

畑の畜力耕起による耕盤 形成と今後の問題点

佐藤清美

(農事試験場 畑作部)

畑の耕起は人力から畜力さらに機械力の利用へと発展しつつあるが、このような推移は必然的に耕耘形式の変化を伴い、畑土壌の構造や理化学的性状に質的な影響を及ぼしいろいろの問題が提起されている。わが国における畑の畜力耕起による耕盤形成についての問題もその一つである。畑作業の畜力化は水田作業に比べ技術的にはむしろ容易であるはずにもかかわらず、最も重労働である耕起作業にすら畜力を利用する割合が低く、依然として鋤による人力耕起作業が主体となっている。この原因として考えられる技術的な問題点としては、犁耕の際に犁体各部に土の付着が多く、犁の性能が著しく減殺される犁耕困難な火山灰質埴壌土が主な畑作地帯に広く分布していることと、この地帯の農家は畑の犁耕を継続すると作土中または作土の下層部が硬化しいわゆる耕盤が形成され、作物の生育収量に悪影響を及ぼし畑の生産力が低下するという根強い観念を抱いていることが挙げられる。

以上のようなことから1952年に畑犁耕による耕盤形成の実態を明らかにする目的で実態調査を行ない、さらに耕盤形成の経過および機構を解明するため、形成された耕盤の理学的性状および作物の生育に及ぼす影響を知るため圃場試験を実施した。またこれに引続き耕盤に対する技術対策を考究するに必要と考えられる試験の一部を実施した。

I 畑の畜力耕起による耕盤形成の実態

関東地方で最も問題の多いと思われる茨城・千葉・神奈川の県下にわたり、現に畑犁耕を継続実施している農家各県50戸を対象とし、アンケート調査を行ない、そのうち問題の多いと思われる9ヶ所を選び現地の実態を調査した。

1 アンケート調査の結果及び考察

アンケート調査の各項目を整理集計した結果およびこれに対する考察を加えるとおおむね次のとおりである。

(1) 畜力耕起による耕盤形成の有無

畑の畜力耕起によって耕盤ができると一般にいわれているか、また実際に畜力耕起を継続した体験から耕盤ができているか、との間に対して第1表のとおり答えている。畑の畜力耕起によって耕盤ができると一般にいわれていると答えた農家は茨城の82%が最も多く、千葉72.5%、神奈川55%であった。3県の平均でみると70%となり、かなり一般的にいわれていることがうかがえる。次に実際に畜力耕起を継続実施している体験から耕盤ができると答えた農家は茨城の72%が最も多く、つづいて千葉神奈川の順となり平均63%となり約60%強の農家が耕盤ができることを認識している。次に耕盤ができていると答えた農家96戸について耕盤の硬さの程度、耕盤のできる位置および耕盤ができるまでの経過年数などを調べた結果は第2表のとおりである。耕盤の硬さの程度については、農家の感覚による判定であるから相互に比較することは適正でないが、膨軟な作土に比べての比較的硬さであって絶

対的な硬さが問題になっているのではないということがうかがえる。

第1表 耕盤形成の有無

調査項目 県別	調査戸数	耕盤形成の有無				
		できると一般にいわれている	できないと一般にいわれている	できている	できていない	不明
茨城県 (調査農家に対する%)	50	41 (82)	9 (18)	36 (72)	11 (22)	3 (16)
千葉県 (同上%)	51	37 (72.5)	14 (27.5)	31 (61)	20 (39)	—
神奈川県 (同上%)	51	28 (55)	23 (45)	29 (57)	22 (43)	—
(同上%)	152	106 (70)	46 (30)	96 (63)	53 (35)	3 (2)

第2表 耕盤の硬さと位置及びできるまでの経過年数

調査項目 県別	耕盤が できている農 家数	耕盤の硬さの程度			耕盤のできる位置				耕盤のできるまでの経過年数			
		やや かたい	かたい	非常に かたい	15cm 以下	18cm	21cm 以上	不明	3年 以下	4年	5年 以上	不明
茨城県 (調査農家に対する%)	36	13 (36.1)	18 (50.0)	5 (13.9)	12 (33.4)	14 (38.7)	10 (27.7)	—	15 (41.8)	8 (22.2)	6 (16.6)	7 (19.4)
千葉県 (同上%)	31	17 (55.0)	14 (45.0)	—	2 (6.4)	8 (25.6)	21 (68.0)	—	23 (74.5)	5 (16.5)	2 (6.0)	1 (3.0)
神奈川県 (同上%)	29	22 (76.0)	6 (20.6)	1 (3.4)	2 (6.8)	4 (13.8)	22 (76.0)	1 (3.4)	19 (65.6)	3 (10.3)	4 (13.8)	3 (10.3)
(計 (同上%))	96	52 (54.0)	38 (39.5)	6 (6.5)	16 (16.6)	26 (27.1)	53 (55.1)	1 (1.2)	57 (59.4)	16 (16.6)	12 (12.5)	11 (11.5)

耕盤のできている位置についてみると、茨城では地表下15~18cm、神奈川、千葉では21cm以上と答えた農家が多い。これは畑の土性の差異による耕起の難易と関係し、畜力耕起の深淺の差によるものと思われる。畜力耕起をはじめてから耕盤ができたと認められるまでの経過年数は3~4年と答えた農家が59.4%で圧倒的に多い。

(2) 耕盤形成の有無と諸条件との関係

耕盤のできている農家とできていない農家とに分け、土性と畜力耕起の諸条件との関係についてみると第3表のとおりである。畑の土性と耕盤形成との関係を、耕盤のできている農家についてみると、茨城では圧倒的に埴壤土に多いが、千葉は壤土、神奈川は砂壤土に多い結果となっているが、3県下を通じての割合では埴壤土に多く形成されている。次に耕盤のできていない場合の土性としては全般的には砂壤土、壤土、埴壤土の順となっている。ここにいう埴壤土は、関東地方に広く分布する洪積層の火山灰質埴壤土と推定される。次に耕起の際犁体面に土の付着する程度との関係をみると、耕盤ができてい

第3表 耕盤形成の有無と諸条件との関係

調査項目 県別	耕盤形成の農業		畑の土性				耕起のさい土の付着		
	有無*	戸数	砂壤土	壤土	埴壤土	埴土	つく	ややつく	つかない
茨城県	a	36	1	1	34	—	28	6	2
	b	11	5	2	4	—	2	4	5
千葉県	a	31	8	13	8	2	17	10	4
	b	20	4	7	9	—	8	7	5
神奈川県	a	29	19	10	—	—	2	21	6
	b	22	15	7	—	—	2	12	8
計	a	96	28	42	42	2	47	37	12
	b	53	24	16	13	—	12	23	18
調査戸数に 対する%	a	64	29.2	25	43.7	2.1	48.9	38.5	13.0
	b	36	45.2	30.2	24.6	—	22.6	43.3	34.1

* 耕盤形成のできている農家…… a . できない農家…… b .

