

笠岡湾干拓地の土壌改良に関する研究 (第2報)

暗きよによる排水および除塩効果

山本章吾・柳井雅美・高原清司*・板野豊彦**

Studies on the Method of soil Improvement in the
Kasaoka Bay Polder

(2) Effect of the Underdrain for the Drainage and
the Salts Exclusion

Shogo YAMAMOTO, Masayosi YANAI, Kiyosi TAKAHARA * and
Toyohiko ITANO **

緒言

笠岡湾干拓地は、海面干拓地を干陸当初から畑地利用するものとして、わが国で初めての例である。また、干拓水田の畑作転換に関する研究も古賀¹⁾、陣野²⁾、らの有明干拓地の報告があるのみである。

そこで、畑作農営に必要な農地整備に当っては、長堀^{3,4,5)}、天谷⁶⁾、らの圃場造成試験に基づいて排水工、除塩工などの施工が行われた⁷⁾。しかし、平岡^{8,9)}によれば、干拓地土壌は干陸8年目の圃場整備後においても土壌構造が未発達で透排水性が低く、グライ層の出現位置も深さ50cm以内と高いため、畑作農営において透排水性・通気性の不良や根の伸長抑制などが考えられた。この土壌物理性の不良は、農地造成時に施工された本暗きよの排水効果が圃場全体に及んでいないこと⁹⁾、さらに本研究の第1報¹⁰⁾で述べたように営農の開始にともなう大型作業機械の踏圧の影響を受けているものと考えられた。さらに、土壌物理性の低下は干拓地土壌に元来過剰に含まれていた塩素や各種塩基類の溶脱を停滞させ、栽培作物の生育阻害要因となるため¹⁰⁾、干拓地における新たな透排水性の改良技術が必要である。

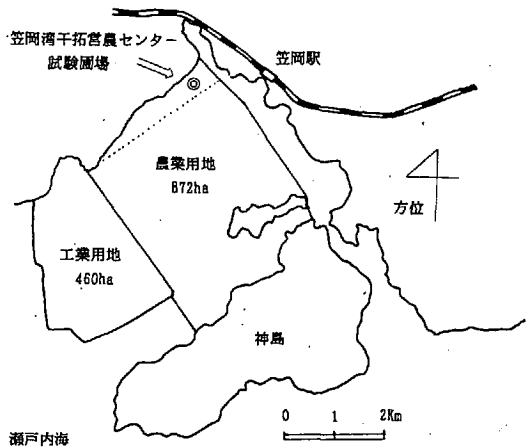
そこで、笠岡湾干拓営農センター圃場において、圃場造成時の本暗きよに加えて、営農作業のなかで排水機能を高めて土壌の乾燥を促すとともに、過剰に含まれている塩分の溶脱を促すための手段として補助暗

きよおよび複合暗きよ¹¹⁾の効果を検討し一定の成果が得られたので、その概要を報告する。

なお、調査にご協力いただいた笠岡湾干拓営農センターの各位に厚くお礼申し上げる。

試験方法

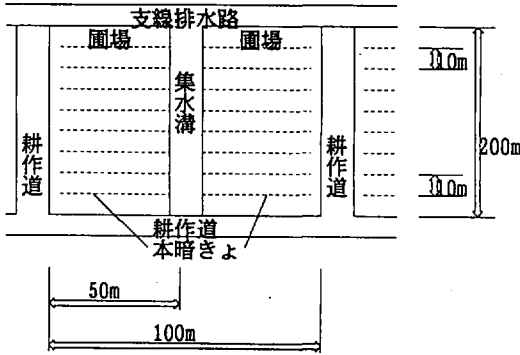
笠岡湾干拓営農センター内の試験圃場は、第1図に示すとおり、本干拓地北方の笠岡市国繁寄りにあり、1986~1987年1月の圃場整備後、1987年の夏作から試験栽培を開始した。試験圃場図を第2図に、集水溝および本暗きよの敷設図を第3図に示した。



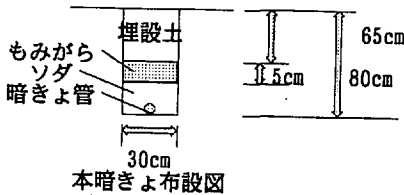
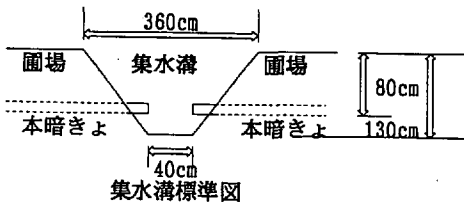
第1図 笠岡湾干拓地内試験圃場位置図

* 岡山県倉敷農業改良普及センター総社支所 (元笠岡湾干拓営農センター)

** 岡山県農林部地域農業振興室 (元笠岡湾干拓営農センター)



第2図 試験圃場図



第3図 圃場排水標準図

第1表 調査圃場の層別物理性

深さ (cm)	粒径区分(%)					土性 区分	真 比重
	粗砂	細砂	砂計	微砂	粘土		
0~20	21.6	15.7	37.3	33.9	28.8	LiC	2.61
20~40	19.3	16.6	35.9	36.7	27.4	LiC	2.67

圃場整備における排水対策として、圃場勾配を1/125~1/300とし、100m×200m区画の圃場に100m間隔で深さ1.3mの集水溝を設けた。加えて、地下排水対策として埋設深80cmの本暗きよを、集水溝に向けて10m間隔に施工した。

さらに、同年に分散型のナトリウム型粘土をカルシウム型粘土へ改良するために、石こうを深さ50cmまで深耕混和した。

試験開始前の土壌の物理性は第1表のとおりで、本干拓地の一般的な土壌特性を保持しており、真比重は2.6、土性は強粘質の軽埴土(LiC)であった。

このような重粘土壤では、暗きよの集水管に通じる水みちが十分に発達しなければ暗きよ排水の効果は上

がらなく考えられる。暗きよ排水の効果を上げるためには、暗きよ施工の密度を高めるか、2種類以上の暗きよを直交に組み合わせて複合暗きよとする方法がある。ここでは、以下に示すように、暗きよ排水の効果をも高めるための補助暗きよと弾丸暗きよの直交施工による複合暗きよの効果进行调查した。

1. 補助暗きよの施工法

第4図に示すように、圃場造成時に敷設された本暗きよ(暗きよ間隔10m、以下本暗きよ区とする)の間に1988年3月に補助暗きよ(暗きよ間隔5m、以下補助暗きよ区とする)を深さ50cmに施工した。暗きよ集水管は、塩化ビニール製コルゲート管(直径60mm)を使用し、埋戻し材は掘削土を用いた。

2. 複合暗きよの施工法

暗きよ排水の効果をもより高めることを目的に、1992年(1回目)と1993年(2回目)の6月に、本暗きよおよび補助暗きよに対して弾丸暗きよを直交方向に施工し、複合暗きよとしての効果进行调查した。複合暗きよの施工配置図を第5図に示した。弾丸暗きよの施工方法は、トラクターでけん引する振動式サブソイラー(弾丸径約80mm)により1.2m間隔で渠孔を施工した。ただし、弾丸暗きよの施工深度は、25cmまたは35cmとした。

