46.3.25
図書室

土木研究所資料
第624号

土工機械の作業能力に関する試験調査
スクレーパの作業能力

昭和45年11月

建設省土木研究所

土木研究所資料 第六二四号 土工機械の作業能力に関する試験調査 昭和四十五年十一月 建設省土木研究所

土工機械の作業能力に関する試験調査

スクレーパの作業能力

機械研究室
磯部金治
吉田六三

目　次

まえがき …… 1
1. 調査目的 …… 2
2. スクレーパの作業能力に対する論理的な検討 …… 2
2.1 用語の意義 …… 2
2.2 けん引力と車輌の走行性能・作業性能 …… 5
2.3 けん引出力を減少させる要因 …… 6
2.4 作業能力に影響を及ぼす要因の分析 …… 8
2.5 調査方法の考え方 …… 11
2.6 調査項目 …… 12
2.7 スクレーパの性能 …… 12
3. 調査方法 …… 19
4. 調査結果 …… 26
4.1 土質試験 …… 26
4.2 短期調査 …… 27
4.3 長期調査 …… 31
4.4 各要因と作業能力の関係 …… 33
4.5 路面勾配と作業スピードの検討 …… 33
5. まとめ …… 39
あとがき …… 40
参考文献 …… 41

ま え が き

土工機械の作業能力に関する試験調査は，昭和４０年度より機械研究室のテーマとして取り上げられ各種土工機械についての作業能力の把握と各種要因による作業能力に及ぼす影響力について，現地調査及び文献調査を行なって，積算基準の確立に役立ててきた。

４０年度はブルドーザの現地調査を行なって，ブルドーザのブレード容量，作業効率などの検討を行なった。

４１年度は引続きブルドーザの現地調査を行ない，作業スピードと路面勾配の影響について調査を行なった。更にトラクタショベルの現地調査を行ない標準的なサイクルタイムの調査を行なった。またブレード容量についての検討を行なうためブレード試験機を製作した。

４２年度はブレード試験機を用いて，各種条件を変えてブレード容量の測定を行ない，ブレードの基準容量について検討を行なった。更に前年に引続き，トラクタショベルの現地調査を行なうと共に，各種の文献資料整理を行なって道路土工指針の土工機械の作業能力の算定式の各項について検討した。

４３～４４年度に於いて当研究室で行なった土工機械の作業能力に関する試験調査はスクレーパの作業能力に関する現地調査とブレード試験機による押土実験である。４３～４４年度に取り上げたスクレーパの作業能力も他の土工機械と同じく，対象となる工事の諸条件で大きく変化するのでこれを適確に把握することは難しいが，投入された機械を能率よく使用するためには，各種条件に対する作業性の検討や作業能力算定のための算定基準の確立を計り，能率的な使用計画を立てる事が必要である。

スクレーパを土工作業に使用する長所は次のようなものである。

(1) 積込み，運搬，盛土を一貫施工する。

(2) 一貫作業による時間のロスが無い。

(3) 高速施工ができるので中，長距離土工でのメリットがある。

(4) 大型タイヤを装備し，かつ盛土を薄層にまき出し，くり返し踏むので転圧の効果が大きい。

(5) 大容量であることによる規模の利益が上がり多量・安価に，かつ短期間施工には最も向いている。

しかしながら短所としては，

(1) 日本のような雨量が多く，かつ自然含水比の高い軟弱な土質の多い所では施工の能率が落ちる。

(2) わずかの雨でも作業ができなくなり稼働率が低下する。

等が上げられている。

４３～４４年度は関東地方建設局千葉国道工事々務所管内の道路土工々事現場内及び関東地方建設局営繕監督室の設計，東京技術事務所及び高崎工事々務所の監督の基に行なわれた宅地造成工事及び住宅公団が町田市で行なった宅地造成工事の現場でスクレーパの作業能力の調査を行ない，スクレーパの各作業条件とサイクルタイムの関係，長期間の稼働状況等についての追跡調査を行なった。それに基づき作業能力に影響を及ぼす要因特性図の検討を行なった。

今後スクレーパの各種作業条件に対する作業能力の把握を行ない，積算の基準化，合理化を行なわせるためには，各種要因（作業条件）と作業能力の関係式の確立等が必要と思われる。

1. 調 査 目 的

土工々事用機械の合理的，能率的な使用計画を立てるためにも，また大規模・大量の工事を能率的に処理するためにも，設計作業の合理化・能率化を促進させる必要がある。その手段として土工機械の積算基準の確立を計り，近年その利用技術が開発されつつある電子計算機による土工々事の設計，積算作業を行なわせる方法が最も効果的と思われる。そのシステムの確立のための基礎的な作業である各機械の作業条件（要因）の分析，作業能力と作業条件（要因）の関係を明らかにし作業量の算出式の確立を図る必要がある。

今回は中距離土工に使われているスクレーパ作業をとり上げ作業条件と作業能力の関係を検討する。

2. スクレーパの作業能力に対する論理的な検討

2.1 用語の意義

このレポートに使用されている用語の意義について説明する。

(1) 性能試験

機械の製作完了と共に，性能試験場に於いてJISまたはこれに準ずる建設機械の性能試験の必要項目の試験を行なう場合を言う。

(2) 現場性能試験

工事現場に於いて上記に準じた作業試験を行なう場合を言う。

(3) 短期調査

調査対象現場に於いて，調査機械が各作業条件（要因）の基に作業を行なっている要因の変化ごとに調べるもので，機械の基本となる短期間の各作業条件別の作業能力（標準作業量）が把握できる。調査期間は1～2日行ない，長期調査用レポグラフの較正もかねてある一定時間又は終日機械の各動作の作業時間と作業条件の監視を行なう方法である。

(4) 長期調査

調査対象現場に於いて，調査対象機械の一工期間またはある長期の区間の稼働状況を調査するものである。調査方法は，機械の作業時間及び燃料消費量を一週間分の自記々録計（レポグラフ）に記録すると共に，現場監督者によって，毎日の作業量とその日の平均的作業条件（積込方式，移動距離，掘削高低差，土質，土の状態，現場状況，天候（雨量），機械の故障状況等）について作業日報の作成を行なう方法である。合わせて，その現場に投入されている全機械の種類及び台数と投入期間・作業量の調査を行なう。

(5) 作業能力の計算に使用される用語

(ｲ) 土量換算係数(f)

土はそのおかれた状態で，体積を変化する。地山の状態，機械に積込んだ状態，締固めた状態の各体積比は今までの調査により，各土質ごとにほゞ決まっている。これをfとすると，地山土量を1とした場合，積込んだ状態，締固めた状態についてそれぞれL・Cで表示される。

$$L=\frac{\text{ほぐした土量}(m^3)}{\text{地山の土量}(m^3)}\quad,\qquad C=\frac{\text{締固め後の土量}(m^3)}{\text{地山の土量}(m^3)}$$

作業量を表示する場合，基準作業量を同一の土の状態で表示する場合には，$f=1$でよいが異なる場合はそれぞれの状態で，それぞれの係数L・Cをかける事になる（表－4参照）。

(b) ボウル容量（q）

スクレーパで土を運搬するために，ボウルですくい込むルーズ土量で単位はm^3とする。作業能力の計算の場合の基本となるものである。一般に計算式では仕様値を用い土質，作業条件によって係数をかけている。2.4の表－3に道路土工指針の値が示してある。

(c) 負荷率（y）

土工機械の搭載機関の各作業条件による燃料消費量を分子とし，性能試験結果または仕様値より定格出力に於ける燃料消費量を分母とした場合のyを，その条件に於ける負荷率とする。

(d) サイクルタイム（Cm）

スクレーパが所定の場所より前進し，土を掘削積込みを行なって，自から移動して決められた場所へ敷ならし，捨土して元の場所へ帰るまでの掘削，運搬，敷ならし，移動の1サイクルの時間を言う。

(e) 作業量（Q）

機械の作業能力を表わすもので，特にことわりがない場合はm^3／h で示す。作業量Qは次式で求められる。

$$Q=\frac{3{,}600\times q\times f\times E}{Cm}\qquad\cdots\cdots\cdots\cdots(2-1)$$

ここにQ：作業量（m^3／h）

q：ボウル積込容量（m^3）

f：土量変化率

Cm：サイクルタイム（sec）

E：作業効率

(f) 理論作業量（Q_{th}）

機械の仕様値より一定移動距離を設定して計算した作業量，または各種性能試験値の最高値とする。

(g) 標準作業量（Q_e）

短期調査に於いて，数拾サイクルの実際の現場作業のサイクルタイムを基に，標準サイクルタイムに修正し，作業待ち，その他機械の本来の作業以外の時間は除いた値を基に算出される作業量である。いわば正味作業量である。

(h) 現場作業能力係数（E_e）

理論作業量が各作業条件（図－1　スクレーパの作業能力に影響を及ぼす要因特性図Cm，f，qの変化要因）により低下する割合で，いわば正味作業効率というもので標準作業量を分子とし，理論作業量を分母とした比率

である。

(i) 平均作業量（Q_t）

ある作業条件を決めて作業を行なった場合，あるいは調査現場での作業条件を平均化した時の1日の作業量より算出される。実作業時間当り作業量をその条件に於ける平均作業量とする。機械の長期にわたる作業量の基準となるものである。

(j) 作業効率（E_t）

調査現場に於ける調査対象機械の平均作業量を分子とし，その作業条件に於ける標準作業量を分母とした場合の比率で示す。従って固定休止時間等を除いた機械本来の作業効率を示す。

今回の調査方法では，長期間にわたる機械の作業条件の平均化，数値化をいかにするか，レポグラフ，作業日報の精度による実作業時間・作業量と1日の短期調査による実作業時間・作業量のくい違い等に問題がある。

このためにも，数回の短期調査による修正と作業条件の把握が必要である。

(k) 実作業時間（T_e）

機械が実作業を行なう時間で休憩，点検，整備，長期の待時間等を除いた時間である。

(l) 運転時間（T_t）

機械の運転員が作業を行なうために，1日拘束される時間で点検，整備，休憩，作業待等を含む時間である。長期の待時間，整備，修理，回送は運転時間に含まない。

(m) 実作業時間率（H_e）

機械の実作業時間を分子とし，運転時間を分母とした比率とする。

(n) 運転時間率（H_t）

1日の実際の運転時間を分子とし，1日の運転基準時間（8^h）を仮定し，それを分母とした場合の比率である。

機械の投入計画にあたって，1日の標準運転時間の目安となる。この係数は雨天による路面悪化で休止がちだったり，段取り待ちがあったりすると下がる。1日の運転時間1時間以下は休止または点検整備の中に入れる。

(o) 運転日数率（D_f）

長期調査データのうち，機械が1日1時間以上稼働した場合の運転日数（D）を分子とし，機械が現場へ投入されてから引き上げるまで（前後の輸送日も含んで）一工期の全日数（Y）を分母とした比率で，機械の使用計画の目安となるものである。従って以上の係数を使って作業量を算出する式を下記に示す。

$$Q_e = E_e \cdot Q_{tk} \quad \cdots\cdots (2-2)$$

$$Q_t = E_t \cdot Q_e \quad \cdots\cdots (2-3)$$

$$T_e = H_e \cdot T_t \quad \cdots\cdots (2-4)$$

$$T_t = 8 \cdot H_t \quad \cdots\cdots (2-5)$$

$$D = D_f \cdot Y \quad \cdots\cdots (2-6)$$

上式より運転時間当り作業量は下式で示される。

$$Q = E_e \cdot E_t \cdot H_e \cdot Q_{tk} \quad \cdots\cdots (2-7)$$

2.2 けん引力と車輌の走行性能・作業性能

スクレーパ作業は土の掘削・運搬・敷均らし作業を同時に行なうので，けん引車の発生するけん引出力を各々の作業条件ごとに有効に働かせる事が作業能力の向上につながる。最大けん引出力を発生するけん引車の最大けん引力はスクレーパの掘削作業とか，運行作業の重要な要素であり各作業条件で次のような式を基に計算できる。

$$H = AC + W \tan\phi \quad \cdots\cdots (2-8)$$

$$F_m = T \cdot i \cdot \eta / r \quad \cdots\cdots (2-9)$$

ここに H ：車輌推力 （kg）

C ：みかけ粘着力 （kg／cm²）

ϕ ：せん断抵抗角 （度）

W ：車輌重量 （kg）

A ：接地面積 （cm²）

F_m ：機関によって車輌を推進する力 （kg）

T ：機関トルク （m－kg）

i ：減速比

r ：起動輪ピッチ円半径 （m）

η ：けん引効率

上式よりけん引力は土質・車輌の接地面積・重量・機関出力による事がわかる。スクレーパは大量の土砂を長距離運搬するので掘削時の強力なけん引力と運搬時の高速走行を必要とする。従ってけん引力は高速度段では機関出力により制限され，低速度段では土が駆動輪の接地面でせん断破壊される値で制限される。一般の作業路面では土の性質や他の作業条件が一定でないので車輌に発生するけん引力は上記条件の他，推力・走行抵抗・勾配抵抗に増減があり，有効に利用できない事がある。

実際には各種の路面上で発生するけん引力を推定することは難かしい。一般に良好な平坦土道の上で各車輌の推力より走行抵抗を差し引いた最大けん引力を求める関係式が導かれている。μ は粘着係数と言い今までの各種の試験により表－1のように示されている[5]。

$$F_t = \mu W \quad \cdots\cdots (2-10)$$

表－1 車輌の粘着係数（μ）

路面条件	ゴムタイヤ式車輌	リ帯式車輌
表面の粗いコンクリート	0.88～1.0 (0.9)[1]	0.45[1]
普通のコンクリート道	0.80	
固い粘土		0.25～0.36[2]
粘土あるいは乾燥泥灰土	0.50～0.58	0.53～0.57[2]
粘土あるいは湿潤泥灰土	0.40～0.49	
粘土泥状	0.40～0.44	
泥状土	0.15	
砂利	0.36	
ゆるんだ砂	0.20～0.35	0.3[1]
砂交り泥灰	0.20～0.35	
泥交り砂		0.51～0.7[2]
砂（湿潤の程度および粒の大きさによって変化する）		0.54～0.70[2]
乾燥アスファルト	0.60	
ねばねばしたタール舗装	0.20	
乾燥マカダム道	0.70	
雨水の滲み込んだ道	0.40	
湿った道路（最初雨）	0.25	
固い普通土の路面	0.50～0.60[1]	0.90[1] 0.54～0.79[4] 0.76～0.84[3]
ルーズ普通土の路面	0.40～0.50[1]	0.60[1]
雨水で覆われた道路	0.10	
緻密な雪	0.20	
氷	0.12[1]	0.12[1]

(1) Use of Road による

(2) $f = \frac{S}{1/m} \cdot C + \tan\phi$ の式で $\tan\phi$ の値である。

(3) 建設機械化研究所（吉原）データ

(4) 土木研究所データ

ここにP_t：けん引力　　（kg）

μ　：粘着係数

W　：車輌重量　　（kg）

履帯式トラクタのネブラスカ試験によると定格けん引力P_t'はトラクタの転がり抵抗係数５５kg／t を差し引いた式として示されている。

スクレーパが走行できる条件は，走行抵抗・勾配抵抗に勝る推力H_t が発生している必要がある。すなわち平地を走行する車輌の全走行抵抗をR_t，勾配路面を走行する時の勾配抵抗をR_s とすればスクレーパが運行できるためには次式が成立する必要がある。

$$H_t \geqq R_t + R_s \quad \cdots\cdots (2-11)$$

車輌の走行抵抗R_t は一般に土質・土の状態・車輌の種類等によって異なる。室内実験では矩形フーチングによって支持される安全荷重を決める式と，土の締固めエネルギーの計算式を応用した式で示されている[10]。実際には車輌１t当りの走行抵抗をけん引係数と言い，今までの実験結果では表－２のように示されている[5]。勾配抵抗は車輌を持ち上げる仕事で理論上計算できる。

表－２　車輌の形状によるころがり抵抗係数（牽引係数）

（kg／t）

走行路面の種類	鋼製タイヤ式車輌	高圧ゴムタイヤ式車輌	履帯式車輌	低圧大ゴムタイヤ式車輌			
				機械化土工	道路土工指針	ユークリッドの実験値	Use of Road
均一なコンクリート	20	17.5	28	23	20	—	18.2
良好状態のマカダム	35	33.5	32.5	27.5	30	18	29.5
塵埃の多い乾燥土道	60	55	40	35	—	27	—
未開墾土地	95.5	75	55	40	50	36	45.4
既開墾土地	112	95.5	64.5	45	75	72	
凹凸の多い泥だらけの道路	124	106	80	90	90	—	68.1
細砂またはゆるんだ砂利（レキ質土または砂の運搬路）	150	137	90	120	120	90	90.8 ～181.6
きわめて湿潤な泥濘道路または穴や凹凸のある土地	200	174	112	160	160	144	

スクレーパの運搬作業は長距離にわたるので運搬路の条件，選び方により作業能力が大きな影響を受ける。一般に高速走行では各速度段の最大推進力は機関出力と車輌が備えている減速装置によって制限される。従って式（２－１１）に示す関係で負荷に応じて各作業スピードとけん引力が発生している。これ等の性能はけん引特性図により示され，ダイレクト・タイプとトルクコンバータ・タイプでは，その特性が異なる。式（２－１０），（２－１１），（２－１２）より車輌の推力，走行抵抗，勾配抵抗が計算できれば走行可能な速度段・スピードが推定でき，計算上各作業条件による車輌の運行スピードがわかる。従って作業量はけん引力とスピードの積であるけん引出力に影響されることがわかる。

