

干拓地におけるトラクタの走行性に関する研究

横山幸徳*・前田 拓*・細野満典*

Studies on Running Performance of Farm Tractor in Reclamation

YUKINORI YOKOYAMA, HIRAKU MAEDA and MITSUNORI HOSONO

緒 言

木曾岬干拓事業は、木曾川本川河口と既設鍋田干拓堤防に挟まれた巾約1.0Km、長さ約4.0Km、地盤高0～-5.0mを有するデルタ地帯を約6.1Kmの堤防で囲み385haの農地を造成するものである。事業は1966年に着手し、1979年度に完了予定である。本干拓の工法は、まず堤防を築きポンプアップで排水した後、土面の低い箇所へサンドポンプにより土砂を流入させる。さらに、地区内余水を堤防背後に設ける潮遊池に集水し、木曾川寄りの海岸堤に排水機場を設置し地区外へ排除する。この様に干陸された干拓地の土壌系統は、S、LS、SLのA統とSL・L・CLのB統であり、各種混在している。

本地区においては、都市近郊農業地域としての特性を生かし、ろ地野菜を中心に生鮮野菜類を作付ける。また、大区画圃場を整備し、大型機械化体系による省力栽培を中心とした大規模畑作営農体系を確立し、自立経営農家の育成を目指している。

こういった背景から大型トラクタ農法を確立する場合、砂土・ヘドロ等の土質の圃場では、トラクタのけん引性能からみて極めて不利な条件と想定される。

従って、この様な条件下でのトラクタ農法では、トラクタはけん引力の発生が大きく、大規模畑作営農体系を前提に作業機の導入を図る場合、作業機のけん引抵抗が小さいことが重要である。今後、干拓地の土質に適応する機械を開発する時にも、同様の機能が要求される。

そこで、トラクタけん引力の増大と作業抵抗の軽減が重要な研究となるが、まず、許容けん引抵抗を決定するために、トラクタのけん引力を明らかにする必要がある。

従って、2輪・4輪駆動トラクタを供試し、トラクタ

駆動方式別のけん引力測定を1976年から研究に着手し、干拓地圃場におけるトラクタけん引性能について、ある程度の知見を得たので報告する。

材料と方法

1. 圃場条件の測定

圃場の土質別に、砂土・砂土+ヘドロ・ヘドロの3種を選定し、SR-2型土壤抵抗測定器を使用し、円錐貫入抵抗・矩形板沈下量・剪断抵抗・摩擦抵抗などを測定する。

2. けん引力測定

けん引車はL2201DTを用い、けん引線はトラクタの軸を含む垂直面内で、かつ水平に保たせる。けん引高さはロアーリンクの高さを標準にし、エンジン回転数は2800rpm、タイヤ空気圧は前輪：2.0kg/cm²、後輪：1.0kg/cm²である。制動車は、M4000DTを使用し、負荷調節はエンジンアイドル状態(800rpm)で、ミッションの変速とブレーキを併用する。最終段階は走行不能に至る所まで行う。測定には、力量計にロードセル(LT-5TS)、ストレインメータ(DPM-210A)を用い、電磁オシログラフ(PR-101)に記録させた。電源には、バッテリー(N40, 12V, 40A)、DC電源DC-ACインバータ(IG-100-0.5F)を使用した。すべての計器を測定車に搭載して、けん引車・制動車と平行に測定車を走行させながら測定を行う。

3. すべり率・けん引速度測定

ピンおよびスケールによりホイールの5～10回転の実際走行距離を測り、1回転当りの走行距離を求める。そして、無負荷走行距離と比較し、すべり率を算出する。

第1表 SR-2型土壤抵抗測定器の仕様

各試験	仕 様
貫 入	円錐：断面積2 cm ² ，長さ30 mm，頂角30°
沈 下	矩形板：25×100×10 mm
剪 断	剪断リング：内径60 mm，外径100 mm，トルクレンチ：0.05～2 kg・m
摩 擦	摩擦リング：同 上，トルクレンチ：同 上