供試作物は、夏作がソルガム(ハイブリッドソルゴ)、冬作がイタリアンライグラス(ナツアオバ)であった。

作物の収量調査は、各飼料作物の出穂期の4~5月と9~10月に行い、土壌調査は収穫跡地について行った。

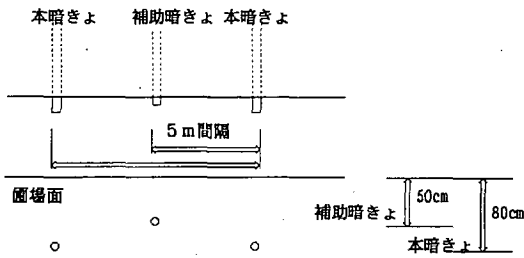
土壌化学性の調査は深さ0~20cm(第1層)と20~40cm(第2層)、土壌物理性の調査は深さ7.5~12.5cm(第1層)と27.5~32.5cm(第2層)の層別別に試料を採取し、分析・測定を行った。なお、分析測定法は、土壌、水質及び作物体分析法(農林水産省農産課編、1976年)によった。

結 果

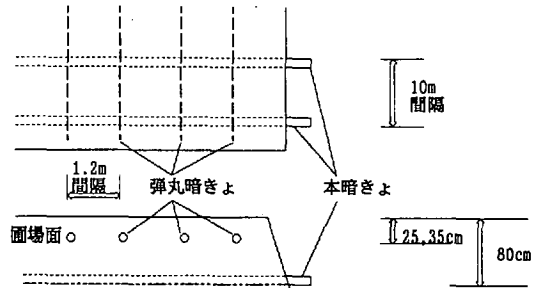
1. 補助暗きよの効果

(1) 土壌の物理性

暗きよの施工による排水機能は、土壌中に含まれる過剰水を集水管に吸収し、集水管を通じて集水溝へ排出させることである。特に、笠岡湾干拓地の主要な土壌である強粘質土壤における透排水性の良否は、過剰



第4図 補助暗きよの施工配置

第5図 複合暗きよ^{a)}の施工配置

a) 本暗きよまたは補助暗きよに弾丸暗きよを直交施工した組合せ暗きよ

水を集水管へと導く孔隙、いわゆる水みちの形成程度に左右されると考えられる。そこで、土壤物理性のうち補助暗きよの施工による三相分布の経年変化を第6図、粗孔隙率の経年変化を第7図に示した。

1) 三相分布、粗孔隙率

本暗きよ区(隣接部、中間点)の三相分布のうち固相率は、おおむね土壤物理性の改良目標値¹²⁾(固相率53%以下)を満たしているが、本暗きよ隣接部の方が中間点より少ない傾向であった。

また、気相率および粗孔隙率は、本暗きよ隣接部における平均値が第1層ではそれぞれ19.8%, 13.0%, 第2層では13.2%, 9.3%で改良目標値¹²⁾とされる主要根群域(地表下40cm)までの気相率15%, 粗孔隙率10%以上にほぼ改善されていた。しかし、本暗きよ中間点における第2層の気相率、粗孔隙率は平均値で9.5%, 5.5%と改良目標値以下で、本暗きよの効果は集水管の周辺部に限られており、圃場全体には及んでいなかった。

補助暗きよ区の三相分布は、第1, 2層ともに調査時期による変動がみられた。固相率は、本暗きよ区同様おおむね畑土の物理性の適正值¹²⁾を満たしており、対照区との差はあまり認められなかった。しかし、気相率と粗孔隙率は、補助暗きよ区では第1層で平均20.0%, 11.8%, 第2層で12.3%, 7.0%に対し、対照区では第1層で15.1%, 6.6%, 第2層で9.7%, 4.1%と第1, 2層ともに補助暗きよ区が対照区に比べて高い傾向が認められた。これらのことは、補助暗きよを施工して暗きよの密度を高めることによって、固相率の顕著な変化は認められないものの、水みちとしての土壤中の微細な孔隙の形成が促進され、過剰な土壌水分の排水性を高めることにより、対照区に比べて透排水性・通気性が改善される傾向を示している。さらに、平岡⁹⁾らの調査から明らかなように、透排水性の向上による土壌の乾燥促進によって、土壌構造の発達など、下層土の物理性改善効果も発揮されると期待された。

2) 透水係数

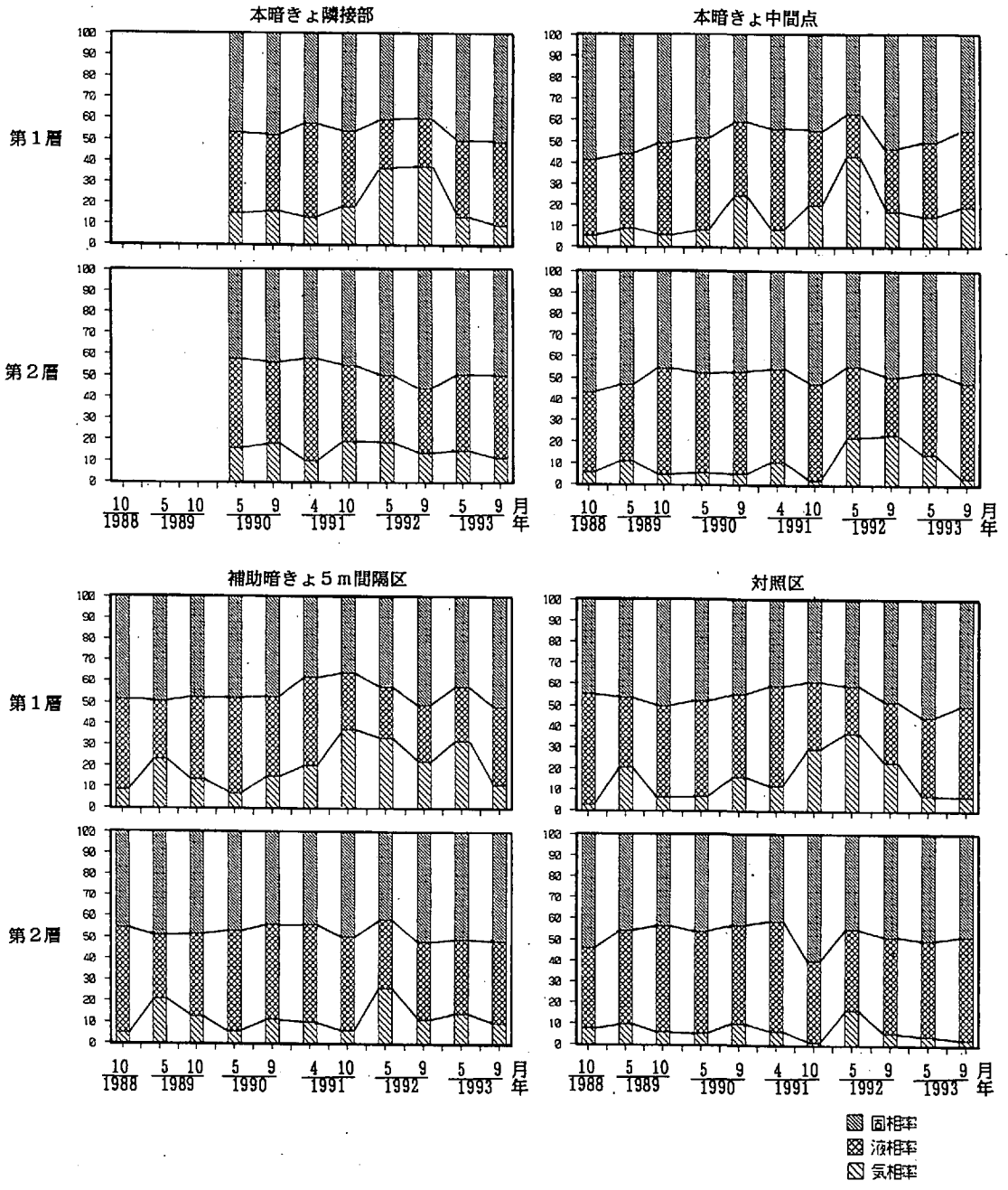
粗孔隙率とともに、土壌の透排水性の指標となる透水係数の層別推移を第2表に示した。本暗きよ隣接部の透水係数は、第1, 2層ともに改良目標値の 10^{-4} cm/sec.をほぼ満たして良好な状態であった。しかし、中間点では、特に第2層において改良目標値を下回ることが多く、透排水性は圃場全体にまで及んでいなかった。