2.3　けん引出力を減少させる要因

前項で述べたように土の上を走行して作業を行なう土工機械の調査の主眼はこのけん引力及びけん引出力の発

生量と有効利用の程度（利用効率）を現場の作業状態より調べようとするものである。従って作業能力を検討する場合は次の項目について調査する必要がある。

(1) 機械の機構上最高度のけん引力またはリムプルが出ているかどうか，履帯の形式やタイヤの形式を変えたり，機関出力の増大とか重量の増大を図って改良の余地があるかどうか。

(2) 外的条件で本来出すべきけん引出力が減少していないか（土質による履帯のすべり等）。

(3) 車輛を推進する力が運行のために大部分使われ，作業に使われるけん引出力（仕事量）が低下していないか（運搬抵抗，勾配抵抗）。

(4) けん引出力は充分あるが，作業抵抗が多くて，けん引出力の限界値まで作業抵抗がかゝり，履帯がすべったり，機関がオーバーロードになって移動作業が減少し，作業量が低下していないか。

(5) 上記要因を除いたそれ以外の要因により有効に働く仕事量（けん引出力）を減少させていないか。

(1)は本来建設機械メーカがあらゆる作業条件を考慮し，理論的検討及び実験をくり返したり，今までの経験的事実を積み上げたり，外国技術の導入を計ったりして日本の国情に合った機械の改良，開発を続けてきていると思われるので対象土質とか，容量を考慮した充分な能力の出力が得られる設計がなされていると思われる。しかし路面を走行して作業を行なう土工機械は式（２－８），（２－９）式で示されるように土質，その他の外的条件により自由に性能向上は図られないので，設計条件をどの点にとるかが問題となろう。履帯形式，タイヤ形式の改良は外的条件に対する性能向上を計ろうとするもので，これ等は今後研究の必要があると思われる。以上の事項は機械全体としての傾向は検討しておく必要があるが対象機械が決まれば機械の固有値となる。これ等の性能試験のうちトラクタとして使用されるブルドーザなどについては性能試験のまとめ等ですでに数多くの実験値として発表されている[1][2][3]。 2.7には各種のスクレーパの性能を示す関係図を示しておいた。

(2)，(3)は2.2節で検討したが，土の性質等作業条件で大きく変わり，土性の悪化によるけん引車の推進力の減少と，走行抵抗の増大は走行性能，作業性能を悪くする。この減少量の程度を表示する目安として，現在使われているのがコーン指数と土の貫入抵抗値である[3]。従って各土質条件に於けるけん引力の減少率の調査研究が行なわれ，q_c とリムプルとの関係をつかむ試験も行なわれている[4]。

(4)は(2)，(3)と関連があり，機械能力を別の面より見るものである。これは，けん引力の減少よりも掘削抵抗の増大による作業能力の影響を問題とするもので，機械能力以上の抵抗がかゝり，履帯のスリップとか，機関のオーバーロードにより一度に多量の掘削ができないので掘削時間と掘削距離の増大とか，スピードの低下が起こりひいては作業量の減少が起こる。この対策として現場では前者の改善のためにブッシュドーザを付け，けん引力を増大させたり，後者に対しては，路面にリッパーをかけ，掘削抵抗を最高けん引力以下にしているのである。なお今回の調査では土の硬さを標示する指標として土の貫入試験値とか，土の一面せん断試験値を採用している。

(5)は有効けん引力の利用効率と言われるもので機械が本来運転している時間内で有効作業量を減少させる要因と有効けん引力を遊ばせる要因，すなわち機械の休止要因である。前者はオペレータの能力により機械が本来発揮すべき有効作業量を無駄に放置している場合で作業サイクルが余分にかゝったり，長時間運転による人間の動作力の低下や材料を充分積込まなかったりする事により作業能力の低下をきたす。また作業場が狭かったり，作業の段取りが悪く待時間があったり，作業の種類とか組合せ機械等による稼働率の低下が起こる。これは単位作業時間に対して一定の減少割合となろう。後者は分類上二つに分けられ，一つは１日を単位として固定的な時間

であり，もう一つは全工期を通じての固定的な時間である。1日を単位としての固定的な時間は機械の点検・給油時間・休憩時間・雨の前後による休止時間である。全工期または一定期間内を通じての固定的な時間は，ある一定期間の定期点検整備・故障修理（管理状況による故障率）・休日・回送日数・工種・土工量による段取り待ち等の休止日数，雨天による休止日数（休止日数率は土質のからみ合いがあると思われる）などである。

以上見てきたように走行車輌のけん引力，リムプルに注目して土の上を運行する車輌の作業能力とそれぞれの作業条件の関係について検討してきた。こゝで考えている土工調査は(1)～(5)の事項を考慮しながら2.4以下に述べる細部の検討と要因特性図を作成して，合理的な作業能力の算定基準の作成を行なう。

2.4　作業能力に影響を及ぼす要因の分析

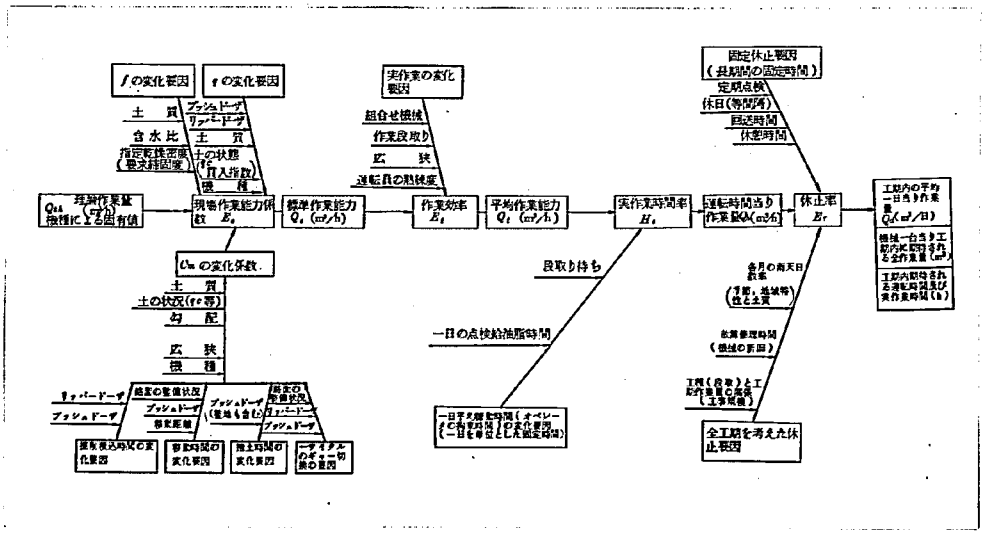
2.4.1　要因特性図

我々が土工機械を使用する場合その機械がどれだけの能力を期待できるかが重要な問題となる。スクレーパの時間当り作業能力を決めるときに考慮する項目は，機械の各作業条件とサイクルタイムの関係，機種による容量とか，作業スピード等の設計値，長期的な作業要因である現場作業に於ける各作業条件である。今回はこれ等の作業要因が作業能力にどのような影響を与えているかを調べようとするものである。図－1にスクレーパの作業能力に影響を及ぼすと思われる要因特性図を示した。今回はこれ等の要因についての理論的な検討と一部現地調査を行なった報告である。

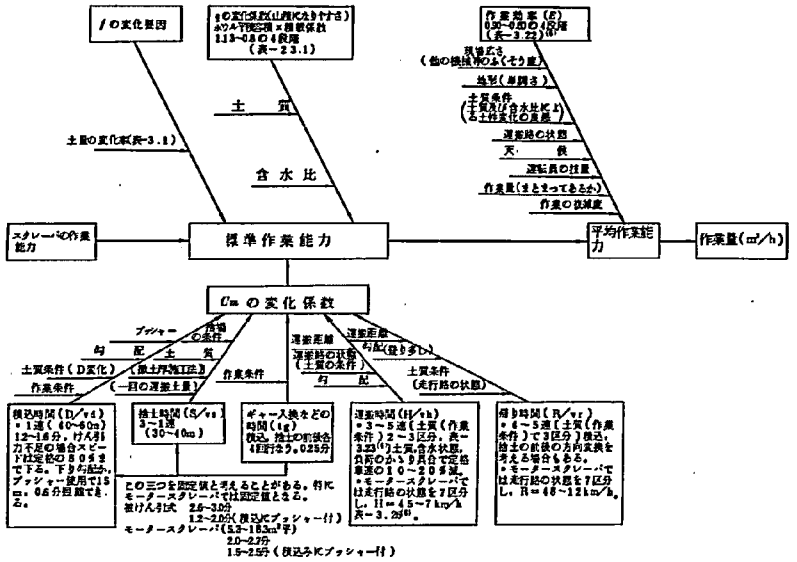
この章では要因特性図の検討とそれ等の理論的な裏づけを行なったものである。なお図－2には道路土工指針に示されているスクレーパの作業能力の考え方を要約した要因特性図を示しておいた。作業効率の考え方が前者と異なり運転日数率も含んだ形となっているようである。

2.4.2　要因特性図の検討

前項の要因分析でスクレーパの作業能力に影響を及ぼす要因特性図を示した。こゝにそれ等のまとめと今後調



図－1　スクレーパの作業能力に影響を及ぼす要因特性図



図－2　スクレーパの作業能力に影響を及ぼす要因特性図
（道路土工指針の考え方）

査を行なおうとしている要因について図－1の要因特性図を見ながら検討してみる。

作業能力に変化を起こさせる要因としては，先にも述べたように短期的なものと長期的なものとがある。

短期的なものは次のようなものである。

(1)　掘削積込時間の変化要因

掘削積込時間は掘削移動距離とその時の作業スピードにより決まる。掘削積込距離及び掘削スピードの変化要因は機械が決まれば土質，勾配等である。従って土質，機種，勾配等の作業条件で掘削時間が変わる。

掘削時間を減少させるためにはブッシュドーザ，リッパードーザがある。ブッシュドーザは機械のけん引力を増大させ，掘削深さを増大させて短時間に掘削を行なうことであり，また掘削スピードの減少をくい止める作用をする。リッパードーザは土質の強度をさげ，作業抵抗を減少させてブッシュドーザと同じ働きをする。スクレーパの掘削では一般に平坦地または下り勾配で行なうので掘削作業はスクレーパの自重も働く。従って以上のことを要約すると掘削積込時間の変化要因は土質と作業機種及び組合せ機械及び路面勾配である。

(2)　移動時間の変化要因

移動に要する仕事は(2-11)式より，運搬抵抗，勾配抵抗である。従って移動時間の変化要因は次の条件が考えられる。すなわちその減少要因は機種（機関出力，足廻りの形式），土質（ q_c または貫入指数等の土の強度定数で標示し，土の含水比，みかけ密度の影響も表現しているとみなす）と勾配である。また動かす土の直線距離に対して地形（勾配，高低差）により移動距離の変化があって移動速度が変らなくても移動時間が変ってくる。従って勾配には勾配抵抗によるギアーの切換えと距離の伸び率の要因を含む。機械の全移動距離を考えれば，伸び率の影響は考えなくてもよく移動距離が独立した要因となる。

以上により(2)の要因として機種，土質，勾配，移動距離と移動速度の低下を防ぐためのブッシュドーザ，路面補修用機械等の組合わせ機械である。

(3) 捨土時間の変化要因

これは(2)と同じ要因と考えられるが，更に土のまき出し厚，積込量にも影響されるが時間がわずかであるのでこの時間は全体として移動時間に含ませて考えてもよい。

(4) ギアー切換時間

これは動作の固定的なものであるので各動作にかならず存在するが，たゞ勾配，土質，広狭等によりギアーの切換回数が異なるものと考えられる。全時間は（ギアー切換時間＋減，加速時間）×回数である。従って各要因による回数調査，減，加速時間調査が必要である。

(5) ボウル容量の変化要因

ボウル容量は走行抵抗の増大，けん引力の減少による影響もあるがこの場合はブッシュドーザで補なおうとすると理論上は影響がない。また自力積込みの場合でも時間をかければ積込みができるはずであるが掘削厚の小さいための土の盛り上りが少ないようである。また極端に作業抵抗が大きかったり，粘性の高い土であると積込むのに長時間かゝるのでいきおい半積みのままの移動が考えられる。普通の土では掘削厚み，ボウル内の形状等による q の変化はないようである。以上によりブッシュドーザの有無と，土質によるけん引力の変化 または作業抵抗の増減で掘削積込量が変化する。道路土工指針ではボウルの基本容量を平積容量として土質による係数を 1.13～0.80 に決めている。表－3にその積載係数を示す。

(6) f の変化要因（2.1の(5)(a)参照）

f は土質，含水状態，施工基準による単位体積重量により変わる。スクレーパの作業に於いて他の機械と同じような土量の変化があるとすれば，今までの調査結果がそのまゝ使えることになる。最近の調査によると道路土工指針の f は実際によく合っているようである。表－4に道路土工指針の f の値及び調査に必要な土質分類について載せておく。

表－3 スクレーパのボウル積載係数

土の名称	積載係数
条件のよい普通土	1.13
条件のよい砂，普通土	1.00
レキ質土，砂，レキまじり粘質土・粘土 条件のよい粘質土・粘土	0.90
条件の悪い粘質土・粘土，岩塊，玉石，レキ	0.80

〔注1〕 30 cm 以上の玉石がある場合の使用は不適当
〔注2〕 条件のよいとは，ボウルに山積みになり空ゲキが少ない場合
〔注3〕 条件の悪いとは，含水比が非常に高く積込まれた土が塊状になり空ゲキが多い場合

表－4 土の分類と土量変化率

名称		L	C
岩石	硬岩	1.70～2.00	1.30～1.50
	中硬岩	1.55～1.70	1.20～1.40
	軟岩	1.30～1.70	1.00～1.30
岩塊・玉石	岩塊・玉石	1.10～1.15	0.95～1.05
レキ レキ質土	レキ	1.10～1.20	1.10～1.05
	レキ質土	1.15～1.20	0.90～1.00
	固結したレキ質土	1.25～1.45	1.10～1.30
砂	砂	1.10～1.20	0.85～0.95
	岩塊・玉石まじり砂	1.15～1.20	0.90～1.00
砂質土	砂質土	1.20～1.30	0.85～0.90
	岩塊・玉石まじり砂質土	1.40～1.45	0.90～0.95
粘質土	粘質土	1.25～1.35	0.85～0.95
	レキまじり粘質土	1.35～1.40	0.90～1.00
	岩塊・玉石まじり粘質土	1.40～1.45	0.90～0.95
粘土	粘土	1.20～1.45	0.85～0.95
	レキまじり粘土	1.30～1.40	0.90～0.95
	岩塊・玉石まじり粘土	1.40～1.45	0.90～0.95

(7) 長期的要因（作業の有効な利用率）

2.3の(5)でくわしく述べてあるが，一つはオペレータの技能低下と機械の1日の固定的な休止要因による実作業の低下要因と，もう一つは外部条件による機械の長期にわたる休止要因である。この実作業の低下要因を道路土工指針とか，外国の例では作業効率としているようである。道路土工指針では作業効率の値は作業条件と作業の難易の程度により0.90～0.60の範囲で各グループ分けをしている。表－5にその値を示す。後者は長期的な要因である一定期間または全工期を通じて固定的なものである。この要因は機械の時間当り作業量の算出に影響を及ぼす要因ではないが，長期の作業計画を立てるには重要な要因となる。

表－5　スクレーパの作業効率

作業の条件	作業の難易の程度	作業効率
よい	作業現場が広く，地形が単調で土質条件も良好で，ある程度土量がまとまっており，運転員も優秀できわめて作業が順調に進む場合	0.90～0.85
普通	作業現場はかなり広いが，含水比によって土性が変化しやすい場合などで，作業が普通に進む場合	0.85～0.80
あまりよくない	作業現場はあまり広くなく，ほかの施工機械と交差することが多く，土質条件にも問題があって作業の進みがやや悪い場合	0.80～0.70
悪い	作業現場がせまく，作業が複雑な場合，または，土質条件が悪く作業の進みが非常に悪い場合	0.70～0.60

2.5　調査方法の考え方

2.2～2.4で検討してきたようにスクレーパの有効に働く仕事量は各作業条件によって相当の減少をきたしていると思われる。これ等の複雑な要因のからみ合い，影響度を調べて基準化を図ろうとするものであるから土工調査は簡単にはできない。詳細な要因分析と現地に於ける細かい調査分析とにより合理的な整理を行なう必要がある。従って調査方法についても二つの方法があると思われる。第一は各要因の個別の要因分析と，その関係を調べるもので，たとえば移動スピードについて調査する場合他の要因を一定に保って土質だけ変えて計測するとか，勾配を各種変えて調査する等である。分析の方法としては各関係が整理された形で表現されるのであるが，調査は実験室で行なう実験計画に基づく実験と同じものであるので，何分実車またはそれに近いものとなると実験のために機械を動かす事が困難であり現場でそのような要因を管理することが難かしい。また他の要因が入り込んで分析が難かしくなる。第二はあらゆる要因を含んだまゝ調査を行なうもので，機械の現地作業状態のまゝ調査を行なうもので現地の作業量，作業分析とそのサイクルタイムの計測に於ける綿密な要因分析と，考えられるあらゆる要因の把握を行ない，各地の多量のデータに基づき統計的な手法の助けを借りて分析を行なうものである。以上二つの方式はどちらについても要因の分析が必要であり前者は後者を補っているといった関係である。当研究室では今までの文献とか，調査資料または各機種の一部について独自の調査に基づき，作業能力に影響を及ぼすと思われる要因の検討とその関係をつかみ特性図の作成を行なってきたのでこれを図－1に示してある。従ってこれに基づき二つの調査を並行して進めている。しかし両者共未だ検討に値する充分なデータが集まっていない。なお第一の調査については所内実験以外はあらかじめ実験準備は行なえないので現地調査に基づくデータより抽出して検討を加えている。

