

石狩振興局北部地域における『地下かんがい普及推進の取組』

北海道石狩振興局

山田聖弘・杉山朋寛・伊藤次郎

(一財) 北海道農業近代化技術研究センター

○ 高木優次・西村昭彦

1. はじめに

石狩管内北部地域の水田地帯は、排水不良な土壌条件（グライ土・泥炭土）であるため、降雨後の地下水位低下・地耐力の確保等、農作業の作業性向上と農作物の収量・品質の向上を目的に暗渠排水が整備されてきた。

石狩管内で実施する道営土地改良事業においては、平成 21 年度の新規採択地区から、暗渠管の清掃と地下かんがいの実施が可能となる集中管理孔を整備してきており（整備実施面積≒600ha）、現在も整備を進めている。

集中管理孔による地下かんがいは、水稲栽培の水管理、転作作物への水分供給に活用できるため、栽培管理の面で有効な技術となり、早期普及が望まれている。

しかし、地下かんがい実施の判断や給水量の調整は水稲と転作作物とでは異なり、また、土壌条件・旧暗渠の影響、補助暗渠の施工など個別のほ場条件によって地下水位の上昇具合も異なるため、現段階で地下かんがいで利用は普及していないのが実態である。

今後、新たな営農技術として地下かんがいを普及していくためには、栽培作物と土壌条件等の地域条件に対応した具体的な手法と効果の明確化が重要であり、農家が十分に理解し実施可能な技術とする必要がある。

このような背景から、当別町、新篠津村でモデルほ場を設置し、現地調査を実施するとともに、地域への普及啓発活動を実施してきた。

本報では、モデルほ場における地下かんがいの実施状況、効果、普及啓発活動等について報告する。

2. 調査概要

(1) モデルほ場の条件

モデルほ場は、当別町若葉南地区、新篠津村西高倉地区・新高倉地区内に設置し、調査の実施期間は平成 27～29 年である。調査対象作物は、地域の主要作物である水稲、小麦、大豆とし、水稲は地域への普及が期待されている直播栽培（無代かき湛水直播）とした。

調査ほ場の概要を、表-1 に示す。

若葉南地区、西高倉地区の転作ほ場（小麦・大豆栽培）において地下かんがいを実施するほ場を“試験区”、実施しないほ場を“対照区”とした。また、西高倉地区、新高倉地区の水稲栽培ほ場において地下かんがい主体の用水管理を実施するほ場を“試験区”、地表取水ほ場（慣行水管理ほ場）を“対照区”とした。

試験区における集中管理孔柵の設置例を写真-1 に示す。石狩管内北部地域の集中管理孔は、柵の材質ではコンクリート製または FRP 製が使用され、柵の設置数では一柵の場合、二柵の場合があり、ほ場の条件に応じて設置状況が異なる。

なお、試験区では、給水量を測定するために柵内にせき板や、柵外部に電磁流量計を設置しているため、通常の使用状況とは異なっている。

表-1 モデルほ場の概要

町村名	地区名	調査年次	作物	品種	栽培様式	モデルほ場番号		集中管理孔 整備年	心土の 土壌タイプ
						試験区	対照区		
当別町	若葉南	H27	春まき小麦	春よ恋	-	若葉南①	若葉南②	H25	粘質土 (グライ土)
		H28	秋まき小麦	きたほなみ	-	若葉南③	若葉南①		
新篠津村	西高倉	H27	水稻	大地の星	無代かき湛水直播	西高倉①	西高倉②	H25	泥炭土
		H28	大豆	トヨムスメ	-	西高倉②	西高倉①		
	H29	〃	トヨムスメ	-	西高倉③	西高倉④	H27	〃	
	新高倉	H28	水稻	大地の星	無代かき湛水直播	新高倉①	新高倉②	H27	〃