* 営農部

また、実際走行距離の時間を測定して、けん引速度を求めた。

第2表 供試トラクタの諸元の概要

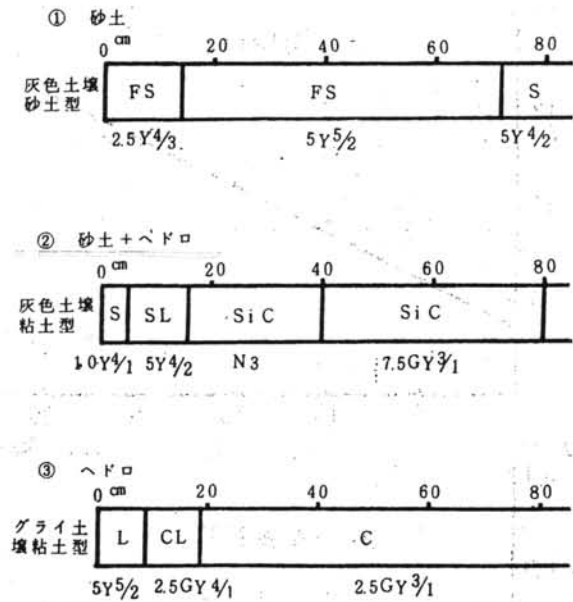
機名・型式		クボタ M4000DT	クボタ L220IDT	
駆動方式		4 輪	4 輪	
エンジン	シリンダ数	6	3	
	総行程容積	2,231cc	1,115cc	
	最大出力	45馬力/2,600rpm	22馬力/2,800rpm	
	最大トルク	15.0kg・m/1,400rpm	6.48kg・m/1,600rpm	
車両寸法	全長	3,495mm	2,460mm	
	全幅	1,810mm	1,140mm	
	全高	2,290mm	1,940mm	
	軸距	2,020mm	1,482mm	
	輪距	前輪	1,420~1,520mm	940mm
		後輪	1,300~1,900mm	900mm, 1,020mm
最低地上高	315mm	250mm		
重量		2,300kg (安全フレーム付)	320kg (ドッキングローダ 189kg)	
走行装置	タイヤサイズ	前輪	8.3/8-24 6PR	6-14 2.0kg/cnl
		後輪	12.4/11-82 6PR	8.8/8-22 4PRハイラグ 1.0kg/cnl

結果および考察

1. 圃場条件

第3表に各土質の土壌水分およびトラクタ走行可能性を予知するための判定基準の値を示した。一般的に、走行判定基準は、円錐貫入抵抗・矩形板沈下量で走行性を判断するが、いずれの土質でも、貫入・沈下共に作業容易の範囲に存する。つまり、どの土質も非常に地耐力は大きいと言える。第1図に土壌柱状図、第2図~第4図に土壌条件の抵抗値を示したが、特に、土壌の剪断・摩擦抵抗力は極めて小さい。トラクタが土壌上を走行する時、車輪の接地によって、土壌は圧縮あるいは剪断作用を受け、土にはそれに応じた反力を生じる。従って、それらが作用物体の支持力・けん引力あるいは走行抵抗となる。このトラクタの踏圧作用は、タイヤの沈下が重要視され判定基準も沈下の面からの指標は作成されているが、既成の圃場には少ない砂土・ヘドロのような土質では、剪断・摩擦作用の影響が強く現われる。

よって、地耐力は大きいですが、剪断・摩擦抵抗は極めて小さいのでトラクタ走行は極めて難であると考えられる。



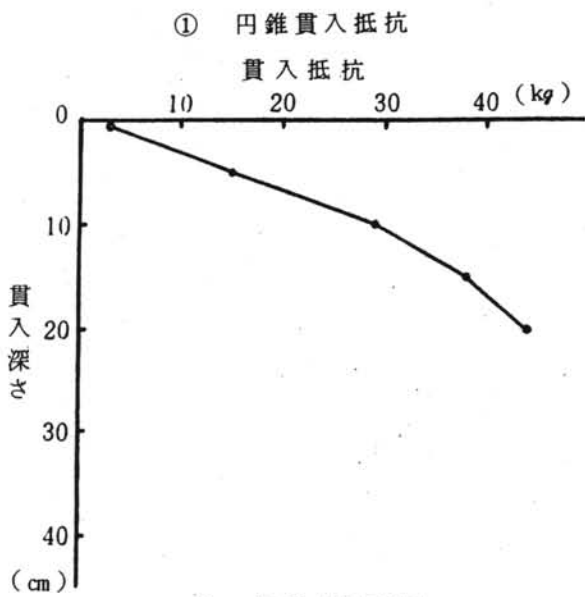
第1図 各土質の代表地点の柱状図

第3表 各土質の土壌水分と走行判定基準

項目	含水比	円錐貫入抵抗	矩形板沈下量
砂土	7.9~13.8(%)	10.6 (kg/cnl)	0.56 (cm)
砂土+ヘドロ	41.4~49.9	7.6	0.20
ヘドロ	40.8~51.1, 56.7~67.8	4.3	1.33

