

強粘質畑土壌の物理性に及ぼすもみがら

資材施用の影響について

小林 茂* 平井義孝**

強粘質畑土壌に破碎もみがら堆積物（もみがら堆肥）と生のもみがらを施用し、土壌の物理・工学的性質の変化からその改善効果について検討した。その結果、両資材とも粒径20mm以下の碎土率が対照土壌より約20%高まり、液性限界及び塑性指数も高まったことから、ロータリー耕の走行可能範囲は塑性域の高分側側に延長された。またもみがら資材施用土壌は塑性域において圧碎強度が高くコーン荷重は減少した。この理由は施用したもみがら資材を支持する土壌粒子（粒団）の応力に対する抵抗が両資材で異なることに基因する。それ故、全塑性域における農業用機械類走行の際の耐踏圧や、耕起碎土性向上の可能性をうかがわせた。さらに土壌の毛管孔隙量(pF1.5~2.7)の増加によって保水性が高まり、干ばつの時は場での水分条件が改善された。凝集力については土壌本来の固結度曲線の変異点と、もみがら資材組織内水分の脱水に基づく変異点が認められ、これらはいずれもpF4.2~4.5と比較的高張力水分域であった。

緒 言

北海道におけるもみがらの農業利用については、古くは温冷床の床土に混合するくん炭の原材料として、さらにその後水田の土地改良事業の進捗にとともに、暗渠排水施行における疎水材としても利用されている。しかしながら、大部分のもみがらについては、いまだに焼却されているものが多く、その汎用法の一つとして、近年破碎したもみがらに種々の添加物を混合して堆積し、強粘質の畑地や野菜地並びに床土の土壌改良資材として利用され始めている。一方、最近北海道でも稲作転換の進展に伴い水田を永久畑に転換せざるを得ない状況にあり、この中にも強粘質あるいは粘質の土壌が多く存在している。これらの土壌はいずれも易耕性、碎土性を高めることが転換畑における畑作物の生産性向上の面から必須条件とされている。本試験では破碎もみがら堆積物（もみ

がら堆肥）及びもみがらを強粘質畑土壌に施用して、その物理工学性の改善にある程度の成果が得られたので、その結果を取りまとめて報告する。

調査方法

1. 試験地の土壌

供試地は道立中央農試場内の細粒質灰色低地土で、主な理化学性を表1に示す。表土は粘性が強く、容積重は140g以上で重い。pF0~1.5の粗孔隙は表土で8.6ml、下層においては3ml以下で非常に少ない。また、pF1.5~2.7の毛管孔隙も各層とも3~5mlで、作物の正常生長に必要な水分容量が著しく乏しい土壌である。

2. 供試材料

供試した資材は破碎もみがら堆積物ともみがらで、主な理化学性を表2に示す。破碎もみがら堆積物は破碎したもみがらに苛性加里溶液を添加して高温蒸煮した後、野外の木枠に堆積し、2年越冬させたもので、もみがらよりも水分が遙かに高く、かつ、その粒経分布はもみがらよりも2~0.84mm、0.84~0.42mmのものが多。また、真比重は両資材とも1.7内外で泥炭土壌とほぼ同じである。

1982年6月30日受理

* 北海道立中央農業試験場, 069-13夕張郡長沼町

** 北海道立北見農業試験場, 099-14常呂郡訓子府町

表1 供試土壌の理 学 性

層 序	深 さ (cm)	粒 径 組 成 (%)			土 性	容積重 (g)	pF 1.5における (ml/100ml)			孔隙率 (%)	孔 隙 分 布 (ml/100ml)			
		砂	シルト	粘土			固相	液相	気相		pF 0～1.5	pF 1.5～2.7	pF 2.7～3.8	pF 3.8～7.0
1	0～25	24.5	51.4	24.1	SiCL	141	52.7	38.7	8.6	47.3	8.6	5.1	3.4	30.2
2	25～34	43.3	33.4	23.3	CL	148	56.7	41.1	2.2	43.3	2.3	3.1	5.0	32.9
3	34～50	61.4	22.6	16.0	CL	145	54.7	42.9	2.4	45.3	2.5	4.9	6.4	31.5
4	50～60	70.9	11.8	17.3	SCL	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表2 供試資材の主な理 化 学 性

資 材	項 目	水 分 (%)	C (%)	N (%)	C/N	1 ℓ 重 (g)	無比重	粒 径 分 布 (%)			
								> 2 mm	2 ~ 0.84	0.84 ~ 0.42	0.42 >
破砕もみから堆積物 も み が ら		47.6	40.8	0.501	81	150	1.73	37.0	36.8	20.1	6.1
		10.9	40.6	0.615	66	115	1.68	59.5	20.5	10.7	9.3