しかし、補助暗きよ区では施工後5作目あたりから第2層の透水係数が改善される傾向が認められ、対照区が $10^{-4} \sim 10^{-6}$ cm/sec.なのに対して $10^{-3} \sim 10^{-4}$ cm/sec.にまで向上し、効果はやや不安定であるが透排水性の向上がみられた。

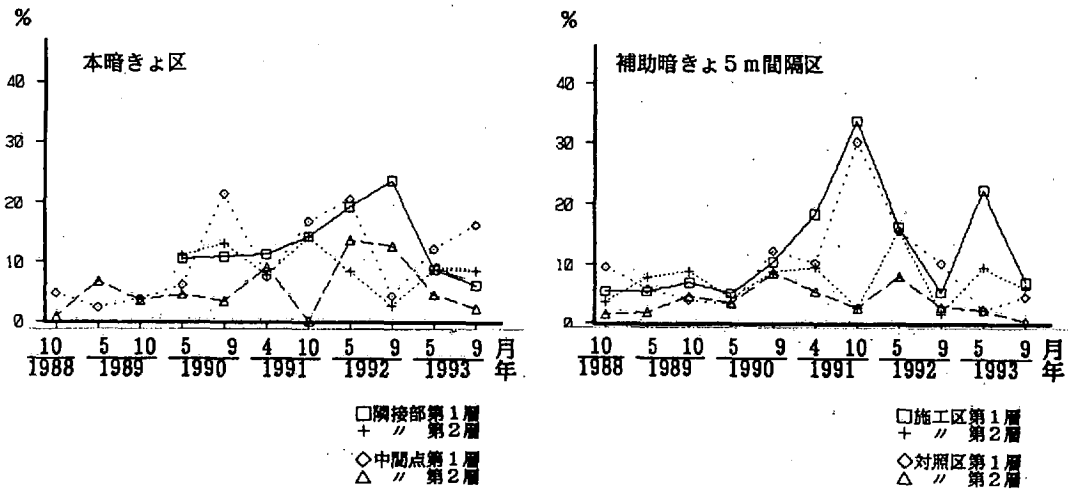
以上の結果、本暗きよの隣接部に比べると施工後7年経過後も不安定であったが、補助暗きよの施工によって気相率、粗孔隙率が増加して透水係数が高くなり、透排水性・通気性などの改善効果が認められた。さらに、透排水性の向上によって土壌の乾燥化が進み、酸化層の深化とともに土壌構造の発達を促すことになり、畑作物の主要根群域が広がるなどの効果が期待された。

(2) 土壌の化学性

わが国の干拓地では従来から水稲が栽培され、用水が確保される条件では作物の生育阻害要因としての塩分はそれほど問題にならなかった⁷⁾。しかし、本干拓地のように海面干拓地において安定した畑作営農を行うためには、透排水性・通気性などの土壤物理性の改善と同時に土壌中に多量に含まれる塩素やナトリウムイオンなどの除塩の徹底、塩基置換容量(CEC)に対して過剰に含まれる塩基組成の矯正などの土壤化学性の改善が必要である。特に畑作物において、除塩促進の可否は栽培作物の生育・収量に大きな影響を及ぼすものと思われた^{13,14)}。そこで、補助暗きよの除塩効果を調べるために土壌の電気伝導度(EC)と塩素濃度の経年



第6図 本暗きよおよび補助暗きよ施工区の三相分布 (%) の推移



第7図 本暗きよおよび補助暗きよ施工区の粗孔隙率の推移

変化を第8図と第9図に示した。

1) EC, 塩素濃度

本暗きよ隣接部のEC, 塩素濃度は第1, 2層ともにほぼ改良目標値¹²⁾(EC: 0.5mS/cm, 塩素濃度: 0.07%)以下の値で推移しており, 隣接部における除塩効果が認められた。しかし, 本暗きよ中間点のECと塩素濃度は次第に低下する傾向が認められるものの, 塩分濃度が高く, 特に第2層では高濃度の塩分が含まれており, 改良目標値を上回っていた。このように, 本暗きよの除塩効果は, 施工後5年以上経過しても暗きよの周辺部に限られており, 圃場全体に及んでいなかった。

補助暗きよ施工時のEC, 塩素濃度はともに高く, 特に第2層はそれぞれ2.2~3.0mS/cm, 0.22~0.26%で改良

目標値を大幅に上回っていた。しかし, 補助暗きよの施工によって, EC, 塩素濃度は施工後3, 4作目から対照区に比べて低下する傾向がみられた。さらに, 6, 7作目には第1, 2層ともにほぼ改良目標値以下にまで低下しており, 補助暗きよによる除塩の促進効果が認められた。

