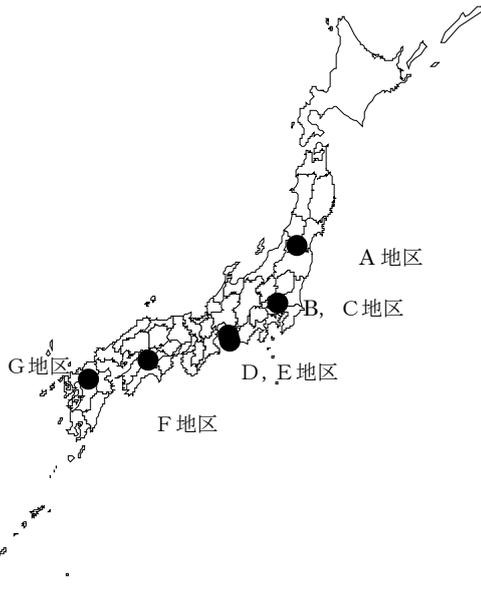


Fig.3 対象地区の位置  
Location of surveyed irrigation schemes

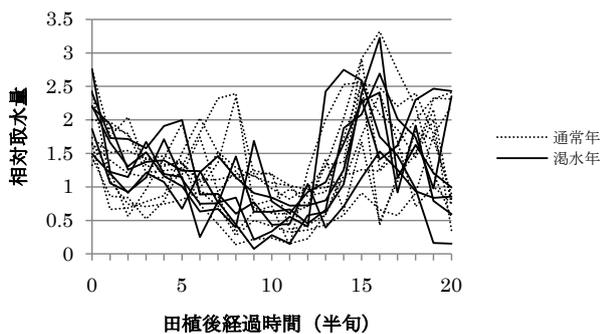


Fig.4 半旬平均日取水量 (A 地区：15 年間)  
Water release for irrigation water use at the "A" irrigation scheme

Fig.4 の田植後の半旬数は、田植盛期（田植済みの面積が全面積の 50%に達する日）を含む半旬から数えた値である。田植盛期の値は灌漑地区が所在する県の平年値を用いた。作物統計（農林水産省大臣官房，2010）によると A 灌漑地区が所在する県の田植盛期の平年値は 5 月第 4 半旬であるので、ここでは経過半旬の値は、5 月第 4 半旬を第 0 半旬、5 月第 5 半旬を第 1 半旬、5 月第 6 半旬を第 2 半旬（以降省略）とした。半旬平均日取水量は普通期平均日取水量を 1 とした時の相対値として示す。すなわち、

相対取水量 = 半旬平均日取水量 / 普通期平均取水量である。ここで、普通期平均日取水量は検討期間 15 ケ年の普通期（田植後経過時間が 3 ~ 17 半旬）の日取水量の平均とした。

この灌漑地区では対象期間のうち、1990 年、1994 年、1999 年 ~ 2003 年に渇水調整が実施された。渇水調整が

実施された年を渇水年、それ以外の年を通常年として、渇水年は半旬平均取水量を実線で、通常年の値を点線で示した。各半旬における半旬平均日取水量を渇水年と通常年それぞれの期間で平均した値を全期間（検討対象期間）で平均した値と併せて Fig.5 に示す。以下、ここで算出された一連の取水量を取水パターンと呼ぶ。降雨や気温等の気象要素は年により変動し、これに影響を受け取水量も変動する。渇水年と通常年で平均した取水量は平均的な気象条件下における取水パターンを表しているとなして検討を行う。

