

# 大区画圃場の多様な栽培に対応した 地下灌漑について

## —灌漑用水の注水区域を分ける実証試験—

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 資源保全チーム ○酒井 美樹  
国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 資源保全チーム 清水 真理子  
札幌開発建設部 札幌南農業事務所 工事課 五十嵐 和久

近年、大区画化された圃場では、排水改良のために敷設された暗渠管を利用して、圃場単位の地下灌漑が行われている。こうした中、営農上の理由により、同一圃場で水管理の異なる畑作物を栽培する事例がある。筆者らは、そのような事例にも対応可能な地下灌漑技術の開発を目指して、整備済みの暗渠管を改修せずに、灌漑用水の注水区域を分ける実証試験を行った。本報では、その試験結果について報告する。

キーワード：大区画圃場、暗渠管、地下灌漑

### 1. はじめに

我が国では、農業者の更なる減少に対応するため、将来にわたり地域農業を担う農業者への農地の集積・集約を図る大区画化が推進されている。また、米の消費減少が見込まれるなか、水稻栽培中心の営農から野菜など収益性の高い畑作物栽培へ転換し、新たな産地形成を促進するため、同一圃場において水稻と畑作物のどちらでも栽培できる水田の汎用化が推進されている。

このような背景のもと、北海道の水田地帯では、国営農地再編整備事業などの土地改良事業により、大区画圃場の整備と併せて暗渠排水の整備が行われている。暗渠排水の整備により排水不良が改善されると、水田の汎用化すなわち畑作物の栽培が進む。近年、この暗渠排水の整備で敷設された暗渠管を利用し、地下水位制御システムを導入することにより、地下灌漑に取り組む地域が増えている。

畑作物を栽培する一部の大区画圃場では、営農上の理由により、複数品目の栽培や、時期を分散させた同一作物の栽培など、同一圃場で区域を分けて水管理の異なる畑作物を栽培する事例がある(写真-1)。一方、地下水位制御システムは、圃場単位で整備される暗渠管を利用するため、上記のような場合でも、地下灌漑による水管理は、一様の地下水位で行わざるを得ない。

筆者らは、上記の事例にも対応可能な地下灌漑技術の開発を目指し、2022年から研究を開始した。2022年は、整備済みの暗渠管を改修せずに、灌漑用水の注水区域を分ける実証試験を行った。本報では、試験内容と結果について報告する。

### 2. 方法

#### (1) 試験圃場

試験は、国営農地再編整備事業で整備された北海道長沼町のA圃場とB圃場で行った。試験圃場の概要を表-1に示す。

試験圃場には、地下水位制御システムが導入されている。給水施設は集中管理孔、排水施設は水位調整水閘である。施設配置は、A圃場が両側給排水、B圃場が片側



写真-1 同一圃場（大区画圃場）でのブロッコリーとスイートコーン（右奥）の栽培（長沼町内、2022年8月25日撮影）

表-1 試験圃場の概要

圃場	施工年	長辺 (m)	短辺 (m)	圃場面積 (m <sup>2</sup> )	試験での地下灌漑区(m <sup>2</sup> )	2022年栽培作物
A	2015	255~183	231	48,202	10,467	秋まき小麦
B	2017	168~162	123	20,539	5,043	秋まき小麦

