

畑地圃場整備をめぐる土壌物理の諸問題

椎 名 乾 治*

1. まえがき

最近使用されている圃場整備という言葉の内容はいろいろに理解されているが、ここでは次のように考えることにする。

「水田作や畑作経営における労働の生産性を飛躍的に高めるためには、栽培技術以前の問題として、生産基盤である耕地それ自体が労働ならびに作物生育の両側面において、高能率かつ高反収を期待しうる条件を具備することが不可決であり、そのような土地基盤を造るためには、治山、治水工事からダム、頭首工、大ポンプ場、幹線用排水路の新設、改修などの基礎的の工事をはじめ、それに続く一連の末端工事、すなわち区画整理や交換分合、農道あるいは支線用排水路、暗キョ、明キョ等の圃場用排水施設や畑地カンガイ施設の整備、開田、開畑、開園工事、客土、床締め、土層、土壌改良など、いわゆる営農と直結した土地基盤整備が必要であり、このような営農と直結した土地基盤整備をとくに圃場整備と呼ぶことにする」(圃場整備に関する技術的問題検討会資料(1)、農林水産技術会議事務局)。

したがってここでいう圃場整備工事は、なんらかの形で水と土のコントロールを行なうことを意味しており、すべての問題に土壌物理の知識が関連していることになり、その問題点も多い。しかもいま圃場整備を畑地に限って考えてみると、水田圃場整備が事業研究ともに進んでいるのと較べて、そのおくれは大きく、試験研究はもとより、事業もまだ数えるほどしか進められていない。

したがって、圃場整備と土壌物理の関連についても予想の域を脱しない事柄が多いが、それだけに研究成果が直接事業に結びつく公算も大きく、試験研究の意義も大きいことになる。ここではいまままで、筆者が関係した調査試験を通じて問題意識として感じた事項2・3について整理したことを述べて参考に供したい。

2. 区画整備と土壌物理性

労働生産性を高めるために大型機械を導入できるような区画を造成することは、圃場整備事業の重要な目標の

一つであるが、整備された大区画内で土壌物理性の差異が極端に存在する場合には作物生育の不揃い、施肥基準の相違、機械作業への障害などから、大きな問題となることが多い(もちろん化学性についても問題は大きい)。ここでは主として物理性についてのみ考えることにする)。そこで、これらの問題について考えてみるわけであるが、最初に区画についての考え方を統一しておく必要がある。

畑地の区画の概念については、統一されているとはいえないが筆者は、おおよそ次のように考えてい。

所有区: 1農家の1所有用地の区画とする周囲全部には普通固定施設がない。

耕区: 耕起、整地播種、刈取りなどの一連の農作業の単位として考えられる区画で、普通畑では中に含まれる各農家の所有区はいずれも同一作物を栽培することになる。この区画は輪作体系の設定の仕方によりまた経営集団の発展により、その形状、面積は常に変ってくるもので、水田と比較すると極めて流動的概念である。その大きさ形状は機械作業効率からみても比較的良好でありまた一辺は大型機械が運行できる道路に接することが条件である。

圃区: 道路(まれには水路)に囲まれた区画で、耕区と同一になることもある。圃場整備を行なうときの基本区画であり、機械化体体系、営農体系、農地保全、カンガイ排水、防風林など多くの観点から合理的な形状、面積としなければならない。

経営区: 農家群あるいは農業組織などが協業または共同で営農を営む区域で機械利用組織、共同カン水組織などと関係が深く、圃場整備事業の計画を行なう場合の最小単位となるものである。

結局諸区画のうち、所有区は主として耕地集団化の観点から、耕区は機械の大きさ、作業体系などから、圃区は営農、農地保全、カンガイ排水などからその大きさ、形状が決められるが、この場合土壌物理性の偏差が、問題になるのはどの区画であろうか。いま問題を土壌物理性——作物生育——機械作業の関連で考える場合には、最低が耕区、普通の場合には同一圃区内に少なくとも作物生育に影響を及ぼすような物理性の偏差がないことが