2) 1N酢安可溶性塩基類

第10図は, 本暗きよおよび補助暗きよの施工による1N酢安可溶性塩基類(水溶性および交換性塩基類の含量)含有量の経年変化をまとめたものである。

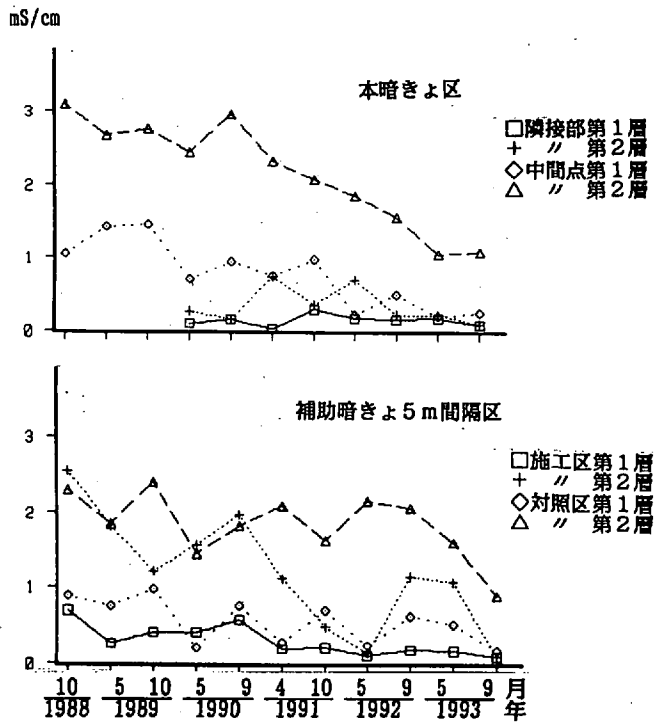
作物の正常な生育が得られ, ナトリウム型粘土が改良されるためには, 適正な塩基含有量および組成割合となる必要がある。試験土壌における適正塩基類含量は, 塩基置換容量(CEC) 20me/100gにおいて

第2表 土壌透水係数^{a)}の経年変化

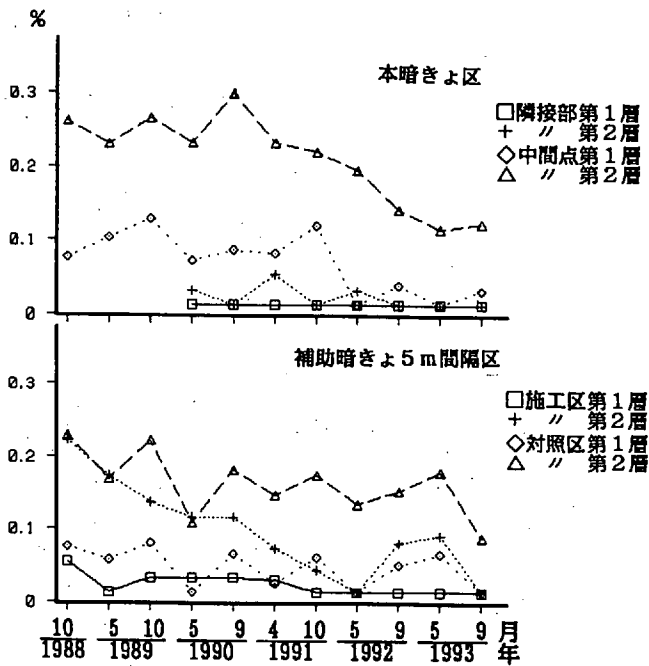
試験区	区分	層 ^{b)} 位	1988年		1989年		1990年			1991年		1992年		1993年		1994年	
			10月	5月	10月	5月	9月	4月	10月	5月	9月	5月	9月	5月			
本暗きよ	隣接部	1	—	—	—	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻¹			
		2	—	—	—	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³			
	中間点	1	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁶		
		2	10 ⁻⁵	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶		
補助暗きよ 5m間隔	施工区	1	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻²			
		2	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻³			
	対照区	1	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵			
		2	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻³	10 ⁻⁷	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴			

a) cm/sec.

b) 第1層(7.5~12.5cm), 第2層(27.5~32.5cm)



第8図 本暗きよおよび補助暗きよ施工区のEC (mS/cm) の推移

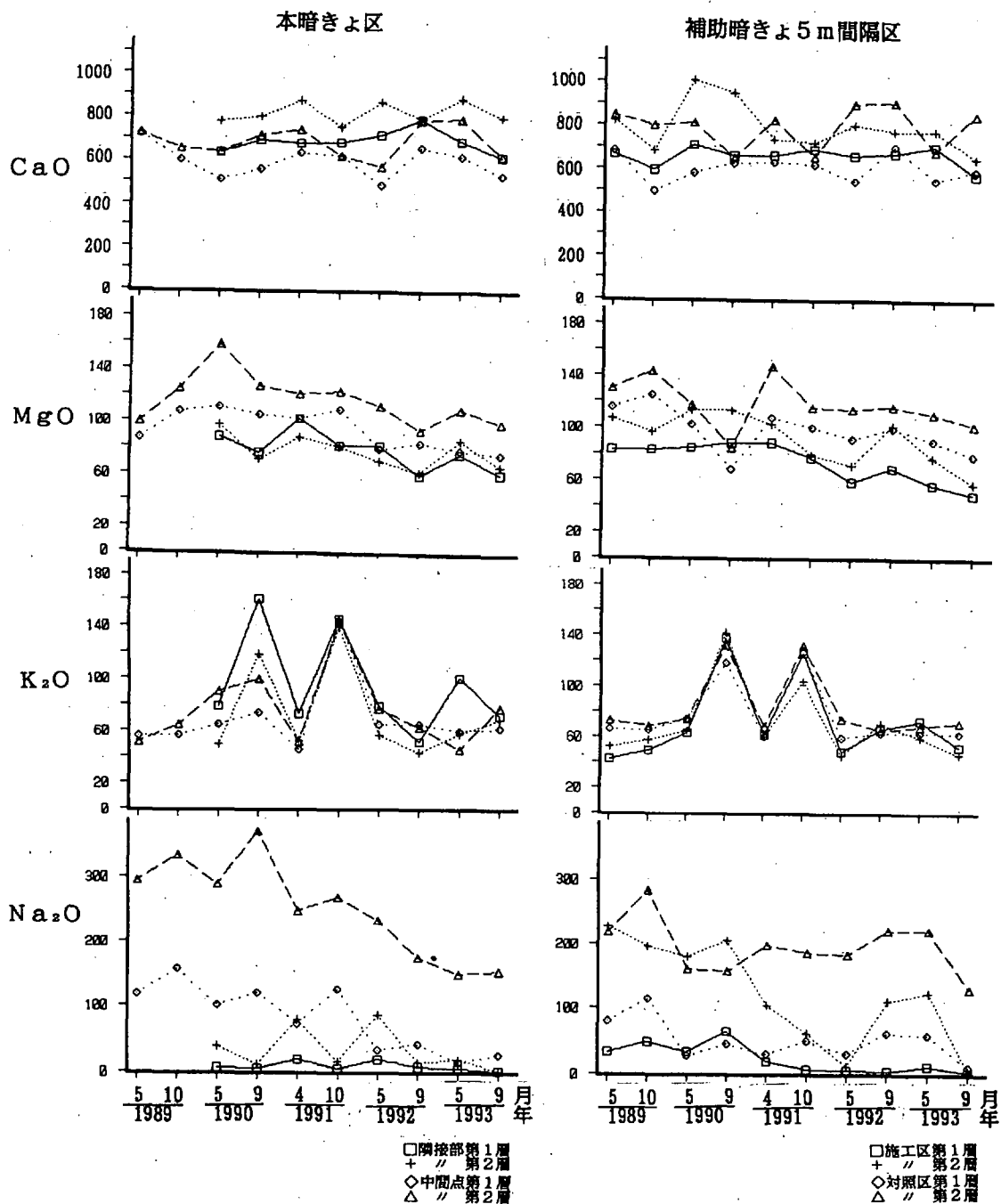


第9図 本暗きよおよび補助暗きよ施工区の塩素濃度 (%) の推移

CaO 260~380mg, MgO 55~90mg, K₂O 14~47mg であり、ナトリウム型粘土の判定指標とされるESP 値 (CEC に占める交換性 Na₂O の飽和度) は10% 以下 (CEC 20me/100g の時 Na₂O 62mg/100g 以下) とされ