3. 試験方法

試験処理区は対照土壌区, もみから堆積物施用土壌区, 及びもみから施用土壌区の3区であり, 資材は昭和52年春に乾物でそれぞれ6 t/10a施用したが, さらに54年春にも3 t/10aづつ追加施用した。耕起は資材施用時に手耕した他は, 毎年秋季にプラウで25cm深まで耕起し, 砕土は毎年春季にローターベーターでほぼ15cm内外まで1~2回行った。本研究は, ①土壌のコンシステンシーと凝集力, ②土壌の力学性, ③土壌水分の動態について行い, もみからの施用効果発現も考慮して, 物理性の調査は4年目の土壌を主にし, また対象土層は25cmまでとした。アッターベルグ限界の測定は, JIS規格に従って2 mmの篩を通過した試料を用いた。土壌の凝集力は2 mmの篩を通過したものを, 山中¹⁾の方法に従い固結度を測定した。また圧碎強度は100ml容採土管に2 mm篩を通過した土壌を一定の密度で充填し, 飽和後デシケーターに入れ, 水銀柱で50mmまで減圧脱気し, その後脱水過程の各水分段階について一軸圧縮試験器で測定した。貫入抵抗は土壌物理性測定法²⁾に準じコンペネトロメーターで測定した。また土塊分布は80, 40, 20, 10, 5 mmの各篩を順次通過させた生土を, 重量比で算出し, 20 mm以下の割合をもって砕土率とした。土壌の孔隙は100ml採土管で地表から5 cmごとに25cm深まで採土した試料を, pF2.3までは吸引法, pF-

4.2まで遠心法で測定したが, ねり返した土壌については, さらにpF4.2以上を蒸気圧法で求めた。毛管連絡切断含水量は100ml採土管で採取した試料を, 土壌物理性測定法²⁾に従い測定した。なおほ場における土壌水分の消長は, 5, 10, 30cmの深さに設置したテンションメーターで毎日観測した。

試 験 結 果

1. 土壌のコンシステンシーと凝集力

土壌のコンシステンシーは耕起砕土の難易とも密接に関連し, 機械走行の指標の一つに挙げられている。表3は各処理土壌のアッターベルグ限界について測定した結果であるが, 風乾・生土壌ともに液性限界(LL), 塑性限界(PL)は, 対照土壌より資材施用の両土壌が高く, LLで特に高かった。従ってLLとPLの差で表わされる塑性指数(Ip)も対照土壌より2%内外多かった。昭和44年に農林水産技術会議事務局が設定したトラクターの走行可能な土壌条件の判定基準によると, ホイール型トラクターによるロータリー耕の走行可能範囲は, コンシステンシー指数(Ic)で0.2~0.5, 作業容易範囲は0.5となっている。この基準で本試験の含水比を試算すると, トラクターの走行可能範囲では対照土壌の34.8~30.6%に対し, もみから堆積物施用土壌は39.5~34.7%, もみから施用土壌は39.3~34.5%, また作業容易範囲の含水比

表 3 ア ッ タ ー ベ ル グ 限 界

処 理 項 目	風 乾 土 壤							生 土 壤		
	LL	PL	Ip	SL	収縮量 (ml/100ml)	収縮比	乾土重 (g/100ml)	LL	PL	Ip
対 照 土 壤	37.6	23.5	14.1	16.7	21.2	1.73	149.4	37.6	23.7	13.9
もみがら堆積物施用土壤	42.8	26.6	16.2	18.8	20.2	1.62	130.6	42.3	27.0	15.3
もみがら施用土壤	42.5	26.6	15.9	20.5	19.5	1.62	128.0	47.7	26.7	16.0

備考 初期含水比は対照土壤9.9%, 破碎もみがら堆積物施用土壤14.9%, もみがら施用土壤13.2%であった。

は対照土壤の30.6%に対し、それぞれ34.7%, 34.5%でいずれも資材施用土壤の方が、対照土壤より4%強多くなっている。前述したように資材施用土壤のIpの増加が、PLよりもLLの増加によってもたらされたのであるから、対照土壤と同じ含水比と仮定すれば、Icも基準値より若干高くなり、その分だけ走行範囲が延長されたことになる。

土壤の乾燥脱水にともなう収縮の過程は、土壤孔隙や土粒子間の引力に関係して土壤の理工学的性質を知る上で参考となる。もみがら資材の施用により収縮量は少なくなり、熱乾重も低下し、従って見掛けの乾燥密度を現わす収縮比も低かった。また資材施用土壤の収縮限界 (SL) は対照土壤より高かったが、PLよりはいずれの土壤も低

なく、やや湾曲している。また最も収縮した状態の容積を100とした横軸を最終容積線といい、この線と収縮直線の延長した交点がSLに相当すると一般にいわれているが、本図においてもいずれの土壤もほぼ一致していることが認められた。

次に土壤の凝集力は、土壤粒子間の引力や、もう一つの凝集作用発生の大きな要因である毛管力であるといわれ、これらは土壤の収縮、塑性、さらには易耕性、砕土性の指標となっている。図2a、

