

畑地の土壌硬度相について

寺 沢 四 郎*

On the soil hardness phase of the upland field

Shiro TERASAWA

1. はじめに

わが国の畑地は、農業機械による圧縮あるいは有機物の減耗によるち密化などで、耕盤層が浅層に形成され、作土層の厚さが次第に減少しているといわれる。そのため、有効土層が浅くなり、根圏層が狭められ作物生産にも影響が現われていると思われる。このような土壌のち密化によって、土壌断面の硬さが増し、土壌硬度相に変化が起きているものと考えられる。この資料は、代表的な畑地帯の土壌硬度相の実態を調査し、硬度相に及ぼす外部からのインパクトの要因の解析をおこなったものである。

2. 調査方法

1) 土壌硬度相の測定法

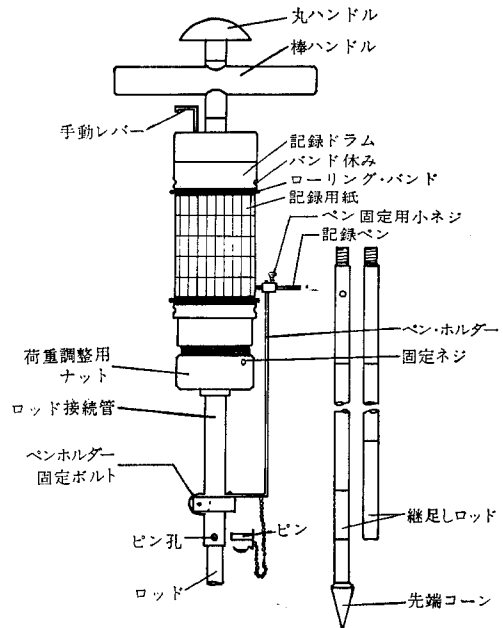
長崎が初めて土壌硬度相の概念を提起したのは、水田の地耐力の評価基準をうるためであった。¹⁾ 水田の地耐力を区分するためいくつかの代表的な土壌硬度相を類型化した。このさいの硬度測定にはコーンペネトロメータが使用され、測定した土層の深さは70 cmである。

畑地の場合の土壌硬度相の深さを、どの程度の深さにすればよいかはきわめて重要な問題である。一般の畑作物を対象とする根圏層を想定すれば深さ50 cm程度が妥当と思われる。しかし、有効土層を対象とした硬度相を考えるならばできるだけ深層にわたり測定を行なうのが望ましいが、各種の測定器の構造や測定の能率を考えると深さ50 cmがまず妥当な線のように考えられる。以下には、本調査に使用した貫入抵抗計についてのべる。

① SR-II型土壌抵抗測定器：この計器は、頂角30°、底面積2 cm²のコーンを押し込むときの力計が、容量50 kgのコイルバネを使った指示標で読みとる形式になっている。²⁾ 最初の力計の読みは、コーンの底面が地表を通過する時に読み、以後ロッドに刻まれた5 cm毎の刻線が地表を通過するごとに読みとる。したがって、この計器はコーンを押し込む人、抵抗値を読み取る人及び記

録する人が必要であり、測定に手間がかかる難点がある。これらの欠点をカバーするために、抵抗値が自記できるように改良が試みられている。

② 手動式自記貫入抵抗計（商品名、ソイルグラフ）：この抵抗計のコーン貫入の方法は普通のコーンペネトロメータと同じであるが、コーンを押し込む時の力計は、図一に示したように記録ドラムに巻きつけた記録紙に抵抗値を記録できるように設計されている。記録紙を巻きつけたドラムは、手動レバーを人さし指で引きあげると1コマづつ回転することができる。ロッド接続管に装着したロッドの先端のコーンが、所定の深さを通過するたびに手動レバーを引きあげ、固定した記録ペンでその時の抵抗値を記録紙に描かせる。この抵抗計の手動式という名称は、記録ドラムの回転を手動レバーを用いることからつけたものである。



図一 手動式自記貫入抵抗計（ソイルグラフ）

* 農業技術研究所

頂角 30°, 底面積 2 cm² のコーンをつけたロッドには、10 cm ごとに刻線がつけられているので、手動レバーを 10 cm ごとに動かして抵抗値が測定されている。したがって、この方法でも 10 cm ごとの不連続な硬度しか表現できないので、記録ドラムを連続的に回転させながら測定できる方法を検討した。

