

# 研 究 参 考 事 項

# 黒大豆の加工時皮切れ耐性の評価法(研究参考事項)

中央農業試験場加工利用部農産品質グループ

黒大豆の加工時皮切れは、原粒時の剥皮が主要因である。剥皮は外力により生じ、子実水分が低いほど増加し、亀甲じわは剥皮を助長する。品種・系統の加工時皮切れ耐性の評価は、子実水分調整後の試料を外力付与(落下高 25cm×30回)し、水浸処理後に皮切れ粒率を複数年調査することにより行う。

## 1 試験目的

国産黒大豆では安定供給が求められているが、原粒外観上は無損傷様であるものの加工時に皮切れするものがあることから歩留まりの低下が問題となっており、生産者や実需者からは皮切れの発生要因の解明や対策が求められている。この対策として品種育成への期待は大きいですが、客観的な評価法は未確立であり、加工時皮切れ耐性を有する品種開発に取り組むことは困難であった。

そこで、加工時皮切れ耐性を有する黒大豆の品種開発に寄与することを目的に、黒大豆の加工時皮切れの発生要因を明らかにし、これに基づく加工時皮切れ耐性の評価法を確立することとした。

## 2 試験方法

### (1) 黒大豆の加工時皮切れの発生実態と要因解明(R元~R2年度)

- ・ねらい：由来の異なる黒大豆を用いて皮切れ症状の発生要因を明らかにする。
- ・試験項目等：産地9か所、3品種、収穫法等由来が異なる原粒の外観品質(しわ、剥皮等)と水浸後皮切れ程度

### (2) 黒大豆の加工時皮切れ耐性評価法の確立(R3~5年度)

- ・ねらい：試験1)で得られた皮切れ要因の知見に基づき、黒大豆の加工時皮切れ耐性の評価法を確立する。
- ・試験項目等：子実水分別の皮切れ耐性評価、外力付与法、品種・系統別の加工時皮切れ耐性評価等

【加工時皮切れ】原粒外観上は無損傷様であるが加工時(蒸煮、煮熟)に生じる顕著な皮切れ。加工時皮切れは、視認性に優れる水浸処理後(20、24時間)の皮切れ(水浸後皮切れ)により評価することとした。

【過皮切れ】水浸後皮切れ評価において、外・内皮ともに損傷があり子葉が露出したもの。加工時に特に課題とされる顕著な皮切れの指標とした。

【剥皮】拡大観察により外皮損傷が認められ、損傷部周辺が子葉部と剥離した症状。視認が極めて困難なことから、水浸後皮切れにより間接的に評価する。

【その他】縮緬じわは子実へその反対側が細かく波状になるしわ。亀甲じわは種皮が子葉から浮いて剥離状態を伴い亀甲状に隆起したしわ。裂皮は種皮表面上の亀裂。

### 3 試験成績

表1 過皮切れの発生要因

要因	自由度	尤度比 <sup>1)</sup> カイ2乗	同左 p値
剥皮の有無	1	1652.5	<.0001
裂皮の有無	1	60.3	<.0001
産地(9産地)	8	39.8	<.0001
年度(3か年)	2	37.5	<.0001
品種(3品種)	2	13.9	0.001
縮緬じわの有無	1	12.1	0.001
亀甲じわの有無	1	6.2	0.013
粒大-粒厚	1	5.1	0.024
調製工程の有無	2	5.2	0.075
収穫法(3水準)	2	5.0	0.081
粒大-粒重	1	2.7	0.101
粒大-粒高	1	0.7	0.415
粒大-粒長	1	0.3	0.572
粒大-粒長/粒高	1	0.3	0.578