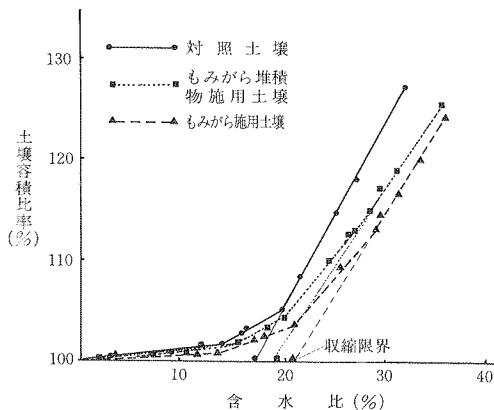


図 1 ねり返した土壤の収縮経過

い値であった。図1はねり返した土壤の収縮経過を現わしたものであるが、容積比率は対照土壤より資材施用土壤で低く、かつ脱水にともなう水分量も多い。さらに収縮の第一段階に当る収縮直線も、資材施用土壤では対照土壤のように直線では

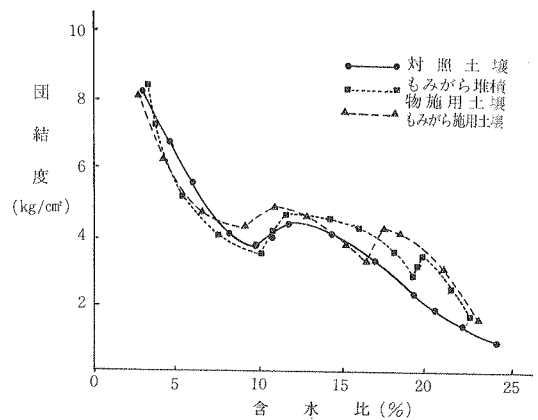


図 2 a 団結度と含水比(施用4年目)

2bに固結度曲線と含水比の関係を示した。資材施用後4年目における土壤の固結度曲線の変異点は、低水分側では含水比10~12%のところに各土壤とも共通して認められ、これは土壤本来の持つ変異点と思われる。しかし、高水分側の17~20%のところでは、資材施用土壤にのみ変異点が認められ、対照土壤では認められなかった。そこで資材の性質や施用時期などの影響をみるために、資材施用直後の固結度を図2bでみると、高水分側ではもみがら堆積物施用土壤のみ変異点が認めら

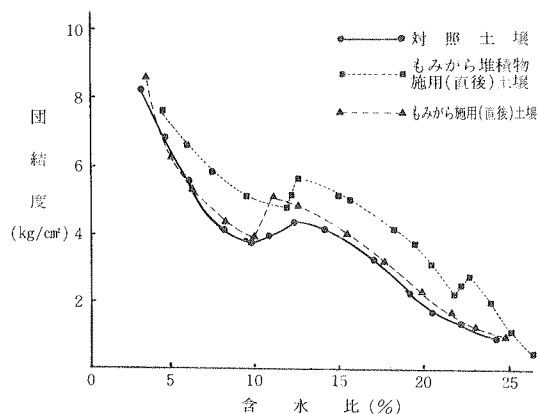


図2b 団結度と含水比(施用直後)

れ, もみから施用土壌では対照土壌と同様に認めることはできなかった。このことから考えると, 撥水性の大きい新鮮なもみからの施用は親水性に

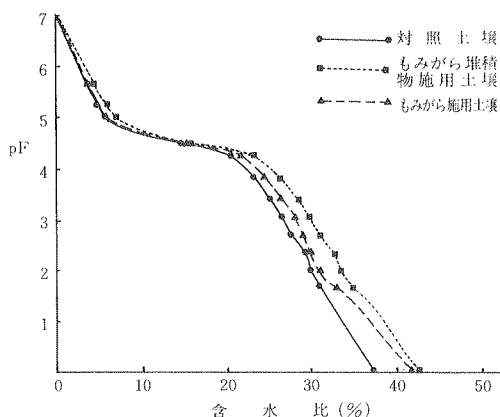


図3 ねり返し土壌のpF水分曲線(施用4年目)

乏しく, 土壌粒子との付着性も劣るため吸水し難いことが考えられる。図3は固結度曲線の変異を現わす時点での水分張力の特徴を知るために, 固結度を測定した時と同様に土壌をねり返して各水分張力を測定した結果である。各土壌とも pF4.2~5.0の範囲の水分が最も多く, かつ pF4.2の含水比は対照土壌より資材施用土壌の方が高かった。そして資材施用後4年目の土壌の固結度曲線における高水分側の変異時の含水比も, pF4.2~4.5の間に存在し, また低水分側においては各土壌とも変異時の含水比は pF4.8~5.0の範囲内にあることが認められた。