2.6 調 査 項 目

作業能力に影響を及ぼす要因は，大きく分けて短期的なものと長期的なものとになる。短期的な要因として次の項目について調査検討を行なう。（2.4.1 図－1参照）

(1) 地形（作業場の広狭，路面の勾配）・土質（作業路面のコーン指数等）・機種・補助機械（リッパードーザなどの組合せ機械，運搬路補修用機械）と各作業速度（選択速度）及び作業時間（各動作分析の時間及び回数）。

(2) 土の硬さと，リッパードーザ，プッシュドーザの有無及びこれ等の補助機械を投入する経済的な範囲の検討。

(3) 地形によるスクレーパの能率的な坂路のとり方（高低差の変化とサイクルタイムの違い）。

(4) 各動作と負荷状況による燃料消費量

(5) 地形・土質・機種・補助機械・作業の種類による調査現場の標準サイクルタイムの推定とそれに基づく計算作業量と，時間当り得られる作業量との関係（時間単位，1日単位の調査）。

(6) 固定ロス時間及びその種類調査。

長期的な要因の調査項目としては次のものがある。

(1) 工種，機種，土質，地形（高低差，広狭），運搬距離に対する長期的な時間当り作業量及び，燃料消費量と短期データとの比較調査（レポグラフ調査）。

(2) 季節と雨天日数による機械の稼働状況。

(3) 一定期間に於ける固定休止日数とその種類。

(4) 機械の種類による故障と故障率。

(5) 工種，土工量，土質，現場の広狭による投入機種と数量。

その他に長期的な問題では，スクレーパ作業はけん引車に過酷な作業をしいている。従って時間当り能力が上っても償却費・維持費が多ければコストの引き下げにはならない。従って土工計画では単価の比較を行なう必要がある。これは組合せ機械（プッシュドーザ，リッパードーザ，運搬路補修用機械）の投入と最適組合せによる作業能力の向上の場合も同じであり，それ等の検討のためには，次のような調査をしておく必要がある。

(1) スクレーパ作業とブルドーザ作業等他の作業との負荷率の違い……燃比。

(2) 耐用時間・償却費の調査……償却までに生み出す作業量と損料。

(3) 修理費率

以上の各項について検討を行なってスクレーパの作業能力の算定式を確立する必要がある。

43～44年度の調査は以上のうちスクレーパの各作業要因別の能力調査を行ない，スクレーパの作業要因分析と，作業要因のうち勾配，土の強度，土質，作業機種と作業時間，作業能力の関係式の検討を行ない，今までの積算基準の補正，修正に必要な資料とした。

2.7 スクレーパの性能

スクレーパは各国の国情等に沿って各機種が生産されているが，こゝに我が国及び米国に於いて生産されているスクレーパについて，最近の資料より作業能力の評価に必要と思われる項目について抜き書きしてみた（表－6，7）[7][8]。図－(3)～(8)にはスクレーパの性能を示す各関係を表－6，表－7よりプロットしたものである。

表－6 (a)　被けん引式スクレーパ仕様（国産）

製作会社	形式	適合トラクタ重量	容量 平積	容量 山積	全重量 空車時	全重量 平積時	全重量 山積時	荷重分布 空車時 前	荷重分布 空車時 後	荷重分布 平積時 前	荷重分布 平積時 後	荷重分布 山積時 前	荷重分布 山積時 後	平均接地圧 山積時 前	平均接地圧 山積時 後	掘削幅	掘削深	最小回転U字幅	操作方式	排土方式	軸距
		t	m³	m³	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg/cm²	kg/cm²	mm	mm	m			
小松製作所	RS06	15	6.1	7.7	7,700	16,550	19,740	3,250	4,180	5,650	10,900	8,210	11,530	4.5	4.7	2,680	280	8.2	ケーブル	押出	5,100
	RS09	20	9.2	11.5	10,500	23,840	29,640	5,000	5,500	9,940	13,900	12,400	17,240	3.8	4.7	2,650	300	9.6	ケーブル	押出	6,150
	RS12	26	11.7	14	12,000	28,970	35,350	5,220	6,780	11,870	17,100	14,450	20,900	3.3	4.2	2,952	300	9.7	ケーブル	押出	6,300
	RS18	30	18	22	20,000	45,100	51,900	9,000	11,000	19,300	25,800	21,800	30,100	3.6	3.2	3,305	400	12.7	ケーブル	押出	7,500
日本国土開発	6SA	6.5 以上	3.8	5.0	4,300	9,180	11,550	1,930	2,370	4,000	5,180	4,970	6,580	3.7	4.3	2,100	160	6.36	油圧	押出	4,264
	8SA	9 以上	6.2	8.4	6,840	15,830	19,020	3,070	3,770	6,560	9,270	7,770	11,250	4.0	4.5	2,430	300	7.52	ケーブル	押出	5,195
	12SA	12 以上	9.3	12.5	8,900	22,385	27,025	4,050	4,850	9,400	12,985	11,215	15,810	4.8	4.7	2,600	300	8.07	ケーブル	押出	5,820
	16SA	18 以上	12.2	16.3	13,760	31,440	37,400	6,210	7,550	13,360	18,080	15,700	21,700	3.3	3.9	2,675	310	9.02	ケーブル	押出	6,960
	22SA	22 以上	16.8	21.4	15,200	39,550	46,200	6,380	8,820	16,400	23,150	18,950	27,250	3.8	4.1	3,050	310	9.59	ケーブル	押出	6,980
	27SA	27 以上	21.6	26.7	16,500	47,820	55,220	6,930	9,570	19,370	28,450	22,090	33,130	4.4	4.5	3,050	310	9.68	ケーブル	押出	7,220
三井造船 日開工場	FA8L	15	7.0	9.0	7,500	17,600	20,500	3,450	4,050	7,400	10,200	8,600	11,900	4.5	4.7	2,656	280	7.7	ケーブル	押出	5,180
	FA14	20	11.0	14.2	12,500	28,450	33,100	5,880	6,620	12,250	16,200	13,900	19,200	3.7	5.4	2,764	320	9.0	ケーブル	押出	6,200
日立製作所	S05	11	5	6.4	6,200	13,530	15,470	2,785	3,415	5,550	7,980	6,340	9,130	3.63	3.53	2,500	250	6.8	ケーブル	押出	4,962
	S07	18	7	9	8,050	18,200	21,100	3,520	4,530	7,450	10,750	8,650	12,450	4.55	4.79	2,590	280	7.43	ケーブル	押出	5,100

表－6 (b)　モータスクレーパ（国産）

製作会社	形式 形式	形式 特数	機関出力及び回転数	走行速度 前進 一速	二速	三速	四速	五速	容量 平積	容量 山積	全重量 空車時	全重量 山積時	平均接地圧 山積 前輪	平均接地圧 山積 後輪	掘削幅	掘削深	最小回転U字幅	スクレーパ操作方式	排土方式	軸距
			HP／rpm	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	m³	m³	kg	kg	kg/cm²	kg/cm²	mm	mm	m			mm
小松製作所	WS 09-2		210/2,100	5.5	10.0	18.0	33.5	41.5	10.8(L) 9.2	13.2(H) 11.5	18,500	40,090	4.53(L) –	4.62(L) –	2,590	300	9.5	油圧	押上	6,700
神戸製鋼所	TS 260	PS	316/2,100	6.1	17.4	24.3	33.0	46.5	11.5	15.3	20,000	41,400	3.9	3.9	2,950	222	9.14	油圧	油圧	6,100
	TS 260	D	304/2,100	4.8	9.3	17.9	31.2	49.1	11.5	15.3	20,000	42,100	3.9	3.9	2,950	222	9.14	油圧	油圧	–
	TS 460	DS	393/2,100	7.4	18.6	25.7	36.2	50.4	18.4	24.5	32,600	65,200	4.0	4.0	3,130	279	11.28	油圧	油圧	7,900
	562	2E PS	前 393/2,000 後 349/2,000	7.6	18.8	26.0	36.8	51.0	22.9	30.6	–	87,500	4.2	4.0	3,440	292	11.68	油圧	油圧	8,310
三菱重工業	TMS 8	2E PS	130/2,000 130/2,000	10.3	18.5	41.0	–	–	6	8	12,000	28,605	–	–	2,500	360	9.45	油圧	油前出圧方力押	6,050

E：エクステンション付き　　FWD：few wheel drive
2E：ツインエンジン　　D：ダイレクトドライブ
PS：パワーシフト

表－7 (a)　被けん引スクレーパ仕様一覧（米国製＊）

製作会社	形式 型式	形式 特徴	適合トラクタ出力 DBHP	容量 平積 m³	容量 山積 m³	全重量 空車時 kg	全重量 山積時 kg	荷重分布 空車時 駆動軸 %	荷重分布 空車時 スクレーパ軸 %	荷重分布 山積時 駆動軸 %	荷重分布 山積時 スクレーパ軸 %	掘削幅 mm	掘削深 mm	排土厚 mm	最小回転U字幅 m	操作方式	排土方式	軸距 mm
CATERPILLAR	60		75–100	5.4	6.9	6,100	17,600	45	55	40	60	2,407	279	343	6.7	ケーブル	DOZER TYPE POSITIVE	–
	435E		–	9.2	13.0	10,400	28,400	42	58	40	60	2,845	〃	371	7.6			–
	435F		75–180	10.7	13.8	11,300	32,300	42	58	40	60	2,845	〃	438	7.6			–
	463E		–	13.8	19.9	15,600	42,600	44	56	41	59	3,150	〃	419	8.8			–
	463F		180–300	16.1	21.4	15,700	47,200	44	56	41	59	3,150	〃	419	8.8			–
	491C		180–350	20.6	26.8	21,500	63,500	43	57	40	60	3,302	〃	486	8.8			–
HAN COCK	8R4	PR EL	60+	–	6.1	5,700	15,700	50	50	41.5	48.5	2,286	203	584	6.4	油圧	POSITIVE FOR CED	7,696
	11E4	EL	80	–	8.4	10,000	22,000	46	54	39	61	2,286	〃	381	–	〃		5,563
	14E4	EL	100+	–	10.7	11,300	28,300	46	54	37	63	2,718	〃	305	–	〃		6,020
	18E4E	EL	160	–	13.8	17,700	39,700	41	59	35	65	2,743	〃	305	–	〃		6,883
JOHNSON	40–B	EL	50	–	3.1	2,700	8,700	54	46	44	56	2,032	102	178	6.1	油圧	POSITIVE ROLLOUT	3,962
JOHNSON	80–C	EL	70	–	6.1	4,500	14,500	54	46	44	56	2,362	178	178	7.3	油圧	〃	4,877
	110–B	EL	70	–	8.4	5,400	18,900	53	47	43	57	2,362	229	178	7.9	〃		5,486
	410	EL	100	–	8.4	6,600	19,600	46	54	40	60	2,438	152	381	7.6	〃	DOZER	5,486
WACO	DT		70+	6.3	8.8	7,200	21,200	45	55	46	54	2,591	610	508	8.0	ケーブル	POSITIVE FORWARD	5,232
	CT		90	10.7	15.3	11,500	33,500	47	53	43	57	2,896	610	508	9.5	〃		6,350
YOUNG	KS–700		65–85	5.4	6.9	7,100	–	–	–	–	–	2,134	305	381	5.5	ケーブル	POSITIVE	5,182
	KS–800		85–115	6.3	8.4	8,900	–	–	–	–	–	2,591	〃	508	5.8	〃		5,588
	KS–1,000		100–135	7.6	9.9	9,400	–	–	–	–	–	2,591	〃	508	5.8	〃		5,588
	KS–1,200		135–160	9.5	12.2	11,600	–	–	–	–	–	2,743	〃	533	7.3	〃		6,706
	KS–1,500		150–175	11.5	14.5	15,200	–	–	–	–	–	3,048	〃	610	7.6	〃		7,315
	KS–1,800		160+	13.8	17.6	15,900	–	–	–	–	–	3,048	305	610	7.6	〃		7,315

PR : Postive roll–out　　EL : Elevating scraper

表－7 (b)　モータスクレーパー一覧表（米国*）

製作会社	型式 型式名	型式 特徴	機関出力及び回転数 PS/rpm	最大移動スピード 一速 km/h	二速	三速	四速	五速	六速	容量 平積 m³	容量 山積 m³	全重量 空車 kg	全重量 山積 kg	荷重分布 空車 駆動軸 %	空車 スクレーパー軸 %	積載 駆動軸 %	積載 スクレーパー軸 %	山積時駆動軸にかかる荷重 kg	掘削幅 mm	掘削深 mm	排土厚 mm	最低U字幅 m	スクレーパー操作方式	排土方式	軸距 Drive to rear mm
ALLIS-CHALMERS	260 (SA)		320/2,030	8.5	20.3	27.7	37.8	53.1	–	11.5	15.3	23,179	45,200	65.8	33.2	51.8	48.2	23,500	2,946	222	457	9.1	11yd	FORCED POSITIVE	6,401
	260E (SA)	EL	320/2,050	6.0	11.8	20.9	31.9	45.1	–	–	17.6	26,828	53,400	64.4	35.6	51	49	27,200	3,215	229	305	10.5			7,341
	460C	EX	456/2,100	9.2	13.8	18.3	27.4	36.7	54.7	18.3	25.2	39,055	79,100	64	35	49	51	38,700	3,173	330	489	12.0			8,687
CATTERPILLAR	613	RTF PS, EL	150/2,200	6.3	11.5	19.8	47.5	–	–	–	8.4	13,018	26,000	60	40	47	53	12,200	2,438	171	365	2.7	11yd	SPEED POSITIVE RETURN	6,350
	621	PS	300/2,200	5.1	9.3	11.7	15.9	21.2	29.0	10.7	15.3	23,315	47,300	69	31	52	48	24,600	3,023	76	178	11.1			7,137
	J621	RTF PS, EL	300/2,200	5.1	9.3	11.7	15.9	21.2	29.0	–	16.4	28,353	52,400	65	35	53	47	27,800	3,150	244	–	11.5			7,712
	627	2E PS	225/2,200 225/2,200	5.0	9.0	11.3	15.3	20.6	27.8	10.7	15.3	28,894	52,900	56	44	47	53	24,900	3,023	298	432	11.4			7,315
	631 (CH)	PS	400/1,900	8.8	21.2	51.5	–	–	–	16.1	22.9	36,424	72,400	68	32	53	47	38,400	3,289	381	457	12.2			8,255
	633	PVF PS, EL	400/1,900	9.8	23.0	55.7	–	–	–	–	24.5	38,733	74,800	67	33	52	48	38,900	3,289	330	–	12.2			8,458
	641 (CH)	PS	500/1,900	7.9	19.6	48.3	–	–	–	21.4	29.1	48,036	95,000	66⅔	33⅓	52	48	49,400	3,454	406	508	13.6			9,347
	650	PS, 2AX	500/1,900	11.6	27.0	64.4	–	–	–	24.5	33.6	50,077	102,000	41	37	37	49	37,800	3,645	419	527	14.0			9,169
	651 (CH)	PS	500/1,900	9.2	20.9	51.5	–	–	–	24.5	33.6	52,345	104,400	65⅔	34⅓	51	49	53,200	3,645	406	514	14.2			1,677
	657 (CH)	2E PS	500T/1,900 400S/1,900	9.2	20.6	51.5	–	–	–	24.5	33.6	61,871	113,900	56	44	48	52	54,700	3,645	406	571	14.6			9,982
	660	PS, 2AX	500/1,900	12.2	27.8	67.6	–	–	–	30.6	41.3	53,162	117,100	40	39	37	50	43,400	3,645	483	610	14.0			9,881
	666	PS EL, 2AX	500/1,900 400/1,900	12.2	27.8	67.6	–	–	–	30.6	41.3	61,962	125,900	38	46	35	53	44,100	3,645	483	610	14.0			9,881
DIN DESENE	JD760 (SA)	EL 2AX	182/2,200	4.2	5.1	8.0	10.5	13.7	17.7	–	7.3	14,629	35,500	45.2	33.9	37.8	49.5	10,100	2,286	–	–	9.0	11yd	11yd	5,671 5,912
	JD 860	EL	215/2,100	3.1	6.3	11.4	24.9	41.9	–	–	11.5	18,793	37,600	63.6	34.4	52	48	19,600	2,692	–	–	9.7			6,706 6,934
HANCOCK	292B	EL	160/2,100	2.4	5.8	12.1	20.6	45.1	–	–	8.4	15,105	28,100	67	33	50	50	14,100	2,286	203	381	6.4	11yd	forced positive POSITIVE	5,893
	292C	EL	160/2,100	2.4	6.3	11.7	22.2	45.2	–	–	8.4	15,105	28,100	67	33	50	50	14,100	2,286	203	381	6.4			5,893
	294	AWD EL, 2E	160/2,100 160/2,100	2.7	6.8	13.2	24.8	47.5	–	–	12.2	23,157	42,200	51	49	44	56	18,600	2,794	203	381	–			6,883
INTERNATIONAL HARVESTER	E-200	EL	140/2,500	4.8	9.7	18.7	40.2	–	–	–	7.3	11,884	23,800	64.9	35.1	50.5	49.5	12,100	2,362	234	234	8.0	11yd	11yd	6,045
	E-201	EL	145/2,500	5.1	10.6	19.5	40.4	–	–	–	8.4	12,451	25,600	64.1	35.9	49.7	50.3	12,800	2,362	234	234	8.0			6,015
	270		250/2,500	9.2	16.4	30.6	54.7	–	–	10.7	13.8	19,142	40,100	66.3	33.7	51.4	48.6	20,500	2,972	336	457	9.8			6,706
	E-270	EL	280/2,500	5.5	11.3	22.2	42.6	–	–	–	16.1	22,235	47,200	64.2	35.8	47.9	52.1	22,700	2,972	305	483	10.6			7,747
	295B		430/2,200	8.4	13.5	17.4	25.7	–	52.3	18.3	24.5	33,702	73,700	64.5	35.5	50	50	36,900	3,150	406	559	12.9			8,801
	E-295	EL	430/2,200	8.4	13.5	17.4	25.7	35.1	52.3	–	24.5	33,544	77,900	62.1	37.9	43.5	56.5	39,000	3,188	411	566	13.1			10,033
MICHIGAN	110-11	EL	160/2,100	6.3	11.7	22.2	45.2	–	–	–	8.4	15,105	28,100	67	33	50	50	14,100	2,438	203	483	8.8	11yd	11yd	5,893