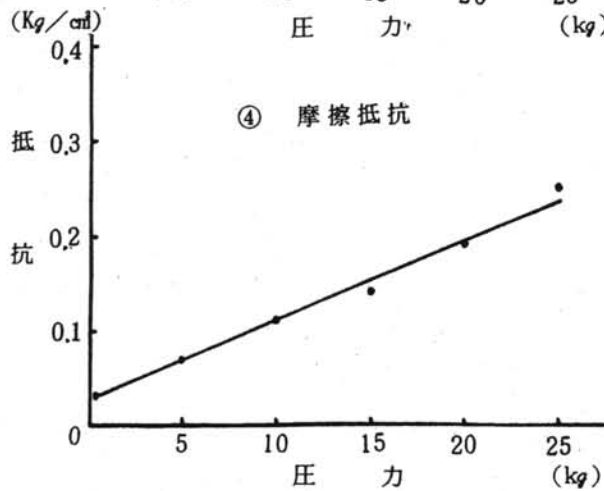
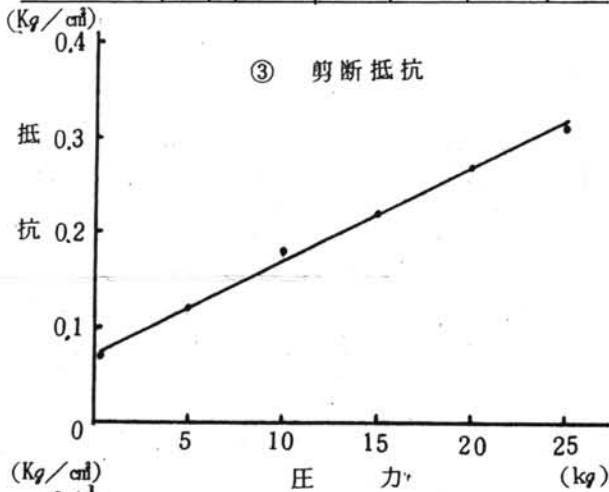
(注1.) 円錐貫入抵抗：0~15cmの平均値

(注2.) 矩形板沈下量：荷圧力1.6kg/cnlでの沈下量



② 矩形板沈下量

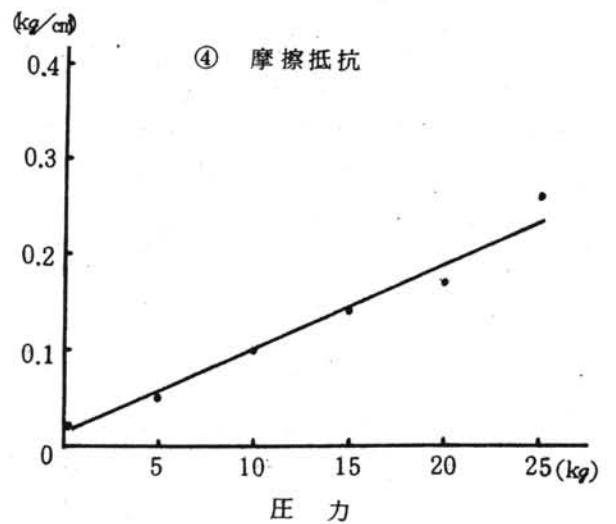
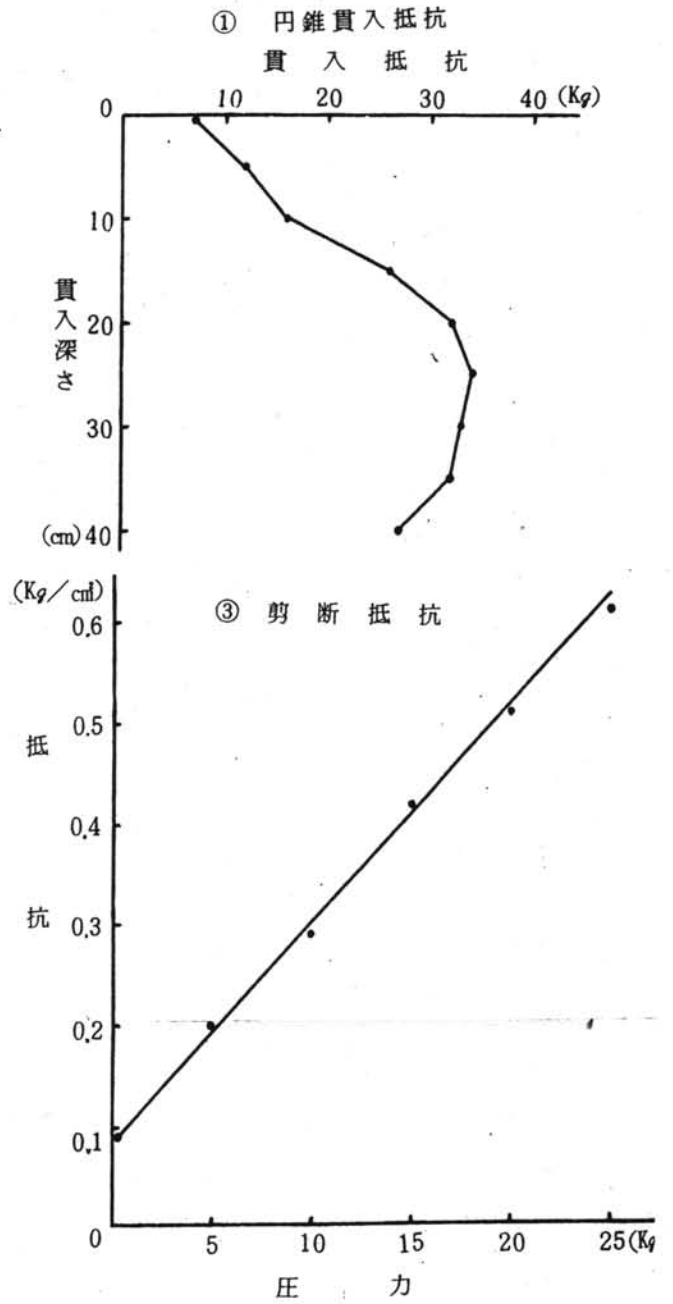
圧力(kg)	0	10	20	30	40	50
沈下量(cm)	0	0.11	0.24	0.41	0.56	0.81