2. 力 学 性

圧砕強度は一定の面に対して直角に, しかも全面に圧力をかけ, その破壊点を応力として測定する。従って土壌粒子(粒団)間の付着力や毛管力

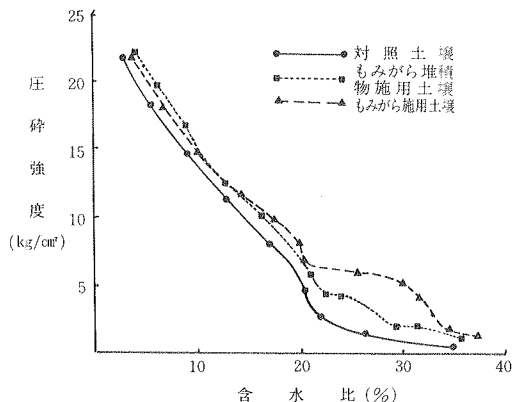


図4 圧砕強度と含水比

などに影響され, 農業機械など走行時の接地圧の指標になる。その結果を図4に示した。圧砕強度曲線はもみから施用土壌で含水比34%, もみから堆積物施用土壌では29%付近から圧砕強度が上昇し, 一度緩やかに推移するが再びそれぞれ20%, 22%付近から急上昇している。これに対して対照土壌でははじめ緩やかに, そして21%付近から急上昇し, 以後は脱水するに従い資材施用の両土壌と大差なく著しい上昇を示している。また圧砕強度の強さは含水比20~35%の範囲内において, も

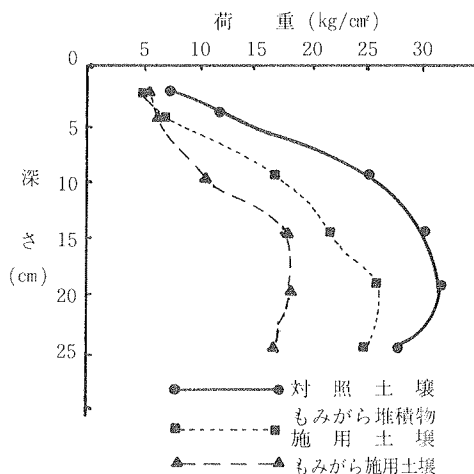


図5 深さ別コーン荷重
55年8月7日調査

みがら施用土壌>もみがら堆積物施用土壌>対照土壌の関係が認められた。

ほ場における貫入抵抗は、地耐力など農業機械走行時における踏圧や走行性の判定に利用されている。図5は4年目砕土後3ヶ月目に測定した結果であるが、測定時はやや早ばつ気味であり、コーン荷重は下層ほど著しく高く、特に対照土壌では15~20cm深において30kg/cm²以上を記録した。これに対して資材施用土壌は、20cm深においてもみがら堆積物施用土壌で5kg/cm²以上、もみがら施用土壌では15kg/cm²も低くなっている。また表4に示すように荷重測定時における土壌水分と容積重の関係をみると、コーン荷重の低い表

表4 荷重測定時における土壌水分と容積重

深 さ (cm)	項 目					
		0~5	~10	~15	~20	~25
対 照 土 壌	含水比(%)	26.1	24.9	27.0	24.7	24.7
	容積重(g)	133	147	149	153	146
もみがら堆積物施用土壌	含水比(%)	37.0	30.1	28.5	28.5	30.2
	容積重(g)	129	125	141	146	141

(昭和55年8月7日採土)

層(0~5cm)では容積重よりも含水比に影響されているが、荷重の大きくなる10cm深以下では含水比よりも容積重に強く影響され、対照土壌で容積重の大きいことが認められた。これは前項でも述べたように資材施用土壌より対照土壌の収縮比が高いことに起因している。

以上の調査結果を総合判定する一つの手掛りとして、コーン荷重を測定した直後に同一ほ場から採土して土塊分布を調査した結果を表5に示す。それによると資材施用土壌は対照土壌に比べ粒径20mm以上の土塊が少なく、特にもみがら施用土壌では80mm以上のものは全く認められず、もみがら堆積物施用土壌でも対照土壌の1/5と著しく少なかった。また10mm以下の土塊は資材施用土壌が逆に多くなっており、特に5mm以下のものは顕著であった。従って粒径20mm以下の土塊で示す砕土率は、資材施用の両土壌が対照土壌よりも約20%高くなっており、明らかに強粘質畑土壌においてはもみがら資材施用後4年目で、土壌粒子相互間の凝集力に基づく毛管、及び収縮特性、さらに貫入抵抗など総合された結果として砕土性向上が確認された。

表5 土 塊 分 布

(%)

土塊径(mm)	>80	80~40	40~20	20~10	10~5	5>	砕土率(20>)
対 照 土 壌 区	10	13	23	20	14	20	54
もみがら堆積物施用土壌区	2	9	17	22	20	31	73
もみがら施用土壌区	0	9	19	22	19	31	72

採取日昭和55年8月8日

3. 土壌の水分動態

土壌水分の動態を知ることは、作物栽培上重要な指標となる。また土壌の凝集性に基づく毛管力、収縮特性、さらにコンシステンシーにも大きく影響する。表6に資材施用4年目土壌の孔隙量とその分布割合を示す。pF 0~1.5の粗孔隙量は0~5cmで対照土壌が多いが、5cm以下になるとむしろ資材施用土壌の方が多くなっている。さらにpF1.5~2.7の毛管孔隙量をみると、15cm深まで処理間に差が認められ、対照土壌に比べると資材施用土壌が多くなっているが、しかしその差は下層ほど減少する傾向であった。pF2.7~3.8の毛管孔隙量は深さ、処理間に大差は認められな

