

笠岡湾干拓地の土壌改良に関する研究 (第3報) 有機質資材による土壌改良効果

山本章吾・柳井雅美・熊代幹夫

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

(3)Effect of Organic Matter Plowing for the soil Improvement

Shogo YAMAMOTO, Masayosi YANAI and Mikio KUMASHIRO

緒 言

笠岡湾干拓地の土壌は、本研究の第1報¹⁾、2報²⁾および平岡らの報告^{3, 4)}で、多くの理化学的問題点を持つことが明らかにされている。その問題点として、まず干陸後の年数が短く未熟な土壌のため、浅表土、高グライ層、易耕性不良、干害、湿害などの生産力阻害要因が存在する。また土壌化学性では、自然肥沃度と養分の豊否には特に問題は認められないが、塩類過剰による塩害が大きな生産力阻害要因になる。さらに、干拓初期のアルカリ溶脱による腐植、りん酸などの減少が予測されるため、不足養分の補給は欠かせない対策となる。なかでも土壌物理性の改良は極めて重要で、排水と団粒形成の促進による土壌構造の発達を促し、物理的不良要因を早急に改善する必要がある。

一般に、畑地に対する有機物の施用効果としてあげられるものは、養分の供給、保肥力、緩衝能など土壌化学性の改善、団粒構造の形成に伴う土壌物理性の改善、土壌微生物等の根圏環境の改善とされている⁵⁾。

このなかで、土壌物理性の改良効果としては、新鮮有機物の施用による耐水性団粒および0.5mm以上の大団粒形成^{6, 7)}、重粘土転換畑土壌における粗孔隙の増加^{8, 9)}、易耕性の改善などがあげられる。

そこで、笠岡湾干拓地の重粘土土壌における各種有機質資材の連用と深耕による土壌理化学性の改善と早期熟畑化について検討し、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

試験圃場は、1986～87年の圃場整備後、1987年の夏作から試験栽培を開始した。

試験区の規模は、1区100m² (10m×10m) の2連制で、1987年夏作を第1作として1993年の夏作 (第13作) まで夏・冬2回の作付体系で継続栽培試験を行った。

試験区の構成は、①無施用区②生産物すき込み区③バーク堆肥区④モミガラ区⑤バーク破碎物区⑥稲わら堆肥区とし、年1回夏作前にそれぞれの区に乾物換算で10a当たり2tを施用し、ロータリで耕うんした。

有機質資材の施用方法は、1987年夏作 (第1作) から1993年夏作 (第13作) までロータリ耕うん (深さ約18cm) による作土層混和を行うロータリ耕区と、1991年10月、1992年10月にロータリ耕うんに続けてプラウ耕うんによる深層混和を行うプラウ耕区を設けた。

供試作物は、夏作はソルガム (品種: ハイブリッド)、冬作は小麦 (品種: シラサギコムギ) とした。ソルガムでは、基肥として窒素、りん酸、加里それぞれ10a当たり8, 12, 8Kg、追肥として基肥施用1か月後に窒素、加里を4Kg施用した。小麦では、基肥としてそれぞれ10a当たり7, 12, 7Kg、追肥として1月下旬に窒素、加里を3Kgと3月下旬に窒素を2Kg施用した。作物の収量調査は、ソルガムは出穂期の9～10月、小麦では成熟期の6月中旬に行い、土壌調査は作物の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) の層位別

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。

有機物の施用による碎土性の改善効果をみるために、有機物の7回連用（合計乾物14t/7年）圃場においてプラウ耕後ロータリ耕2回時における碎土性を調査した。

調査方法は、試験区ごとに直径30cmの円筒を作土深（約18cm）まで打ち込み、土塊を採取してバットに広げて風乾したのち篩別（57mm, 19mm, 2mm）してそれぞれの重量比を測定した（2連制）。また、直径19mm以上の土塊の割合を碎土率として、小麦の出芽苗立数（播種量8Kg/10a, 全耕ドリル播栽培）との関係を調査し、小麦の栽培に適した碎土率を調べた。

結 果

1. 試験圃場前地の理化学性

試験圃場の土壌は、本研究の第1報¹⁾に示したように、モンモリロナイト粘土を主体とした細粒グライ土に分類される軽塩土（LiC）であった（第1表）。圃場造成時の深さ50cmの深耕によって、三相分布のうち、固相率が低下し、土壌に含まれる孔隙の量は比較的多かった。しかし、土壌構造の発達には認められず、下層土の透水性が低いため、全孔隙に占める液相の割合が高く、気相率は改良目標値¹⁰⁾の15%を下回っていたので、透水性、通気性の不良による生育阻害の可能性が考えられた。

第1表 試験圃場の土性

深さ (cm)	粒径組成 (%) ^{a)}				土性
	粗砂	細砂	微砂	粘土	
0~20cm	21.0	22.7	29.9	26.4	LiC

a) 粒径：粗砂(2~0.2mm) 細砂(0.2~0.02mm)
微砂(0.02~0.002mm) 粘土(<0.002mm)

土壌化学性のうち、塩基交換容量（CEC, 単位：me/100g）は20me/100g程度で特に問題はないが、海面干拓地という条件によって、多量の塩基類を含んでおり、CECに対しても過剰に含まれているため、土壌反応はアルカリ性を呈していた。さらに、下層土の透水性が低いために除塩が遅延し、改良目標値（EC0.5mS, 塩素濃度0.07%以下）¹⁰⁾を上回る多量の塩類、塩素を含んでいた。全窒素含量は、0.1%程度で強粘質土壌としては低い水準であった。可給態リン酸含量は、10~20mg/100g程度含まれているため、改良目標値（10mg/100g）¹⁰⁾を維持していた。粗腐植含量は、2%程度含まれているが、強粘質土壌の物理性改良、特に粗孔隙量を増やすために有機物の補給が必要であった。

2. 有機質資材の成分組成

7年間連用した有機質資材の成分組成の平均値は、第2表のとおりである。

各有機質資材の成分組成は、全炭素が29~77%, 全窒素が0.5~2.2%, リン酸が0.09~1.5%と種類によって大きく異なり、なかでも稲わら堆肥とパーク堆肥は各成分含有率が高く、C/N比は13~34と比較的低い傾向であった。一方、モミガラとパーク破碎物の成分含有率は低く、C/N比は高い傾向であった。