* 農業土木試験場土地改良部

望ましい。すなわち圃場整備計画を行なう場合、このことに関し、事前の判断が必要であるが、これは、従来から行なわれている土壌断面調査を数 ha に一点程度行なえば十分できるはずである。ただここでの問題は、異なった土壌区が存在した場合、おのおの物理性が、生物生育、機械作業に及ぼす影響を明らかにする必要があるわけで、この点での調査試験方法が確立される必要がある。

この調査、試験方法についてもまだ合理的案がないが、重要なことは、現実の調査組織で実行可能なことと、その成果から圃場整備計画時において、土壌物理性改良工事の必要性が判定できなければならないことである。このような観点から筆者の見解を述べると次のようである。

(1) 圃場整備計画地区について、当初1～3 haに1点づつ、土層層序ごとに1 mの深さまで、定容積採土を行ない、最小容水量（土柱法）、毛管連絡切断含水量（素焼板吸引法）、仮比重、現地水分量（採土時）、硬度（山中式硬度計）を測定する。この種の測定であれば、乾燥器、秤、素焼板さえあれば、200～300の試料を、1カ月程度で終らせることができる。

(2) 計画地区内で、生産力の相当異なる圃場をいくつか選定し、その土壌物理性と化学性を精査し、その原因を究明し、土壌物理性に原因しているときは、その内容と前記水分定数との関連を明らかにする。

(3) 計画図面で導水路の配置が決まり、おのおの圃区の形状、大きさが定まったならば、(1)、(2)の試験結果から問題となるような異なった土壌物理性をもつ土壌が混在していないかどうかをチェックする、混在している場合には、なるべく混在しないように導水路配置を変更するのがよいが、出来ない場合には、その改良対策を樹立する。

以上はまったくの筆者の粗案であり、しかも大変労力のかかる、めんどろな調査であり、圃場整備にあたって、こんなことまで行なう必要はないのではないかという意見も聞かれるが、これは単に、機械作業→作物生育→土壌生産力という、技術的な関連のみではなく、実は、圃場整備の大きな目標の一つである、営農改善のための耕地の集団化に関係していることである。

農家は耕地の集団化の意義は理解しても、いざ交換分合ということになると、長い間の耕作地に愛着をもち、土地生産力の差異を理由にしてなかなか、交換分合が進まない場合が多い。このようなとき確実なデータをもった説得と、またその対策が必要であり、この種の調査、試験は合理的圃場整備事業成立のきめ手であるといつて

も過言ではない。また作物団地の形成にあたって、この調査結果は重要な基礎資料となることは間違いない。

3. 造成整地工事と土壌物理性

前述の区画整理と土壌物理性の問題は、造成整地工事を伴う場合には、さらに大きくなる。切土、盛土部分が同一圃区内に存在することは避け得ないので、下層土（切土）の土壌物理性と、盛土部分の土壌物理性を調査し、同一圃区内で大きな生産力的差異がおきないように計画が必要とされる。

いままで行なわれたいくつかの事例をみても、この問題は、急傾斜地帯などのテラス造成、地形修正を行なうような大きな造成工事においては、問題点が明確であるという意味からは、比較的処理し易い（対策が簡単だという意味ではない）むしろ、小規模な傾斜修正とか、部分的整地を行なう場合には問題は複雑である。

すなわち、急傾斜地帯のテラス造成、地形修正工事などにおいては、表土扱いなどを行なうことはまず不可能で、下層土の露出は避けられないから、下層土の理化学性を調査し、これらの改良対策を樹てればよい。またこの場合の栽培は果樹類がほとんどであるから、全地区の土壌改良はある程度の年月をかけて行なうことも可能である。