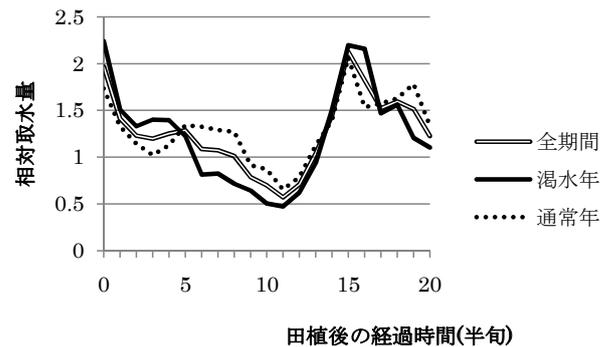


Fig.5 取水パターン (A 地区)  
Averaged irrigation water at the "A" irrigation scheme

通常年では第 9 半旬から第 13 半旬までの 5 半旬にわたって取水量が低下しており、これは中干し期における需要低下を反映していると見ることができる。一方、渇水年においては取水量低下は第 6 半旬から第 13 半旬の 8 半旬にわたって生じている。取水量低下の終了時は渇水年と通常年にかかわらず同じであるが、渇水年の取水量低下の開始時は通常年に比べて 3 半旬早い。本地区の聞き取り調査によると灌漑地区の管理主体は渇水時には中干しの時期にあわせて取水制限を実施する。一般に、稲作において圃場への供給水量が低下する時、その収量低下への影響は分けつ期は幼穂形成期や出穂期前期よりも小さい（農林水産省経済局統計情報部，1982）。これは、利用可能な水量のストックがある場合、被害を回避もしくは最小に抑えるためには、ダムの貯水量を分けつ期より水不足が収量に与える影響が深刻である時期に配分することが望ましいことを意味する。A 地区で実施されている渇水年の中干し時期における取水量低下の期間の拡大は、貯水量の効果的な利用を可能としている。このことから、この地区では中干しは節水技術としても位置づけられていると考えられる。なお、中干し期間の最低取水量は渇水年と通常年では大きく変わらないことから、中干し強度の増大ではなく期間の拡大により取水量を削減していると考えられる。

中干しの実施や中干し期間の拡大による影響をその期間の取水量と中干しをしない年の取水量と比較して評価

する。中干しを全く行わなかった時の取水量を正確に推定することは難しいが、ここでは中干しを実施しない時は第5半旬（渇水年における中干し開始直前の半旬）の取水量がそれ以降も継続すると仮定する。実際の半旬平均取水量がこの値を下回った時にその差を積算すると、その値は通常年で普通期平均日取水量の6.8日分、渇水年で同じく14.7日分、全期間で同じく9.7日分に相当する。水源であるダムの夏季における有効貯水量は普通期平均日取水量の約72日分に相当するので、中干しの実施による取水低下量、言い換えれば取水節水量は通常年で有効貯水量の約1割、渇水年で2割に相当する。

第14半旬以降は渇水年、通常年ともその取水量平均は増加し、第15半旬に田植期に次ぐピークが生じている。この時期の取水量の一部は中干し後の再灌水に用いられていると考えられる。利水安全度を高める貯水池運用においてはその量の推定は重要であるが、これは地区全体の取水量の情報だけでは不十分である。中干しの前後の期間を含む水田圃場の水収支の解明が必要である。

b 河川掛かり灌漑地区

B地区及びC地区は関東地方の同一河川から取水する灌漑地区である。受益面積は前者が約15,000ha、後者が11,000haである。いずれも、江戸時代に主要な水路が開削され、数度の施設改良が行われている。元来、貯水池を持たない河川自流取水地区であるが、上流における多目的ダムの建設により、不特定利水放流量の一部を取水する構造となっている。1990年から2005年までのデータを用いて作成した渇水年、通常年及び全期間の取水パターンをFig.6 (B地区) 及びFig.7 (C地区) に示す。両地区では夏季に取水制限が実施された1990年、1994年、1996年、2001年を渇水年とした。

通常年の日取水量の平均値はB地区では前後の時期に比べ第6半旬から第11半旬の間に減少し、C地区では第8半旬から第13半旬の間に減少している。これは中干しの実施に伴う取水量の減少に相当すると考えられる。この期間における渇水年と通常年の日取水量の平均値を比

