

空知型輪作体系に組み込まれた 乾田直播栽培の用水特性

北海道開発局 農業水産部 農業振興課 ○渡邊 雅
三上 裕史
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム 越山 直子

岩見沢市北村地域では、田畑輪換に乾田直播栽培を取り入れた「空知型輪作」の普及が進んでおり、また、同一作付けほ場を1ブロック単位でまとめて輪作する、ブロックローテーションが進んでいる。本報は、隣接ほ場の相違（畑・水田）による水田の用水特性を把握するため、ブロックローテーションが進む空知型輪作体系において、隣接ほ場を畑とする乾田直播栽培ほ場の用水量の実測調査を行った結果を報告するものである。

キーワード：田畑輪換、用水量調査、乾田直播栽培

1. はじめに

農業者数の減少や担い手への農地集積に伴い、経営規模の拡大が進んでいる。その対応策として、労働生産性を向上させるために、大区画化や汎用化のための基盤整備が進められている。こうした地域では、低コスト化や省力化を目的として水稻の直播栽培が導入されている。そのように水稻栽培様式の多様化が進む中で安定した用水供給を持続していくには、それぞれの栽培様式の水管理や用水特性を把握する必要がある。

岩見沢市北村地域（図-1）では、水田転作に伴い、転換田における麦や大豆の連作障害の解決策として「空知型輪作体系」と呼ばれる田畑輪換の普及が進んでいる。また、近年における経営規模の拡大により、同一作付けほ場を1ブロック単位でまとめて輪作するブロックローテーションが進んでおり、輪作の作付けブロックの境界が耕作道や排水路となるケースが標準的になりつつある。ここで、空知型輪作体系とは、水稻に田畑輪換が容易な乾田直播栽培や無代かき移植栽培を導入し、麦・大豆等、畑作物との輪作（4年4作を目安）を行うものである（図-2）。排水路や耕作道を挟んだ隣接ほ場が畑である場合、横浸透量が多くなると、ほ場用水量も多くなる可能性があることから、用水計画に、十分な配慮が必要になると

考えられる。そこで本研究では、空知型輪作体系に組み込まれたほ場において、ほ場用水量の実測調査を行い、乾田直播栽培における用水特性及びブロックローテーションによる隣接ほ場への影響について検討を行った。

2. 調査概要

(1) 調査ほ場

調査ほ場の概要を表-1に示す。本地域では、道営農地整備事業が実施済みである。調査ほ場と隣接ほ場との境界は耕作道や排水路となっている。調査ほ場では、地下水位制御システムが整備されており、取水方法は地表取水及び地下取水が可能である（図-3）。

各ほ場への取水は、地表取水口2か所と地下取水口（集中管理孔）1か所を標準として行った。各ほ場の取水口2か所に自動給水栓を設置し、自動制御水管理システムによる水管理を行った。ほ場の排水は、地表排水口2か所、地下排水口2か所から行った。

(2) 調査方法

各ほ場における観測地点の位置を図-4～図-8に示す。



図-1 調査位置図



図-2 空知型輪作体系イメージ

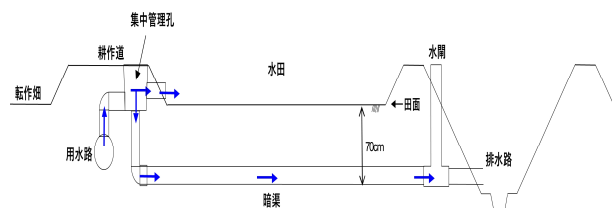


図-3 地下水位制御システム

表-1 調査ほ場の概要

項目	R5年度			R6年度			R7年度		
	R5A	R5B	R5C	R6A	R6B	R6C	R7A	R7B	R7C
栽培作物 (品種)	水稻乾田直播 (そらゆたか[飼料用 米専用品種])	デントコーン	デントコーン	水稻乾田直播 (そらゆたか[飼料用 米専用品種])	大豆	水稻乾田直播 (そらゆたか[飼料用 米専用品種])	水稻乾田直播 (そらゆたか[飼料用 米専用品種])	デントコーン	水稻移植 (ゆめぴりか)
かんがい方式 (水路形式)	地表かんがい・ 地下かんがい (パイプライン)	—	—	地表かんがい・ 地下かんがい (パイプライン)	—	地表かんがい・ 地下かんがい (パイプライン)	地表かんがい・ 地下かんがい (パイプライン)	—	地表かんがい・ 地下かんがい (開水路)
ほ場面積 (m ²)	7,845	11,310	4,030	8,371	13,541	14,469	14,110	18,921	7,220
耕作者(水管理者)	耕作者A			耕作者A		耕作者B	耕作者A		耕作者A