これに対し、普通畑地帯などで、小さな段落差のついている畑区画を拡大しようとする、同一圃区内を少なくとも、同じような地形に修正する必要があるが、小規模であるが、土の移動が行なわれる。この場合、造成は部分的であるから、表土扱いなどの行なえる可能性は小さく、同一圃区内に表土の厚さの異なる部分が生じるばかりでなく、部分的に下層土が露出する場合もある。

このようなケースでは、計画時点で、土壌物理性の変化が、作物生育に与える影響を判断することは大変困難であり、事後処置が必要となる場合が多いが、事後処置としては第1章で述べた調査、試験の他に、表土の厚さを全圃場について、検土杖などで、調査し、下層土が不良な場合には、なるべく下層土が露出しないような運土計画が樹立することが大切である。

4. 土層改良と土壌物理性

圃場整備事業の目的は、労働および土地の生産力の積極的向上をはかるものであるから、各種の技術的施策とともに、畑土壌そのものの生産力的制限、阻害因子を最大限に消去した高位生産圃場を造成することが重要である。すなわち土壌物理性が生産力の阻害因子となっているような畑地帯では、大型工事機械が入る圃場整備工事

時に、改良を行なうことが経済的にも有利になるわけである。そこで、どの程度の土壌物理性が畑作生産にとって制限因子となるかが重要な研究課題であるが、土壌肥料分野における試験研究上の問題点³⁾で、山本氏は東北地方における多収穫地の解析データから、その最低条件を次のように定めている。

「火山性、非火山性土壌とも、表層 30cm 以内の物理的条件として、pF1.6 以下の大間ゲキ 5%以上、土壌三相分布のうち、気相 18%以上、pF2.6~pF3.0 相当水分量 50mm以上、硬度 24 以下(山中式硬度計)」

これらは主として土壌間ゲキの存在型態に着目した基準であり、この条件以下の場合には、改良が必要とされるところとしている。

これに対する筆者の意見は次のとおりである。

(1) 圃場整備事業において、とりあげるべき土層改良は、当然大規模改良工事であるから、普通大型機械の深耕と、改良資材の投入などでは、目的を達し得ないものをまず目標にすべきである。このような観点からは、少なくとも 1m 程度の土層深について、改良目標を設定すべきであろう。すなわち、30cm 以下の不良下層土の生産力に与える影響を明らかにし、これらの改良対策をはかることが大切である。

(2) この場合改良目標基準として採用すべき、物理的諸性質は、通気性、透水性、硬度などが、主要なものとなるであろう。

(3) 30cm までの改良目標としては、前記のもので大体よいと考えられるが、筆者の経験からいうと、有効水分量の 50mm はやや大きすぎるきらいがあると同時に、有効水分量を増大させるような土壌改良はなかなか困難な場合が多く、むしろ有効土層を深くすることが大切で、カンガイ計画とあいまって、下層土の改良の必要性が高くなるものと思われる。

4. 土地生産力向上対策と土壌物理性

畑地帯の圃場整備においては、労働生産性と同時に土地生産力を向上させなければ、その目的を達することはできないが、特に水田と異なり、この面での公共投資がいままで、ほとんど行なわれていないので計画すべき技術的施策は多いが、それを土壌物理性との関連から區別すると、侵食対策、干湿害対策の二つになる。

1. 侵食対策

土壌侵食と土壌物理性との関連については、土壌、土木の分野でいままで多くの研究が行なわれているが、圃場整備との関係では次のような、諸課題の究明が大切である。

(1) 区画拡大に伴う侵食対策 従来の狭小な区画が数 ha の規模の圃区に拡大された場合、圃区内における、水の流下距離は当然長くなり、侵食は加速されることになる。