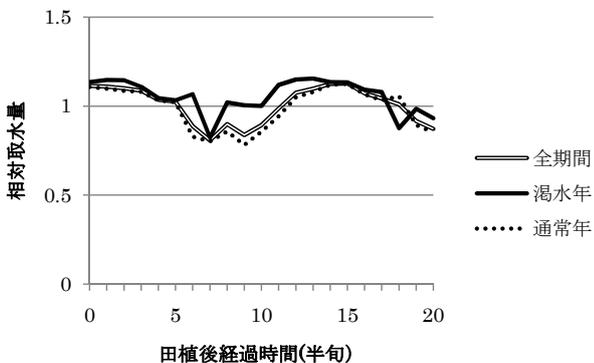


Fig.6 取水パターン (B地区)  
Averaged irrigation water at the "B" irrigation scheme

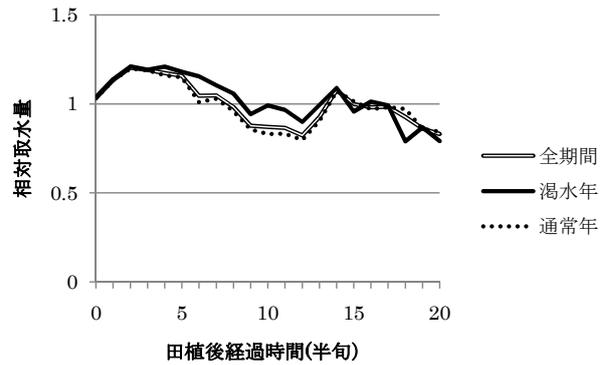


Fig.7 取水パターン (C地区)  
Averaged irrigation water at C irrigation scheme

較するとB地区、C地区とも前者が後者を上回っている。この原因としては渇水年の高温少雨による需要量の増加も考えられるが、一方で渇水年には灌漑地区において中干しの実施が控えられている可能性も示している。

中干しを実施すると中干し後の減水深の増加や中干し直後の再灌水に対応する取水量の確保が必要であると用水計画で示唆されている。これらの取水量が確保できる見通しがなければ中干しは実行できないと考えられる。B地区およびC地区が所在する水系では、数年に1度の頻度で流域内の多目的ダムの貯水量の減少による取水制限が実施された実態がある。この両地区では独自の判断で運用できる貯水池を持たないため、取水制限が一律に中干し終了後の時期に課せられると必要な量を取水できない可能性がある。B地区における聞き取り調査では、管理主体は渇水が予想されるときには中干しの緩和もしくは中止を受益者である農家に要請していることが分かっている。不安定な水源は中干し実施の阻害要因であり、現在でも中山間の棚田水田での中干しを制約していることをII章で示したが、多目的ダムの建設によりある程度河川流量が確保されている河川から取水する大規模灌漑地区においても、不安定な水源による中干しの回避が生じていることが分かる。

なお、中干しの中止や抑制が行われる年は中干しを実施する通常年と比較すると、中干しを実施する時期の取水量が増加する。流域に不特定利水容量を持つ多目的ダムがある場合には、取水量が増加すると、河川流量など他の要素が同一と仮定した場合、ダムからは正常流量を確保するための放流が例年に比べて増加する。両地区では渇水年に中干しを抑制する傾向があることから、流域におけるダムからの放流量は渇水年には渇水現象による増加に中干し抑制によって生じる増加が加わると推定される。一方でA地区の農業用ダムでは渇水年には中干し期間の放流量を減少させて貯留を確保している。不特定利水容量を持つ多目的ダムにおいても、この時期に同じ方法を用いて貯留を確保する可能性はあると考えられる。すなわち、多目的ダム管理者が再灌水における水の

確保を条件に流域の水田灌漑の水利用者に中干しの実施を実現できると放流量を小さな被害で削減できる。但し、これを実施するには関係利水者に中干しの実施により取水量の節水効果を説明する必要がある。

中干し実施による取水量の減少量は、A地区での検討と同様に中干しを実施しないときはそれ以前の取水量が継続すると仮定して算出すると、通常年の平均でB地区で5.2日分、C地区で4.7日分の普通期平均日取水量に相当する。また、この量はこの両灌漑地区の取水地点の上流に位置する多目的ダム群の総不特定利水容量の約13%に相当する。なお、両地区はダムから直接取水するA地区と異なり、多目的ダム群の放流を下流で取水する。取水量の一部はダムからの放流量ではなく流域からの取水量である。このため、取水量の減少量はダムからの放流量とは一致しないが、それを考慮しても中干しの影響は無視し得ない量であると考えられる。

### c 多目的ダム掛かり灌漑地区

D地区は受益面積約18,000ha、E地区は受益面積約3,000haの中部地方に所在する灌漑地区である。両地区は同一河川から取水するが、それぞれ異なる多目的ダムの特定利水を受けている。1990年から2005年までデータを用いて作成した渇水年、通常年及び全期間の取水パターンを、Fig.8 (D地区) 及び Fig.9 (E地区) に示す。なお、両地区の検討においては10日以上取水制限が実施された1993年、1994年、1996年、2000年、2001年、2002年、2005年を渇水年とした。