ている¹²⁾。

補助暗きょ施工時の 1N 酢酸可溶性塩基類は、CaO 660~840mg, MgO 80~130mg, K₂O 40~70mg, Na₂O 30~290mg/100g といずれも過剰で、特にCaO とNa₂O



第10図 本暗きょおよび補助暗きょ施工区の交換性塩基類^{a)}の推移
a) 1N 酢酸可溶性塩基類, mg/100g

が多く、塩基組成およびESP値も不良であった。

CaOとK₂Oは、経時的な変動がみられるものの、補助暗きょ施工の有無、本暗きょの隣接部と中間点、調査層位にかかわらず、10作後においてもいまだ過剰な量がほぼ平衡状態で推移していた。特に、CaO含量は過飽和状態で、pHの急速な酸性化は起きないものと考えられた。

一方、MgOとNa₂Oは、本暗きょの隣接部と中間点において徐々に減少する傾向が認められたが、本暗きょ隣接部と補助暗きょ区では、中間点、対照区に比べて溶脱量が多い傾向で、第1、2層ともに改良目標値程度にまで低下していた。特にNa₂Oは溶脱が促進されており、下層土におけるナトリウム型粘土の改良が期待された。これは、水溶性塩基類の残存割合が多いMgOとNa₂Oが、暗きょ排水とともに排出されたものと考えられた。

以上のように、塩基類のうちMgOとNa₂Oは、土壌のEC、塩素濃度と同様に、補助暗きょによって排出され、適正含量まで低下する傾向がみられた。しかし、CaOとK₂Oは平衡状態で、過剰な量が含まれて塩基組成は不良であり、これら資材・肥料の施用には十分注意する必要がある。

(3) 飼料作物の収量

干陸直後の本干拓地において、栽培作物の生育阻害要因になると考えられる主な土壌条件は、主要根群域の過剰塩類と排水不良である。これら塩害と湿害を回避する手段として、灌水による過剰塩類の洗脱、耐塩性作物の導入、排水の改善などの方法がある。しかし、前述のように本暗きょの排水効果が十分発揮されていない現状では、除塩が停滞して、通常の作物品質、収量が得られない状態であった¹⁰⁾。そこで、本暗きょ、補助暗きょの施工による栽培作物の増収効果を調査した。第3表に飼料作物（ソルガムとイタリアンライグラス）の乾物収量の推移を示した。

ソルガムとイタリアンライグラスの乾物収量は年次変動がみられ、特に夏作のソルガムでは変動が大きく、栽培期間中の降雨量による影響を受けていると考えられた。

本暗きょ隣接部の乾物収量は中間点に比べて多く、土壌理化学性の改善による増収効果が認められた。しかし、本暗きょの増収効果は、施工から7年経過後においても圃場全体には及んでいなかった。

補助暗きょ区におけるソルガムとイタリアンライグラスの乾物収量は、暗きょ施工後1作目から対照区に比べて増収効果が認められ、5年経過後11作目まで持続していた。

各飼料作物の乾物収量の年次変動は、必ずしも土壌塩基類の推移と一致しておらず、むしろ土壌の排水能力、特に下層土の透排水性の影響を受けていた。これは、供試作物が耐塩性の比較的強い飼料作物であった¹⁰⁾ために、塩類濃度の影響を受けにくかったものと考えられた。

以上の結果から、圃場造成時の本暗きょの排水効果は、造成後6～7年経過後も圃場全体に及んでいない。補助暗きょの施工は、施工後約3、4作目から次第に土壌の透排水性および除塩の促進効果が認められ、飼料作物の増収が得られた。

2. 複合暗きょの効果

供試した複合暗きょは、本暗きょまたは補助暗きょに加えて、弾丸暗きょを組み合わせるものである。

弾丸暗きょは、営農作業の一環として簡易で低コスト、しかも高い密度で比較的浅く施工できる。したがって、排水促進効果が比較的早く、しかも安定して得られる可能性がある。そこで、複合暗きょによる粗孔隙率、透水係数の改良効果を第4表、本暗きょと弾丸暗きょの複合施工による除塩効果を第11図、補助暗きょと弾丸暗きょの複合施工による除塩効果を第12

第3表 ソルガム、イタリアンライグラスの乾草収量^{a)}の経年変化

試験区	作目	区分	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	平均値	指数
本暗きょ	イタリアンライグラス	隣接部			1,575	1,040	910	1,290	659	1,095	114
		中間点		998	1,283	1,090	1,110	997	308	964	100
	ソルガム	隣接部			1,278	1,018	1,879	1,142		1,329	173
		中間点	1,149	309	509	529	1,146	954		766	100
補助暗きょ	イタリアンライグラス	施工区		1,447	1,689	1,050	1,030	1,136	378	1,122	119
		対照区		1,173	1,534	750	990	820	364	939	100
5m間隔区	ソルガム	施工区	1,769	588	1,065	654	1,876	1,162		1,190	125
		対照区	1,327	503	726	614	1,610	923		951	100

a) kg/10a

図、複合暗きょにおける弾丸暗きょ周囲の塩素濃度の分布を第5表、複合暗きょの施工による飼料作物の増収効果を第6表に示した。

(1) 土壌理化学性の改善効果

1) 粗孔隙率, 透水係数

複合暗きょの施工によって、本暗きょ+弾丸暗きょ区、補助暗きょ+弾丸暗きょ区いずれも粗孔隙率、透水係数など土壌物理性の改良傾向が認められ、特に補助暗きょ+弾丸暗きょ区の第2層の改良効果が高かった。しかし、その持続期間は、深さ25cmでは1作、35cmでは2作程度と短く、しかも弾丸暗きょの施工深度によって異なっていた。

2) EC, 塩素濃度

本暗きょ+弾丸暗きょ区において、弾丸暗きょの深さ25cm施工によって土壌のECおよび塩素濃度は1作目から低下する傾向で、特に第2層における除塩効果が認められた。しかし、2作目には渠孔の破損によって、除塩効果は低下し、除塩の持続期間は1作程度であった。弾丸暗きょの深さ35cmの施工による除塩の促進効果は、施工後1、2作目においても認められなかった。これは、本干拓地において深さ約18~35cmに大型機械の踏圧による圧密層が形成されており、表層の過剰水が下層に浸透し排出されるのを妨げているためと考えられた。第5表の弾丸周囲の塩素濃度の分布