図-4 R5A、R5B、R5C観測機器設置位置図



図-5 R6A、R6B観測機器設置位置図

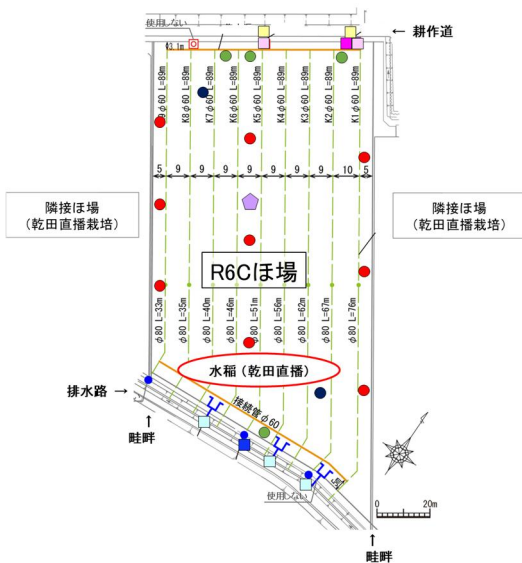


図-6 R6C観測機器設置位置図

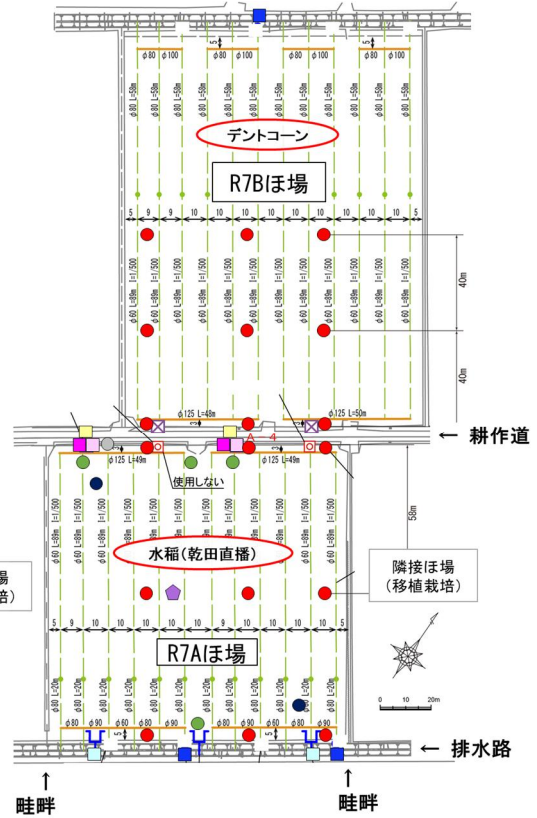


図-7 R7A、R7B観測機器設置位置図

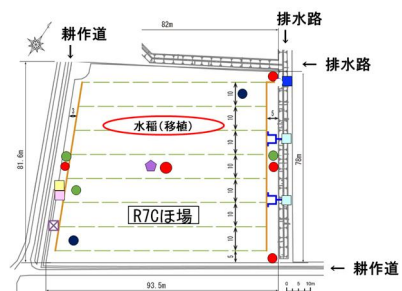


図-8 R7C観測機器設置位置図

凡 例				
□ 取水量(地表)	● 湛水深(水位計)	● 減水深調査	□ 表面取水口	
□ 取水量(地下)	■ 自動給水栓	● 土壌断面調査・土壌採取	□ 集中管理孔	
□ 排水量(地表)	● 地下水位	□ 表面排水	□ 水閘	
□ 排水量(地下)	● 雨量計			

