

第6章 運搬関連機械

第1節 畑作農業と運搬

1. 畑作における運搬

経営面積の拡大、集団協業の発達とともに扱う資材の量も多く、畑作における運搬量を試算すると表110のようである。20haの経営規模で4作物の標準輪作とすれば、年間の生産資材生産物の運搬量は実に840 tonに及ぶ膨大なものである。もはや運搬の合理化なしには、農業は成立しないといても過言ではない。

表110. 畑作におけるha当り運搬量

項目 作物	運搬量 (kg)									作業時間		運搬時間	
	上改 資材	堆肥	肥料	種 苗	農薬	用水	その他	収穫物	計		比		比
てん菜	1,617	20,000	2,687	3,000×3 3,500	15	4,200	12,000 1,000	50,000	104,019	234.0	100.0	42.3	18.1
ばれいしょ			1,800	2,500×2	32	5,400		36,000	48,232	124.6	100.0	36.2	29.1
豆類(小豆)			1,200	35	6	1,800		5,400 1,800	10,241	164.0	100.0	28.0	17.0
小麦			1,200	150	2	1,200		3,000	5,552	25.0	100.0	8.5	34.0

- 畑作 - 経営面積 20ha 4年輪作とすれば、その運搬量は840,220kg

運搬については、これ迄軽視されたわけではないが、とくに重要課題として論じられたことも少なかった。これは認識はあっても、個々の機械化技術そのものを成立させることに精一杯であり、一貫システム化に迄、考慮がまわらなかったのが実態であったと思われる。現実には運搬という作業は、相当に差しせまっております、今後は運搬問題をきびしく検討する必要があります。図146はトラックとトラクタの導入推移である。一般には、トラックはトラクタの後に普及が進んでいるようにみられがちであるが、図に示されるようにトラクタに2～3年先行している。昭和47年までは急速に進展し、その後鈍化、最近また上昇の傾向にある。これは一通り普及し、転換期を迎えたためと思われる。トラクタの台数が依然として上昇し、ha当りの馬力数も増加しているように、運搬の省力化の観点からすれば、今後トラックの台数も増え、大型化を指向すると考えられる。

運搬関連機械の発達を分類・整理すると表111である。畜耕期は馬車・そりが主体であり、トラクタの導入とともにトレーラに切替えられる。平ボディからダンプに発展、やがて単純な運搬のトレーラからファームワゴンのように、PTO動力を利用して作業性を加えるようになる。一方、遠距離輸送には機動力を必要とし、トラックが導入されてくる。トレーラは次第に減少し、新たに更新されることはほとんどなく、圃場の整理作業に利用される程度の役割となる。

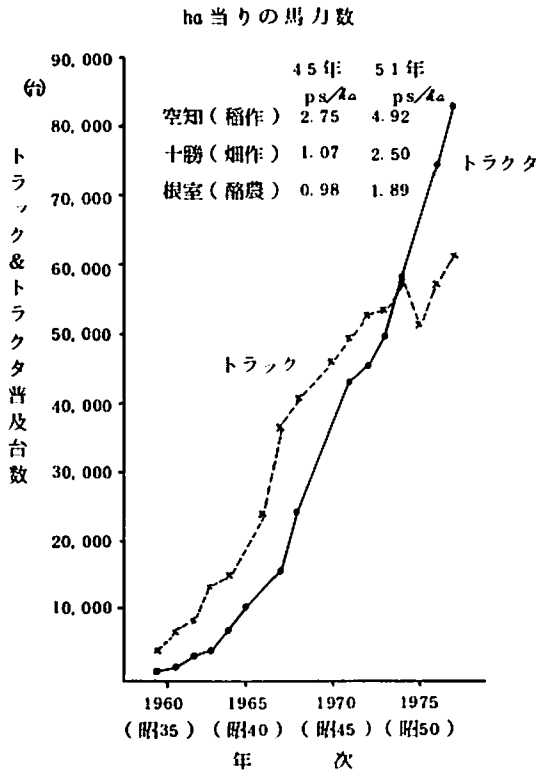


図 146. トラック&トラクタの導入推移

表 111. 運搬関連機械の発達

		昭和20年代	昭和30年代	昭和40年代	昭和50年代		摘 要
					前 期	後 期	
運	畜耕期	馬車(そり)	→				畜耕手刈動力脱役期
	動力1期		トレーラ	→			トラクタ当役期。(運搬の動力化初期)
	2期			ファームワゴン ピックアップトラック	→		トレーラの高度化(プラス作業性)
	トラック1期			ダンプトラック (2 ton)	→		機動力の増加
	2期				ダンプトラック (4 ton)	→	大量処理, 広域化対応
搬	3期					農業専用トラクタ	汎用化: 4 ton級, 低速ミッション, PTO付き 専用化: スラリローリ, フォレンジキャリヤ
				特殊トラック	→		
積	人力期	(人力)	→				
	動力1期			フロントローダ	→		動力化, トラクタ利用
	2期				ホイールローダ	→	
				クローラローダ	→		重作業兼用

40年代から50年代に入ると、より多くの物量処理と省力化の狙いから、2ton級から4ton級へと発展し、やがてトレーラがそうであったように、P T Oを利用し単純な運搬に作業性を加えた農業専用トラックが出現する必然性があり、現在既に一部には導入されている。さらに発展してスラリローリのような特殊トラックも活動するものと予測される。組織利用であれば、専用車としてのメリットがあり、省力性や利用経費の上で個別対応に相当の差をもたらすものである。また専用車としての能力は、従来には望めなかった条件対応を可能にし、新たな局面の展開もあり得る。例えば、前述したように、ばれいしょ澱粉工場の排液は、曝気処理をして河川に放流されていたが、51年の規制からこれが困難となった。曝気法に代る技術といえば、圃場還元であり、広域利用の観点からスラリローリが主役となる。澱粉工場縮小案も出たなかで、地力維持にも関連するとすれば、スラリローリの効用は高く評価できる。特殊トラックは、スラリローリに限らず今後拡大するものと予想される。

トラックの高度利用に並行して考えておかなければならないのは、運搬物の積載法である。運搬車の効率利用は積載法に支配されるといってもよい。畜耕時代の積載は人力が主であり、トラクタの導入とともにフロントローダが装着されるようになった。経営形態によってトラクタ作業機の種類は変るが、どんな経営でも必ず所有されている作業機といえば、フロントローダといってもよい。荷役に対する省力化が、静かに浸透していたわけである。アタッチメントの種類も豊富になり、装着法も各所に工夫されて取扱いが容易になっている。

収穫作業の共同化など扱う量が多くなり、段々フロントローダでは処理しきれなくなると、トラクタも汎用型から専門分化するように、専用ローダが台頭するのは一つの流れである。現実に、網走地方の共同化の進んでいる地方には、部落単位にホイールローダが導入されて収穫物のローディング、生産資材の運搬等に活躍している。今後、大型のホイールローダは、3点ヒッチ・P T O等装備し、単純なローディングから脱却し、農業における重作業の役割も分担するようになる。車体重量はけん引作業に有利であるし、アーティキュレート式換向装置は回行が容易で能率作業が期待できる。本来、ローディングが主であっても、けん引作業ができることは、それだけ多目的に利用できることであり、農業の多様性を考える場合、新しく展用する技術といえる。

小型のホイールローダやクローラローダは畜産部門に活躍しよう。小型のホイールローダが施設内を軽快に走行し、豊富なアタッチメントを擁して、ふん尿処理や給餌作業を能率的にこなすことは、トラクタにフロントローダを装備した汎用型の範囲では、望み得なかったことである。クローラローダは膨大な堆肥の泥濁化した路盤でのローディングに適しており、かつ、マニアスプレッダをけん引して、傾斜地に堆肥を散布する等悪条件下での作業に利用されよう。それぞれ専門化された特長を有するが、それが期待される時代を迎えることは充分予測できる。

2. 堆肥の土地還元

土壌の保全については、循環農業の前提で常に上から奪ったものを上に戻す姿勢が先づ肝要

である。土層改良をすること、輪作をすること、あるいは休閑して緑肥を投入すること等は、土壤保全にとって欠くべからざる手段であるが、作物に収奪された例えば微量元素などを戻すものではない。家畜ふん尿の還元等を通じ、全量戻すリサイクルでなければ、土壤からは何か奪われ、完全な保全とはならない。

この場合の課題は運搬法の整備である。経営の合理化から畑作、畜産それぞれ専業化の方向を辿ったが、それぞれに隘路があり、その解決が新しい要望となっている。その代表的なものには家畜のふん尿処理がある。畜産側はこれをもてあまし、畑作側はこれを必要としている。地域的な複合経営であれば、これを解決できるとして、畑作と畜産は何によって結びつけることができるかを考えれば、これは運搬力以外にはない。

図147は家畜頭羽数の推移である。馬と羊が減少しているだけで他は大巾に増加しており、畜産の振興状況が伺える。昭和25年～30年頃が畜力時代の全盛期で豊かな有機農法を営んでいたといわれるが、この頃と最近のふん尿量を比較すると2.2倍に達している。図148に示されるように耕地面積はさほど増加していないので、機械化の進んだ最近の方が畜力時代よりも、むしろ豊かな有機農法を営める可能性がある。材料は必要な個所に運ばれて活用されるべきであり、結合は運びが第1の条件である。土地の生産力を維持するための新しい技術体系は運搬機が核となる。図149は、部落内堆肥センタの構想図である。粗大有機物、液状廃棄物等

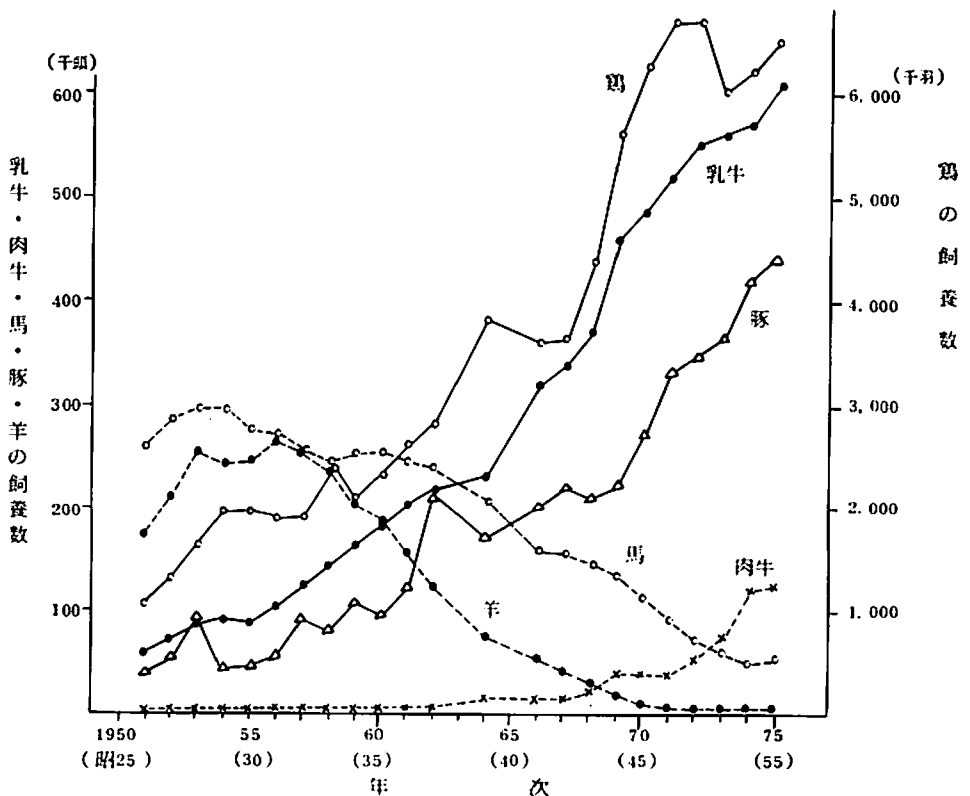


図 147. 家畜飼養頭羽数の推移

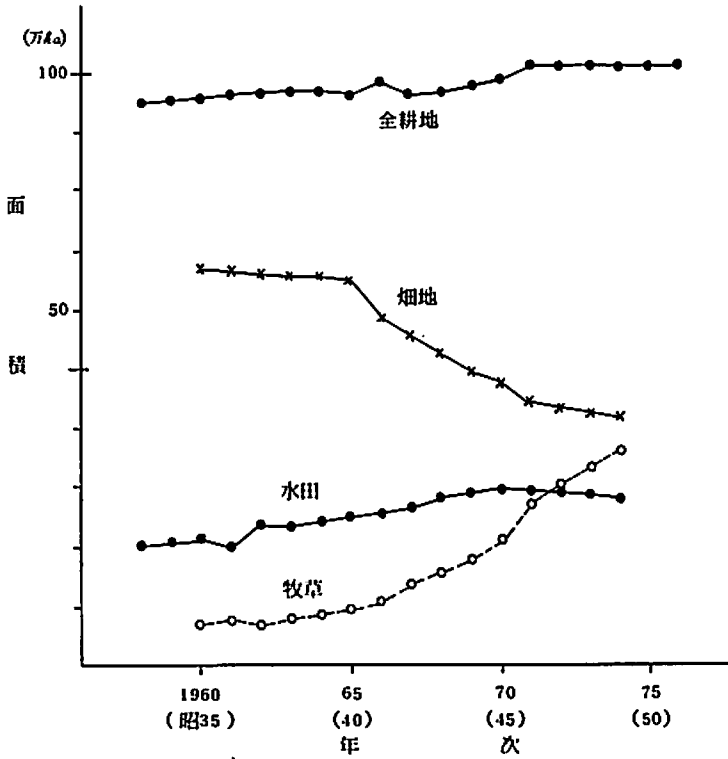


図 148. 作付面積の推移

すべて利用しようとするれば、集中管理管理方式とするのが合理的である。この場合、主力となるのはトラックであり、ローダである。トラクタで搬入された粗大有機物は、堆肥盤でスラリと混合され（C/N比と水分調整）、堆積される。この仕事はローダで行われるが、ローダはこの他切返し、仕上り堆肥の積込み等を行う上に欠かせない。液状物は施設からタンクで運ばれ、スラリストアで混合、曝気腐熟処理される。これだけのシステムともなれば、組織化されなければ成立しない。この組織化も現状を打破していく上で新しい技術体系といえる。

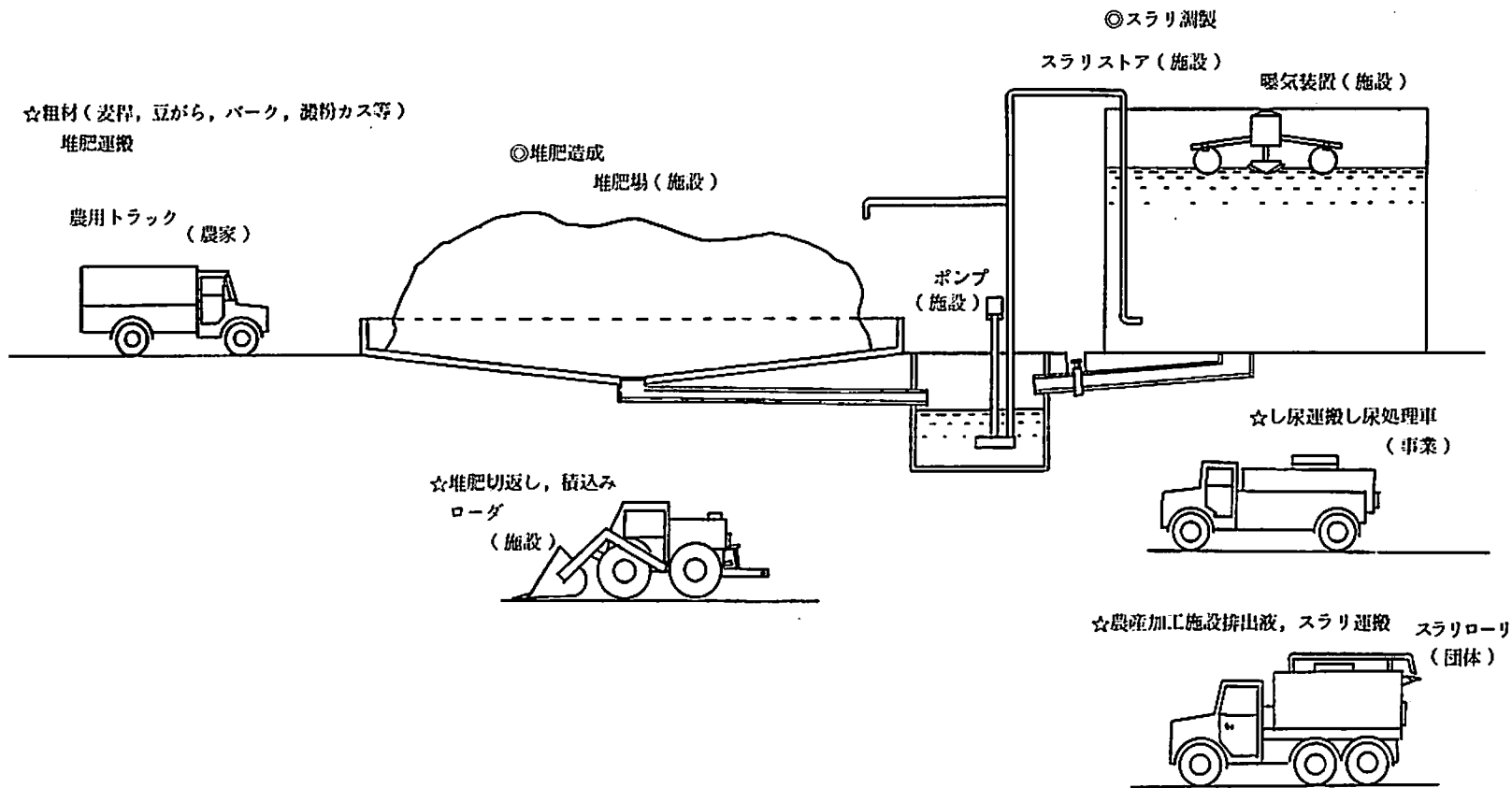


図 149. 部落内堆肥センタ - 構想 -

第2節 農業用トラック

1. 農業用トラックの具備すべき条件

現在、北海道で農業用トラックとして登録されている台数は、約6万台でありトラクタに匹敵できる台数である。しかしながら、トラックは一般産業用に設計されたものであり、農業用としては必ずしも満足できない。

農業用として具備すべき条件は、

- ① 圃場内の走行性に秀れていること。
 - 軟弱路盤の走行、傾斜地の登はん性など -
- ② 低速性と高速性を兼ね備えること。
 - 主として低速は圃場内作業、高速は道路走行 -
- ③ 運搬に関連の作業が消化できること。
 - 例えば、堆肥を運搬し、即散布する -
- ④ 安全性に秀れていること。