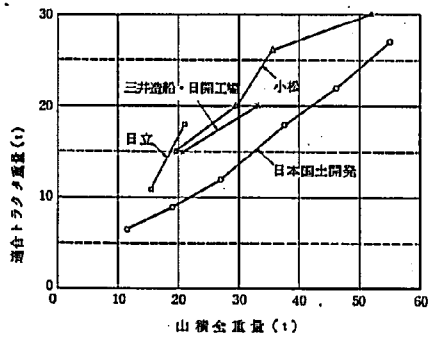
表－7(b)　つづき

製作会社	型式名	特徴	機関出力及び回転数	一速	二速	三速	四速	五速	六速	容量 平積	容量 山積	全重量 空車	全重量 山積	荷重分布 空車 駆動軸	荷重分布 空車 スクレーパ軸	荷重分布 積載 駆動軸	荷重分布 積載 スクレーパ軸	山積時駆動軸へかかる荷重	掘削幅	掘削深	排土厚	最小回転U字幅	スクレーパ操作方式	排土方式	軸距 (drive, towing)
			HP/rpm	km/h						m³	m³	kg	kg	%	%	%	%	kg	mm	mm	mm	m			mm
MICHIGAN	110-14	EL	238/2,100	5.6	7.6	11.1	14.5	20.9	26.9	–	10.7	19,505	36,500	66	34	50	50	18,300	2,896	203	483	9.3			6,655
	210		290/2,100	6.9	13.4	24.3	47.3	–	–	–	15.3	22,499	45,000	68	32	52	48	23,400	2,896	533	483	10.4			7,163
	210H	EL	335/2,100	5.3	7.1	10.5	13.8	20.4	27.0	–	17.4	25,764	52,300	65	35	51	49	26,700	3,048	356	508	10.9			7,806
	310H	EL	475/2,100	6.1	7.9	11.6	15.0	21.9	28.6	–	23.7	42,593	80,100	65	35	51	49	40,900	3,378	203	559	12.4	Hyd	Hyd	8,992
	310		475/2,100	7.6	10.1	13.7	17.7	23.5	30.6	–	24.5	38,238	78,200	68	32	53	47	41,300	3,048	432	660	11.9			8,407
	410		635/2,100	5.8	7.9	10.5	14.2	21.1	28.2	–	33.6	53,525	108,500	70	30	54	46	58,600	3,429	508	686	13.1			9,042
M. R. S.	1-80S	4WD	186/2,500	12 speeds ～ 44.4						6.9	8.4	–	–	–	–	–	–	–	2,743	254	330	9.1			–
	1-80S	EL, 4WD	186/2,500	12 speeds ～ 44.4						–	9.2	16,511	30,000	68	32	50	50	15,000	2,438	203	381	10.4			6,020
	1-90S	EL, 4WD	186/2,500	PS 0 ～ 44.1						–	9.2	16,511	30,000	68	32	50	50	15,000	2,438	203	381	10.4			6,020
	1-90S	4WD	186/2,500	PS 0 ～ 44.1						8.4	10.7	–	–	–	–	–	–	–	3,124	305	381	9.4			–
	1-95S	4WD EL	250/2,500	PS 0 ～ 44.1						–	13.4	25,855	46,900	66	34	50	50	23,400	3,404	279	279	14.0	Hyd	Bottom	7,354
	1-100S	4WD EL	290/2,250	PS 0 ～ 50.7						–	15.7	29,021	53,600	66	34	50	50	26,800	3,404	279	279	14.0			7,264
	1-105S	4WD EL	373/2,100	PS 0 ～ 42.3						–	18.3	37,953	66,800	66	34	55	45	36,700	3,404	279	279	14.0			7,518
	1-110S	4WD EL	383/2,250	PS 0 ～ 51.5						–	21.4	42,706	76,300	66	34	55	45	42,000	3,404	279	279	14.0			7,772
	250-D		635/2,250	PS 0 ～ 59.5						32.9	40.5	63,608	124,700	50	50	45	55	56,100	3,353	406	622	12.5		FORWARD POSITIVE	11,938
	250-D		635/2,250	PS 0 ～ 59.5						36.7	44.3	67,741	139,700	50	50	45	50	62,900	3,353	406	622	12.5			11,938
TEREX	S-7		148/2,100	6.8	15.3	29.8	41.0	–	–	5.4	6.9	12,020	22,500	69	31	55	45	12,400	2,134	267	508	8.5	Hyd		5,436
	S-12E	CO EL	148/2,100	6.8	15.3	29.8	41.0	–	–	–	9.2	15,137	28,600	58.5	41.5	47	53	13,500	2,438	–	–	8.6	Mech		6,096
	TS-14	AWD 2E	160/2,100 160/2,100	5.1	9.8	13.5	19.0	26.5	37.0	10.7	13.3	24,177	47,700	55	45	49.4	50.6	23,400	2,997	356	711	10.1			6,960
	S-24		465/2,100	9.7	12.9	16.1	23.3	31.7	47.3	18.3	24.5	36,674	76,700	65.1	34.9	51	49	39,100	3,137	343	610	11.9			8,141
	SS-24	2AX	475/2,100	10.0	14.5	19.3	28.0	38.3	52.1	18.3	24.5	36,424	76,400	40.7	32.7	38.9	61.8	29,800	3,137	343	610	14.8			7,779
	TS-24	AWD 2E	432/2,100 227/2,100	7.4	15.8	32.2	47.6	–	–	18.3	24.5	41,278	81,300	56.4	43.6	50	50	40,600	3,137	343	610	13.0	Hyd		8,382
	S35E	CO EL	500/2,100	7.7	12.7	16.9	24.9	34.3	51.5	–	26.8	44,861	86,900	62	38	48.5	51.5	42,600	3,556	197	495	12.8			8,966
	Tandem -14	AWD 3E	160/2,100 160/2,100 160/2,100	5.6	9.7	13.2	18.7	26.2	37.0	21.4	30.6	42,457	89,500	32	39.8 28.2	25.8	43.6 30.6	23,300	2,983	356	686	12.6		POSITIVE ROLL-OVT	7,283 7,811
	S-32		525/2,100	7.7	12.7	16.9	24.9	33.8	50.7	24.5	32.9	48,535	100,500	59.4	40.6	51.2	48.8	51,300	3,378	340	572	13.8			9,652
	TS-32	AWD 2E	525/2,100 350/2,100	8.0	12.6	16.6	24.9	34.3	50.7	24.5	32.9	56,473	108,500	55	43	49.4	50.6	53,200	3,328	340	559	14.2			10,058
WABCO	109A	PS	148/2,100	8.2	17.9	34.9	48.4	–	–	5.6	6.9	10,465	20,500	69	31	58	42	11,300	2,134	–	495	7.3	ELC	FORWARD POSITIVE	4,902
	111A	PS, EL	160/2,100	5.8	10.8	15.8	21.2	29.6	40.9	–	8.4	13,744	26,700	65.8	34.2	50	50	13,400	2,286	–	–	8.3	ELC & Hyd		5,842
WABCO	229F	PS	318/2,100	6.4	11.3	15.9	22.5	31.9	45.1	11.5	16.1	23,859	48,900	65	35	51.5	48.5	25,400	2,997	–	495	9.4	Hyd		7,214
	222F	PS, EL	318/2,100	6.4	11.3	15.9	22.5	31.9	45.1	–	16.8	26,400	51,400	64.3	35.7	50.1	49.9	25,700	3,056	–	–	9.4	ELC & Hyd	FORWARD POSITIVE	7,010
	333F	PS, EL	475/2,100	6.0	13.2	17.5	26.1	35.2	52.6	–	24.5	42,768	80,800	61	39	50.8	49.2	41,200	3,429	–	–	12.8	ELC & Hyd		8,687
	339F	PS	475/2,100	6.0	13.2	17.5	26.1	35.2	52.6	19.1	26.0	39,236	80,200	66	34	51.7	48.3	41,700	3,454	–	495	12.4	Hyd		8,687
	333FT	2E EL, PS	475/2,100 475/2,100	6.0	13.2	17.5	26.1	35.2	27.0	–	26.0	51,892	91,900	53	47	46	54	42,300	3,429	–	–	12.1	ELC & Hyd		8,814

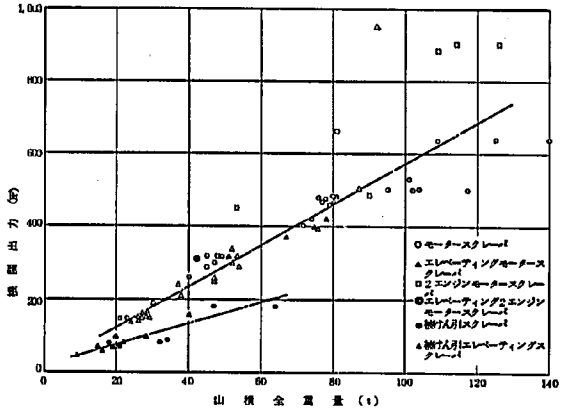
CH : Cushon Hitch
SA : Series A
EL : Elevating scraper
PS : power shift
2E : two engines
3E : 3 engines 2 scraper bowls

AWD : all-wheel drive
4WD : four-wheel drive and steer prime-mover
2AX : Two axle prime-mover
EX : Extended service bowl std.
HYD : 油圧式
ELC : 電気式

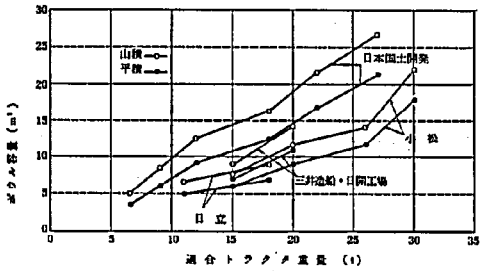
MEch : 機械式
RTF : Retractable floor
PVF : Pivoting floor
CO : Curb sliding floor & dozeout



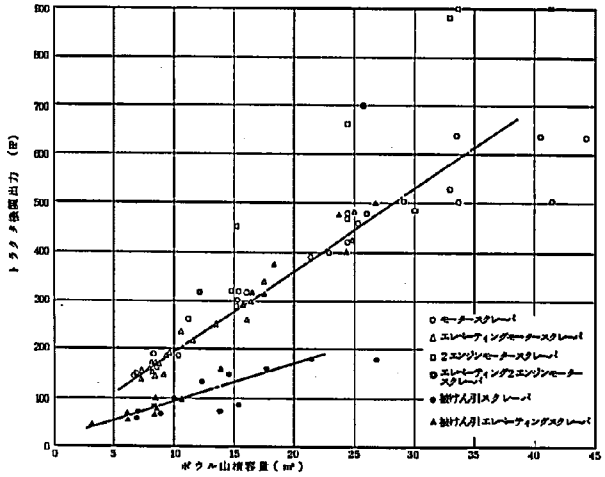
図－3　山積時の全重量と適合トラクター重量の関係（国産）



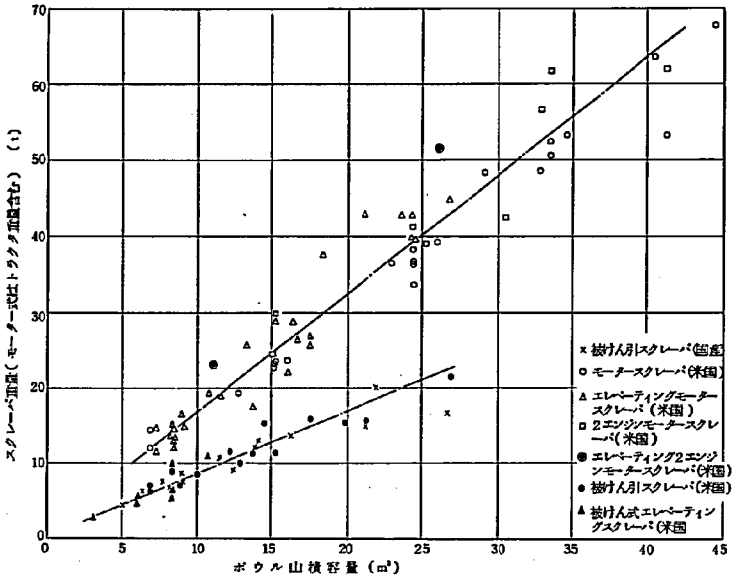
図－4　山積時の全重量と機関出力の関係（国産）



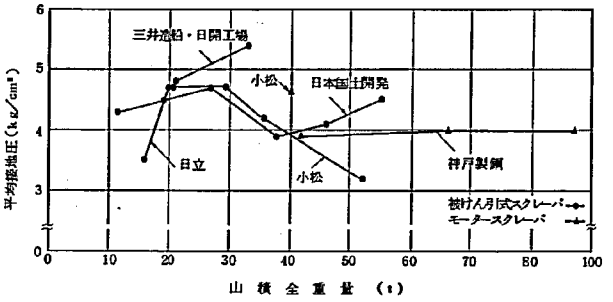
図－5　適合トラクター重量とボウル容量（国産）



図－6　ボウル山積容量とトラクター機関出力（米国）



図－7　ボウル山積容量とスクレーパ重量（米国，国産）



図－8　山積全重量と平均接地圧の関係（国産）

3. 調 査 方 法

４３年～４４年度に行なったスクレーパの作業能力調査は，表－８に示すように三現場で行なった。対象機械は表－９に示すように，被けん引式スクレーパの各機種を表－１２，１３の各作業条件の基で調査を行なったものをまとめたものである。スクレーパの作業能力は最終的にはどんな作業要因によって決まるものか，今までの算定式は正しいものであるか等の観点から調査を行なった。表－１１に示すように調査方法は短期と長期に分け，短期調査はスクレーパの１日の作業状態を外部より観測して，各作業要因の変化によるその時の作業スピード，各動作時間，作業量等の細部にわたって測定し，それから得られる各要因別のデータより，各要因が作業の各動作に及ぼす割合，すなわち要因の影響度について三つの現場に於ける調査結果よりデータ整理の段階で取り出せるものについて個別の要因分析とその関係式について検討した。従って今回の調査結果より導き出せる要因と作業能力の関係は，各機種別の作業量と作業時間の関係，勾配による作業スピードの影響，土の強度特性と掘削積込時間及び掘削積込距離の関係，各作業動作と時間及び距離の関係であった。これ等の関係より短期的各作業能力が推定できる。

長期調査は機械の一工期間の調査を行ない，作業量，実作業時間，稼動日数とその間の作業要因（土質，雨量測定，機械故障）の測定を行なって実作業時間率，１日の平均稼動時間，時間当り作業量，休止日数率等について長期的な推定を行ない，短期との比較検討を行なった。

表－８に三つの現場の調査内容と現場の簡単な状況について示した。表－９は調査対象の組合せ機械の仕様及び現地調査の結果わかった寸法を記入しておいた。

表－１０は短期調査の対象組合せ機械と調査の内容を簡単に説明しておいた。なおその時の作業条件（土質）についても記してある。この表は長期調査の場合にも準用できる。表－１１は今回の調査で用いた試験機とその仕様・測定法等についてまとめて説明してある。

表－１２は短期調査の時の対象機械がループをえがいて作業を行なった地形について説明したものである。長期調査の場合は，この地形がだんだん変化しているので長期的な作業能力の分析は困難であったが土質，地形は大まかな解析を行なっている。