3. 土壌物理性の改良効果

第3表、第4表に有機質資材の5回すき込み9作目跡地（1991年10月、ロータリ耕5回すき込み）と6回すき込み12作目跡地（1993年6月、ロータリ耕6回およびロータリ耕5回+プラウ耕1回すき込み）の物理性を示した。また、第1図に有機質資材のすき込みによる全孔隙率および粗孔隙率の変化を示した。

(1) ロータリ耕によるすき込み効果

有機質資材施用区の第1層の三相分布は、無施用区に比べて大きな変化は認められなかった。また、毎作

第2表 資 材 の 品 質

資材名	水分 (%)	T-C (%)	T-N (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)
パーク堆肥	67.4	60.7	1.81	34	1.50	0.51	2.99	0.32
モミガラ	17.1	39.3	0.50	79	0.29	0.74	0.06	0.03
パーク破碎物	45.8	77.1	0.48	161	0.09	0.18	0.89	0.06
稲わら堆肥	78.4	29.3	2.29	13	1.14	2.65	3.05	0.27

a) 6回使用物の平均値, 水分以外は乾物当たり

第3表 有機質資材のロータリ耕5回すき込み9作目跡地の物理性

試験区	層 ^{a)} 位	仮比重	三相分布 (%)			粗孔 ^{b)} 隙率	透水係数 (cm/sec.)
			固相率	液相率	気相率		
無施用区	1	1.20	44.2	32.9	22.9	13.5	4.1×10^{-3}
	2	1.19	44.6	52.2	3.2	1.4	9.2×10^{-5}
生産物全量 すき込み区	1	0.95	35.8	26.3	37.9	28.2	6.8×10^{-2}
	2	1.09	40.1	47.2	12.7	10.0	2.0×10^{-4}
バーク堆肥区	1	0.99	42.7	30.7	26.6	16.7	2.9×10^{-2}
	2	1.22	46.3	50.4	3.3	1.3	3.2×10^{-5}
モミガラ区	1	1.13	43.1	32.0	24.9	7.9	3.0×10^{-2}
	2	1.23	45.3	43.6	11.1	7.1	2.2×10^{-4}
バーク破碎物区	1	1.03	37.6	41.2	21.2	15.1	3.9×10^{-2}
	2	1.19	44.3	47.5	8.2	5.7	2.3×10^{-5}
稲わら堆肥区	1	1.06	44.2	32.6	23.2	13.8	4.5×10^{-3}
	2	1.32	48.9	44.6	6.5	4.0	6.3×10^{-6}

a) 第1層：7.5～12.5cm, 第2層：27.5～32.5cm

b) p F1.5の気相率

第4表 有機質資材の6回すき込み12作目跡地の物理性

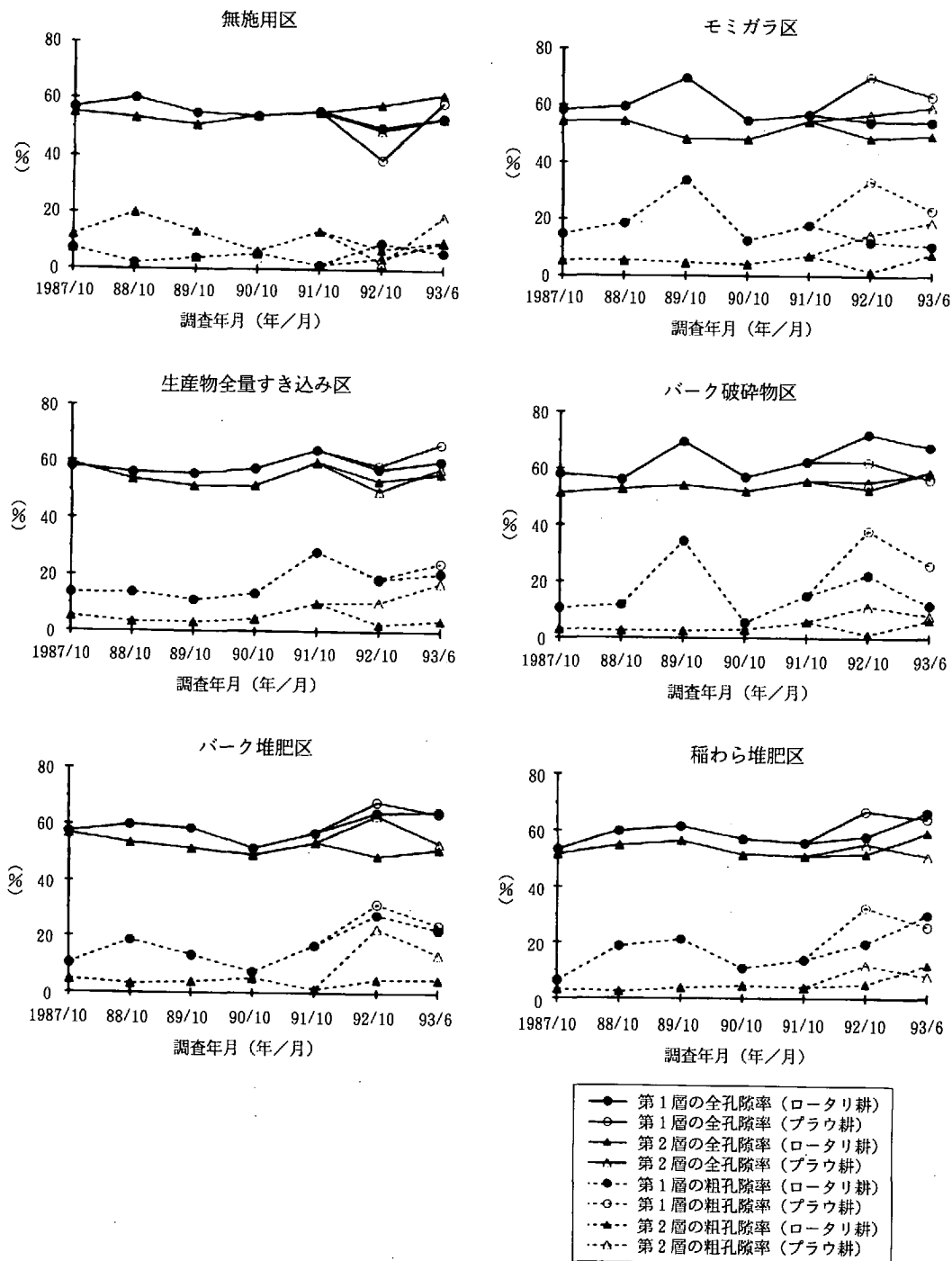
試験区	層 ^{c)} 位	すき込み方法									
		ロータリ耕 ^{a)}					プラウ耕 ^{b)}				
		仮 比重	全孔 隙率	気相 率	粗孔 ^{d)} 隙率	透水係数 (cm/sec.)	仮 比重	全孔 隙率	気相 率	粗孔 ^{d)} 隙率	透水係数 (cm/sec.)
無施用区	1	1.22	53.5	12.3	10.0	1.3×10^{-4}	1.12	58.9	23.3	18.8	3.0×10^{-2}
	2	1.15	61.6	4.2	5.8	5.3×10^{-5}	1.27	53.3	13.9	9.7	7.5×10^{-5}
生産物全量 すき込み区	1	1.07	60.4	26.5	20.8	1.4×10^{-2}	0.90	66.5	44.2	24.4	7.7×10^{-2}
	2	1.19	56.1	5.0	3.9	2.6×10^{-5}	1.14	57.9	18.3	17.5	2.3×10^{-2}
バーク堆肥区	1	0.95	64.8	28.1	22.5	3.2×10^{-2}	0.94	64.2	37.6	24.1	2.8×10^{-2}
	2	1.32	51.4	6.2	4.8	6.7×10^{-6}	1.14	53.6	17.2	13.7	2.5×10^{-3}
モミガラ区	1	1.21	54.5	11.7	10.6	4.8×10^{-4}	0.99	63.4	29.5	23.3	3.6×10^{-2}
	2	1.37	49.6	8.7	7.7	3.8×10^{-5}	1.09	59.7	29.9	19.0	1.8×10^{-2}
バーク破碎物区	1	0.88	67.7	30.4	25.9	3.9×10^{-2}	1.17	56.4	13.0	11.6	1.5×10^{-3}
	2	1.15	59.0	7.3	6.5	4.0×10^{-5}	1.12	58.6	11.4	8.0	2.8×10^{-4}
稲わら堆肥区	1	0.94	66.5	30.3	29.8	3.7×10^{-2}	1.00	64.2	29.7	25.5	3.3×10^{-2}
	2	1.07	59.3	11.8	11.8	1.4×10^{-4}	1.31	51.0	13.9	7.9	1.2×10^{-4}