る農家の約半数は土がつくと答えている。これは前述のように洪積層の埴壤土に耕盤の形成の多いことと一致している。また耕盤ができない場合についてみると土がややつく、ないしはつかないという割合が大きい。

(3) 耕盤形成が土壌の理学的性状及び農作業に及ぼす影響

早ばつの害の現れる程度、雨後の排水の良否、霜柱発生の多少などについて調査した結果は第4表のとおりで何れも変りないと答えた農家が多い。しかし各項目とも約20%内外の農家が早ばつの害が早く現れること、雨後の排水不良、霜柱の発生の多いこと、碎土その他の農作業が困難になるなど悪影響があると答えている。

第4表 耕盤形成が土壌の理学的性状及び農作業に及ぼす影響

調査項目 県別	耕盤のできている農家	干魃の程度			雨後の排水				霜柱の多少				農作業		
		現れ易い	変り気付かない	気付かない	よい	悪い	変り気付かない	気付かない	多い	少ない	変り気付かない	気付かない	し難い	し易い	変り気付かない
茨城県	36	13	19	4	14	9	—	13	6	1	24	5	5	8	23
千葉県	31	1	29		2	4	10	15	4	0	21	6	8	1	22
神奈川県	29	6	17	6	8	6	7	8	9	3	15	2	1	4	24
計	96	20	65	11	24	19	17	36	19	4	10	13	14	13	69
調査戸数 に対する 割合%		21.5	67.0	11.5	25.0	19.8	17.7	37.5	19.8	4.2	62.5	13.5	14.5	13.5	71.9

2 現地実態調査の結果及び考察

(1) 調査の概要

調査対象地の選定は、アンケート調査の結果より下記の条件を備えている地点を各県3ヶ所ずつ計9

ヶ所を選定した。

- 1) 畑犁耕実施年限が4年以上であること。
- 2) すでに耕盤が形成されていると認めていること。
- 3) その耕盤が硬いかまたは非常に硬いこと。
- 4) 耕盤がすぎどこの下(18~21cm)にできていて耕土の深いこと。

調査項目：土性および耕土の深さ・地形・土壤硬度の測定・土壤容積重・透水性の測定・土壤の機械分析・その他

(2)調査結果および考察

a)耕盤形成の有無

土壤硬度の測定値から畜力耕を行なっている圃場と、これに最も近接し自然条件が同一と考えられる人力耕を継続している圃場の同じ深さの硬度の平均を比較対照してみると第5表のようになる。

第5表 土壤硬度測定結果

調査 県 町 村 名	測定位置 18 cm				測定位置 21 cm				畜力耕	人力耕
	畜力耕 区の硬 度	人力耕 区に 対する 比率	人力耕 区の硬 度	比率	畜力耕 区の硬 度	人力耕 区に 対する 比率	人力耕 区の硬 度	比率	区土壤 含水量	区土壤 含水量
神奈川県西秦野村	7.4Kg	151%	4.9Kg	100%	7.03Kg	126%	5.59 Kg	100%	33.4%	33.9%
” 相模原町	7.2	212	3.4	100	10.46	156	6.68	100	40.1	40.2
千葉県 遠山村	10.0	174	5.74	100	12.12	157	7.70	100	44.8	45.4
” 富里村	5.5	159	3.45	100	5.62	132	4.24	100	42.5	43.1
茨城県 大谷村	7.5	361	2.08	100	9.25	246	3.75	100	46.3	42.0
” 沓掛村	14.22	559	2.54	100	10.54	612	2.7	100	39.7	36.0
” 大野村	10.74	357	3.0	100	135	450	3.0	100	29.8	29.1

注：測定は関農式押込土壤硬度計による。

この表からいずれの調査地でも畜力耕区は人力耕区に比較して硬いことは明瞭であるが、硬いということから総てが耕盤であると断言するのは早計である。耕盤形成の有無を土壤硬度を指標として判定するには次の条件を考慮しなければならない。

○表土の厚さが普通畜力耕起を行なう耕深よりも深く、硬い層の下層が再び軟くなって心土に達するような場合は、硬度の測定値から直ちに耕盤が形成されていると判定される。

○表土が浅く畜力耕起によっても心土に達するような場合は硬度の測定値のみでは耕盤の形成の有無を判定することは困難である。特に心土の硬度が高い場合はなおさらである。

○近傍の同一土壤条件の圃場で人力耕起を継続しているものとの比較によって判定することが必要である。土壤硬度測定の結果、最も典型的な耕盤と認められた沓掛村の土壤硬度計の貫入抵抗線図と、これに隣接せる人力耕区のそれとを比較すると第1図のようになる。深さ18cmで人力耕区の約5倍、21cmのところでも6倍の硬さになり、大体24cm位が最高の硬さになり深くなるにつれ逐次軟くなっ

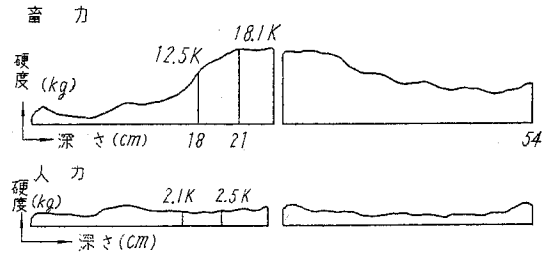
ている。

b) 耕盤形成の有無と土壤条件との関係

耕盤と土性およびその環境条件との関係は、特に土性による影響が大きい。すなわち洪積層軽鬆土のうち特に微細な粒子の多い埴壤土に多く形成され、壤土、砂壤土になるにつれ耕盤の形成され難いことが認められアンケート調査の結果と一致している。

c) 耕盤の特性

耕盤の容積重は上下の軟い層に比べやや大きい。したがって耕盤形成の要因は機械的圧縮によるものと推定される。明かに耕盤と認められた層の透水性は同一土性の人カ耕起の圃場に比べ著しく低い。しかしその程度は不透水層としての性状を示すものではなくやや滲透が悪いと判断される。耕盤が作物の生育収量に及ぼす影響については明かな関係が見出し得なかったが、耕盤がかえって干害に対し好影響を持つといわれるところでは、耕盤が保水帯となることによる好影響とも考えられ、耕盤が悪影響があるといわれるところでは、耕盤の透水性の不良に基づく過湿の害の現われによるものと推定される。



第1図 人カ耕と畜力耕を継続した畑の土壤硬度の差

II 耕盤形成の経過とその理学的性状について

実態調査の結果から畜力耕起の継続実施により、畑の土性によっては耕盤の形成されることがほぼ明らかとなったので、さらに耕盤形成の経過および機構を実証することと、形成された耕盤の理学的性状および作物の生育に及ぼす影響を知るため圃場試験を実施した。