等である。このためには、少なくとも現在のトラックに低速ミッション、四輪駆動、大径・中低速ラゲホイール、PTOが装備されなければならない。機構上複雑さを余儀なくされるが、農業の多様性、季節性に対応しようとするれば必須措置である。

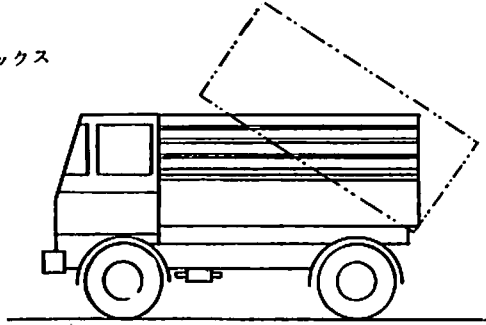
PTOを装備して運搬に関連する作業を消化することは、従来の汎用トラックの概念を変えるものである。(20) 運搬だけでなくその作業を消化すれば、従来の2重工程が単純化され、大巾に省力化される。

農業用トラックの利用例を図150に示した。標準装備はダンプボックスであり、これは従来と変わらない。根菜類の運搬等汎用的に利用される。架台にマニヤスプレッドを積載し、PTOで駆動すれば、堆肥を運搬すると同時に散布できる。これ迄遠隔地に堆肥を散布する場合にはトラックで運搬してこれをマニヤスプレッドで散布するのが普通であったが、この手間が省かれる。広域に堆肥を利用したい現在、これは大きな戦力といえる。以下同様であり、従来機をトラクタに交互に直載する方式を採れば、クローブキャリア、スラリスプレッド、ファティライザタンカ、グレェンタンカとして利用できる。

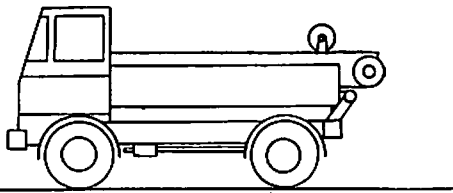
この中でファティライザタンカは、単純な肥料の運搬・補給・散布ばかりでなく肥料のバラ扱い体系成立の可能性を秘めている。図151に示されるように袋詰め肥料では運搬が複雑であり、大量の扱いでは労力負担が大きい。農家にバラ肥料の運搬力があれば、農協支所単位のデポ方式が成立し(図152)、労力の軽減、肥料費の低減、きめの細かい施肥設計等を可能にする。

このように農業用トラックの開発は、単純な運搬の合理化にとどまらず、生産性向上に関連して農業に大きな影響力を持つものである。

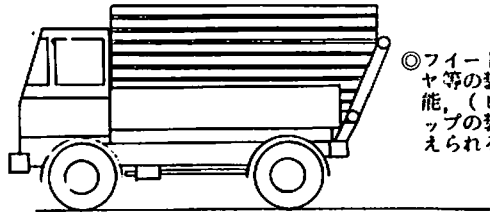
① 標準装備
ダンプボックス



② マニヤスプレッダ

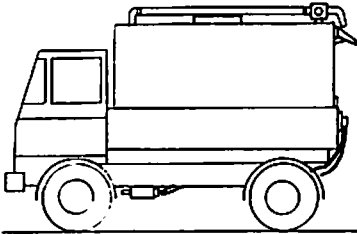


③ クロップキャリヤ



◎フィードコンベヤ等の装着も可能。(ピックアップの装着も考えられる。)

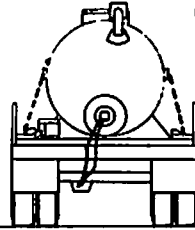
④ スラリスプレッダ



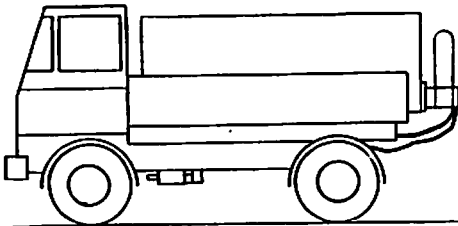
別に

◎汲上げポンプ搭載

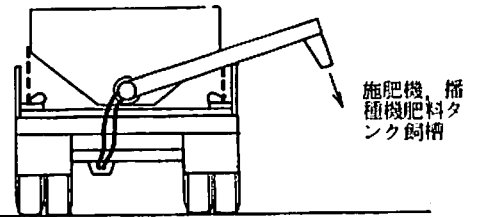
ヒューガル、水中ポンプ(油圧駆動)



⑤ ファテイライザタンカ
グレエタンカ



◎ 排出オーガを外し散布インペラを装着すれば
ブロードキャスクとなる。



⑥ (定置動力源)

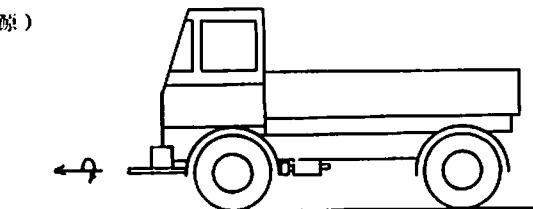
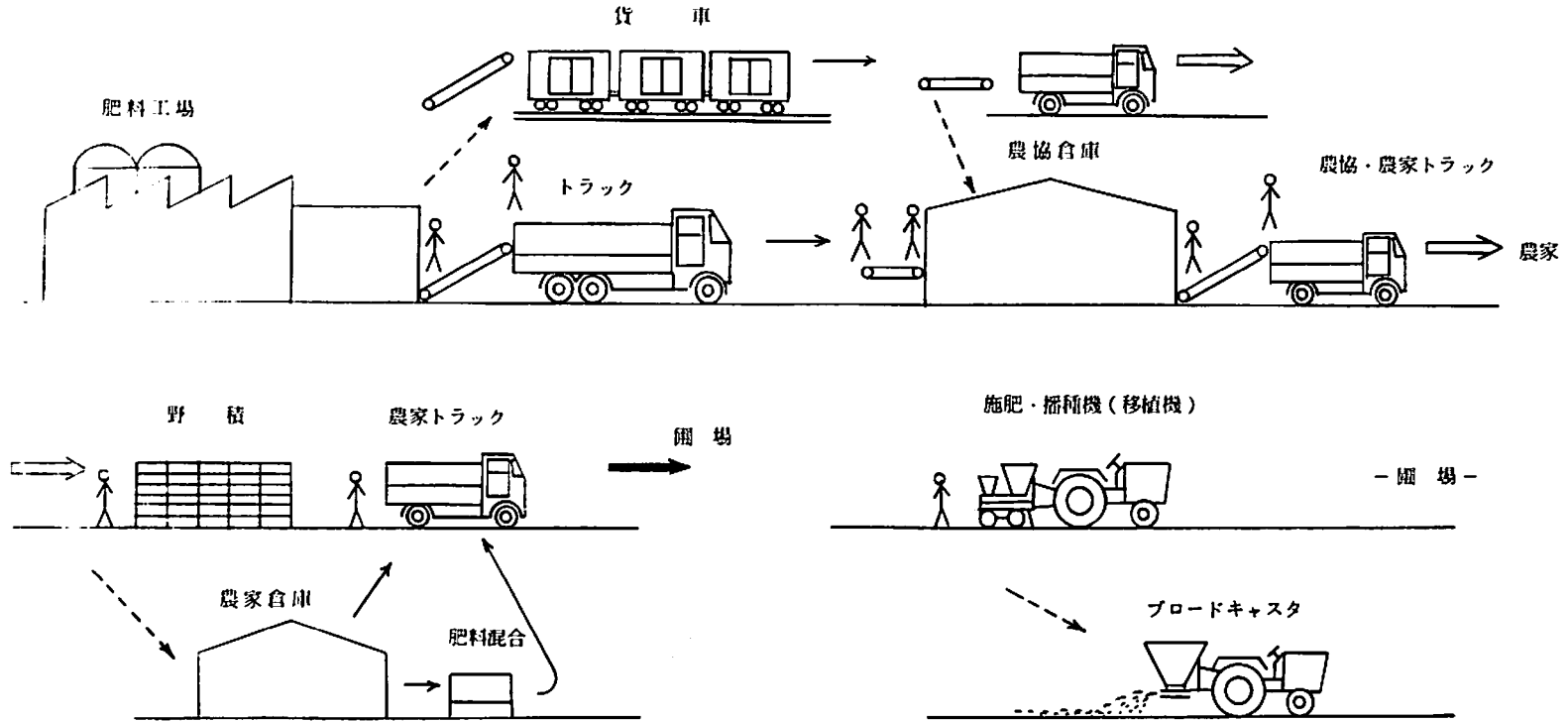


図 150. 農業用トラック利用例



何処にでも置ける手軽さはあるが、運搬経路が複雑である、大量の扱いになると労力負担が大きい

図 15.1. 袋入り肥料の運搬体系 - 現状 -

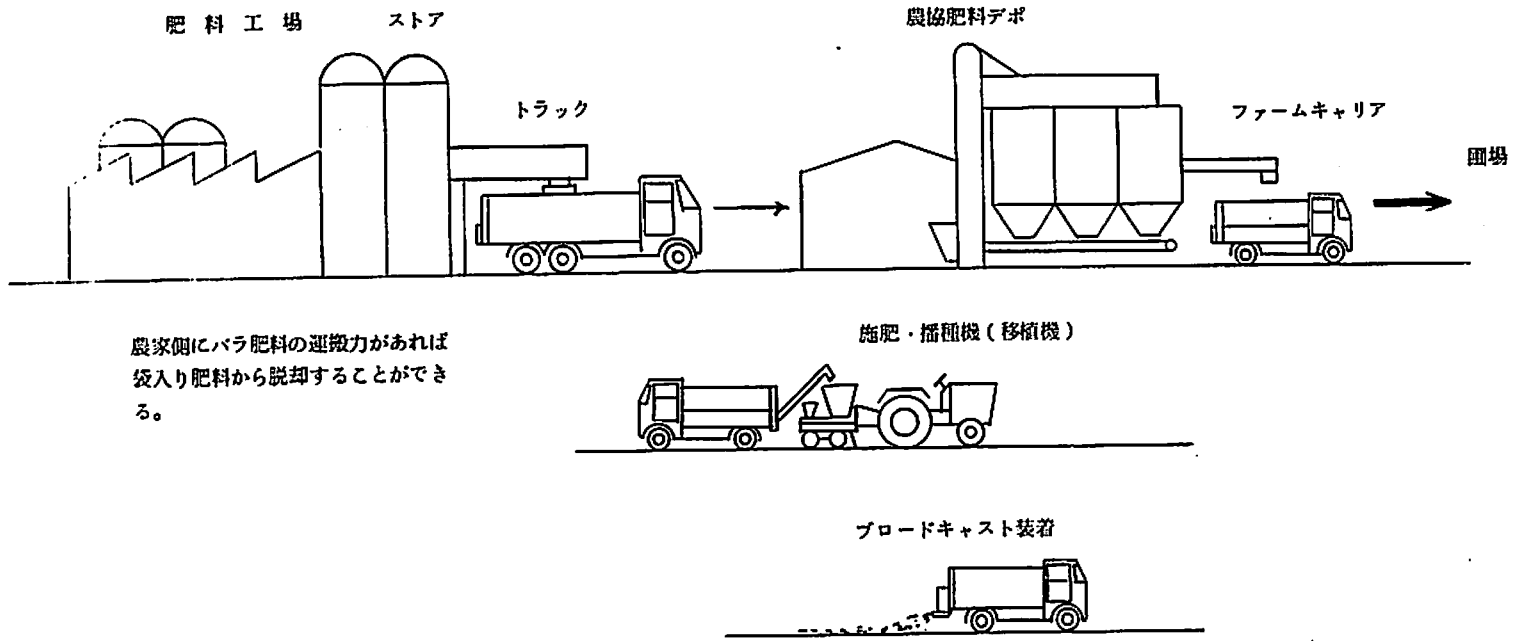


図 152 ファームキャリアを核とするバラ肥料運搬体系

2. 実験目的

現在、畑作専業地帯で利用されているトラックは、積載量 2 ton のダンプトラックが主流をなしている。しかし、経営面積の拡大とともに、運搬能力を高める必要にせまられ、一部には 4 ton 車指向があらわれている。この場合、2 ton 車でも圃場内の走行には難渋したものであり、走行部が 2 ton 車とほとんど変わらない 4 ton 車は、重量が増加しているだけになお難渋することになる。大型化にともない、農業用トラックの開発は、より重要な意義をもつことになる。今回、こうした背景のもとに積載量 3~4 ton で、農業用トラックとして具備すべき条件を満たしたトラックを開発した。性能をあきらかにし、トラックを核にした運搬技術体系について検討する。

3. 実験方法

- 1) けん引力-走行能力を判断する一つの方法として、トラクタと同じ要領でけん引力を測定した。圃場条件は裸地では硬・軟別、傾斜草地では斜度別に測定した。
- 2) 畑地における走行能力-てん菜収穫圃場が降霜、茎葉等の関係でもっとも走行に難渋する。湿性型火山性土の圃場で速度別の沈下量、すべり率を測定した。
- 3) 作業機の性能試験-ファティライザ、マニユアスプレッダ、スラリスプレッダの 3 機種について一般農機具と同じ内容で性能を調査した。
供試肥料：高度化成 S 273 = 粒状
供試土壌改良資材：炭カル = 粉状

4. 供試機仕様

供試機の機体仕様諸元およびタイヤのパターン形状その他を、表 112 および図 153, 154, 155, 156 に示した。

表 112. 農業用トラックの機体仕様諸元

		A 機 (いすゞ農業用トラック)	B 機 (TCMファーミングキャリア)
型 式		SCS 370	NCD 35
全 長 (mm)		6,795	5,860
全 巾 (mm)		2,450	2,350
全 高 (mm)		2,800	2,530
車 輛 重 量 (kg)		4,640	4,905
最 大 積 載 量 (kg)		3,250	3,000
乗 者 定 員 (人)		2	1
車 輛 総 重 量 (kg)		8,000	7,960
エ ン ジ ン 型 式		ジーゼル 6BD1 直噴	ジーゼル 4BB1 直噴
排 気 量 (cc)		5,785	3,595
最 高 出 力 (ps/rpm)		160/3,200	100/3,400
最 高 速 度 (km/hr)		88	60
最 小 回 転 半 径 (mm)		7,400	7,500

	A 機 (いすゞ農業用トラック)	B 機 (TCMファームینگキャリヤ)
速度機	前進2段, 後進2段	前進10段, 後進2段
タイヤ	15 - 19.5, 4輪シングル	10 - 20, 後輪ダブル
ブレーキ	油圧, 排気ブレーキ付	油圧, 真空倍力装置
燃料タンク容量 (ℓ)	100	100
PTO	油圧	前・後2ヶ所, スプライン軸
主なる特長	四輪駆動, 低速ミッション付, 中低速兼用大径タイヤを装備し, 前後輪ともシングル。このことによって昨間の走行も可能であり, 軟弱路盤を走行しても泥土を路上に持ち出すことが少ない。PTO軸は油圧動力利用。取出口を2ヶ所に設けている。	四輪駆動, 低速ミッション付, 産業用中低速タイヤを装備。PTOはトラックと同じように, スプライン軸とし前部・後部の2ヶ所に設けた。運転席は作業性を重視し, ワンサイドキャブ1人席とした。両サイドの視界を広めている。

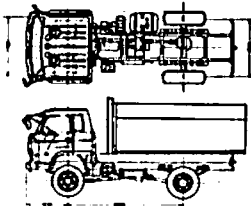


図 153. 農業用トラック SC 370 型

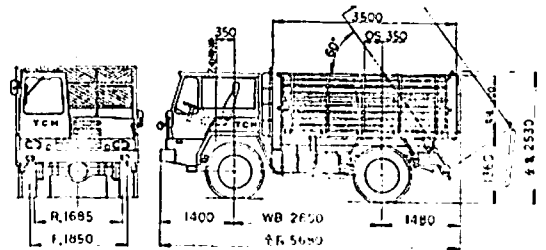


図 154. 農業用トラック NCD 35 型



図 155. SC 370 型 装備のタイヤパターン

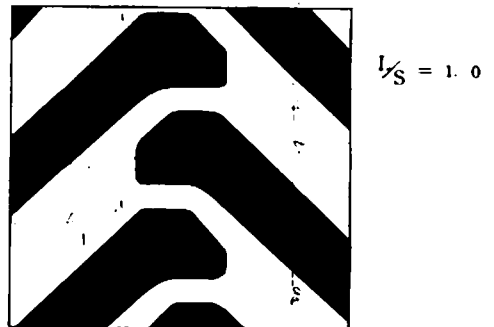
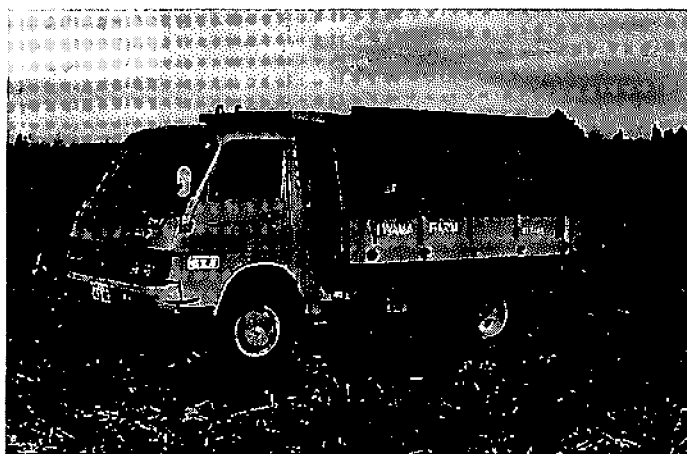


図 156. NCD 35 型 装備タイヤパターン



一般の畑作農業に利用されているトラック（ビートの搬出作業）



タイヤにチェーンを巻かないと圃場を走行できない。



農業用トラック SCS 370 型



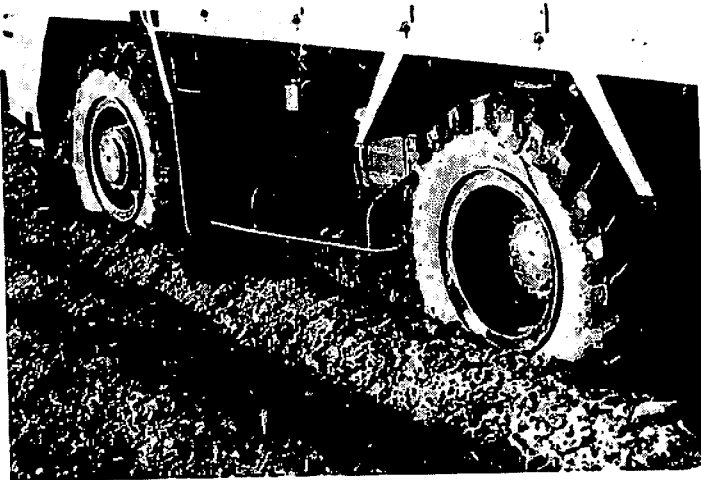
中低速ラグタイヤを装備



搭載フエティライザ



農業用トラック NCD 35 型



軟弱路面走行テスト

5. 実験結果および考察

1) 車輪分担荷重

(1) SCS 370 型

車輪分担荷重を表113に示した。空車時の荷重は前輪53%、後輪47%であり、前輪荷重が若干多い。所定量を積載すると前輪40%、後輪60%の分担荷重である。前・後輪ともシングルタイヤであり、後輪の分担荷重が多くなるのを避けている。