a) 1987.6 (1回), 88.6 (2回), 89.6 (3回), 90.6 (4回), 91.6 (5回), 92.6 (6回) 年1回
ロータリ耕すき込み

b) 1987.6～91.6ロータリ耕すき込み後, 1991.10 (1回), 92.10 (2回) プラウ耕すき込み

c) 第1層：0～20cm, 第2層：20～40cm

d) p F1.5の気相率



第1図 有機質資材の連用圃場における全孔隙率と粗孔隙率の経年変化

- a) 有機質資材7回連用 (1987/6, 88/6, 89/6, 90/6, 91/6, 92/6, 93/6)
 b) ロータリ耕区: (1987/6~93/6ロータリ耕すき込み)
 c) プラウ耕区: 1987/6~91/6までロータリ耕, 1991/10, 92/10にプラウ耕施工

のロータリ耕によって、気相率、粗孔隙率、透水係数はともに高い水準で推移しており、透排水性、通気性は良好な状態であった。

しかし、第2層の物理性は、ロータリの耕うん深度（約18cm）が及ばないために、第1層に比べて固相率は大きく、作土層の下に密層が形成されていた。さらに、透水係数は $10^{-4} \sim 10^{-6}$ オーダーで透排水性が不良なため、全孔隙率に占める液相率の割合が高く、気相率、粗孔隙率は調査期間を通して改良目標値を下回り、通気性も不良であった。

(2) プラウ耕によるすき込み効果

ロータリ耕による5回の有機質資材すき込み後プラウ耕によるすき込み（年1回）試験を開始した。プラウ耕の施工によって、第1、2層の気相率、粗孔隙率、透水係数はロータリ耕区に比べて高まる傾向で、特に第2層の透排水性、通気性の改善効果が認められた。また、有機物の施用区では、無施用区に比べてプラウ耕による改善効果が顕著であった。

有機物の種類では、バーク堆肥、モミガラ、生産物（小麦わら、ソルガム）のすき込み区では、土壌改良目標値（気相率：15%以上、粗孔隙率：10%以上、透水係数： 10^{-4} cm/sec. オーダー以上）¹⁰⁾に達し、物理性の改善効果が高かった。下層土の気相率、粗孔隙

率の増加は、バーク堆肥、生産物区では透排水性の促進による液相率の減少により、モミガラ区ではそれに加えて固相率の減少が認められるなど、有機質資材の種類により異なった。

4. 土壌化学性の改良効果

第5表、第6表に有機質資材の6回すき込み（1991年10月、ロータリ耕5回すき込み）と6回すき込み12作目（1993年6月、ロータリ耕6回およびロータリ耕5回+プラウ耕1回すき込み）跡地の化学性を示した。また、第2図、第3図に土壌の塩素濃度、粗腐植含有率の経年変化を示した。

(1) ロータリ耕によるすき込み効果

有機質資材のすき込みによって、第1層の粗腐植、全窒素含有率は徐々に高まる傾向が認められた。しかし、粗腐植、全窒素の増強効果が資材により異なり、粗腐植の増加効果はバーク堆肥およびバーク破砕物が大きく、3回連用（乾物6 t/10 a）によって第1層では改良目標値の3%以上に達した。生産物、モミガラおよび稲わら堆肥は、6回連用（乾物12 t/10 a）においても改良目標値に達せず、粗腐植の増強効果は小さかった。