取水量パターンに見る2地区の特徴の第1は、普通期において取水量が低下する期間が長いことである。D地区では第3半旬から取水量が低下し始めて第6～9半旬で最低となり、第14半旬にもとの取水量水準に戻る。11半旬において取水量が前後の期間に比べて少ない。E地区は第2半旬から明瞭に取水量が低下し始め、10半旬の間、取水量が前後の時期に比べて少ない。通常中干しは無効分けつ期に実施される。地区内においては生育ステージの差を考慮しても無効分けつ期のみがこの取水量低下期間に相当するとは考えられないため、取水量低下期間に

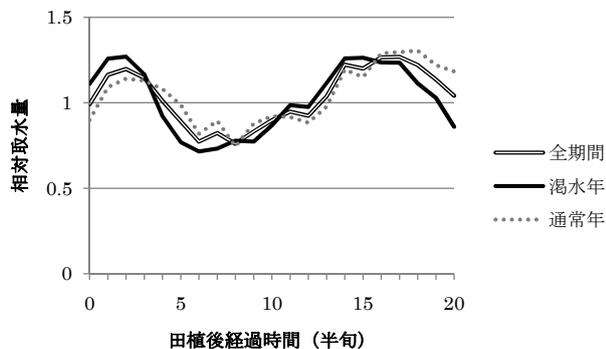


Fig.8 取水パターン (D地区)

Averaged irrigation water at the "D" irrigation scheme

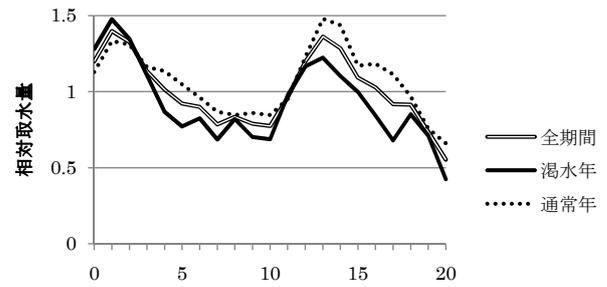


Fig.9 取水パターン (E地区)

Averaged irrigation water at the "E" irrigation scheme

は有効分けつ期及び活着期も含まれていると考えられる。

第2の特徴は渇水年と通常年で取水パターンが大きく相違しないことである。2地区で渇水年の中干し期取水量が通常年より若干少ないなどの細かい違いは見られるが、中干し開始時期が早まったり、中干しに制約がかかる等の渇水に伴う大きな変更は見られない。

両地区が取水する河川では2年に1回以上の頻度で取水制限が実施される等、比較的水需給が厳しい河川である。このため、通常年においても厳密な意味での中干しだけでなく、ある程度取水を制限していると考えられる。なお、E地区では平成3年度から「中干し節水」と名付けられた計画的な取り組みが行われている。渇水の有無にかかわらず、早期中干し節水と後期中干し節水がそれぞれ5日間、Fig.9における第3及び第11半旬の前後に実施されている。この様な栽培管理と矛盾しない節水行動が継続的な取水量の削減に結びついている。取水量減少期の総量をそれぞれ算出すると、D地区で12.8日分、E地区で24.4日分の普通期平均日取水量に相当する。

F地区は中国四国地方にある受益面積約30,000haの灌漑地区であり、多目的ダムの特定利水放流を受けている。1990年から2005年までのデータを用いて作成した取水パターンを Fig.10 に示す。

F地区は補助水源でもあり貯留施設でもある多数のため池を地区内に持つ地区である。聞き取り調査によると渇水年を除くと中干しは実施している。しかし、その影

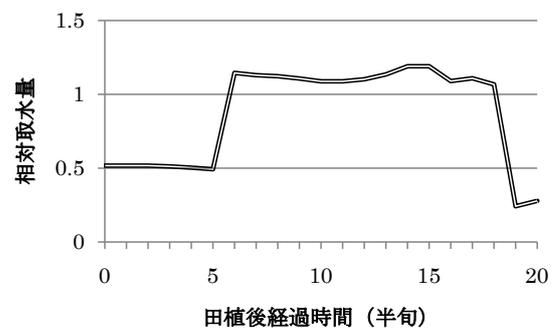


Fig.10 取水パターン (F地区)