第2図 砂土の土壤条件

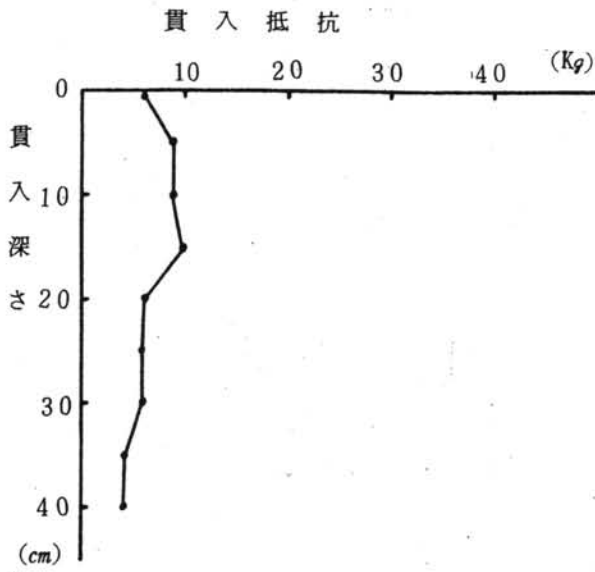
② 矩形板沈下量

圧力(kg)	0	10	20	30	40	50
沈下量(cm)	0	0	0.09	0.14	0.20	0.29



第3図 砂土+ヘドロの土壤条件

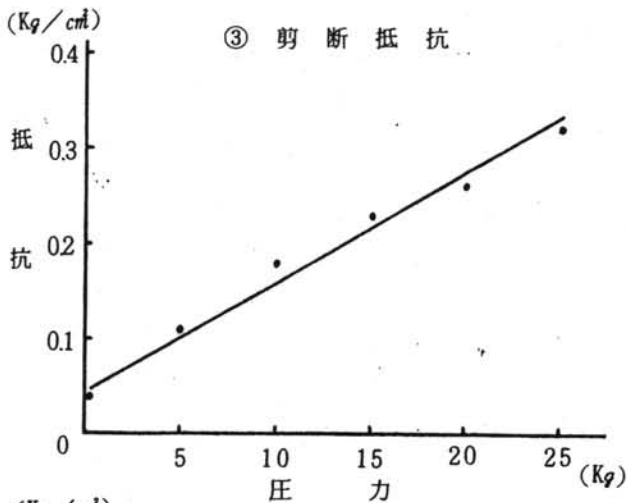
① 円錐貫入抵抗



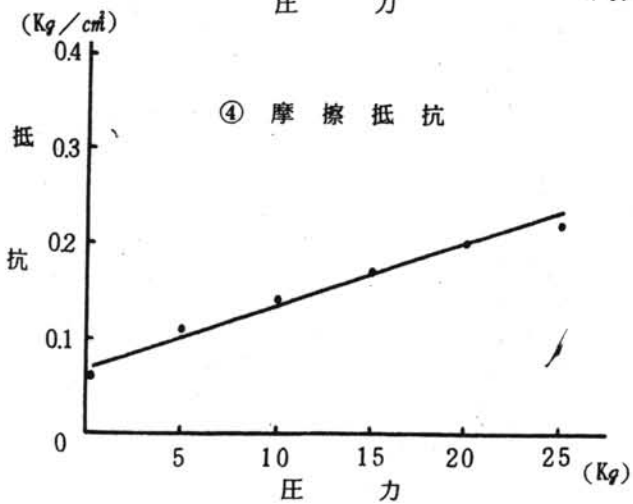
② 矩形板沈下量

圧力 (Kg)	0	10	20	30	40	50
沈下量 (cm)	0	0.11	0.24	0.40	1.33	1.89

③ 剪断抵抗



④ 摩擦抵抗



第4図 ヘドロの土壤条件

2. けん引速度

けん引車 (L 2201 DT) のけん引速度は、変速レンジ HL 4・HL 2・LH 2・LL 4 の4段階で行ない、第5図～第7図に各土質における、すべり率とけん引速度の関係を示す。4輪・2輪駆動共に砂土、砂土+ヘドロの土質において変速HL 4の時だけバラツキがあったが、他はすべて一定の傾向を示した。