写真－1，2，3 には現地調査の様子と現場の地形を示してある。

表－8　現場調査個所及び調査内容

調査番号			S－1	S－2	T	M
調査場所			千葉県印旛郡白井町	左　同	群馬県高崎市乗附町	東京都町田市本町田
工事区分（工種）			国道16号線道路新設工事	〃	宅地造成工事	宅地造成工事
工事施工	主体（監督） 施工業者		千葉・国道工事々務所 施工　日本国土開発㈱請負工事	〃	関東地方建設（東京技術事務所，高崎工事前橋出張所） 施工　日本国土開発㈱請負工事	日本住宅公団東京支社 施工　鹿島建設㈱請負工事
工期（A）			43. 7. 2～44. 1.27	〃	44. 1.25～44. 7.10	
全土工量（m^3）	切土量		31,550	39,460	393,000	1,584,000
	盛土量		――	――	――	1,395,200
施工現場の総面積（m^2）			7,500	7,500	22,000	487,000
主として土工作業に投入されている機械の内訳			調査対象スクレーパ外1組	左　同	調査対象スクレーパ3組外5組，他にブルドーザ4台	スクレーパ（ギャリオール6セット，モーター5セット） スクレープドーザ　2セット 湿地ブルドーザ　数セット
調査現場の実質土工作業期間(B)			43. 7～43. 8	43.10～44. 1	44. 2.25～44. 6.30	約1ケ年
調査試験分類			実作業状態での試験	左　同	左　同	左　同
調査対象機種			被けん引式スクレーパ L－S－8（平積5.9 m^3）	〃	被けん引式スクレーパ（平積16.8，13.8，12.3m³）	被けん引式スクレーパ（山積21.4，15.0，14.2m^3） モータスクレーパ（TMS－8）
調査対象機種と組合わせ機械			けん引車Cat D－6G 押土用ブルドーザ	〃	けん引車Cat D－8	けん引車Cat D－8 〃　小松 D－120
調査対象機械の作業工種			地山掘削を行ない新設中の路面を移動し，ボックスカルバート附近へ盛土	〃	地山掘削（リッパー及時々プッシャー付）を行ない谷へ運搬盛土（300～500m）	丘陵をけづって低地へ盛土（500～1,000m）
調査現場状況（地形，勾配，広狭）			なだらかな傾斜のついた一直線の道路施工，勾配2.6%，道路幅15mの場所を200～500mの掘削運搬	勾配2.1% 道路幅15mの場所を200～500の掘削運搬	起伏の多い地形の山の部分を削って谷をうめる作業。スクレーパは急勾配の登り，下りがある。広大で移動のための障害はない。	標高65～100mの比較的緩かな地形（多摩丘陵）広大で機械の移動には障害はない。
調査対象機械の稼働期間（調査期間外も含む）(C)			43. 7.23～43. 8.19	43.11. 1～43.12. 4	44. 3. 3～44. 6.30	44. 6.16～44. 6.17
調査対象機械の土工量（m^3）（調査期間外も含む）			7,661	13,215	① ― ② 35,139 ③ 79,220	――
掘削運搬土質と土の状態			ローム土（関東ローム）	左　同	礫，砂礫，ローム，土丹，山砂，砂質ローム	立川，武蔵野ローム層に属するローム質土，一部下末吉ローム層，貝化石，植物化石を含む三浦層群，凝灰質シルト岩
調査内容（DE）	短期(E)	年月日 内容	――	43.11.18～43.11.20 各動作分析とサイクルタイム及び作業要因の分析	44. 3.27～44. 3.29 44. 4.30～44. 5. 2 各動作分析とサイクルタイム及び作業要因の分析	44. 6.16～44. 6.17 スクレーパの掘削時間と掘削距離の測定（プッシャー付）
	長期(D)	年月日 内容	43. 7.23～43. 8.19 運転時間，作業日数，作業量，作業サイクル等	43.11. 1～43.12. 4 左　同	44. 3.27～44. 5.23 運転時間，作業サイクル等作業日数，作業量	――
機械調査区分			―――― 調査対象現場工期，土工量（A） ―――― 実質土工作業期間（B） ―――― 土工機械投入期間（調査対象機械含む）（C） ―――― 対象機械調査期間（長期）（D） ――　―― 〃　（短期調査）（E）			

表－9　調査対象スクレーパ組合せ一覧表

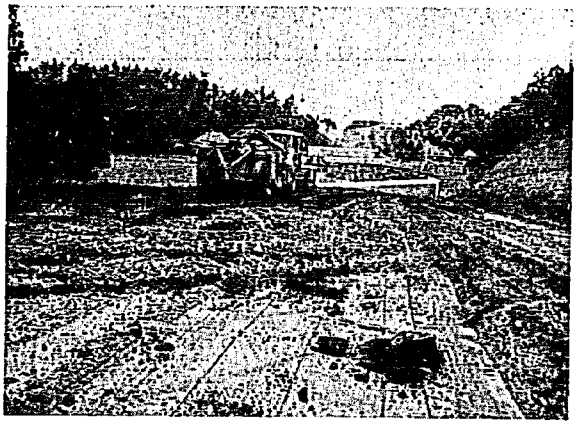
調査場所		白井第－1 白井第－2	高崎コロニ	高崎コロニ	高崎コロニ	町田	町田	町田	町田	町田	町田
調査対象スクレーパ組合せ整理（No）		S－1 S－2	T－1	T－2	T－3	M－Sc1	M－Sc2	M－Sc3	M－Sc4	M－Sc5	M－Sc6
けん引車との組合せ内容		D6－C＋S8	D8＋S14	D8＋S16	D8＋S22	D8＋S22	D8＋S22	D120＋S15	D8＋S22	D8＋S14	D120＋S15
けん引車	名称規格	CatD6－C	CatD－8	CatD－8	CatD－8	CatD－8H	CatD－8H	小松D－120A	CatD－8	CatD－8	小松D－120A
	型式	96A	15A	46A	46A	46A	46A	D－120A－12	46A	46A	D－120A－850
	機関定格出力(PS/rpm)	122/1,800	165/1,200	202/1,200	202/1,200	202/1,200	202/1,200	250/2,100	202/1,200	202/1,200	250/2,100
	トラクタ重量(kg)	10,700	19,300	21,500	21,500	21,500	21,500	21,910	21,500	21,500	21,910
	トルコンの有無	有	有	有	有	有	有	無	有	有	無
	接地圧（kg/cm²）	0.48	0.59	0.66	0.66	0.66	0.66	0.67	0.66	0.66	0.67
	最大けん引力(kg)	TD	TD (出力148PS)	TD (出力159PS)	TD (出力159PS)	TD (出力159PS)	TD (出力159PS)	26,920	TD (出力159PS)	TD (出力159PS)	26,920
	走行速度及び最大けん引力 Km/h (Kg) 1速	0～3.7	0～3.9(1)	0～5.95	0～3.9	0～3.9	0～3.9	2.4 (24,430)	0～3.9	0～3.9	2.4 (24,430)
	2〃	0～6.6	0～6.8(1)	0～8.7	0～6.8	0～6.8	0～6.8	3.2 (17,970)	0～6.8	0～6.8	3.2 (17,970)
	3〃	0～10.3	0～10.5(1)	0～12.5	0～10.5	0～10.5	0～10.5	4.5 (12,700)	0～10.5	0～10.5	4.5 (12,700)
	4〃	－	－	－	－	－	－	6.8 (8,450)	－	－	6.8 (8,450)
	5〃	－	－	－	－	－	－	10.1 (5,720)	－	－	10.1 (5,720)
	アワーメータ（購入年月）	－	5054	5047	1572	1298	0019	－	39071	7930	0775
スクレーパ	名称規格	ルトルノS8	ルトルノS14	国土開発S16	国土開発S22	国土開発S22	国土開発S22	三井日開S15	国土開発S22	三井日開S14	三井日開S15
	型式	8cu	－	16SA	22SA	22SA	22SA	FA－15	22SA	FA－14	FA－15
	容量 平積(m³)	5.9	12.3	13.8	16.8	16.8	16.8	11.8	16.8	11.0	11.8
	容量 山積(m³)	7.8	15.1	17.6	21.4	21.4	21.4	15.0	21.4	14.2	15.0
	重量 空車時(kg)	7,212	11,499	13,760	15,200	15,200	15,200	12,800	15,200	12,500	12,800
	重量 平積時(kg)	－	－	31,440	39,550	39,550	39,550	30,500	39,550	28,450	30,500
	掘削巾(mm)	2,590	2,896	2,675	3,050	3,050	3,050	2,764	3,050	2,764	2,764
	ホッパ容量 巾(mm)	2,590	2,896	2,675	3,050	3,050	3,050	2,680	3,050	2,680	2,680
	ホッパ容量 奥行(mm)	1,016	1,499	1,650	1,750	1,750	1,750	－	1,750	1,360	－
	操作方式	ケーブル	ケーブル	ケーブル	ケーブル	ケーブル	ケーブル	ケーブル	ケーブル	ケーブル	ケーブル
	タイヤ 前輪サイズ	16.00－20－16PR	18.00－25	21.00－24－20PR	21.00－24－24PR	21.00－24－24PR	21.00－24－24PR	18.00－25－16PR	21.00－24－24PR	18.00－25－16PR	18.00－25－18PR
	タイヤ 後輪サイズ	16.00－20－16PR	26.50－25	24.00－25－24PR	24.00－25－24PR	24.00－25－21PR	24.00－25－24PR	18.00－25－24PR	24.00－25－24PR	18.00－25－24PR	18.00－25－25PR
	組合せ状態での最小施回半径	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	製作年月	－	－	S39年6月	S43年1月	S44年1月	S43年12月	S36年1月	S44年1月	S42年5月	S44年1月

表－１０　短期調査組合せ機械と調査内容

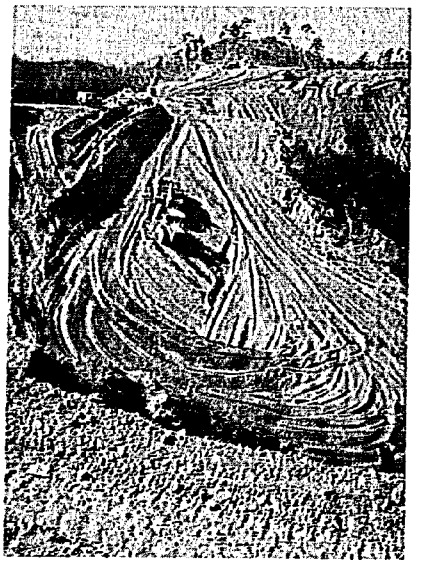
短期調査分類（No）	調査対象組合せ機械（Sc－No）	調査場所	調査年月日	作業土質	調査現場の地形（高低差－平均勾配）作業方法，組合せ機械等	備考
S－2	D－6＋S8	白井	S43.11.18 ～S43.11.20	（表－１３参照）	（表－１２参照）	
T－1	D853＋S1402	高崎コロニ	S44.3.27～44.3.29 S44.4.30～44.5.2	（〃）	（〃）	
T－2	D882＋S1612	〃	〃 〃	（〃）	（〃）	
T－3	D8827＋S2218	〃	〃 〃	（〃）	（〃）	
M－1	機械7台（図－13参照）	町田	S44.6.16 ～S44.6.17	（〃）	（〃）	

表－１１　現場実測調査に使用された測定方法と測定器

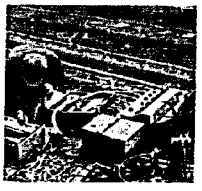
分類	測定項目		使用計測器	測定方法
短期調査	機械に関する測定	サイクルタイム	ペン書きオシログラフ，マイクロスイッチ，ペン書きオシログラフ用増巾器	スクレーパの前進，掘削（積込）運搬，捨土（盛土）ギヤ入替等の任意の動きを遠方より監視しながらマイクロスイッチのボタンを押すことにより，電磁記録ペンにてオシログラフペーパーへ記録し，各動作別に時間を読みとる。単位はSecとした。
		積込土量	カメラ，物差し	ボウル積込容量はボウル内の寸法を区分求積により求め，調査中は写真撮影，目視による測定を行なって決定した。
		移動距離	マイクロスイッチ テレメータ（ST－410，KKブリモ） ペン書きオシログラフ （WR211－80 渡辺測器）	スクレーパの前輪軸へマイクロスイッチを取り付け前輪1回転で1パルスを発生させ，出力電流をテレメータの送信用増巾器に入れ送受信し，その出力電圧を遠方監視用ペン書きオシログラフに入れ，パルスを読みとり，較正値を算出して実際作業に於ける移動距離を算出。
	地形に関する測定	高低差	レベル，箱尺	地形の高低はレベルにて測定する。
		勾配	レベル，箱尺，角度計 ポール	平均勾配についてはレベルにて計測した高低差と巻尺で計測した移動距離より計算した。ある短い区間の勾配はポールと角度計にて平均的な勾配を測定した。
	土に関する試験	掘削路面，走行路面及びスクレーパへ積込んだ土の単位体積重量	モールド （容積3,000，1,000，600 55 cm^3）	積込土は容積3,000 cm^3 のモールドを押し込んで資料採取。地山の場合は容積1,000，600，55 cm^3を地山に打込んで資料を取り単位体積重量を測定する。
		掘削路面，走行路面及びスクレーパへ積込んだ土の含水比	JIS1203，土の含水量試験方法にもとづく試験器	JIS 1203にもとづく試験方法
		土の粒度分析	JIS1204，土の粒度試験方法に示す試験器	JIS 1204にもとづく試験方法
		土のコンシステンシー試験	JIS1205，土の液性限界試験方法に示す試験器	JIS 1205にもとづく試験方法
			JIS1206，土の塑性限界試験方法に示す試験器	JIS 1206にもとづく試験方法
		土粒子の比重試験	JIS1202，土の粒子の比重試験方法に示す試験器	JIS 1202にもとづく試験方法
		土のセン断強度	一面セン断試験機 （ロ丸東製作所，三笠式） セン断リング，D＝60mm	セン断試験用試料リング又は1,000 cm^3モールドにて現場の資料を採取し，一面セン断試験機にてセン断抵抗を測定
		掘削走行路面のコーン指数	コーンペネトロメータ	コーンペネトロメータにて走行路のコーン指数の測定
		掘削，走行路面の貫入試験	土研式貫入試験器	土研式貫入試験器を用いて土の貫入抵抗を測定し，土のかたさを貫入量 回/cm で標示した。
長期調査	作業日数，休止日数，作業時間		積算時間計（実作業時間） （レボグラフ，矢崎総業製 24時間－7日用）	調査用機械に稼働時間監視用の積算時間計を取り付けて，機械の運転に応じて振動，エンジン回転数，燃料消費量を記録させた。記録紙の入替えは1週に1度行ない一工期間続けた。
	作業量		――	調査期間中 作業日報を提出依頼し，作業量を読みとる。
	燃料消費量		――	日報より補給燃料の量を読みとる。
	雨量調査		雨量計	調査期間中 雨量測定表を作成依頼し，降雨量を読みとる。



写真－1　白井現場

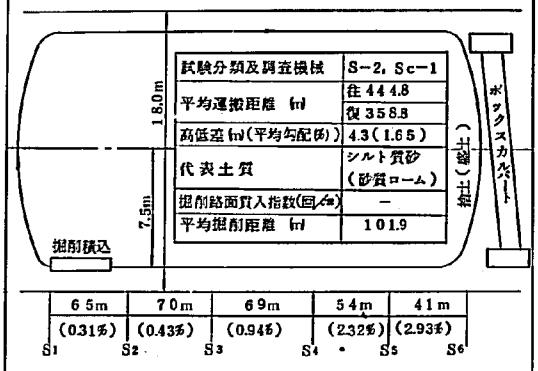
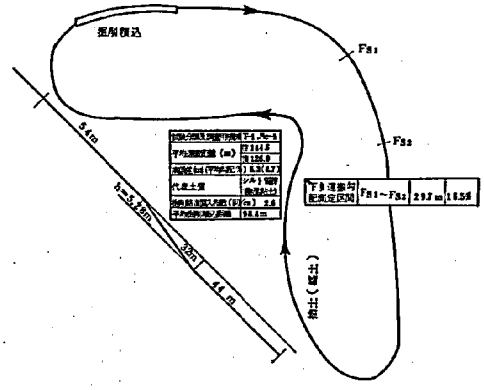
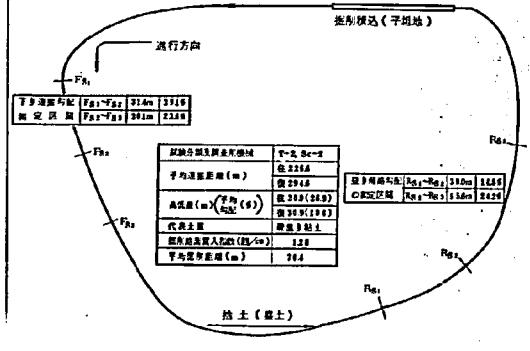