Averaged irrigation water at the "F" irrigation scheme

響は普通期の取水量の低下からは見られない。受益地点が広く取水地点から離れていること、受益地内に中間貯留可能な施設が多いことから中干しの需要変動が取水量へ影響していないと推定される。

また、G地区は九州にある受益面積約6,000haの灌漑地区であり、多目的ダムの特定期間を受けている。1990年から2005年のデータを用いて作成した渇水年、通常年及び全期間の取水パターンをFig.11に示す。渇水年

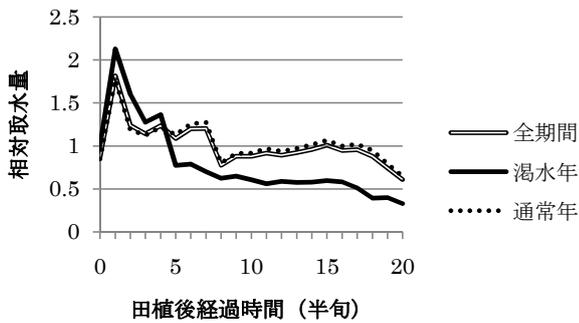


Fig.11 取水パターン (G地区)  
Averaged irrigation water at the "G" irrigation scheme

は取水制限が実施された1994年と2000年とした。

通常年では第8半旬にその前の半旬と比較して取水量が急に減少しており、この時期は中干しの開始にほぼ一致する。渇水年では取水量が減少する時期は第5半旬と早まっており、これは渇水年には実質的に中干し開始が前倒しされ、用水節水が実施されていると考えられる。

なお、G地区が水源とする多目的ダムは、その貯水運用方法として原則としてそれぞれの利水者に貯水量を割り当てる通帳方式を採用している。この方式では貯水池への流入量はあらかじめ決められた率で各利水者の貯水量に配分され、利水者に対する放流量は当該利水者の貯水量から差し引かれる。この方式で運用されている多目的ダムは、各利水者からは実質的に単独の利水ダムの様に運用できる。利水者が水管理の徹底などにより放流量をある期間削減した場合、それによって放流されずに貯水池に貯留された水量は、一般の多目的ダムではその一部が当該利水者の将来の利用可能量を増加させるのに対し、通帳方式を採用している多目的ダムでは原則として全量が将来の利用可能量となる。このことから、この方式では利水者の節水の動機付けが高くなる。なお、この地区には多数の地下水利用の揚水機場が設置されており、水不足の時期にはこれらが運転される。渇水年において普通期後半の取水量が少ない理由の一つはこれらの機場の運転である。

G地区の取水量パターンに見られる他の顕著な特徴は、通常年であっても普通期後半に明確な取水のピークが生じていないことである。これについては他地区と比較して次節で検討する。以上の様に、この地区では中干

し後に取水量が元の水準に戻らないため、中干しによる節水量は求められない。但し、渇水年における取水量低下の前倒しによる節水量を通常年の差と見なして求めると7日分の普通期平均日取水量に相当する。

### 3 取水パターンの比較

上述した7地区の取水パターンについての検討をまとめると次のとおりである。

- ①中干し期にはその前後に比べて取水量が低下する。その量は普通期平均日取水量の5日分～24分に相当した。
- ②ダム(貯水池)掛かりの灌漑地区であるA地区、G地区において、渇水年の中干し期取水量は通常年の値に比べて少ない。この減少量は取水量が低下する時期の前倒しによってもたらされている。
- ③河川掛かり灌漑地区であるB地区、C地区では渇水年には中干しが抑制される。これは、中干し後の不安定取水への対応によるものと考えられる。
- ④中干しの実施の有無による取水量の変化の貯水量に対する割合は、A地区で1割～2割、B,C地区では1割強と推定された。

中干しは圃場において実施される灌漑方法である。それを反映した灌漑地区全体の取水量の変動は灌漑期間の総取水量や灌漑地区の水源である貯水量に対して無視し得るものではない。一方、中干しの実施は、事前に予測ができない降雨の有効化等と比較するとそれを計画することが可能であるので、水源管理のための節水技術として有用である。