1 試験方法

(1)供試圃場条件……鴻巣新屋敷洪積層埴壤土、耕土の深さ約36cm

(2)試験区(2区制)

- ケーブル犁耕区……使用動力は乗用トラクタまたはガーデントラクタを使用し、ケーブル索引装置により和犁による耕起
- 畜力耕区……役畜を使用し、和犁により耕起
- 人カ耕区……平鍬を使用して耕起
- 無耕区……雑草の抜取りのみ

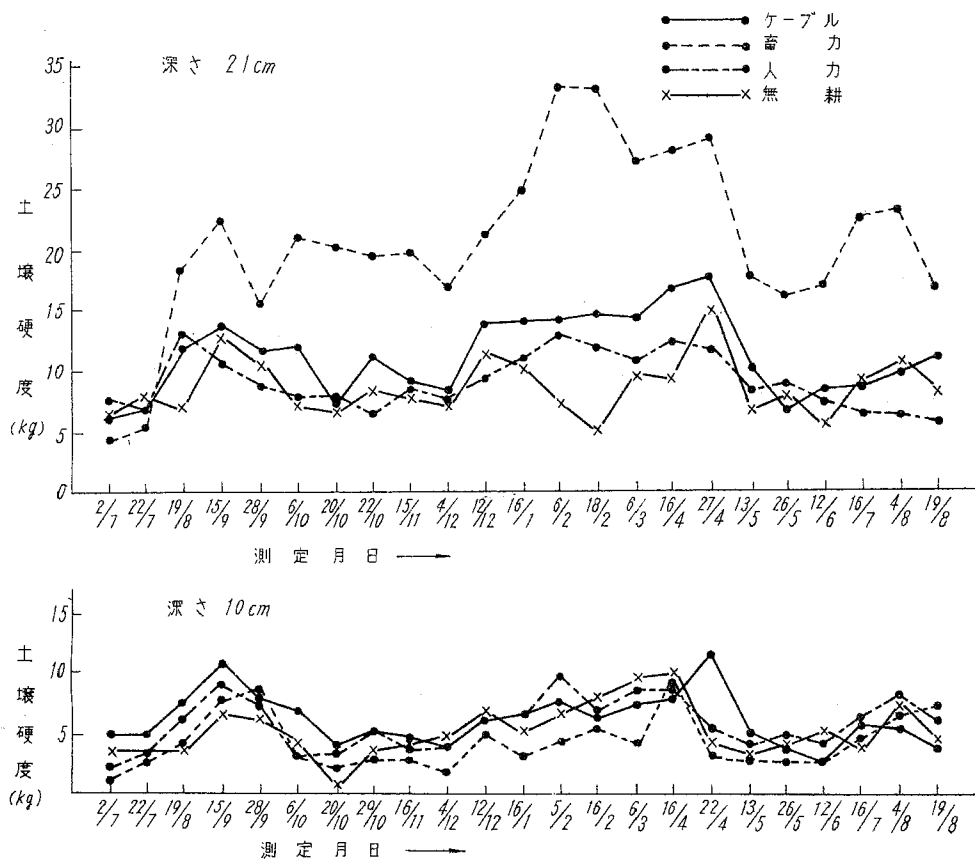
人カにより深さ30cmに耕起し、既成耕盤を破碎した圃場にケーブル索引犁耕区・畜力犁耕区・人カ耕区・無耕区の4区を2連に設けた。畜力犁耕区・ケーブル犁耕区は耕深15cm、人カ耕区は耕深12cmを基準として約3~4週間ごとに耕起を行ない、耕起の所要カラ数・役畜の歩数・土壤含水量を測定し、さらに土壤表面の落ち付くのを待って土壤硬度・容積重を測定した。

2 試験結果

(1)耕起法の差異による土壤硬度の変化

1952年7月より、53年5月まで10回の耕起を実施し、その間押込式土壤硬度計により土壤硬

度を測定した。(第2図) 測定の結果地表下21cmの部位の土壌の硬度は畜力耕区が他の処理区に比較して著しく高く、次にケーブル犁耕区がやや高い傾向を示しているが、人力耕区・無耕区では大差がなかった。地表下9cmの部位の硬度は各区とも大差がなく、それぞれの処理区は無耕区に比べやや低い傾向にある。以上の測定の結果からみて、ケーブル犁耕区の土壌硬度がやや高いのは犁の犁床圧と人の踏圧によるものであり、畜力犁耕区が著しく高いのは役畜の蹄による踏圧が大きく影響しているものと推定される。



注：押込式土壌硬度計による。

第2図 土壌硬度の変化

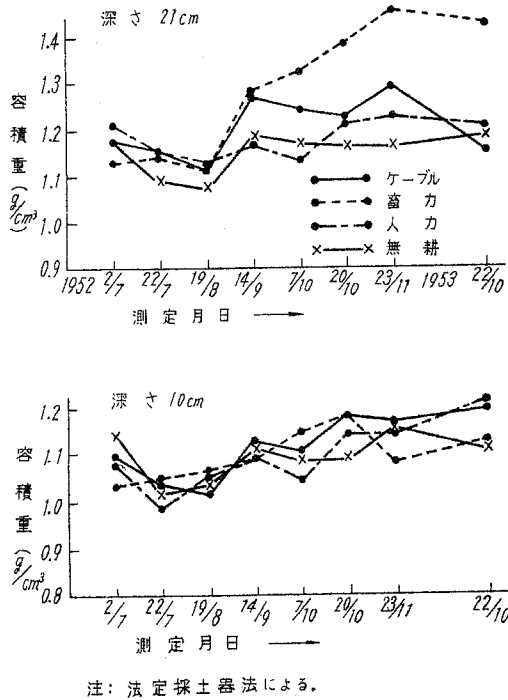
(2) 耕耘法の差異による土壌容積重の変化

容積重の測定結果は第3図に示すとおりである。地表下9cmの部位では各区とも大差はないが、21cmでは土壌硬度と同じように畜力犁耕区が著しく大きく、採取した部位が相当ち密になっているものと思われる。次いでケーブル犁耕区となるが、人力耕区および無耕区では大差がない。

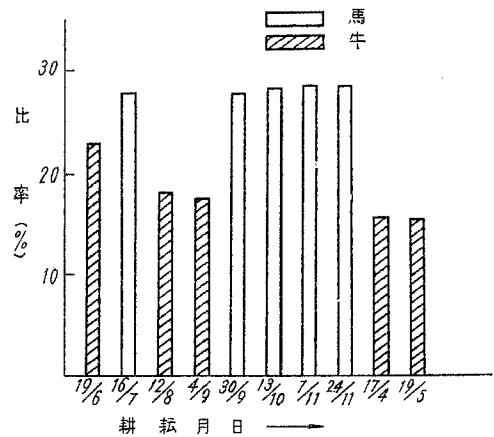
(3) 耕起作業における役畜の歩数と蹄跡の積算面積

耕起作業に要した役畜の総歩数から、試験区における蹄跡の積算面積を算出すると合計で試験区の約

2倍となり、計算上では試験全面積を2回ふみつけたことになる。(第4図) 田垣¹⁾は犁を索引する場合は短縮常歩とみなされるので、1回の耕起では蹄跡が重複することがないと云っているので、馬は耕起面積の約28%、牛では約18%の面積を踏みつけ、4~5回で全面積を踏圧する結果になる。