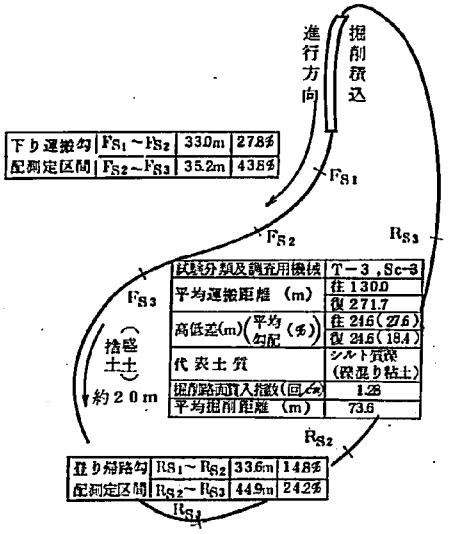
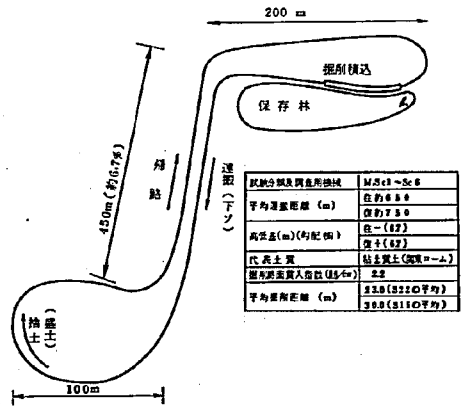
写真－2　高崎現場



写真－3　測定状況

表－１２　調査対象機械の作業ループと作業条件

調査場所	スクレーパ作業平面図	作業現境
S－2		道路の新設工事現場である。なだらかに傾斜したローム質の幅，約１８ｍの路面を１組のスクレーパが掘削作業を行ない，ボックスカルバート付近へ盛土を行なう。
T－1		広大な場所の宅地造成作業現場である。山の起伏が激しいので最初の頃は１～２組のスクレーパのみであったが最盛期は４～５組のスクレーパを各ブロックごとに作業に使っていた。 Ｔ－１は固結した砂，ローム質を含む砂礫層を自力にて掘削積込をする。旋回個所は狭い。左図は短期調査のときの作業図であるが，宅地造成工事の関係で長期間では各所で作業を行なったり，作業条件（土質，勾配，作業ループ）が変化している。
T－2		上記と同じ工事現場の宅地造成工事である。左図は短期調査時の作業図で条件の変化は上記と同じである。ブルドーザ等で平らに均らされた谷底へ，山の頂上付近を平らに均らした砂礫層にリッパーをかけ，その土をスクレーパで自力積込を行ない急激な斜面を下って谷底へ埋め立てて行く。帰路は下りよりゆるやかな登りとなっている。

調査場所	スクレーパ作業平面図	作業環境
T－3		T－2と同じ場所，条件である。作業ループがT－2の一部となっている。掘削作業は下り勾配を利用している。 長期では場所，作業条件は変化している。
M－1		宅地造成工事現場でなだらかで広大であるので大量のスクレーパが一定地区の掘削を行ない，低地の一定場所へ盛土を行なう。土質は関東ロームと言われるもので自然含水比が高く，掘削場所ではブッシャーを付けている。何回か同じ場所を掘削していると土がこねかえされて軟弱になる。タイヤ式ブッシュドーザでは役立たずモータスクレーパを始め，被けん引スクレーパでも途中でしばしば立往生していた。モータスクレーパはブッシャーなしでは全然積込みはできない。

4. 調 査 結 果

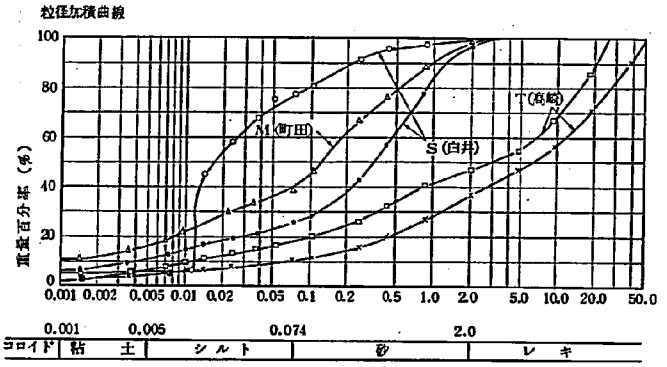
4・1 土 質 試 験

表－１３は各調査対象機械が作業を行なった現場の代表的な土の試験結果の一覧表である。土質試験は掘削積込路面，走行路面等について調査を行なってある。なお土質が各種にわたっている場合はそれぞれの土質を採取し試験を行っている。従って短期調査の場合はそれぞれの土質についての記録をとるようにしている。長期調査の場合の解析は代表的な土を選んでいる。

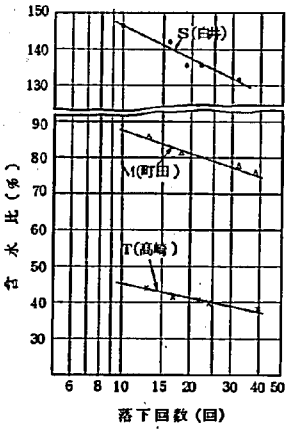
図－９は粒度試験結果で，各土質の試験を同時に示してある。土質分類記号は表－１３の土質試験一覧表によった。図－１０は土のコンシステンシー試験の結果を示したものである。

試料番号	レキ分(%)	砂分(%)	シルト分(%)	粘土分(%)	コロイド分(%)	最大径(mm)	60%径(mm)	30%径(mm)	10%径(mm)	均等係数	曲率係数	2000μフルイ通過率(%)	420μフルイ通過率(%)	74μフルイ通過率(%)	三角座標法による分類	統一分類法	備考
S（白井）	(2.0) 3.0	(18.0) 71.0	(71.0) 15.0	(5.0) 10.0	(5.0) 6.0	(4.76) 4.76	(0.03) 0.45	(0.012) 0.105	(0.012) 0.004	(2.5) 112.5	(0.4) 6.125	(98.0) 97.5	(95.0) 57.0	(76.5) 26.0	(シルト質ローム) 砂質ローム	(砂質土) シルト質砂	
T（高崎）	(69.0) 63.0	(18.0) 26.0	(10.0) 7.0	(2.5) 4.5	(2.0) 2.0	(25.40) 50.80	(7.00) 11.00	(0.350) 1.100	(0.010) 0.007	(700.0) 1571.4	(1.75) 15.714	(47.0) 37.0	(32.5) 19.0	(19.0) 11.0	(礫混粘土 / 礫混粘土)	(礫 土) シルト質礫	
M（町田）	2.0	46.0	33.0	17.0	11.0	4.76	0.17	0.013	－	－	－	98.0	76.0	48.0	粘 土	粘 土 質 土	

（　）印は採取場所は異なるが類似の土の試験値である。



図－９ 粒度試験結果



図－１０ 流動曲線

表－１３　調査現場土質試験一覧表

現地名	土質分類（名称及び各記号）三角座標分類	統一分類（分類名）	現地採取 自然含水比 W(%)	地山の単位体積重量 γd (g/cm³)	ほぐした土の単位体積重量 (g/cm³)	地山の乾燥密度 (g/cm³)	コーン指数 (Kg/cm²)	貫入指数 (回/cm)	セン断強さ みかけ粘着力 C (Kg/cm²)	セン断強さ セン抵抗角 φ (度)	室内試験 土粒子の重比	最適含水比 (%)	最大乾燥密度 γd (g/cm³)	コンシステンシー試験 液性限界 LL (%)	塑性限界 PL (%)	塑性指数 PI	流動指数 If	資料採取場所及び年月日 場所（状態）	採取年月日	備考
S（白井）	砂質ローム	シルト質砂	(1258)	(1231)	－	(0545)	－	－	(030)	(28°18')	(2742)	－	－	(1828)	(1415)	(413)	(195)	掘削場所	(S43731)	
			1295	1117	0941	0487	－	－	－	－	2641	－	－	1345	1049	296	286	（地山）	S431118	
T（高崎）	礫混り粘土	シルト質礫	(167)	－	－	－	－	128	－	－	(2681)	－	－	(455)	(223)	(232)	(111)	掘削場所	(S44 5 1)	
			232	－	－	－	－	26	－	－	2675	－	－	405	129	276	127	（ルーズ）	S44 5 2	
M（町田）	粘土	粘土質土	768	1425	－	0806	－	22	－	－	2801	－	－	796	678	118	220	掘削場所（地山）	S14 616	

（　）印は採取場所は異なるが類似の土の試験値である。
走行路面，掘削路面で土の性質が大きく違うときは各グループごとに試験記録をとる。
一軸又は三軸圧縮試験を行なった場合は記録表に加える。

4.2 短期調査

表－１４短期調査の結果の一例を示す。データは各サイクルごとに細部の作業条件について記録を行なった。なお，試験方法，現場の地形，土質，対象機械等は３章の試験方法にまとめてあるのでそれ等の表より記号にて記入した。

図－１１，１２，１３は各サイクルのうちの短期的な作業要因である各作業動作の移動距離と作業時間の関係について示したものである。この図より，表－１５にスクレーパの短期調査集計表を各作業の平均距離，平均作業スピードについて示してある。この結果より表－１６に二つの現場の作業条件の違う所の標準的な掘削運搬作業を行なうスクレーパのサイクルタイムと各動作の時間割合を示す。従ってこの表よりサイクルタイムの増大には掘削時間と移動時間を短かくする工夫が必要であることがわかる。これ等のデータに基づき第５章の図－１８に作業能力の計算を第２章２－１式を使って計算した結果が示してある。

図－１４，１５は土の強度特性及び土質と掘削積込時間及び距離との関係を示したものである。理論のところで述べたように，掘削時間は土質により大きな影響を受けている。ローム土の掘削と固結した礫混り土では，礫混り土を掘削積込する場合，リッパー・ドーザを付けても長時間を要している。これは掘削抵抗が大きいので，作業スピードと掘削深さが減少している事を示している。また関東ロームなどの高粘性土でもけん引力の減少により，掘削深さが減少して同じように積込時間，距離が長くなるが，今回の調査はプッシュ・ドーザを付けているので比較的短かい距離で積込みを行なっている（図－１３）

図－16は路面勾配とスクレーパの各種動作による移動時間について調査したものである。勾配の影響は相当でているようである。この図に図－20より求めた理論値を同時に示してある。

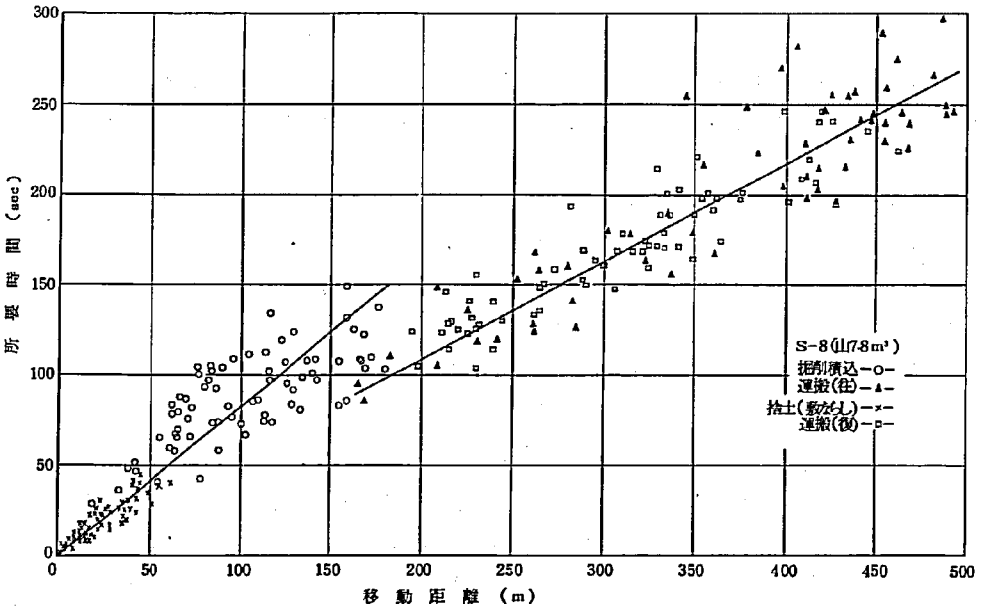
表－14　短期調査結果（測定記録例）

スクレーパサイクルタイム測定記録

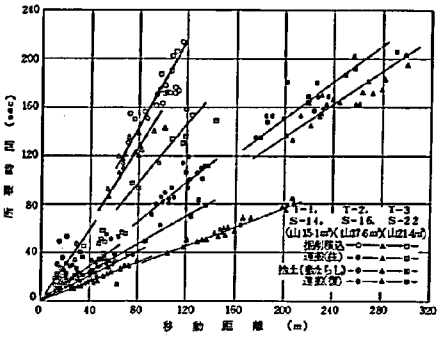
測定分類　短期調査（T－1）　　測定場所　高崎コロニ（T－1）　　測定年月日　天候　44年5月2日　快晴

スクレーパ試験番号　D853+S1402　　土質条件・路面条件　埋戻り粘土，乾燥したかたい路面　　測定時間　9時58分－11時57分

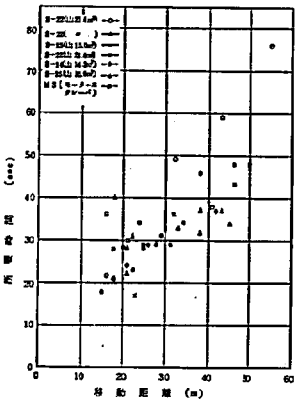
整理番号	土質	作業場の評価	スクレーパ有無	その他補助機械 ブッシャー有無	作業速度段 掘削	運搬	捨土	帰路	積込オペレータ評価	路面平均勾配(%)	路面平均勾配(%)	旋回半径 前方 R_1(m)	旋回半径 後方 R_2(m)	作業距離(m)	ギヤー切換回数(回)	ボウル積込容量(m³)	掘削区間 距離(m)	掘削区間 時間(sec)	運搬区間 距離(m)	運搬区間 時間(sec)	捨土(盛土)区間 距離(m)	捨土(盛土)区間 時間(sec)	移動(帰路)区間 距離(m)	移動(帰路)区間 時間(sec)	停上時間(sec)	合計距離(m)	合計時間(sec)	備考
1	B	無	無無	1	2	2	3	B	5.3	4.7	16.0	7.0	130.0	3	B	117.1	212.9	40.9	33.0	18.2	14.8	120.7	97.7		297.2	358.4	
2	〃	〃	〃〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	4	B	98.2	186.6	39.7	23.8	21.5	14.3	99.1	82.0		258.5	311.7	
3	〃	〃	〃〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	4	B	108.2	202.3	54.0	28.9	13.1	21.5	120.6	119.1		295.9	371.8	
4	〃	〃	〃〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	4	A	75.6	150.3	70.8	38.7	16.5	19.9	122.0	101.3		284.9	310.2	
5	〃	〃	〃〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	3	A	72.6	154.0	60.0	28.7	16.5	13.8	95.3	78.9		243.4	274.4	
6	〃	〃	〃〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	4	A	94.5	171.0	55.4	24.5	17.7	17.3	131.3	108.7		299.0	322.5	
9	〃	〃	〃〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	4	A	100.5	176.2	53.6	31.4	29.3	45.2	116.8	114.9		300.2	367.7	
10	〃	〃	〃〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	4	A	99.2	163.2	42.4	20.0	19.9	21.9	109.0	86.1		269.5	291.2	



