

地下灌漑可能な大区画圃場整備地域の送配水管理解析技術の検討

(株) アルファ技研 ○櫻庭 主盛

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 古檜山 雅之、中村 和正、鶴木 啓二

1. はじめに

現在、北海道の大規模水田地帯の一部では、農地再編整備事業等により、地下灌漑施設を有した大区画水田圃場の整備が進められている。今後、それらの整備が進められる地域においては、次のような水利用の変化があり得る。①末端がパイプライン化されることで、ある圃場での取水量が近隣圃場の取水状況に影響を受けやすくなる。②地下灌漑が可能となることで、各圃場への取水の流量が現状より大きくなる。③地下灌漑が整備されたことを機に直播栽培が導入され始め、直播栽培特有の水管理が生育期別の用水量を変化させる。④圃場が大区画化されることで取水時の流量が大きくなる。以上のような因子は、地域の円滑な配水に影響を与える可能性がある。そのため、このような整備地区で円滑な配水管理ができるかを検討する必要がある。そこで、筆者らは、古檜山ら¹⁾の示した用水需要特性結果を反映させた配水シミュレーションを実施した。本報告では、その一例を示す。

2. 水需要特性の分析

2-1. 用いたデータ

古檜山ら²⁾は、農地再編整備事業で整備された、北海道雨竜郡妹背牛町にある3筆の圃場において、平成23年度に水利用の実態調査を行った。この調査では、表-1に示す対象圃場において、平成23年の灌漑期(5月～8月)の地下水位や湛水位の計測を行っている。ここでは、このデータを用いて、水稻の栽培方法の違いや、代かきや初期入水等の作業別による水需要特性を分析する。なお、直播栽培には、湛水直播と乾田直播の2種類の栽培方法があり、それぞれで水管理が異なる。平成23年度調査の対象圃場CとDでは、湛水直播の栽培方法を採用していたため、本報告における直播の水需要特性の分析等は、湛水直播のみを対象としている。

表-1 各圃場の概要²⁾

対象圃場	A	C	D
面積	2.3ha	1.5ha	1.5ha
計画田面高	37.32m	37.16m	37.16m
作付作物	水稻	水稻	水稻
(品種)	(ななつぼし)	(ほしまる)	(ほしまる)
栽培方法	移植	湛水直播	湛水直播
代かき	5/24～5/25	無代かき	無代かき
初期入水	-	5/29	5/29
移植・播種	5/29	5/30	5/30
中干し	6/26	6/29	6/29
中干し後再入水	7/4～7/5	7/4～7/5	7/4～7/5
低たんばく対策	7/29～8/12	8/10～8/24	-
収穫	9/20～9/21	10/12	10/13

※B圃場はH23年度畑利用。

2-2. 分析方法

上記のデータを用いて、移植栽培および直播栽培における地下水位と湛水位の変化量から、各作業の1回あたりの平均取水量を算出した。また、地下水位と湛水位の変化をもとにして、1回あたりの取水時間や取水間隔日数を把握した。

2-3. 分析結果

表-2に示すように、移植栽培では代かき作業で取水時の流量や必要水深が大きかった。また、直播栽培では播種前の初期入水や、初期入水後に生育促進のために水位を上下させる浅水管理時で取水時の流量や必要水深が大きかった。このような大量の取水が行われる時期は、北海道農業生産技術体系³⁾によると、代かきが5月上旬から中旬、初期入水および浅水管理が5月中旬から6月上旬となっている。今後、移植栽培と直播栽培の両方が行われる地域においては、代かきと初期入水および浅水管理の時期が重なる5月中旬から下旬にかけてが、地域としての取水のピークとなることが予測される。