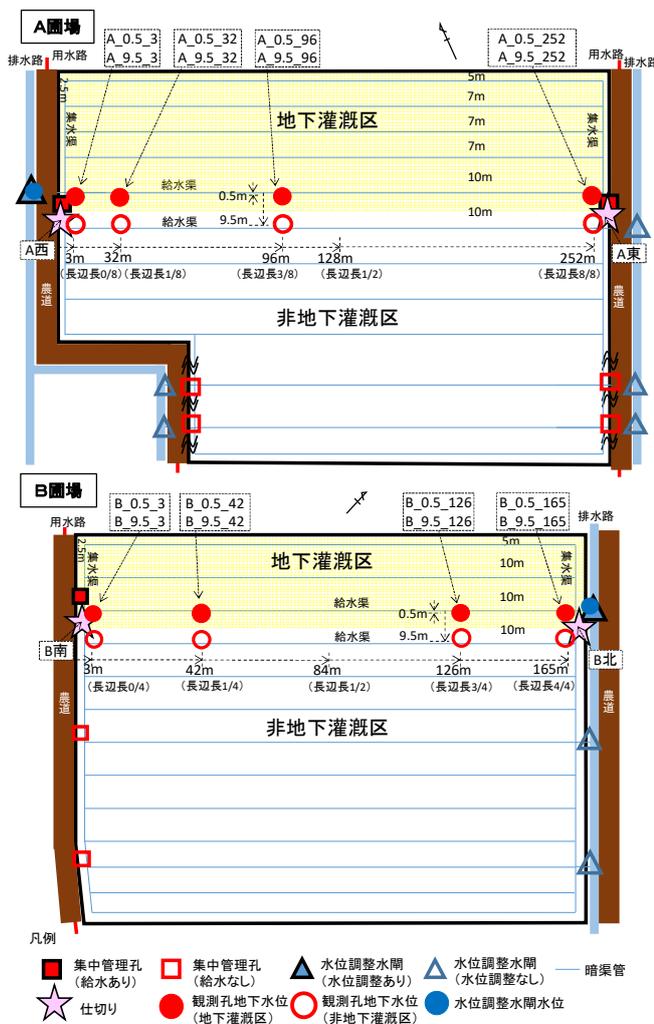


図-1 試験圃場の施設配置と調査地点

給水片側排水である(図-1)。暗渠管は有孔合成樹脂管で、地表下0.8mに埋設されている。暗渠管の口径は、集水渠が100mm、給水渠が80mmである。給水渠の間隔は、10mを基本としている。疎水材は火山レキで、地表下0.25mまで敷設されている。

A圃場の土層は、地表~0.2mが作土層、0.2m~0.4mが火山灰層、0.4m~が泥炭層である。B圃場の土層は、地表~0.3mが作土層、0.3m~が粘土質のグライ層である。

2022年の栽培作物は、2圃場とも秋まき小麦であった。試験は収穫後に実施した。

## (2) 試験期間と給排水設定

試験は、表-2に示す期間に実施した。

地下灌漑区の給水は、A圃場で両側各1箇所、B圃場で片側1箇所の集中管理孔から行った。給水量は、北海道施肥ガイド2020<sup>1)</sup>を参考に1箇所あたり3ℓ/sとした。A圃場は、集中管理孔が2箇所のため、給水量は6ℓ/sである。試験B①では、地下水位の上昇がみられなかったため、途中で6ℓ/sに変更した。

地下灌漑区の地下水位は、A圃場、B圃場とも片側1箇所の水位調整水閘で設定した。設定地下水位は、同ガイ

表-2 試験期間と給排水設定

圃場	試験名称 (ℓ/s/箇所)	給水		水位調整水閘			
		開始日時	停止日時	設定地下水位 (m)	開始日時	解除日時	
A	A①	3	7/30 12:00	7/31 15:10	-0.39	7/30 11:40	7/31 15:30
	A②	3	8/4 18:00	8/5 14:00	-0.27	8/4 18:00	8/5 17:40
	A③	3	8/14 17:00	8/15 14:10	-0.27	8/14 17:00	8/15 16:00
B	B①	3	8/3 11:10	8/5 16:20	-0.36	8/3 10:30	8/5 9:40
		6	8/5 16:20	8/6 13:00	0	8/5 16:10	8/6 14:10



写真-2 暗渠管実物大模型での検討状況 (寒地土木研究所内、2022年6月14日撮影)

ドを参考に地表下0.3m深を目標とした。試験圃場の水位調整水閘は、0.12m単位の調整孔が7個あり、設計では全開で-0.36m、全閉で0.48mとなっている。そのため、調整孔は全開または1つ閉じとした。試験B①では、給水量設定変更と同じ理由から、調整孔は途中で順次、2つ閉じ、全閉、3つ閉じに変更した。なお、実際の設定地下水位は、圃場地表標高と水位調整水閘の設置標高により上下する。

## (3) 灌漑用水の注水区域を分ける方法

灌漑用水の注水区域を分けるため、暗渠管内に「仕切り」を設置した。仕切りは、給水口または排水口から挿入し、集水渠に設置する。設置数は、1圃場につき2箇所である(図-1)。

試験前に研究所内で暗渠管の実物大模型を用いて、仕切りの材料と設置撤去の方法を検討した(写真-2)。検討の結果、市販の止水プラグ(マルチサイズテストボール呼び径75mm-100mm、(株)カンツール)を空気圧により拡張し、暗渠管内に密着させて止水することとした。設置は給水口または排水口から止水プラグを挿入し、撤去はこれを引き抜くこととした。挿入延長は、約5m(A西、A東)、約7m(B北)及び約10m(B南)である。設置位置の間には、T字管または十字管がある。止水プラグは、その地点で90°方向を変えて通過させる必要がある。このため、仕切りに以下の改良を加えた。