気温及び降水量については、岩見沢市農業気象サービス（赤川観測所）に加え、調査ほ場の近傍に観測機器を設置して観測した。日照時間については、R5ではアメダス（新篠津観測所）、R6、R7では岩見沢市農業気象サービスのデータを使用した。取水量については、地表取水口および地下取水口に電磁流量計を設置し、観測した。地表排水量については、直角三角堰を各ほ場排水口近傍に設置し、観測した。地下排水量については、電磁流量計を各ほ場の調整水閘口近傍に設置し、観測した。地下水位については、絶対圧式水位計を田面から約70cmの深さに埋設し、観測した。湛水深については、水位計を各ほ場2か所を標準として設置し、観測した。各観測項目について、かんがい期間を通して10分間隔で測定した。日減水深については、N型減水深計を各ほ場2か所に設置し、かんがい期間中に3回、測定を行った。土壌調査については、各ほ場の中央で深さ1mの試掘を1か所ずつ行った。各層3個の試料を採取し、土壌物理性の分析を行った。また、土壌断面調査では、可塑性、ち密性、植物根、湿度、礫、土色、層界、腐食及び土壌硬度を計測した。ほ場管理については、農家から聞き取り調査を行った。

4. 調査結果

(1) 気象

気温については、3年間共に平年より2～3℃程度高く、R5の8、9月は平年より3～4℃程度高く、R7の6、7月は平年より4～5℃程度高かった。日照時間については、R5は5月～7月は平年より1hr/d程度多く、8、9月は平年より1～2hr/d程度少なかった。R6、R7は7月まで平年より2.5hr/d程度少なく、8月から徐々に増え、9月は平年より2.5hr/d程度多かった。

降水量については、3年間共に平年より少ない傾向だったが、R5の6月上旬、7月中旬は平年より2mm程度多く、R6の7月下旬、8月下旬は平年より5mm程度多く、R7の9月中は平年より3mm程度多かった。

(2) 水管理状況

各ほ場の期別作業及び水管理状況についての聞き取り結果を表-2に示す。R5A、R6A、R6Cでは、地表取水及び地下取水が行われた。R7A、R7Cでは地表取水のみが行われた。

(3) 土壌

各調査ほ場の飽和透水係数を表-3に示す。R5A、R6A、R6C、R7Aではヨシ、ハンノキ、ヌマガヤ等を母材とした低位泥炭土がみられた。R7Cでは灰色低地土であり、作土層以深の土性は重埴土であった。

(4) 浸透量

調査ほ場における用水消費の機構を明らかにするために、縦浸透量と横浸透量を分離して整理した（表-4）。

縦浸透量については「N型減水深と蒸発散量との差」、横浸透量は「一筆減水深とN型減水深との差」として求めた。縦浸透量はR7Aが最も大きく、6.0mm/dであった。横浸透量はR5Aが最も大きく、2.8mm/dであった。また、隣接ほ場が畑のR6Aと隣接ほ場が水田のR6Cの横浸透量の値は同程度であった。なお、R7Cの縦浸透量、横浸透量については、減水深測定中に排水が観測されたため、参考値とする。

表-2 水管理状況

調査ほ場	取水方法	水管理方法
R5A (乾田直播)	〇地表・地下取水	〇生育初期には入水しなかった。
R6A (乾田直播)	〇地表・地下取水	〇地下取水量が大きく、5月の出芽促進時の落水は地下排水を行った。 〇幼穂形成期の気温が高く、冷害対策の必要がなかったため深水を行わなかった。
R6C (乾田直播)	〇地表・地下取水	〇地下取水量が少なく、5月の出芽促進時の落水は地下排水を行わなかった。 〇幼穂形成期の気温が高く、冷害対策の必要がなかったため深水を行わなかった。
R7A (乾田直播)	〇地表取水	〇5月～6月の初期かん水期は、R6までは地表表面に水が行き渡るまで取水していたが、取水のしすぎにより雑草が生えてしまうリスクに加え、5月の入水前の降雨もあり、R6に比べ取水量を少なくした。 〇畦畔を境界にした隣接ほ場から（移植栽培）からの水の浸透があった。
R7C (移植栽培)	〇地表取水	〇透水性が悪く、地下排水を実施しても少量しか排水されなかった。 〇高温対策の一つとして、中干後の7/3～7/31はかけ流しを実施した。