一方、全窒素含有率はバーク堆肥および稲わら堆肥

第5表 有機質資材ロータリ耕5回連用9作目跡地の化学性

試験区	層 ^{a)} 位	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	塩素 (%)	粗腐植 (%)	全窒素 (%)	CEC (me/100 g)	可給態リン酸 (mg/100 g)
無施用区	1	7.53	0.84	0.072	2.00	0.11	18.7	35.5
	2	7.61	2.11	0.213	1.56	0.08	16.6	27.4
生産物全量 すき込み区	1	7.50	0.60	0.064	2.24	0.12	20.8	36.7
	2	7.51	1.88	0.168	1.55	0.08	17.8	15.4
バーク堆肥区	1	7.47	0.72	0.080	3.77	0.17	21.4	36.8
	2	7.54	2.22	0.200	1.74	0.08	18.9	25.4
モミガラ区	1	7.53	0.55	0.049	2.13	0.10	20.6	48.5
	2	7.48	0.96	0.090	1.53	0.08	17.4	17.9
バーク 破砕物区	1	7.37	0.62	0.067	4.14	0.13	24.2	52.8
	2	7.67	1.42	0.142	1.95	0.10	20.8	34.4
稲わら堆肥区	1	7.60	0.71	0.065	2.68	0.14	20.7	40.4
	2	7.66	1.68	0.158	1.48	0.07	15.6	17.7

a) 第1層：7.5～12.5cm, 第2層：27.5～32.5cm

第6表 有機質資材の6回すき込み12作目跡地の化学性

試験区	層 ^{a)} 位	すき込み方法							
		ロータリ耕				ブラウ耕			
		EC (mS/cm)	塩素 (%)	粗腐植 (%)	全窒素 (%)	EC (mS/cm)	塩素 (%)	粗腐植 (%)	全窒素 (%)
無施用区	1	0.52	0.050	2.41	0.13	0.38	0.025	1.87	0.10
	2	1.63	0.155	1.64	0.10	1.05	0.105	1.51	0.10
生産物全量 すき込み区	1	0.72	0.061	2.48	0.13	0.31	0.025	2.37	0.12
	2	2.37	0.198	1.51	0.10	0.97	0.101	2.05	0.11
パーク堆肥区	1	0.62	0.047	5.69	0.24	0.28	0.014	4.85	0.22
	2	1.72	0.115	1.46	0.09	0.89	0.087	3.75	0.13
モミガラ区	1	1.06	0.087	2.78	0.13	0.26	0.014	2.37	0.12
	2	3.48	0.216	1.50	0.09	0.59	0.050	2.41	0.12
パーク破砕物区	1	0.93	0.069	4.91	0.16	0.77	0.058	4.35	0.11
	2	1.81	0.144	1.68	0.09	1.36	0.123	2.30	0.10
稲わら堆肥区	1	1.02	0.094	2.82	0.19	0.84	0.065	2.93	0.15
	2	2.57	0.202	1.37	0.10	1.74	0.170	2.50	0.12

a) 1987.6 (1回), 88.6 (2回), 89.6 (3回), 90.6 (4回), 91.6 (5回), 92.6 (6回) 年1回
ロータリ耕すき込み

b) 1987.6~91.6ロータリ耕すき込み後, 1991.10 (1回), 92.10 (2回) ブラウ耕すき込み

c) 第1層: 0~20cm, 第2層: 20~40cm

の施用によって高まった。しかし、第2層では、各資材施用区とも無施用区に比べて大差なく、有機質資材のすき込み効果は認められなかった。

ECおよび塩素濃度は、全体に第1層では作物の生育に支障がない程度まで除塩が進んでいたものの、第2層ではいずれも高濃度に含まれており、除塩の促進効果は認められなかった。

(2) ブラウ耕によるすき込み効果

土壌のECおよび塩素濃度は、ブラウ耕によって急速に低下する傾向がみられ、第1層では改良目標値¹⁰⁾程度まで改善された。また、パーク堆肥、モミガラ区では、第2層の下層土の除塩促進効果が高く、深さ40cm程度まで作物の生育に支障のない程度に除塩が進んでいた。

ブラウ耕区の粗腐植・全窒素含有率は、第1層ではロータリ耕区に比べて同程度かやや少なく、それぞれ2.3~4.8%, 0.11~0.22%程度であった。しかし、第2層ではロータリ耕区(粗腐植含有率: 1.4~1.6%, 全窒素含有率: 0.09~0.1%)に比べて、ブラウ耕区ではそれぞれ2.3~3.7%, 0.10~0.13%と有機質資材の深層部へのすき込みによって増加していた。