1点目は、挿入用器具の装着である。止水プラグは、空気注入用エアホースと接続しているが、エアホースには挿入する際に必要な強度がない。そのため、止水プラ

グとエアホースは、強度と柔軟性のあるスチール製呼線に固定した。更に、T字管または十字管の手前まで、挿入を容易にするための器具を装着した。その器具は、T字管または十字管から設置位置までの延長に応じて、2種類準備した。延長が短い場合は、剛直性に優れるグラスファイバー製地中線、長い場合は、柔軟性と剛直性のあるCD管とした。CD管には、ビニールハウス用バンドを付属させた。これは、止水プラグを引き抜く際、CD管の蛇腹がT字管の角に直接触れないようにし、引っかかりを防ぐためである。

2点目は、止水プラグの引っかかり対策である。止水プラグは、材質がゴムで形状が円柱である。ゴムは摩擦が大きいため、止水プラグ設置位置までの延長が長くなると挿入が困難になる。そのため、止水プラグをポリエチレン製袋で覆い、摩擦を小さくした。また、T字管または十字管内で90°方向を変える際に分岐で引っかかり、挿入が困難になる。そのため、止水プラグ先にPPボールφ50を6個装着し、T字管または十字管内で方向転換しやすくした。

3点目は、テグスの装着である。仕切りの先端に左用と右用のテグスを装着し、これを操作することで、T字管あるいは十字管で左右に90°方向を変えやすくした。これらの改良を加えた仕切り一式を写真-3に示す。



写真-3 仕切り一式 (CD管の場合)



写真-4 管内カメラ

#### (4) 試験前の暗渠管内確認

仕切りは、暗渠管に設置するため、管内に障害物がないか確認する必要がある。確認は、試験前に管内カメラ (マイクロドレインD65S、RIDGID) で行った (写真-4)。



写真-5 受信器での位置確認状況 (B圃場、2022年7月28日撮影)

#### (5) 止水プラグの位置確認方法

止水プラグは、圃場に埋設された暗渠管内に挿入されるため、位置を目視することができない。そのため、止水プラグに小型発信器 (リモートトランスミッター、RIDGID) を装着し、受信器 (ナビトラックスコート、RIDGID) で地表から位置を確認しながら設置した (写真-5)。



写真-6 観測孔による地下水位調査状況 (A圃場、2022年7月31日撮影)

#### (6) 試験中の現地調査

降水量は、試験圃場近傍で転倒マス式雨量計により10分間隔で計測した。

地下水位は、圃場内に設けた深さ 0.35m 程度の観測孔により計測した。計測位置は、地下灌漑区端と非地下灌漑区端の各給水渠脇 0.5m 離れを 1 セットとし、A 圃場では短辺端から 3m、32m、96m、252m 地点、B 圃場では短辺端から 3m、42m、126m、165m 地点とした (図-1)。地点名は、地下灌漑区端の給水渠脇 0.5m 離れを「圃場名\_0.5\_短辺端からの延長」、非地下灌漑区の給水渠脇 0.5m 離れを「圃場名\_9.5\_短辺端からの延長」とした。試験では、目視可能な時間帯に観測孔を確認し、

観測孔に地下水面がある場合は、定規で地表からの深さを計測した (写真-6)。観測孔地点では、標高測量により地表標高を計測した。地下水位は、標高に換算し、圃場平均地表標高との差とした。

水位調整水閘水位は、絶対圧式水位計により10分間隔で計測した。水位調整水閘では、標高測量により設置標高を計測した。水位調整水閘水位は、標高に換算し、圃場平均地表標高との差とした。

排水量は、水位調整水閘から排水がある場合、10 ポリビンが満水になる時間で計測した。

### 3. 結果と考察

#### (1) 暗渠管内の状況

試験前に管内カメラで暗渠管内を確認した結果、B南で土砂が確認された(写真-7)。土砂は、管内カメラを挿入できないほど堆積していたため、仕切り設置前に、排水管掃除機で土砂を下流側にかき出した。なお、B圃場では、営農作業前に暗渠管の清掃(フラッシング)が実施されている。