3. シミュレーションの実施

2-3 までに得られた水需要特性の分析結果を用いて、水需要が高まることが予測される5月中旬から下旬にかけての配水状況をシミュレーションすることとした。しかし、シミュレーションの実施に当たっては、対象とする区域の各圃場で、どのような作付けがされているか、どの圃場で取水を行うか、給水栓の開度はどのように管理しているか等の条件を設定しなくてはならない。それらの条件の組み合わせは無数に存在するから、地域の配水管理上で支障となりそうな条件を想定して、効率的にシミュレーションを行う必要がある。ここでは、水需要特性の分析結果や対象地域の現状を踏まえた条件設定によるシミュレーションの一例を示す。

表-2 水需要特性分析結果

作業項目	対象栽培方法	時期		取水間隔 日 ①	取水時間 ^{※2} h ②	取水量 ^{※3} m ³ /s/ha ⑤	必要水深 mm ⑥	
		体系より ^{※1}	実態調査より					
代かき	荒かき	移植	5/中～5/下	5/下	-	18.2	0.0090	58.8
	仕上げ	"	"	"	荒かきの翌日	20.3	0.0061	44.9
	移植	"	"	"	仕上げの3日後	21.2	0.0039	29.6
初期入水	直播	5/中	5/下	-	10.5	0.0123	46.4	
浅水管理	直播	5/中～6/上	6/上～6/中	6	14.9	0.0225	93.0	
普通期	両方	-	-	5	14.8	0.0059	34.7	
中干し後再入水	両方	-	7/上	-	31.4	0.0152	112.9	
低たんばく対策時の水管理(平均)	両方	-	7/下～8/上	2	40.7	0.0027	35.5	
低たんばく対策時の水管理(最大)	両方	-	7/下～8/上	2	35.7	0.0054	73.8	

※1：時期は「北海道農業生産技術体系（第3版）平成17年9月 北海道農政技術普及課」より引用
 ※2：取水時間は取水1回あたりの平均値
 ※3：取水量はhaあたりの量

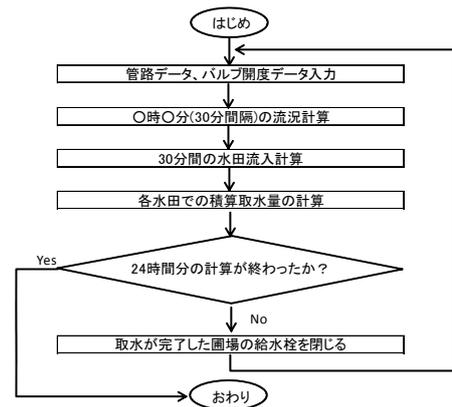


図-1 計算フロー³⁾

3-1. プログラムの概要

配水シミュレーションには、長谷川ら³⁾のプログラムを使用した。その計算フローを図-1に示す。まず、計算開始時刻と給水栓の開度条件を決め、定常流解析により各圃場の給水栓の吐出量を計算する。圃場への累積取水量を30分ごとに計算し、累積取水量が予め決めておいた必要取水量を超えれば、その圃場の給水栓は閉じるように条件を設定し直して、次の30分間の流況を計算する。全体の取水が終了するまで、同様な計算を繰り返す。なお、このプログラム中の定常流解析の部分には、高桑の接点エネルギー法が用いられている⁴⁾。

3-2. シミュレーション条件の設定

シミュレーションを実行するために必要な入力条件は、図-2のような手順で設定することとした。なお、具体的な設定の仕方は次の3-3で述べる。

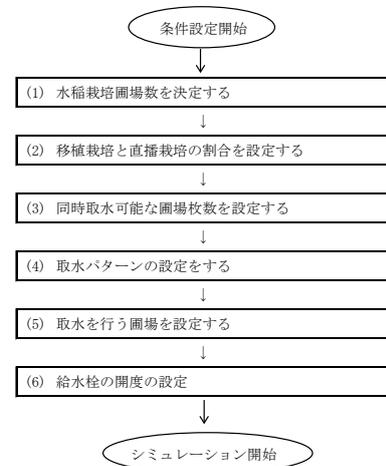


図-2 条件設定フロー

3-3. 小区域でのシミュレーション事例

シミュレーションの対象圃場は、妹背牛地区内のある末端用水系統(面積=27.8ha)とした。この区域の対象圃場数や、圃場の高さ等の基礎条件を図-3、表-3に示す。この基礎条件と図-2の条件設定フローより、この小区域でのシミュレーション条件を設定する。