5. 作物の生育・収量

第7表、第8表に有機質資材のすき込み圃場におけるソルガムの草丈・収量と小麦の精麦重を示した。

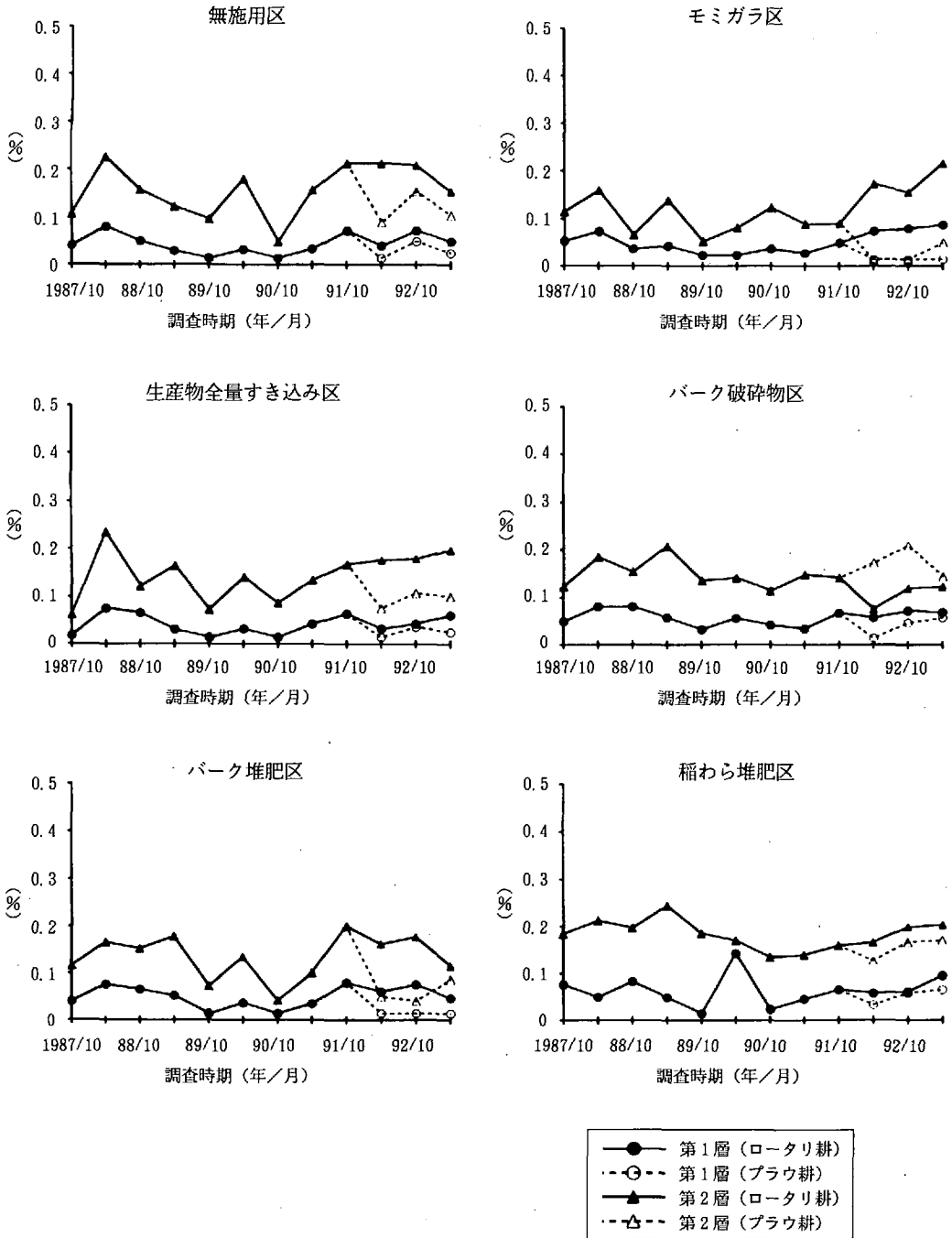
(1) ロータリ耕によるすき込み効果

有機質資材のロータリ耕すき込み圃場におけるソルガムの草丈・収量は、生育期間を通して少雨と土壌の通気性不良、高濃度塩分の影響を受けて、全体に著しく低かった。資材の種類では、モミガラ区とパーク破砕物区は、土壌の過乾燥と窒素飢餓の両方またはいずれかによって生育・収量が低下したと推察されたが、それ以外の処理区では無施用区と大差なく、資材の施用効果は判然としなかった。

(2) ブラウ耕によるすき込み効果

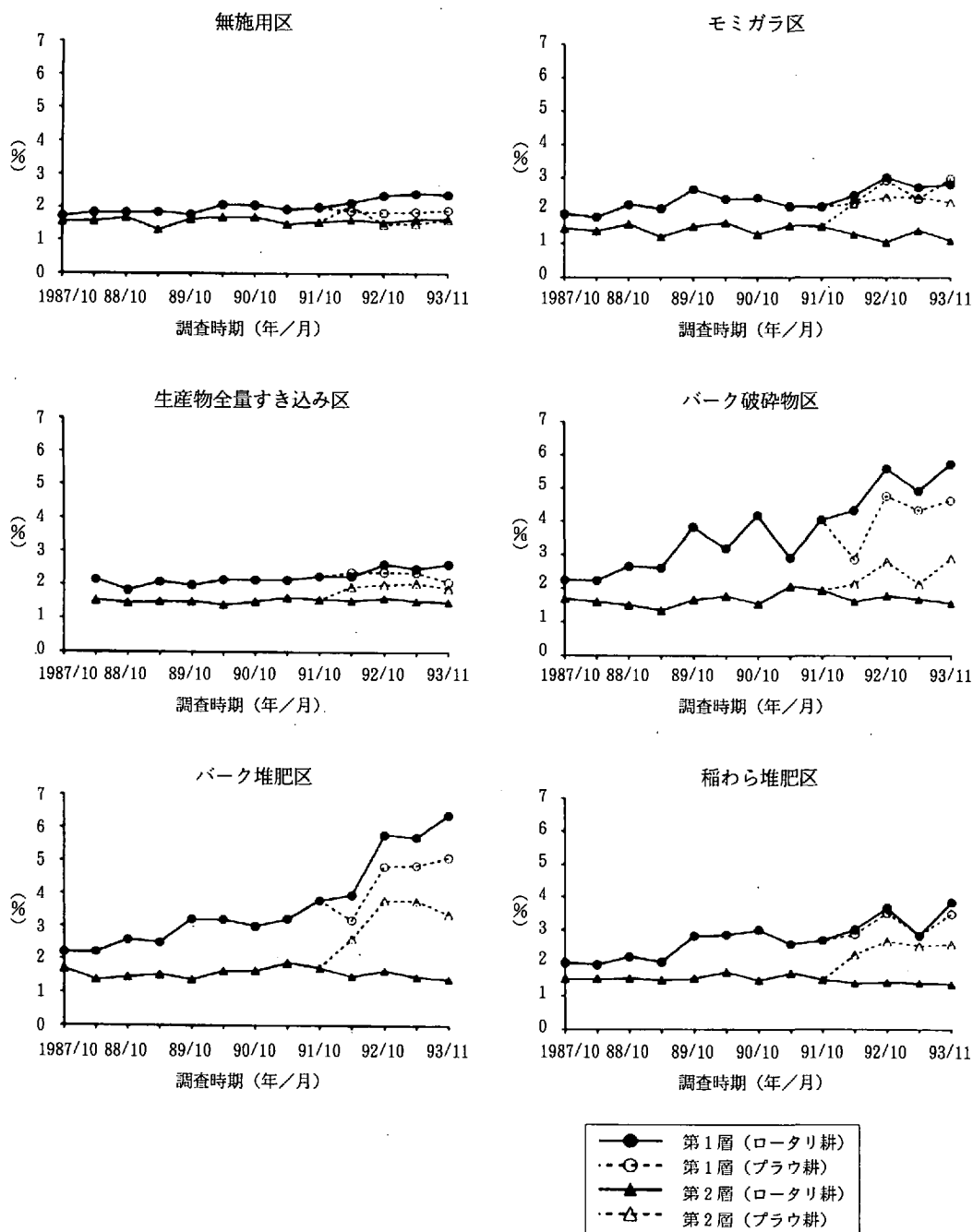
ソルガムの乾草重、小麦の精麦重ともに、ブラウ耕によって増加する傾向であった。また、資材の種類ではパーク堆肥、モミガラ、稲わら堆肥のすき込みによる増収効果が高く、比較的安定した収量が得られた。

以上の結果、ロータリ耕は有機質資材の施用の有無にかかわらず、第1層の物理性の改善効果は認められるものの、第2層の下層土の改善効果は認められず、下層土の改良法として十分でなかった。しかし、ブラウ耕では、第1層だけでなく下層土の透排水性、通気



第2図 有機質資材の連用による土壌中塩素濃度の経年変化

- a) 有機質資材6回連用 (1987/6, 88/6, 89/6, 90/6, 91/6, 92/6)
- b) ロータリ耕区: 1987/6~92/6にロータリ耕施工
- c) プラウ耕区: 1987/6~91/6にロータリ耕施工, 1991/10, 92/10プラウ耕施工