表-3 飽和透水係数

調査ほ場	土層	飽和透水係数 (cm/s)
R5A	作土層	$1.45 \times 10^{-5} \sim 6.88 \times 10^{-3}$
	泥炭層	$5.49 \times 10^{-7} \sim 3.71 \times 10^{-3}$
R6A	作土層	$6.11 \times 10^{-7} \sim 1.57 \times 10^{-2}$
	泥炭層	$3.41 \times 10^{-7} \sim 3.67 \times 10^{-3}$
R6C	作土層	$6.24 \times 10^{-7} \sim 1.57 \times 10^{-2}$
	泥炭層	$1.05 \times 10^{-6} \sim 1.26 \times 10^{-3}$
R7A	作土層	$4.15 \times 10^{-7} \sim 1.18 \times 10^{-3}$
	泥炭層	$8.72 \times 10^{-6} \sim 1.10 \times 10^{-1}$
R7C	作土層	$4.15 \times 10^{-7} \sim 1.26 \times 10^{-6}$
	灰色低地土	$2.07 \times 10^{-7} \sim 4.15 \times 10^{-7}$

表-4 浸透量

区分	縦浸透量 (mm/d)	横浸透量 (mm/d)
R5Aほ場	3.8	2.8
R6Aほ場	4.1	2.4
R6Cほ場	2.0	2.2
R7Aほ場	6.0	-0.3
R7Cほ場	(-6.3)	(-2.1)

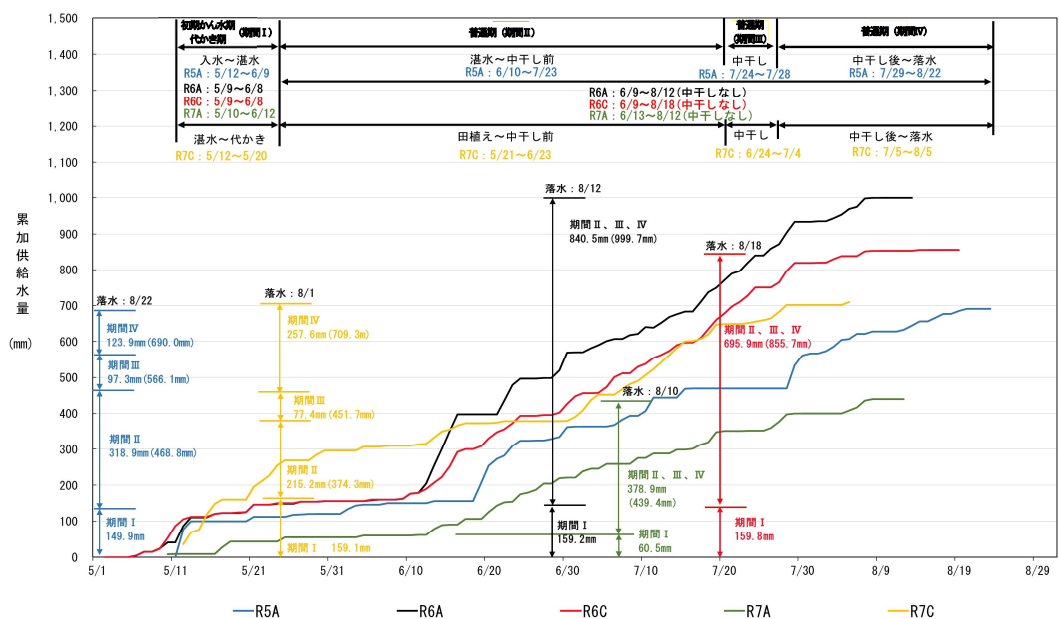


図-9 累加供給水量

(5) ほ場の水管理特性

a) 用排水量の整理方法

調査ほ場の水管理状況は、乾田直播栽培においては入水開始から落水までを「初期かん水期」と「普通期」に区分した。「初期かん水期」は、入水開始から常時湛水に向けた取水の直前までの期間とし、それ以降落水までを「普通期」とした。

移植栽培においては、入水開始から落水までを「代かき期」と「普通期」に区分した。「代かき期」は入水開始から田植え直前までの期間とし、それ以降落水までを「普通期」とした。