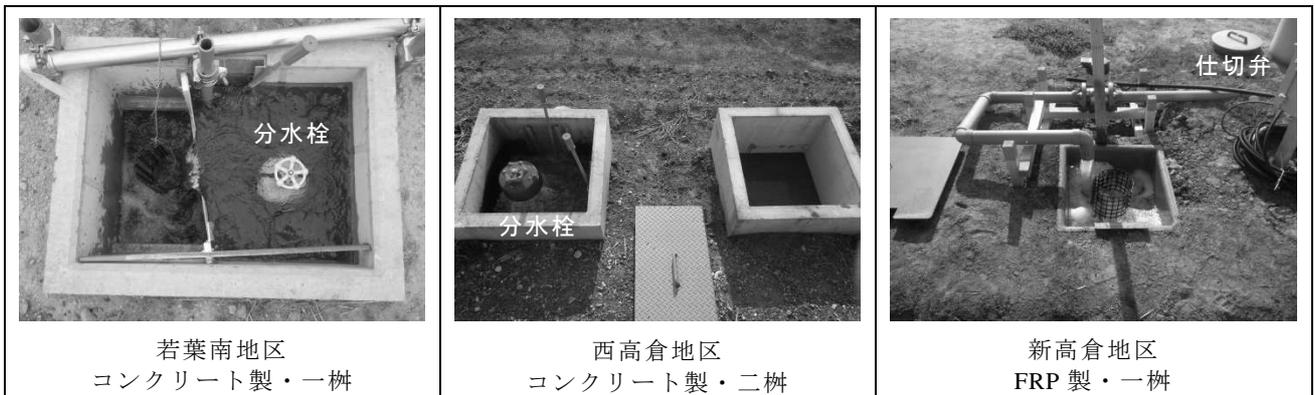


写真-1 集中管理孔柵の設置状況・試験区での地下かんがい実施状況

(2) 転作ほ場の調査概要

転作ほ場の調査項目を表-2、調査模式図（例として平成27年若葉南地区（春まき小麦）のほ場）を図-1に示す。

転作ほ場の地下かんがいで、転作作物（小麦、大豆）への干ばつ時の適切な水分供給が重要である。そのため、地下かんがい実施日は、散水かんがいのかん水開始 pF 値を目安にし、週間天気予報と農作業（防除作業）の予定を考慮し決定した。また、過度な水分

表-2 調査項目（転作ほ場）

調査項目	調査概要
給水試験	給水量は毎秒3~6リットル程度を目安とした。地下水位は、深度25cm程度まで上昇させた。
地下水位	給水試験時のほ場内の地下水位の挙動を把握するため、測水管を設置し、水位計で地下水位を測定した。
土壌水分	地下かんがい開始の判断(土壌の乾き具合)、給水試験時の有効土層内への水分供給状況の把握のために、pF値を測定した。
地耐力	地下かんがい実施後の機械作業に必要な地耐力が確保されるか評価するため、貫入式土壌硬度計によりコーン指数を測定した。
生育・収量	収量・品質における地下かんがい効果を確認した。
土壌	モデルほ場の土壌条件を把握するため土壌理化学性を分析した。

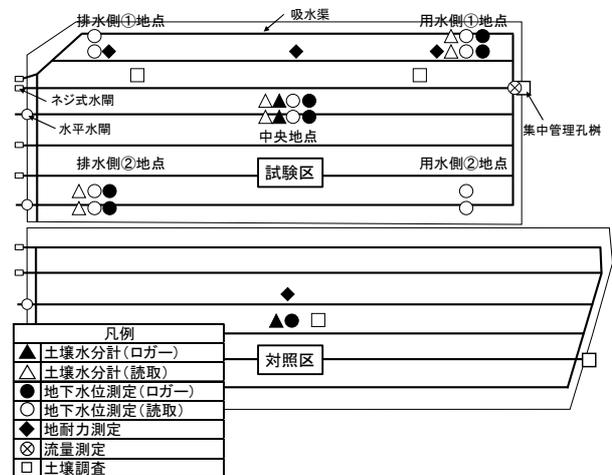


図-1 調査模式図の例（H27年若葉南地区）

供給を避けるために、目標地下水位は深度 25cm 程度とし、25cm 以浅の主根域には毛管上昇での水分供給を期待した。

(3) 水稲栽培ほ場の調査概要

水稲栽培ほ場の調査項目を表-3、調査模式図（例として平成 27 年西高倉地区（無代かき湛水直播栽培））を図-2 に示す。

試験区では初期入水時から地下かんがいを実施し、用水量、入水時間、地下水位の状況を確認した。また、従来の地表取水と地下かんがいで、水口付近の水田内水温に差が生じるかを確認した。

表-3 調査項目（水稲栽培）

調査項目	調査概要
給水試験	湛水深を確保するための地下かんがいを実施した。
地下水位	給水試験時のほ場内の地下水位の挙動を把握するため、水位計を埋設し、地下水位を測定した。
水温	取水方法の違いによる水温差を確認するため、水田内の水口・落口付近で水温を測定した。
地耐力	収穫期の降雨後に貫入式土壌硬度計により、コーン指数を測定した。
生育・収量	水稲の収量・品質を確認した。
土壌	モデルほ場の土壌条件を把握するため土壌理化学性を分析した。