第3図 容積重の変化



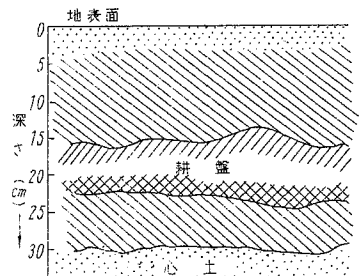
注: 1) 蹄跡の測定はモデリングゴム使用

2) 蹄跡 { 馬右前肢 16 cm²
牛 , 11 cm²

第4図 蹄跡面積の耕耘面積に対する割合

(4) 耕盤の位置と形状

畜力耕区とケーブル耕区のやや中央に幅60cm、長さ3m 深さ36cmの塹壕を掘り、指によって硬い層を露出させて測尺した。硬い層の位置は地表下15cmより23cmにおよび厚さは7~8cmとなっていて、位置については実態調査の結果とほぼ一致している。硬い層の形状は、その下面はやや平らであるが上面は相当の凹凸があり、全面に踏圧されていないことがうかがえる。しかし硬い層が断続せず一帯の層をなしていることから、全面に踏圧されていなくても踏圧の圧力分布は前後左右に拡張されているものと思われる。(第5図) Keen²⁾は羊による踏み固めを調査し、踏み固めの効果は地表下2~1.0cmにおよんでいると発表している。さらにこの硬い層の垂直面に添った土壌硬度を測定したが、畜力犁耕区では地表面下15cmより高くなり20cmで最高に達し次第に低くなって心土に達するが、ケーブル犁耕区では中間が低く心土に近づくにしたがっ

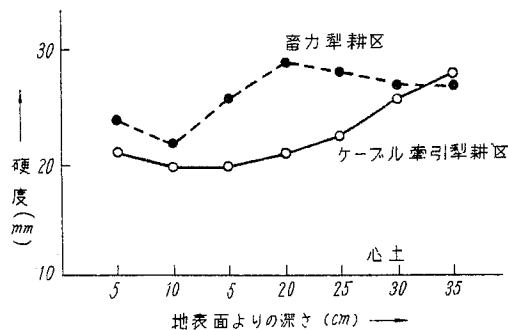


第5図 耕盤の形状

て高くなっている。(第6図) この硬い層を耕盤と呼ぶとすれば、耕盤は畜力犁耕を継続することにより耕起する深さの直下に形成され、厚さ約7~8cmの比較的硬い層が全面に広がったもので、その形成要因としてはすき溝を歩行する役畜の蹄による踏圧であることがほぼ明らかとなった。

(5)耕盤の特性

i) 機械分析...耕盤の形成には役畜の踏圧などの物理的要因のほか、膨軟な作土から土壤膠質物が下方に移行し沈積するような理化学的現象も加わること(予想し³⁾)、国際公定法により耕盤と人力耕区のそれに相当する部分および地表より9cmのところの土壤を分析した。分析の結果は第6表のとおりであるが、人力耕区の方がやや粘土の含量が多く、耕盤は微砂が多かった程度でこの結果からは耕盤の特性を論ずることができない。



第6図 土壤断面の硬度

第6表 耕盤の機械分析

測定箇所	各種粒径		粗砂	細砂	微砂	粘土
		含水率%	0~0.2mm	0.2~0.02	0.02~0.002	0.002mm以下
人力耕区	上部	%	19.1	36.6	28.6	15.5
	9cm	%				
"	下部	%	16.0	37.0	27.4	19.5
	18cm	%				
畜力耕区	上部	%	17.6	38.8	31.2	12.5
	9cm	%				
"	下部	%	19.1	36.7	31.2	13.0
	18cm	%				

法：国際公定法による。

ii) 団粒分析...耕盤の団粒化の状態をみるため、農研式団粒分析装置を使用して測定した。篩別後各篩上の土壤を乾燥秤量し、おのおのの階級の百分率を出しさらに平均重量直径と団粒化指数を算出した。この測定は圃場試験当時、団粒分析装置がなかったのですので耕盤の形成の認められているものについて測定を行なった。

栃木県間々田の畜力耕は継続年限が12年であり、藤沢の畜力耕1)は継続年限3年、畜力耕2)は20年で隣接人力耕はいずれも無畜農家である。鴻巣の浅耕区は下層21cmのところ明らかに耕盤の形成が認められ、深耕区はその耕盤を破砕した圃場である。測定結果は第7表のとおりであるが、間々田の畜力耕は人力耕に比較して上下とも団粒が著しく少なく、鴻巣では形成された耕盤も、破壊された耕盤も共に団粒はやや少ない程度である。藤沢の畜力耕はいずれも人力耕より団粒が多いという結果になったが、機械分析と同じように測定値で耕盤の特性を論ずることは困難である。

第7表 団粒分析

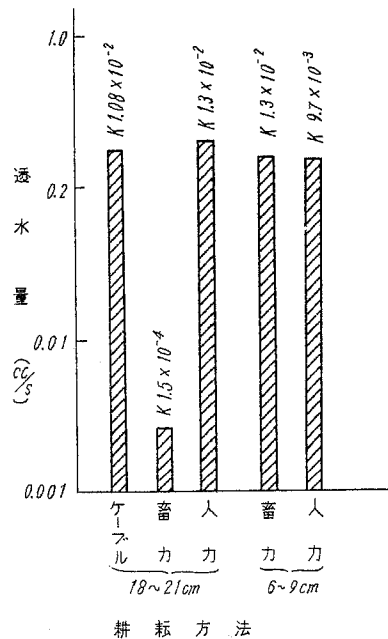
測定箇所		深さ cm	粒団の大きさ(%)						平均重量直径 mm	団粒化 指数
			10 mm 以上	10~ 5 mm	5~ 2.5 mm	2.5~ 1 mm	1~ 0.5 mm	0.5 mm 以下		
栃木間々田	畜力耕	6	0.59	1.41	2.99	6.27	21.83	66.91	0.26	—
		18	0.26	0.36	1.48	4.72	18.55	74.63	0.20	—
	人力耕	18	2.250	15.24	20.08	11.13	10.82	20.23	2.37	2.17
埼玉 藤沢	畜力耕(1)	6	0.73	4.53	16.50	25.91	23.59	28.70	0.82	0.52
		18	1.57	4.60	19.86	20.85	23.82	29.28	0.86	0.55
	人力耕(1)	6	0.71	3.00	14.60	33.03	20.80	27.84	0.75	0.39
		18	1.08	3.31	14.74	32.82	19.44	28.57	0.91	0.40
	畜力耕(2)	6	1.56	12.09	30.24	27.18	14.28	14.62	1.27	0.91
		18	4.47	10.16	22.96	28.67	17.20	16.51	1.40	1.09
" 鴻巣	浅耕区	6	0.55	1.49	8.85	15.59	28.48	45.01	0.66	0.50
		21	0.19	2.56	10.53	20.97	20.86	44.85	0.61	0.46
	深耕区	6	2.30	4.58	16.44	24.04	24.21	28.41	0.92	0.76
		21	0.23	3.67	11.70	18.17	24.98	41.22	0.65	0.44