用排水量を整理するときの、総浸透量、有効雨量、無効雨量、蒸発散量、栽培管理用水量の考え方及び算出方法は以下のとおりである。

① 総浸透量（田面を基準とした浸透量：浸透量と地下への貯留量の和に相当）は以下の水収支式により推定した。

流入量－流出量＝田面より上部の貯留量＋地下の貯留量＋浸透量

② 有効雨量・無効雨量

渡辺・丸山（1984）の「取水優先利用の考え方」に基づいて、日当たりの降水量を有効雨量と無効雨量に分離した。

③ 蒸発散量

三浦・奥野（1993）を参考にして、ペンマン法により算出した。

④ 栽培管理用水量

渡辺ら（1986）の「栽培管理用水量と無効雨量からなる」という考え方にに基づき、以下の式により算出した。栽培管理用水量＝地表排水量＋地下排水量－無効雨量

b) 累加供給水量

用水需要時期及び需要量を明らかにするために、1日

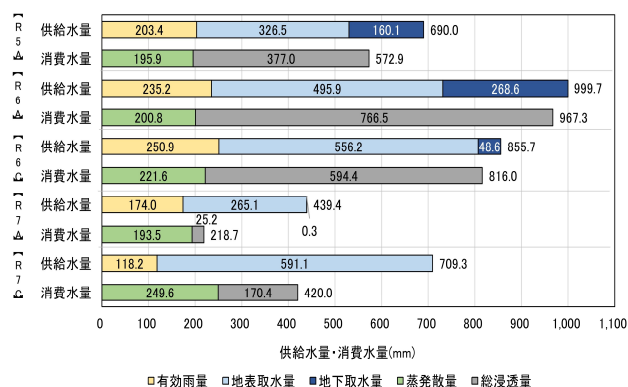


図-10 供給水量及び消費水量

ごとの累加供給水量を示す（図-9）。乾田直播ほ場（R5A、R6A、R6C）では、播種直後の5月中旬や常時湛水開始時の6月中旬から下旬の供給水量が多くなり、用水需要が高まっていた。各ほ場の累加供給水量の値については、400～1000mmの範囲であった。これに対して、移植栽培ほ場では、代かきや田植えを行うため5月中旬～下旬に供給水量が多くなり、用水需要が高まっていた。累加供給水量の値については700mm程度であった。

c) 供給水量及び消費水量

各ほ場における供給水量及び消費水量を示す（図-10）。供給水量は「取水量（地表・地下）＋有効雨量」とし、消費水量は「取水量（地表・地下）－排水量（地表・地下）－蒸発散量－期間の始めと終わりの湛水深さ」とした。R6Aが供給水量（999.7mm）、消費水量（967.3mm）共に最も多い結果となった。R6Aの消費水量が多い要因の一つとして、縦浸透量が大きかったことが考えられる。R7Aの供給水量（439.4mm）では、供給水量及び消費水量が最も少なくなっていた。その要因として隣接した移植ほ場からの流入により消費水量が抑制されたことが考えられる。

d) 栽培管理用水量

栽培管理作業に必要な水量を明らかにするため、かんがい期間の水管理目的毎の栽培管理用水量を整理した(図-11)。なお、ここでは、栽培管理用水量の目的毎に地下排水及び地表排水をそれぞれ区分している。

R6A、R6C、R7Aは中干しを行っていないため、栽培管理用水量が少なくなっている。R7Aでは、初期かん水期の出芽促進時の落水や、普通期以降の除草剤散布のための強制落水に多くの栽培管理用水量が発生している。R7Cは代かき期の水位調整やかけ流し、中干しのための栽培管理用水量が発生している。

(6) 地下水位調査

水稻作付ほ場(R6A)の取水量、排水量、降水量及び地下水位変化と隣接した大豆作付ほ場(R6B)の地下水位変化を示す(図-12)。乾田直播ほ場での地下取水に伴う隣接畑の地下水位については、乾田直播ほ場と比べ、その変動幅は相対的に小さかったものの、地下取水の実施に連動する傾向が見られた。これは、R5についても、同様の傾向であった。一方、地表取水のみの場合、隣接畑の地下水位に連動する傾向は見られなかった。これは、R7についても同様の傾向であった。