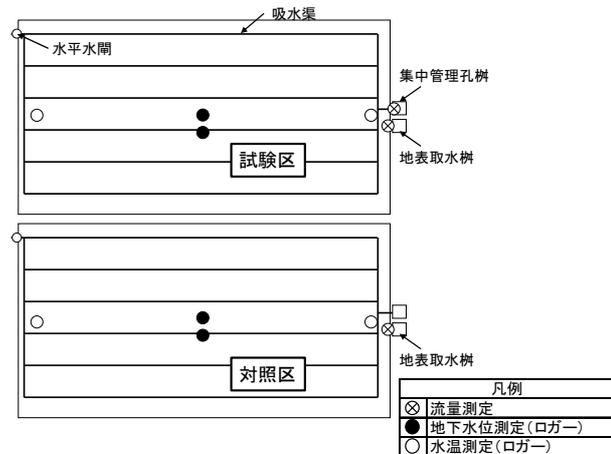


図-2 調査模式図の例（H27 年西高倉地区）

3. 調査結果

3-1. 転作ほ場

(1) 地下かんがい実施状況

試験区の地下かんがい実施状況を、表-4 に示す。

若葉南地区（小麦）では、平成 27 年 6 月に 2 回、7 月に 1 回、平成 28 年 5 月に 1 回実施した。

西高倉地区（大豆）では、平成 28 年 8 月に 1 回、平成 29 年 6 月に 1 回、8 月に 1 回実施した。

表-4 地下かんがい実施状況（転作ほ場）

地区	作物	年次	回数	給水状況		給水量	
				開始時刻	終了時刻	給水時間	積算 時間当り mm ℓ/s
若葉南	春まき 小麦	H27	第1回	6/1 13:20	6/3 11:17	45:57	28 2.5
			第2回	6/22 11:10	6/23 16:49	29:39	17 2.3
			第3回	7/21 9:00	7/22 11:20	26:20	11 1.7
		計	-	-	101:56	55 -	
	秋まき 小麦	H28	第1回	5/26 11:47	5/28 9:34	45:47	23 1.8
西高倉	大豆	H28	第1回	8/8 15:20	8/9 6:30	15:10	28 0.4
			第1回	6/19 11:15	6/21 9:45	29:53	27 1.9
		H29	第2回	8/10 16:30	8/11 16:13	23:43	29 2.5
	計	-	-	68:46	57 -		

(2) 平成 27 年若葉南地区調査結果

ここでは、転作ほ場で地下かんがい効果（減産防止効果）が発現した平成 27 年の若葉南地区の調査結果を報告する。

① 土壌物理性

土壌物理性は、表-5 に示す。

飽和透水係数は $10^{-6} \sim 10^{-7} \text{cm/s}$ のオーダー、粗間隙は 3% 以下であり、透・排水性に劣る土壌条件である。このような土壌条件の場合、地下かんがい実施時の地下水位の変動は、不均一であることが想定されるので、心土破碎の実施、補助暗渠の施工が有効である。モデルほ場では、春まき小麦の播種前に、心土破碎が実施された。

一方、保水性に関与する細間隙が、Ap 層から C1 層で 5% 以下と小さく、干ばつ時には土壌水分不足が生じやすく、水分供給が有効な土壌条件である。

表-5 土壌物理性

層位	深さ (cm)	ち密度 (mm)	乾燥密度 (g/cm^3)	三相分布 (%)				飽和透水係数 (cm/s)
				固相	液相①	液相②	気相粗間隙	
					微細間隙 [$\text{pF} \geq 3.0$]	細間隙 [$3.0 \geq \text{pF} \geq 1.8$]		
Ap	0 ~ 15	26 (密)	1.18	51.3	44.3	3.3	1.1	1.8×10^{-7}
A	15 ~ 30	20 (中)	1.23	52.0	43.8	3.9	0.3	2.1×10^{-6}
C1	30 ~ 37	20 (中)	1.25	52.4	41.9	4.5	1.2	8.5×10^{-7}
C2	37 ~	20 (中)	0.69	33.6	55.7	8.1	2.6	2.7×10^{-6}

[調査日: H27.9.10]

② 土壌水分ポテンシャルの変動 (図-3)

地下かんがい実施前の試験区の深度 15cm~45cm 土壌水分ポテンシャル (pF 値) は、pF1.8~pF2.6 の範囲であった。

地下かんがい実施後 (6月1~2日) の土壌水分ポテンシャル (pF 値) は、飽和~pF2.3 まで低下し、深度 15cm まで土壌水分が供給されていることを示している。