特に作物団地を形成したような場合には輪作体系に伴って、地敷のない期間がある程度存在するケースが多く、この時期がたまたま豪雨時期に重なったりすると、100m 近い裸地が水が流下することになり、相当のガリーが発生する場合なども見受けられる。このような侵食の対策としては、流下距離を短くすることが大切で、圃区内にグリーンベルトを設けるとか、アゼ型、溝型テラスとするとかの案が考えられる。これらのいずれの方法を採用するとしても、土壌物理の面からは、畑地における降雨の浸潤、流下のメカニズム、一時的タン水とその浸透機構、作物生育への影響などの課題が究明されることが必要であろう。

(2) ウネ方向と侵食対策 傾斜地においてウネは等高線に平行に設けることは、常識であるが、圃場整備後においては、いろいろな理由から、必ずしもウネは等高線に平行に設けられるとは限らない。例えば次のような場合である。

① 道路侵食を小さくするため、等高線に平行に主要道路を配置した場合を考える。キャベツ、カンランなどのソ菜類の防除では道路に加圧装置をおき、これらホースで農薬を散布してゆくか、このときはウネ間を歩かなければ、作物を傷めて大きな損失をこうむる。したがって、道路に対して直角にウネを設けることが必要で、ウネは等高線に直角とならざるを得ない。また収穫物の道路までの運搬にしても、上記ソ菜類などでは、一斉に収穫することはなく、市場価格とにらみ合せながら部分的に収穫してゆくの、ウネは道路に直角に設けないと、搬出の労力は極めて多くなる。

② 冬期栽培されるソ菜類では、その地方でほぼ定まる風方向が生長に大きな影響を与える場合がある。すなわちウネは風向に対して直角に設けなければならないが、このため等高線に平行にならない場合がある。

③ 中、大型機械の運転に熟練しない農家では、5~6°以上の傾斜で等高線ぞいの耕うん整けい作業を行なうことが出来ない場合がある。

これらの理由はいずれも、圃場整備計画において修正することが可能な場合もあるが、また不可能な場合もある。不可能な場合には、傾斜方向の長いウネの侵食対策を樹立しなければならないが、その主要な内容は土壌物理性とくに透水性の改良と、改良剤の利用による侵食対策などであろう。

(3) **機械利用と侵食対策** 大型機械を利用すると、車輪の踏圧により土壌が圧縮され、透水性が不良になる場合がある。これに関しての土壌物理的研究は、土壌分野で、2・3の知見が得られているが、この土壌圧縮と土壌侵食加速との関係については、あまり試験研究が、行なわれておらず、今後の課題であろう。

機械利用との関係で、いま一つの重要なことは、機械の作業効率を、高める上から、できるだけ道路を枕地として、利用することが大切で、この場合、道路側溝は、放物線形土水路、または草生水路とするとよい。このような、草生水路、土水路の土壌物理的研究は、ほとんどなく、草種別の土壌構造変化、透水性変化などについての研究が、進められる必要がある。

2. 干湿害対策

(1) **畑地排水の問題点** わが国の畑地帯の多くは、地下水が低く、また透水性の良い土層から構成されており、湿害をうけることは少ない。しかし一部の畑地帯では、湿害が問題となることもある。

例えば、北海道十勝平野の畑作地帯では、地下水位が高いため、北見付近の畑作地帯では、春先凍土の上に融雪水がたまるため、また東海地方の鈹質土壌では、地表面下20~30cmに極めて不透水性な土層が存在するために、湿害がおきている。また波伏地形の所などで、圃場整備のため、谷をうめて整地を行なうとか、同じく侵食谷をうめて整地を行なうとかした場合は、従来の地表流去水の自然排除の水みちが断たれるため、一時的湿害が問題となることもある。

このような場合の対策としては次のようなことがあげられる。

① **地表水の排除** 地表水が、圃場内にいつまで停滞することは、湿害の大きな原因となるから、これは、速かに排除されなければならない。このためには、圃区内の傾斜をうまく利用して、道路ぞいの排水路に、水を導くのがよいが、溝型テラスなどに整地しておく、非常に便利である。特に大きな整地を行なう場合には、前述の造成整地と、土壌物理性の項で述べたような調査試験を、地表排水系統の調査と併せ行うことが必要である。