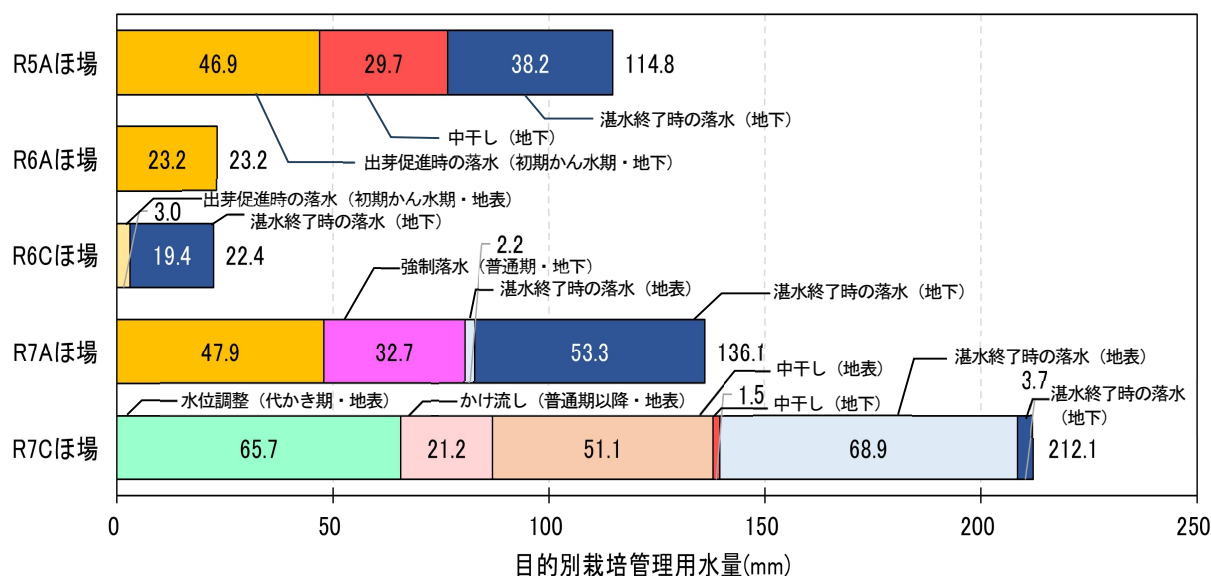


図-11 栽培管理用水量

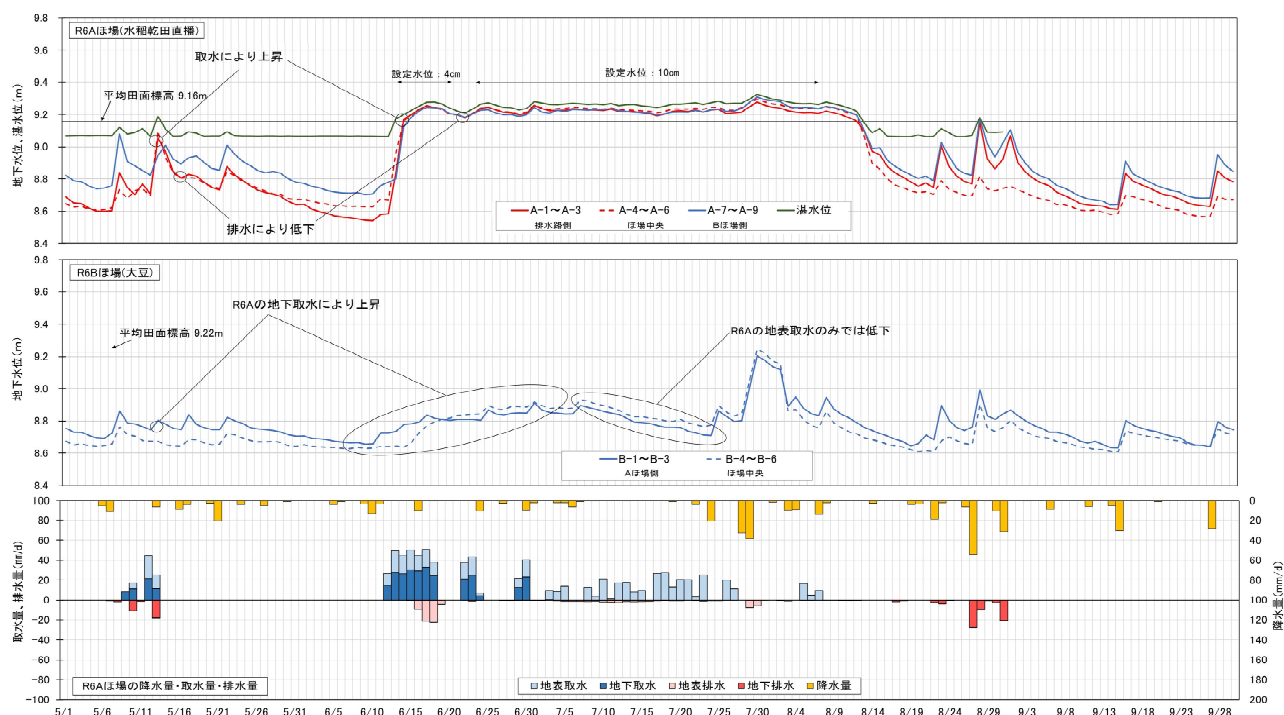


図-12 5月～9月の地下水位 (R6A、R6B)

5. 考察

隣接ほ場の作付けにより用水量へ影響が生じた要因として、隣接ほ場が畑であることによりそのほ場への浸透量が多くなることが想定される。しかし、上記の調査の結果、乾田直播を行っているR6Aほ場から隣接したR6Bほ場への浸透量は、隣接ほ場が水田であるR6Cほ場と同程度であると考えられた。また、R6Aに隣接した畑であるR6Bの地下水位は、R6Aにおける地下取水と連動して上昇する傾向が見られたものの、R6Aの地下水位の上昇と比べ、その上昇幅は相対的に小さかった。これは、R5についても、同様の傾向であった。一方、地表取水のみの場合、隣接畑の地下水位に連動する傾向は見られなかった。これは、R7についても同様の傾向であった。これらのことから、隣接した畑ほ場との境界が耕作道または排水路である水田作付けほ場では、ほ場用水量の増加要因として、ほ場条件による、縦浸透量や各年の栽培管理の違いによる栽培管理用水量が挙げられるが、隣接ほ場が畑か水田かの違いによる影響は小さいと推案される（図-13）。

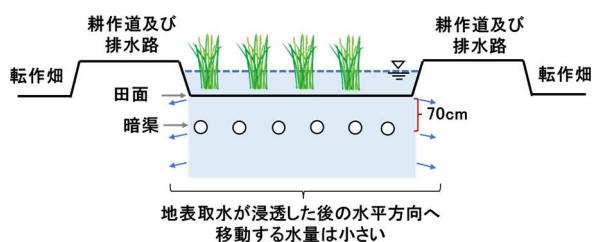


図-13 調査ほ場における
隣接ほ場への浸透イメージ

6. おわりに