2) 調査ほ場

① 関東ローム地区；火山灰を母材とする畑地帯が広がる、神奈川、群馬、栃木、茨城などの各県の代表的な地点の土壌硬度を測定した。測定点は、1 ほ場区画内で 20ヶ所の貫入抵抗値 (qc) を測定し、これらの平均値をもってその地点の土壌硬度相を表示した。

② 黄色土地区；火山灰土壌と比較のために、愛知県豊橋市の畑作実験農場及び農家の畑地を対象に、黄色土の土壌硬度を測定した。測定点数は、1 区画又は 1 処理区について 10~15 点を測定し、これらの平均値をもって土壌硬度相を表示した。

③ 各ほ場の耕起法、肥培管理などの土地来歴は、聞き取り調査によった。

3. 結果と考察

1) 関東ローム地区の土壌硬度相

各地の畑地の土壌硬度相は、図-2、図-3 に示した。神奈川三浦畑地帯は年間を通じて西瓜、大根などの栽培が集約的におこなわれ、多肥栽培による連作障害や地力の低下などが問題になっている。

地力差、肥培管理の差の出る畑での土壌硬度相は図-2-1) に示した。地力の高い畑は多肥畑に比べて下層土

の硬度は概して低い。

土壌類型の異なる場合の土壌硬度相は、図-3-1(2) の畑であるが、黒色土と茶褐色土の間の差異は余り大きくないが、有機物の多い黒色土でやや下層土の硬度が低い傾向にある。

天地返しによる土壌硬度相の変化は、図-3-1(3) に示した。このほ場は腐植層の厚い畑であり、慣行区でも土壌硬度は腐植層まで低い状態にあるが、腐植の少ない下層土より急激に硬度が高まる。これに対し、深さ 1.5 m の天地返し畑では、表層 0~40 cm の範囲の硬度だけでなく深層にわたって 10 kg/cm² 以下の低い硬度を示す。

群馬県嬬恋村の畑地帯では、キャベツ、牧草栽培が盛んで、大型機械による深耕が進められており比較的土壌硬度は低い。図-3-1(1) はその 1 例である。

栃木県鶏頂山開拓の畑では、大根の栽培が大規模におこなわれ、大型機械による深耕も進められている。図-2-1(2) は、鶏頂山開拓地の代表的な土壌硬度相を示したものであり、作土層はきわめて膨軟であるが、20 cm 以下の下層では硬度が漸増する傾向が認められる。同様に、栃木県農試野菜畑の土壌硬度相は、鶏頂山開拓畑と類似の低い土壌硬度を示す。しかし、この野菜畑に隣接した大豆畑では、図-3-1(4) に示したように全層にわたり高い硬度を示す。この大豆畑では、耕起、施肥、播種、収穫に至るまで栽培期間中の農作業は、すべて大型機械を導入しており、土壌の踏圧が一層進んでいることが予想される。

茨城県農試ほ場の深耕の有無による土壌硬度相の変化を、図-2-1(3) に示した。普通耕区は深さ 20 cm に 10

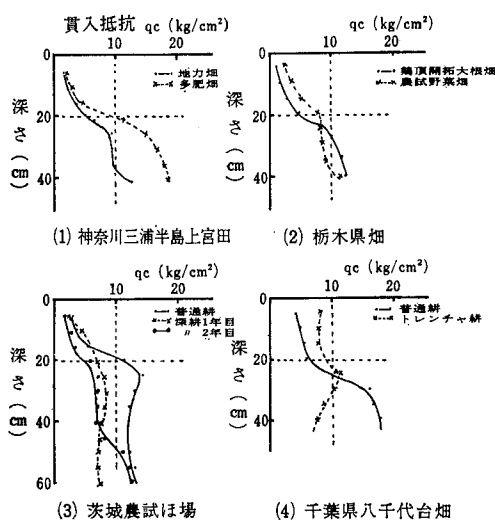


図-2 火山灰畑地の土壌硬度相 (SR-II型により測定)