② **地中過剰水の排除** 畑地の湿害には、二つのタイプがある。1つは地下水位が高いことに原因するものと、1つは表層から1m内に不透水性の土層が存在し、この上に豪雨時に一時的滞水をするることによるものである。前者については、原則として暗キヨと明キヨによって地下水面を下げてやる必要がある。

このための一般的基準は、水田の暗キヨ排水に準じればよいが、乾燥が進み過ぎても、作物の生育に障害とな

るので、地下水面は普通作物で60~100cm、果樹類では80~150cm程度の深さまで下げるように計画してやればよい。北海道開発局の調査によれば、畑地暗キヨの埋設深さは、泥炭地、火山土とも、従来の基準より、やや浅く0.6m程度、間隔は最低泥炭地では、18mで良いとし、このように埋設深を浅くすることにより、工事費が大幅に軽減されるとしている。この場合土壌物理的観点からは、地下水位と作物生育、特に地下水面上の毛管上昇と、蒸発散の関係などについて、さらに研究が進められることが望ましい。

また畑地では、土壌構造が前述のような、改良目標より悪い場合には暗キヨでいくら排水しても、湿害をそれほど軽減することのできないことがあるから、この場合には、暗キヨ排水と同時に、土層改良を行なうことが必要である。この方法としては、客土、深耕、心土破碎、草生による改良などが考えられる。後者の不透水性土層が存在するときには、原則としてこの不透水性土層を破壊することが必要である。この場合、圃場全面を破壊しなくても、ある間隔で破碎してやり、停滞水の横流動を起させて、不透水層以下の透水層への水を導くこともできる。不透水性土層の破碎が困難な場合には、この土層部分で暗キヨ排水を行なう。

また耕土が浅い場合には、一時的明キヨによる排水でも十分効果のある場合も多い。

以上の諸対策は一応の技術的目安であり、土壌物理的研究課題としては、不飽和土壌中の浸透、土壌構造と水の浸透機構などについて、研究が進められなければならない。

(2) **畑地カンガイの諸問題** 圃場整備にあたって、干害の被害が多く予想される地帯について、畑地カンガイを行なうことは当然であるが、畑地帯の総合的生産力を高めるためにも、新たな観点からの水利用の開発が重要である。

乾燥地帯の畑地カンガイでは、カンガイ水はそれなしには、作物生産が行なわれないという意味をもっているが、わが国のような、湿潤地帯の畑作では、そのような意味はもたず、肥料、農薬などと同じく、土地生産力を高めるための役割をになっている。このことは、乾燥地帯では、作物の生育保証をカンガイの直接目標とすれば良いのに対して、湿潤地帯では、生産力を高めることを直接の目標にしなければ、経済的に成立しないことを示している。

したがって、畑地カンガイの目的は、生産力を高めうるあらゆる効果をねらうべきもので、一時期の水分補給のみに限る必要はない。わが国の水田カンガイにおける

水利用は、非常にすぐれたものとして、世界の注目をあびているが、この場合でも、水利用の目的は単に水稻の生理上の必要性だけでなく、水温、雑草防除、栽培管理作業、肥効促進など、多目的でむしろ植物性生理上の水分補給より他の目的の効果の方が、高いといっても過言ではない。畑作の場合のみ、植物生理上必要な水量の補給だけを、カンガイの目標としなければならない理由は存在しない、例えば、北海道から九州にわたる畑作地帯で、従来の水分補給だけの目的では、経済的に成立しない地域でも、次のような他の目的でのカン水と防除、飲雑用水などを併用すれば、用水事業としては、十分採算の合う場所も多数あるはずである。そしてこのためには、土壌物理の面から、研究を進め技術的体系を確立しなければならない課題も多く、その主なものを、あげると次のようである。