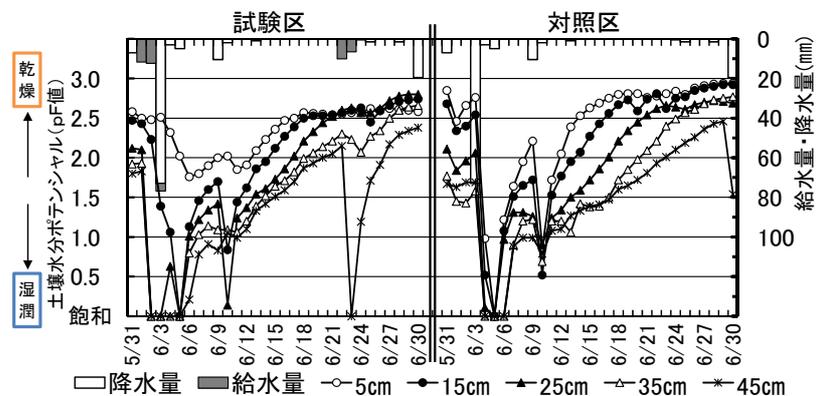


図-3 土壌水分ポテンシャル (pF 値) の変動

また、6月22~23日の地下かんがい実施後も、深度 35~45cm の pF 値は低下し、深度 5~25cm の pF 値の上昇も抑制されている。

一方、対照区では、5月31日の降雨 (7mm) 後の低下はわずかであり、6月1~3日の期間で上昇傾向 (乾燥傾向) を示した。6月10日以降も少雨傾向により pF 値は上昇し、深度 5~15cm では pF3.0 程度まで達しており、試験区に比べ土壌水分不足の期間は長かった。

③ 地下水位の変動 (図-4)

地下かんがい実施後、“用水①・中央・排水②” の地下水位は、深度 20~30cm まで上昇

し、目標とした深度 25cm 程度まで達した。

一方、“用水②・排水①”は深度 50cm 程度であり、上昇具合はやや鈍く、ほ場内の地下水位は不均一な状況であった。

また、暗渠直上部付近と渠間部で比較すると、渠間部で地下水位の上昇が鈍い地点があったことから、地下水位上昇の均一性確保が課題となった。

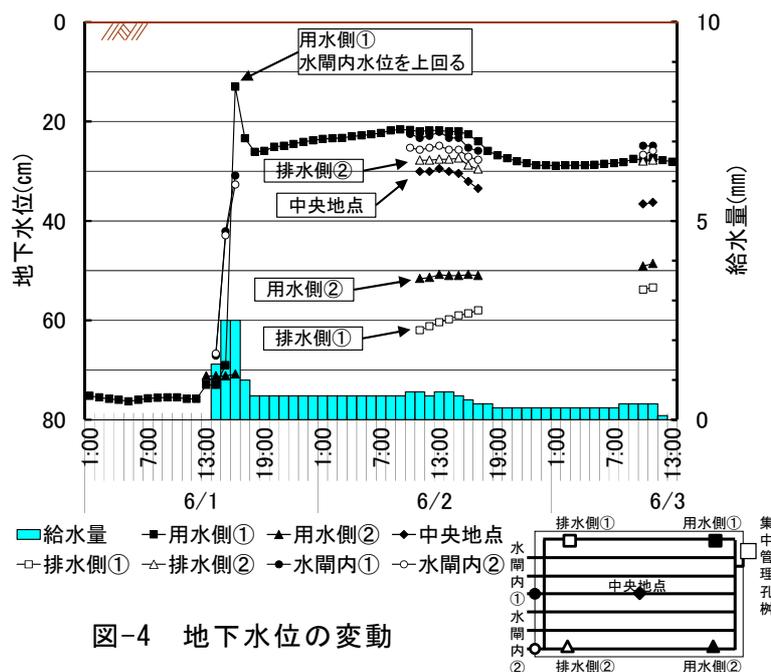


図-4 地下水位の変動

④地耐力

地下かんがい実施後の防除通路周辺のコーン指数は深度 15cm までは 1.3~2.6MPa 程度であり、作業機械の走行可能限界値 0.3MPa 以上が確保され、地下かんがい実施前と比較しても、低下はみられなかった。

よって、今回の地下かんがいの実施状況においては、防除通路での作業機械の走行性への影響はないものと判断される。

⑤作物収量

小麦の収量調査は、試験区では地下水位が上昇した用水側、上昇が鈍かった排水側の 2 地点、対照区はほ場中央の 1 地点で実施した (表-6)。

用水側は 376kg/10a、排水側は 349kg/10a、対照区が 316kg/10a となり、用水側が良好な値を示した。用水側が対照区に比べ 19% 増であったことから、地下かんがいの実施により、土壤に水分供給された効果 (減産防止効果) が発現したものと考えられる。