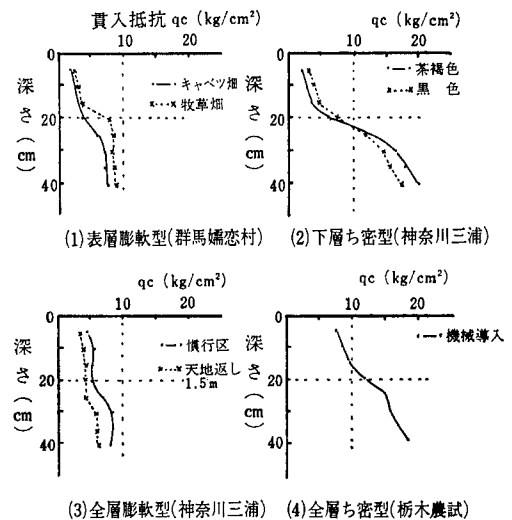


図-3 畑地の土壌硬度相の類型化

kg/cm² を越える硬い耕盤層があるのに対し、深耕畑では明らかに下層の硬度が低下していることを示している。

千葉県八千代台畑では、ゴボウなどの栽培が盛んなために、トレンチャで畦ごとに幅 20 cm 深さ 1 m の混層耕がおこなわれている。この種の混層耕により表土と硬い下層土の赤土が混合して膨軟な土層が深層に形成される。しかし、表層土の硬さをみると、トレンチャ耕区の方が普通耕区よりもやや高い硬度を示す。これは、腐植質の表土と構造未発達な硬い下層土が混合して、一定の硬さの土層を形成したことを示している。

以上述べたごとく、関東ローム地帯の土壤硬度相は、それぞれの畑地の栽培管理来歴を反映して、特有の硬度相を発現している。これらの土壤硬度相を代表的な型に区分してみると、図-3・図-4 に示したように、4つの型に分けられる。硬度相の中に示した qc 10 kg/cm² の点線は、作物根の貫入が困難になる限界硬度に相当し、山中式硬度指数で 23 mm に相当する。⁹⁾ 土層の深さ 20 cm の点線は根圏層の範囲を示す。

① 表層膨軟型：深さ 50 cm までの貫入抵抗 qc の分布曲線が、作土層の qc が 5 kg/cm² 以下、下層土で 10 kg/cm² 前後の硬度分布を示す。(図-3-1)

② 下層ち密型：深さ 20 cm までの qc の値が作土層では低く下層に向かうにつれて 10 kg/cm² を越える高い硬度に増大する型である。スキ床層から下層土に向かって qc は 20 kg/cm² にも及ぶ硬度相を示す。この型は大型機械耕うんをくり返す畑にみられる。(図-3-2)

③ 全層膨軟型：深さ 50 cm にわたって、5 kg/cm² 以下の qc を示す土層である。天地返し畑などに現われる。(図-3-3)

④ 全層ち密型：作土から下層土にわたって 5 kg/cm² 以上の、時には 10 kg/cm² 以上の硬度相を示す土層

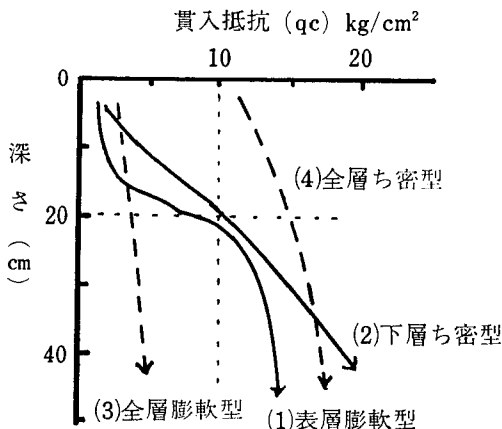


図-4 畑地の土壤硬度相の類型化

である。この型は農業機械の荷重と作土の有機物の減耗、塩分集積などによる土壤のち密化が原因と思われる。(図-3-4)

以上のように、関東ロームについて大きく4つのタイプに土壤硬度相を分類したのであるが、実際のは場では、それぞれのタイプの間中型、あるいは、混合型が現われ、必ずしも図-4 に示した典型的な型に分類できない場合もある。