1) 原粒の由来や外観品質、収穫法を説明変数とした名義ロジスティック回帰分析による尤度比検定(n=6162)。

表2 子実水分や品種・系統の違いが皮切れに及ぼす影響

子実水分	品種・ 系統名	程度別皮切れ粒率(%、無処理)			外力 耐性 指数
		皮切れ 無	程度 1	程度2,3 (過皮切れ)	
18.0%	いわいくろ	86.1	4.7	9.2	99.9
	十育271号	80.2 <sup>ns</sup>	8.2 <sup>ns</sup>	11.6 <sup>ns</sup>	103.0 <sup>ns</sup>
15.0%	いわいくろ	82.7	10.6	6.7	99.3
	十育271号	84.4 <sup>ns</sup>	4.9 <sup>*</sup>	10.6 <sup>ns</sup>	99.4 <sup>ns</sup>
12.5%	いわいくろ	75.2	13.3	11.4	97.6
	十育271号	77.4 <sup>ns</sup>	9.2 <sup>ns</sup>	13.3 <sup>ns</sup>	89.6 <sup>ns</sup>
10.0%	いわいくろ	79.0	12.0	9.0	84.2
	十育271号	81.1 <sup>ns</sup>	10.7 <sup>ns</sup>	8.2 <sup>ns</sup>	75.2 <sup>*</sup>
8.0%	いわいくろ	74.6	14.6	10.8	80.5
	十育271号	75.2 <sup>ns</sup>	13.3 <sup>ns</sup>	11.5 <sup>ns</sup>	64.2 <sup>*</sup>
5.0%	いわいくろ	71.2	19.8	8.9	79.9
	十育271号	46.6 <sup>**</sup>	41.5 <sup>**</sup>	11.9 <sup>ns</sup>	68.4 <sup>ns</sup>

1) 現地 2021 年産(当初子実水分:いわいくろ 15.5%、十育 271 号 14.0%)を子実水分調整したうえで調査したもの。

2) 皮切れ区分は、程度 1:外皮は損傷しているが、内皮は健全で子葉が露出していない。程度 2,3:外・内皮ともに損傷があり、子葉が露出している(過皮切れ)。

3) 外力耐性指数 =  $100 - [(B_{30} - B_0) / ((100 - B_0) / 100)]$

但し、 $B_{30}$ :外力付与後の過皮切れ粒率、 $B_0$ :無処理における過皮切れ粒率。数値が大きい程、加工時皮切れ耐性が強いことを示す。

4) \*\*, \* は t 検定により 1、5%水準の有意性、ns は有意性がないことを示す(n=3)。

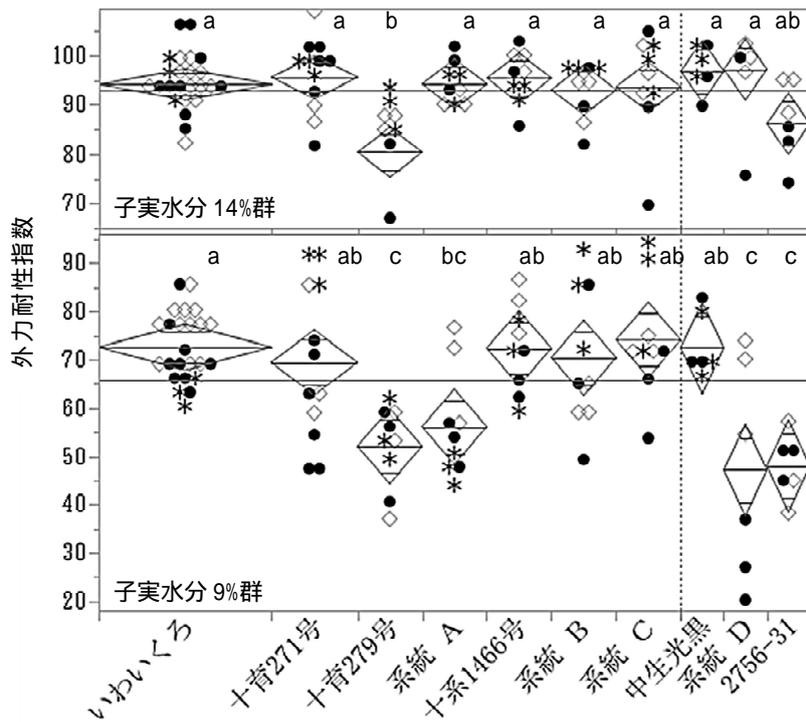


図1 品種・系統間の子実水分別の外力耐性指数

○ : 2021年産      ● : 2022年産      \* : 2023年産

- 1) 成熟期後14日収穫・慣行脱穀(概ね収穫1か月後)。但し、2023年産14%群は成熟期後14日収穫・早期脱穀(収穫直後~2日後)。
- 2) 系統A~Dは育成中の系統
- 3) 中生光黒、系統D、2756-31は2か年のみ供試。
- 4) 中央線は全サンプルの平均値、ひし形の中央線は各品種・系統の平均、高さは95%信頼区間、短線はオーバーラップマーク、横幅はサンプルサイズを示す。
- 5) 異文字間で5%水準の有意差あり(Tukey法)。
- 6) 3か年供試品種・系統間による分散分析: 品種・系統<sup>\*\*\*</sup>、生産年<sup>\*\*</sup>、品種・系統×生産年<sup>\*\*\*</sup> (\*\*\*, \*\*は0.1, 1%水準で有意差あり)。