表 113. SCS 370 型の車輪分担荷重

空 車			3.5 ton 積 載		
前 輪	後 輪	総 重	前 輪	後 輪	総 重
2,645	2,350	4,995	3,255	5,095	8,350
(53.0)	(47.0)	(100.0)	(40.0)	(60.0)	(100.0)

注：()内は割合。

(2) NCD 35 型

車輪分担荷重を表114に示した。空車時の分担荷重は前・後輪ともほぼ等しく、所定量積載して32.3%：67.7%となっている。後輪がダブルタイヤであり、バランスのとれた分担荷重といえる。

表 114. NCD 35 型の車輪分担荷重

空 車			3 ton 積 載		
前 輪	後 輪	総 重	前 輪	後 輪	総 重
2,500	2,560	5,060	2,600	5,460	8,060
(49.4)	(50.6)	(100.0)	(32.3)	(67.7)	(100.0)

注：()内は割合。

2) 走行速度

(1) SCS 370 型

走行速度は低速、エンジン回転数最大でI速が1.6 m/sec、II速が2.9 m/sec、III速が4.8 m/secであった。(図157)農作業では1.0 m/sec以下の速度で作業することもあり、I速低速があれば理想的である。ただ最大回転数での測定であり、実作業にはあまり不自由するとは思えない。

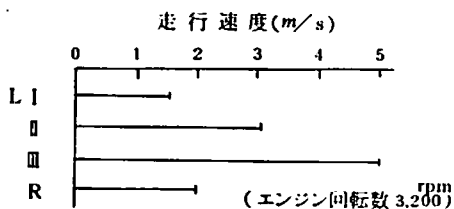


図 157 SCS 370 型の走行速度 - 低速 -

(2) NCD 35 型

低速の走行速度を図158に示した。I速0.4 m/sec、II速0.9 m/sec、III速1.4 m/secとほぼトラクタの作業速度に合わせている。圃場の条件が悪く、最速で作業する場合には威力を発揮する。

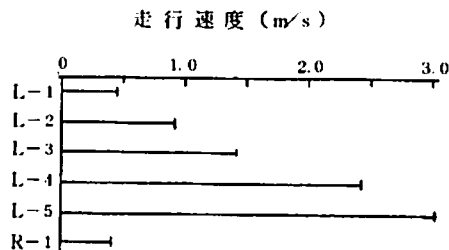


図 158. NCD 35 型の走行速度 - 低速 -

3) 走行性能

(1) SCS 370 型

図 159 に示される裸地、硬軟圃場条件におけるけん引性能試験結果は、図 160, 161 のとおりである。走行性能は空車、2 ton 積、3.5 ton 積と積載量が増加するにしたがい、能力は若干低下する傾向があった。実用推力係数は(スリップ率 20%)硬圃場で若干高く、空車時で 0.45、3.5 ton 積で 0.35 であった。トラクタにはほぼ近いけん引性能であり、普通型トラックの 0.10~1.5 に比較すると格段の差を認めることができる。軟弱圃場は、プラウ耕後ロータリハローで整地した圃場である。普通型のトラックが、このような軟弱圃場を走行することは不可能であるが、グリップ性の秀れたラグパターン形状のタイヤの選択と低速ミッションによる低速走行、四輪駆動による走行は、ほとんど問題なくこれを走破している。

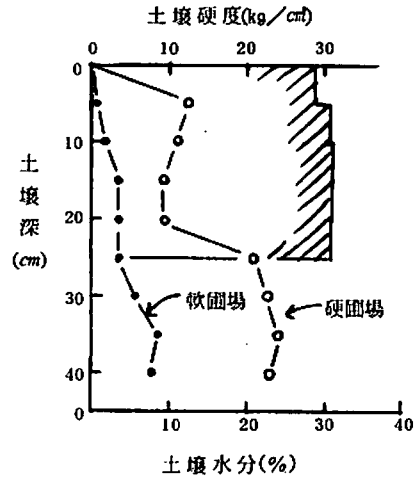


図 159. 裸地圃場条件

圃場走行の極限を見極めるために、降雨後のてん菜収穫圃場において実験した結果は表 115 である。図 162 に示すように軟弱路盤であり、土壤水分も多い。トラクタがハーベスタをけん引し収穫作業のできる限界の状態であったが、普通型トラックではタイヤにチェーンを巻いても走行できない条件である。

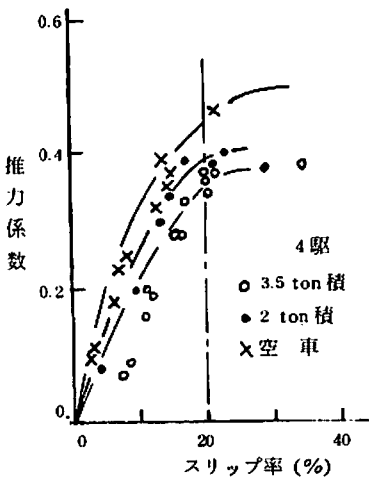


図 160. 裸地圃場での走行性能 - 硬圃場 -

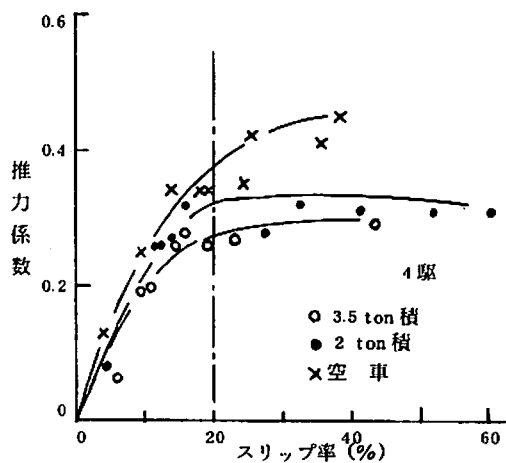


図 161. 裸地圃場での走行性能 - 軟圃場 -

実験機は空車であれば高速レンジでも走行は可能であった。3.5 tonを積載すると低速レンジでなければ走行できない。低速のI速がスリップ率10%の範囲にあり、安定した走行を示した。低速のII速はスリップ率が

17.2~21.4%であり限界である。
なお、二輪駆動では走行不能であり、四輪駆動の効果を認めることができた。

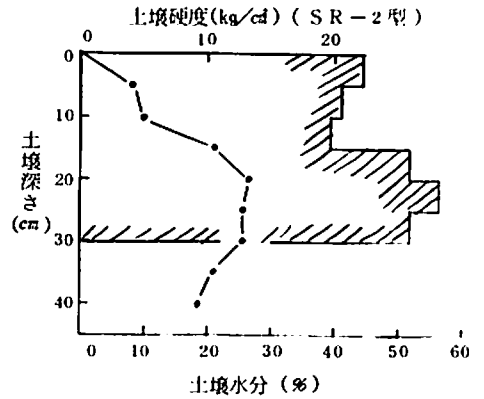


図 162. 農家圃場の土壌条件

表 115. 農家圃場(てん菜収獲跡)での走行性

荷重	運転条件	走行速度 (m/s)	エンジン回転数 (rpm)	沈下量 (cm)	滑り率 (%)
3.5 ton	L ₁ 2,000 4 × 4	0.89	1,880	8.0	7.2
	"	0.84	1,880	9.0	12.0
	"	0.90	1,920	4.0	6.3
	H ₁ 2,000 4 × 4	1.25	1,660	11.5	38.8
	"	1.80	1,680	10.5	19.7
	"	1.77	1,720	10.5	17.3
	L ₂ 2,000 4 × 4	1.23	1,800	11.5	21.4
空	"	2.04	1,720	7.0	17.7
	"	2.05	1,680	7.0	17.2
	L ₁ 2,000 4 × 4	1.00	1,940	5.0	1.2
	"	0.95	1,940	5.0	1.9
	L ₂ 2,000 4 × 4	1.64	1,900	8.0	2.4
	"	1.64	1,900	10.0	2.4
	H ₁ 2,000 4 × 4	2.24	1,840	8.0	4.8
	"	2.29	1,880	5.5	2.7
H ₁ 2,000 4 × 2	"	2.05	1,840	7.0	12.9
	"	2.15	1,840	6.5	8.6
	"	2.02	1,800	5.0	14.3
	"	1.87	1,800	6.0	18.7

(2) NCD35型

後輪がダブルタイヤであること、産業用タイヤでよりグリップ性の秀れたものであること (Land/sec = 1.0) 等から推力係数は大きくなっている。空車で四輪駆動の場合、

0.50, 二輪駆動で0.34であった(図164)。図165のごとく3 ton積載してもほぼ同じ推力係数である。ただ四輪駆動と二輪駆動の差が接近し空車時の0.34が0.39に, 0.50が0.55と二輪駆動の推力係数が大きくなっている。これは積載重量がグリップ性を良くしたことによるものである。

硬・軟圃場の推力係数の差を図166に示した。硬圃場の推力係数は0.55, 軟圃場は0.40で0.15の差がある。重量別の変化は双方ともほとんど認められなかった。

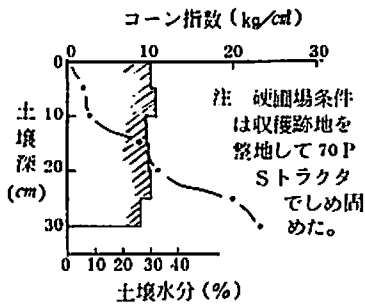


図163. 裸地(軟圃場)の条件

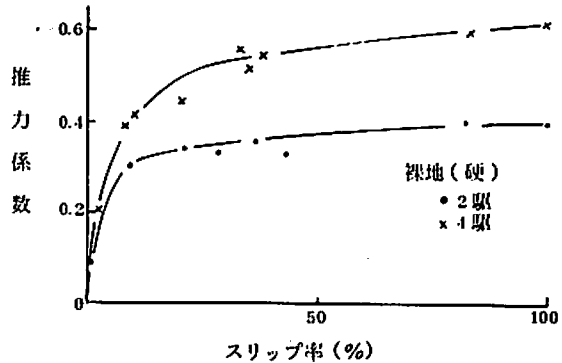


図164. 裸地圃場での走行性能 - 空車 -

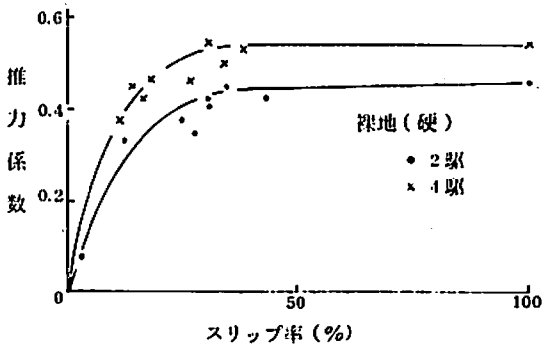


図165. 裸地圃場での走行性能 - 3 ton積み -

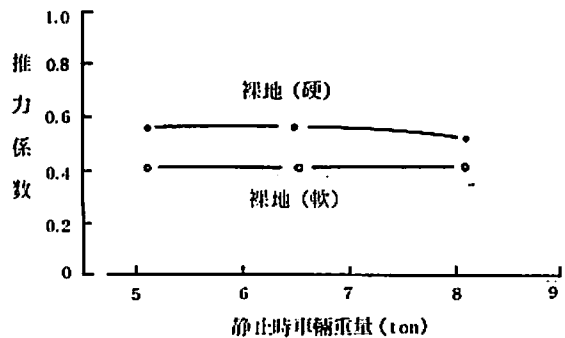


図166. 硬・軟圃場の推力比較(スリップ30%)

4) 傾斜地の走行性能

(1) SCS 370 型

斜面での走行性能を図168, 169に示した。土壌条件は図146である。斜度別の差は空車の場合も, 3.5 ton積みの場合も, あきらかではなかった。余格推力係数は図170に示すように, 空車の場合には0.5ではほぼ一定であるが, 3.5 ton積みでは3°で0.37に低下し, その後, ほぼ一定になっ

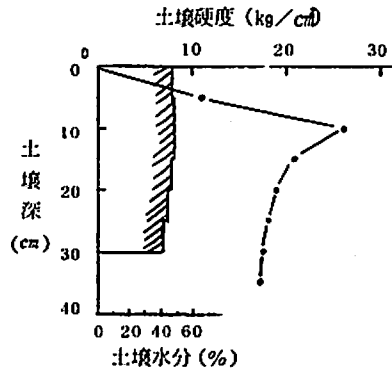


図167. 傾斜圃場(5.5°の位置)の土壌条件 - 永年草地 -

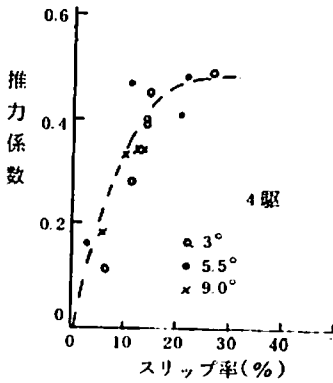


図 168. 斜面での走行性能 - 空車 -

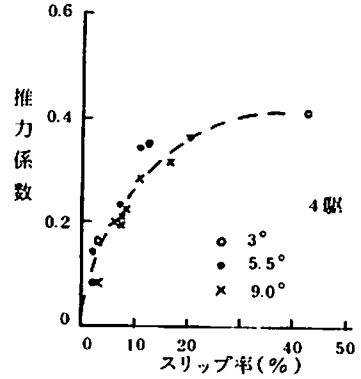


図 169. 斜面での走行性能 - 3.5ton 積み -

ている。

なお実験は 15°まで行ったが、安定した走行を示し、途中停止して再発進することも可能であった。普通型のトラックは、7~8°位が作業の限界であり、路面の条件によってはさらに低い限界斜度になるのが一般的である。15°ともなればタイヤにチェーンを巻き、下方から惰性をつけて登はんを試みるが、途中で停止すれば、再発進は不可能であり、元の位置まで戻り再度やり直しをしなければならない。

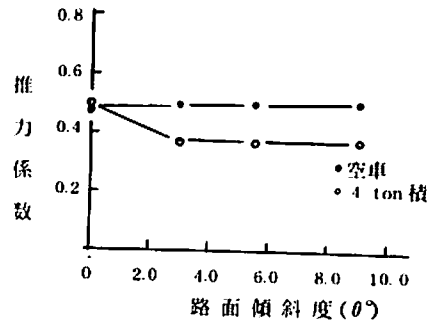


図 170. 斜面の余力推力係数 - スリップ率 20% -

トラックの常識を超え、傾斜地における作業能力が大巾に増したことは、従来行われなかった傾斜地での堆肥散布を可能にするもので、荒廃化しつつある傾斜地の生産性維持に効果が期待できる。

(2) NCD 35 型

実験は SCS 370 型と同じ傾斜草地で行った。空車の場合、図 171 に示されるように斜度別に推力係数が変わり、スリップ率 20% では 3° の傾斜で 0.49 が、9° では 0.36 と 0.13 の差となっている。しかし図 172 に示されるように 3 ton 積載すると斜度別の

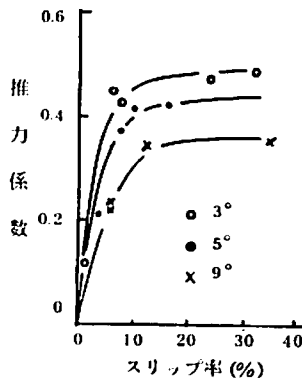


図 171. 斜面での走行性能 - 空車 -

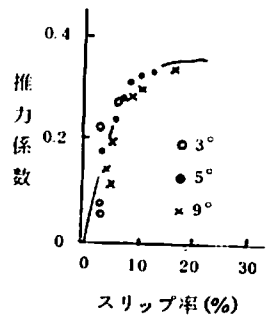


図 172. 斜面での走行性能 - 3.0 ton 積み -

推力係数の差はあまりみられない。

斜面の余裕推力係数は(図 173)斜度の増加にともない、空車で若干低下の傾向にあるが 3 ton 積載ではほぼ平行線を通り、SCS 370 型とはほぼ同じ内容である。性能的にみて両者に差は認められない。

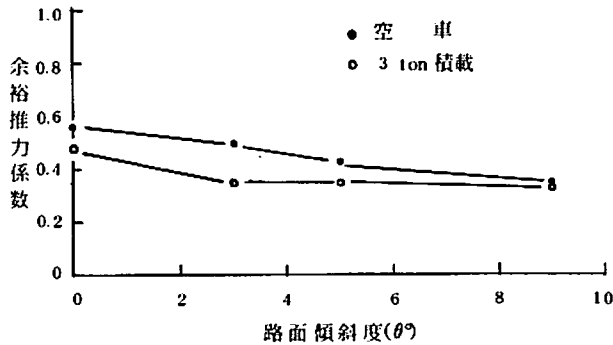


図 173. 斜面の余裕推力係数 -スリップ率 20% -

5) 搭載作業機の性能 - SCS 370 型ファティライザー

(1) 実験方法

このファティライザは2つの作業を行うことができる。一つはバラの肥料や土改資材を運搬し、播種機等のホッパに補給する作業であり、他は補給用のオーガを外してブロードキャストを装着し、直接散布する作業である。したがって粒状物を供試してオーガの排出能力とブロードキャストの散布精度を調査した。前者についてはシャッタの開度別にエンジンの回転 1,500 rpm と 3,000 rpm の 2 段階についての測定を行った。後者については、一般のブロードキャストと同じように容器を一定間隔並べて散布、資材を受け、これを計量して分布状態を知ることにした。

(2) 供試機仕様

供試機の諸元を表 116 および図 174 に示した。

表 116. SCS 370 型ファティライザ仕様諸元

型 式	SCS 370-FB
ホ ッ パ 容 量 (m^3)	4.0 (比重 0.5 2,000 kg)
全 長 (mm)	3,885
全 巾 (mm)	2,060
全 高 (mm)	2,000
重 量 (kg)	785
排 出 能 力 (kg/min)	50 ~ 150