#### (2) 仕切り設置の評価

仕切りは、試験開始前に設置し、試験終了後に撤去したが、設置及び撤去の過程で課題があった。

B北の設置では、止水プラグを途中の十字管で90°方向を変える必要があったが、何度試みても十字管で直進方向に進んでしまった。そのため、予備の止水プラグを十字管直進方向の給水渠内に仮設置し、直進方向を閉塞した。その結果、十字管で方向を変えることができた。

A東の設置では、T字管で90°方向を変えることが困難だったが、止水プラグに装着したPPボールとテグスを取り外して挿入すると、方向を変えることができた。設置完了まで概ね1日を要し、この間、止水プラグの挿入操作を何度も繰り返すこととなった。その後、試験A②では、試験中の8月5日8時にA東の止水プラグの空気圧がゼロであることを確認した。これは、止水プラグの挿入操作を繰り返した際に、ゴムを傷めたことが原因と考えられる。その時点から試験A②終了まで、A東の止水プラグの空気圧はゼロだった。試験A②後は、空気圧ゼロの止水プラグを撤去し、正常な止水プラグを再設置した。

A東の撤去では、止水プラグが動かなくなり、引き抜くための操作を3日間繰り返した。最終的には、引き抜くことができず、止水プラグ直上を掘削して撤去した。止水プラグは、暗渠管内で逆方向に向き、スチール製呼吸線が絡みついた状態であった。これは、引き抜き操作を繰り返した際に、T字管の中で止水プラグが回転して起きたと考えられる。

上記の課題以外にも、「仕切り」の実用化に向けては、暗渠管内は土砂付着のない状態で管理する必要があるこ



写真-7 暗渠管内の土砂堆積 (B圃場、2022年7月6日撮影)

と、設置と撤去の操作はオペレーターの慣れが必要なこと、など多くの課題が考えられる。今後は、これらの課題解決に取り組むだけでなく、止水プラグを用いた今回の方法にこだわることなく幅広く暗渠管を仕切る方法を検討する必要がある。

#### (3) 各試験区の水位

試験A①、試験A②、試験A③と試験B①の地下水位と水位調整水閘水位の推移を図-2と図-3に示す。地下水位は、観測孔に地下水面がある場合に計測している。そのため、図に地下水位データが示されていない地点は、観測孔に地下水面がないことを意味する。また、水位調整水閘水位のデータが示されていない期間は、水位調整水閘に水位がないことを意味する。

試験期間中の雨量は、試験B①で8月3日の17:10から10分間に1.5mm計測された。

##### a) A圃場の地下水位と水位調整水閘水位の推移

A圃場では、いずれの試験でも水位調整水閘水位が給水開始から3時間~6時間程度で設定水位を上回った。水位調整水閘水位は、設定水位を上回った後、緩やかに上昇した。地下灌漑区の地下水位は、水位調整水閘水位と近い値で推移した。最終的な地下水位は、試験A①で-0.27m~-0.25m、試験A②で-0.20m~-0.15m、試験A③で-0.21m~-0.14mであった。非地下灌漑区のA\_9.5\_32は、試験A①と試験A②で観測孔に地下水面があった。最終的な地下水位は、試験A①で-0.35m、試験A②で-0.32mであった。非地下灌漑区で観測孔の地下水面が確認されたのは1地点のみだった。