(1) 転作率の反映

実態を考慮したシミュレーション実施のため、対象地区の計画や現況の転作率を対象区域の圃場に反映させる。この区域では、地区の現況や現在実施中の事業計画の転作率が25%であったため、8筆が水田、3筆が畑利用とした。

(2) 移植栽培と直播栽培の割合の設定

地区の今後の営農計画等や聞き取り等から、将来の移植と直播栽培の割合を想定し設定する。本区域では、地元聞き取りから、直播の普及が大きく進んだ場合でも、その割合は全体の5割程度だろうということであったため、移植及び直播ともに50%とした(移植栽培4筆、直播栽培4筆)。

(3) 同時取水可能な圃場枚数の設定

全圃場での同時取水をシミュレーションで与える条件とすることは、現実的ではない。そこで、上流側の圃場から1筆ずつ給水栓を全開にして取水するようなシミュレーションを行い、対象用水路の起点の取水量が、代かき期の計画用水量を初めて超えた圃場の枚数を同時取水可能な圃場枚数とした。本区域では図-3における圃場番号①、②、⑦、⑧の順に取水した結果、圃場数が4筆の時に、対象用水路の起点の取水量が代かき期の計画用水量を超過したため、本区域の同時取水可能な圃場は4筆とした(表-4)。

(4) 取水パターンの設定

シミュレーション対象区域の各圃場が、対象期間の各日において、どのような作業(取水)を行うかを定める必要がある。本報告では、どのような作業が何筆の圃場で行われるかという組み合わせを取水パターンと呼ぶこととする。これまでの結果より、水需要が高まるのは代かき期であり、その期間を15日間と設定した。上記の(1)から(3)の条件設定を踏まえて、15日間の圃場ごとの取水日を表-5のような2つのパターンに割り振った。この割り振りは、水需要の特性調査結果等を反映させて次のように行った。

- ・代かきは、荒かき作業の翌日に仕上げ作業を行い、その3日後に移植を行うこととする。
- ・移植後5日後に普通期の取水を行い、その後も5日おきに普通期の取水を行うこととする。
- ・直播栽培では、初期入水完了後、6日後に浅水管理を行い、その後も6日おきに浅水管理の取水を行うこととする。
- ・北海道農業生産技術体系において、初期入水は5月中旬に行い、代かきは5月中旬から下旬に行うとしているため、期間が短い初期入水を優先して行うこととする。

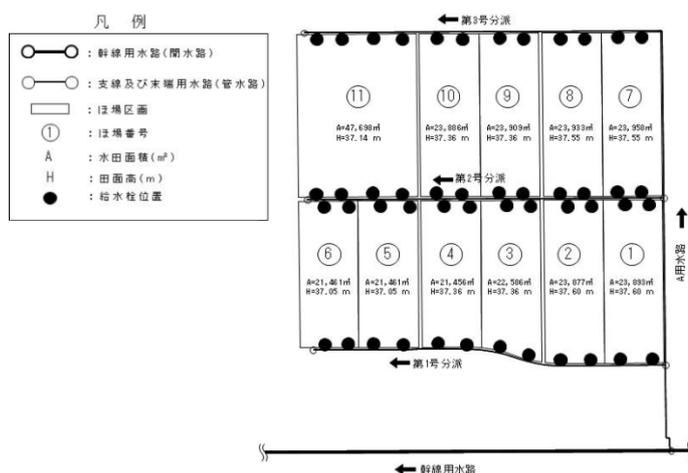


図-3 シミュレーション対象区域位置図

表-3 対象区域の基礎条件

受益面積	27.90 ha
圃場数	11
計画用水量	
代かき期	0.2025 m ³ /s
普通期	0.1601 m ³ /s
深水期	0.1858 m ³ /s
管路延長	
A用水路	405.89 m
第1号分派	551.13 m
第2号分派	546.77 m
第3号分派	811.92 m
管種	塩ビ管(VU)