注：肥料ばかりでなく粒状、粒状物の飼料等の運搬に利用することができる。

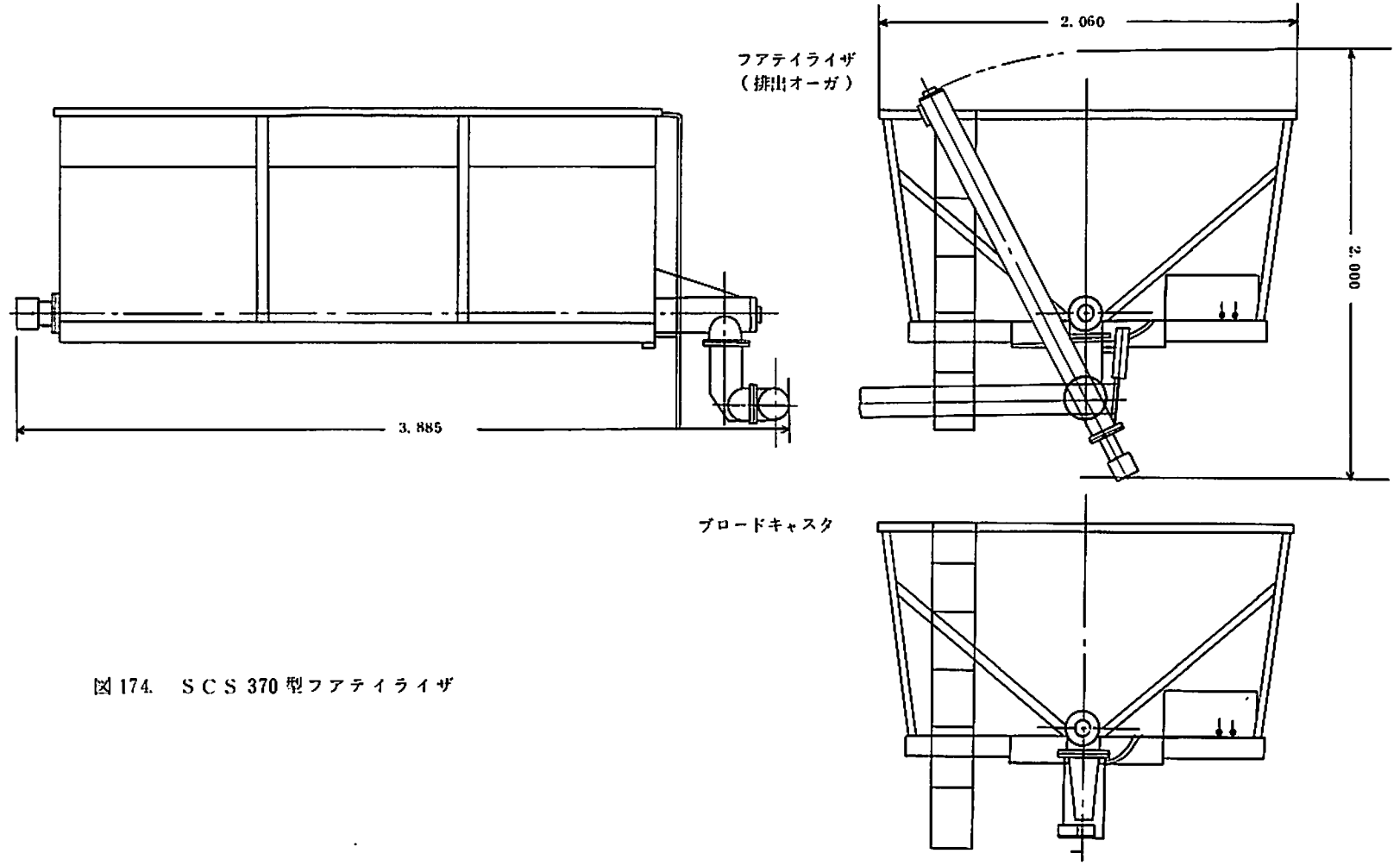


図 174. SCS 370 型ファテイライザ

(3) 排出量

① 排出量

粒状化成肥料S 273 と粒状土壌資材炭カルを使つての実験の結果を図 175, 176 に示した。エンジン回転 3,000 rpm の場合、シャッタの量規制は粒状、粉状ともにほぼ開度 2 までである。2 以上は開いても量の変化は少ない。これはホッパ底部の操り出しオーガの能力の限界を示すもので、シャッタでの量の規制範囲を広げるには、オーガを改良するか回転数を増すかしなければならない。

開度 2 で最大の排出量となるが、粒状肥料では 123 kg/min, 粉状石灰では 160 kg/min であった。現在、大型の播種機についている施肥装置のホッパーは 600 kg 程度であり、その供給時間は大体 5 分ですむことになり、能率的にみて満足できる範囲にある。この量は後述するが、ブロードキャストを装着した場合でも散布量に適合する量である。

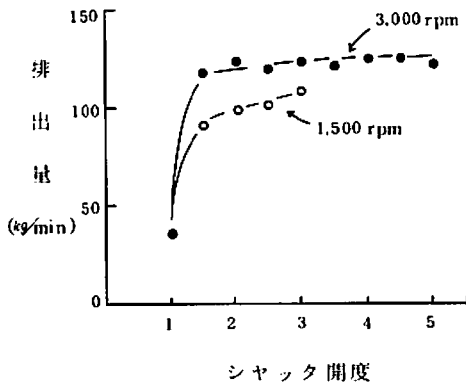


図 175. ファティライザの排出能力
- 粒状肥料 - (化成肥料 S 273)

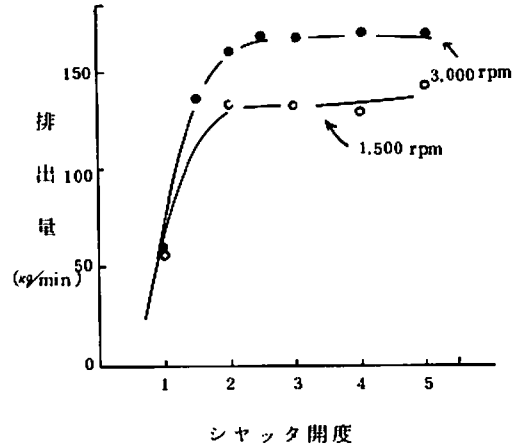


図 176. ファティライザの排出能力
- 粉状石灰 - (炭カル)

③ 散布能力

後部の補給オーガを外してブロードキャストを装着し、圃場に散布した場合の分布状態を図 177, 178 に示した。粒状と粉状と比較すると粒状の方が分布のバラツキが少なく、散布巾も広く、粒状の方が取扱い易いことを示している。

粒状肥料の散布巾は 12 m であるが、作業速度 1.47 m では毎分 10.6 a の作業面積であり、シャッタ開度 2.5, エンジン回転数 3,000 rpm の時の排出量は、123 kg であるから 116 kg/10 a となる。作業速度 4.55 m/sec では 32.8 a/mim, 約 38 kg/10 a の散布量である。前者は基肥の施用量であり、後者は追肥の施用量である。作業速度の選択で自在に使いわけることができるが、シャッタ開度の調節でさらに微細に散布量を調整できる。

ここで注目すべきことは、資材を高速で圃場に運搬し、即散布できる高能率性に加え、

4. 55 m/sec の高速で作業できることである。32.8 a/min の高能率は 従来のブロードキャストにみられなかった能力である。

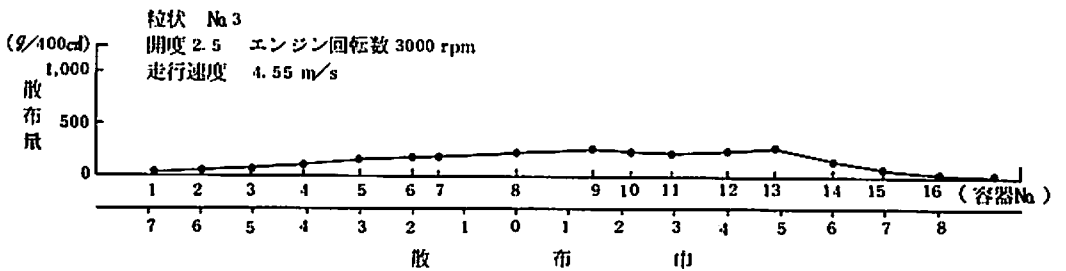
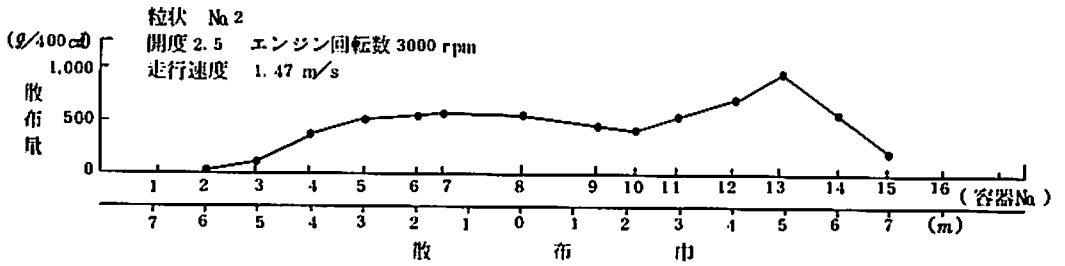
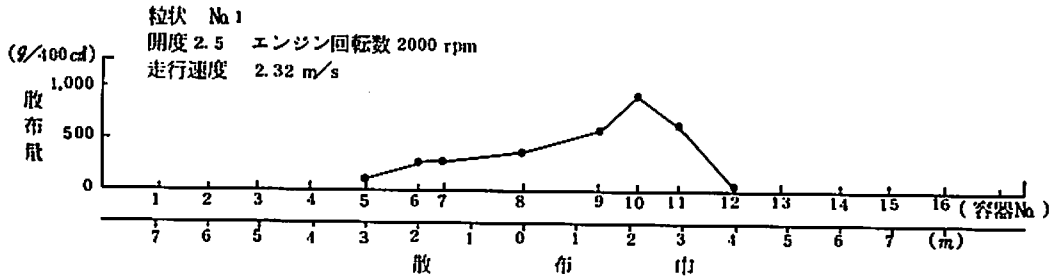


図 177. 粒状肥料の散布分布 - 化成肥料 S 273 -

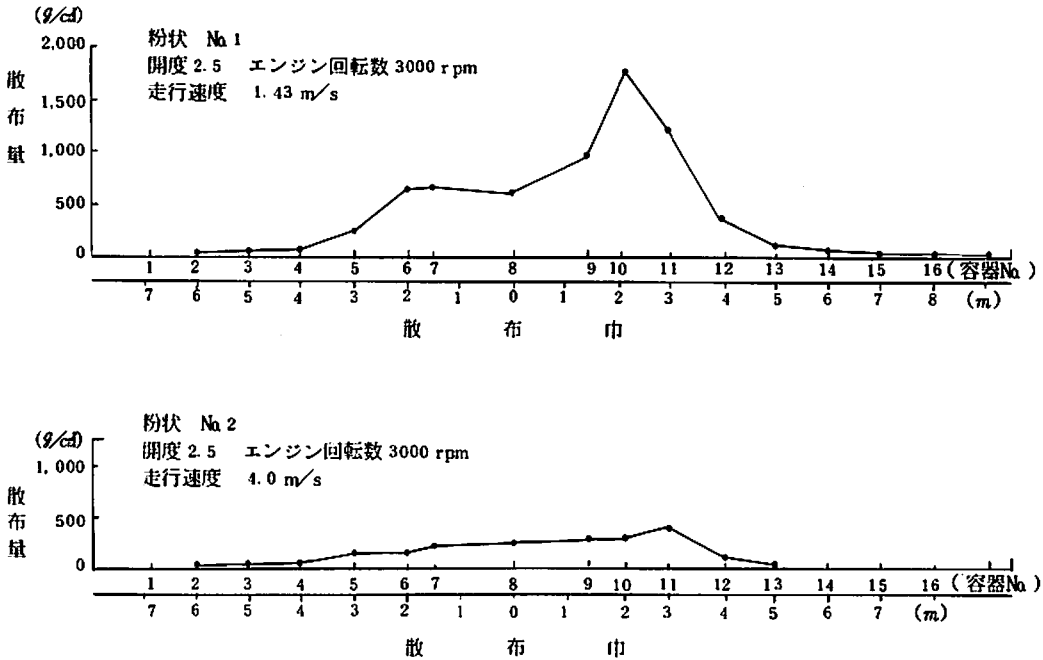


図 178. 粉状石灰の散布分布 - 炭カル -

第3節 ホイールローダ

1. 小型ホイールローダ

1) 実験目的

運搬量の増大とともに農業部門にもホイールローダが利用されるようになってきた。(65) これは積載の能率ばかりでなく、農業における多彩な作業あるいは作業精度等の点で、農家の希望に合致していることによる。これ迄、一般的にトラクタのフロントローダで積載作業が行われていたが、経営規模によっては専用機による合理化が必要になる。

小型ホイールローダは小規模畑作集団や中小家畜の畜産施設を対象に普及しているものでその機動性は高く評価されている。わが国に導入されて日も浅く、その性能についてはあまり知られていない。性能もあきらかにし、技術体系について考察する。

2) 実験方法

- (1) けん引力-掘進力を知る判断基準の一つとして、トラクタと同じ要領でけん引力を測定した。
- (2) 油圧揚力-掘起力を知るために地下にアンカボルトにロードセルを接続し、ブームシリ

ング、バケットシリンダ、それぞれの揚力を測定した。(図179, 180)

(3) 積込み能率 - V方式で硬・軟2種の土壌を用い、所定の枠に積込む能率を測定した。

(図181)

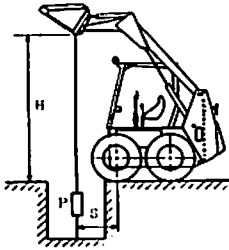


図 179. 最高持揚げ荷重測定

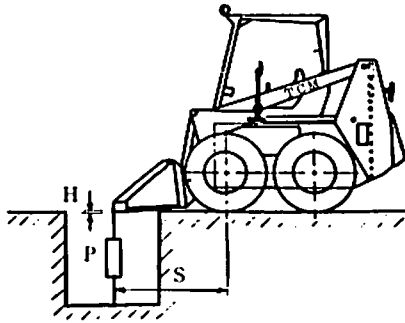


図 180. 最大掘起力測定

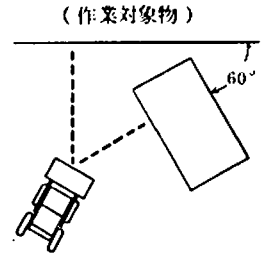


図 181. 積込み作業方法 - V方式 -

3) 供試機仕様

供試機の機体仕様諸元を表117, 図182に示した。動力の伝達はすべて油圧を介して行われ、機動性に富むのが特長である。とくに、HSTによるホイールの駆動は、スキッドステアリング方式の採用となり、前後進の切換えが極めて簡単であり、かつホイールでありながら信地転回を可能にしている。

積載物の扱いが運転席に近いことも、作業精度、能率を高める上で有利である。また標準バケットの他に、マニヤホーク、スクレーバ等、数アタッチメントが数多く準備され、それらがワンタッチで交換できるようになっている。農業の多様性に配慮されたロードである。

表 117. TCM Bobcat Loader 725 の機体仕様諸元

性能	バケット容量	0.31 m ³	伝動装置	定格出力	28.0 PS / 2,400 rpm
	常用荷重	540 kg		形式	油圧駆動式
	ブーム上昇時間	4.5 sec ~ 2.8 sec		終減速機	チェーン式3段減速
	バケット前傾時間	2.8 sec		駆動形式	左右独立、無段変速、4輪駆動
	最大走行速度	10.0 km/hr (前・後)		タイヤ	10.00 - 16.54 P トラクションラグ
	最大けん引力	2,000 kg (700 kg 負荷)		常用ブレーキ	機械式ディスクブレーキ
	登坂能力	前進 15°, 後進 30°		かじとり	形式
重畳	空車重量	2,060 kg	シリンダ	ブーム用、バケット用	
機関	名称	クボタ V 1500-B (ディーゼル)		バルブ	2速弁棒しゅう動式
	形式	4サイクル水冷縦形4気筒		セット圧	147.5 kg/cm ²
	総排気量	1,487 ℓ		タンク	燃料

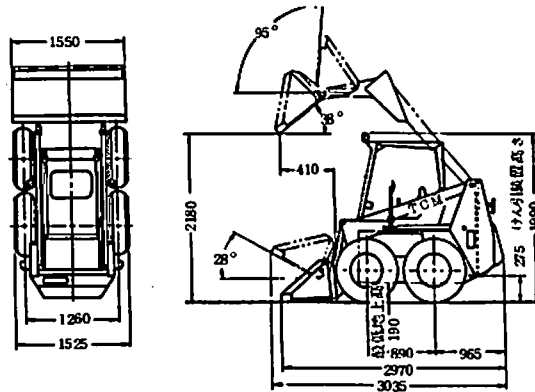


図 182. TCM Bobcat Loader 725

4) 実験結果および考察

(1) 走行速度および旋回半径

変速段階は表 118 に示されるように、前後各 2 段で 1 速は最大 7.5 km/hr, 2 速は 11.0 km/hr であった。旋回半径は表 119 に示した。右・左で若干の差が認められたが、最小旋回半径が 1.06 m, 機体最外側が 2.19 m であった。この機能は狭い施設内での作業に適しているといえる。

表 118. 走行速度

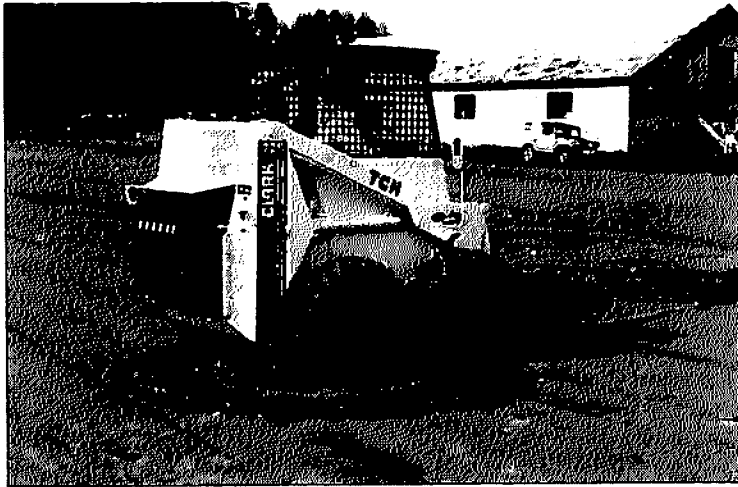
位置	速度	
	1 速 km/h	2 速 km/h
前 進	7.47	11.00
後 進	7.37	11.17