モデルほ場の耕作者も、水分供給された用水側の生育が良好であったことから、干ばつ時は地下かんがいの実施回数が少なくても有効であると、地下かんがい効果を実感していた。

表-6 収量調査結果 (小麦)

地点	総実重 kg/10a	規格内収量 kg/10a	規格内率 %	千粒重 g	
試験区	用水側	414	376 (119)	91	39.0
	排水側	374	349 (110)	93	38.4
対照区	中央	324	316 (100)	98	38.8

3-2. 水稻栽培ほ場

(1) 地下かんがい実施状況

試験区の取水状況を、図-5 に示す。

平成 27 年西高倉地区の試験区では、5 月 13~16 日は地下かんがいのみ、5 月 17 日~6 月 17 日は地下かんがいと地表取水を併用、6 月 18 日~8 月 20 日は地表取水のみで実施した。

また、平成 28 年新高倉地区の試験区では、5 月 11 日～8 月 12 日の全期間を地下かんがいにて実施した。

(2) 平成 27 年西高倉地区調査結果

① 土壌物理性

試験区の土壌物理性は、表-7 に示す。

飽和透水係数は 10^{-5} cm/s のオーダーでやや小さく、透・排水性に劣る土壌条件である。

このような土壌条件の場合、地下かんがい実施時の地下水位の変動は、不均一であることが想定されるので、心土破碎の実施、補助暗渠の施工が有効である。モデルほ場では、砕土・整地作業前に、均平作業・心土破碎が実施された。

② 初期入水量の比較

モデルほ場の初期入水は、5 月 13 日から開始された（表-8）。湛水状況は、写真-2 に示す。

試験区では、5 月 17 日までに地下かんがいにて 120mm の取水量となった。一方、対照区では、5 月 17 日までに地表取水で 150mm 取水し、取水を停止した。

5 月 17 日時点で、試験区の湛水深は 8cm、対照区は 13cm であった。対照区は、落口から地表排水が始まり、播種作業（ブームタブラーによる散播）に必要な湛水深が確保されなかったため取水が停止された。しかし、試験区では湛水深が不足するとモデルほ場の耕作者が判断したため、5 月 17～18 日に不足分を地表取水（59mm）によって補った。

その結果、合計の取水量は試験区が 30mm 増加しているが、5 月 17 日の地下かんがい

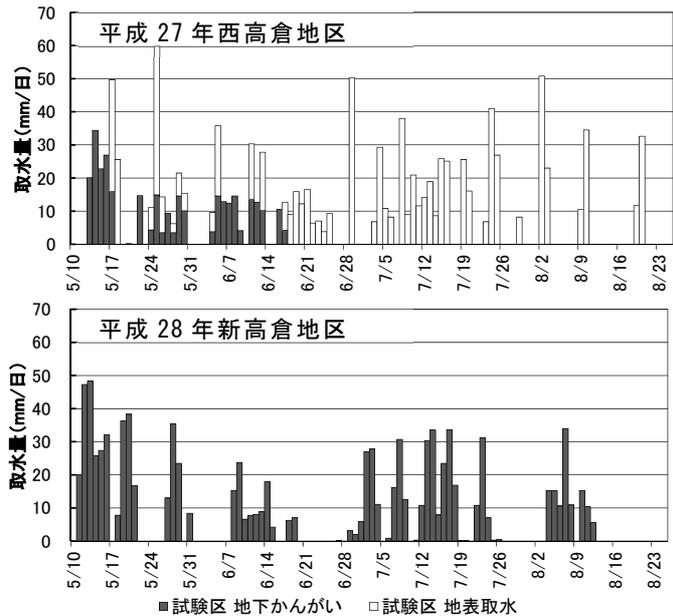


図-5 試験区の取水状況

表-7 土壌物理性

[調査日:H27.11.17]

層位	深さ (cm)	ち密度 (mm)	飽和透水係数 (cm/s)
Ap	0 ~ 25	3 (極疎)	1.9×10^{-5}
A	25 ~ 55	12 (疎)	1.5×10^{-5}
H	55 ~	10 (極疎)	-

表-8 初期入水取水量

月日	試験区		対照区
	地下かんがい	地表取水	地表取水
5/13	20	0	30
5/14	34	0	40
5/15	23	0	32
5/16	27	0	35
5/17	16	34	14
5/18	0	26	0
合計	120	59	150

[単位:mm]