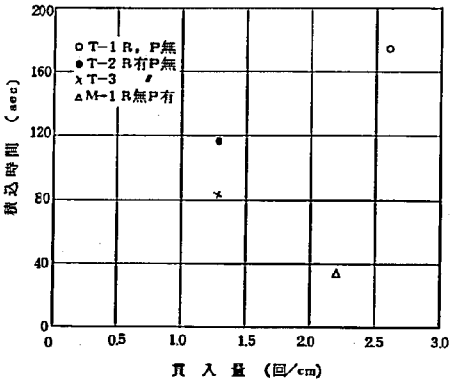
図－11　移動距離と各動作時間の関係（白井）



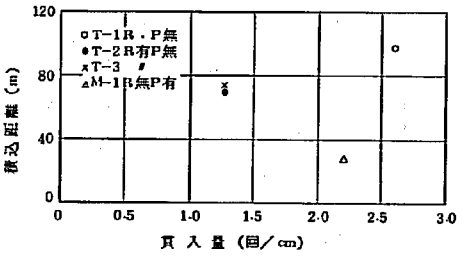
図—12　移動距離と各動作時間の関係（高崎）



図—13　各機種による移動距離と掘削時間の関係（町田）



図—14　土の強度特性（土質）と積込時間



図—15　土の強度特性（土質）と積込距離

表−15　スクレーパ短期調査集計表

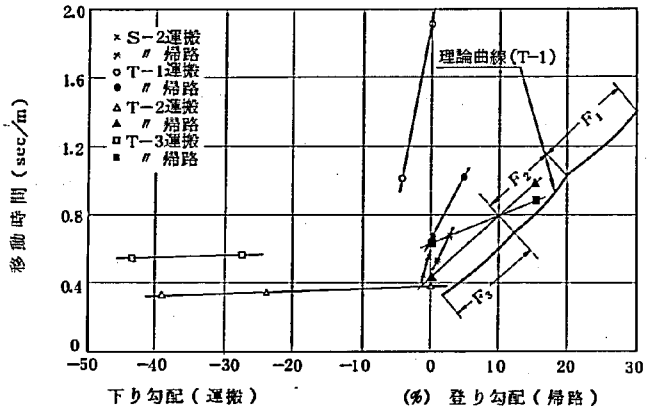
調査場所	組合せ機種	測定年月日時刻天候	調査現場広さ，路面状況作業状況（施工条件）	掘削土質及び強度	作業条件：土の貫入指数又はコーン指数 掘削面	走行面	捨土面	高低差(m)	平均勾配(%)	リッパー(RP)有無	対ベレー刃	作業速度 掘削	運搬	捨土	帰路	平均	勾配	測定項目：旋回半径 往(m)	復(m)	掘削面から捨土場までの距離(m)	ギヤー切換数(回)	1サイクルの平均作業量(m³)	各動作の平均作業時間と距離：掘削区間 距離(m)	時間(sec)	運搬区間 距離(m)	時間(sec)	捨土区間 距離(m)	時間(sec)	移動(帰路)区間 距離(m)	時間(sec)	切替時間(sec)	合計 距離(m)	サイクルタイム(sec)	区間移動時間の測定（勾配%～sec/m）往路 S_1～S_2	S_2～S_3	復路 S_1～S_2	S_2～S_3
T−1	D8H&14	S44.4.30～44.5.2 晴	旋回個所は多く時折り捨土場所で切り返しを行う。掘削も登りで行ったり，旋回しながら行う事があった。	シルト質粘土混り粘土	2.6回/cm	−	−	5.3	往− 4.7 復＋ 4.7	−	−	1	2～3	3	3	3～2	15.0	7.0	運搬路は長だ円	4～5	12.3	98.4	174.2	45.2	26.1	18.4	24.8	107.6	93.4	− 27	0.6	318.5	−16.5～0.79		+16.5～1.45	
T−2	D8H&16	S44.4.30～44.5.2 晴	掘削面，捨土面も広大である。掘削面は平坦であり土は良い	〃	1.28回/cm	−	−	30.9	往−26.9 復＋18.4	R	−	1	2～3	3	3	3～2	大きく旋回	大きく旋回	運搬路は長だ円	〃	15.7	70.4	115.6	156.2	60.4	4.75	19.4	247.1	166.5	− 52	1.6	361.9	−39.1～0.342	−23.6～0.313	+14.8～1.0	+21.2～0.698
T−3	D8H&22	S44.4.30～44.5.2 晴	掘削面は急勾配を利用している。掘削捨土面ともよい	〃	1.28回/cm	−	−	24.6	往−27.6 復＋18.4	R	−	1	2～3	3	3	3～2	〃	〃		〃	18.8	7.36	83.1	56.4	36.3	19.4	21.9	252.3	189.2	− 40	1.7	330.5	−27.8～0.687	−43.8～0.795	+14.8～0.783	+21.2～0.82
S−2	D6H&8	S43.11.18～43.11.21 晴	道路敷地内であるが旋回はた分である。	シルト質砂（砂質ローム）	−	−	−	4.3	往−16.5 復＋16.5	−	−	1	2～3	2	3	3	15.0	15.0	4.45	4	6.5	101.9	86.7	342.9	215.7	23.1	17.7	335.7	189.3	− 8	03.6	509.4	+0.31～−0.55 −0.43～−0.45 −0.91～−0.43	−2.32～−0.54 −2.93～−0.72	+2.93～−0.63 +2.32～−0.3	+0.94～−0.52 +0.43～−0.55 −0.31～−0.67
※ M−1	Sc1～6	S44.6.16～44.6.17 曇	広大な丘陵地であり，自由に動ける。土質の関係で前日に雨が降り軟弱である。二次捨土を行う（関東ローム）	粘土質土（粘土）	2.2回/cm	−	−	−	往− 6.7 復＋ 6.7	P	−	1	2～3	2	3	2	大きく旋回	大きく旋回	− −	− −	21.4 15.0	23.0 30.0	27.5 32.5	− −	− −	− −	− −	− −	− −	− −	− −	− −	− −	−22の平均 −15の平均	

※ M−1は掘削作業のみ測定

表－16　スクレーパの平均作業距離とサイクルタイムの比率（短期調査）

調査場所	組合せ機種	掘削作業				運搬作業（積荷往路）				敷き均し作業（捨土）				帰路（空荷）				その他時間		サイクル	
		距離(m)	時間(sec)	作業スピード(m/sec)	※比率(%)	距離(m)	時間(sec)	作業スピード(m/sec)	比率(%)	距離(m)	時間(sec)	作業スピード(m/sec)	※比率(%)	距離(m)	時間(sec)	作業スピード(m/sec)	※比率(%)	時間(sec)	距離(m)	距離(m)	サイクルタイム(sec)
T－1	D8＋S14	98.4	174.1	0.57	54.7 36.4	46.2	26.1	1.77	8.2 17.1	18.4	24.8	0.74	7.8 6.8	107.6	93.4	1.15	29.3 39.7	－	－	270.6	318.5
T－2	D8＋S16	70.4	115.6	0.61	31.9 13.5	156.2	60.4	2.59	16.7 30.0	47.5	19.4	2.45	5.4 9.1	247.1	166.5	1.48	46.0 47.4	－	－	521.2	361.9
T－3	D8＋S22	73.6	83.1	0.89	25.1 18.4	56.4	36.3	1.55	11.0 14.0	19.4	21.9	0.89	6.6 4.8	252.3	189.2	1.33	57.3 62.8	－	－	401.7	330.5
S－2	D60＋S8	101.6	86.7	1.17	17.0 12.7	342.9	215.7	1.59	42.3 42.7	23.1	17.7	1.31	3.5 2.8	335.7	189.3	1.77	37.2 41.8	－	－	803.6	509.4
※M－1	S22平均	23.0	27.5	0.84	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	S15平均	30.0	32.5	0.92	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－

※　比率の上段は時間，下段は距離



図－16　路面勾配と移動時間の関係

4.3 長期調査

表－17に長期調査用の稼働日報の測定記録の一例を示しておいた。各作業条件は現場の日報及び各項目について現場監督員に毎日の作業条件を記入してもらったものである。

図－17は調査対象機械及びその関連機械が調査現場で稼働した状況を月別の棒グラフによって示したものである。

表－18はスクレーパの長期作業分析を行なった集計表である。これは長期調査の稼働日報より集計したもので，

表—17　長期調査測定記録例

長期調査測定記録（日報・レポグラフ等より）

調査機械番号D8827＋S2218　　調査期間44年3月30日～5月23日　　調査場所．群馬県高崎市（コロニ）

調査機械規格CatD−8＋16.8（平．m³）　　作業工種，宅地造成工事　　現場責任者名 ① —　② —

5月／日	天候	自然条件 1日の降雨雪量(mm)	作業の種類と休止理由（修理も含む）	土質分類	自然含水比(%)	作業条件 平均移動距離（直線距離も記入）(m)	高低差(m)	平均勾配(%)	qc，又は貫入指数(Kg/cm²)(回/cm) 掘削面(回/cm)	運搬面(回/cm)	捨土面(回/cm)	その他機械 組合せ機械（ブッシャー）	路面補修組合せ機械	作業量 サイクル数(回)	作業量(ルーズ)(m³)	作業時間 アワメータの読み	全作業時間（機械現場拘束時間）(h−m)	運転時間（エンジンの運転を伴う点検と短期的な待ち）(h−m)	実作業時間(h−m)	作業待時間（点検時間・エンジン停止）(h−m)	休憩時間（昼，途中）(h−m)	整備・修理時間(h−m)	その他時間（移動・輸送時間）(h−m)	消耗品材料等（記号記入）燃料・油脂・その他	オペレータ分類 スクレーパ以外の作業 修理内訳 金額 スクレーパ交換
1	晴		※B	粘土砂岩	60～80	※300	24.6	23.03	1.5	1.5	—	R	自走	102	1734	1572	※※14−12	※※—	11−59	2−13	—		—	GR	OP.A.B
2	〃		〃		〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	98	1666	1586	13−58	—	13−28	0−30	—		—	〃	〃
③	〃		〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	54	918	1602	14−00	—	9−48	4−12	—		—	E·O·GR	〃
④	〃		〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	80	1360	1618	13−55	—	13−20	0−35	—		—	GR	〃
⑤	〃		〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	77	1309	1632	11−45	—	10−48	0−57	—		—	E·O，GR	〃
6	〃		〃	山砂軟岩	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	60	1020	1642	13−51	—	11−32	2−19	—		—	〃 〃	〃
7	〃		〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	111	1887	1662	18−01	—	11−58	3−33	—	2−30	—	GR	H／W伸 〃
8	〃		〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	89	1513	1678	13−57	—	12−53	1−04	—		—	E·O，GR	〃
9	〃		〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	82	1394	—	14−05	—	12−04	2−01	—		—	GR	〃
10	〃		〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	85	1445	1707	12−03	—	10−19	1−44	—		—	〃	〃
⑪	雨後曇	2.5																							公休日
12	晴		B	山砂軟岩	60～80	300	24.6	23.03	15	15	—	R	自走	76	1292	1721	12−15	—	11−40	0−35	—		—	GR	OP.A.B
13	曇後雨	4.0	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	61	1037	1738	20−06	—	11−45	6−21	—	2−00	—	E·O GR	H／W交換 〃
14	晴後小雨	0.4	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	40	680	1749	13−48	—	9−05	0−43	—	4−00	—	E·O GR CCV	CCV洩れ E O 交換 〃
15	晴後小雨	0.7	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	70	1190	1768	13−51	—	12−57	0−54	—		—	GR	〃
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	

※作業の種類，土質等は1日主として作業を行なった平均的なものを記入。
平均移動距離は土の1日の平均重心間の移動距離である。

※※運転時間とは機械が本来作業を行なった時間（実作業時間）の他に点検のためのならし運転，待のためのならし運転を含む機械のエンジンが動いている間の時間をいう。
全作業時間とはエンジンを運転しない点検時間・作業待時間・休憩時間（昼，途中）・整備，修理に要する時間と運転時間を加えた運転員及び機械の拘束時間である。

表18　スクレーパ長期作業分析集計表（表−12，13参照）

作業場所（調査場所）	組合せ機種（スクレーパNO）	作業土質（NO）	作業期間（調査期間年月日日数）	機械運転作業内訳 運転日数（日）	運転時間（h−m）	実作業時間（h−m）	全作業量（m³）	全燃料消費量（ℓ）	スクレーパ作業（掘削，整地，運搬その他）けん引車作業（掘削，整地，押土その他） 作業の種類	日数（日）	運転時間（h−m）	実作業時間（h−m）	作業量（m³）／時作業実間作業当量（m³/h）	全サイクル（cy）／業量ール当サイクル作業（m³）	燃料消費量（ℓ）／燃料時間消費実作業当量（ℓ/h）	修理日数（日）	休車日数（日） 雨天	段取待	公休日	備考
白部井一（S−1）	D6C＋S12	ローム土	S43.7.22〜S43.8.19 28日	28	244−13	225−00	※※9,132	−	スクレーパ ブルドーザ	15 13	143−20 100−53	135−53 89−07	9,132／67.21 —	1,405／6.5 —	—／— —	0	0	0	0	レポグラフ調査
白部井二（S−2）	〃＋〃	〃	S43.11.1〜S43.12.4 35日	32	367−51	305−40	15,769	−	スクレーパ	32	367−51	305−40	15,769／51.58	2,426／6.5	—／—	0	3	0	0	〃
高コロ崎二（T−1）	D853＋S1402	礫り土じ	S44.3.4〜S44.5.16 75日	56	484−30	414−30	※※27,330	17,340	スクレーパ ブルドーザ	45 11	416−00 68−30	351−30 63−00	27,330／77.75	2,733／10	16,090／45.78 1,250／19.84	7	8	0	4	
									スクレーパ	45	413−26	316−39	29,938／94.55	2,434／12.3	1,750／53.84	6	1	1	2	レポグラフ調査（3/21より）
〃（T−2）	D882＋S1612	〃	S44.4.2〜S44.5.23 52日	45	503−30	437−30	35,139	19,075	スクレーパ	45	503−30	437−30	35,139／80.32	2,703／13	19,075／43.60	2	2	1	2	
									スクレーパ	45	567−57	487−33	36,114／74.07	2,315／15.7	16,250／33.33	2	2	1	2	レポグラフ調査
〃（T−3）	D8827＋S2218	〃	S44.3.31〜S44.5.23 55日	47	588−00	513−00	79,220	25,400	スクレーパ	47	588−00	513−00	79,220／154.42	4,660／17	25,400／49.51	2	3	1	2	
									スクレーパ	47	521−20	443−58	66,890／150.67	3,558／18.8	19,700／44.37	2	3	1	2	レポグラフ調査
〃	D8822＋S2215	〃	S44.4.16〜S44.6.14 59日	48	560−30	523−30	72,828	25,810	スクレーパ	48	560−30	523−30	72,828／139.12	4,284／17	25,810／49.30	0	7	0	4	
〃	D8817＋S2209	〃	S44.4.12〜S44.6.30 79日	54	641−30	590−30	78,948	27,900	スクレーパ	54	641−30	590−30	78,948／133.69	4,644／17	27,900／47.25	2	8	11	4	
〃	D983＋S2210	〃	S44.4.7〜S44.5.14 37日	27	実作業時間に同じ	266−30	31,977	10,040	スクレーパ	27	−	266−30	31,977／120.00	1,881／17	10,040／37.67	6	2	0	2	
〃	D80＋S12	〃	S44.3.19〜S44.4.20 32日	25	〃	200−30	※※16,299	7,380	スクレーパ ブルドーザ	21 4	− −	170−30 30−00	16,299／95.60 —／—	1,811／9 —／—	6,580／38.59 800／26.67	3	3	0	1	
〃	D625＋S8	〃	S44.5.24〜S44.6.14 22日	14	131−00	116−00	4,230	2,880	スクレーパ	14	131−00	116−00	4,230／36.47	705／6	2,880／24.83	0	5	1	2	

※　レポグラフ調査の作業量は1サイクル当り容量を短期調査の実績より算出している
※※スクレーパ作業のみの全作業量である。

現場の機械の移動，地形の変動等が激しいものについては運搬距離を考慮した時間当り作業量の標準は出ないので，短期調査との比較は難かしいと思われる。

表−18より実作業時間率（He），運転時間率（Eh），運転日数率（Df）等がわかる。機械投入期間が2〜3ケ月であるが単純に年間に直して調査の日数率・時間率を使って計算すると年間稼働日数及び年間の可能作業量と1日平均運転時間は表−19に示すとおりとなる。

4.4 各要因と作業能力の検討

今2·1の式（2−1）〜（2−6）と2.4の要因特性図の検討で示した道路土工指針の各表（表−3,4,5）を使って，今回の調査結果を検討してみる。今，作業能力の式（2−1）を下記のように書き換える。

$$Q = \frac{3600 \cdot q \cdot f \cdot E}{Cm} \quad \cdots\cdots (4-1)$$

$$Cm = \frac{D}{v_d} + \frac{H}{v_h} + \frac{S}{v_s} + \frac{R}{v_r} \quad t_g \quad \cdots\cdots (4-2)$$

ここに Q：時間当り作業量 (m³/h)

f：1とする

q：積込容積 (m³)

E：作業効率

Cm：サイクルタイム (sec)

D，H，S，R：積込，運搬，捨土（敵土），帰路距離 (m)

v_d，v_h，v_s，v_r：積込，運搬，捨土（敵土），帰路速度 (m/sec)

t_g：ギアの入れ換えなどに要する時間 (sec)

上式より表−19に測定結果と各作業条件を仮定した時の道路土工指針の結果との比率が示してある。その結果に基づき図−18に今回の調査機械の標準作業能力と運搬距離の関係が示してある。同時に長期調査より運搬距離を推定して1日当りの作業量より計算した結果が記入してある。土工指針の係数を使って計算した結果も示しておいた。道路土工指針の作業能力の検討では実作業時間に対する作業能力の計算までであるが，土工計画にあたっては更に機械の稼働率とか1日の使用状況も考慮する必要がある。長期の工事計画にあたっては機械の稼働時間が投入計画に大きく関係する。

4.5 路面勾配と作業スピードの関係

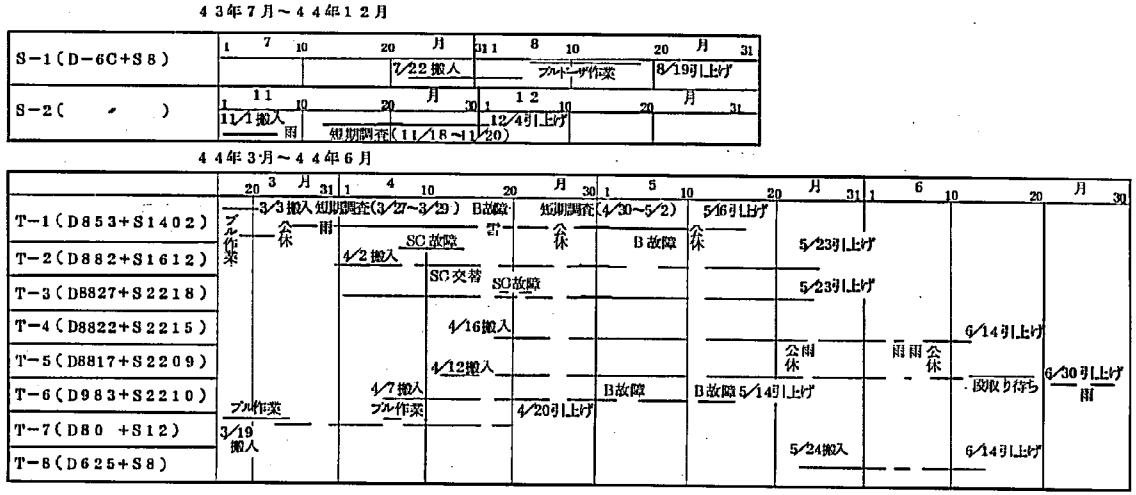
スクレーパ作業は運搬作業が主となるので，こゝでは運搬作業スピードが勾配に影響される様子を2.2節の式を使って検討してみた。図−19には一般の運行車輌の走行性能を示すために駆動車輌1t当りの各勾配によるけん引力・運搬車輌の転がり抵抵係数・運搬車輌1t当りの勾配抵抗・各速度段（履帯式ダイレクト・タイプ・トラクタ）におけるトラクタ重量1t当り機関回転力により発生するけん引力を示してある。