iii) 透水性... 透水性の測定は、自然状態の土壤構造をなるべく破壊しないように採取した土柱について定水頭式透水性試験装置により測定した。なお透水係数 K ($\frac{cc}{sec}$) は Dacy の公式を適用し下式より求めた。

$$K = \frac{Q}{iFt}$$

K ... 透水係数
 Q ... 流量
 i ... 水頭勾配
 F ... 土柱断面積
 t ... 流速

測定の結果は第7図のとおりで耕盤またはそれに相当する部位の土柱については、人力耕区とケーブル犁耕区の透水性にはほとんど差が認められなかった。畜力犁耕区は両区に比べて著しく低くなっているが、6 cmのところでは畜力犁耕区の方が高い低水性を示した。畜力犁耕区の耕盤の透水性が著しく低いのは、耕盤の部分の土壤構造がきわめて緊密に圧縮され重力水の通る非毛管孔隙が少なくなっているものと推定される。しかし耕盤の透水性が低いといっても不透水層と目さ



注 K ... 透水係数
 水温 $6^{\circ}C$
 土柱の長さ 18~21 cm... 8 cm
 6~9 cm... 6 cm

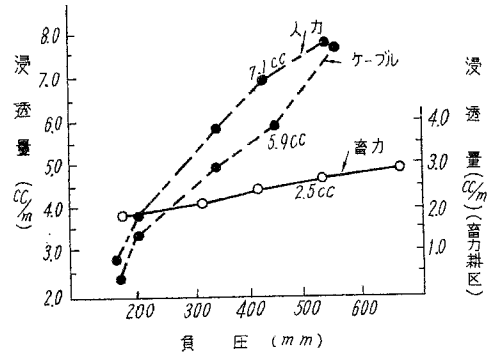
第7図 透水量と透水係数

れる粘土層の透水系数が $10^{-6} \sim 10^{-9}$ cc/sec であるのに比較すると、耕盤程度では不透水層としての性状を有するものでなく、やや滲透が悪い程度のもので判断される。また同一土柱について負圧を変化した場合の滲透量を測定したが(第8図)耕盤の部位の土柱では負荷をかけていっても、その滲透量の変化は少ない。これは土壤の構造がち密でかつ均一なためと思われるが、人力耕区、ケーブル耕区は圧力の変化により滲透量が増加している。

(6) 耕盤と植生との関係(土壤硬度の差異と大根の伸長)

方法: 播種 8月31日 1株5~6粒

供試品種名 早太り練馬
畦幅・株間 67cm x 48cm
元肥(10a当り) 米糠75Kg
硫安105Kg
過石60Kg
塩加244Kg
追肥(10a当り) 硫安41Kg
間引中耕 2回
培土 1回
薬剤散布 3回(B・H・C)
収穫 11月11日



第8図 負圧を変化した場合の浸透量

播種床作り...表土を耕起することなく左右より1畝ずつ土を取って播種床を作った。

調査結果: 収穫した大根を根形のタイプによって分類した結果は第8表のとおりであるが、その百分率を求めると畜力耕区は他の処理区に比べて不整形根が多く、なかでも特に「寸詰り」が多い。これは大根の伸長部の土壤がち密なため根の伸長が阻害されたためと思われる。

第8表 大根の根の形状の割合

区分		大根の根の形状割合					計
		イ	ロ	ハ	ニ	ホ	
ケーブル区	本数	25	5	2	4	2	38
	百分率	65.9	13.1	5.2	10.5	5.2	100
畜力区	本数	5	13	3	14	1	36
	百分率	13.9	36.1	8.3	38.9	2.7	100
人力区	本数	20	2	8	4	3	37
	百分率	54.1	5.4	21.6	10.8	8.1	100
無耕区	本数	19	4	6	8	5	42
	百分率	45.3	9.5	14.3	19.0	11.9	100

注: イ 正常
ロ 尖分れ
ハ 股分れ
ニ 寸詰り
ホ 尖曲り

3 圃場試験についての考察

圃場試験の結果、畜力耕区は他の処理区と比較して表土の下層部が硬化し、いわゆる耕盤の形成されたことが実証された。形成の主要因はその形成の過程からみて役畜の踏圧によるものであって、犁床圧の影響が極めて少ないことが明らかにされた。Free⁴⁾は犁床圧が土壌を締め固めることはほとんどなく、重量あるトラクタ・付属農具などが土壌を圧縮するため、その交通量によって硬さが異なりplow SoleよりもTraffic Soleというのが適切であるといっている。次に耕盤の特性を調査するため、その容積重・透水性・団粒構造などについて測定を行なったが、耕盤はほかの処理区の同一深度のものと比較して理学的性状の異なるものであることが明らかにされ、作物の植生におよぼす功罪については明確なる資料を得ることができなかった。ただ大根の栽培試験で観察されたことは、耕盤が大根のような深根作物の伸長に障碍になることであって、これは実態調査の結果とも一致している。涌井⁵⁾の試験では心土耕と普通耕の圃場における大根の伸長を調査したが、普通耕の場合は股分れが多く心土耕の場合は寸詰りが多かった。また茨城農試⁶⁾では耕盤が作物の生育および収量機構におよぼす影響について試験を行なったが、耕盤の影響は年により若干変動し一定の顕著な傾向は認められない。したがって耕盤の容積重・透水性などが総合してその年の天候に左右され、地形等と関係して植生に影響するものと推察される。

Ⅱ 耕盤の対策について

耕盤の対策としては耕盤の形成を未然に防止する方法と、形成された耕盤を破砕する方法とが考えられる。前者については役畜の踏圧による土壌圧縮の影響を少なくするため、耕起時期は踏み固めの影響の少ない土壌水分の場合を選定し、また役畜の歩行位置を変更し（溝歩きを丘歩きにする）、さらに蹄跡を耕起する犁の試作改良などがあげられる。