中干しを節水技術として考えるときには、全期間における水収支、言い換えれば中干し後の需要変動を明確にしておかなければならない。4地区(A地区、C地区、D地区、G地区)の半旬平均取水量の対象期間における各半旬の平均値をまとめてFig.12に示す。これは平均的な取水パターンと考えることができる。

中村(1981)は関東地方における灌漑地区をその取水パターンから5つに分類し、施設と取水可能量と分類の関係を考察した。この分類では4地区はいずれも標準型に該当する。標準型は中干し期に取水量が低下し、その前後にピークがくる取水パターンを持つ。しかし、同じ標準型であってもこの4地区はそれぞれ取水パターンの特徴が異なる。

東北地方にあるA地区では取水低下前の水量より低下終了後の水量の方が高い。中部地方にあるD地区では両方の水量がほぼ同じである。関東地方にあるC地区では低下終了後の水量の方が低下前に比べて低くなり、九州地方にあるG地区では普通期後半には明瞭なピークが見られない。この違いの原因の一つとして中干し後の水田圃場の水管理方法の違いが可能性としてあげられる。

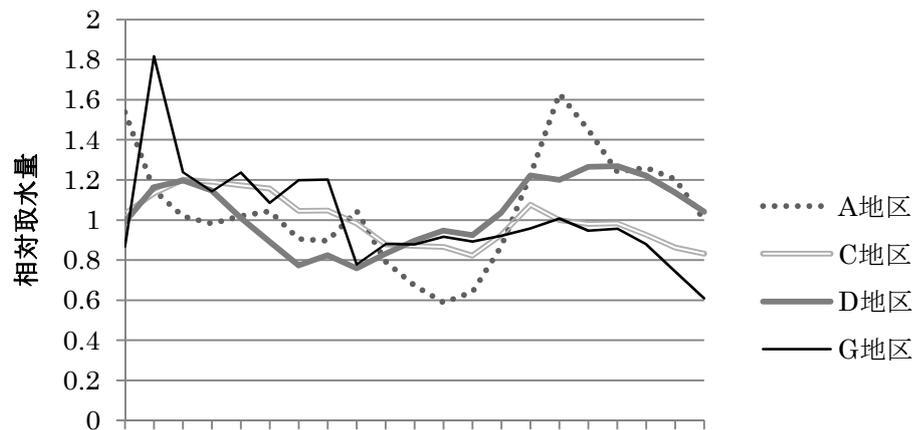


Fig.12 取水パターンの比較 (4地区)  
Comparison of irrigation water withdrawals of 4 irrigation schemes

取水パターンが大きく異なるA地区とG地区では、それぞれの県で普及指導センターもしくはJA等により推奨されている中干し後の水管理はいずれも間断灌漑(間断灌水)である。長ら(1984)によると、九州地方で1980年代において既に広く中干し後の間断灌漑が広まっている。G地区においても間断灌漑は約20年前から継続して実施されている(国土交通省)。現在では中干し後の間断灌漑は全国的に広まっている。但し、A地区がある県においては、通常的气象条件下では間断灌漑が勧められているが、冷害もしくはフェーン現象が予想されるときには湛水すべきことが示されている。この圃場の水管理方法の違いと取水パターンの違いの関係を明らかにするためには、実際に用いられている水管理の詳細な解明が今後必要である。

また、中干し後の減水深増加や最湛水のための栽培管理用水量の発生は、基本的に中干し後の湛水灌漑を前提としている。間断灌漑は管理方法によって湛水灌漑より用水需要を抑えることができる。また、常時湛水させないことから中干し後に再度湛水させるための用水需要も必ずしも発生しないと考えられる。中干し後の水需要の検討のためには間断灌漑や湛水灌漑等の灌漑方法の違いを考慮することが必要である。

## V 結 言

水田灌漑方法には湛水灌漑、間断灌漑、掛け流し灌漑、節水灌漑など様々な方法がある。本報告では中干しが灌漑地区の取水に与える影響に着目して以下の分析を行った。

- ①灌漑方法としての中干しの進展の状況を検討し、将来は高温障害や環境への配慮など、中干しに求められる機能がが増えていくと推測した。
- ②用水計画における中干しの位置づけを整理して、実際の地区の用水計画への反映の遅れを指摘した。その理

