

永年草地における低コスト排水対策について（最終報告）

北海道農政部農村振興局農地整備課 ○今井 洋邦
北海道立総合研究機構 酪農試験場 大塚 省吾

1. はじめに

北海道の草地では、競合力の強い地下茎型イネ科雑草の侵入により牧草生産性が低下しており、効果的な草地整備と適切な草地管理を通じて草種構成を良好に維持することが求められている。牧草生育を良好に維持するうえで重要な化学性は、維持管理時の施肥対応により適正化しやすいが、土壤の物理性は維持管理時に改良することが難しいため、草地整備時の基盤整備対策が重要である。特に近年、気候変動により降水量や短時間降雨量が増加しているなか、基盤整備での排水対策の重要性が増している。

しかし、暗渠施工による排水性の改良は、起伏修正工事と比較して単位面積当たりの施工単価が高いことから、一筆面積が大きい草地では局所的な施工にとどまることが多い。排水性が不良な草地では、湿害により生育不良で草地が劣化し、牧草収量・品質の低下を招くとともに、適期作業に支障を来している。

そのため、根釧地域、オホーツク地域、宗谷地域の草地地帯を対象に、永年草地における排水不良の実態把握とその物理的要因を調査するとともに、草地整備時に起伏修正と併せて実施する低コストの基盤整備手法（埋設深を浅くした暗渠（以下、浅層暗渠））の効果検証を行った。

本報では、2018年～2023年の間で実施した基礎調査内容について最終報告をする。

2. 低コスト排水対策基礎調査

2-1 調査の概要

（1）調査の実施

「地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 中央農業試験場、酪農試験場」に準委任

（2）調査期間

2018年から2023年

（3）試験地

酪農試験場、根室振興局管内、オホーツク総合振興局、釧路総合振興局、宗谷総合振興局管内に試験圃場を設置し各調査を実施

2-2 試験の概要

（1）浅層暗渠調査

草地整備時に施工する浅層暗渠が牧草生産性、土壤物理性および排水性に及ぼす影響を明らかにする。

・調査場所：根室市生産者1圃場、湧別町牧野内2圃場、釧路市牧場内1圃場、豊富町生産者1圃場の合計5カ所

2-3 試験の方法

本試験の暗渠は10～12m間隔に施工する吸水渠と、吸水渠に集まった水を明渠等に排水

する集水渠で構成されており、施工後、土壤耕起・施肥播種（採草地：チモシー・シロクローバ混播、放牧地：チモシー・メドウフェスク・シロクローバ混播）を行った（図1）。通常暗渠は吸水渠と集水渠の埋戻土の深さを0.40mとして吸水渠にも吸水管を用いるのに対し、浅層暗渠は埋戻土の深さを通常より浅い0.25mとし、吸水渠に吸水管を用いず疎水材のみ施工した（図2）。

浅層暗渠を施工した「浅層区」、通常暗渠の「通常区」、暗渠を施工しない「無施工区」の3処理区を、道内A～Eの4地区（図3～図6）に適宜設けた（表1）。A地区の試験場所は丘陵地に囲まれた凹地で、周囲からの流入水が集まり易い位置にあり、B～E地区は標高11m未満の低地で河川が近く、融雪時や大雨時などは余剰水により地下水位の高まり易い条件と考えられる。