った。以上のようなことは百分比でみると一層明瞭となるが、pF3.8~7.0の高張力に対応する孔隙の割合は対照土壌より資材施用土壌で低くなる傾向があり、これは資材の施用が土壌の収縮の減少とともに粒子の比表面積を減少させるために、この部分に対応する孔隙の減少がpF 0~1.5の粗孔隙やpF1.5~2.7の毛管孔隙を増加させたものと理解できる。

図6は資材施用4年目のほ場におけるテンションメーターの測定結果を月別に頻度割合で示したものである。土壌水分は降水量に非常に大きく影響され、6月下旬~7月下旬の間降水量が極めて少なく、10cm深の場合pF2.7以上の日の割合

表 6 孔 隙 分 布

昭和55年度

処理 深さ(cm)		0 ~ 1.5			1.5 ~ 2.7			2.7 ~ 3.8			3.8 ~ 7.0		
		対 照 土 壤	もみから 堆 積 物 施 用 土 壤	もみから 施 用 土 壤	対 照 土 壤	もみから 堆 積 物 施 用 土 壤	もみから 施 用 土 壤	対 照 土 壤	もみから 堆 積 物 施 用 土 壤	もみから 施 用 土 壤	対 照 土 壤	もみから 堆 積 物 施 用 土 壤	もみから 施 用 土 壤
実 数 ($\text{m}\ell / 100\text{m}\ell$)	0 ~ 5	13.1	11.1	7.9	4.7	8.4	7.0	5.2	5.0	4.9	28.2	26.9	29.1
	~10	5.2	12.4	10.5	3.4	7.0	6.4	4.1	5.0	4.9	33.0	30.0	28.0
	~15	3.1	4.1	4.7	3.1	4.2	5.0	4.3	3.9	5.0	33.4	32.3	30.3
	~20	3.3	3.4	4.2	3.7	4.6	3.3	4.1	4.8	4.4	32.8	32.6	34.7
	~25	1.5	2.6	8.0	2.5	3.3	6.1	3.8	4.8	4.3	34.6	37.0	27.3
百分比 (%)	0 ~ 5	25.6	21.6	16.2	9.2	16.3	14.3	10.2	9.7	10.0	55.1	52.3	59.5
	~10	11.4	22.8	21.1	7.4	12.9	12.9	9.0	9.2	9.8	72.2	55.1	56.2
	~15	7.1	9.2	10.4	7.1	9.4	11.1	8.9	11.2	11.1	76.0	72.6	67.3
	~20	7.5	7.5	9.0	8.4	10.1	7.1	9.3	10.6	9.4	74.7	71.8	74.5
	~25	3.5	5.5	17.5	5.9	6.9	13.3	9.0	10.1	9.4	81.6	77.6	59.7

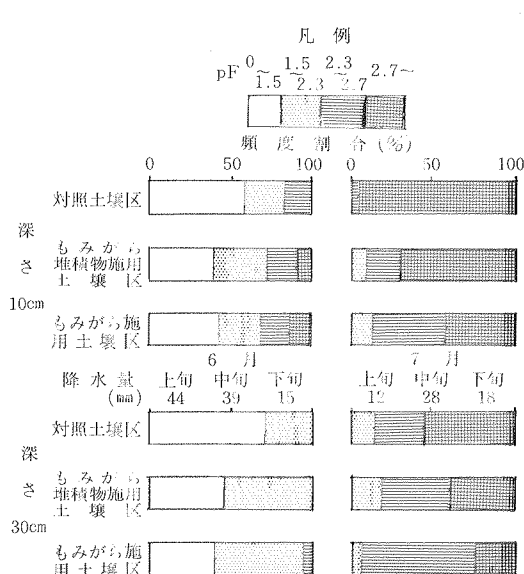


図 6 土壌水分張力の出現頻度割合(55年度)

が対照土壌では80%以上もあったのに対して, 資材施用の両土壌では70%以下であり, 特にもみから施用土壌では40%内外で, 対照土壌の1/2と非常に低い頻度割合であった。

図 7 には干ばつ気味の資材施用 2 年目の 7 月に, 5 cm と 10 cm の深さで測定した土壌水分張力を頻度割合で示したものである。pF2.7以上の頻度割合は表層の 5 cm 深では, もみから施用土壌が対照土壌よりもみから堆積物施用土壌よりも高い

