

# 農業機械と土壌水分量の関係について

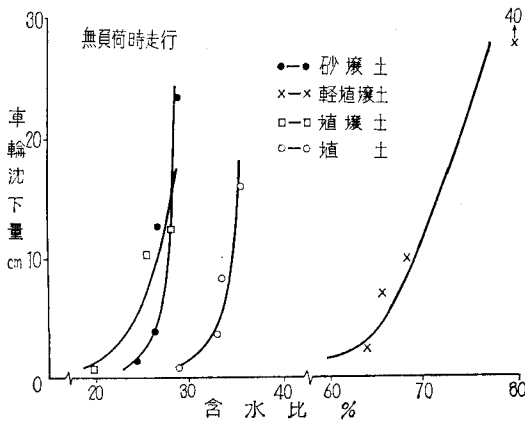
八 木 茂\*

農業機械で土を対象とするものには農業用車両の走行性、耕耘(ロータリ耕, プラウ耕), 田植機などがある。ここではトラクタの走行性, ロータリ耕, プラウ耕について考えてみる。

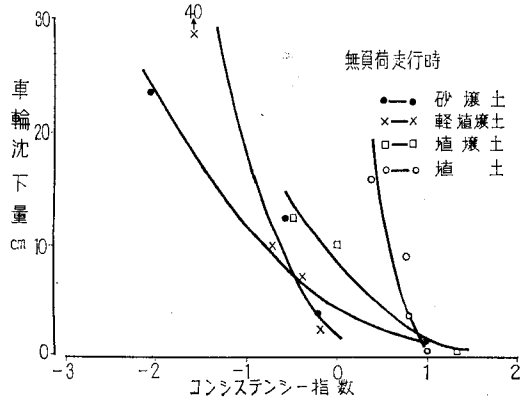
## I. トラクタの走行性

### 1. 土壌の水分量との関係

土壌水分量を含水比で表わし, トラクタ無負荷走行時の車輪沈下量との関係は図一1のようになる。含水比の増加にしたがって沈下量も増加するが, 土壌の種類による違いがある。



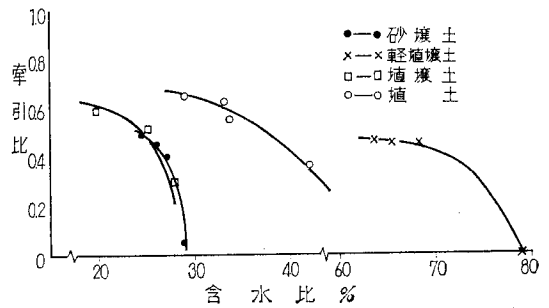
図一1 含水比と車輪沈下量



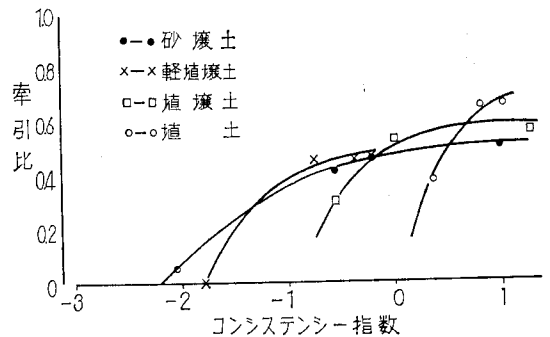
図一2 コンシステンシー指数と車輪沈下量

この含水比をコンシステンシー指数によって表わすと図一2のようになる。コンシステンシー指数が1より大きくなると沈下はほとんど起らない。

牽引負荷走行時の走行性能を進行低下率50%ときの牽引力を機体総重量で割った牽引比によって表わし, この牽引比と含水比との関係は図一3のようになり, 牽引比は塑性限界付近で最大となり, 液性限界より含水比が大きくなると急激に減少している。