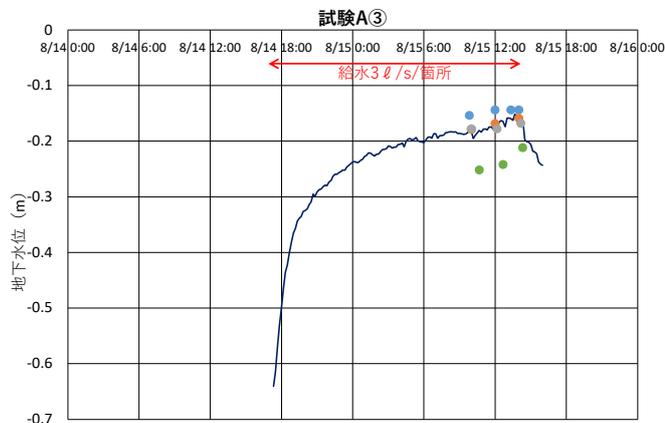
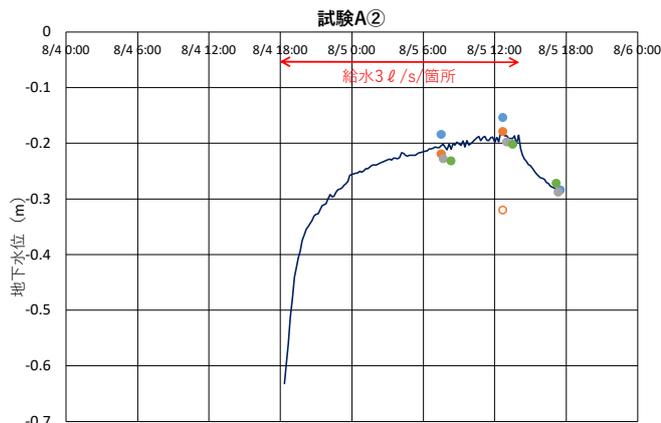
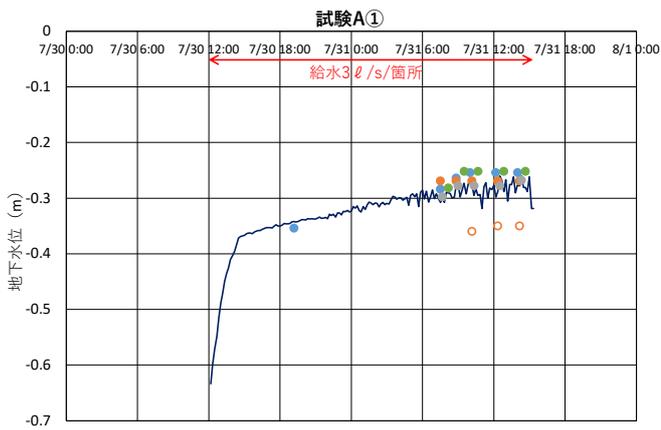
なお、試験A②では、途中から止水プラグの空気圧がゼロとなった。その時の止水プラグの径は68mmのため、集水渠φ100は、約半分が塞がれた状態であった。その状態で、観測孔の地下水位は、試験A①、試験A③と同じ傾向で推移した。集水渠が完全に閉塞されなくても、地下灌漑区の地下水位が上昇した要因は、判然としない。

##### b) B圃場の地下水位と水位調整水閘水位の推移

B圃場では、試験B①の給水開始から2日経過時点で、地下灌漑区と非地下灌漑区の各水位調整水閘から排水が発生していた。この時点の全ての観測孔には、地下水面がなかった。

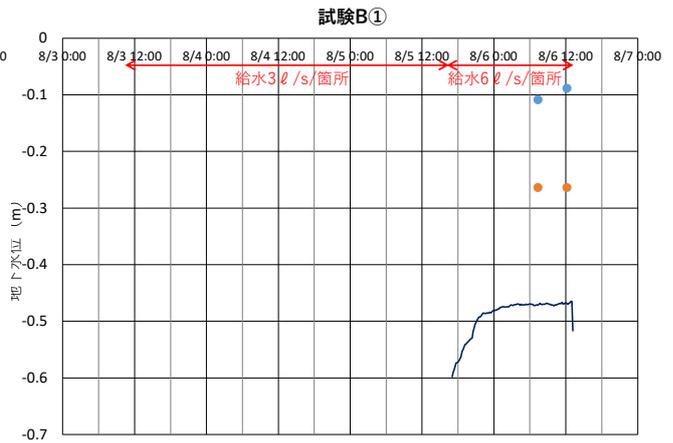
地下灌漑区の水位調整水閘からの排水量は、0.6ℓ/sであった。目視で確認すると、排水は水位調整水閘の弁の隙間から発生していた。B圃場の仕切りは、給水口1箇所と排水口1箇所から挿入している。水位調整水閘は、排水口と仕切り設置位置の間にあるため、水位調整水閘内にエアホースと挿入用器具が通っている。これらの厚みが、水位調整水閘の弁に隙間を生じさせていた。

非地下灌漑区の水位調整水閘からの排水量は、0.8ℓ/sであった。排水発生の要因は、灌漑用水が疎水材、心土破砕などによる水みち、あるいは整備前の暗渠管(以下、古暗渠)を通じた非地下灌漑区への横浸透が考えられた。



- 凡例
- |             |             |
|-------------|-------------|
| ● 地下灌漑区     | ○ 非地下灌漑区    |
| ● A_0.5_3   | ○ A_9.5_3   |
| ● A_0.5_32  | ○ A_9.5_32  |
| ● A_0.5_96  | ○ A_9.5_96  |
| ● A_0.5_252 | ○ A_9.5_252 |
| — A_水位調整水閘  |             |