2) 黄色土地帯の土壤硬度相

図-5 の結果は、愛知県豊橋市畑作実験農場から提供していただいた測定値をもとに土壤硬度相を作図したものである。黄色土地帯の土壤硬度は一般に高いので、耕起しない状態では作物根の生長が抑制されて、土壤肥沃度は著しく低下する。そこで、これらの硬い土層を膨軟にするために、種々の耕うんがなされ、土層改良対策がとられている。図-5 は、慣行の栽培様式をとった場合の硬度相に対して深耕(深さ 20 cm まで耕うん)、心土耕(深さ 30 cm 位まで耕起する)、深耕心土耕(前2者を結合した耕うん)、さらに各種の耕うんをしたあとに、有機無機改良資材を添加して土壤改良した場合の土壤硬度相を示してある。

耕起直後の土壤硬度相をみると、慣行区の作土 10 cm 以内の qc は 5 kg/cm² 程度であるが、深さ 10 cm 以下は、10 kg/cm² 以上の高い硬度を示す。深耕あるいは心土耕を施すと 0~30 cm の土層で、硬度は低下するが、

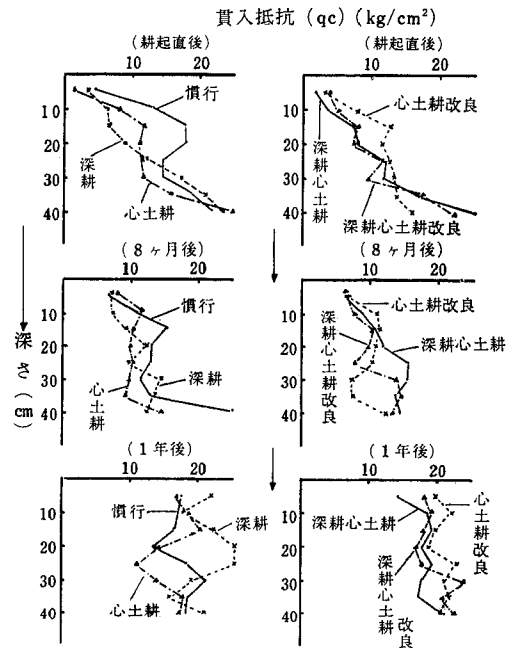


図-5 黄色土畑地の土壤硬度相(SR-II型により測定) (愛知県総農試実験農場資料により作図)

深さ 40 cm では慣行区と変わりはない。深耕などによる下層の硬度相の低下は比較的小さい。

深耕と心土耕を組み合わせた耕うんあるいはこれらの耕うんと同時に改良資材を投与した場合の硬度相は、ほぼ深耕、心土耕に類似している。すなわち、下層も密型の硬度相を呈する。

次に耕起 8 ヶ月後の硬度相をみると、表層と下層で 10 kg/cm^2 前後の qc の値となり、とくに表土の硬さが次第に増加する傾向が認められる。

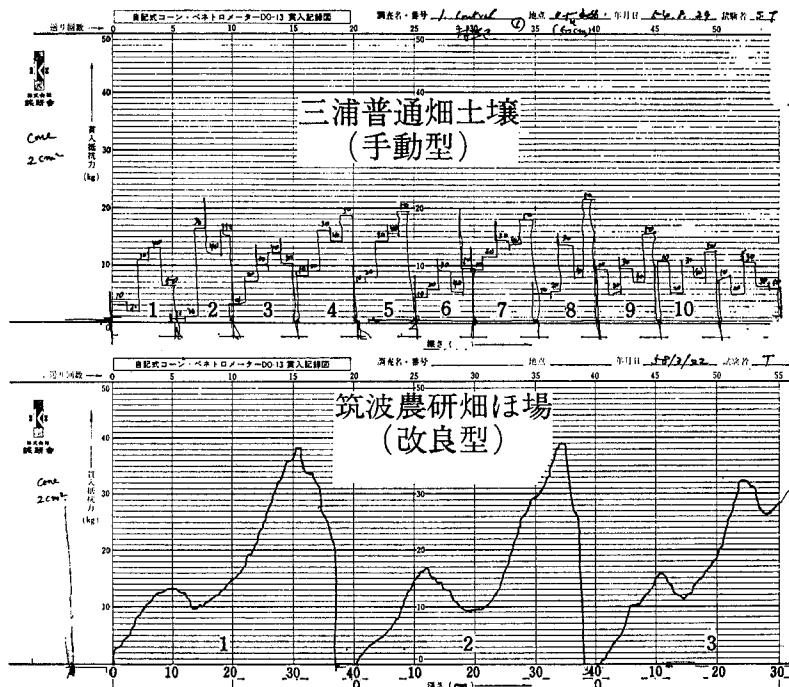
さらに、耕起後 1 年目では、深耕・心土耕区の qc の値が全層にわたって増大し、深耕区では慣行区よりも高い硬度を示すようになる。とくに、表土 10 cm の範囲では耕起法の違いはほとんど認められなくなる。しかし心土耕区では、深さ 20~30 cm の下層で qc が低く保たれている。深耕、心土耕及び改良区では全層が 20 kg/cm^2 近い高い qc を示し、全層も密型硬度相を示す。