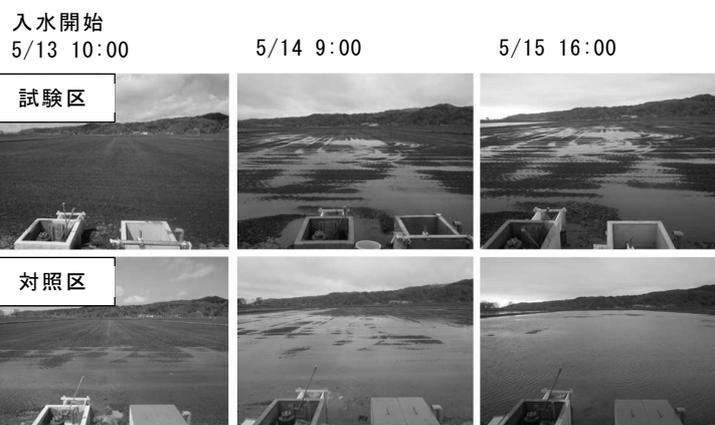


写真-2 初期入水状況

(16mm) を実施せずに地表取水に切り替えていれば、14mm 程度 (=30mm-16mm) の増加であった。このことから、地下かんがいによる取水量の増加割合は、10%程度であったと考えられる。

③ 取水量と地下水位の変動

初期入水時の取水量と地下水位の経時変化を、図-6 に示す。

初期入水では播種予定日までに湛水深を確保する必要があったため、試験区では地下かんがい給水量（取水量）をできるだけ増加させた。

日中は、集中管理孔柵内の流入状況を確認しながら、バルブ開度で取水量を調整し、1.5mm/h (3.6ℓ/s) 程度の給水が可能であった。しかし、夜間は、バルブ開度を一定にしていたため、周辺ほ場取水状況の影響もあり、0.5～1.0mm/h (1.2～2.5ℓ/s) 程度まで低下した。

また、水田内の地下水位の上昇に伴い、集中管理孔柵内の水位との差が小さくなるため、水頭差が減少し流入量の減少がみられた。

地下水位の変動については、地表取水の対照区では、暗渠直上付近と渠間部の差は少なく、両地点とも同様な上昇傾向を示した。一方、試験区では暗渠直上付近の地下水位の上昇は速やかであったが、渠間部の上昇は鈍く、初期入水の段階では地下水位上昇の均一性は確保されなかった。

湛水深の管理では、暗渠直上付近の水位上昇によって湛水深の上昇が見込めるため、地下水位の均一性は問題にはならないが、浅水管理や転作作物利用などで、地下水位上昇の均一性が求められる場合には、有材補助暗渠の実施が有効であると考えられる。

④ 作物収量

モデルほ場の水稻の収量調査結果を、表-9 に示す。試験区の精玄米重は 621kg/10a、対照区が 615kg/10a で同等であった。また、タンパク含有率も同等の値を示した。このように、試験区と対照区の収量品質は同程度であり、水管理の違いによる差はみられなかった。

表-9 収量調査結果（水稻）

地点	精籾重 kg/10a	精玄米重 kg/10a	千粒重 g
試験区	768	621	23.4
対照区	755	615	22.9

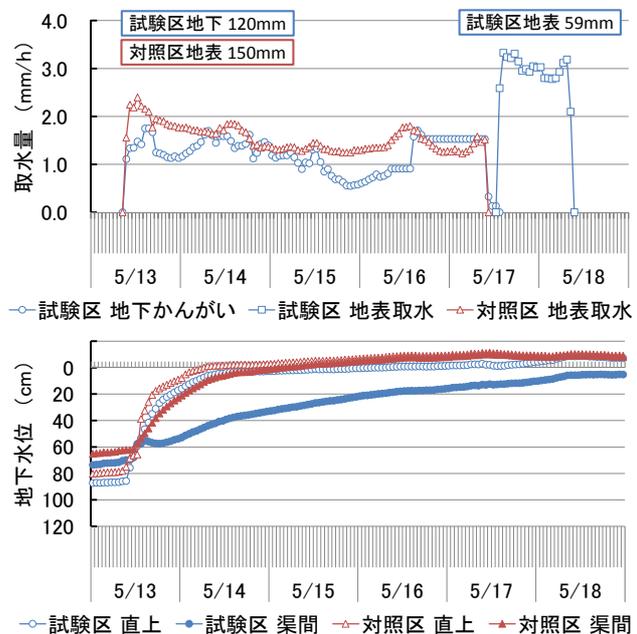


図-6 取水量と地下水位の経時変化

(2) 平成 28 年新高倉地区調査結果

① 初期入水量の比較

モデルほ場の初期入水は、5月11日から開始された（表-10）。湛水深の変化は、図-8に

示す。

5月16日までに、試験区では地下かんがいで201mm、対照区では地表取水で155mmの取水量となり、地下かんがいの取水量増加割合は29%であった。

湛水深は、5月12時点では試験区が3.5cm、対照区が5.5cmとなり、試験区の湛水深がやや低かった。しかし、5月14日時点では試験区が9.5cm、対照区が9cmとなり、同程度の湛水深となった。その後、取水を停止した5月16日時点では、試験区、対照区とも8cmの湛水深が確保された。