図一3 含水比と牽引比



図一4 コンシステンシー指数と牽引比

含水比をコンシステンシー指数で表わせば図一4のようになり, 各土壌においてもコンシステンシー指数が1付近で最大になっている。牽引比が0となるコンシステンシー指数は土壌の種類によって異なっていて, 粘土含有量の多い土壌の方が大きい値を示している。

以上土壌水分量と走行性との関係について述べてきたが水分量のみで判定することは無理があると思われる。つぎに水分量と2次的な関係にある土壌の物理性との関

\* 農業機械化研究所

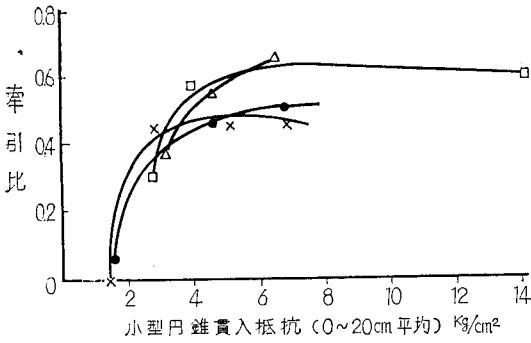


図-5 円錐貫入抵抗と牽引比

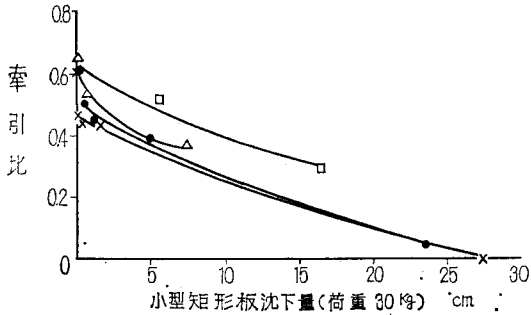


図-6 矩形板沈下量と牽引比

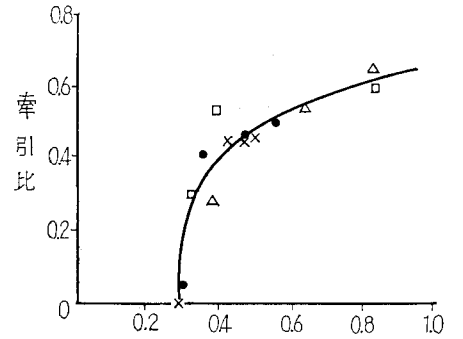


図-7 剪断抵抗と牽引比

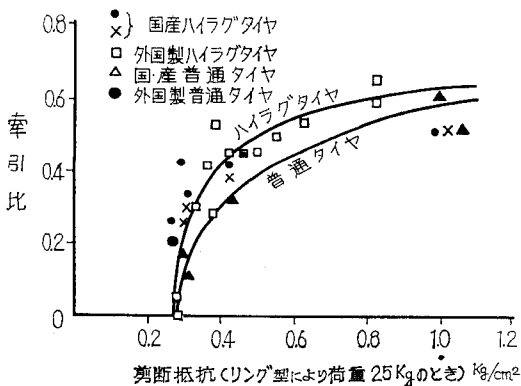


図-8 ハイラグタイヤと普通タイヤ

係について考えてみる。

2. 土壤の物理性ととの関係

土壤の物理性と走行性能との関係を求めるために、農機研式土壤抵抗測定器SR-2型によって求められる土壤の物理性、すなわち円錐貫入抵抗、矩形板沈下量、剪断抵抗について考えてみる。

(1) 円錐貫入抵抗と牽引比 図-5のような関係になり、小型円錐では1.5~2.0kg/cm<sup>2</sup>程度で走行不能になっている。牽引比の値は土壤の種類によって異なっている。

(2) 矩形板沈下量と牽引比 図-6のようになり、土壤が乾燥しているときには矩形板沈下量が小さくほとんど0になるので牽引比との関係が不明瞭になる。また土壤種類による差がある。