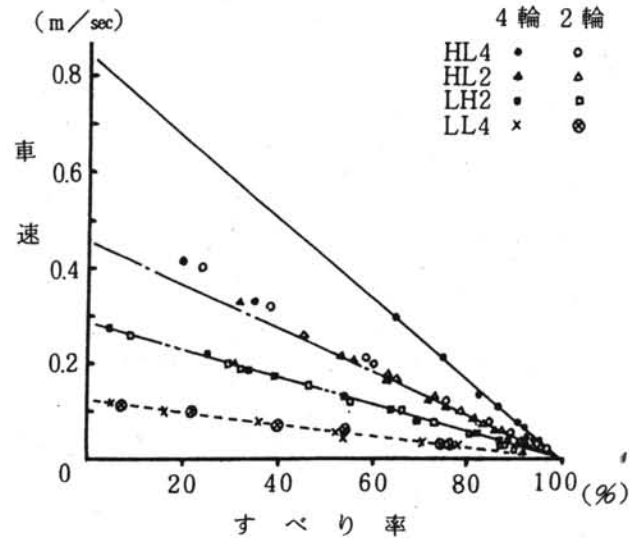
なお、すべり率は

$$S = \frac{\ell_0 - \ell}{\ell_0} \times 100 (\%)$$

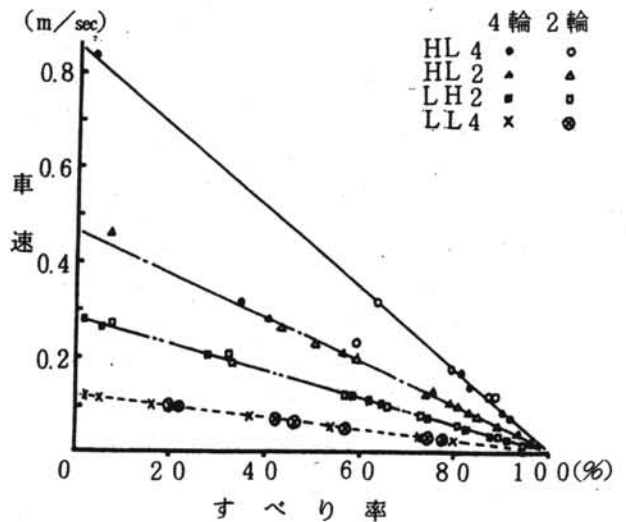
ℓ_0 : 無負荷走行の時、車輪1回転当り進行距離

ℓ : 負荷けん引時、車輪1回転当り進行距離

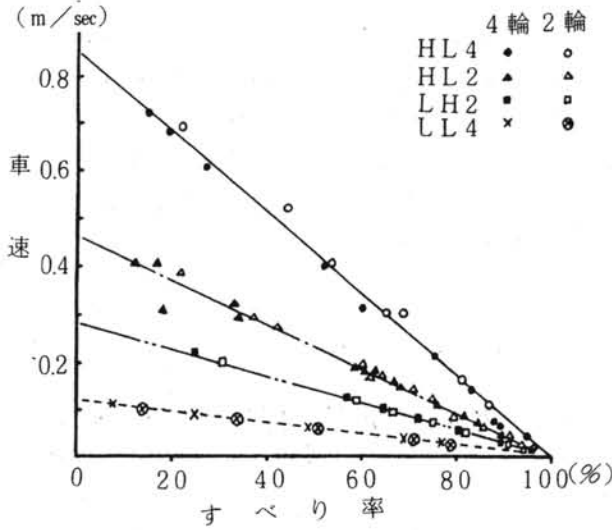
から算出した。



第5図 砂土における車速とすべり率



第6図 砂土+ヘドロにおける車速とすべり率



第7図 ヘドロにおける車速とすべり率

3. けん引力・けん引動力

けん引力とすべり率の関係について、各土質・各車速毎の結果を第8図～第10図に示す。図のようにけん引力とすべり率の関係は、トラクタ車速の大小には影響を受けず同一傾向を示す。また、いずれの圃場でも、4輪駆動の方が2輪駆動より約2倍のけん引力が生ずる。これは、2輪駆動では駆動輪（後輪）にかかるトラクタ荷重が、トラクタ全重量の分担荷重であるのに対し、4輪駆動はトラクタ全重量が駆動輪にかかる。車輪トラクタの場合、駆動輪の車輪軸に加わる重量の大小とけん引力の関係は、ほぼ正比例するため、4輪駆動に加わる重量が大きいので、けん引力も大きくなったと考える。

砂土では、4輪・2輪駆動共にすべり率が増加するに従い、一定の傾向でけん引力は増加する。一方、砂土+ヘドロ、ヘドロの場合は、すべり率50%前後までけん引力は増加していくが、50%以後では逆に減少していく傾向となった。特に、4輪駆動に顕著に現れた。これは、砂土の場合、前車輪のわだちが後車輪に影響を及ぼさなかったが、砂土+ヘドロ、ヘドロでは、土質の復元性が悪いためと、すべり率が増加すると前車輪のラグが、土壌表面の乾燥した土を削り取り、内部の湿土の上を後車輪が走行するために生じたと考える。