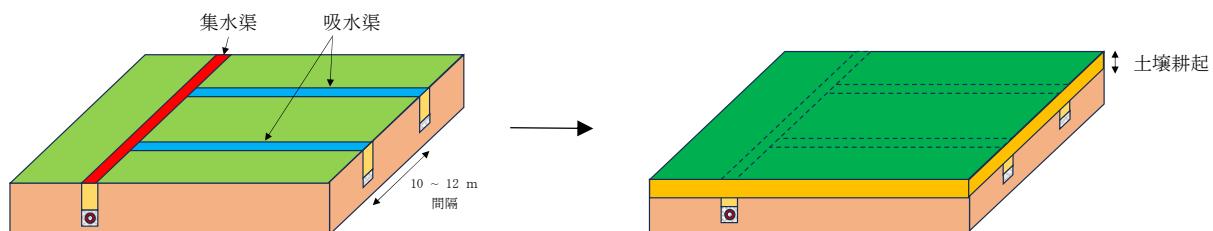


図1 草地整備における吸水渠と集水渠施工のイメージ図

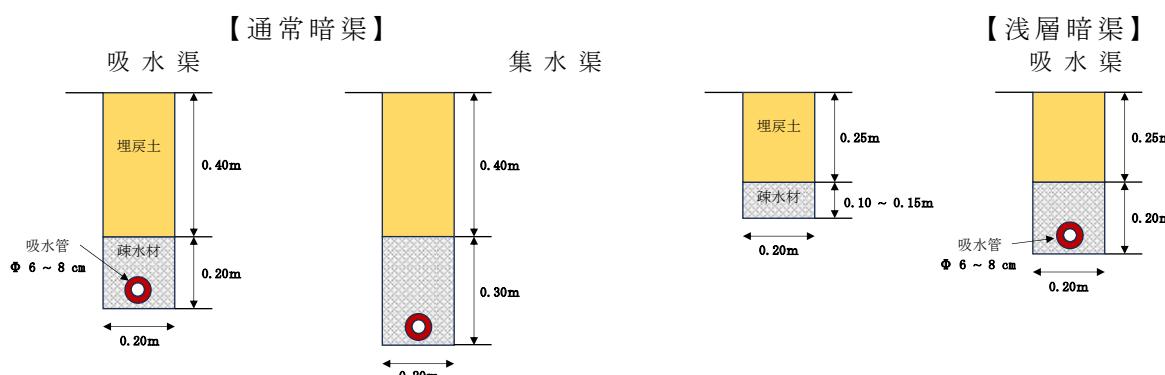


図2 浅層暗渠と通常暗渠の吸水渠と集水渠の断面図

土壤断面調査、土壤水分張力および地下水位は草地整備前および整備当年～施工後2年目に調査した。加えて、土壤貫入抵抗値、乾物収量および冠部被度は草地整備後1～2年目に調査した。なお、整備事業の都合上、処理区により調査の時期や項目が異なる場合がある。

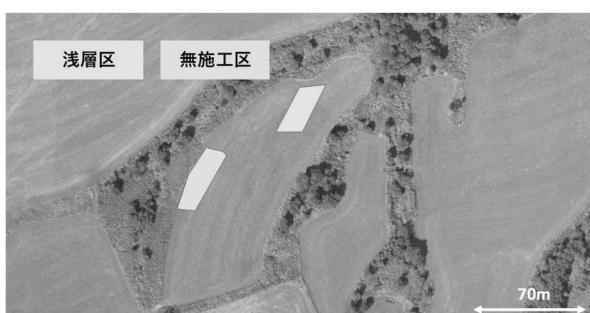


図3 A地区の処理区位置(標高30～35m)

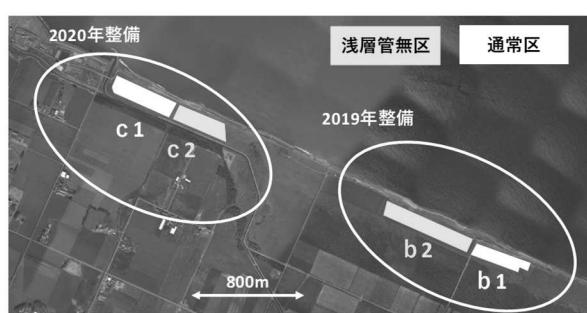


図4 B・C地区の処理区位置(同2～5m)

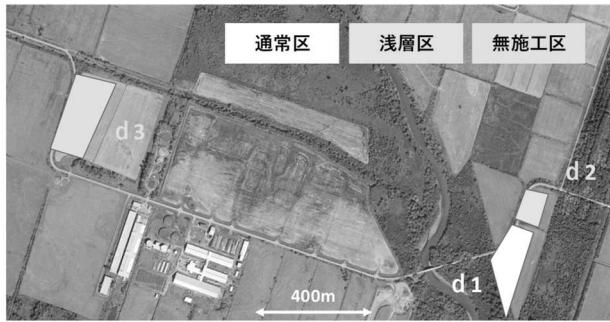


図 5 D 地区の処理区位置 (同 9~11m)