第3図 有機質資材の連用による土壤中粗腐植含有率の経年変化

- a) 有機質資材7回連用 (1987/6, 88/6, 89/6, 90/6, 91/6, 92/6, 93/6)
 b) ロータリ耕区: 1987/6~93/6にロータリ耕施工
 c) プラウ耕区: 1987/6~91/6ロータリ耕施工, 1991/10, 92/10プラウ耕施工

第7表 有機質資材のすき込みがソルガムの生育・収量に及ぼす影響

試験区	すき込み 方法	す き 込 み 回 数					
		5 回 ^{a)}			6 回 ^{b)}		
		草丈 (cm)	生草重 (Kg/10a)	乾草重 (Kg/10a)	草丈 (cm)	生草重 (Kg/10a)	乾草重 (Kg/10a)
無施用区	ロータリ耕	87.8	1,463	409 (100)	240	3,700	1,090 (100)
	プラウ耕	—	—	—	256	5,300	1,542 (141)
生産物全量 すき込み区	ロータリ耕	97.7	1,630	462 (113)	227	3,200	941 (86)
	プラウ耕	—	—	—	276	5,500	1,740 (160)
バーク堆肥区	ロータリ耕	91.5	1,230	395 (97)	254	5,500	1,817 (167)
	プラウ耕	—	—	—	283	5,100	1,714 (157)
モミガラ区	ロータリ耕	73.1	874	213 (52)	150	2,600	845 (77)
	プラウ耕	—	—	—	264	4,800	1,551 (142)
バーク破碎物区	ロータリ耕	56.5	457	109 (27)	221	4,100	1,214 (111)
	プラウ耕	—	—	—	202	3,300	986 (90)
稲わら堆肥区	ロータリ耕	113.6	1,903	503 (123)	263	5,400	1,667 (153)
	プラウ耕	—	—	—	271	6,300	2,205 (202)

a) 1987.6~1991.6: ロータリ耕すき込み (5回)

b) 1987.6~1991.6: ロータリ耕すき込み (5回), 1992.6: プラウ耕すき込み (1回)

第8表 有機質資材のすき込みがコムギの精麦重 (Kg/10a) に及ぼす影響

試験区	すき込み 方法	す き 込 み 回 数					
		1 回	2 回	3 回	4 回	5 回	6 回
		1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年
無施用区	ロータリ耕	573(100) ^{a)}	509 (100)	359 (100)	443 (100)	511 (100)	314 (100)
	プラウ耕	—	—	—	—	523 (102)	491 (156)
生産物全量 すき込み区	ロータリ耕	407(71)	630 (124)	365 (102)	523 (118)	488 (95)	470 (159)
	プラウ耕	—	—	—	—	582 (114)	504 (162)
バーク堆肥区	ロータリ耕	473(83)	472 (93)	387 (108)	523 (118)	499 (98)	509 (162)
	プラウ耕	—	—	—	—	638 (125)	575 (183)
モミガラ区	ロータリ耕	427(74)	487 (96)	303 (84)	486 (110)	284 (56)	338 (108)
	プラウ耕	—	—	—	—	594 (116)	519 (165)
バーク破碎物区	ロータリ耕	421(73)	281 (55)	172 (48)	352 (79)	487 (95)	174 (55)
	プラウ耕	—	—	—	—	408 (80)	374 (119)
稲わら堆肥区	ロータリ耕	561(98)	423 (83)	427 (119)	479 (108)	543 (106)	548 (175)
	プラウ耕	—	—	—	—	599 (117)	606 (193)

a) () 内はロータリ耕対照区を100としたときの指数

性が高まり、除塩が促進されて増収するなど理化学性の改善効果が高かった。さらに、有機質資材を同時にすき込むことによって下層土の粗腐植・全窒素含有率が高まるなど土層全体の地力増強対策としても有効であった。

各有機質資材の特徴をまとめると、バーク堆肥およびバーク破碎物のように木質系の有機物は、粗腐植含量の増加割合が他の資材に比べて高かった。バーク堆肥はプラウによる深耕によって下層土の透排水性と通気性の改善効果が高かった。しかし、バーク破碎物はバークが過剰な水分を含んで土壌の乾燥が進まない傾向がみられ、物理性の改善効果はやや低いと思われた。さらにC/N比が高く、全窒素含量が低いために窒素飢餓が発生して作物の生育は著しく不良になった。モミガラでは粗腐植、全窒素含量の増加割合は高いものの、プラウ耕との組み合わせによって下層土の透排水性、通気性の改善効果が高かった。稲わら堆肥では粗腐植、全窒素含量が増加し、地力増強効果は認められるが、プラウによる下層土の改良効果は、バーク堆肥、モミガラには及ばなかった。ソルガムや麦稈など生産物は、プラウの深耕すき込みによって下層土の物理性改善効果が高いものの、地力の増強効果は認められなかった。

以上のように、干拓地重粘土壌に対する有機質資材の効果は種類により異なり、バーク堆肥、モミガラおよび稲わら堆肥が比較的優れていた。

6. 有機物の施用圃場における碎土効率

第9表に碎土作業に使用したトラクタの諸元表、第4図に碎土率と小麦の苗立数の関係、第5図に有機物施用圃場のロータリ耕2回後の作土層の碎土率を示した。

本干拓地の土性は、粘土含量の高い軽塩土であり、耕うん碎土の適正水分の範囲が狭いため、過湿状態ではねり返し、乾燥状態では土塊の固結によって碎土効率が低下する。そこで、干拓地土壌の碎土性に及ぼす有機物施用の影響を調査した。

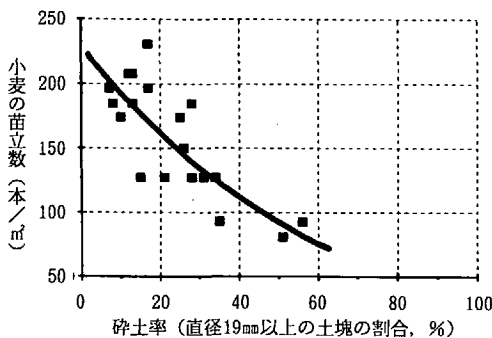
小麦播種時の碎土率（直径19mm以上の土塊の割合）は平均23%、範囲は7～56%であった。また、10a当たり8kg播種したときの小麦の苗立数は81～231本/㎡の範囲にあり、両者の間には負の相関が認められた。小麦の苗立数の許容限界を140本/㎡とすると、碎土率は約27%程度と算出された。よって、小麦播種時に必要な碎土率は、直径19mm以上の土塊の割合が約25～30%以下と考えられた。