後者については心土耕および深耕による破砕と、深根作物の作付による自然破砕などである。

ここでは耕盤対策の試験として、次の項目について実験を行なった。

1 土壌の突固め試験

(1)目的

J I S規定の突固め試験器により構盤の形成されやすい洪積層堆積土を供試して突固め試験を行ない、その土壌含水比と乾燥密度および土壌硬度との関係を明らかにして耕耘時期選定の資料を得るのが目的である。

(2)試験方法

突固めを終ったものはカラーを取りはずしてモールド上部の余分の土を削りとり、その重量と土壌硬度を測定した。測定後の試料はなるべく細かに砕いて適当量の水分を加えて含水比を変化させ、水分が均一になるようにかき混ぜて前述の操作を繰り返した。

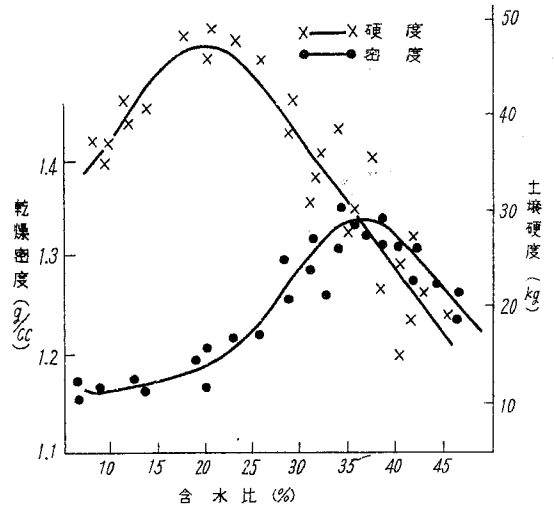
$$\text{突固まった土の乾燥密度 (g/cc)} = \frac{\text{湿潤密度 (g/cc)}}{\text{含水比} + 100}$$

(3)測定結果と考察

供試土壌の含水比を変化させて突固めを行なった結果は第9図のとおりで、水分の増加につれ逐次乾燥密度も増加し、35～40%で最大密度となった。つまりこの土壌では38%が突固めの最適含水比

ということになる。次に突固めた試料について、その土壤硬度を測定すると、含水比20%で最高となり乾燥密度が最大の場合、必ずしも土壤硬度が最大でないことが明らかになった。

一般に軽鬆土畑地の耕起は、犁体に対する土の付着を少なくするため降雨後2～3日目に行なうのが最適とされているが、この時期の含水比は40%内外の場合が多いので、役畜の踏圧によって最も突固めの容易な条件下で耕起を行なっていることになり、耕盤の形成を助長する結果となる。前述の圃場試験における耕起時の土壤水分をみると第9表のとおりで、最もしめ固め易い条件、いかえれば耕盤形成上最悪の条件下で耕起を行なったことになる。したがって耕起の時期は以上のようなことから含水比40%内外の時期をさけることが必要である。Weaver⁷⁾はトラクタを使用した際のDavidson Loamの仮比重に及ぼす影響をみるため、使用したトラクタの通過回数により、その走路中心線下と15cmのところを処理区とし、30cm、45cmのところを無処理区にして地表から7.5cmごとに仮比重を測定すると、タイヤ通過回数が10回と20回の場合は15cmおよび22cmの深さで押し固められ、適当な水分で毎年トラクタを使用することは耕盤形成の大きな要因であるといっている。



第9図 含水比と乾燥密度との関係

第9表 圃場試験における犁耕時の土壤含水比(%)

犁耕月日	試験区	ケーブル	畜力	人力
27.	6.19	41.5	41.4	42.2
	7.16	43.0	42.7	44.0
	8.12	39.4	40.0	38.3
	9.4	39.1	39.0	36.4
	9.30	39.8	41.9	40.1
	10.13	44.7	47.2	46.5
	11.7	46.9	45.1	45.3
	11.24	40.0	42.0	40.5
28.	4.17	34.3	35.4	31.4
	5.19	36.5	36.2	34.9

2 役畜および耕耘機具の接地圧測定試験

(1)目的

耕起時における役畜の踏圧、犁床圧および比較のため動力耕耘機のゴム車輪、履帯、ローラなどの接地圧と人間の踏圧をストレングージを添付した土圧計により測定し、耕盤形成の機構を知るとともに、畑耕起時の役畜の歩行位置決定の資料を得る目的で行なった。

(2)方歩

供試圃場：鴻巣新屋敷洪積層埴壤土

測定計器：新興通信DS6-R型ストレンメータ

土圧測定部(第10図)

使用ゲージ 単軸ゲージ

供試機種および役畜とその重量

耕耘機 (ロータリ) 380Kg

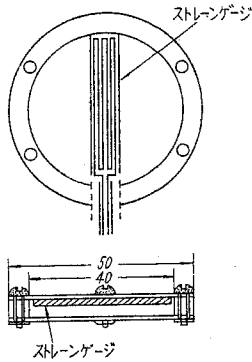
” (クランク) 450Kg

役畜 (馬) 550Kg

ローラ 18Kg

人間 58Kg

測定の方法：供試圃場を耕耘機 (ロータリ) により約 15cm に耕起し、その上を一キで均平にし容積量と土壌硬度を測定した。ゲージは測定部周辺の土壌構造を破壊しないように採土器で打抜いて第 11 図のような関係位置に埋設した。

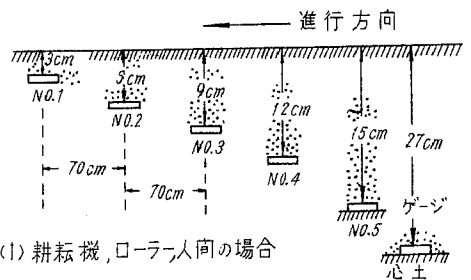


第 10 図 土圧測定部

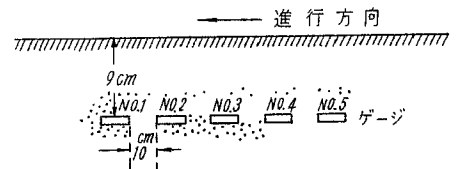
役畜を除いては所定の深さに埋設したゲージの踏圧は極めて容易なため、逐次深い方よりそれぞれの部位の接地圧を測定することができたが、役畜の場合はあらかじめ一歩 (1.58 m) を測定し、ゲージに対し 4~5 完歩の位置より発進させゲージを踏圧させた。次に深層部における接地圧の変化をみるため、地表下 27 cm まで耕起して逐次深さをかえ、最後に心土の土に設置して測定した。