由の一つとして中干し期間の水収支、中干し後の水需要の変化について未解明の部分が多いことを示した。

- ③中干しが取水パターンに与える影響を明らかにするために全国7箇所の大規模灌漑地区を選定して事例検討を行い、中干し期にはその前後に比べて地区の取水量が低下するが、その量は事例検討地区で普通期平均日取水量の5日分～24日分に相当することがわかった。
- ④事例検討からダム(貯水池)掛かりの灌漑地区では、渇水年には中干し開始時期の前倒しにより取水が抑制されるが、河川掛かり灌漑地区で不安定取水のため中干しが抑制され、取水量が増加することが示唆された。
- ⑤中干しの実施による取水量の減少量の有効貯水量に対する割合は1割～2割となる複数の事例があり、中干しは流域及び地区の水資源管理を行う上で無視できない効果がある。

## 参考文献

- 1) 足立忠司(1979)：田畑輪換と還元田用水量、土壌の物理性、39、30-34
- 2) 長智男・黒田正治・星野孝文(1984)：暖地における水田水管理の特性、農土誌、52(11)、17-22
- 3) 古木敏也・多田敦・林幹直・上村道子(1970)：ホ場整備に伴う透水条件の変化について、農土試報告、8、129-160
- 4) 池橋宏(2005)：稲作の起源、講談社
- 5) 岩崎和巳(1989)：水管理計画、改訂5版農業土木ハンドブック、112-113
- 6) 環境省水・大気環境局水環境課(2007)：「環境用水の導入」事例集-魅力ある身近な水環境づくりにむけて、41-45
- 7) 北村邦彦・喜多威知郎・一恩英二・桶敏(2001)：棚田地区における圃場整備後の田面およびため池