以上の結果から、地下かんがいにより取水量は増加するが、地表取水と同様な湛水深管理が可能であることが確認された。

表-10 初期入水取水量

月日	[単位:mm]	
	試験区 地下かんがい	対照区 地表取水
5/11	20	19
5/12	47	49
5/13	48	32
5/14	26	6
5/15	27	40
5/16	32	10
合計	201	155

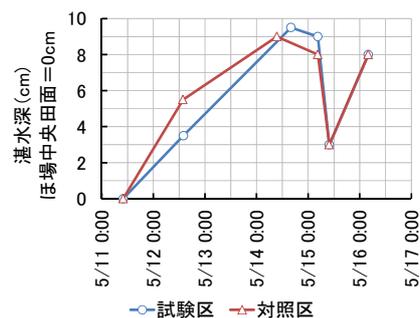


図-8 湛水深の変化

②取水量と地下水位の変動

初期入水時の取水量と地下水位の経時変化を、図-9に示す。

地下かんがいは、集中管理孔柵内の流入状況を確認しながら、バルブ開度で取水量を調整し、2mm/h (5.6ℓ/s)程度で給水した。

地下水位の変動では、試験区の暗渠直上付近の上昇が早く、次いで対照区直上付近、試験区渠間部が同様な上昇傾向を示した。

試験区では、地下かんがい実施時の地下水位上昇の均一性は確保されなかったが、必要湛水深は確保された。

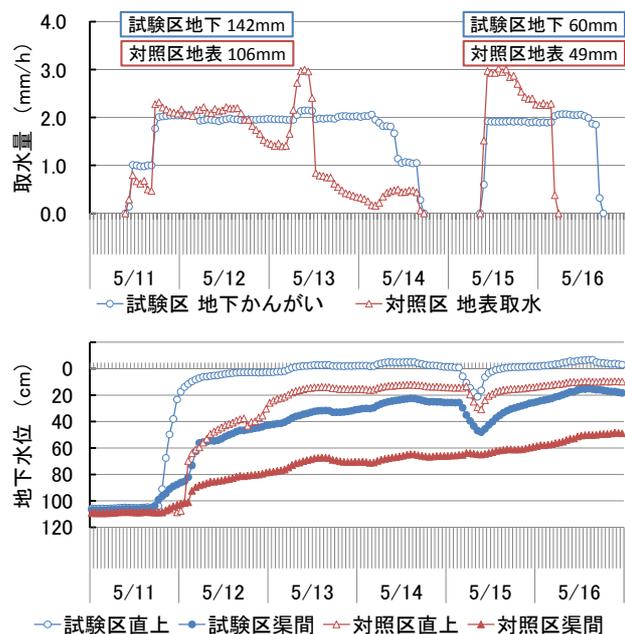


図-9 取水量と地下水位の経時変化

③湛水期間中の取水量

湛水期間中の取水状況(日取水量)を図-10に示す。6月下旬と7月上旬の一部の期間を除き、両区とも同様の取水状況であった。

5月11日の初期入水から、8月12日までの総取水量は、試験区で948mm、対照区で874mm、地下かんがいの取水量増加割合は9%となり、初期入水時の増加割合29%を下回った。初期入水以降では、試験区747mm、対照区719mm、取水量増加割合は4%となり、同等の取水量であった。

モデルほ場の耕作者も、初期入水から深水期まで地下かんがいに対応できたことから、地下かんがいは水田の用水管理に利用可能であると実感していた。

④水田内水温

地下かんがいを実施した試験区と、地表取水を実施した対照区の水口側の水田内水温を比較した(図-11)。

7月12日16時～7月15日7時の水温は、試験区では18.5～32.9℃で変動し、対照区では19.4～22.7℃で変動した。この期間の最高水温では対照区が10.2℃低く経過しており、地下かんがいが優位な状況であった。

⑤作物収量

モデルほ場の水稻の収量調査結果を、表-11に示す。試験区の精玄米重は649kg/10a、対照区が650kg/10aで同等であった。また、タンパク含有率も同等の値を示した。試験区では湛水期間中の水管理を地下かんがいで実施したが、対照区と同等の収量品質が確保されており、水管理の違いによる差はみられなかった。