表-4 取水可能な圃場数設定表

計画用水量(代かき期)= 0.2025m ³ /s		
圃場名	取水量(m ³ /s)	
	4圃場で取水	3圃場で取水
①	0.0631	0.0666
②	0.0622	0.0659
⑦	0.0603	0.0663
⑧	0.0599	-
合計	0.2456	0.1987
計画用水量との比較	超過	未滿

- ・初日に取水する圃場数は、同時取水可能な圃場の数の最大値である4筆と、その半分程度の2筆の2通りとした。

表-5より、この割り振りにおいて最も水需要が高まるのは、取水パターン1では7日目と13日目、2では13日目である。シミュレーションは、取水パターン1の7日目(4筆で浅水管理)と、取水パターン2の13日目(2筆が浅水管理、2筆が普通期管理)について実施した。なお、表-5の圃場記号は、8筆の水稻作付圃場の取水パターンを定めるための記号であり、図-3の圃場番号とは関連しない。

○取水パターン1

表-5 取水パターンスケジュール表

圃場記号と作付作物		日														
圃場記号	作付作物	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
a	直播	初						浅水						浅水		
b	直播	初						浅水						浅水		
c	直播	初						浅水						浅水		
d	直播	初						浅水						浅水		
e	移植		荒	仕			移植					普				
f	移植		荒	仕			移植					普				
g	移植		荒	仕			移植					普				
h	移植		荒	仕			移植					普				
i	畑															
j	畑															
k	畑															
合計取水量 (m ³ /s/ha)		0.0492	0.0360	0.0244	0.0000	0.0000	0.0156	0.0900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0236	0.0118	0.0900	0.0450	0.0118

○取水パターン2

圃場記号と作付作物		日														
圃場記号	作付作物	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
a	直播	初						浅水						浅水		
b	直播	初						浅水						浅水		
c	直播		初						浅水						浅水	
d	直播		初						浅水							
e	移植			荒	仕			移植					普			
f	移植			荒	仕			移植					普			
g	移植				荒	仕			移植					普		
h	移植				荒	仕			移植					普		
i	畑															
j	畑															
k	畑															
合計取水量 (m ³ /s/ha)		0.0246	0.0246	0.0180	0.0302	0.0122	0.0000	0.0528	0.0528	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0568	0.0450	0.0000

※初:初期入水 荒:荒かき 仕:仕上げ 浅水:浅水管理 普:普通期管理

(5) 取水を行う圃場の設定

表-6 取水を行う圃場の作業と取水量

配水シミュレーションの目的は、対象区域内での円滑な配水の可否を検討することである。それゆえ、対象区域内で相対的に取水のための条件に恵まれていない圃場を選定し、それらに対する配水状況をシミュレーションする必要がある。このような圃場を抽出するため、1筆ずつで給水栓を全開した時の取水流量を比較し、小さなものから4圃場(図-3における⑩、⑧、⑪、⑨)を選んだ。また、各圃場の作業は、取水に不利な順から取水流量の多いものを割り当てた。その一覧を表-6に示す。

圃場番号	取水パターン1			取水パターン2		
	作業名	取水量 m ³ /s/ha	必要水深 mm	作業名	取水量 m ³ /s/ha	必要水深 mm
⑩	浅水管理	0.0225	93.0	浅水管理	0.0225	93.0
⑧	浅水管理	0.0225	93.0	浅水管理	0.0225	93.0
⑪	浅水管理	0.0225	93.0	普通期取水	0.0059	34.7
⑨	浅水管理	0.0225	93.0	普通期取水	0.0059	34.7

※上から取水に不利な順で掲載している

(6) 給水栓の開度の設定

取水を行う圃場に設置している給水栓の開度の設定を行う。本地域で設置されている給水栓は、基本的に中間開度での細かな流量調節を想定しない形式のものであるが、実際には中間開度で管理されている。それゆえ、シミュレーションでは全開と実態の開度の2通りを設定した。