(3) 剪断抵抗と牽引比 図-7のように各土壤間の差はほとんどなく、ほぼ同一曲線上にプロットされる。剪断抵抗が0.3kg/cm<sup>2</sup>付近で走行不能となっている。牽引比の推定には剪断抵抗によって行なうことが適当であろうと思われる。

剪断抵抗と牽引比との関係を、普通タイヤとハイラグタイヤについて図示すれば図-8のようになる。これによれば走行不能となる土壤条件はハイラグタイヤでも普通タイヤでも変わらないが、土壤が固くなるにしたがってハイラグタイヤの効果があらわれてくる。そして剪断抵抗が1.0kg/cm<sup>2</sup>以上になれば両者の差はまたなくなってくる。したがって、ハイラグタイヤは極軟弱地における走行を可能にすることよりも中程度に湿っている土壤(剪断抵抗で0.4~1.0kg/cm<sup>2</sup>)での牽引力の増大に効果があるものと思われる。

以上走行性能についてみてきたが、走行性と水分量とは直接的な関係はなく、むしろ水分によって土壤の物理性が変化して、それによって走行性が影響を受けるものと思われる。

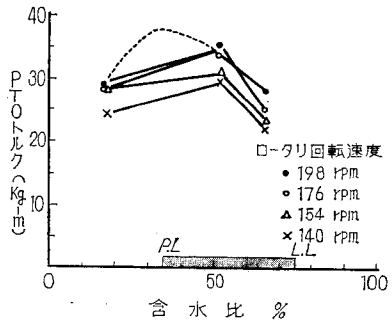


図-9 含水比とPTOトルク

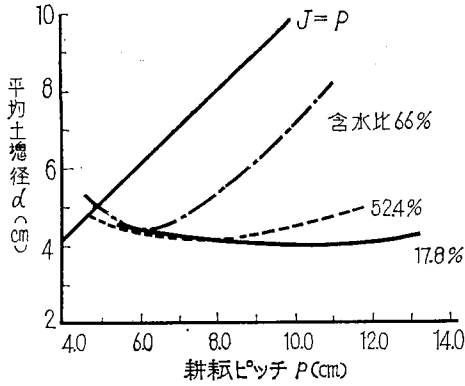


図-10 含水比別の耕うんピッチと平均土塊径

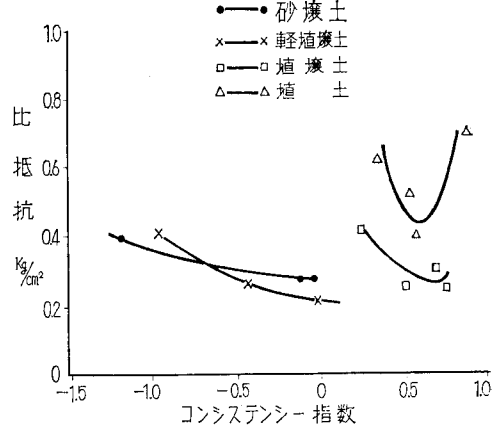


図-13 コンシステンシー指数と比抵抗

II. ロータリ耕

1. 土壌の水分量との関係

ロータリ耕耘時の所要トルクと含水比との関係のみると図-9のようになり、含水比が増加するにしたがって、各耕耘ピッチにおいても同じ様に上に凸の曲線を示

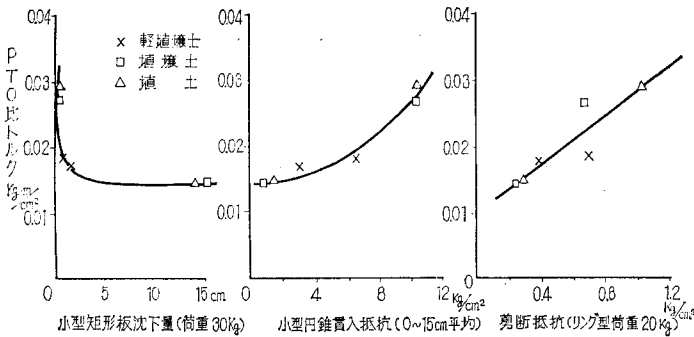