本報では、一定の区域内で田畑輪換のブロックローテーションが進み、輪作の作付けブロックの境界が主に畦畔ではなく耕作道及び排水路であるほ場において、乾田直播栽培の用水特性及び隣接ほ場への影響及び水管理や用水特性について調査を行った。その結果、乾田直播栽培のほ場用水量に影響を与える要因として、隣接ほ場が畑か水田かの違いによる影響は小さいことが示唆された。また、乾田直播ほ場の取水は隣接ほ場の地下水位変動に大きな影響を与えないことが示唆された。

現在の農村地域は、気候変動への対応、高齢化と担い手不足、生産コストの上昇などの課題が多岐にわたっており、スマート農業の導入による省力化、大規模化などが求められている。今後も水稻栽培における水管理の多様化が進むと予想されることから、こうした変化が用水量に与える影響を調査する必要がある。

参考文献

- 1) 空知農業改良普及センター（2012）：空知輪作体系の確立を目指す普及活動、平成24年農業新技術発表会要旨, pp. 21-22
- 2) 三浦 健志, 奥野 林太郎（1993）：ペンマン式による蒸発散位計算方法の詳細, 農土論集, 164, pp157-163.
- 3) 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）, pp1007-1012.
- 4) 渡辺 紹裕, 丸山 利輔, 三野 徹：水田圃場における栽培管理用水量の発生形態, 農業土木学会論文集（124）, pp. 11-18（1986）
- 5) 岩見沢市農業気象サービス
: <https://www.agw.jp/iwamizawa/weather/>