注 図 3 ~ 図 6 の背景地図には地理院地図を利用しています

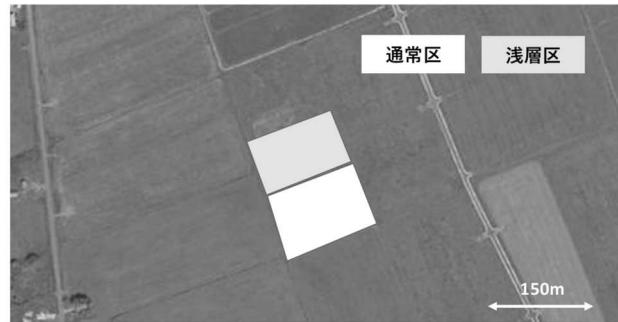


図 6 E 地区の処理区位置 (同 3~4m)

表 1 供試圃場一覧

地区	市町村	整備年度	整備完了	圃場名	用途	土壤分類名 ^注	処理区	吸水渠掘削深(m)	疎水材	備考
A	根室	2019	9月	—	採草地	普通多湿	浅層	0.40	火山礫	同一圃場の排水不良箇所に設置
						黒ボク土	無施工	—	—	
B	湧別	2019	7月	b1	放牧地	低位泥炭土	通常	0.60	木行貝殼	全面処理
				b2	"	"	浅層	0.40		
C	湧別	2020	7月	c1	放牧地	低位泥炭土	通常	0.60	木行貝殼	全面処理
				c2	"	"	浅層	0.40		
D	釧路	2021	7月	d1	採草地	低位泥炭土	通常	0.60	火山礫	全面処理
			5月	d2	"	"	浅層	0.35		
		2021	7月	d3	"	"	無施工	—	—	
E	豊富	2022	7月	—	採草地	低位泥炭土	通常	0.60	切込碎石と木行貝殼	同一圃場を分割
							浅層	0.40		

注 日本土壤インベントリー(農研機構<https://soil-inventory.rad.naro.go.jp/figure.html>)による(参考)。

3. 結果および考察

浅層暗渠調査の結果について、①暗渠の種類の違いが排水性に与える影響、②暗渠の種類の違いが地耐力に与える影響、③暗渠の種類の違いが牧草生産性に与える影響、④経済効果の、4項目で整理し考察する。

3-1 暗渠の種類の違いが排水性に与える影響

5地区の結果より(表2)、草地整備後の土壤水分張力をみると、暗渠を施工した処理区は整備前に比べpF0日数が少なくなるが、浅層区のpF0日数はいずれの測定深も通常区と同等かやや多く、無施工区より少ない傾向にあった。

草地整備時の暗渠の施工により、整備後の地下水位は整備前に比べ概して深くなるが、草地整備前に地下水位が10.5~13.6cmと浅いB地区では、整備後の地下水位は浅層区で

約40cm、通常区で約60cmと各々の吸水渠の深さまで低下したが浅層区で浅く、60cm深のpF0日数も浅層区でやや多いことから、排水効果は吸水渠の深さに影響を受け、浅層区で小さいと判断する。

土壤断面中のグライ層は、草地整備後の浅層区および通常区において、E地区を除き出現しない、または整備前に比べ深い層位に出現した。E地区の草地整備後の地下水位は通常区で19.2cm、浅層区で15.0cmと、通常区でやや深くなるが、それぞれの吸水渠の深さより地下水位が浅くなり易い条件であり、40cm深のpF0日数も多いことから、グライ層は表層から出現したと想定する。

一方、A、B、C地区は草地整備後の浅層区でグライ層が出現しなかったが、草地整備前には0~60cm土層の一部にグライ層が出現する条件であり、0~60cm土層でグライ反応を示す条件に比べ、余剰水の影響は比較的小さかったと判断する。