表 119. 旋 回 半 径

位 置	コンクリート		圃 場	
	右旋回	左旋回	右旋回	左旋回
最小旋回半径 (m)	1.035	1.053	1.040	1.063
機体最外側旋回半径 (m)	2.190	2.090	2.030	-



小型ホイールローダ Bobcat Loader 725 型



旋回半径は小さく、機動性に富む

(2) けん引力

けん引力の測定結果を図 183 に示した。表 120 に示される土壤条件の圃場では すべり率 20%の時のけん引力は 1,170 kg, けん引比は 0.57 であった。コンクリートになると 1,660 kgのけん引力を示し, けん引比は 0.81 で, 圃場に比べて 0.24 向上した。エンジン馬力 28 P S, 機体重量 2,000 kg の小型ローダの見掛けからは想像できないけん引力であり, この掘進力が作業能率を高める上に寄与することはいうまでもない。

表 120. 土 壌 条 件

地表からの深さ (cm)	含水率 (%)	含水比 (%)	空隙率 (%)
0 ~ 5	27.7	38.3	51.0
5 ~ 10	28.9	40.6	51.3
10 ~ 15	30.4	43.6	54.6
15 ~ 20	31.4	45.8	55.0
20 ~ 25	29.5	41.9	56.2

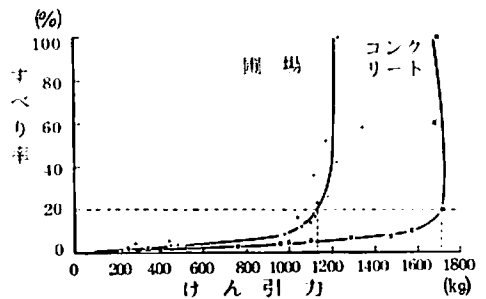


図 183. けん 引 力

(3) 油圧揚力

バケットの作動力にはバケット掘り起し力と持ち揚げ力がある。掘起力はバケットに直接ついているシリンダの揚力に関係するが, 最大掘起力は 730 kg であった (表 121)。またブームシリンダの最大持ち揚げ力は高さ 2,600 mm の所

表 121. 各部の油圧揚力

測定項目	バケット ヒンジピン の高さ H (mm)	作用点から 支点までの 水平距離 S (mm)	揚力 P (kg)	備 考
①最高持揚げ揚力	2,600	655	800	リリーフ 弁作動
②最大掘起力 (ブームシリンダ)		1,160	950	〃
③最大掘起力 (バケットシリンダ)		1,160	730	〃
④最大掘起力 (バケット・ブー ム・両シリンダ)		1,160	980	後浮上り

で800 kgであり、バケットとブームの両方を作動させる980 kgに達した。

(4) 土壌積込み能率

積載能力を知るために標準試験法のV方式で土壌を積込み、この作業能率を測定したが供試した土壌は図184、185に示される硬・軟2種類である。ここでいう硬い土壌とは、クローラトラックで集積し、若干踏圧を加えたものである。参考迄に作業後の硬度も測定した。作業時の各サイクル毎の所要時間は図186に示されるように、土壌のみかけの容積重量の大きい方で多く、時間当りの作業量が少なくなった。土壌の積込み能率を表122に示したが、みかけ容積重量1.22 ton/m³の土砂は51.8 ton/hr、燃費は5.0 l/hrであり、みかけ容積重量0.98 ton/m³では72~79 ton/hr、燃費は6~8 l/hrであった。正確な比較にはならないが、トラクタのフロントローダではサイクルタイムが35~40 secであり、作業能率は1/2程度とみることができ、専用機としての機動性が作業能率を向上させているのみならず、オペレータの疲労を緩和している。

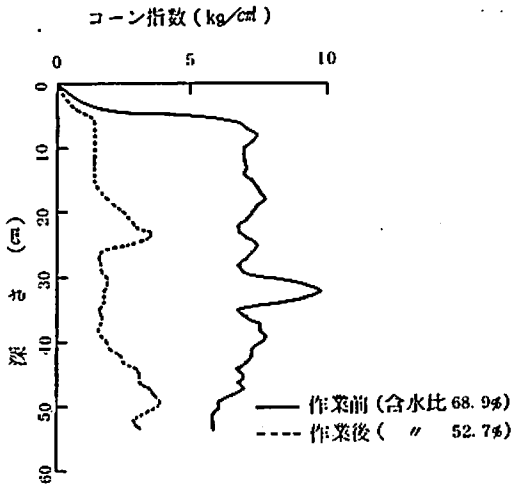


図 184. 積込作業試験の土壌硬度
その1. 積込作業試験
No.1. -かたい土-

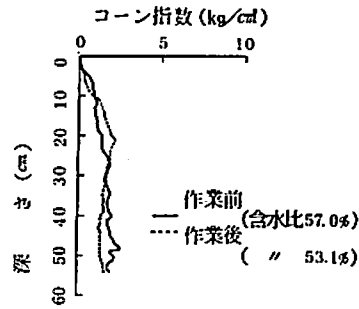


図 185. 積込作業試験の土壌硬度
その2. 積込作業試験
No.2, 3. -やわらかい土-

図 122. 土壌積込能率

作業対象物	作業方式	試験番号	平均移動距離 (m)		測定値				算定値						
			L ₁	L ₂	総時間 (min)	サイクル数 (回)	作業量		燃料消費量 (ℓ)	平均サイクルタイム (S)	サイクル当たり作業量 (m ³ /回)	燃料		時間当たり作業量	
							(t)	(m ³)				時間当たり (ℓ/h)	ℓ当り作業量 (m ³ /ℓ)	(t/h)	(m ³ /h)
①	V	1	4.7	3.3	9.29	26	8.02	7.8	0.78	21.4	0.30	5.03	10.0	51.79	50.37
②	V	2	4.7	3.3	6.66	23	7.99	7.58	0.90	17.3	0.32	8.10	8.4	71.98	68.28
③	V	3	4.7	3.3	6.22	23	8.19	7.77	0.60	16.2	0.33	5.88	12.9	79.00	74.95

作業対象物名称 ① 十勝火山性土 みかけの容積重量 (t/m³) 1.22 含水比 (%) 68.9
 " ② " " 0.98 " 57.0

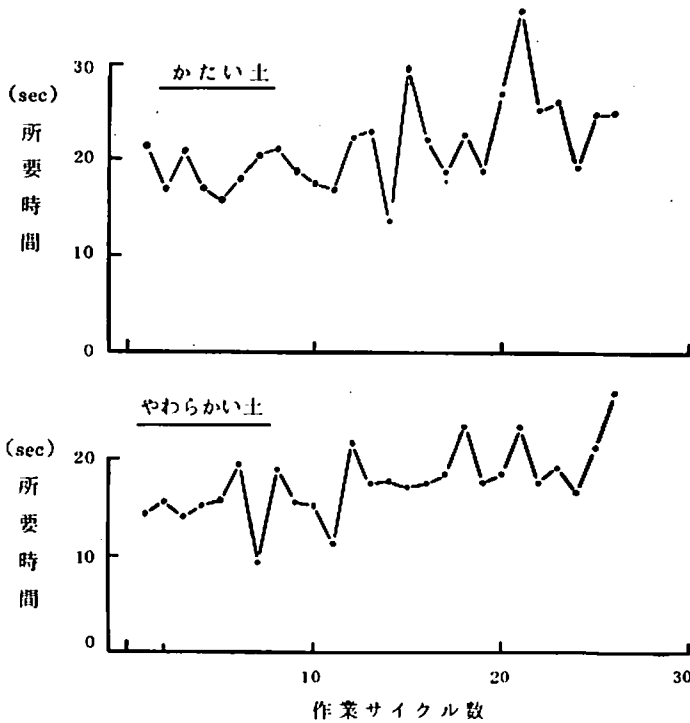


図 186. 積込みサイクル

2. ホイールローダ - ロードングトラクター

1) 実験目的

大規模の畑作集団には、大型のホイールローダが利用されている。搭載エンジンの出力、車体重量等は 100 P S 級ホイールトラクタとほぼ同じであり、3点ヒッチと P T O を装備することによって、100 P S 級ホイールトラクタとしても利用できる。農業の多様性を考えた場合、多目的に利用できることは、それだけ有利であり、大量運搬 - 積載力と大馬力けん引力は土地の生産性にも関連して、実用化のメリットは大きい。農業用に改造してこれをロードングトラクタと名付けた。この性能をあきらかにし、技術体系について検討する。

2) 実験方法

小型ホイールローダと同じ要領で行った。ただし、ロードングトラクタはホイールトラクタとしてけん引作業も行うので、ボトムブラウとサブソイラを用い、実作業において取扱いの難易、その他の作業性を確認した。

3) 供試機仕様

供試機の機体仕様諸元を表 123 および図 187 に示した。ホイールローダに 3点ヒッチ、P T O を装備してトラクタと同じけん引作業もできるようにしてあるのが、もっとも大きな特長である。普通、ホイールローダのホイールの駆動はトルコン式であるが、連続のけん引作業ではエンジン効率を低下させるので H S T も採用している。

バケツは土砂バケツを標準にして、その他根菜類バケツ、マニヤフォーク等がありこれらはワンタッチで簡単に交換できるようになっている。

表 123. TCMローディングトラクタNLD30の機体仕様諸元

性	バケツ容量(山積)	1.0 m ³	重量	空車重量	7,200 kg
	最大荷重	2,470 kg		機	名称および型式
能	三点リンクヒッチ	JISカテゴリII	関		シリンダ数-内径×行程(㎜)
	油圧コントロール	ポジションコントロール		総排気量(ℓ)	5,393
	P T O 回転速度	540 RPM (エンジン2050 RPM時)	定格出力(PS/RPM)	100/2,400	
	P T O 寸法	JIS35	最大トルク(kg・m/RPM)	23/1,600	
	走行速度		伝動装置	形 式	トルコン式および油圧駆動式
	トルコン式 (前/後)	1速0~7.4/0~7.4 2速0~14.2/0~14.2 3速0~37.0/0~37.0		変速機および変速段数	フルパワーシフト常時噛合式前後進3段
	H S T 式 (前/後)	1速0~2.5/0~2.5 2速0~4.5/0~4.5 3速0~13.5~0~13.5		ブレーキ装置	全輪ディスク, 2系統式
	最小回転半径(最外輪中心)	4,570 ㎜	かじとり	換向方式	パワーステアリング 車体屈折式
			タイヤ	169 × 24 - 10 PR	

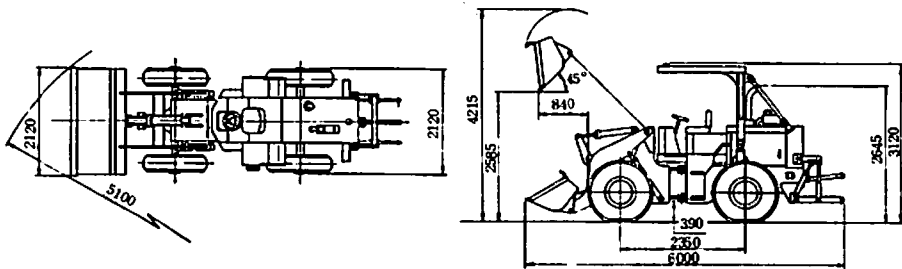


図 187. TCMローディングトラクタNLD30

4) 実験結果および考察

(1) 走行抵抗およびけん引力

ホイールローダは普通のトラクタと違って積載作業を容易にするために車輛重量を大きくとってある。本機も車輛重量が7.2 tonと大きい関係で、走行抵抗も比較的高く、走行速度2.0 m/secで800 kgであった(図188)。

けん引力はトルコン、HSTともに図189に示されるように、すべり率20%の時で約5 ton(けん引比0.69)であった。トルコン、HSTともに走行速度が高くなると、け

けん引力は減少する傾向がある。とくにHSTは0.65 m/sec以上で、けん引力の低下が著しい(図190)。油圧動力の特性であるが、この点が連続高速のけん引作業には不向きとみられる点である。HST機構は低速で大きなけん引力を出すので、心土破碎などの低速作業には適しているが、ブラウ耕のごとく1.5~2.0 m/secの高速作業には問題点を残す。積載作業とけん引作業のどちらにも100%の能力を要求するのは無理であるかもしれないが、将来、トルコンとダイレクトミッションの併用方式の検討により、完全なものになるものと考ええる。

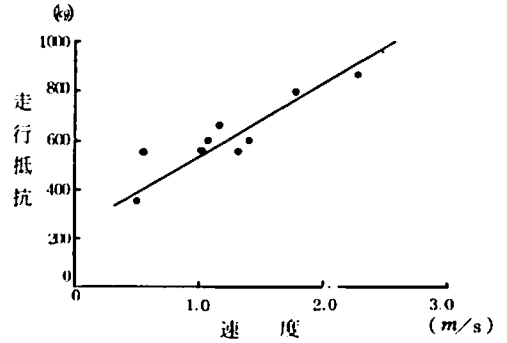


図188. 走行抵抗

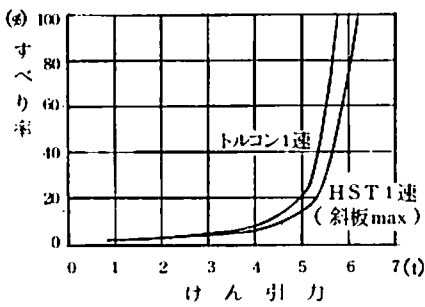


図189. すべり率とけん引力

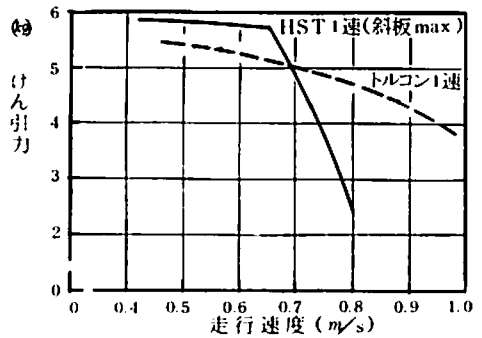


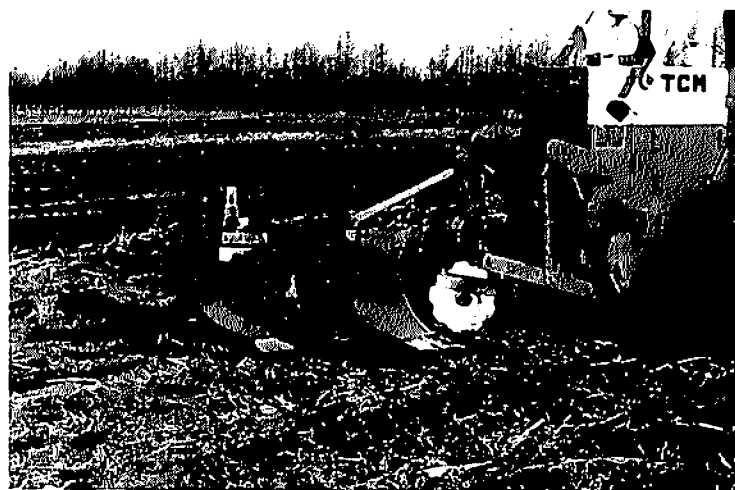
図190. けん引力と走行速度



ローデングトラクタNLD30型



心土破砕作業



ボトムブラウ装備
(20×2による深耕)



心土肥培耕作業

(2) P T O 軸出力

エンジン動力が直接に伝達されていないので図 191, 192 に示すように伝達効率がわるく、P T O 軸出力は低い値となっており、P T O 軸出力は 630 rpm の時で最大になり、60 P S である。エンジン出力をフルに活用しようとする場合には、前項で述べたダイレクトミッションについて検討されなければならない。なお、この時のトルクは 64 kg-m, 燃料消費率は 300 g / P S - h であった。

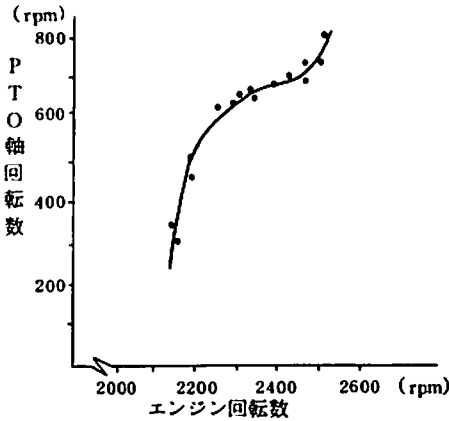


図 191. エンジン回転数と P T O 回転数との関係

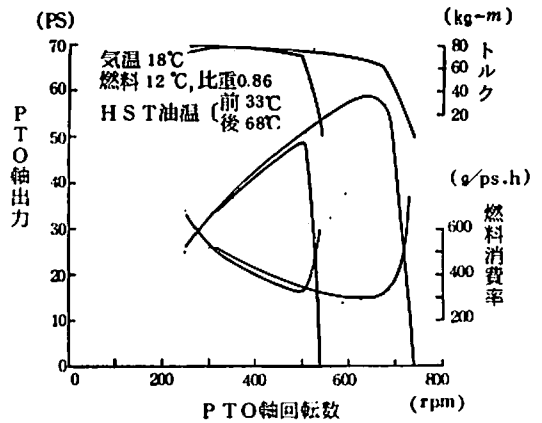


図 192. P T O 軸出力, トルクと燃料消費率

(3) 油圧揚力

表 124 に示すように、油圧揚力ではバケットの持揚げ、掘起力およびローリング持揚力を測定したが、持揚力は地表からの高さ 1,620 mm で 6,080 kg, 掘起力は 457 mm の高さで 5,640 kg, ローリングの揚力はリンク水平で 2,980 kg であった。

表 124. 各部の油圧揚力

測定項目	機体荷重 作用点 高さ H (mm)	荷重作用点 から支点ま での水平巨 高 S (mm)	揚力 P (kg)	備考
最高持揚揚力	1,260	1,700	6,080	リリーフ弁 動作
最大掘起力 (バケットシリンダ)	457	2,180	5,650	リリーフ弁動作 (後輪浮き)
最大掘起力 (ブームシリンダ)	457	2,180	5,400	リリーフ弁 動作
ローリング持揚力 (ク水平)			2,980	"

(4) 土壌積込み能率

土壌の積込み作業は標準試験法の V 方式で行った。平均サイクルタイムは掘削が 8 ~ 9 秒、積込み排土は 10 秒で、容積量約 6 m³ は 2 分前後で処理された。したがって時間当りの作業量は 160 ~ 200 m³ / hr である。燃料消費は 15 ~ 16 l / hr であった (表 125, 図 193, 194)。