図-11 土壌の物理性と比トルク

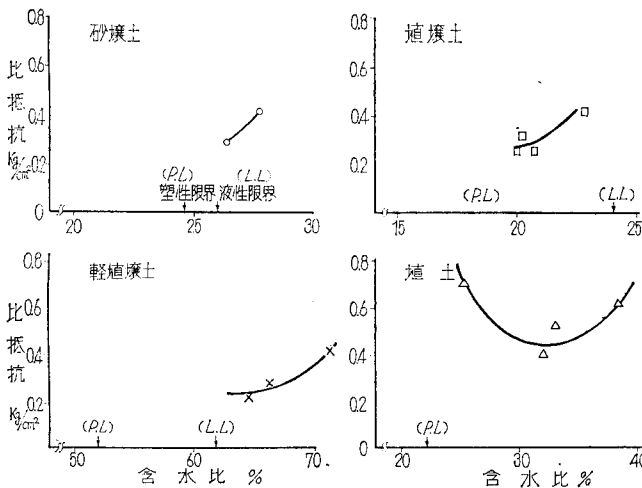


図-12 含水比と比抵抗

す。しかしこの実験においては含水比の測定点数が少ないので塑性限界付近のところの測定が行われていないのではっきりしたことは分らないが Nichols のいう剪断抵抗と含水比との関係から考えてみると塑性限界付近の

要トルクが最大となるものと思われる。(Nichols によれば塑性限界付近の剪断抵抗が最大となる。) したがって図中の点線が示すようになるものと思われる。

耕耘における重要な性能である碎土効果について、耕耘ピッチと平均土塊径との関係は図-10のようになる。含水比が高い場合には耕耘ピッチと土塊径とはほぼ比例的な関係を示すが、含水比が低くなると耕耘ピッチとは無関係である。これはロータリのカバーや均平板によって碎土性能が影響されるためと思われる。

2. 土壌の物理性との関係 (図-11)

土壌の物理性とロータリ耕の所要トルクとの関係のみる。ここでは耕耘所要トルクを耕耘断面積で割った比トルクで表わしている。

(1) 小型矩形板沈下量と比トルクの関係は双曲線になり、土壌による違いはないが矩形板沈下量が 0 に近づくとき比トルクの推定するのに問題がある。

(2) 円錐貫入抵抗との関係は各土壌とも同一曲線上に表わされる。

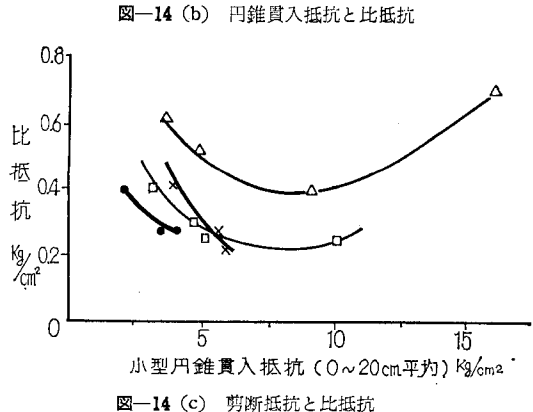
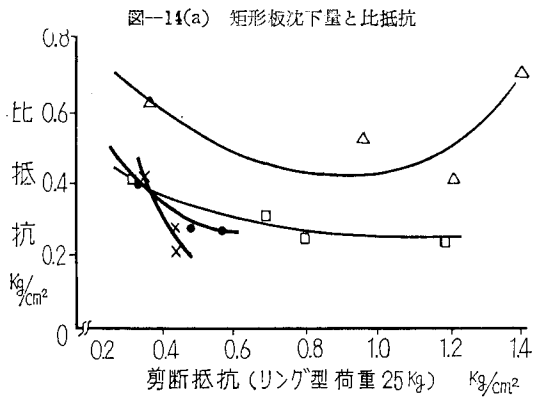
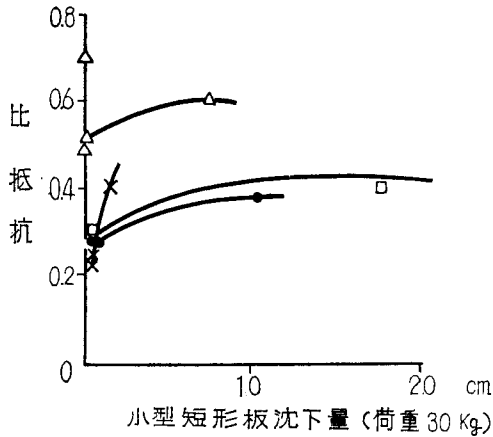
(3) 剪断抵抗と比トルクの関係はほぼ直線上に分布している。したがって所要トルクの推定には取扱いが便利である。