無施用区では、ロータリ耕の2回実施においても直径57mm以上の大土塊が10%程度含まれていたが、有機質資材の連用区では含まれていなかった。また、直径19mm以上の土塊の割合は、バーク堆肥、モミガラ、稲わら堆肥区では約27%で、無施用区、生産物区、バーク破碎物区に比べて低かった。

以上の結果、小麦播種時には、碎土率（直径19mm以上の土塊の割合）を約25～30%以下にまで低下させる

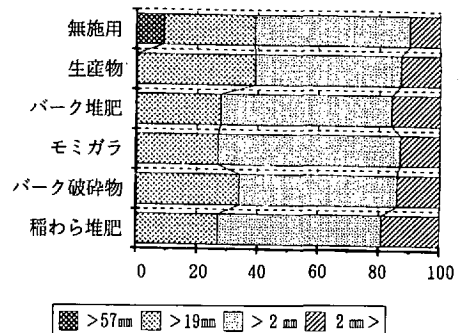
第9表 供試したトラクタの諸元表

形式	駆動	重量	排気量	出力/回転数	タイヤ	PTO
MT70D	四輪	2,960Kg	3,989cc	69.5ps/2200rpm	前9.5-24 後12.4-36	800rpm



第4図 小麦の苗立数と作土の碎土率の関係

a) 播種量 8 Kg/10a, 平成6年11月26日播種
 $r = -0.829^{**}$ (n=19)



第5図 有機物連用圃場の碎土割合
 (ロータリ耕2回施工後の作土層)

必要があると考えられた。また、バーク堆肥、モミガラ、稲わら堆肥の連用は、砕土率を高める効果が高かった。

考 察

笠岡湾干拓地の土壌は強粘質で、大型機械の走行などによる物理性低下によって下層土の透排水性が不良になり、過剰の水分や除塩の停滞による湿害、塩害などの可能性を含んでいるため、早急な対策を図る必要がある。

しかし、畑作大規模営農を安定させるためには、排水、除塩、土壌反応、地力対策など個々の問題だけでなく、総合的な熟畑化対策がなされなければならない。

ここでは、各種有機物の連用とすき込み方法を検討し、土壌理化学性の変化と栽培作物への影響について考察を加える。

1. すき込み方法

下層土の物理性改良の方法としては深耕や心土耕¹¹⁾、超深耕¹²⁾などが考案され、実施されているが、持続効果が低いことや実施が困難であることなど十分なものでない。

有機物による土壌物理性の改良効果として一般にあげられるものは、団粒形成作用、凝集力の低下、保水性並びに透水性の増加、塑性・液性・収縮限界の上昇、付着力の減少、砕土効率の向上など種々の効果があるとされている^{5・8・7・8・9)}。また、本干拓地の主要構成粘土であるモンモリロナイトは、腐植の増加による団粒化の促進効果が大きい⁸⁾。また、プラウ耕はロータリ耕に比べて排水促進効果が高く土壌が乾燥しやすくなる¹¹⁾。しかし、下層の未熟な土壌が作土層に混合されるため、大土塊が生成されやすく易耕性が低下するとともに、作土層の地力の低下が懸念される。著者ら¹³⁾は、本干拓地においてセスバニア等の熱帯マメ科植物をプラウですき込むと、土壌物理性の改良効果が大きいことを明らかにした。しかし、緑肥の栽培はダイズなどの夏季主要作物と栽培期間が競合するため、導入が本格的に進んでいないのが現状である。

本調査において、ロータリ耕による理化学性の改善効果は、有機物施用の有無に関わらず、第1層の作土層において認められた。しかし、ロータリ耕の届かない下層土には及ばず、下層土の透排水性と通気性は不良で、除塩の遅延によって高濃度に含まれる塩分などが栽培作物の生育阻害要因となっていた。これは、今川ら¹⁴⁾の指摘と同様で、ロータリ耕は、本干拓地のように下層土も含めた土層全体の改良には適しておら

ず、有機物のすき込み方法としては適当でないと考えられた。

一方、プラウ耕で有機物を深層にすき込むことによって、第2層の気相率、粗孔隙率が増加し、透水係数も高い水準になった。透排水性、通気性が改善されるとともに除塩が促進される傾向で、深さ40cmの第2層まで改良基準値の0.07%に到達し、栽培作物の収量も増加した。さらに、第1層だけでなく第2層の粗腐植・全窒素含有率を増加させ、下層土の地力維持とともに団粒形成^{8・7)}、塑性、液性限界の上昇⁸⁾による土壌構造の安定化など、土壌の孔隙量の維持にも寄与していると考えられた。

以上の結果、干拓地の重粘土壌におけるプラウによる有機物の深層すき込みは、下層土の透排水性、通気性の改善効果が高く、除塩を促進させるなど干拓地土壌の熟畑化に有効であると考えられた。

2. 有機質資材の種類

干拓地土壌の熟畑化のために有機物の施用は不可欠であるが、施用される有機質資材は多種多様で、その無機成分、分解特性などが大きく異なり^{15・16)}、土壌に及ぼす影響も異なると考えられる。また、土性、腐植含量、土壌水分、石灰含量などその土壌条件によって有機物の施用効果は変わる⁵⁾とされている。

本試験によると、有機質資材の混和された層の粗腐植・全窒素含有率は、無施用区に比べて次第に増加する傾向であった。また、プラウ耕との組み合わせによって下層土の透排水性、通気性の改善効果が高まり、特にバーク堆肥、モミガラ、生産物（ソルガム、麦稈）などの粗大有機物の効果が高いことが明らかであった。

今川ら¹⁴⁾は、鉾質土壌において有機質資材の深層施用の効果として下層土の固相率の減少に伴う気相率の増加をあげている。しかし、本調査ではモミガラ区の第2層では今川らの結果と一致したが、粗孔隙率の増加はそれだけでは説明できない。すなわち、本干拓地のように土壌構造の発達がみられない未熟な重粘土壌では、バーク堆肥区などでみられるように、下層土の透排水性、通気性を高めることによって土壌の乾燥が促進され、全孔隙率に占める割合の高い液相率が減少して気相率、粗孔隙率が増加したと考えられる。