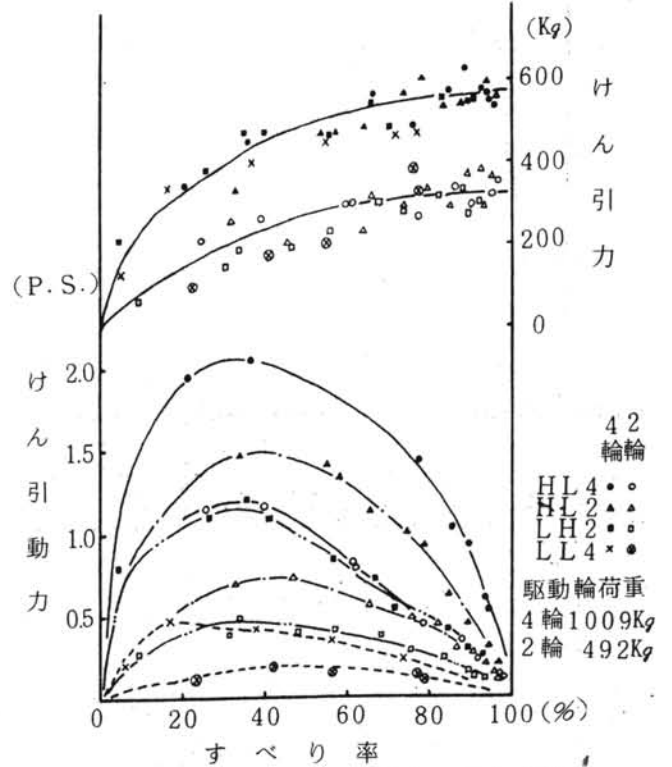
けん引動力は下式より算出し、第7図～第9図に示す。

$$Nd = \frac{P \cdot V}{75} \text{ (P. S.)}$$

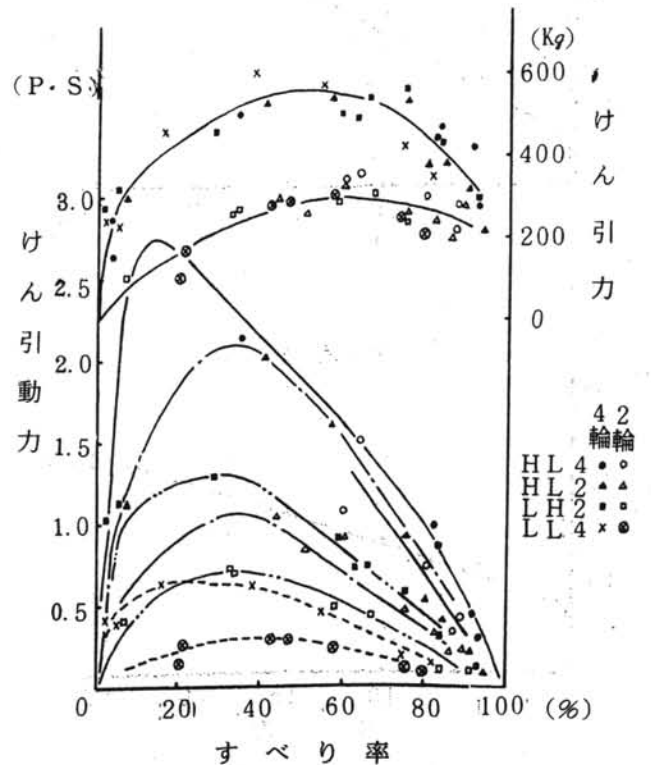
Nd：けん引動力 P：けん引力 V：けん引速度

けん引動力は、けん引力と同様に4輪駆動の方が2輪駆動より約2倍大きい。けん引荷重が増加するに従って、すべり率は増大し、すべり率増加に伴ない車速が低下するので、けん引動力は図に示すようにすべり率の少ない

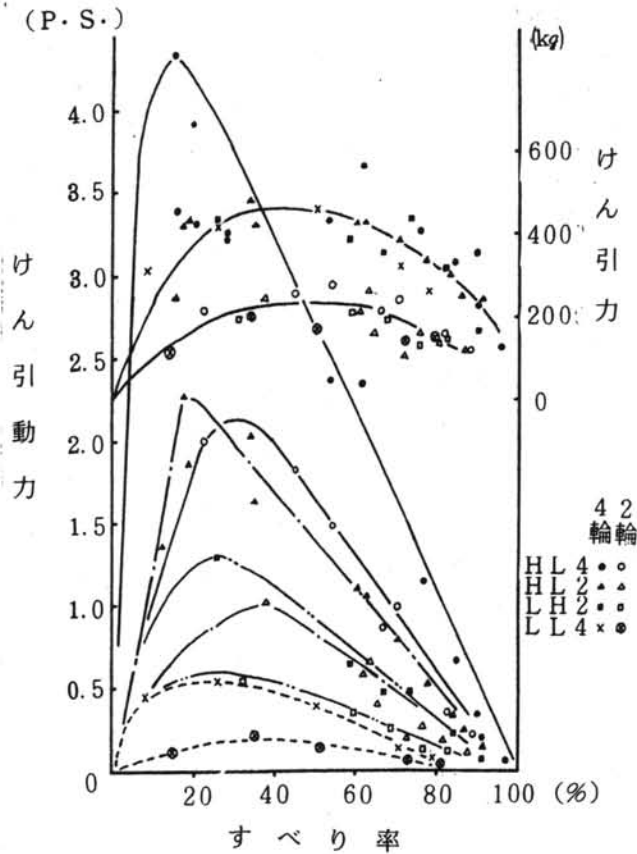
うちは増加するが、大きくなるとかえって低下する。けん引動力の最大値は、車輪トラクタの場合、圃場（畑地・牧草地・乾燥した水田等）においては、エンジン回転速度の低下が著しくない時に、すべり率20%付近、コンクリート路上では15%付近である。しかし、4輪・2輪駆動共に砂土ではすべり率35%、砂土+ヘドロでは10～30%、ヘドロでは15～35%に生ずる。



第8図 砂土におけるけん引力・けん引動力



第9図 砂土+ヘドロにおけるけん引力・けん引動力



第10図 ヘドロにおけるけん引力・けん引動力

すべり率20%付近の4輪駆動におけるけん引力(P)けん引動力(Nd)は、砂土：P=350kg, Nd=1.9P.S. 砂土+ヘドロ：P=450kg, Nd=2.6P.S. ヘドロ：P=430kg, Nd=3.9P.S.であった。なお、Ndの値は車速HL4の時の数値である。