① 栄養管理のためのカンガイ・カンガイ水自体が含む栄養分の土壌への補給、土壌水分をコントロールすることによって肥効を促進させる効果、液肥として散布し土層全体の肥効を高める効を高める効果、大型散水器を使用してタイ肥、尿などを散布することによる効果などをねらってカンガイを行なうものである。土壌物理的観点からは、水と養分の浸透、保持、消失の関係を明らかにすることが重要である。

② 栽培管理のためのカンガイ 播種、定植時期に散水してやり、発芽、生長を促進させる効果、これは特に春播、夏播野菜などでは、その生育収量に与える影響は大きい。

また機械化作業体系における土壌水分コントロールの効果、例えば大土塊の散水による破碎、乾燥によって固くなる土壌で、散水によって耕うん整地を容易にし、機械作業効率を高める効果、砂地などで、乾燥によってスリップするのを防止する効果などである。

土壌物理的研究課題としては、主として土壌水分状態

と機械作業の関係について、多くの知見が集積されることが大切である。

③ 災害防止のためのカンガイ 用意された水量での干パツ防止、散水による潮風害、塩害、風食、凍霜害の防止などのためのカンガイである。

土壌物理の面からの研究課題としては、土壌水分変動と作物生育との関係、特に水分変動範囲と作物収量との相関関係を作物別に定量化することが大切である。

④ 管理作業の省力化 散水カンガイ施設においては、流水エネルギーを利用して、防除、施肥をまったく省力化して行なうことが可能である。土壌物理的研究課題は少ないが、土壌構造と液肥の浸入保留の関係は解明されなければならない。

以上畑地用水の多目的利用については、未解決の問題が多く、土壌物理のみならず、作物、機械、土木など多くの研究者の参加が必要であり、この協力によって生みだされるであろう技術体系は、非常におくれているわが国の畑地生産力を高めるための基幹技術となるであろうことは間違いない。

6. あとがき

編集者から「圃場整備をめぐる土壌物理の諸問題」という題を与えられたとき、簡単にひきうけてしまったが、圃場整備を、筆者の専門である畑地に限って考えてみても、まったくバク然とした対象であり、いままでの調査、試験もほとんどなく、筆者の関係している2、3の調査地区についても、まだ結論は得られていないため、まったくまとまったことを書くことができず、単に経験の集積と問題点の羅列に終わってしまったことを、おわびしたい。

今後畑地帯の圃場整備はますます盛んになってゆき、土壌物理学の知識の必要性が、高まってゆくものと思わすが、そのときの研究のあしがかり共なれば幸いである

土 粒 子

野外で緻密度と構造を調べ、実験室で粒径組成を測る——自分の領分に関係のある土壌の物理性とはそんな程度のもんと思いきんできた私にとって、これではいかんと思ひ知らされた経験がさいきんあった。

その一つは、水田の表層から溶脱した鉄、マンガンが下層で定量的に沈殿しているのか、あるいは一部が沈殿し他は逃げているのかに関心をもって私は、水田各層の鉄、マンガン含量に層位の厚さを掛けて、その値で溶脱量と集積量を定量的に比較した積りでいた。しかしあとで冷汗が出たことには容積量を計っていなかったのだった！ 鉄、マンガン含量を重量%で出しておきながら、

容積重をぬきにして、溶脱と集積の「定量的」検討と銘うつことはできない。気がついたのは学会に発表したあとだった。

二つめは水田（乾田）において作土の還元が波及する深さ、鉄、マンガンが沈殿する部位と程度。要するに水田土壌の断面形式は、土層の構造性にきわめて大きく支配されることがさいきんしみじみ解ってきた。従来土性や透水性で説明されてきたが、これは間接的で、直接的には土層の空ゲキの量と分布パターンが酸化還元、鉄、マンガンの沈殿を規制する主因子としてとらえられねばならない。

「化学屋」の物理性への無理解はもはやお愛嬌ではすまされず、せめて物笑いにならない程度には勉強しなければと痛感している。（農技研 三上正則）