3-4. シミュレーション結果と考察

これまでに定めた各種条件から、表-7に示すような4つのケースでシミュレーションを行った。その結果を図-4~7に示す。各種シミュレーションケースの取水完了時間についてみると、4筆で浅水管理を行うケースIとIIについては、Iで13時間後、IIでは、15.5時間後となっていた。表-8より、ケースIとIIでは最大取水量が計画用水量以上であるが、取水完了に半日以上要しており、冷害対策として早朝取水や夜間取水を行いたい場合、時間要しすぎることはないか、取水完了が日没後になって、農家の水管理に対する負担が大きくなることはないか、などの検討が必要である。

同様に、ケースIIIとIVでは、IIIで普通期管理が5時間程度で終わるので、早朝取水や夜間取水を行うには有利であるが、浅水管理については半日程度を要している。IVでは普通期も浅水管理も半日以上時間を要している。つまり、今回の水需要特性調査でみられたような浅水管理は、1回あたりの用水量が大きく、11筆中2筆程度の同時取水でも取水完了が半日以上かかることが分かった。

移植栽培の代かきや直播栽培の浅水管理など、比較的大きな取水が特定の日に集中すると、取水に要する時間が長くなるだろう。このような期間では、直播栽培圃場の浅水管理において、本地区の水閘が有している地下水位調節機能活用して、地下水位の低下を抑制することで、節水を行うなどの対応が有効的であると考えられる。

表-7 シミュレーションケース一覧

シミュレーションケース名	取水パターン	給水栓の開度
I	1	全開
II	1	実態の開度
III	2	全開
IV	2	実態の開度

表-8 算定最大取水量一覧

シミュレーションケース名	計画用水量	算定最大取水量	判定
I	0.2025	0.2418	超過
II	0.2025	0.2081	超過
III	0.2025	0.2418	超過
IV	0.2025	0.1358	超過しない