図-2 試験 A①、試験 A②、試験 A③の地下水位と水位調整水閘水位の推移  
(2022年7月30日～31日、8月4日～5日、8月14日～15日)



- 凡例
- |             |             |
|-------------|-------------|
| ● 地下灌漑区     | ○ 非地下灌漑区    |
| ● B_0.5_3   | ○ B_9.5_3   |
| ● B_0.5_42  | ○ B_9.5_42  |
| ● B_0.5_126 | ○ B_9.5_126 |
| ● B_0.5_165 | ○ B_9.5_165 |
| — B_水位調整水閘  |             |

図-3 試験 B①の地下水位と水位調整水閘水位の推移  
(2022年8月3日～6日)

通常、暗渠整備の工事では、古暗渠を潰して施工する。B圃場では、2021年に古暗渠が確認されたため、2022年の試験前に畦畔付近の古暗渠が潰されたが、それ以外は潰しておらず、これが機能している可能性がある。

圃場からの合計排水量は14ℓ/sであり、給水量3ℓ/sの約半分が排水されていたことになる。試験中は、排水量を減らす対策ができないため、給水開始から3日目に、給水量を6ℓ/s、水位調整水閘の設定水位を-0.12m～0.48mにそれぞれ変更した。変更後、圃場からの合計排水量は2.2ℓ/sに増えたが、水位調整水閘水位は上昇し始めた。水位調整水閘水位が-0.47m付近で停滞した後、B\_0.5\_3、B\_0.5\_42の観測孔で地下水面を確認した。最終的な地下水位は、それぞれ-0.09m、-0.26mで、給水から近いB\_0.5\_3の方が高い値を示した。それ以外の地点は、観測孔に地下水面がなかった。

#### (4) 注水区域分割の可否

今回の試験では、A圃場の地下灌漑区の地下水位は比較的速やかに上昇したが、B圃場の地下水位は緩やかに上昇した。作土層下の土層は、A圃場が火山灰層及び泥炭層、B圃場が粘土質のグライ層と異なっており、この違いが地下水位の動きに影響したと考えられる。また、B圃場では水位調整水閘からの排水が確認されており、これも地下水位の動きに影響したと考えられる。

このように、試験圃場によって地下水位の動きの違いが見られるが、地下灌漑区では、試験B①のB\_0.5\_126とB\_0.5\_165以外の観測孔に地下水面が確認できたこと、

非地下灌漑区では、観測孔に地下水面が確認できた試験A①と試験A②のA\_9.5\_32は地下灌漑区のA\_0.5\_32より地下水位が低く、それ以外の観測孔に地下水面が確認できなかったことから、地下灌漑区と非地下灌漑区の地下水位には差が生じたと考えられる。これにより、暗渠管内に仕切りを設置することで、灌漑用水の注水区域を分割できる可能性が示唆された。

#### 4. おわりに

今回の試験の目的は、整備済みの暗渠管を改修せずに、暗渠管内に「仕切り」を設置することで、灌漑用水の注水区域を分割できるか否かを探ることであった。その結果は、以下の通りである。

止水プラグを用いた仕切りは、設置と撤去の過程で課題があった。それ以外にも、仕切りを実用化させるためには多くの課題が考えられた。今回開発を目指す技術の実用化に向けて、今後は、これらの課題解決に取り組むだけでなく、止水プラグを用いずに暗渠管を仕切る方

法についても幅広く検討する必要がある。

また、注水区域の分割については、今回の試験の地下灌漑区では、ほとんどの観測孔に地下水面が確認できたこと、非地下灌漑区では、観測孔に地下水面が確認できた地点は近傍の地下灌漑区の地点よりも地下水位が低く、それ以外の観測孔に地下水面が確認できなかったことから、地下灌漑区と非地下灌漑区の地下水位には差が生じたと考えられた。これにより、暗渠管内に仕切りを設置することで、灌漑用水の注水区域を分割できる可能性が示唆された。

次年度以降も実証試験を行い、大区画圃場の多様な栽培に対応した地下灌漑の実現に向けて研究を進めていきたい。

**謝辞：**本研究の実施にあたり、現地調査にご協力いただいた長沼町の関係農業者に謝意を表します。

#### 参考文献

1)北海道農政部：北海道施肥ガイド2020、p.221、2020