以上から、地下水位が吸水渠より浅くなり易い条件では暗渠による排水効果が小さくなる場合があり、0~60cm土層の一部にグライ層が出現する余剰水の影響が比較的小さい条件では、浅層暗渠により一定程度排水性を改善する可能性のあることが示された。

なお、北海道施肥ガイド2020（北海道農政部）では、牧草の土壤診断基準値（造成・更新時）の物理性について、有効根域の深さを30cm以上としている。グライ反応を示す土壤は根の伸長を制限する可能性があることから、草地整備後のグライ層は30cmより深い層位に出現することが望ましいと想定する。

深根性のマメ科牧草や、飼料用とうもろこしでは、既往の成果により排水不良な条件や暗渠が浅い場合に低収になることが示されているが（アルファルファの湿害に関する試験成績、滝川畜試、昭和42年）（遠紋地域における飼料用とうもろこし畑の生産阻害要因と土壤・栽培管理法、北見農試、平成26年）、本試験では吸水渠の深さの影響を受けて浅層区で下層の排水効果が小さくなる場合があり、これらの作物を栽培する際は通常暗渠の施工が望ましいと判断する。

また、隣接する圃場であっても地形や圃場周辺の環境により地下水位の高さが異なる場合もあり、暗渠の種類を選択する際は圃場毎の精査が必要と想定する。

表2 草地整備前後の土壤水分張力・地下水位・グライ層と土壤還元状態の改善効果

地区	圃場	草地整備前				草地整備後1年目 ^{注1}				土壤還元状態の改善効果 ^{注3}	
		pF0日数/測定日数		地下水位 (最高cm) 40cm深 60cm深	グライ層 ^{注2}	処理区	pF0日数/調査日数		地下水位 (最高cm) 40cm深 60cm深	グライ層 ^{注2}	
		40cm深	60cm深				40cm深	60cm深			
A (火山性土)	同一圃場	-				24~60cm	浅層 無施工	- - 35/71	1/71 - 0~60cm	無	○ ×
		29/86 62/86	54/86 68/86	13.6 10.5	40~60cm 29~60cm	通常 浅層	0/152 0/152	0/152 12/152	61.2 38.2	無 無	○ ○
B (泥炭土)	b1	29/86	54/86	13.6	40~60cm	通常	0/152	0/152	61.2	無	○
	b2	62/86	68/86	10.5	29~60cm	浅層	0/152	12/152	38.2	無	○
C (泥炭土)	c1	0/94	0/101	52.8	0~60cm	通常	0/117	0/133	90.6	無	○
	c2	15/94	33/101	-	0~30cm	浅層	0/133	0/133	86.9	無	○
D (泥炭土)	d1	-	-	-	0~60cm	通常	0/74	11/74	-	無	○
	d2	-	-	-	-	浅層	7/74	15/74	-	40~60cm	△
	d3	-	-	-	-	無施工	15/74	32/74	-	42~60cm	△
E (泥炭土)	同一圃場	-	-	-	0~60cm	通常 浅層	9/133 9/113	- - 15.0	19.2 15.0	0~60cm 0~60cm	× ×
まとめ					一部	通常 浅層	無 無				○ ○
					全層	通常 浅層	全層~無 全層~一部				×~○ ×~△

注1 D地区の浅層区は草地整備後2年目。表中「-」は未調査。

注2 網掛けは0~60cmの全層がグライ層。

注3 ○:0~60cm以内にグライ層が無、△:0~60cmの一部にグライ層、×:0~30cm内にグライ層【施肥ガイド2020、牧草の土壤診断基準における有効根域の深さは30cm以上】

3-2 暗渠の種類の違いが地耐力に与える影響

草地土壤は経年化に伴い沈下し、粗孔隙の減少により土層内の空気や有効水が少なくなることで収量低下を生じるため、定期的な耕起により土壤物理性の回復が必要である。一方、草地整備後は土壤が膨柔になるため地耐力への影響が危惧される。なお、一般的にトラクタの走行が容易な地耐力は地表下0~15cmの平均で0.39MPaが必要とされており（土地改良事業計画設計基準、平成29年農水省）、極端に地耐力の低い場合は営農作業でトラクタ等の走行に支障を来すため、客土により地耐力確保を要する場合もある。土壤貫入抵抗値は水の影響が強い場合に小さくなることから、融雪時や大雨直後など土壤貫入抵抗値が0.39MPaを下回る可能性はあると考えられるが、本試験では各調査日とも土壤貫入抵抗値が0.39MPaを下回る事例は見られなかった。