計算に使用したデータはスクレーパけん引用トラクタを9.32PS/t，（国産車の平均）けん引効率80%及び64%，各速度段の平均作業スピードを国産のブルドーザを参考として25Km/h，5Km/h，8Km/hとして計算してある。

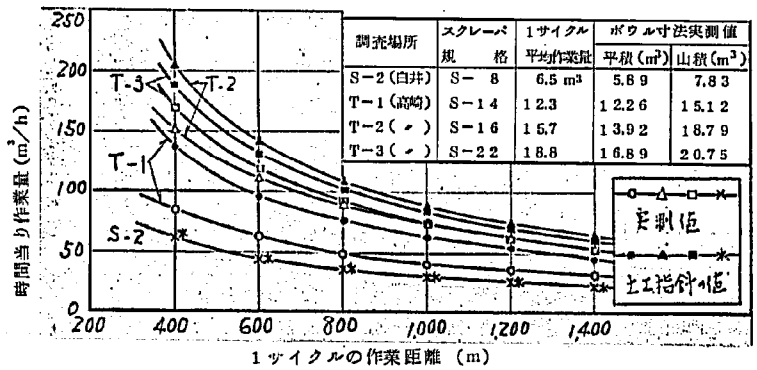
表－19　スクレーパの各作業条件による作業量及び作業係数の比較　（表－15，6参照）

調査場所	機種（検討分類）	調査現場の広狭状況	土質とその状況	高低差 (m)	機械の有無（ブッシャー等の組合せ）	ボウル容量 区分求積計算値 平積 (m³)	ボウル容量 区分求積計算値 山積 (m³)	ボウル容量 測定値 一サイクルの容量 (m³)	ボウル容量 測定値 容量係数 (5)	作業速度段 掘削	作業速度段 運搬	作業速度段 帰路	作業速度段 最急勾配での速度段	短期作業の単位移動距離当り時間 掘削作業 (sec/m³) (4)	運搬作業（積荷往路） (sec/m)	敷き均し作業（捨土） (sec/m) (4)	帰路（空荷） (sec/m)	固定時間 (9) (sec)	実作業時間の負荷率 (y₁) (1)	片道300m作業における距離係数 (Ec) (6)	作業距離（往路）300mにおける作業能力係数 (Ec) (6)	作業速度 (m³/h)	長期作業実績の比率（%） 実時作業率 (He)	運転時間率 (Ht)	運転日数率 (Df)	長負期荷の率 (y₂)	作業効率 (Et)	道路土工指針の作業効率 (Et) (B×Et) (B) (6)	道路土工指針（片道300m）で	長期作業速度（作業条件は平均化）長期間の実作業時間当り作業量 (m³/h) (7)	備考
白井	S－2	道路新設工事の切盛	シルト質砂	4.3	－	5.89	7.83	6.5	1.00	1	3	3	3	(101.9) 0.85	0.63	(23.1) 0.77	0.56	0	－	7.84	67	87.1	81.2	90.9	－	－	(0.8～0.7)	49	87	
高崎	T－1	高低差のはげしい宅地造成工事	シルト質砂（礫混り粘土）	5.3	－	12.26	15.12	12.3	1.00	1	2	2／3	2	(98.4) 1.77	0.57	(18.4) 1.35	0.87	0	－	70.7	79	76.8	76.6	74.7	(3) (49.4) 1.15	－	（〃）	96	106	
	T－2	土砂はかたく急斜面作業もある	礫混り土で常時リッパー使用	3.0.9	R	13.92	18.79	15.7	1.07	1	3	2／3	2	(70.4) 1.64	0.39	(47.5) 0.41	0.67	0	－	99.6	139	85.3	84.7	85.6	89.5	－	（〃）	168	193	
	T－3		〃	24.6	R	16.89	20.75	18.8	1.01	1	3	2／3	2	(73.6) 1.13	0.64	(19.4) 1.13	0.75	0	－	80.8	146	85.2	84.5	85.5	101.6	－	（〃）	143	214	
性能試験	(モータスクレーパ) TM－1	広大な性能試験場での作業試験 1サイクル約800m	礫混り砂質ローム 2.2回/cm	(%) 0.6	－	－	－	6.2	1.03	1	3	3	3	(68) 0.88	0.16	(40) 0.21	0.15	0	(2) 100	80.8	155	－	－	－	－	－	－		－	
	DP－1		〃	(%) 0.6	－	－	－	5.5	0.87	1	5	5	4／5	(40.8) 1.70	0.45	(17) 0.48	0.34	0	(2) 60.8	77.1	69	－	－	－	－	－	－		－	
	ME－1 (スクレーパドーザ)		〃 5回/cm	(%) 0.6	－	－	－	5.1	0.8	1	4	4	4	(29) 1.5	0.38	(28) 0.45	0.37	0	(2) 74.4	73.4	71	－	－	－	－	－	－		－	

(1) 機関の燃料消費率を200g／psh，燃料比重0.83で計算
(2) 性能試験，他は長期調査のデータである。
(3) ブルドーザ作業
(4) 2段書きの上段は作業距離（m）
(5) 仕様平積に対しての比率
(6) （　）は土工指針の条件に合せて推定した値（表－5参照）
(7) 実測値であり作業距離，作業条件はまちまちである。
(8) 理論作業量各速度的のスピード，ボウル容量平積は仕様値，掘削，捨土は実績を用いる。高崎は運搬作業3速帰路2速とした。
(9) 今回の調査ではギヤ切換時間，減加速時間は各動作の中へ入っている。



図－17　作業機械の月別稼動状況



調査場所	スクレーパ規格	1サイクル平均作業量	ボウル寸法実測値 平積（m³）	ボウル寸法実測値 山積（m³）
S－2（白井）	S－8	6.5 m³	5.89	7.83
T－1（高崎）	S－14	12.3	12.26	15.12
T－2（〃）	S－16	15.7	13.92	18.79
T－3（〃）	S－22	18.8	16.89	20.75

図－18　作業能力と運搬距離の関係

表－20 スクレーパの走行性能に関する仕様

試験分類	組合せ機械名	トラクタ						
		機関定格出力(PS)／(rpm)回転数	最大けん引出力(ps)	最大けん引効率(%)	速度(Km/h) 1速	2速	3速	トラクタ重量(Kg)
T－1	cat・D8－15A＋ルトルノS 14	165／1,200	148	89.7	5.95	8.7	12.5	19,300
T－2	cat・D8－46A＋国土開発16SA	202／1,200	159	78.7	3.9	6.8	10.5	21,500
T－3	cat・D8－46A＋国土開発22SA	202／1,200	159	78.7	3.9	6.8	10.5	21,500

試験分類	スクレーパ				空荷(トラクタ重量+スクレーパ重量)(Kg)	積荷(トラクタ重量+スクレーパ重量)(Kg)
	タイプ	山積容量(m^3)	空車時重量(Kg)	山積時重量(Kg)		
T－1	トルコン付	15.1	11,500	33,400	30,800	52,700
T－2	〃	17.6	13,800	37,400	35,300	58,900
T－3	〃	21.4	15,200	46,200	36,700	67,700

図－20は今回調査したスクレーパの重量・機関出力より計算した勾配による運行性能曲線図である。調査対象のスクレーパの仕様は表－20に示すものである。この機種はトルクコンバータ装備の履帯式けん引車によりけん引されるスクレーパである。すべり率を零とすると表－20よりこのスクレーパの運行方程式は次式で示される。

$$D_s = 0.64 \cdot N_e \quad \cdots\cdots (4-3)$$

$$D_s = \frac{F_m \cdot V}{270} \quad \cdots\cdots (4-4)$$

$$R_m = W \cdot R_r \quad \cdots\cdots (4-5)$$

$$F_m = R_m + 1000 \cdot W \sin \alpha \quad \cdots\cdots (4-6)$$

ここに D_s ：けん引出力 (PS)

N_e ：機関定格出力 (PS)

F_m ： 運行中のけん引力で全運行抵抗とつり合っている。(Kg)

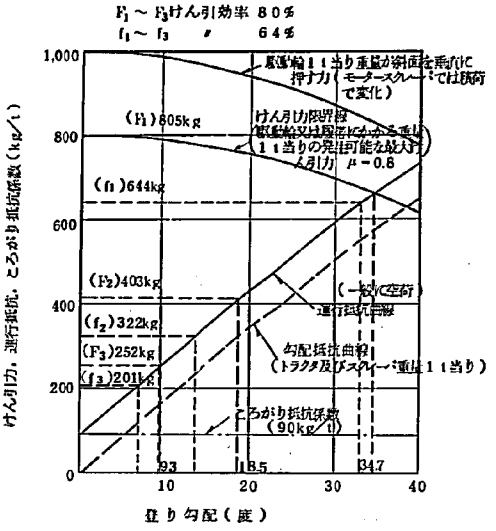
V ： 運行スピード (Km/h)

R_m ： 車輌の平坦地の走行抵抗 (Kg)

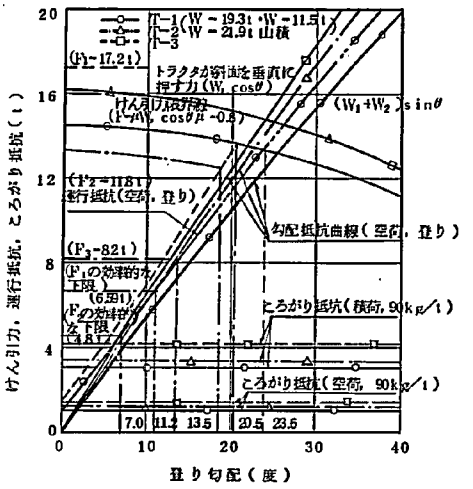
R_r ： 平坦地の走行抵抗係数 (Kg/t)

W ： 運行を行う車輌と積荷の全重量 (t)

α ： 路面勾配(登りを正とする) (度)



図－19　勾配とけん引力及び走行抵抗



図－20　勾配とけん引力及び走行抵抗
（今回の調査機械）

図-20は走行抵抗係数を90Kg／t，けん引効率64％，すべり率零として計算したものでけん引力限界線が正である間は走行可能となる。その限界角度は各速度段でそれぞれ23.6，20.5，13.5度である。破線は土の性質が悪い場合の予想けん引力限界線と運行抵抗曲線を示してある。図-16に上式を利用して各理論スピードと勾配の関係を示す。同時に実測値の運行スピードを示しておいた。理論スピードの曲線はずれているがこれはトルクコンバータ・タイプのトラクタのけん引特性図がわからないので，推定にもとづく各速度段のけん引効率のとり方に問題がある。また，すべり率を零としている事や，実測値に減加速時間が入り込んでいる事によると思われる。

以上多くの仮定を設けて建設機械の走行性能の推定方法について示したがこれ等の推定は，各土質・機種による走行抵抗係数やトラクタの性能試験を行なってけん引特性図が作成できれば，運行スピードが計算により求まり，トラクタでけん引作業を行なうスクレーパ等の長距離運搬用建設機械のサイクルタイムがわかり走行性能が計算で求まる。

5. ま　と　め

今回のスクレーパの調査は先にも述べたように，スクレーパの作業に影響を及ぼすあらゆる作業要因の検討と整理を行ない要因特性図の作成を行った。更に一部現地調査を行ない要因特性図のチェックと各要因の定量的な影響度について調査した。4.2の結果より作業要因のうち，勾配と作業スピード，土の強度特性とローディング時間及びローディング距離について4.2～4.5で検討を行なった。土の性質と組合せ機械によりローディング時間及び距離は大きな違いがあるようである。勾配の影響は悪路では大きくでている。4.4では作業能力の検討を行ない土工指針の標準値と比べてある。図－18，表－19にその結果が示してある。

スクレーパ作業では補助機械として，プッシュドーザ，リッパードーザを付ける事により能力の違いがある。高崎の例ではリッパードーザを付けなければスクレーパ作業は不可能な状況であった。

表－19には今回のスクレーパの各作業能力係数が示してある。年間に引き延した運転日数は273～332日となっており，高い運転日数率となる。また表－18，19より19t級のブルドーザ作業とスクレーパ作業に於ける時間当り燃料消費量はそれぞれ19.8ℓ/h，45.8ℓ/hであり後者が少し高過ぎるが2・3倍となっており，スクレーパ作業がブルドーザ作業に比べて常時高い負荷率となっている事がわかる。

スクレーパの作業能力に影響を及ぼす要因特性図の検討の結果を2.4の図－1へ示しておいた。作業能力に大きく影響する作業条件を要約すると機種，土質，組合せ機械，地形，天候，機械のメンテナンスである事がわかる。これに基づきスクレーパの作業能力の計算を電算で行なわせるためのシステム分析ができる。また図－2に今までの道路土工指針の作業要因の考え方を要約しておいたので比較されたい。前者とは作業効率の考えが異なる。

今後の問題点としては近年，大型スクレーパが国内の各地で使用されるようになり，それ等がリッパードーザ，プッシュドーザと組合わされて条件の悪い現場に於いても投入されるようになってきた。従ってこれ等に対する積算の基準化が必要と思われる。今回の調査でも道路土工指針に当てはめると機種，作業条件等積算基準の範囲に入る適当な項目がなく，作業条件では相当悪い条件で使用されており，掘削距離も100mを越えるものがある。

近年，トルクコンバータ付きトラクタが使用されている関係で作業スピードの仕様値と実測値との開きも大きく，作業条件と各動作時間の関係をつかむ必要もあろう。

あ と が き

以上，スクレーパの作業能力の理論的な検討と要因特性図の作成，及びそれに基づく実測調査について報告したが，要因特性図を見てもわかるように多量の要因のからみ合いがみられ，更に現場調査の性格上2.5で述べたように一現場で行なったと同じ条件の基で，他の現場で必要な要因だけ変えて計測を行なうという方法は困難である。従って多量のデータの収集と分析が必要であろう。従って当研究室のみの調査では手におえない。現在標準的な調査方法がほゞ固まったので今後基本的な調査を進めながら，更に各種の調査を多くの機関で行ない土工作業の積算システムの確立を計りたいと思っている。こゝに於いて各機関に調査の機会を提供して頂きたい事をお願いする。

４５年度は第２章の理論的なつめをもう少し進め，土の強度特性と推力及び作業抵抗の計算式より機械の有効けん引力，速度段の選び方，実際の作業の減少率，ブッシャー，リッパーの投入の経済性，路面補修用機械の投入の経済性等に関係する実験式を導いて各調査データの整理を行ない，それに基づく特性図の数値化を計って理論式の確立を計り，各機種による固有な作業適用範囲が任意に算出できる方法を研究したいと思っている。

これ等の数値と実測値が一致するようなモデルができれば積算の自動化に多いに役立つと思われる。

なお４３～４４年度の現地調査に当っては関東地方建設局千葉国道工事事務所，東京技術事務所及び高崎工事事務所の関係者及び調査現場の立入について協力願った日本国土開発ＫＫ，鹿島建設ＫＫの関係者並びにこの調査の計測にあたっては当研究室の斉藤栄一郎技官の協力を得たものである。

参 考 文 献

(1) 磯部・斉藤「ブレード容量に関する一考察」土木研究所資料・４５年３月第５７７号

(2) Departments of the Army and the Airforce「Use of Road and Construction Equipment」
Airfield　１９５５年１月

(3) 土質工学会「土質調査法」土質工学会試験法改訂委員会（第二版）

(4) 伊丹「三菱製ツィン・モーター・スクレーパの開発とその作業試験報告」建設の機械化
４１年１２月（第２０２号）

(5) 種谷「機械化土工」技報堂　３６年６月

(6) 社団法人日本道路協会「道路土工指針……スクレーパ作業能力の算定」
４２年１２月　Ｐ８４

(7) 日本建設機械化協会「建設機械要覧……スクレーパ一覧表」
４３年１月

(8) Construction Methods「建設機械一覧……スクレーパ一覧表」
４４年１１月

(9) 磯部「土の掘削抵抗と押土容量」土木技術資料　４５年１１月（第１２－１１号）

(10) 日本建設機械化協会「建設機械の見方(Ⅱ)……ブルドーザの試験方法と試験結果」建設の機械化
４２年１月（第２０３号）

(11) M・G　Bekker「Mobility of cross－country Vehicles」
建設の機械化（永盛，根本訳）（第１４３～１４４）