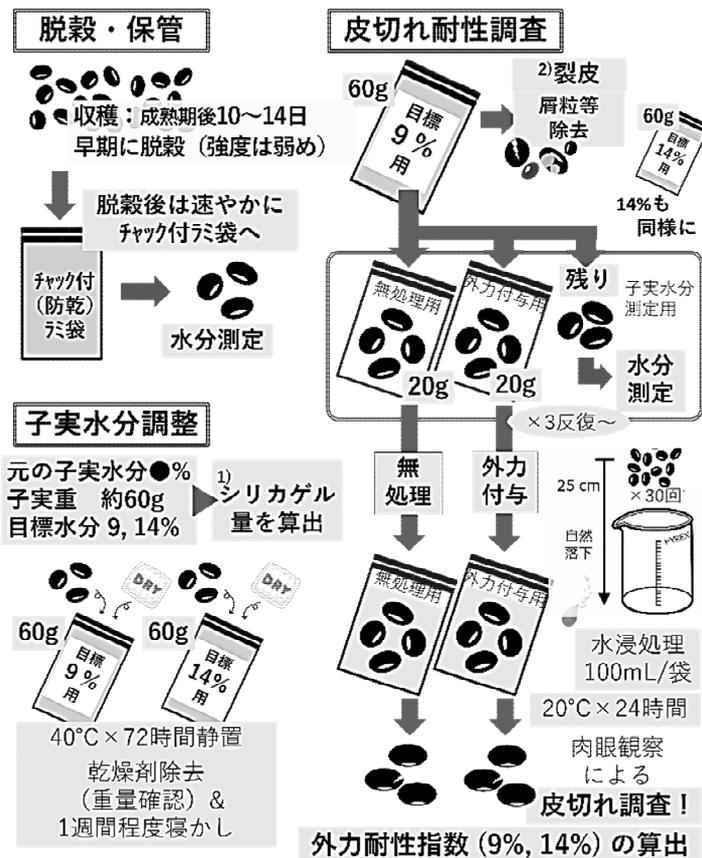


図2 黒大豆の加工時皮切れ耐性評価法

- 1) シリカゲル量 =  $-4.89 \times \{ \tanh [ 0.5 \times ( -0.77a - 0.04b + 5.32c - 48.85 ) ] \} - 15.95 \times \{ \tanh [ 0.5 \times ( -0.38a - 0.02b + 0.46c + 1.92 ) ] \} - 5.93 \times \{ \tanh [ 0.5 \times ( -0.50a - 0.15b - 0.94c + 26.41 ) ] \} + 11.89$  ( $r=0.996^{***}$ ,  $RMSE=0.823$ )  
 但し、a: 元の子実水分(%), b: 子実重(g)、c: 目標とする子実水分(9 or 14)。  
 シリカゲルは使用毎に袋ごと乾燥(105、24時間以上)しておく。  
 2) チャック付きラミ袋: PET/アルミ箔ラミネート製の防乾用袋。  
 3) 裂皮多発年は、調査の妨げになる不定形裂皮や裂皮幅2mm以上の粒は除く、又は無処理用と外力付与用に均等配分する。

#### 4 試験結果及び考察

- (1) 加工時皮切れの指標とした過皮切れに対する影響は、原粒剥皮 裂皮 > 産地 年度 > 品種 縮緬じわ 亀甲じわの順に大きく、剥皮が加工時皮切れの主要因と考えられた(表1)。
- (2) 子実水分18~20%で収穫する基本技術(2007年指導参考事項)の励行が作業競合等で困難な地域の生産物には亀甲じわが多く、過皮切れ粒率は高かった(データ略)。亀甲じわを有する試料では外力が強いほど過皮切れ粒率が高くなることから、亀甲じわは剥皮を助長すると考えられた。また、子実水分が低いほど外力付与による剥皮は増加した(データ略)。
- (3) 加工時皮切れは、原粒時の剥皮発生部から水分が直接子葉部へ到達し、子葉部が急速に吸水、膨潤することにより発生すると推察された(データ略)。
- (4) 解明した発生要因を再現する観点から、子実水分別に外力付与(落下高25cm×30回)による剥皮を発生させた試料と無処理の試料を水浸処理(20、24時間)し、皮切れ耐性の評価を試みた。無処理では、子実水分が低いほど、程度1の皮切れが増える傾向にあったが、程度2,3の皮切れ(過皮切れ)は子実水分や品種・系統の違いによる差は判然としなかった(表2)。
- (5) 外力付与により過皮切れに至らない割合を示す外力耐性指数を調査した結果、子実水分10.0%と8.0%では「いわいくろ」と「十育271号」の間で有意な差がみられたが、12.5%以上では判然としなかった(表2)。このため子実水分9.0%における外力耐性