- の水管理, 農土論集, 216, 93-99
- 8) 松島興治郎 (2010): コウノトリの野生復帰 ~ 豊岡の挑戦~, Civil Engineering Consultant, 249, 24-27
  - 9) 三沢真一・鈴木光剛・豊田勝 (1980): パイプライン水田の利水特性について, 新潟大学農学部研究報告, 32, 93-103
  - 10) 水管理研究会編 (1972): 水田の水管理と圃場整備, 地球出版
  - 11) 水資源開発公団・水資源開発機構 (1991-2006): 水資源開発施設等管理年報, 水資源協会
  - 12) 水資源機構 (2005): 平成16年度業務実績報告書, 138
  - 13) 村上利之 (2005): 長野県千曲市姨捨棚田における水収支, 陸水学雑誌, 66, 51-57
  - 14) 永田恵十郎 (1964): 稲作灌漑の農法的性格, 水利科学, 8(1) 113-132
  - 15) 中村良太 (1981): 水田用水元入れ水量の期別変化形の実態-用水系の非定常的管理操作の構造分析 (1), 農土誌, 49(7), 577-582
  - 16) 日本農業研究所・農林水産省農林水産技術会議事務局 (1970): 戦後農業技術発達史第2巻水田作地域編, 日本農業研究所
  - 17) 農業土木学会編 (2003): 改訂5版農業土木標準用語事典, 農業土木学会
  - 18) 農林水産省 (2002): 平成13年産水稲作における高温の影響について, [http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g\\_kiko\\_hendo/h13\\_eikyo/index.html](http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_kiko_hendo/h13_eikyo/index.html)
  - 19) 農林水産省大臣官房統計情報部 (2010): 平成20年度産作物統計 (普通作物・飼料作物・工芸農作物)
  - 20) 農林水産省経済局統計情報部 (1982): 農作物被害調査必携-夏作減収推定尺度
  - 21) 農林水産省構造改善局 (1978): 土地改良事業計画設計基準第2部計画第1編用水 (案), 農業土木学会
  - 22) 農林水産省構造改善局 (1993): 土地改良事業計画設計基準-計画「農業用水 (水田)」
  - 23) 農林水産省構造改善局・農林水産省農村振興局 (1989-2005): ダム管理年報 (内地・沖縄)
  - 24) 農林水産省農林水産技術会議事務局 (1979): 戦後農業技術発達史第1巻水田作編, 農林水産技術情報協会
  - 25) 農林省農地局 (1954): 土地改良事業計画設計基準第2部計画第1篇カンガイ
  - 26) 農林省農務局編 (1933): 水稲及陸稲耕種要綱, 大日本農会
  - 27) 農林省農林経済局統計調査部 (1967): 昭和41年度産作物統計 No.9, 農林統計協会
  - 28) 農林省農林水産技術会議事務局編 (1962): 稲作における土壌と水に関する研究
  - 29) 齋藤隆・中山秀貴・横井直人 (2004): 中干し期間の長期落水処理によるメタン発生の低減, 東北農業研究成果情報, 300-301
  - 30) 佐々木信夫・千葉満男・平野裕・米沢確・高野文夫・清原悦朗・大川晶・佐々木武虎・岡島正昭・佐々木忠勝・伊藤吉郎・小沢栄二・黒沢順平 (1975): 水田利用の近代化に関する研究, 岩手県立農業試験場研究報告, 第19号, 1-112
  - 31) 志村博康 (1982): 現代水利論, 東京大学出版会
  - 32) 鈴木守 (2003): 農民に学ぶ技術の総合化-多収穫栽培技術-, 昭和農業技術発達史第2巻水田作編, 124-135, 農林水産省農林水産技術会議事務局編, 農林水産技術普及協会
  - 33) 田中市郎 (1970): 灌漑排水, 戦後農業技術発達史第1巻, 456-466, 日本農業研究所・農林水産省農林水産技術会議事務局編, 日本農業研究所
  - 34) 谷口智之・佐藤政良 (2006): 耕起乾田直播水田における実測減水深の分析-茨城県報恩寺地区を事例として-, 農土論集, 245, 9-18
  - 35) 友正達美・山下正 (2009): 水稲の高温障害対策における用水管理の課題と対応の方向, 農工研技報, 209, 131-138
  - 36) 豊田勝・鈴木光剛・西出勤・四方田穆 (1984): 開水路水田における水管理の特性, 農土誌, 52(11), 991-998
  - 37) 渡辺紹裕・丸山利輔 (1984): 栽培管理用水の発生とその水量, 農土誌 52(11), 39-44
  - 38) 渡辺紹裕・丸山利輔・三野徹 (1986): 水田圃場における水利用動向と用水量-水田圃場の用水需要に関する実証的研究 (I), 農土論集, 124, 1-9
  - 39) 渡辺紹裕・丸山利輔・三野徹 (1988a): 栽培管理用水量の実態と推定について-水田圃場の用水需要に関する実証的研究 (III), 農土論集, 135, 9-16
  - 40) 渡辺紹裕・丸山利輔・三野徹 (1988b): 水田圃場における降雨有効化の実態-水田圃場の用水需要に関する実証的研究 (IV), 農土論集, 135, 17-25
  - 41) 山際栄司 (1984): 近年における水稲単収水準をめぐって, 農業構造問題研究, 139, 5-35
  - 42) 吉田武郎・増本隆夫・堀川直紀 (2010): 中山間水田の管理状態に着目した小流域からの流出特性の比較, 水文・水資源学会研究発表会要旨集, 56-57
  - 43) 吉井勘一 (1984): 現場管理から見た大規模用水計画とその節水について-愛知川沿岸土地改良区を事例として-, 農土誌, 52(8), 689-697

# A Case Study Evaluating Effect of Mid-Summer Drainage on Irrigation Water

HORIKAWA Naoki, YOSHIDA Takeo and MASUMOTO Takao

## Summary

Mid-summer drainage is one of water management methods for paddy irrigation. It is widely used in Japan, because it stabilizes rice yields. Standing water is drained from paddy fields one month after transplanting and this situation is kept for one to several weeks. Mid-summer drainage can also save irrigation water demand. However, the effect of mid-summer drainage on water demand is not clear. After mid-summer drainage is summarized, case study is implemented. Seven large scale irrigation schemes are selected as target areas. Data of irrigation water is collected and pattern of irrigation water is made. Saved water amount caused by mid-summer drainage is estimated as 5~24 times of average daily irrigation water. This amount is equivalent to 10 % ~20 % of the effective storage of reservoirs and seems important for water resources planning. In water shortage year, water withdrawals of reservoir oriented irrigation schemes are restricted to save water. While, mid-summer drainage is cancelled in irrigation schemes without reservoirs because of avoiding water demand decrease after mid-summer drainage.

**Keywords** : paddy field irrigation, mid-summer drainage, diversion requirement for paddy area, reservoir, water management