また、粗腐植、全窒素など地力の増強効果はバーク堆肥、稲わら堆肥のような養分含量の高いものが優れていた。このように、有機物の種類によってさまざまな重粘土壌の改良効果が現れたが、土壌の地力を高め、平行して土壌物理性を改善し、熟畑化を促進するため

には、パーク堆肥の施用効果が高いと考えられる。

3. 碎土効率

干拓地の重粘土壤は碎土が困難で、碎土の不良は播種作業、作物の出芽苗立ち、初期生育に大きな影響を持つ⁵⁾。また、碎土を高めようとする大型作業機械の作業頻度が高まったり、比較的高水分時に耕うん作業を行う傾向がある。大型作業機械の踏圧を受けることによって作土直下に密層が形成され、土壤の透水性、通気性が著しく低下し、除塩が遅延するなど湿害、塩害の発生が懸念される^{1, 2)}。本調査ではパーク堆肥、モミガラ、稲わら堆肥の施用によって、干拓地重粘土壤の碎土効率が高められ、小麦の苗立率などが高まった。

畑地の作土は機械力、分散などの作用によって土壤孔隙量を変えたり土壤構造を変化させるが、この影響は土壤水分によって大きく左右される。また、有機物の施用効果は、腐植の増加に伴う団粒形成^{6, 7)}のほか、に塑性限界、液性限界の上昇⁸⁾などがあり、この団粒形成作用と耕うん可能水分の上限の増加によって碎土効率が高まったと考えられる。

以上のとおり、干拓地重粘土壤に施用する有機質資材は、ブラウ耕との組み合わせによって下層土の物理性改善効果の高いパーク堆肥、モミガラ、生産物（ソルガム、麦桿）といった粗大有機物の効果が高いことが明らかになった。なかでも、パーク堆肥は、地力増強効果が高く、すき込み有機物として有望と考えられる。

しかし、中野⁹⁾、斉藤¹⁷⁾は乾燥が十分進んでいない土壤への粗大有機物の施用によって、土壤の乾燥が遅れるとしており、有機物の分解に伴う土層の強還元化などを避ける上で注意が必要と思われた。また、有機質資材の施用は下層土を含めた土層全体の熟化が図られるまで連用する必要があると思われるが、各資材の特性を把握しその特性を生かせる使用場面での確に施用することが重要と考えられる。

摘 要

干陸後10年、圃場造成後2年目の1987年から93年にかけて、重粘干拓地土壤の理化学性改善と早期熟化を図るために、有機質資材のすき込み効果を調査した。

1. 供試圃場の土壤は細粒グライ土に分類される軽植土で、土壤構造の発達認められず、透水性、通気性は不良であった。土壤化学性は、排水性の不良によって下層土に高濃度の塩分を含んでいた。また、栽培作物の湿害、塩害の発生による生育・収量の低下が

懸念された。

2. 供試した有機質資材は、各成分含量が多く、しかもC/N比13~34と比較的低いパーク堆肥と稲わら堆肥、成分含量が低くC/N比の高いモミガラとパーク破碎物のほか、試験圃場で栽培されるソルガム、麦桿である。

3. ブラウ耕では、深さ約40cm程度まで資材のすき込みが可能で、作土層直下に形成された圧密層を破壊して土壤の物理性を改善する効果が高く、除塩が促進され、栽培作物の生育・収量が高まるなどすき込み方法として優れていた。

4. 土壤改良資材としての各種有機質資材は、土壤の理化学性に及ぼす効果がそれぞれ異なり、パーク堆肥、稲わら堆肥は粗腐植、全窒素など地力の増強効果、パーク堆肥、モミガラ、ソルガム・麦桿などの生産物はブラウ耕との組み合わせによる下層土の物理性改善効果が高かった。

5. パーク堆肥、稲わら堆肥、モミガラの連用によって、重粘干拓地土壤のロータリ耕による易耕性が向上しコムギの出芽苗立率が高まった。

引用文献

1. 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, 14: 63-70.
2. 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2報)暗きよによる排水除塩効果. 岡山農試研報, 14: 71-83.
3. 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.
4. 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推移. 岡山農試研報, 8: 47-58.
5. 土壤物理研究会編(1979) 土壤の物理性と植物生産. 養賢堂, 東京, 196-200, 420pp.
6. 川村秋男・福谷 博・山崎清功・氏家 勉(1960) 新鮮有機物の土壤保全の効果の研究(第1報) 耐水性集合体の生成におよぼす新鮮有機物の効果について. 四国農試研報, 5: 11-210.
7. 三木和夫・森 哲郎(1966) 鉾質畑の地力に対する有機物の役割とその補給様式に関する研究(第2報) 有機物施用跡地土壤の理化学性の変化について. 東近農試研報, 15: 112-124.

8. 久保田 徹（1971） 作土の構造維持に対する有機物施用の効果—コンシステンシーに及ぼす影響—。日土肥誌, 42 : 7—11
9. 中野啓三（1983） 土壌改良資材施用による重粘土転換畑土壌の改良。北陸農試研報, 25 : 87—108
10. 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
11. 高橋和司・松本 猛・上村亀記・今泉諒俊（1970） 耕起法の違いが鉋質畑土壌の生産力に及ぼす影響（第1報）愛知農試 24 : 99—111
12. 木下忠孝（1988） 超深耕および超深耕畑への有機物資材の施用が作物の生育に及ぼす効果。愛知農総試研報, 20 : 220—229
13. 山本章吾・柳井雅美（1996） セスパニアによる干拓地重粘土壌の改良。近畿中国農研, 92 : 24—28
14. 今川正弘・木下忠孝・吉野昭夫（1991） 有機物の深層施用による鉋質畑土壌の改良と作物に及ぼす効果。愛知農総試研報, 23 : 247—254
15. 高橋和司・河合伸二（1982） 鉋質畑土壌に及ぼす影響からみた各種有機物資材の特性（第1報）有機物資材の特性をあらわす項目と区分の検討。愛知農総試研報, 14 : 461—469
16. ———・———（1982） 鉋質畑土壌に及ぼす影響からみた各種有機物資材の特性（第2報）各種有機物の施用が土壌に及ぼす影響の解析。愛知農総試研報, 14 : 470—479
17. 齊藤正志・渡辺 毅・上田一雄（1979） 重粘土湿田の転換畑における二、三の資材の施用効果。福井農試報 16 : 59—63