指数により品種・系統間差を判断することが適当と考えられた。

- (6) 子実水分 14%群（剥皮等の外皮損傷が発生しにくい条件）の外力耐性指数をみたところ、「十育 279 号」は「いわいくろ」と比べて有意に低かったことから（図 1）、本系統は一般的な子実水分における加工時皮切れ耐性が劣ることが推察された。
- (7) 収穫期が遅いほど剥皮を助長する亀甲じわ粒率は増え、脱穀強度が強いほど過皮切れ粒率は高くなった（データ略）。評価用の試料は剥皮等の外皮損傷を最小限とするため、収穫を成熟期後 10～14 日とし、収穫後は過乾燥を防ぐために早期脱穀（脱穀強度は弱め）のうえ、防乾用のチャック付きラミ袋に保管することが望ましい。
- (8) 以上をふまえて確立した加工時皮切れ耐性評価法を図 2 に示した。すなわち、上記（7）の保管試料を用いてシリカゲル添加により所定の子実水分に調整した後、外力付与の有無で皮切れ粒率を調査し、外力耐性指数を算出する。

## 5 普及指導上の注意事項

- (1) 加工時皮切れ耐性に優れる黒大豆の品種開発において活用する。
- (2) 本評価は年次間差が認められることから、栽培や収穫・脱穀時の条件を極力揃え、複数年の傾向を把握しながら行う。
- (3) 本研究は生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」（JPJ007097）の支援を受けて実施した。

# 行政參考事項

# 草地整備時に施工した浅層暗渠の効果検証（行政参考事項）

酪農試験場草地研究部飼料生産技術グループ

浅層暗渠は地下水位が吸水渠の深さより浅くなり易い条件では排水効果が小さいものの、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地耐力や牧草生産性の向上に対する効果が期待できる。

## 1 試験目的

低コストな基盤整備手法として、吸水管を用いず疎水材のみで埋設深を浅くした浅層暗渠の効果検証を多様な圃場条件で実施し、浅層暗渠が圃場の排水性および牧草生産性に及ぼす影響を明らかにする。

## 2 試験方法

(1) 草地における浅層暗渠の施工が牧草生産性、土壌物理性および排水性に及ぼす影響ねらい：浅層暗渠が圃場の排水性および牧草生産性に及ぼす影響を明らかにする。

試験項目等：

【供試圃場】草地整備事業対象の5地区。

【試験処理】草地整備時に、吸水渠の掘削深・吸水管の有無が異なる浅層区（掘削深 35～40cm・埋戻土 25cm・管無）通常区（同 60cm・40cm・有）（図1）、暗渠を施工しない無施工区を、各地区で2～3処理設置。浅層区および通常区における吸水渠の間隔は10～12mとし、これらを集水渠に接続（図2）。