単位: m³/s

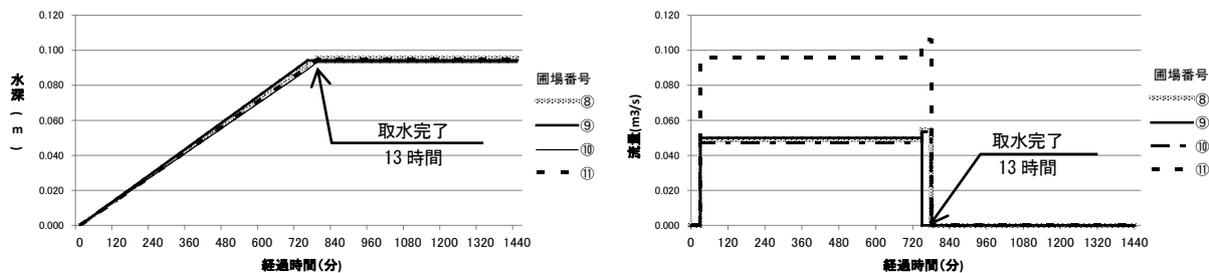


図-4 シミュレーションケース I の結果図

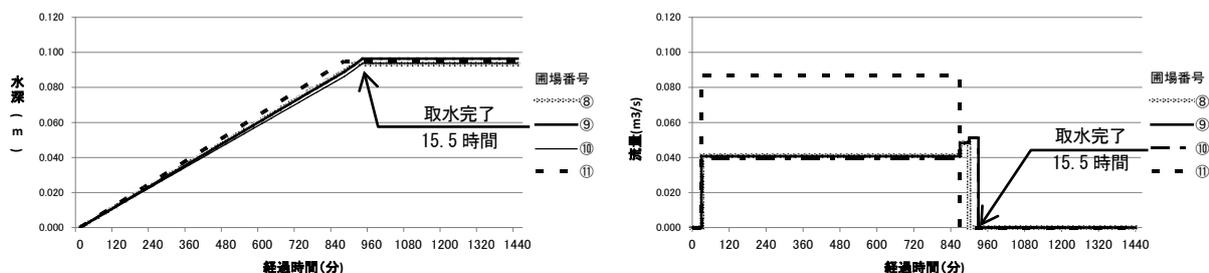


図-5 シミュレーションケース II の結果図

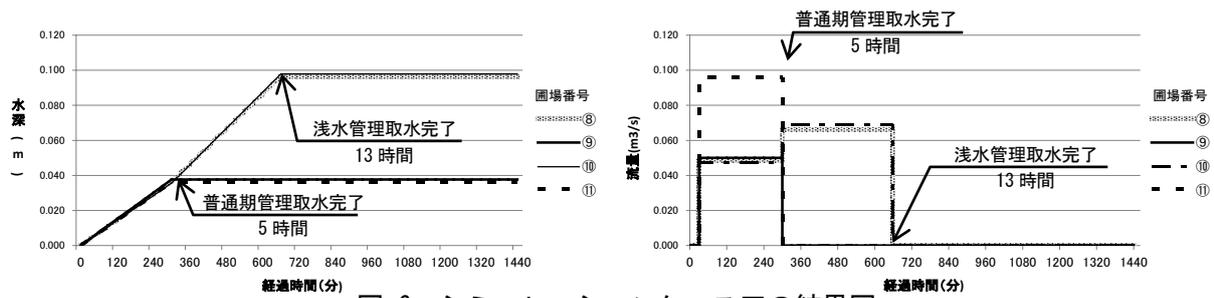


図-6 シミュレーションケースⅢの結果図

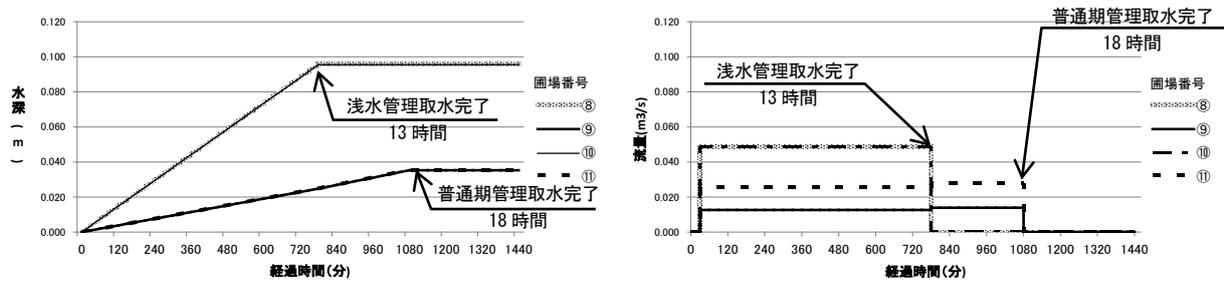


図-7 シミュレーションケースⅣの結果図

4. おわりに

今後は、これらのシミュレーション結果を材料として、地域の円滑な配水管理のあり方について関係者との議論を深めたい。

【引用文献】

- 1) 古檜山雅之、中村和正、鶴木啓二、櫻庭主盛(2012)：地下灌漑を行う大区画水田圃場における圃場水管理と用水需要特性、第62回農業農村工学会北海道支部研究発表会講演集、投稿中
- 2) 古檜山雅之、中村和正、鶴木啓二(2012)：地下水位制御が可能な大区画水田圃場における水動態の解明、第55回北海道開発技術研究発表会、技術一般部門
http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/gijyutu/giken/h23_pre_intra/gt.htm
- 3) 社団法人 北海道農業改良普及協会(2005.9)：北海道農業生産技術体系(第3版)、pp.8-13
- 4) 長谷川和彦、中村和正、秀島好昭(2001)：水田パイプラインの配水計算手法と取水充足度評価、第45回北海道開発局技術研究発表会、農業部門「設計・施工・新技術」
- 5) 内藤克美(1988)：パイプライン—設計、施工、管理—、(社)畑地農業振興会、pp.131-172