III. プラウ耕

ここではプラウの牽引抵抗を耕耘断面積で割った比抵抗によって表わし、比較検討してみる。

1. 土壌水分量との関係

各土壌における含水比と比抵抗との関係を図-12に示す。これをコンシステンシー指数で表わせば図-13のようになり、埴土、埴壤土においては0.5付近で比抵抗が最小の値をしめしている。砂壤土、軽埴壤土についても



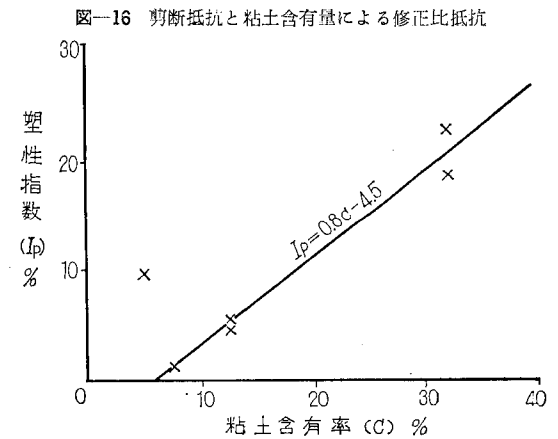
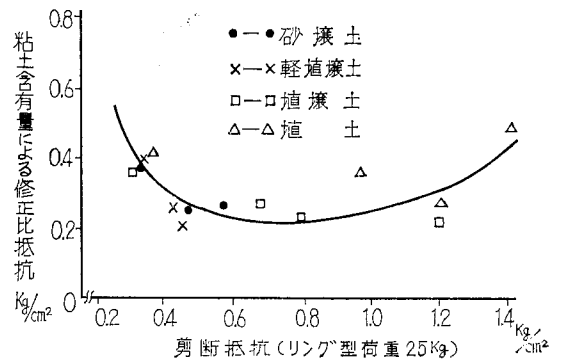
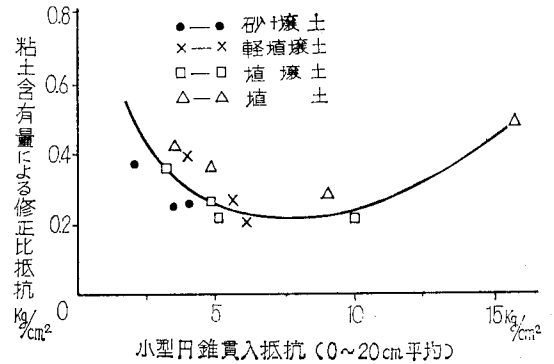
同様なことがいえるのではないと思われる。