から明らかなように、深さ25cmへの施工では圧密層付近まで除塩が促進されている。一方、圧密層より下層の深さ35cmに施工された弾丸暗きょでは、圧密層から下層にかけて除塩が停滞しており、圧密層による浸透阻害によって改良効果が低下したものと考えられた。

一方、補助暗きょ+弾丸暗きょ区では、弾丸暗きょの施工によって1作目から対照区に比べてEC、塩素濃度の低下傾向が認められ、除塩が促進された。特に、弾丸暗きょの深さ35cmの施工では、2作目においても除塩効果が持続していた。

また、補助暗きょ区のように暗きょの密度が高く透水性が比較的改善されている地点では、深さ35cmの施工によって土壌理化学性の改善効果が高く安定する傾向が認められた。

(2) 飼料作物の乾物収量

本暗きょと弾丸暗きょの複合施工は土壌理化学性の改良効果が高く、飼料作物の乾物収量は1作目から増加した。また、弾丸暗きょの深度は25cmの施工によって増収効果が高い傾向であった。

補助暗きょ+弾丸暗きょ区においても、飼料作物の増収効果が認められた。しかし、弾丸暗きょの深さ25cmの施工では、施工後1作目の増収効果は高いものの、2作目には増収効果が低くなった。一方、深さ35cmの施工では、1作目の増収効果は低いものの、2作

第4表 複合暗きょ^{a)}の施工による粗孔隙率^{b)}および透水係数^{c)}(K値)の変化

既設暗きょ	弾丸暗きょ ^{d)}	調査時期 層 位 ^{e)}	1992年				1993年			
			4 月		10 月		4 月		10 月	
			粗孔隙	K 値	粗孔隙	K 値	粗孔隙	K 値	粗孔隙	K 値
本暗きょ ^{f)}	なし	第1層	7.5	10 ⁻³	13.6	10 ⁻⁴	1.3	10 ⁻⁵	0.2	10 ⁻⁵
		第2層	21.0	10 ⁻²	13.3	10 ⁻³	4.4	10 ⁻⁵	1.3	10 ⁻⁵
	深さ25cm	第1層			16.9	10 ⁻³	6.5	10 ⁻⁴	1.3	10 ⁻⁵
		第2層			15.0	10 ⁻³	0.2	10 ⁻⁶	7.7	10 ⁻⁴
	深さ35cm	第1層			16.9	10 ⁻³	9.5	10 ⁻³	15.9	10 ⁻³
		第2層			15.0	10 ⁻³	9.0	10 ⁻⁴	1.6	10 ⁻⁵
補助暗きょ 3.3m間隔 ^{g)}	なし	第1層	12.0	10 ⁻³	13.5	10 ⁻³	13.5	10 ⁻³	7.2	10 ⁻³
		第2層	14.2	10 ⁻³	3.7	10 ⁻⁵	7.1	10 ⁻³	2.8	10 ⁻⁵
	深さ25cm	第1層			5.2	10 ⁻⁵	13.3	10 ⁻³	8.1	10 ⁻³
		第2層			9.3	10 ⁻⁴	4.8	10 ⁻⁴	6.2	10 ⁻⁴
	深さ35cm	第1層			16.6	10 ⁻³	4.1	10 ⁻⁴	14.0	10 ⁻³
		第2層			17.2	10 ⁻³	9.2	10 ⁻³	15.4	10 ⁻³

a) 本暗きょまたは補助暗きょに加えて、弾丸暗きょを直交方向に施工した組合せ暗きょ

b) %

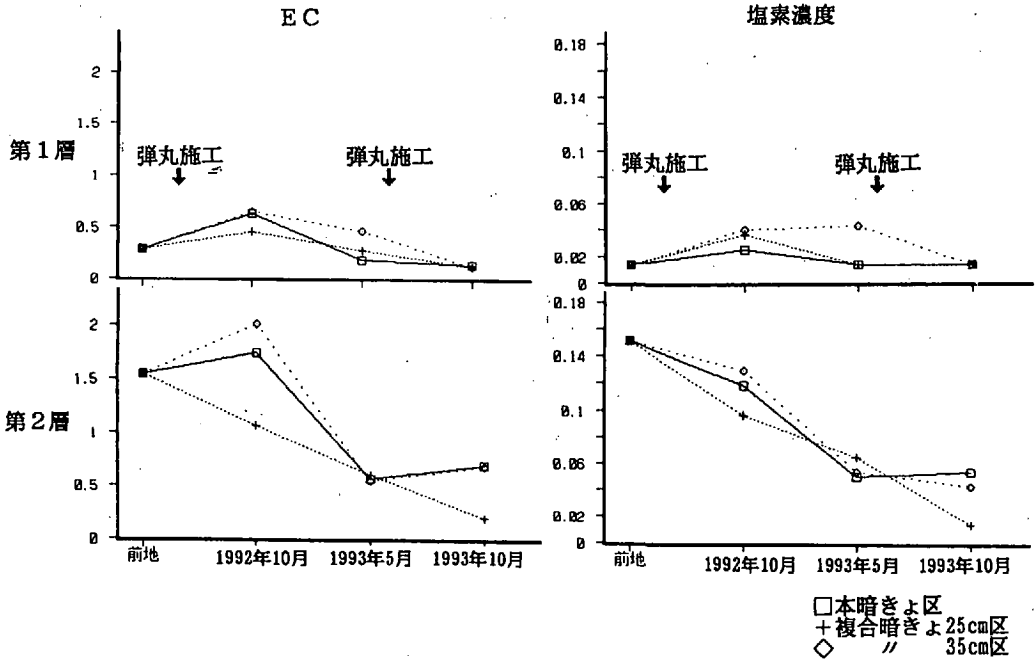
c) cm/sec.