(3) 測定結果および考察

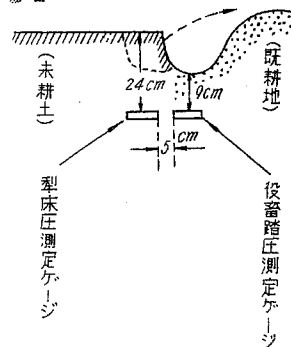
接地圧測定の結果は第 12 図のとおり埋設深さの増加により、逐次その接地圧は減少する傾向にあるが、測定位置 15 cm のところで接地圧が増加しているのは下層に硬い未耕土があってゲージの支持が増加したためと推定される。役畜の接地圧は他の供試機種より大きく、特に索引作業によりさらに増加する傾向がある。それに反して犁床の接地圧はきわめて小さく、従来犁床圧が畑耕盤



(1) 耕耘機, ローラ-人間の場合



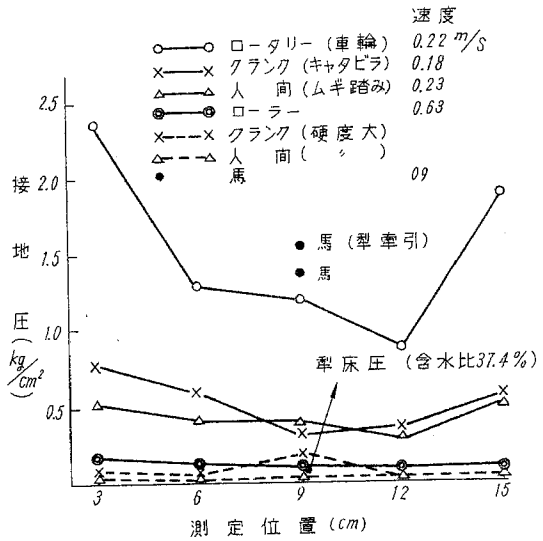
(2) 馬の場合



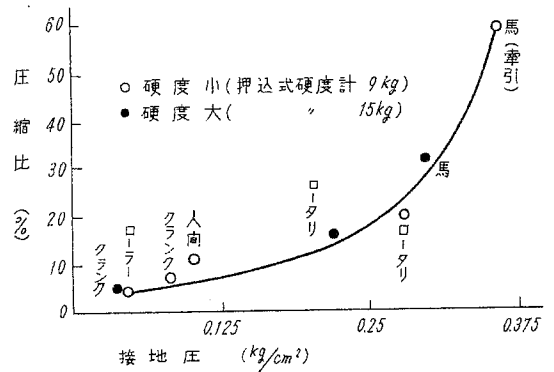
(3) 犁牽引の場合

第 11 図 土圧計埋設位置

形成の主要因とみなされていたが、犁床の接地圧よりも役畜の踏圧が形成には大きく影響していることが明らかとなった。また踏圧後、深さ9 cmにおける土壌の圧縮比を測定すると第13図のとおりで、接地圧の大きい場合は圧縮比の増加が大きく、接地圧の小さい場合はその変化が小さい傾向を示している。次に深層部における接地圧の変化と、心土と接地圧との関係を見ると第14図のとおりで耕深が増加すると接地圧は減少するが、心土に達すると急激に大きくなり耕耘機も役畜もほぼ同じ傾向にあることが判った。以上のことから土壌硬度の低い場合は、その接地圧が相当深層まで伝達され、わずかな硬さのものがあるとそれにより支持力が增大して接地圧が増大するものと推定される。したがって耕盤の形成される過程においては、役畜の踏固めた部位が支持力となって、次々と踏圧による接地圧が増大し、その累積によって耕盤に発展するものと推定される。なおこの結果より、耕耘機の接地圧も耕盤形成上軽視できないことが判った。以上のことから耕起時の役畜の歩行位置は丘歩きの方が踏圧の影響が少なく、その上踏跡も耕起されるので耕盤の形成を防ぐには有効であるが、犁の構造上からは索引偏角を大にしなければならぬので索引力の損失となり一頭で深耕を行なうことが困難になる。したがって役畜一頭の索引能力の範囲で耕盤の形成を未然に防止するにはいろいろ困難な問題があるが、索引抵抗を極力少なくするような心土犁やその利用法によってある程度目的を達成できる。William⁸⁾は、まず現在のトラクタブラウですきおこす場合、トラクタの車輪はすきおこした後に踏みつけて行くが、できればこれを改めてすきおこしていない土の上を通るようにすればよい。あるいはタイヤによる土圧を減らすために標準よりサイズの大きい低圧タイヤを用いてタイヤによる圧力が無



第12図 接地圧の差異



注：C 圧縮比
 A 踏圧前の容積重
 B 踏圧後の容積重
 $C = \frac{B-A}{A} \times 100$

第13図 埋設深さ9 cmにおける接地圧と圧縮比との関係

視しうる程小さくなるようにするのがよいといっている。

IV 摘要

(1)アンケート調査の結果、畜力耕起による耕盤形成については一般農家の関心は高く、実際に畜力耕起を継続実施している農家もこの事実を認めているものが多い。

(2)実態調査の結果は、耕盤の硬さは作土の膨軟さに比べ比較的な硬さで絶対的な硬さが問題になっているのではないことが明らかにされた。

(3)圃場試験における土壌硬度の測定結果から畜力耕区は他の処理区に比較して表土の下

層が硬化し、いわゆる耕盤の形成されたことが実証された。形成の要因としては、形成の過程からみて役畜の踏圧によるものであって、犁床圧の影響はきわめて少ないことが明らかにされた。

(4)耕盤の特性を調査するため、その容積重・透水性・団粒分析などを行なったが、耕盤は他の処理区の同一深度のものと比較して理学的性状の異なるものであることが明らかにされた。

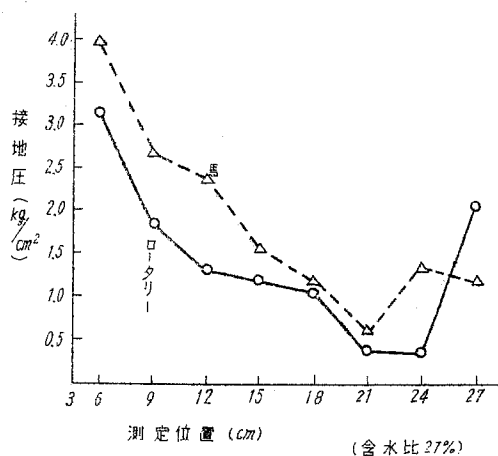
(5)耕盤形成の認められた圃場の土壌を供試して突固め試験を行なったが、水分の増加により乾燥密度も増加し35~40%で最大密度となった。

(6)役畜の接地圧は耕深が増加することに減少するが、心土に達すると急激に大きくなる。

V 機械利用上からみた今後の問題点

ここでは畜力耕起に起因した土壌の理学的性状の変化として、役畜の踏圧による耕盤形成の問題をとりあげたが、労働手段の変遷にともない畜力からトラクタに発展してきた現在では、これと類似した現象が再び問題となることが予想されるので、今後の機械化の方向と2~3の問題点を提起してみたい。