各地点で得られた浅層区の土壤貫入抵抗値を100として他の処理区と比較すると、各処理区における地耐力は浅層区=通常区>無施工区の傾向にあり（図7）、浅層暗渠の施工は無施工と比較して地耐力を向上させる可能性があると判断する。

概して浅い土層ほど土壤が乾く傾向を示し、本試験でも多くの地点で60cm深の土壤水分張力に比べ20、40cm深の土壤が乾いた状態であった（表3）。通常区と浅層区は40cm土

層の土壤水分張力の差が小さく、0~15cm 土層の土壤貫入抵抗値に与える影響は小さかつたと考えられるが、無施工区は 20cm 深で浅層区より土壤が湿った状態になる場合があり、土壤貫入抵抗値を小さくした可能性が想定する。

表 3 草地整備後 1 年目の

各深さの土壤水分張力

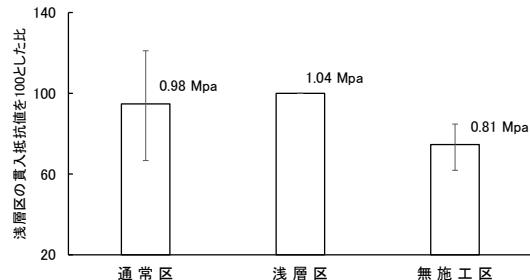


図 7 草地整備後の土壤貫入抵抗値
(浅層区を 100 とした比)

図中数字は地表下 15cm までの土壤貫入抵抗値の各処理区平均値。

サンプル数は通常区 n = 7 浅層区 n = 10 無施工区 n = 6

地区	処理区名	草地整備後1年目のpF(平均)		
		20cm深	40cm深	60cm深
A	浅層	2.13	—	1.56
	無施工	1.42	—	0.61
B	通常	—	1.99	1.72
	浅層	—	1.66	1.36
C	通常	—	2.27	1.68
	浅層	—	2.32	2.31
D	通常	—	1.47	0.92
	浅層	—	1.36	0.99
	無施工	—	1.05	0.70
E	通常	1.62	1.68	—
	浅層	1.64	1.74	—

注 Dの浅層区は草地整備後2年目

3-3 暗渠の種類の違いが牧草生産性に与える影響

冠部被度による牧草割合について、いずれの地区でも草地整備前は主要な牧草割合が 50% 以下であった。草地整備後 1 年目の冠部被度は D 地区の浅層区を除き 1 年目はいずれの地区の各処理区とも冠部被度による牧草割合が 70% 以上であり草地整備前に比べ改善されていた。整備後 4 年を経過した A 地区の事例では、浅層区の牧草割合は 80% 以上であったのに対し、無施工区はクサイやスギナなどの湿性植物の増加で牧草割合が低下した(表 4)。

一般に草地整備に伴う通常暗渠や浅層暗渠の施工は、無施工に比べ牧草生産性の向上が期待できると考えられるが、本試験では、① A 地区におけるシカの食害、② B、C 地区は放牧地であるため、③ D 地区は草地整備年度が異なるなど、多くの地点で浅層暗渠が収量に与える影響を判断できなかった。

牧草収量を確認できた D と E 地区について、D 地区は処理区により草地整備後の収量に差のある場合が見られ、E 地区では差が小さかった(表 5)。事例が少ないため明確な判断は困難であるが、D 地区は草地整備後における土壤水分状態や土壤断面中のグライ層出現位置が改善しており、これらの処理区は牧草収量が相対的に高かった。

草地では表層には肥料成分が集中するためイネ科牧草の根は 0~5cm 土層に集中しているが、北海道施肥ガイド 2020 (北海道農政部) では有効根域の深さを 30cm 以上としており、また、牧草が収量を高める際には下層の根も水の利用に重要と考えられている(『農業技術体系』土壤肥料編 第 1 卷 土壤と根圏)。本試験は根域の調査は行っていないが、浅