d) 第1層: 0~20cm, 第2層: 20~40cm

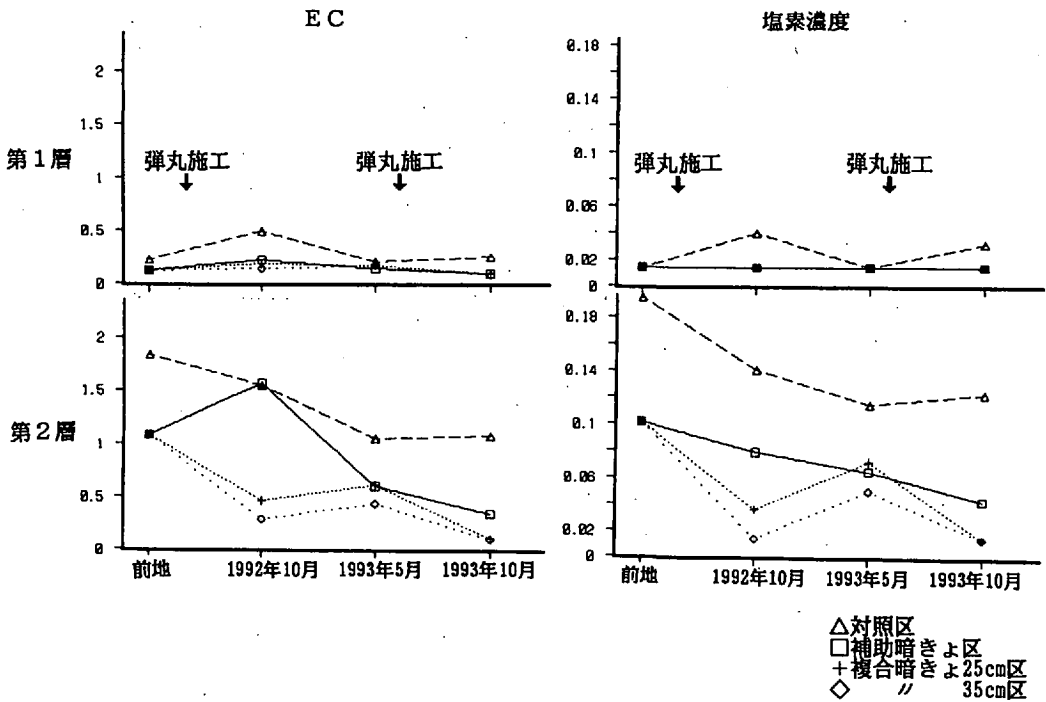
e) 振動式サブソイラーにより1992, 1993年の6月に施工

f) 圃場造成時に施工された深さ80cm, 10m間隔の管暗きょ

g) 補助暗きょとして、本暗きょ間に深さ50cm, 3.3m間隔に管暗きょを平行施工



第11図 本暗きよ区に弾丸暗きよ^{a)}を直交施工した複合暗きよの施工による
EC (mS/cm) と塩素濃度 (%) の推移
a) 弾丸暗きよの深さは25cmまたは35cm



第12図 補助暗きよ区^{a)}に弾丸暗きよ^{b)}を直交施工した複合暗きよの施工による
EC (mS/cm) と塩素濃度 (%) の推移
a) 補助暗きよ間隔3.3m
b) 弾丸暗きよの深さは25cmまたは35cm

第5表 弾丸暗きよ^{a)}の周囲における塩素濃度^{b)}の分布

層位	ち密度 ^{c)}	施工位置	(弾丸暗きよ25cm深)					施工位置	(弾丸暗きよ35cm深)					
			弾丸からの距離						弾丸からの距離					
			5cm	10cm	20cm	30cm	60cm		5cm	10cm	20cm	30cm	60cm	
0~5cm	7mm		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
~10cm	11		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
~15cm	16		—	—	—	0.03	—	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
~20cm	21		—	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
~25cm	22	○	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.09
~30cm	21		0.03	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08
~35cm	22		0.05	0.06	0.06	0.08	0.08 ^{d)}	○	0.10	0.11	0.12	0.10	0.11	0.11
40~45cm	18		0.08	0.10	0.08	0.11	0.13	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
55~60cm	17		0.11	0.15	0.13	0.16	0.18	0.21	0.20	0.21	0.21	0.21	0.19	0.19

a) 振動式サブソイラーにより施工

b) %, —は0.014%以下

c) 山中式硬度計で測定

d) 図中の枠内は塩素濃度の改良目標値0.07%を超える地点を示す

目および2回目施工後1作目の増収効果は高かった。

以上のように、本干拓地において既設の本暗きよ、補助きよに弾丸暗きよを複合施工することによって、土壤の透水性・通気性および除塩の促進効果が認められ、飼料作物の増収が得られることが明らかになった。本暗きよのみ施工している一般圃場では、弾丸暗きよを深さ25cm程度の比較的浅い層位に施工の方が改良効果が高かった。ただし、改良効果の持続期間は施工後1作程度と考えられたので、毎作施工することが必要である。また、補助暗きよを施工した圃場においては、弾丸暗きよの深さにかかわらず土壤理化学性の改良効果が安定する傾向がみられ、飼料作物の増収効果が得られた。しかし、深さ25cmでは施工後1作程度で渠孔が破損し、改善効果が低下する傾向が認められたので、効果が長続きする深さ35cmに施工し、2作

に1回程度施工するのが有効であった。

考 察

笠岡湾干拓地の強粘質土壤の畑地利用における生産力阻害要因として、土壤構造の低下による透水性・通気性の不良や乾燥の停滞による地耐力不足、土壤物理性の低下に伴う除塩の停滞などがあげられる¹²⁾。なかでも、透水性・通気性の低下は、畑地の生産力に対して大きな制限を与えることになる。しかし本干拓地において、圃場造成時に施工された本暗きよによる透水性の改善効果は、施工後7年経過しても暗きよ隣接部では効果があるものの、中間点では効果が低く、圃場全体にまで及んでいない⁹⁾。また、深さ50cmの深耕の効果も、営農の開始に伴う大型作業機械の走行によ

第6表 複合暗きよ^{a)}の施工による飼料作物の乾物収量^{b)}の推移

既設暗きよ	調査時期	1992年			1993年	
		弾丸暗きよ ^{c)}	ソルガム	イタリアンライグラス	ソルガム	ソルガム
本暗きよ ^{d)}	なし		1,483 (100)	1,148 (100)	920 (100)	
	深さ25cm		1,720 (116)	1,248 (109)	1,534 (167)	
	深さ35cm		1,684 (114)	1,173 (102)	1,222 (133)	
補助暗きよ 3.3 m 間隔 ^{e)}	なし		1,449 (126)	1,047 (105)	962 (101)	
	深さ25cm		1,774 (155)	1,058 (106)	1,162 (122)	
	深さ35cm		1,176 (103)	1,369 (137)	1,259 (132)	

a) 本暗きよまたは補助暗きよに加えて、弾丸暗きよを直交方向に施工した組合せ暗きよ

b) kg/10a

c) 振動式サブソイラーにより1992、1993年の6月に施工

d) 圃場造成時に施工された深さ80cm、10m間隔の管暗きよ

e) 補助暗きよとして、本暗きよ間に深さ50cm、3.3m間隔に管暗きよを平行施工

る踏圧の影響によって作土直下に圧密層が形成されて、たちまち低下してしまうなど土壤理化学性の改善には至っていない¹⁰⁾。しかし、1991年の干拓地の完成と同時に大型作業機械を用いた畑作大規模営農が開始されており、排水性および除塩の早期改善技術の確立が求められている。

本試験の結果、補助暗きよの施工は透排水性の改善、除塩の促進などの土壤理化学性の改善に効果が認められ、栽培作物の生育・収量も増加することが明らかになった。さらに、透排水性の改善は土壤の乾燥化が進んで土壤構造の発達を促すことになり⁹⁾、畑作物の根群域が広がるなどの効果が期待された。