表 125. 土 壌 積 込 み 能 率

作業対象物	作業方式	試験番号	変速段		平均移動距離 (m)		測定値				算定値								
			前	後	L ₁	L ₂	総時間 (min)	サイクル数 (回)	作業量 (t) (m ³)		燃料消費量 (ℓ)	平均サイクルタイム (s)			サ作イクル当量 (m ³ /回)	時消間当費燃料量 (ℓ/h)	ℓ当作業量 (m ³ /ℓ)	時間当作業量 (t/hr)(m ³ /hr)	
									掘削	積込		合計	掘削	積込				合計	掘削
	V	1			6.0	4.4	2.34	7	6.69	6.25	0.59	9.7	10.4	20.1	0.892	15.13	10.59	156.9	160.2
	〃	2			6.0	4.4	1.86	6	6.61	6.18	0.49	8.3	10.2	18.5	1.03	15.78	12.63	195.3	199.3

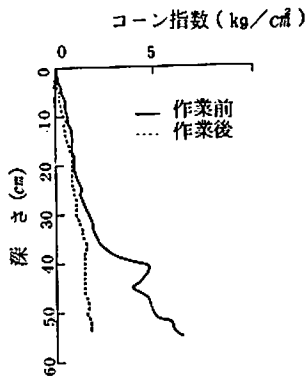


図 193. 土 壌 硬 度

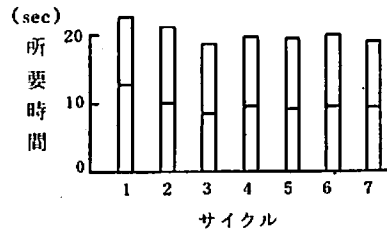


図 194. サイクルタイム

(5) 作業機のけん引性能

プラウとサブソイラの作業性能を表 126, 127 に示した。けん引力に恵まれているので作業は円滑に行われたが、プラウ耕の作業速度に満足できない。とくにトルコンとHSTを比較した場合、HSTの作業速度は1.2 m/secが限界である。エンジン動力には余裕があるので、プラウ耕では常用で2.0 m/secの作業が可能のように改善される必要がある。

サブソイラのけん引作業では、HSTが40 cmの施工深において1.4 m/secであったものが、50 cmの施工深では0.9 m/secとなった。負荷が大きくなると自動的に作業速度が低下しているものである。スリップ率からみるとけん引にはなお余裕があり、この場合もう少し高速作業できるものであることが望ましい。

表 126. 作業機けん引試験 その1.
20"×2連プラウ

表 127. 作業機けん引試験 その2
2連サブソイラ

	速 度 (m/s)	スリップ率 (%)	耕 深 (cm)
トルコン 2速	1.6	7.2	25
H S T 2速	1.2	6.8	25

	速 度 (m/s)	スリップ率 (%)	施 工 深 (cm)
トルコン 2速	1.4	7.4	50
H S T 2速	1.4	3.8	40
	1.2	9.6	45
	0.9	6.3	50

第4節 総 括

これまで運搬関係については組織的に検討されることは少なかったが、これは一般の運搬機械で一応の体系が成立していたためと思われる。しかし、経営面積が拡大し、集団協業が発達すると扱う量が多くなり、距離も長くなってきて、農業における運搬問題は安易に見直すことができない情勢になってきている。

1. 農業における運搬作業の合理化の意義

農業は運搬産業といわれるように、畑作2.0haの経営では年間の資材、生産物の運搬量は840tonにも及ぶものであり、運搬の合理化は重要な課題である。さらにこの課題の重要性は量処理ばかりでなく循環農業の前提から地力維持-堆肥の還元に関連することである。経営の合理化によりそれぞれの部門が専門分化したが、隘路として経営部門間の堆肥の過不足があげられる。部門を結合し、隘路を解消しようとするれば運搬力の整備が第1のキポイントと考えられる。

2. 北海道における運搬形態

北海道の場合、経営面積が拡大したといっても、未だ欧米の大農場とは比較にはならない。したがって、運搬システムについても経営形態、作物の種類等に合わせ、北海道独自の発展過程を辿るものである。北海道農業は作物の種類が多く、したがって、運搬回数も多くなることから機動力のあるトラックが主流をなしてくるといえる。事実、トラックの普及台数はトラクタとほぼ同じ台数であり、これを証明している。

3. 農業用トラックの開発

農業におけるトラックは単純な運搬にとどまるのみでは満足できない。すなわち、運搬に関連する一切の作業を行えることによってより省力化できる。したがって、軟弱路盤の走行性、傾斜地の登はん力に加え、PTO動力をフルに活用する形式のものが望まれる。ここに開発したSCS370型、NCD35型はほぼ所期の目標に達したものである。図195、196および表128、129は一連の作業機として開発され、実用に移されようとしているものである。予備実験では専用のファティライザと同様の実用性を認めることができた。

5. ローダの整備

運搬に関連して、トラックと併行して整備されなければならないのはローダである。トラックは優秀な運搬性能を持っているが、積載に時間を要するシステムであれば、総合的効用が半減する。ローダと組合せられるべきである。しかし、現在のローダは一般産業用に開発されたものであり、農業用としては満足できない点が多い。軟弱路盤の走行が多いことと、農業の多様性に対応するためには、農業用に改良されなければならない。ローダのアクセサリーは少くも土砂バケット、マニャフォーク、根菜類用バケットの3種類が準備され、それが簡単に脱着できる構造であるとPTO、3点ヒッチを装備し、ある程度の農作業を消化すること等が要求される条件である。今回の実験ではそれぞれの実用性が確認された。

表 128. 農用トラック搭載スラリスプレッダの仕様諸元

全長		3,785 mm
全幅		2,000 "
全高		2,225 "
タンク寸法	全長	3,050 "
	全幅	1,900 "
	全高	1,000 "
タンク容量		4,000 ℓ
ポンプ	最高使用圧	6 kg/cm ²
	最高温度	60℃
	最高回転数	2,150 rpm
ノズル		ジェットノズル
散布方式		後方散布
常用散布幅		10 m
車速		低速 2 速 (前進)
最大 P T O 回転数		250 rpm

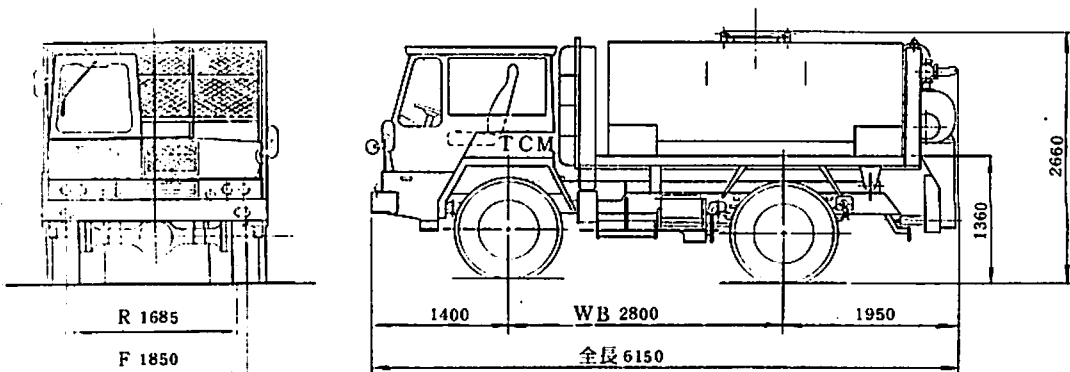
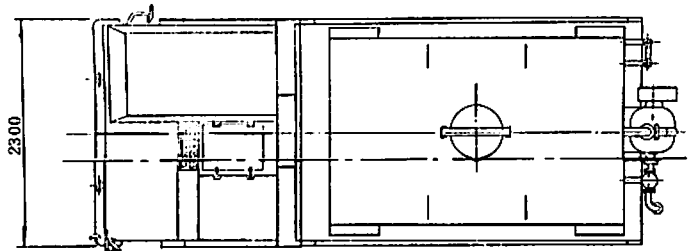


図 195. 農用トラック搭載スラリスプレッダ

表 129. 農用トラック搭載マニヤスプレッダの仕様諸元

全長			4,070 mm
全幅			2,500 "
全高			2,060 "
荷台寸法 (内寸法)	全長	長	3,230 "
	全幅	幅	2,230 "
	全高	高	430 "
最大積載重量			4.5 ton (約 7 m ²)
ビーター	主ビーター羽数		15枚
	補助ビーター羽数		43枚
チェーン	(3本並列)		スチールデタッチャブルチェーン #57, ピッチ 58.93
送りバー			並列 2本 バー本数 40本
散布幅			3m
散布方式			後方散布
送り			前進 (コンベヤ速度)
	1	段	0.06 m/s
	2	"	0.12 m/s
	3	"	0.18 m/s
	4	"	0.23 m/s
5	"	0.29 m/s	
車速			低速 (2速 前進)
最大PTO回転			250 rpm

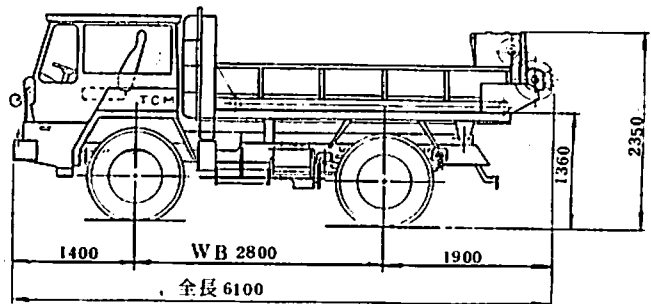
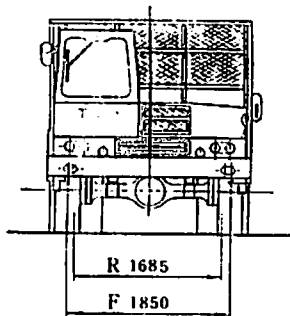
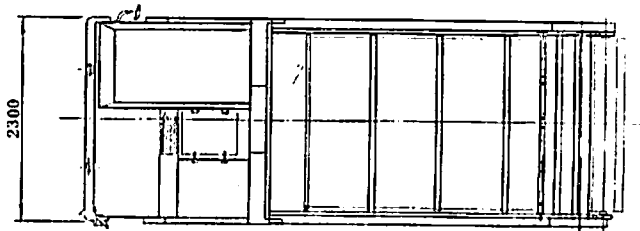


図 196. 農用トラック搭載マニヤスプレッダ

第7章 要 約

土地は農業生産の基盤であり、常に生産力を低下せぬように維持し、かつ積極的に改善し、より生産力を高めるための努力が必要である。土地の生産力と農業機械化の間には密接な関係があり、戦後急速に土地の生産性が向上しているのは、施肥、防除などの技術が発達し総合技術の集約によってもたらされたものがあるが、背景にトラクタの力による適期作業と、土層・土壌改良や深耕などの土地の潜在地力の活用もあったことを見逃すことはできない。

ホイールトラクタが一般に導入されてから約20年、僅かの間主に主要な畑作物の収量はあきらかに倍増しているが、この間の農業機械の技術発達の内容を整理し、とくに土地の生産性との関連を明らかにする必要がある。技術発達の経過を解析することによって、新しい土地の生産性向上に関連する技術の粗立てが可能である考え方から戦後の畑作における機械化体系の推移を整理した。

今後は同じ土層・土壌改良にしても技術水準を高めるとともに、運用についても画一的な事業から脱却し、100 P S級トラクタを中心に、より精度を高める形態に切替えるべきである。この意味において関連する機械を開発・改良し、土地の生産性に関連するいくつかの技術体系を究明した。なお、機械の発達により未利用地力の利用が可能になり、増産になったが、今後は地力を低下させず、むしろ増強に機械力を用いる必要がある。この課題については端的には堆肥の土地への還元であり、堆肥を処理するためには新しい技術体系として運搬問題を無視できない。したがって家畜ふん尿のスラリシステムの検討、あるいは農業用トラック、ローダを開発・改良し、この技術体系を確立に関する資料を得た。

1. 機械化の変遷

畑作における機械化の変遷は、次の5段階に区分することができる。

①トラクタ営農萌芽期（昭和30年）、②黎明期（昭和35年）、③定着期（昭和40年）、④一貫体系成立期（昭和45年）、⑤重作業協業期（昭和50年）である。一般営農にトラクタが導入された当初は、経営面積、あるいは機械技術力等に無理があり、種々批判されないわけではなかったが、深耕が容易に行われることから認識が改められ、少しずつ普及するようになった。当時は専ら耕起に利用されたが、その最盛期は昭和35年頃である。この期間を黎明期と名付けたが、言葉を変えると賃耕が盛んであり、賃耕期と表現することもできる。昭和40年頃になるとトラクタは一般化し、賃耕期は終りを告げた。収穫機械の国産化がすみ全作業が機械化されたのは昭和45年頃である。昭和50年に入るとより作業能率を高めるために大型化し、部落を核として100 P S級トラクタの導入も進み、心土破砕、耕起、収穫など重作業を協業化する傾向が強まってきた。

この間の生産性の向上は、昭和29年を100とした場合、てん菜は昭和39年に125.5、附

和49年は230.2となった。また、ばれいしょではそれぞれ165.2, 228.8となっている。この増収についてはトラクタ導入に判う耕種法の改善、肥料・農薬の改良普及、品種改良、あるいは適期作業等によるところが大きい、畑の深耕なくしては到底達成し得なかったものと考えられる。

畜力時代の耕深は一般の農家で9cm(3寸)、篤農家で15cm(5寸)であったが、トラクタはこの限界を破り、現在では24cm~30cm(8寸~1尺)が一般的である。一部には35cmの耕起も珍らしくはなく、45~50cmの耕深の心土肥培耕、混層耕に対する関心も強くなり、年々耕深は増加の傾向にある。

トラクタの出力アップに伴い、深耕され、比例して収量も増加してきたが、最近収量は横這いの傾向にある。技術的な到達点とみられないこともないが、土壌改良によってさらに増収の可能性を含んでいる。大型トラクタの動力源を活用した土壌改良の徹底、あるいは機械化時代に入って看過され勝ちであった堆肥の土地還元等を新しい技術体系の下で検討すべきである。

2. 土壌改良機械

北海道の農用地の多くは、火山灰土、重粘土などの特殊土壌である。土壌の理化学性は劣悪であり、低位生産土である。したがって土層・土壌改良などは生産力増強上大きなウエイトを占めることになる。土層改良と土壌改良は区分されるのが一般的であるが、こゝでは便宜上総括して土壌改良とする。この理由は例えば心土肥培耕プラウなどが開発されて、土層改良が同時に行われると区別が困難であり、区別することがむしろ混乱を招くことも考えられるからである。

土壌改良法は大きく分けて心土破碎耕・心土耕・心土肥培耕・心土反転客土耕・混層耕の5つに代表できる。最近ではストーンピッカの性能が安定してきたので、これに石除去を加えることができる(これについては別項で述べる)。こゝに開発した土壌改良機械は、主として100PS級トラクタを前提にしたものであり、その性能特性、技術体系は次の通りである。

1) 直装型心土破碎機

ホイール型トラクタ用として取扱いやすくするために、油圧装置で犁柱を反転し、高い地上高を得るようにして、ウイングは追従型とした。追従型ではウイングの位置を変えることもできるので、硬盤破碎のもっとも効果的な位置にウイングをセットすることが可能である。追従型のウイングは円滑に貫入し、所定の位置に安定し、また抵抗も少なくリフトできるので、草地を傷めることが少なく、草地にはとくに効果的であった。土性別に検討したが、けん引抵抗は土壌の平均硬度から換算して推定できることが判明した。施工深40cmにおいて、平均硬度20kg/cm²の時は作業速度1.0m/secで約1,150kg、1.5m/secで約1,250kgである。また、23kg/cm²では1.0m/secの速度で約1,500kg、1.5m/secで約1,700kgである。心土破碎機は簡単な構造であり、外見からは軽作業機とみられがちであるが、実質

は土壌をせん断破砕するものでその抵抗は大きい。100 P S級トラクタでも2連作業が標準である。

2) 資材封入装置付心土破砕 - 疎水材添加 -

心土破砕によって堅密な盤層を破砕し、有効土層を拡大し、排水性を良くすることはできるが、その効果の持続期間は短い。心土破砕と同時に疎水材を封入することによって、この延長をはかることができる。靱殻心土破砕機とカッタ付心土破砕機はこの目的を達するために開発したものであり、スラリーインジェクタはこの目的に利用することができる。重粘土草地における実験では、これらを使用すると、いずれも土壌水は有効水としての動態を示し、作物収量も多くなり、所期の成果を納めることができた。

疎水材として資材を使用することは、資材の量が多く、これを収集し、搬入することの負担が大きいことに留意しなければならない。靱殻心土破砕機の例では施工間隔を80 cmとし、靱殻を50 cmの深さに封入するとすれば、10 a当りの靱殻の所要量は22.5 m³ (重畳換算3,150～3,600 kg)に達する。したがって、運搬法の工夫なしには能率的な作業は望めない。近接に畜産施設を有する地域では、畜産排出物のスラリを疎水材として利用するものも便法である。スラリーインジェクタは、この面では効果的であった。タンカがインジェクタを兼ねるので、25～30 a / h rの作業能率で能率的に処理できた。また、表層に単純にスラリを散布するよりは肥効も高いとの結果を得た。

3) 直装型混層耕ブラウ

側耕型2段耕方式の開発によってホイールトラクタによる溝引きけん引の混層耕も可能になった。さらに、開発機は2段耕としているために土層別に混層割合を容易に変えることができる。したがって土壌診断に基づく確な混層のできる利点をもっている。

フロント・ボトム(心土耕起)14インチ、リア・ボトム(作土耕起)20インチの組合せで、耕深約48 cmの施工でのけん抵抗は1,410～1,610 kgであり比抵抗は0.7～0.8 kg/cm²であった。普通耕に比較すると約2倍の抵抗を示したが、100 P S級のトラクタであれば十分けん引できる範囲である。

なお、土改資材は施工後に散布するのが効果的であった。中札内における試験区では土改資材料量も多かったことも関係するが、てん菜の収量は慣行区に対し116.7の指数であった。

4) 心土肥培耕ブラウ

一般に深耕により生育領域を拡大したり、物理性を改善することは収量増に関係するが、下層土が不良土の場合は急激な深耕は避けるべきである。混層しないで下層土に土改資材を投入して、改良する深耕法であれば問題はない。この方法によると施工後の下層土は改良されているので、年次を追って順次深耕して、作土層を厚くすることが可能である。この観点に立ち心土耕ブラウに改良を加え、下層土に土壌改良資材を投入、混和する心土肥培耕ブラウを開発した。