層暗渠による土壤水分状態や土壤還元状態の改善に伴い根張りが改善され、牧草生産性も向上する可能性があることが示唆された。

表4 草地整備前後の各処理区の冠部被度の変化

地区	整備年度	処理区名	冠部被度 ^注			
			整備前	1年目	2年目	4年目
A	2019	浅層	×	○	○	○
		無施工	×	○	○	×
B	2019	通常	×	○	△	—
		浅層	×	○	△	—
C	2020	通常	×	○	—	—
		浅層	×	○	—	—
	2021	通常	×	○	—	—
D	2020	浅層	—	×	×	—
	2021	無施工	—	○	—	—
E	2022	浅層	×	○	—	—
		通常	×	○	—	—

注 ○: 牧草(主要イネ科牧草+マメ科牧草)割合が70%以上、△: 50~70%、×: 50%以下、—: 未調査
A地区整備後4年目の無施工区はクサイ、スギナが主に含まれる。

表5 草地整備後の各処理区におけるグライ層の位置と収量

調査年度	整備後年数	処理区名	整備後グライ層	乾物収量(kg/10a)		
				1番草	2番草	合計
A (参考) ^注	2020 1	浅層	なし	368	180	547
		無施工	0~60cm	370	149	519
D	2021 2	浅層	なし	389	223	612
		無施工	0~60cm	314	315	629
D	2022 1	通常	なし	620	326	946
	2	浅層	40~60cm	475	286	761
	1	無施工	42~60cm	449	246	696
E	2023 1	通常	0~60cm	801	327	1128
		浅層	0~60cm	796	313	1109

注:A地区はシカによる食害が多い

3-4 経済効果

浅層暗渠の地下水位は通常暗渠に比べ高まる場合があり、排水効果は通常暗渠に比べやや劣る場合があると考えられるが、本試験を実施した施工後2年目までは浅層区は無施工区より高い排水効果を示した。

施工費については、通常暗渠から浅層暗渠に切り替えることにより、疎水材の量や吸水渠に用いる吸水管の費用を2~5割程度削減が期待できるほか、施工に係る人件費、燃料費の削減も期待できる。本試験で施工した場合の施工費の試算では、浅層区では通常区より4~6割の削減が見込まれた(表6)。

表 6 施工の種類による経費

施工の種類	施工に係る経費 ^{注1}		
	疎水材	吸水管に係る費用 ^{注2}	掘削・埋戻し時間
通常暗渠	10割	10割	10割
浅層暗渠	5~8割	0	6~7割
暗渠無し	0	0	0

注1 通常暗渠の掘削深や疎水材を10割として浅層暗渠の深さ・高さより計算。

注2 集水渠分の費用は除く。

浅層暗渠による排水効果の持続性については、本試験の期間内で十分な検討は行えなかつたが、既往の成果より、疎水材として使用した分解の少ない無機質の火山礫やホタテ貝殻の材は施工後 10 年目でも維持が認められており（疎水材暗渠の排水機能簡易診断と機能回復手法、中央農試 2015）、無材補助暗渠の 5 年程度に比べ長い持続性が期待できる（畑での補助暗渠による疎水材暗渠の機能回復効果と持続性、中央農試 2018）。ただし、浅層暗渠は吸水渠に吸水管を用いないため、経年化に伴い疎水材の間に土が詰まることによる機能低下が考えられ、通常暗渠より効果持続性は短くなる場合があることが想定され、持続性については今後に検討の必要がある。