暗きよの施工間隔は、地下水位の低下には狭いほど有利であるが⁹⁾、暗きよの施工にはかなりの労力とコストを要するので施工のより簡便なものが望まれる。本試験では、深さ50cmの補助暗きよを本暗きよ間に1本施工することで排水、除塩効果が認められた。

また、作物の正常な生育が得られナトリウム型粘土が改良されるためには、各交換性塩基類の含有量と組成割合の適正化が必要である。交換性塩基類のうちMgOとNa₂Oは、水溶性の割合が多いため⁹⁾補助暗きよによる透排水性の改善によって、溶脱する傾向がみられ、適正含量まで低下していた。しかし、CaOとK₂Oはほぼ平衡状態で推移し、いまだ過剰な量が含まれているので、土壤pHの急激な酸性化はみられず、塩基組成の不良による作物の生理障害に注意する必要がある。

しかし、補助暗きよによる透排水性・通気性および除塩の促進効果は、施工後6年目においてもやや不安定である。これは、干拓地の土壤粒子が淡水中でよく分散し、海水中で凝集する活性な粘土鉱物であり、除塩が進んで塩分濃度が低下すると再び分散状態にかえるためと考えられる⁷⁾。また、営農に伴う大型作業機械の踏圧によって、作土直下に圧密層が形成されて透排水性・通気性や除塩機能が急速に低下する傾向がみられている¹⁰⁾。

そこで、より簡便な方法として既設暗きよに弾丸暗きよを直交に組み合わせた複合暗きよの効果について検討した。その結果、複合暗きよによって透排水性・通気性の改善効果が得られ、特に本暗きよとの組み合わせでは弾丸暗きよの施工深度を25cmに浅くすることで除塩効果が高くなり、栽培作物も増収した。本干拓地では、これまで弾丸暗きよによる除塩の促進など土壤理化学性の改良効果は認められていない。これは、現在一般に行われている弾丸暗きよの施工深度は40~45cm程度と比較的深く、土壤の圧密層の下に施工されていたため、排水、除塩効果が発現しなかったと考えられ

た。しかし、弾丸暗きよの施工深度を25cm程度に浅くすることによって、地表からの浸透水を迅速に集水、排出することになり、除塩の促進効果が発現したと考えられた。井手¹⁰⁾は強粘質水田の透排水性と土壤構造の改善には、ち密層への浅層弾丸暗きよが有効であるとされている。また、作土層直下に弾丸を通すことによって、透排水性の低下要因の一つであるち密層が破壊されるとともに、表層の過剰水を弾丸暗きよに集めてさらに本暗きよ隣接部に排水する機能を持つと考えられる。しかし、複合暗きよの効果は施工後1、2作目までと短いため、土壤団粒および構造が発達するまでは毎作施工することが望まれる。

摘 要

圃場造成後3~8年目の笠岡湾干拓地における、補助暗きよおよび複合暗きよによる排水・除塩の促進など土壤理化学性の改善効果とともに作物の増収効果を調査した。

1. 圃場造成時に10m間隔、深さ80cmに施工された本暗きよの排水・除塩効果は、暗きよの周辺に限られており、施工後7年経過においても圃場全体には及んでいなかった。

2. 暗きよ密度を高める方法として、補助暗きよを本暗きよ間に1本(5m間隔)、深さ50cmに施工したところ、施工当初には土壤理化学性の改良効果は認められないものの、飼料作物の増収効果が認められた。さらに、施工後約3、4作目から深さ40cm程度までの透排水性・通気性の改善効果が認められ、顕著な除塩効果が得られた。

3. 補助暗きよの有無にかかわらず、交換性塩基類のうちCaOとK₂Oは平衡状態で過剰な量が含まれていた。しかし、MgOとNa₂Oは補助暗きよの施工によって溶脱が促進する傾向で、適正含量程度にまで低下した。

4. 既設暗きよと弾丸暗きよの複合暗きよを施工することによって、土壤の透排水性・通気性および除塩の促進効果が認められ、飼料作物が増収した。本暗きよのみ施工している一般圃場では、深さ25cm程度の比較的浅い層位に施工する方の効果が高かったが、渠孔が破損しやすいので毎作施工が必要と思われた。一方、補助暗きよの施工圃場のように、排水能力の比較的高い地点においても、排水・除塩効果が安定し、促進される傾向が認められたが、深さ35cmに2作に1回程度施工するのが有効と考えられた。

引用文献

1. 古賀 汎(1964) 初期干拓地土壤に関する研究. 佐賀農試研報, 5: 1-53.
2. 陣野久好・井田勝美(1988) 諫早干拓地の干陸初期における二期作水稻と畑作物の栽培適正に関する研究. 長崎農試特別研究報告, 1: 1-87.
3. 長堀金造・天谷孝夫・高橋 強(1980) 笠岡湾干拓ヘドロ地の土層改善に関する試験, 特に干陸8年後の土壤物理性について. 岡山大農学報, 56: 63-70.
4. 長堀金造・天谷孝夫・高橋 強(1985) 笠岡湾干拓地における暗きよの機能試験. 岡山大農学報, 65: 53-68.
5. 長堀金造(1989) 石膏客土による笠岡湾干拓地の土層改善と除塩, 101pp.
6. 天谷孝夫・長堀金造・高橋 強(1985) 笠岡湾干拓地における合理的な暗きよ間隔の決定. 岡山大農学報, 65: 69-77.
7. 中国四国農政局笠岡湾干拓建設事務所(1990) 地域発展への確かな礎-明日を拓く大地と水
8. 平岡正夫・木本英照・小野芳郎・柳井雅美・磯田道雄・沖 和生・熊代幹夫(1989) 笠岡湾干拓地の土壤特性ならびに改良に関する研究(第1報)一般配分地の土壤特性. 岡山農試研報, 7: 1-10.
9. 平岡正夫・坪井 勇・小西昇一・石橋英二(1990) 笠岡湾干拓地の土壤特性ならびに改良に関する研究(第2報)干陸後の土壤理化学性の経年変化. 岡山農試研報, 8: 47-58.
10. 山本章吾・柳井雅美(1996) 笠岡湾干拓地の土壤改良に関する研究(第1報)圃場造成後の土壤理化学性の経年推移. 岡山農試研報(投稿中)
11. 永石義隆(1974) 重粘干拓地水田の土層改良に関する調査研究(Ⅱ). 付録, 農業土木試験場技報 10: 61-115.
12. 中国四国農政局計画部資源課(1986) 笠岡湾干拓地畑作営農対策技術指針
13. 下瀬 昇(1968) 作物の塩害生理に関する研究(第7報)タマネギ, セルリー, ホウレン草, キウリ, インゲンの耐塩性について. 土肥誌, 39: 548-553.
14. 下瀬 昇(1968) 作物塩害生理に関する研究(第8報)トウモロコシ, ルーサン, イタリアンライグラスの耐塩性について. 土肥誌, 39: 554-557.
15. 井手一浩(1980) 水田の土壤構造発達のための新しい耕作法, 浅層弾丸暗きよ施工による土壤物理性(透排水性と土壤構造)の改良. 佐賀農試研報, 20: 1-111.