4. けん引比・けん引係数

けん引比・けん引係数は下記の式より求める。

$$C_R = \frac{P}{W}, \quad C_t = \frac{P}{W_1}$$

C_R：けん引比
 C_t：けん引係数
 W：トラクタ重量
 W₁：駆動輪荷重

けん引車の駆動輪荷重は、4輪駆動時1,009kg, 2輪駆動492kgである。

けん引係数はタイヤの大きさ、空気圧、ラグの形状などによって影響を受けるが、土壌条件による影響が最も大きい。最大けん引係数は第4表に示す様に、砂土、砂土+ヘドロ、ヘドロの順で大きい。また、最大けん引比の発生するすべり率はヘドロの方が砂土より小さいので、沈下の危険は、ヘドロの方が大きいことがわかった。

第4表 各土質における最大けん引係数

駆動		4輪	2輪	
土質				
砂土	土	0.56	0.71	すべり率：75~95%
砂土+ヘドロ		0.54	0.63	すべり率：40~70%
ヘドロ		0.45	0.50	すべり率：50~70%

第5表 各土質における最大けん引効率

駆動		4輪	2輪
土質			
砂土	土	9.0%	5.0%
砂土+ヘドロ		12.0	6.6
ヘドロ		19.8	9.0

5. けん引効率

最大けん引効率は下式より求める。

$$C\eta = \frac{Nd}{N \cdot \eta_m} \times 100$$

C η ：最大けん引効率
 N：エンジン出力(=22)
 η_m ：動力伝達効率(=100)

最大けん引効率は第5表に示す様に、ヘドロ、砂土+ヘドロ、砂土の順にけん引効率が高い。ヘドロが高いのは、ヘドロ表面部分はある程度乾燥していたため、土の支持力が砂土に比べ強く、すべり率20%以下の時には、タイヤの沈下による軟弱層にまで到達しなかったためと考えられる。つまり、土の支持力は含水比小の場合には、トラクタの踏圧力に比べて大きく、圧縮量は少ないが、含水率が大になるに従って圧縮量が大となる。さらに、駆動輪のすべり率の少ない時は土が前方に移動し、すべり率の増加に伴って前方移動量は減少し、さらにすべりが大となると土はラグで剪断されて後方へ移動する。踏圧を繰り返すことによって土の圧縮量は大きくなり、エンジン出力は車輪のすべりに失われる動力が多くなるので、けん引動力は減少するため、けん引効率が悪くなる。このような現象は、ヘドロ表面部分の乾燥によりすべり率の小さい時には起こらなかったと考える。

摘 要

木曾岬干拓地は乾燥砂土～ヘドロまで多岐にわたり、トラクタけん引性能からみて極めて不利な条件である。そこで、ホイール型トラクタを前提として4輪・2輪駆動の2種類を供試し、各土質毎にけん引力・けん引動力等の諸特性を明らかにした。

1. 4輪駆動は2輪駆動より、いずれの土質においてもけん引力・けん引動力とも約2倍大きく、4輪駆動の方が有利であることを実証した。

なお、すべり率20%付近の4輪駆動におけるけん引力(P)、けん引動力(Nd)は、砂土：P=350kg, Nd=1.9P.S. 砂土+ヘドロ：P=450kg, Nd=2.6P.S. ヘドロ：P=430kg, Nd=3.9P.S. であった。

なお、Ndの値は車速HL4の時の数値である。

2. けん引係数については、砂土>砂土+ヘドロ>ヘドロの順となり、逆にけん引効率は、ヘドロ>砂土+ヘドロ>砂土となった。

3. けん引性能からみた4輪駆動の有利性は明らかとなったが、今後、作業機抵抗の特性も明らかにして、両者から総合的な検討が必要である。

なお、本研究を行なうにあたりご指導とご助言をいただいた農業機械化研究所金須正幸研究第一部長、当農部小林裕部長、また試験遂行にあたりご協力を得た当センター木曾岬干拓試験地石田利光試験地長、水谷篤志技師、当農部農業機械研究室の諸氏に謝意を表す。

引用文献

1. 秋山 豊ら(1972)：土壤物理測定法第1版，養賢堂
2. 青木健二ら(1966)：農業機械実験便覧第1版 養賢堂
3. 籾木豪夫(1969)：農業機械ハンドブック第3版，コロナ社
4. 渡辺 理(1973)：ひずみゲージとその応用第7版，日刊工業新聞社
5. ———(1972)：八郎潟干拓地耕地整備委員会総括報告書，農業土木学会