以上述べたごとく、黄色土における土壌硬度相の特徴は、深耕、心土耕などの耕うん処理を施しても、時間の経過とともに表層は膨軟型から密型に移行することである。耕起後 1 年目では全層も密型に移行し、再度耕起の必要性が認められる。このような硬度相の変化は、次のように考えられる。黄色土は耕起直後はち密な土層が大小様々の土塊に分画され、細かいものは疑似団粒の状態に細粒化される。しかし、時間の経過とともに、降雨によるスレーキング、乾湿に伴う膨潤収縮、及び凍結・融解による土塊の崩壊で細粒化が進み、土粒子の密充填

がおこる。さらにバラバラになった土粒子が相互に結合して粘着性のあるもの土壌に変化するものと推察される。黒ボク土の場合は、比較的微細なマイクロアグリゲートを多く含むので、土塊が崩壊しても個々の小さい団粒がそのまま残るので、極端な粘着性をもった、固結した硬い土層は形成されにくい。一方、黄色土の場合は、腐植含量が少なくもともと団粒のきわめて少ない土壌なので、単粒状土粒子が相互に固結し粘着性が高く乾くと堅硬度の高い土壌に転移することが推察される。したがって、耕起と同時に、土壌の団粒化を促す改良方法を考えないと、適正な土壌硬度相を維持することはきわめて困難である。

4. 土壌硬度相測定器の改良

土壌断面における土壌硬度は、層分化した土層で極端に軟くなったり、硬くなったりするので、これらの土層の貫入抵抗を連続的に記録することが望ましい。手動式自記貫入抵抗計は、ある深さごとの硬度が記録紙に描かれるので、連続的な硬さを表現できない欠点がある。そこで記録用紙を巻きつけた記録ドラムを、小型モーターを用いて連続回転させ、コーン貫入と同時に貫入抵抗値が描かれるように改良を試みた。この小型モーターを装着した抵抗計を電動式自記貫入抵抗計と呼ぶことにした。抵抗計の改良前後の土壌硬度の記録状態は写真 1 に示した通りである。これらの記録装置の改良によって、土壌硬度相が直接描かれ測定精度が向上しただけでな



写真—1 実測したチャート紙 (上段は手動式, 下段は電動式改良型の記録)

く、実測に必要な労力の軽減にも役立つことがわかった。入抵抗計を開発した。

5. まとめ

わが国の畑地の土壌硬度相の実態を調査し、つぎの結果を得た。

1) 関東ローム畑の土壌硬度相は4つのタイプに区分できる。すなわち、表層膨軟型、下層ち密型、全層膨軟型、全層ち密型の4種である。

2) 黄色土畑の土壌硬度相は全層ち密型と下層ち密型のものが多いが、深耕などの土層改良で一次的に表土が膨軟になっても、短期間に全層ち密型の硬度に戻り易い土壌である。

3) ほ場における正確な土壌硬度相を測定するために、コーン貫入抵抗を連続的に自記できる電動式自記貫

謝 辞

この調査研究にあたり、各県農業試験場の方々から多大の協力と有益な資料の提供をうけた。記して厚くお礼申し上げる。また農技研高橋義明氏には測定にあたり多大のご協力をうけた。深く謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 長崎 明：水田における大型機械の走行能と土壌硬度相について，土壌の物理性，No. 9，30～37 (1963)。
- 2) 土壌物理性測定委員会：土壌物理性測定法，養賢堂，313～318 (1982)。
- 3) 寺沢四郎：不飽和土壌の粘弾性に関する研究，農研報告，B 33，83～86 (1982)。

(1983. 4. 25受理)