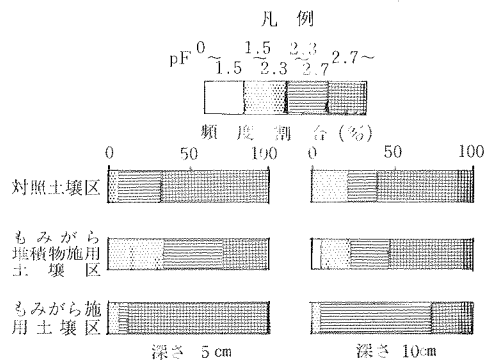


図 7 表層土壌の水分張力の出現頻度割合(53年度)

のに10cm 深では逆に低くなっている。これは両資材の孔隙特性や撥水性の違いによるもので, もみからは高張力 (pF3.8~7.0) の孔隙1.3%と極めて少なく, 粗孔隙 (pF 0~1.5) は91.7%で非常に多く, また撥水性も大きい。これに対してもみから堆積物は高張力の孔隙は13.8%でもみからより多く, 粗孔隙は48.8%ともみからの約1/2であり, 撥水性も堆積中に減退してもみからより小さくなっており, これらの差異が反映したものと思

表 7 25cm深の毛管連絡切断含水量

項 目	毛管連絡切断 含 水 率 (%/V)	pF 1.5~毛管連 絡切断時含水量 ($\text{m}\ell / 100\text{m}\ell$)
対 照 土 壌 区	36.9	3.3
もみから堆積物 施用土壌区	37.8	5.4
もみから施用土壌区	35.5	5.5

われる。

表 7 には 25cm 深における pF1.5 から毛管連絡切断時までの水分量を示したが、対照土壌より資材施用土壌が 2 ml 強それぞれ多くなっており、乾燥過程において下層からの水分供給を有利にしていることが認められた。

考 察 及 び 論 議

強粘質畑土壌の易耕性や砕土性を高めるために、従来から有機物の施用を始めとして、砂客土や泥炭客土など資材の搬入が行われている。易耕性や砕土性の改善は一つには質的に機具の抵抗性を少なくすることと、もう一つの側面は土壌塑性域の走行可能範囲の拡大が挙げられる。

一方、強粘質畑土壌は一般に排水不良の場合が多く、また乾燥するとち密となり、いんれの場合も塑性域が狭められ耕起砕土を困難にしている。これらは主として土壌の凝集作用に起因する場合が多く、易耕性や砕土性の改善を目的とした排水や各種の資材施用もつきこは凝集作用の改善にはかならない。本試験ではもみガラ堆積物ともみガラを同様の目的で強粘質畑に比較的多量に施用してその効果を検討したが、塑性域の高水分側においてわづかではあるがロータリー耕の走行範囲の延長を認め、低水分側でも易耕性、砕土性の向上、さらに塑性全域において農業用機械の耐踏圧性の増大などがコーン荷重、圧砕強度の測定から推定できた。すなわちもみガラ資材の施用が土壌の凝集作用を変化させ、土壌粒子の比表面積の減少が高張力 (pF3.8~7.0) 部分の孔隙を粗孔隙 (pF 0~1.5) や毛管孔隙 (pF1.5~2.7) に変化させて、これが土壌水分に好結果をもたらし、さらにはもみガラ資材が土壌粒子の支持力を得られる結果ともなったと考えられる。

塑性域の高水分側における走行範囲の延長は、トラクター作業の走行可能性の基準から本試験の含水比を試算した結果、資材施用土壌が対照土壌より 4% 強多くなっている。これは資材施用土壌の I_p が PL よりも LL の増加によって多くなったのであるから、対照土壌と同じ含水比と仮定すれば I_c も基準値より若干高くなり、その分だけ走行範囲が延長されたことになる。

前田³⁾は収縮限界 (SL) と塑性限界 (PL) の関係について、収縮直線における SL は土壌水分の

飽和から不飽和への変異点であり、pL も同様に飽和から不飽和へ移る転移点と理解できるので SL と PL は原則的には一致すると述べている。本試験において SL と PL は必ずしも一致せず、いずれの土壌も SL より PL が若干多くなっている。このことについては粘土、シルトと砂の高張力部分の水分吸着特性の違いに起因するものと考えられ、粘土、シルトの多い土壌ほど SL より PL が高くなる傾向のあることから考えると、本土壌も粘土、シルトが 75% を占めているので当然の結果と思われる。