【調査項目】土壌水分張力、地下水位、土壌断面調査（グライ層）、土壌物理性（土壌貫入抵抗値）、牧草生産性（牧草割合、収量）。

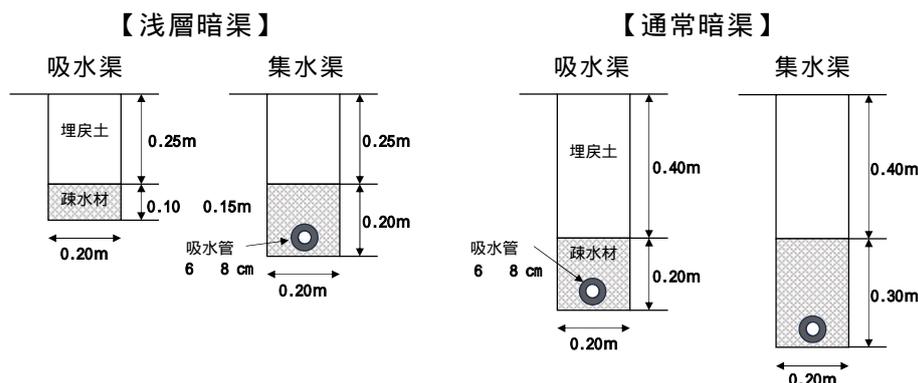


図1 浅層暗渠と通常暗渠の吸水渠と集水渠の断面図  
疎水材には火山礫やホタテ貝殻を使用。

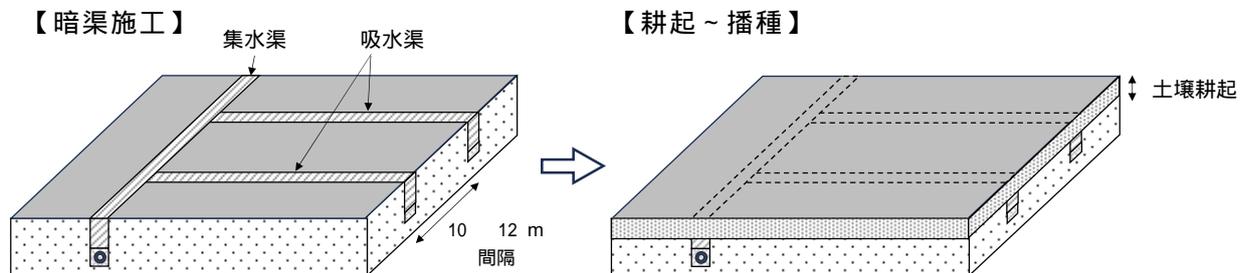


図2 草地整備における吸水渠と集水渠の施工イメージ図

採草地にはチモシー・シロクロバ、放牧地はチモシー・メドウフェスク・シロクロバを播種。

### 3 試験成績

表1 草地整備前後の土壌水分張力・地下水位・グライ層と土壌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 <sup>注1</sup>				土壌還元状態の改善効果 <sup>注3</sup>	
		pF0日数/測定日数		地下水位 (最高cm)	グライ層 <sup>注2</sup>	処理区	pF0日数/調査日数		地下水位 (最高cm)		グライ層 <sup>注2</sup>
		40cm深	60cm深				40cm深	60cm深			
A (火山性土)	同一圃場	-	-	-	24~60cm	浅層 無施工	-	1/71	-	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	9/133	-	19.2	0~60cm	×
						浅層	9/113	-	15.0	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、牧草の土壌診断基準における有効根域の深さは30cm以上】

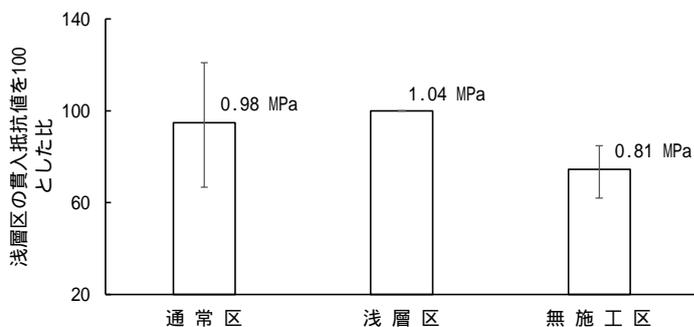


図3 草地整備後の土壌貫入抵抗値 (浅層区を100とした比)

図中数字は地表面下15cmまでの土壌貫入抵抗値の処理区平均。サンプル数は通常区 n=7、浅層区 n=10、無施工区 n=6。

表2 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 <sup>注</sup>			
			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	×		-	-
D	2021	通常	×		-	-
	2020	浅層	-	×	×	-
	2021	無施工	-		-	-
E	2022	浅層	×		-	-
		通常	×		-	-

注 A、D、E地区は採草利用、B、C地区は放牧利用。 : 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3 草地整備後の各処理区におけるグライ層の位置と収量

地区 <sup>注</sup>	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
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 D、E地区は採草利用。なお、A地区はシカによる食害、B、C地区は放牧地のためデータ無し。

表4 各施工に係る経費の試算

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。

#### 4 試験結果及び考察

- (1) 土壌水分張力(pF)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(表1)。
- (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位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考えられた(表1)。
- (3) 土壌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(表1)。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、このよう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(表1)。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壌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(表1)。
- (4) 土壌貫入抵抗値は、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(図3)。本試験では、地耐力として必要とされる0.39MPa(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(データ略)、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年目を経過したA地区では、浅層区で牧草割合が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(表2)。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壌水分状態や土壌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(表3)。従って、暗渠による土壌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(表4)、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。
- (7) 以上、浅層暗渠は地下水位が吸水渠の深さ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 普及指導上の注意事項

- (1) 試験成果が暗渠排水設計指針(北海道)の技術資料に地区事例として記載され、道営草地整備事業に活用される。
- (2) 浅層暗渠による下層の改善効果は通常暗渠より劣る場合があるため、地下水位の浅い圃場では効果が不十分になる可能性がある。
- (3) 飼料用とうもろこしやアルファルファの栽培が想定される圃場では活用せず、整備後に再耕起する際は暗渠の埋戻土の深さに留意した耕起深とする。