最初の開発は、大型事業を前提にクローラトラクタけん引の16インチ×3連ボトムプラウであったが100PS級ホイールトラクタの普及に合わせて直装型20インチ×1連ボトムプラウも開発した。20インチ×1連の場合の比抵抗は、45cmの施工深で約0.67kg/cm²であったが、同じ場所での作土耕起の場合の比抵抗は0.44kg/cm²であった。したがって、心土破碎と土改資材を混和するために比抵抗は約1.5倍になっている。20インチ×1連のプラウのけん引抵抗は1,447kgであったので、100PS級ホイールトラクタによるけん引は可能である。

心土肥培耕の効果は湿性型火山性土で顕著に認められたが、乾性型ではあきらかでなかった。土壤改良資材別ではCaとPの単用の時には、112～113%程度の増収であったが、CaとPの併用では117%と幾分多くなっている。作物別ではてん菜、菜豆ともにほぼ同じ結果であり、根圏域の異なるものでも現在作土層となっている土層だけでは養分吸収は不足であることが伺い知れる。20～40cmの土層とも作物の養分吸収の場として利用すべきであるといえる。

関連する問題として、今後の課題は資材供給の省力化である。大型事業の場合は大型バッグ搬送システムで省力体系が成立しているが、一般的には30kg入りの袋扱いとなっており、そのために労力を要している。今後は資材の混合供給機が開発し、能率化を計ることを検討すべきである。

3. 石礫除去機械

農業機械の発達とともに、圃場内の石礫の存在は大きな負担となってきた。高能率作業機は回転動力を利用し、かつ高速化しているが、石礫による破損と、低速作業を余儀なくされる能率の低下には深刻なものがあり、また、例えばばれいしよの収穫では、石礫は手選別せざるを得ず多くの労力を要しているが現状である。北海道において石礫の除去を必要とする面積は、約30,000haとする調査例があるが実際にはこの4倍と見込まれるので、石礫除去機械の開発・導入、および利用技術体系の確立は重要な課題である。各種の石礫除去機械を開発するとともに、特性をあきらかにした。

1) 表層処理ストーンピッカ

表層処理ストーンピッカはまだわが国では開発されていない、導入機種を除礫率は作業速度とエンジン回転数に微妙に関係する。0.92m/sec, 2,200rpmにおいてもっとも高い除礫率を示し、94.9%であったが理論解析でもこれを証明することができた。このストーンピッカは、表層5cm程度の露出した石礫が対象であり、1回の処理では全石礫の20～25%の除礫にすぎない。全部除去するには年次別に5～6回の施工が必要であることに留意すべきである。作業能率は92.7a/hrと高能率であるので、施工回数はそう負担になるものではない。

2) 作土処理ストーンピッカ

作土から石礫を除去することは永い間の懸案課題であった。最近になって外国製品も見受けられるが、当初はわが国で独自に開発したものである。開発したロッドコンベア式ストーンピッカは3機種でそれぞれ特長をもたせている。基本的には油圧動力を利用し各部を駆動するもので、安全対策と回転速度の自由選択にとくに配慮したものである。作業精度はいつでも除礫率80%以上で、満足すべき結果であった。作業能率は20 a/hrが一般的である。施工深は15~20 cmであり、30 cmの全層から除礫することは1回の施工では困難であり、プラウ耕後2度目の施工をするのが標準的施工法となる。

ロータリドラム式は選別面積が広く衝撃を与えながら土砂を分離するので、土砂分離の困難な粘質土地帯に適するといえる。一般の場所における作業性能はコンベア式にはほぼ同じである。

クラッシング式はローラで石礫を農作物、農作業に支障のない大きさ迄破碎し、除去と同じに考えるものである。最近では30 mm以上を石礫に見做しているの、これ以下に破碎されれば良いわけである。実験結果では推定石礫量8%の区で残礫量0.6%で満足すべき結果を得た。石礫量17.7%の区では1回の処理で3.3~5.1%、2回の処理で0.4~1.9%となった。数字の上では管農に支障のない石礫量であるが、小礫が多く実際には問題を含んでいる。クラッシング式は石礫量10%以下の地域に利用された時に効果的である。クラッシング式ストーンピッカは他のストーンピッカと異なり除去した石礫を搬出する必要がないので組作業のわずらしさのないのが特長である。

3) 深層処理ストーンピッカ

河川敷のように石礫が多く、農業の限界と思われる圃場の石礫量は約40%であるが、このような圃場で石礫を除去し、30 cmの作土を確保しようとするれば深さ50 cmの施工が必要になる。自走式であれば任意の作業速度を選択できるので50 cmの施工が可能になった。

バケットで掘削、機体中央部の振動篩で土砂を分離する構造で、この場合も油圧動力を各所に利用している。角目の振動篩であるので除礫率は83.7~91.7%と好結果であった。作業能率は他のストーンピッカより低く55~65 hr/haであった。

50 cmの深さの施工は未利用土地の利用を可能にし、また標準輪作体系を容易に成立させる。とくにこれ迄、石礫の多い地域では根菜類の作付けができず、手作業による豆類、あるいは麦類に偏らざるを得ず石礫対策が強く望まれていた。本機の利用によってこの問題の解決ができた。

50 cmの深さに施工されると下層土が作土に混入するので、場合によっては、土改資材の投入が必要になる。実験では10 a 当り、3 tonの堆肥と300 kgの熔燐を投入した区が好成績を示した。

4. 家畜ふん尿処理機械

家畜のふん尿処理に当って、多頭飼育に伴い従来のふん尿分離方式では、労働の負担が大きく処理の限界に達しつゝある。乳牛のようにふん尿量が多いものについては、ふんと尿を混合して、スラリ状態で取扱う方法、すなわちポンプストアークタンカのシステムで対応する方法が、わが国でも関心を呼び、普及を見つゝある。

スラリはふんと尿の混合した高濃度の材料であり、ポンプの取扱いは従来と異なってくるが、反面、液状物であるので、土中に注入することができるなどの点で高度利用も可能である。スラリシステムはわが国に導入されて日も浅く、その技術内容についてはほとんど明らかにされていない。こゝでは関連する機械類の性能をあきらかにし、改良、開発をしながら利用体系について検討した。

1) スラリポンプ

ヒューガルポンプは吐出量が多いのが特長であるが、高粘度のスラリは吸引が困難であり、その能力を発揮できない。しかし液中型にすることによって、吸引は容易になり問題を解決できる。たとえば、大型の液中型ポンプの吐出量は $4,000 \ell/\text{min}$ にも及ぶ。したがって、バキュームタンカの吸引・吐出の能力は約 $500 \ell/\text{min}$ であり、これに比較すれば8倍の能力を持っていることになる。

液中型ヒューガルポンプはバルブを切換えて貯溜槽の噴流攪拌調製もできる構造を持っている。所要動力は約25PSと大きいが高粘度に対して高能率で対応できる。インペラにはカッティングエッジを取付けることは可能であり、これにより多少の夾雑物は細断できることをあきらかにした。

高粘度に対応するためにヘリカルロータポンプも利用されるがこれは配管して送液する場合に有利である。

2) スラリスプレッダ

散布方式は衝突板型、インペラ型、ノズル型に大別できるが衝突板型が構造が簡潔で、かつ高能率であり一般的である。塔載のポンプは自給兼用のものと、散布だけのものとあるが、後者はいわば2ステージシステムと呼べるものでスラリは施設のポンプで汲みあげる。このポンプは汲みあげの外、貯溜槽の噴流攪拌調製を兼ねることもでき、吐出量の多い液中型が高能率であり、大量処理に有利であることが明らかにされた。

スラリスプレッダによる散布量は $3,000 \ell/10a \sim 5,000 \ell/10a$ が一般的である。散布巾と作業速度の関係から、塔載ポンプの吐出量は $1,000 \ell/\text{min}$ を必要とする。この場合、10a 当り約3分の高能率で散布できた。

酪農関係では傾斜地が多くスプレッダも傾斜地を走行して散布できなければならない。ホイール型トラクタは傾斜地の登はん性に劣るので、取扱いには充分注意しなければならない。草地でスプレッダをけん引した場合、実験では走行可能限界は 9° であった。これを計算式で求めてみると、157頁の式が得られた。

3) スララインジェクタ

心土を破砕をすることによって土壌の通気性、透水性が改善され、作物が増収することは知られている。したがって、心土破砕と同時にスラリを注入することは、さらに効果を高めるであろうことは十分予測できる。また、スラリの注入施用は表面散布より悪臭は減少するなどの利点も考えられる。この観点にたちスララインジェクタを開発し性能特性をあきらかにしたが、いずれも所期の成績を収めた。

施工中は心土処理の場合75cm、施工深50cmを標準とした。スララインジェクタは大きなけん引動力を必要とするのが難点であるが、部落に100PS級トラクタが導入されている昨今の情勢を考慮すると、大きな負担とは考えられない。肥効を高める意味で、今後の普及に期待したい。

4) スラリローリ

スラリを広域処理しようとする場合には、トラクタけん引式では機動力が不足し高能率は期待できない。したがって機動性に富むトラックの運搬力と組合せが必要である。ここでスラリの運搬ばかりでなく、直接圃場に散布できるものであれば、より効果的である。この前提条件を踏まえ専用のスラリローリを開発した。

軟弱路盤、傾斜地の走行を想定して3軸駆動のトラックを選定したが、この結果トラクタとは同じ走行力であり、適用範囲を広めることができた。散布および、インジェクタへの補給はタンク内部に設けた液中ヒューガル型のポンプで行うようにした。エンジンの回転数は2,000rpmの時の吐出量は2,650ℓ/minであり、搭載した6,000ℓのスラリは3分以内に処理できた。

スラリローリの利用経費は、行動半径14kmにおいてton当り394円との試算値を得た。一方トラクタけん引のスラリスプレッダでは運搬に時間を要し、同じ条件では1,234円であり約3倍の経費である。したがって、スラリローリは作業能率ばかりでなく、利用経費の低減にも有利であり、大量処理システムに適合している。最近、澱粉工場排出液の圃場還元にも利用されるようになった。従来、のぼろ処理後河川に放流する方式よりも少い経費で処理できるし、土地還元システムとしても利用価値が高い。

5. 運搬関連機械

農業は運搬産業とみることもできる。畑作における運搬量は経営面積20ha、4年の標準輪作では840tonもの量に達する。これまで運搬についてはあまり検討されることはなかったが、一貫機械化体系の完成は運搬作業の合理化なくしては考えられない。さらに運搬力の整備は偏在している堆肥を処理することによる地力維持とも密接な関係にあり、これを軽視することはできない情勢にある。

農業の動力源は昭和30年頃から畜力からトラクタに替りはじめている。高度成長期に入ると農業も専門化が進み、畑作からは次第に耕馬が姿を消しており、その結果として畑

作には堆肥の還元が減少し、地力の減退を招いているといえる。しかしながら現在北海道の家畜の飼養頭数を調査すると当時よりも増加し、ふん尿量で2.2倍にも及んでいる。耕地面積は僅かしか増加していないので、畜産部門では堆肥をもてあましてことになる。すなわち、堆肥は、偏在しているのであり、偏在を不偏化しなければならない。畜産と畑作を結合し、相互の隘路を解消するには有効な運搬手段が必要である。このためには専用機の利用も構想されるべきである。大量運搬、広域利用のために開発したスラリローンが普及しはじめたのは好例である。

一般的な農業用トラックの普及は、トラクタに数年先行しており、また、現在の普及台数はトラクタとは同数である。トラックが農業の運搬部門に大きな役割を果たしていることが伺い知れる。運搬の形態であるが、大農場で大量の扱いであると欧米のように大型トレーラが主力になるものと考えられる。しかし、わが国の場合は経営面積、作目構成からみて運搬の単純化は困難であり、多目的利用のできる中小トラックが主力である。これは今後も変わらないといえる。たゞ現在、農業に利用されているトラックは、一般産業用のトラックであり、農業用として必ずしも満足できるものではない。とくに圃場内の走行性に劣り、大きな問題点として指摘されている。したがって農業専用トラックの開発してこの問題を解決し、並行して積載法を合理化すべくローダに関する検討を行った。

1) 農業トラック

開発した農業専用トラックは積載量3 tonの2機種である。低速ミッション、四輪駆動、中低速用タイヤを採用することにより、走行性は優れ、トラクタとの併進作業はすべて可能になった。また、PTOを装備することによって、運搬に関連する作業が消化できるようになった。従来のトラックは運搬だけであり、作業としては二重手間である。この欠点を補うものとして、例えばスラリタンクを搭載すると、スラリの運搬と同時に散布することができ、トラックの利用効果は倍増した。ファティライザ、スラリスプレッダ、マニヤスプレッダはそれぞれ満足すべき結果を得た。

2) ホイールローダ

トラックの発達に合わせて積載法についても改善を加える意味で、小型ホイールローダと大型ホイールローダの性能特性をきまかにした。後者については農業の多様性を考慮し、多目的利用を前提に従来のホイールローダの常識をくつがえして3点ヒッチ、PTOを装備した。このことによって100PS級ホイールトラクタと同様のけん引作業もできるようになった。ホイールローダは重量物を積載する関係から、ホイールトラクタよりも機体が堅牢で重いのが特長である。したがって、けん引性能に優れ、心土破碎、ブラウ耕などに特性を発揮した。

以上のごとく、本研究は土地の生産力向上に関連する農業機械の開発と、その技術体系に関す

るものである。近年、地力の減耗が種々論議されているが、対策の道が閉ざされているわけではなく、新しい機械化体系の確立によって未利用地力の活用も、堆肥の土地への還元による地力の増強も可能であるといえる。こゝでは100PS級トラクタが村、あるいは部落単位に導入されている情勢から判断して、100PS級トラクタを主体にして地域別に条件を勘案して幅広く対応できる技術体系を確立するための諸資料を得ることができた。

直装型心土破碎機、資材封入装置付心土破碎機、直装型混層耕プラウ、心土肥培耕プラウと石礫除去機械は未利用地力の活用のための機械であり、家畜ふん尿処理機械、および農業用トラックとローダは地力増強のための還元に関する機械である。地域別にこれらを上手に組合せて利用することにより、総合的な地力維持増強対策は可能であると考えられる。

なかでも、今後の北海道の農業経営は畑作と畜産などそれぞれ専門化の傾向が強まるものと予測される。専門合理化が進展すれば、堆肥の偏在化が烈しくなるなどの問題が派生しよう。これらを解消するには地域複合化など新しい結合組織が検討されるべきであり、この場合、運搬法が大きな課題になる。本研究の家畜ふん尿処理機械、農業用トラック、ローダなどの研究成果が役立ち、北海道農業の発達に貢献することができるならば幸いである。

Summary

Soil is the basis for agricultural production. It should be therefore maintained and improved continuously for an increase of productivity, which is closely related to the mechanization of agriculture. The rapid increase in productivity of the land related to mechnization after World War II is considered to depend upon deep plowing by crawler type tractors, subsoil plowing projects followed by deep plowing by wheel tractors in general farming. This means that the potential fertility of soil can be drawn forth by the introduction of tractors, in which the power exceeds the limitation of animal power.

The yield of root crops has been doubled by the utilization of wheel tractors during the last two decades. Such an achievement can not be found in the history of agriculture. It is therefore considered necessary to elucidate the relationship between the technical advancement of agricultural machinery and the productivity of land during that period. The new technical systems should consist of the following points. In the near future, soil layers and soil improvement will be carried out by some highly accurate machines, such as tractor of 100 ps class and so on. In this study some technical systems using newly developed machines were investigated in relation to the productivity of land.

1. Mechanization in upland farming can be divided into following five stages.

1. Stage of first introduction of tractor(1955).
2. Dawning stage(1960).
3. Fixing stage(1965).
4. Consistent system stage(1970).

5. Heavy-duty cooperation stage(1975).

When tractors were first introduced into general farming, we encountered some criticism, because animal power was sufficient to maintain farming in those days. But the introduction of tractors brought about recognition that deep plowing could be conducted easily. At the beginning, tractors were employed only for general plowing, its golden age did not come till about 1950. The dawning stage can be expressed as that of plowing with rented tractors. Tractors were adopted widely toward 1965, resulting in the end of the dawning stage. Japan began home production of harvesters and all steps and stages of farming were mechanized by 1970. Large-sized tractors of 100 ps class were introduced into village areas to raise the working efficiency and heavy-duty cooperative work, such as subsoil crushing, plowing and harvesting since 1975.

The yield of sugar beet and potato increased up to 122.5 and 165.2 in 1964, and 230.2 and 228.8 in 1974, respectively, as was expressed as 100 in 1954. Although the increase in yield may be partly attributed to plant breeding, improvement of plowing and sowing methods, timely working and agricultural chemicals, it is no exaggeration to say that this was made possible by deep plowing.

The depth plowed was generally about 9 cm and 15 cm even by an exemplary farmer in the animal power days, but was extended up to 24-30 cm, sometimes up to 35 cm by the utilization of tractors. Attention has been therefore paid to subsoil and mixed plowing at a depth of 45-50 cm.

The yield increased with increasing the power of tractor until the maximum was attained in recent years. Further increase

in yield can be however expected by the introduction of new technical systems, such as soil improvement using the power source of large-sized tractors and application of compost and barnyard manure into soil. The performances of various machines newly developed from this viewpoint must be clarified for the composition of their utilization systems.

2. Most of the farm land in Hokkaido consists of special soil combinations, such as volcanic ash or heavy clay soil. The low productivity is mainly due to their inferior physico-chemical properties. Soil layers and soil improvement have much more importance. The word "soil improvement" in this paper was used to express improvement including both soil layers and the soil itself. The explanation for this is that soil layers and soil can be improved at the same time by subsoil plowing. The methods in soil improvement are generally grouped into the following five stages: subsoil crushing, subsoil plowing, fertilizer mixing plowing, subsoil reversing plowing and mixed plowing. Stone picking can be added to them, since highly accurate stone pickers have been developed in recent years. The following machines were developed for improvement of soil in relation to the wheel tractor. Their performances and technical characteristics are as follows.

1) Directly connected subsoil crusher. This crusher connected with a wheel tractor was devised in such away as to keep its position high above ground by reversing the plow beam using a hydraulic system. A wing of the unfixed type was used. The wing can be set at the position desired for crushing hard soil. This wing can also smoothly penetrate into the soil, fixed at a given depth and lifted up with less

resistance. Its effectiveness was demonstrated to be remarkable especially in grassland. The experiments on different types of soils showed that draft resistance could be estimated to some extent from mean soil hardness. Draft resistance at the depth of 40 cm was 1,150 and 1,250 kg (mean hardness, 20 kg/cm²) and 1,500 and 1,700 kg (mean hardness, 23 kg/cm²) at the operating speed of 1.0 m/sec and 1.5 m/sec, respectively. This crusher is apt to be regarded as a machine for light-duty from its simple structure and appearance, but is a machine for crushing soil using shearing force which gives rise to high resistance. The operation is generally conducted by two subsoil crusher tractors of 100 ps class.