4. まとめ

- 1) 土壤水分張力をみると、草地整備後の浅層区の pF0 日数はいずれの測定深とも通常区と同等かやや多く、無施工区より少ない傾向にあった。
- 2) 草地整備前の地下水位が浅い B 地区では、整備後の浅層区で地下水が吸水渠の深さまで低下したが通常区より浅く、60cm 深の pF0 日数もやや多く、排水効果は浅層区で小さいと判断する。
- 3) 土壤断面中のグライ層は、草地整備後の浅層区および通常区において、E 地区を除き出現しない、または整備前に比べ深い層位に出現した。E 地区は整備後の地下水位が通常区でやや深くなるが、両処理区とも 20cm 未満と吸水渠の深さより浅く、40cm 深の pF0 日数も多かったことから、グライ層が表層から出現し、この様な地下水位の条件では暗渠による排水効果は小さかった。草地整備前 0~60cm 土層の一部にグライ層が出現する余剰水の影響が比較的小さい条件では、浅層区でも整備後に土壤還元状態が解消されており、浅層暗渠により一定程度排水性を改善できる可能性がある。
- 4) 土壤貫入抵抗値は、草地整備後において浅層区 = 通常区 > 無施工区の傾向にあった。本試験では、地耐力として必要とされる 0.39 MPa（土地改良事業計画設計基準）を下回

る事例がなかったものの、浅層暗渠の施工は無施工と比較して地耐力を向上させる可能性がある。

- 5) 牧草割合（冠部被度）は、草地整備後1年目では各処理区とも70%以上に改善した。経年化に伴い若干のイネ科雑草侵入を生じるが、草地整備後4年を経過したA地区では、浅層区の牧草割合が80%以上に対し、無施工区では湿性植物の増加で牧草割合が40%と低下し、過湿による影響と考えられた。牧草収量を確認できた事例の中で、D地区の草地整備後に土壤水分状態や土壤断面中のグライ層出現位置の改善した通常区は無施工区に比べ牧草収量が相対的に高かった。従って、暗渠による土壤水分状態の改善に伴い、牧草生産性も向上する可能性が示唆された。
- 6) 草地整備時の施工費を試算した結果、浅層区では通常区よりも4~6割の削減が見込まれたが、吸水管を用いない浅層暗渠の効果持続性については更なる検討が必要である。

以上、浅層暗渠は地下水位が吸水渠より浅くなり易い条件では排水効果は小さいと考えられるが、余剰水の影響が比較的小さい条件では低コストな排水性改善対策として効果が期待できる。ただし、排水効果は吸水渠の深さに影響を受ける場合があり、飼料用とうもろこしや深根性のマメ科牧草を栽培する際は通常暗渠の施工が望ましい。

5. おわりに

成果の活用については、暗渠排水設計指針(北海道)の技術資料に地区事例として記載し、道営草地整備事業で活用する。

ただし、留意点として、浅層暗渠による下層の改善効果は通常暗渠より劣るため、地下水位の高い圃場では効果が不十分になる可能性がある。

また、浅層暗渠は下層の排水が不十分になる場合があり、飼料用とうもろこしやアルファアルファには活用が困難である。

以上より、浅層暗渠については、表面水排除を目的としたほ場で、安価な排水対策工法として、全道の営農者や事業関係者などに向けて発信していきたい。

【参考文献】

- 1 : 畑での補助暗渠による疎水材暗渠の機能回復効果と持続性北海道立総合研究機構（中央農業試験場 農業環境部環境保全グループ(2018)）
- 2 : 北海道施肥ガイド2020（北海道農政部）
- 3 : アルファアルファの湿害に関する試験成績（滝川畜試、昭和42年）
- 4 : 遠紋地域における飼料用とうもろこし畑の生産阻害要因と土壤・栽培管理法（北見農試、平成26年）
- 5 : 土地改良事業計画設計基準（平成29年農水省）
- 6 : 『農業技術体系』土壤肥料編 第1巻 土壤と根圏
- 7 : 疎水材暗渠の排水機能簡易診断と機能回復手法（中央農試 2015）

【協力機関】

北海道宗谷総合振興局産業振興部農村振興課

北海道才ホーツク総合振興局産業振興部整備課

北海道才ホーツク総合振興局産業振興部西部耕地出張所

北海道才ホーツク総合振興局産業振興部網走農業改良普及センター遠軽支所

北海道釧路総合振興局産業振興部農村振興課

北海道釧路総合振興局産業振興部釧路農業改良普及センター釧路中西部支所

北海道根室振興局産業振興部農村振興課

北海道根室振興局産業振興部根室農業改良普及センター