2. 土壌の物理性との関係

(イ) 小型矩形板沈下量と比抵抗との関係は含水比が塑性限界に近づくにしたがって矩形板沈下量が0に近づくために塑性限界以下の含水比での比抵抗がわかりにくい。

(ロ) 円錐貫入抵抗と比抵抗との関係は下に凸な曲線を主とし、土壌の種類による違いがある。

(ハ) 剪断抵抗と比抵抗との関係は円錐と同じような傾



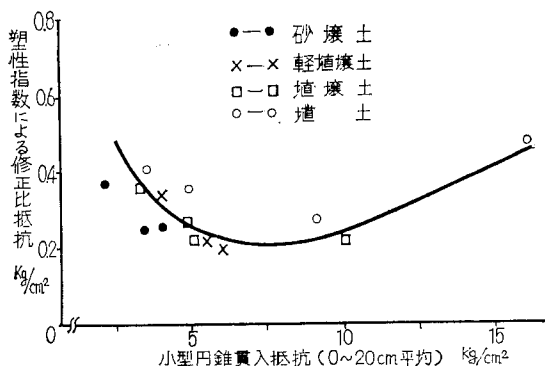


図-18 円錐貫入抵抗と塑性指数による修正比抵抗

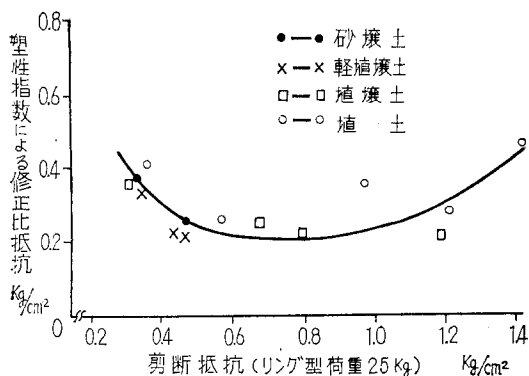


図-19 剪断抵抗と塑性指数による修正比抵抗

向があり、やはり土壌による比抵抗の違いがある。

これらの関係では土壌の種類による違いがあるが、これらをよくみると粘土含有量の多いもの程、同一測定値に対して、大きい抵抗値を示しているように思われる。これは土壌の粘りによるものではないかと考えられる。この粘りを表わすものに粘着点とのネバツキ限界とか呼

ばれているものがあるが、ネバツキ程度はコロイドの量によって異なるものであるとされている。このコロイドをいま、粘土以下の粒径の含有量と置換えて、粘土以下の粒径（ここでは0.005mm以下）によって各土壌間の比抵抗の差が生じるものと仮定した。そして測定比抵抗から粘土以下の粒径がしめる比抵抗を差引いて、それを粘土含有量による修正比抵抗として表わす。これを式で表わせる次のようになる。

$$F_1 = F \left(1 - \frac{C}{100}\right) \quad (1)$$

$F_1$ : 粘土含有率によって修正した比抵抗 (kg/cm<sup>2</sup>)

$F$ : 測定比抵抗 (kg/cm<sup>2</sup>)

$C$ : 粘土含有率 (%)

この粘土含有量による修正比抵抗と小型円錐貫入抵抗や剪断抵抗との関係を図示すれば図-15、図-16のようになり、ほぼ同一曲線によって表わされる。これによれば剪断抵抗の方が値のばらつきが小さいようである。

また Russel などがいっているように、粘土量と塑性指数との間に一定の関係があるといわれている。そこで今回使用した土壌について塑性指数と粘土含有率との関係は図-17のようになる。計算式は図中に示すとおりである。

これを前述の(1)式に代入して塑性指数による修正比抵抗を求めて図示すれば、図-18、図-19のように同一曲線上に修正することができる。

### 結 論

これらの方法によって比抵抗の推定はできるが、粘土含有率や塑性指数が分からない場合には問題がある。したがって現場で直接簡易な方法で粘土含有率や塑性指数が測定できる測定器が必要であろう。