農業構造改善事業の推進によって、集約な我が国の農業においても省力効果をあげる方法として、より効果的な労働手段を選択しなければならない。その結果は、欧米と同じくトラクタを基幹動力とした大規模生産方式による新しい農業が展開されることは必須である。したがってトラクタ作業も従来の質耕作業のような部分的利用から、施肥播種、管理、収穫に至るまで一貫してトラクタを利用する体系的利用になるので、当然トラクタの走行回数も増加する。作付全期間を通してトラクタを利用するとすれば、走行回数の少ない作物で7~8回(麦、青刈飼料作物)多い作物で25回(牧草)平均14~15回も車輪で踏圧するので、畜力耕起と同じように土壌圧縮の現象がおこり土壌の理学的性状は変化し、やがては作物の植生に悪影響を及ぼすものと思われる。トラクタの利用年数の多い欧米では既に数々の問題が提起されているが、長野県でも深根性作物に悪影響があることを発表している。今後は機械の利用度が向上するにともない、深根性作物ばかりでなく普通作物に対しても欧米と同じような現象が発生するものと予知される。

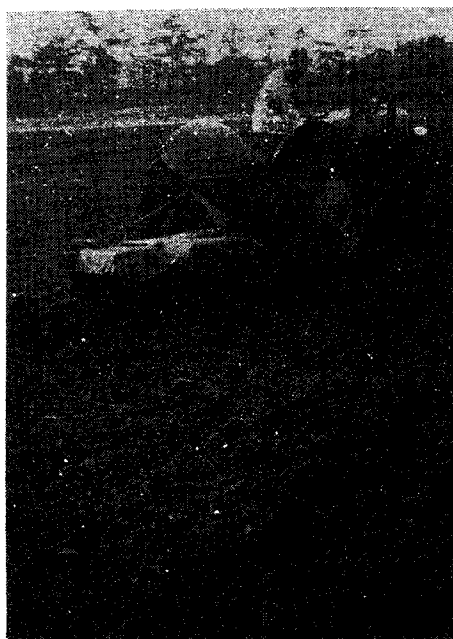


第14図 深層部における接地圧の変化

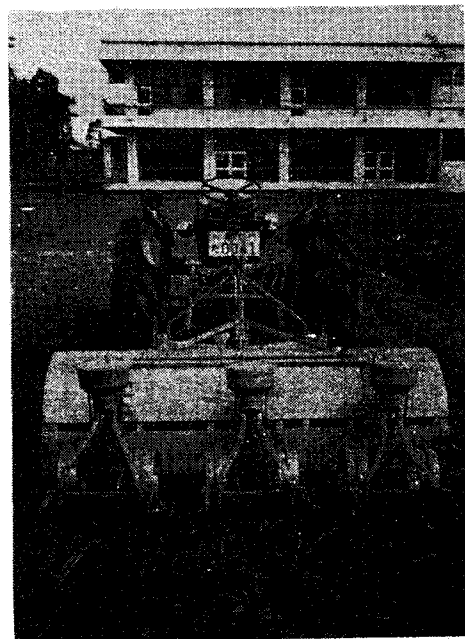
したがってこれが対策としては次のようなことが考えられる。

1) 作業行程を単純化してトラクタの交通量を少なくする。作業行程を単純化することはトラクタの走行回数を少なくするばかりでなく、作業能率を向上しトラクタの作業負担面積（適期に処理しうる面積）を拡大するためにも重要なことである。単純化の方法には、Combin（刈取—脱穀—袋詰め）や各種のHarvesterと、Seed Drillやplanter（作溝—施肥—覆土）のように一つの作業機で数種の作業を一行程で行なう専用機を使用する場合と、Rotary Seeder（耕耘—播種、第15図）やplow Roter（耕耘—碎土、第16図）、plow, packer（耕耘—鎮圧）のように作業目的の異なるものをセットするか、あるいは同時索引する場合（複合化）がある。この複合化の方法は、作業許容期間の短い我が国では特に重要であって、最近ではMinimum Tillageとして機械化の新しい研究課題とされている。今後は水田はもとより、畑地では機械化の経済性を維持するため圃場作業量の小さい耕耘整地作業に対してはMinimum Tillageが取り入れられることと思われるが、その場合土壌の構造がどのように変化するかについては今後の研究にまたなければならぬ。機械化（耕作性）を進める一方、それと表裏の関係にある作業精度（収穫性）とは絶えず平行しながら究明して行くことが重要である。

2) 畜力耕耘においても、役畜の踏圧が耕盤形成の主要因であることが判ったが、我が国においてもいずればトラクタの踏圧（特に耕耘時）によって耕盤が形成されるものとみて間違いのないだろう。現にPotato Diggerによる甘藷の掘取試験で、播種 除草剤散布 中耕 ツル切りにトラクタを入れた圃場と、全く人力作業のみの隣接農家の圃場とでは、藪と土塊の篩別においてその精度が異なり踏みかためた圃場では土塊が大きくなって篩別の程度が悪くなっている。これは踏み固めと作業との関係であるが、この踏み固めによって生ずる土壌の理学的性状の変化が作物の植生に及ぼす功罪を明らかにすることが重要である。



第15図 Plow Roter



第16図 Rotary Seeder

(3)形成された耕盤は、深耕や心土耕によって直接破碎する方法がある。深耕は洪積層火山灰土地帯で30~40馬力級で35cm, 40~50馬力級で40cmが可能であり、心土耕はそれぞれ45cm, 60cmまで作用することが容易である。しかしトラクタによって以上の作業は容易に実施できるが、破碎の効果、破碎の方法、破碎の効果持続年数が明確でないと効果的な作業法の対策がたたないので土壌の理学的性状からみた破碎に関する条件や効果を早急に解明することが必要である。

引用文献

- 1) 田垣住雄：実験馬学綜説，養賢堂 158~159 (1950)
- 2) Keen, B.A. and G.H. Cashen: Studies in soil cultivation VI. The physical effect of seep folding on the soil. J. Agri. Sci 22 (1932)
- 3) 米田茂男：地力の機械的増進法：農園 29 (1), 5~6 (1954)
- 4) Free, G.R: Traffic soles. Agri. Eng. 34 (8), 528~530 (1953)
- 5) 涌井学外2名：軽鬆土の耕耘に関する研究 (IV) 農業機械学会誌 12 (1-2), 29~31 (1951)
- 6) 茨城農試：畑犁耕が作物の生育・収量に及ぼす影響に関する試験・試験成績 (1953~1955)
- 7) Weaver, H.A: Fractor. use effect on the Volume Weight of David son Loam. Agri. Eng. 31 (4) 182~183 (1950)
- 8) Gill, W.R: Soil Compaction by traffic. Agri. Eng. 40 (7) 392 (1959)

(注) この報告は関東々山農試報告第20号(昭和36年11月)に発表している。