次に凝集力と収縮の関係について考察する。土壌の凝集力は土壌粒子の比表面積の大きいほど、すなわち微細な毛管の多いものほど大きくなることが報告されている^{1,4,5)}。資材施用土壌の収縮比や収縮量は対照土壌より少なく、かつ腐熟度の小さいもみガラ施用土壌で一層少なかった。これは土壌中で分解の遅い粗大なもみガラ資材の施用が微細な毛管の減少を促し、さらに腐熟度により親水性や土壌粒子との付着力も異なるために凝集力が低下して収縮量を減少させたのであろう。土壌の凝集力は成形した細片を 13° の金属くさびで切断するときの切断抵抗を用いているが、山中¹⁾はこれから得られた固結度曲線の固結度が、土色の著しく変色する水分点で折れ (変異点) ことを認め、それが粘土の多い土壌ほど固結度の折れが大きいと述べ、また久保田²⁾はそれが主として粘土粒子表面の結合水、または土壌表面の各種成分が物理化学的吸着によって微細粒団を造り粗粒化するために固結度が低下し、火山灰土壌ではこれが非可逆的であると報告している。本試験においても固結度曲線の低水分側 11~12% 付近に土壌本来の変異点を認めたが、さらに施用直後のもみガラ堆積物施用土壌と 4 年目の資材施用の両土壌に、高水分側でも一つの変異点を認めることができた。しかしこの高水分側の変異点も塑性域を脱しており高張力の水分域であった。このように資材施用土壌にのみ認められた高水分側の固結度の変異の機作については次のように考えられる。すなわち施用直後の固結度曲線においてもみガラを施用した土壌では高水分側で変異点が認められないことから考えると、撥水性の大きいもみガラはその組織内に水分が貯留されず、一方もみガラ堆積物では貯留された水分が高張力の初期段階に

において脱水されるために、一時的に孔隙内の水分が見掛け上多くなり固結度が低下したものと考えられる。このことについてももみがら堆積物自体の水分張力分布をみると、 $pF_{3.8} \sim 4.2$ で2.4ml, $pF_{4.2} \sim 4.5$ で4.4ml, $pF_{4.5} \sim 5.0$ で2.1mlとなっており、 $pF_{4.2} \sim 4.5$ の脱水量が最も多いことから推定できる。さきにもみがら資材の施用が凝集力を低下させると述べたが、もしそのとおりだとすると資材施用土壌の固結度は対照土壌より低くなるはずである。しかし実際には図2 a, 2 bのように高くなっており、その理由は次のように考えられる。すなわち新鮮なもみがらの施用は図2 bのように対照土壌と大差がないが、このような新鮮なもみからも年次の経過とともに土壌中で徐々に変化し、原形を保ちつつも撥水性は減少して親水性がよくなり、その結果として土壌粒子(粒団)との結合も高まって、もみがら自体が土壌粒子に支持され抵抗力を増加させたのではないかと考えられる。従ってもみがら資材施用(施用当初のもみがら堆積物施用土壌と施用4年目の資材施用の両土壌)による固結度の高まりは、土壌本来の凝集作用ともみがらに対する土壌粒子の支持力の相乗作用の結果であると思われるので、土壌粒子による支持力の分を差引くと、資材施用による土壌本来の凝集力は対照土壌より低下していると考えられる。

次に圧碎強度とコーン荷重の関係についてみると、もみがら資材の施用は主として塑性域において両者で全く相反する結果になっている。この理由については凝集力のところで述べたように土壌粒子に支持されたもみがら資材の測定機具の応力に対する抵抗力の相違によるものと考えられる。すなわち一軸圧縮の場合は約20cm²の断面積をもつ土壌柱状体に均一に圧力をかけるのに対して、コーンの場合は頂角30°の紡垂型のコーンを貫入させたるために、その抵抗力はコーンの方が少なくなるはずである。もみがら資材の施用は対照土壌より粗孔隙や毛管孔隙が多く、かつ収縮比も小さいからコーンに対する抵抗力ももみがら資材の影響は小さい。これに対して一軸圧縮の場合は粗孔隙や毛管孔隙が多いにもかかわらず、圧縮板に対してもみがら資材の土壌粒子による支持力が全面的に働き、それ故に踏圧の大きい農業用機械類の走行に対して踏圧などの抵抗力が対照土壌より

大きいと推定できる。

前述したように、もみがら資材の施用による土壌の比表面積の減少にともなう高張力の孔隙の減少は、施用当初は粗孔隙の増加、年次の経過とともに次第に毛管孔隙の増加となることを指摘したが、事実本試験のもみがら資材施用4年目の土壌分布をみると、毛管孔隙($pF_{1.5} \sim 2.7$)や粗孔隙が表層を中心に増加していた。古畑⁷⁾らは重粘土壌に数種の無機、有機の土壌改良資材を施用して孔隙組成の面からその改良効果を検討し、もみがら堆肥は $pF_{1.6} \sim 3.1$ の孔隙を増加させ、また破砕もみがらは粗孔隙($pF_{0} \sim 1.6$)を増大させ、 $pF_{1.6} \sim 3.1$ の孔隙には影響がなかったと報告している。これらのことはもみがら資材の高張力($pF_{3.8} \sim 7.0$)の孔隙や粗孔隙が対照土壌のそれよりも著しく異なり、もみがらでは表面の撥水性が大きいために土壌と混和した場合もみがら稈内の間隙への土壌の浸入が少なく、またもみがら表面と土壌粒子や水との付着も少ないために施用1~2年目では必然的に粗孔隙の増加となるのである。さらに干ばつ時においてももみがら施用ほ場の表層が下層との毛管連絡を断たれて過干となる現象も同様の理由と思われる。もみがらが土壌中でももみがら堆積物と同様の状態になるのは施用後3~4年以降であって、本試験のもみがら施用土壌の $pF_{1.5} \sim 2.7$ の孔隙量が増加したのも4年経過した土壌であった。その点もみがら堆積物は古畑⁷⁾も認めているように、施用当初から効果が発現しており、もみがらと異なる特徴の一つである。