2) Subsoil crusher with material inclusion apparatus— addition of fluidized materials— Although the extension of available soil layer and improvement of drainage were made possible by crushing subsoil, its effectiveness was shown to be nullified in a short period. But the duration can be prolonged by enclosing fluidized materials into the soil. Chaff mixing subsoil crusher, subsoil crusher with a cutter and slurry injector were developed from this viewpoint. The experiments using these machines in grassland of heavy clayey soil showed that water in soil behaved as effective moisture and the yield of vegetation was increased.

The difficulty in obtaining these materials must be however taken into consideration. The volume of chaff required for treatment at the depth of 50 cm and intervals of 80 cm will amount to 22.5 m³ (3.15-3.60 kg in weight) per 10 a. On the other hand, the materials for slurry injector can be supplied comparatively with ease from animal husbandry.

The volume of slurry was also increased efficiently by a combination of injector and tanker. Its injection into soil was shown to be better in its effectiveness of fertilizer than its spreading on the surface.

3) Plow directly connected layer mixing plowing type.

The layer mixing plowing was made possible even by a wheel tractor of furrow traction type using a side attached, double moldboard system newly developed. The proportion of mixing can be easily changed by this system depending on the differences of soil layers. Its draft and specific resistances were 1,410-1,610 kg and 0.7-0.8 kg/cm², respectively, at plowing of 48 cm in depth in the case of the combination of front bottom(subsoil plowing) 14" and rear bottom(surface soil plowing) 20". These values were twice as much as those of common plowing, suggesting that traction power of large-sized tractor is required for this treatment. The application of soil conditioning materials into soil was more effective after than before plowing. The yield of sugar beet was 116.7 times at the experimental plot in Nakasatsunai as compared with that of the usual plot.

4) Plow for fertilized mixing subsoil plowing. Although the yield is known to be increased by the enlargement of rhizosphere for plants and improvement of physical properties of soil by deep plowing, drastic deep plowing should be avoided, provided that the layer is inferior in its properties. But there was no problem in the case where soil conditioning materials were supplied into the lower layer without mixing layers. Such a plowing is expected to be rather better than subsoil plowing. The layer of worked soil can be thickened by repeat-

ed deep plowing in the time course of years. Plows for fertilizer mixing plowing, which can introduce soil conditioning materials into soil and mix them at the same time, was developed by improvement of plows for subsoil plowing. Bottom 16"x3 drawn by crawler tractor was first developed for large scale projects. The directly connected bottoms 20"x1 and 18"x2 were then developed in correspondence with the extension of tractor of 100 ps class. All of these bottoms were almost the same in the fundamental mechanism. Specific resistance was 0.67 kg/cm^2 at deep plowing of 45cm. Adding the specific resistance for crushing subsoil and mixing soil conditioning materials, its value was estimated to be 0.44 kg/cm^2 for worked soil at the same place. Draft resistance of bottom 20"x1 was 1.447 kg.

The effectiveness of fertilizer mixing subsoil plowing was remarkable in gleyic andosols, but not in light colored andosols. The yield was increased up 112-113% by the appliciation Ca or P alone and 117% by their combination. The layer of 20-40 cm should be therefore utilized irrespective of crop plants having different rhizospheres, since only one layer of worked soil was insufficient for them to absorb nutrients. In this respect, the reduction of labor in supplying materials has been an important problem. The labor has been reduced only in large scale projects by a bag conveying system, but not in the other cases. Efficient mixing machines must be therefore developed for this purpose.

3. The removal of stones from the farm land has become an essential problem with the progress of farm machinery. Although highly efficient working machines were made for high

speed use, they are compelled to decelerate the speed because of the damage by stones. At present, harvesters for potatoes are used only after the removal of stones by man power. The area where the removal of stones in Hokkaido is necessary is reported to amount to about 30,000 ha. It has been therefore an essential problem to develop stone pickers and establish their utilization system. Stone pickers are classified and their performances are clarified in the following paragraph.

1) Stone pickers for treatment of surface layer. Stone pickers for treatment of surface layers have not been developed as yet in Japan. The performances of two stone pickers imported were therefore examined. One of them was excluded, since the rate of removal was low. The efficiency of the other one was delicately related to the operation speed and number of rotations of the engine. The highest removal(94.9%) was attained at the speed of 0.92 m/sec and 2,200 rpm. This stone picker for surface layer(about 5 cm) could remove only 20-25% of stones by a single treatment. Treatment of 5-6 times each year is at least required for the complete removal of stones. Working efficiency was 92.7 a/hr, so that treatment could be conducted without a heavy load.

2) Stone pickers for treatment of worked soil. The removal of stones from worked soil has been thought to be very difficult. Recently some stone pickers for this purpose were developed in foreign countries, but three stone pickers of rod conveyer type were independently made in Japan. The rotation speed of these machines can be freely selected and their parts are driven by hydraulic power. Operating accuracy of these machines was high, the rate of removal being over 80% and

working efficiency was about 20 a/hr. The depth treated was generally 15-20 cm. The removal of stones from the layer of 30 cm was not attained by a single treatment, so that further treatment was usually required after plowing.

Rotary drum type capable of treating wide areas was suitable for clayey soil and hard to separate earth and sand. Its performance was almost the same as that of the conveyer type.

Crushing type was developed for the removal of stones crushed into small size (below 30 mm) by a roller. The rate of stones was reduced to 0.6% from 8% by the first treatment in one experiment, and to 3.5-5.1% and 0.4-1.9% from 17.7% by the first and second treatment, respectively, in another experiment. The merit of this type was that there was no necessity for carting stones away. This stone picker was therefore useful for soil below 10% in stone content.

3) Stone pickers for treatment of deep layers. The stone content is very high in areas, such as riverbeds. The limit of utilization for a farm is said to be about 40% in content. Treatment by stone pickers at the depth of 50 cm in such a land must be done for the security of worked soil of 30 cm. Self-propelled stone pickers were capable of handling to a depth of 50 cm, since its operating speed could be changed freely. This machine was designed in such way as to scoop the earth out by bucket and to separate earth and sand by an oscillating screen set in the center part. Each part of this picker was driven by hydraulic power. The rate of removal was 83.7-91.7%. Working efficiency (55 hr/ha) was lower than that of other types.

The area of available land was enlarged by this treatment,

resulting in the establishment of a standard rotation system. Cultivation of root crops has been considered difficult in the soil containing many stones. Up to the present, beans and wheat have been mainly cultivated in such soils, but cultivation of root crops was made possible by this treatment. Subsoil layer and worked soil can be mixed at a depth of 50 cm by this treatment, so that application of soil conditioning materials is required in some cases. The best result was obtained by the application of 3 tons of compost and 300 kg of fused magnesium phosphate.

4. Treatment of animal excreta has become a severe problem with increasing intensive housing, since the burden for treatment is reaching a limit. Recently a method in which a mixture of dung and urine of dairy cattle, so-called slurry can be easily treated by a pump-store-tanker system has been introduced into Japan. Slurry is a highly concentrated material, so that it can be injected into soil only by a pump built for that purpose. At present, however, we have little information on its technical details. The performances of some related machines and their utilization system were also investigated in this study.

1) Slurry pump. Centrifugal pump is advantageous in its capability of jetting a large volume at a single operation, but it has its weakness in the suction of a highly viscous slurry. For instance, volume jetted by large-sized pump was 4 kl/min, which was 8 times as much as that of vacuum tanker. This pump was capable of stirring the content in the reservoir tank by changing the valve. Some of

admixtures could be cut into small pieces with a cutting edge attached to the impeller. Recently a helical rotar pump has been used for highly viscous materials. This pump is useful for conveying liquid through pipes arranged.

2) Slurry spreader. The spreading system is generally divided into breaker disc, impeller and nozzle types. Breaker disc type is simple in its structure and high in its efficiency. Pumps are grouped into two types. One is a pump combined of self-sustenance and the other is a pump for only spreading use. The latter is termed a two stage system. Slurry can be pumped up on one hand and stirred on the other hand by this pump. A large volume of slurry can be treated by pump of immersed type. The volume spread by slurry spreader was about 3-5 kl/10 a, and that the pump capacity was 1.0-1.5 kl/min, and the spreading was completed in only 3 minutes. Dairy farms are generally located on inclined land. Spreaders of this type are therefore suitable for operating on such lands. Attention must be paid to the operation of wheel type tractor on such lands, because it is inferior in climbing power. The experiment showed that the limit of running was 9° in the angle of inclination in grassland. The following equation is available for the selection of tractor and spreader corresponding to its angle.

3) Slurry injector. Slurry can be injected easily into the soil, since it is in liquid state. The yield is known to be increased by improvement of air and water permeability through subsoil crushing. This effect is said to be strengthened by injection of liquid compost. Injection of slurry

into soil was lesser in offensive odor than its spreading on the soil surface. Four injectors of excellent performances were developed. The width and depth treated were generally 75 and 50 cm, respectively. The weak point of the slurry injector is that strong traction power is required for its operation. This is however made possible by the introduction of tractors of 100 ps class into village areas. Further extension of this machine will be expected in the near future.

4) Slurry lorry. Only traction by tractor is insufficient to treat slurry over a wide area. This was thought to be realized by the combination with transport capability by truck possessing highly mobile power. Trucks capable of transporting and spreading slurry at the same time was therefore developed from this viewpoint. A truck driven by three axles, which is suitable for weak roadbeds and running on inclined land, was selected for this purpose. This truck had the same running power as that of common truck and was of practical use. Supply of slurry into injector and its spreading was conducted by a pump connected with the internal part of the tank. This pump was an immersed, centrifugal type and this volume jetted was 2,650 l/min at 2,000 rpm. Six kl of slurry were treated in only 3 minutes. The cost required for a slurry lorry was estimated to be 394 yen per ton at the radial range of 14 km, while that for slurry spreader drawn by tractor 1,234 yen. A slurry lorry is therefore considered to be suitable for a large scale treatment in terms of working efficiency and cost. Recently this lorry has been also utilized for the application of potato waste fluid into soil. This system is cheaper for treatment as compared with aeration-

discharge into a watercourse system and has been highly evaluated from the viewpoint of circulation agriculture.

5. Agriculture can be also regarded as a transport industry. The quantity transported at upland farming amounts to 840 tons in standard rotation system of 4 years. Although a detailed study has not been made on the transport system, its rationalization must be solved at the present time when a consistent mechanization system has been established. The maintenance of transport is closely related to the preservation of soil fertility. Agriculture depending on organic fertilizers and animal power was at its zenith of prosperity during 1950-1955. But the utilization of compost and barnyard manure decreased with the progress of mechanization and specialization of agriculture, resulting in the decrease in soil fertility. The number of animals and their excreta have increased, while the area of arable land is almost the same as that in those days. This raises a new problem on the treatment of compost and barnyard manure in animal husbandry. This can be considered to be realized only through the combination of upland farming and animal husbandry. Maintenance of transport system must be therefore established prior to this mutual cooperation. Trucks for agriculture usage were larger in number than common trucks; however the number is almost the same at the present time. Although large-sized trailers are mainly used in Europe and America, small- or middle-sized multipurpose trailers will be useful in Japan in terms of the area of farm land and type of crops cultivated. At present, trucks for general industry are substituted for agriculture, but a great problem is that truck of this type is inferior in its running power on farm

land. Improvement of loading capacity in its relation has been demanded. Two trucks for agricultural use (loading capacity, 3.0 and 3.5 tons) were developed for this purpose. Its running capability was promoted by the introduction of low speed mission, four wheel drive and tires for low and middle speed. All cooperative work with tractors were made possible by the development of these trucks. Transport working was also capacitated by the equipment with PTO. For instance, both transport and spreading of slurry were made possible by loading slurry tanks on truck, indicating that mobile power is greatly increased by the combination. This was true in the case for fertilizer, slurry spreader and manure spreader. The performances of small and large-sized wheel loaders were examined in the sense that the law for loading capacity must be amended corresponding to the progress of trucks. Large-sized wheel loaders equipped with three point hitch and PTO was also developed for multi-purpose use as was the case for wheel tractor of 100 ps class. This is the first time that such a function was added to wheel loaders. Wheel loaders were heavier than wheel tractors, while the former was superior in traction power to the latter.

6. This paper deals with the relationship between mechanization of agriculture and productivity of land, and with mechanization system for its increase as was described above. In this connection, the performances of various machines including imported ones were examined and some of them were newly developed in this study. The combination of upland farming and animal husbandry were first visualized by the

intermediation of these machines. This study will therefore contribute a great deal to the future agriculture in Japan.

参 考 文 献

- (1) 村井信仁, 1978, 農業と運搬, 十勝農業機械化懇話会。
- (2) 北海道, 北海道生産農業協同組合連合会, 1966, 北海道士農改良事業15周年誌。
- (3) 道立十勝農業試験場, 十勝農業協同組合連合会, 1976, 十勝火山性土の土層改良法。
- (4) 北海道農林水産統計, 1960, 農林省統計調査事務所編。
- (5) " 1963, 北海道農林統計協会。
- (6) " 1964 "
- (7) " 1965 "
- (8) " 1966 "
- (9) " 1967 "
- (10) " 1968 "
- (11) " 1969 "
- (12) 北海道農林水産統計年報, 1970, 農林省北海道統計調査事務所。
- (13) " 1971 "
- (14) " 1972 "
- (15) " 1973 "
- (16) " 1974 "
- (17) " 1975 "
- (18) " 1976 "
- (19) " 1977 "
- (20) 北海道, 1960, 北海道の農業機械化に関する統計。
- (21) ニューカントリ編集部編, 1976, 土づくりのすべて。
- (22) 道立十勝農業試験場農業機械科, 1972, 心土破砕機の性能試験成績。
- (23) 道立中央農業試験場農業機械部, 1966, 営農用トラクタ性能試験成績集シリーズ1
- (24) " , 1968, " " 2
- (25) 道立中央農業試験場, 滝川畜産試験場, 十勝農業試験場, 1976, 重粘土壌における大型機械導入のための基盤整備に関する試験成績。
- (26) 道立中央農業試験場, 道立十勝農業試験場, 1977, 土壤保全対策調査試験成績書(Ⅱ)
- 地力保全特殊調査 -
- (27) 道立十勝農業試験場農業機械科, 1973, 試験成績。
- (28) 北海道農地開発部, , 石礫調査。
- (29) 北海道開発局帯広開発建設部, 1974, 十勝地域石礫調査報告書。

- 60 北海道開発局, 1976, 農林単価歩掛り。
- 61 農用地開発機械公団, 1968, 歩掛り基準改訂版の解説。
- 62 北海道開発局, 1976, 農用地開発事業の設計積算基準。
- 63 農林省構造改善局, 1972, 土地改良事業計画設計基準。
- 64 帯広畜産大学農業作業機械学教室, 道立十勝農業試験場農業機械科, 1975, 畑作地帯における石礫除去機械の性能と工法。
- 65 Anderson Rock Picker, , Armor Metal Products。
- 66 The Proven Mechanical Stonepicker, , Bridgeport Implement Works。
- 67 道立十勝農業試験場農業機械科, 1977, 試験成績。
- 68 " , 1972, "
- 69 原真, 1975, 砕石, 技術書院。
- 70 道立十勝農業試験場農業機械科, 1979, 試験成績。
- 71 帯広畜産大学農業作業機械学研究室, 道立十勝農業試験場農業機械科, 1978, 自走式ストーンピッカの性能と石礫除去圃場における小豆栽培。
- 72 道立中央農業試験場, 1978, 試験成績。
- 73 土壤物理研究会編, 1974, 土壤物理用語事典, 養賢堂。
- 74 筒木豪夫監修, 1971, トラクタ農業, 地球出版。
- 75 川廷謹造, 1966, 農業機械化技術, 養賢堂。
- 76 中沢功, 1975, 乳牛飼養, 十勝地域における農業機械の共同利用と管理運営指針, 農業機械運用研究会, 十勝農業協同組合連合会。
- 77 村井信仁, 1973, 酪農のふん尿処理, ふん尿処理機械技術, 農業機械学会。
- 78 村井信仁, 1975, 畑作における地力培養, 北海道農業開発公社。
- 79 ASAE, 1975, Managing Livestock Wastes。
- 80 太田孝, 1969, 畜産用機械と施設, 新農林社。
- 81 梶原滋美, 1979, ポンプとその使用法, 丸善。
- 82 岩井重久訳, 1977, 廃水の生物学的処理, コロナ社。
- 83 道立新得畜産試験場, 1975, 畑地型酪農地帯における家畜ふん尿の土地還元, 道立新得畜産試験場年報。
- 84 " , 1976, "
- "
- 85 道立十勝農業試験場農業機械科, 1975, 試験成績。
- 86 小川久門, 1957, 自動車の走行理論と速度計算, 技報室。
- 87 Hunts Donnell, , Farm Power and Machinery Management。

- 58) Taylor J. H. , Burt E. C. , 1975 , Track and Tire Performance in Agricultural Soils, Transactions of the ASAE.
- 59) 北海道農業機械開発研究会, 1974, 農業の運搬作業に関する実態調査。
- 60) 日本自動車タイヤ協会, 1975, リブタイヤおよびタイヤのトラクション性能比較試験報告書。
- 61) Bekker M. G. , - , Physical Propertires of Soil, Mud, and Snow, off - the - Road Locomotion.
- 62) 藤本義二, 1974, 建設機械用タイヤの粘性土に対する走行性能に関する研究, 建設機械化研究所記念論文集。
- 63) 村井信仁, 1978, 農用トラックの開発と利用, 機械化農業, 新農林社。
- 64) Choma A. A. , - , No Spin and Tandem - Lock Diffeentials - Operation and Application, Saciely of Automative Engineers.
- 65) 塩沢淳, 1978, 荷役運搬の合理化を辿る, 農業と運搬, 十勝農業機械化懇話会。
- 66) 道立十勝農業試験場農業機械科, 1978, 試験成績。
- 67) 村井信仁, 道場三喜雄, 南部悟, 宮本啓二, 松田清明, 梅田亮二, 1978, ストーンピッカの性能について(第3報)。北海道支部農機誌, 第19号。
- 68) 村井信仁, 高橋義明, 道場三喜雄, 山島由光, 森田茂弘, 山畑久男, 1973, 100 P S級ホイールトラクタ用土層改良機について-心土破碎機, 心土肥培耕プラウ, 混層耕プラウ。北海道支部農機誌, 第14号。
- 69) 道場三喜雄, 村井信仁, 高橋義明, 山島由光, 篠原紀世史, 岩佐純一, 1972, スラリポンプ・スプレッダに関する試験。北海道支部農機誌, 第13号。