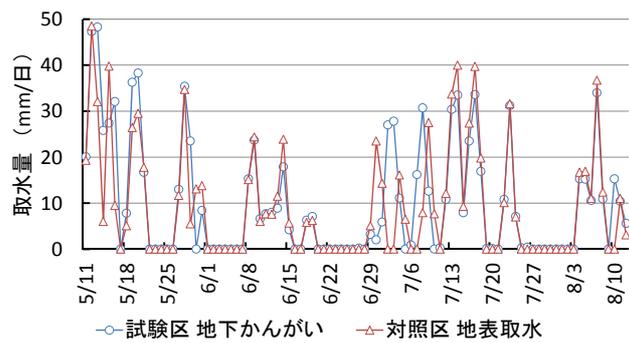


図-10 湛水期間中の取水量

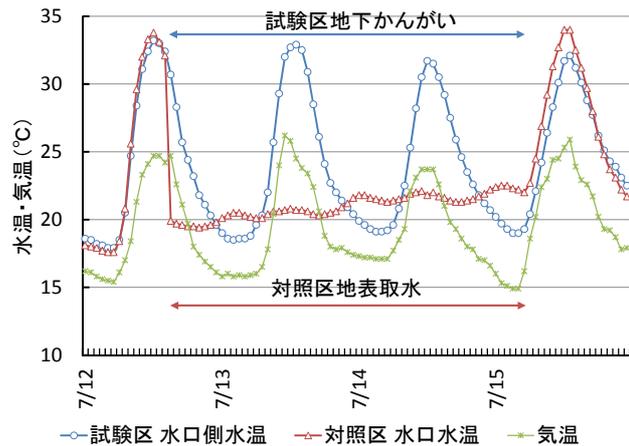


図-11 水田内水温と気温の変化

表-11 収量調査結果(水稻)

地点	精籾重 kg/10a	精玄米重 kg/10a	千粒重 g
試験区	805	649	24.3
対照区	767	650	24.8

4. 地域への普及啓発活動

①セミナーの開催

石狩振興局管内北部地域への集中管理孔を利用した地下かんがいの早期普及・啓発のため、当別町において生産者や関係機関を対象としたセミナーを、平成28年2月(118名参加、写真-3)、平成29年2月(86名参加)に実施した。



写真-3 セミナー会場の状況

②現地研修会の開催

農家や関係機関を対象とした現地研修会を、平成28年8月(38名参加、写真-4)に新篠津村調査ほ場において、平成29年8月(35名参加)に岩見沢市北村においてに実施した。

また、管外からモデルほ場等への視察もあり、地下かんがいの普及推進に対する関心の高さを生産者も感じていた。

③手引き書の作成

現地調査、セミナー等の取組みをもとに地域に配布するための手引き書を今年度内に作成する。



写真-4 現地研修会の状況

5. まとめ

(1) 転作ほ場

- ▶ 小麦で2割の増収効果が確認され、干ばつ時の地下かんがいの実施による減産防止効果が期待できる。
- ▶ グライ土の小麦ほ場の地下かんがいでは給水量は3~6l/s、夜間は1.5~3l/sとしたことで、深度25cm程度まで地下水位の上昇を確認しており、給水量・給水方法の指標となる。
- ▶ 地下水位は深度25cm程度まで上昇し、深度15cm程度まで毛管上昇による水分供給が確認できたため、地下水位管理の指標となる。

(2) 水稻栽培ほ場

- ▶ 西高倉地区のモデルほ場では、地下かんがいと地表取水の併用により播種時の必要湛水深を確保した。初期入水時の取水量は地表取水と比較してやや増加した。
- ▶ 新高倉地区のモデルほ場では、初期入水から落水まで地下かんがいによる湛水深管理が可能であり、総取水量は地表取水と比較して同等であった。また、深水期の湛水深管理(19~22cm)も可能であった。
- ▶ 水口の水温管理の面では、地下かんがいの方が水温低下はなく、優位であった。

(3) 地域への普及啓発活動

平成27~29年は、多雨傾向であり転作ほ場での地下かんがいが必要な期間は限られていた。このような気象経過であっても、マイナス面が少なく十分利用できることが周知されてきており、セミナー等を通じて、「引き続き利用する」、「今後利用したい」という意向があり、各取組みを通じて地下かんがいの普及推進に手応えを感じる事ができた。

また、地下かんがいの作物ごとの利用方法、効果を知りたいという要望もあり、手引き書に反映させるなど今後も集中管理孔の整備とともに普及推進に向けた取組みを継続していくこととしている。

【引用文献】

- 1) 北海道石狩振興局：経営体 若葉南外1地区 調査1業務 業務報告書(2015)
- 2) 北海道石狩振興局：経営体 若葉南外2地区 調査1業務 業務報告書(2016)