土壌が乾燥してくると土層の毛管連絡が不良となり、作物生育は不振となるので下層からの水分供給が望まれる。下層との接位に当る深さ25cmにおける $pF_{1.5}$ から毛管連絡切断時までの水分量が対照土壌より資材施用土壌で多かったことは、表層の毛管孔隙($pF_{1.5} \sim 2.7$)が増加していることと相まって、夏期間の干ばつ時の土壌水分がもみがら資材施用のほ場で無施用の対照土壌より低張力で経過していた事実からも推定できる。

以上の結果を総合的に判定する一つの試みとして、碎土後3ヶ月経過した各ほ場の土塊分布をみても、粒径20mm以下の碎土率が対照土壌より資材施用土壌で約20%高かったことから理解できると思う。

道立中央農試化学部⁸⁾で水田転換畑土壌の碎土

性向上を図る目的で、もみがらを $30\text{m}^3/10\text{a}$ 施用してその経年変化をみているが、碎土率は碎土作業の回数とともに高くなり、3年目では対照区より遙かに勝ることを認めている。このほ場も強粘質であるが前述したようにもみがらの施用当初はもみがらのもつ撥水性と、この種の土壌の特徴の一つである凝集力に起因する大土塊の破壊の困難性が碎土混和を不十分にしているのであろう。

謝 辞 本試験の遂行にあたり、有益な御助言をいただいた天北農試場長後藤計二氏、根釧農試場長奥村純一博士、並びに御協力を惜しまなかった道立中央農試化学部土壌改良第2科の各研究員、さらに成績取りまとめに際し御助言をいただいた道立中央農試化学部、大垣昭一、赤城仰哉、盛時雄の各科長、また本稿の御校閲をいただいた道立中央農試化学部長南松雄博士、同環境保全部長岩淵晴郎氏に心から厚く謝意を表する。

引 用 文 献

- 1) 山中金次郎, “土壌の凝集力に関する研究”, 農業技術研究所報告, B6, 59-71 (1955).
- 2) 土壌物理測定法委員会編, “土壌物理性測定法”, 1972. p.121-124, p.313-318.
- 3) 前田 隆, “土壌の理工学性に関連する物理化学的効果の現状と今後の問題”. 土壌の物理性, 41, 36-54 (1980).
- 4) 前田 隆, 相馬尅之, “土のコンシステンシーに影響を及ぼす因子について”. 土壌の物理性, 30, 15-22 (1974).
- 5) 佐藤雄夫, 湯村義男, “耕耘の立場からみた重粘土壌の物理性に関する研究”, 東海近畿農業試験場研究報告, 19, 127-147 (1970).
- 6) 久保田徹, “火山灰土壌の界面化学的研究—脱水に伴う土壌の不可逆的凝集の現象と機構を中心として—”. 農業技術研究所報告, B28, 1-74 (1976).
- 7) 古畑 哲, 岩間秀矩, “重粘土壌に対する各種資材の孔隙組成改良効果”. 土壌の物理性, 42, 33-40 (1980).
- 8) 北海道立中央農業試験場, “排水不良稲作転換畑における土壌改良技術確立試験成績書”, 1981, p.17. (化学部総合助成試験成績書.)

1) 山中金次郎, “土壌の凝集力に関する研究”, 農業

Effects of Rice-hull Dressing Materials on Physical Properties in Heavy Clayey Upland Field Soil

Shigeru KOBAYASHI and Yoshitaka HIRAI

Summary

Composts of ground rice-hull and rice-hull were applied to heavy clayey upland field soil and the change of its physical properties were tested. The results obtained for both materials were as follows:

1. The weight ratio of soil clods smaller than 20 millimeters in diameter in the treated fields increased about 20 percent as compared to the untreated fields.
2. Because the liquid limits and plasticity indexes of the treated soils increased, the trafficability of rotary-tilling enlarged on the higher water content side of the plastic range.
3. The soils of the treated fields had higher crushing resistances and lower cone indexes in the plastic range, because the stress of soil aggregations that hold the rice-hull materials is different for each. Therefore, it seemed that the resistance to compression and tilling increased on the side of a lower water content in the plastic range.
4. The water-holding capacity increased as the capillary porosity ($pF_{1.5-2.7}$) increased, and the water condition of the field was improved even in drought.
5. For cohesion of soil, two points of change on a consolidation curve were recognized. One was of the soil itself and the other was of the dehydration of the texture of the rice-hull material. These points appeared in the high tension-range of water ($pF_{4.2-5.0}$), i. e. the range of change of soil color.

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13, Japan.

* Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, Kun-neppu, Hokkaido, 099-14, Japan.