

総 合 討 論

座長 古畑 哲 (農環研) ・長田 昇 (三重大)

座長 寒いですから討議の方は熱くやっていただきたいと思います。今日、6人の方にお話し願ったわけですが、座長団としては、問題を2つにしばって討議を進めていきたいと思っています。1つは構造の改良に関する問題としてヒドロキシャルミニウムの施用効果であるとか、上田さんがお話しいただいた基盤整備水田における土層改良、あるいは作物導入の効果、唐橋さんのお話しの機械耕耘による効果等、これらを一まとめにして効果の持続、適応範囲に対する留意点をめぐって討論したらどうかと思います。もう1つは、構造改良の評価に関する問題であり、エアレーションと作物生育の関係でO.D.R.の話、中野さんの方から出された易耕性の問題、そして新垣さんのお話の力学性に関する問題点についてであります。さらに、排水・保水、毛管伝導性改良についてまでいければ良いと思います。それでは構造の改良問題からお願いします。

軽部 (茨城大) 和田先生にお聞きしたい。私の経験ではヒドロキシャルミニウムイオンの溶液を乾燥させても、水を加えると溶けてしまうのに、それを粘土に混ぜてから乾燥させると水を加えても粒子間結合の効果が残る。それは粘土によるヒドロキシャルミニウムイオンの特異吸着のためか。またヒドロキシャルミニウムを粘土に加えてから乾燥させた場合のA1間の結合のしかたと、溶液中にポリマーとしてある場合のA1間の結合のしかたの違いについて教えていただきたい。

和田 (九州大) はじめの方の御質問はその通りだと思います。ですから重要なのは粘土が共存していて吸着がおこるということではないかだと思います。ヒドロキシャルミニウムイオンは非常に強く粘土に吸着されていて、普通の陽イオン交換ではおきかえにくい。ですから今おっしゃったような表現でいけば、水に溶けない形に確かになっております。そういうことで乾燥すると安定な粘土粒子集合体ができることが、圃場実験でも確かめられています。ただし、これは地点によって効果の多い所と少ない所がありますが、かなり一般にいえるのではないかと思います。圃場実験は条件が複雑ですので、室内実験でヒドロキシャルミニウムで結合させた粘土粒子集合体が規定された条件でどれくらいもつのかを調べておく必要があります。しかし現在のところこの情報は非常に不足しておるのではないかと思います。

久保田 (農環研) 有機高分子の団粒形成能は重合度が2000位と高いものが効果があるが、ヒドロキシャルミニウムは13位と低い。したがって団粒化に荷電を殺す凝

集作用はわかるが、その他高分子剤と同様の架橋作用はあるのでしょうか。また、実際に使う場合、中野さんのデータではトウモロコシ収量は逆に低かったですね。おそらく酸性障害のようなものが出てくるから土質で使う場合は当然石灰中和するわけですが、そういうときに須藤先生がおっしゃったようなギブサイト化その他で効果がなくなるようなことはありませんか。

和田 普通のポリマーと比較してのお話ですがこれは我々の方でも吸着されたものがどれくらいの大きさに重合しているのかわからないのです。ですが、溶液の中から反応するものについては、溶液中のポリマーイオンというのがどれくらいのものかということは幸い最近研究が進展したようです。従来はポリマーの具体的な重合度がわからなかったのがヒドロキシャルミニウムでは13位のものが多くなってきた。そうしますとあまりポリマーでない方が粘土粒子間の架橋効果には好都合なのではないかと私は逆に考えているのです。このように小さいポリマーイオンも、例えばスメクタイトの場合ですとイオン交換の方の仕事からいっても層間にどんどんはいっていきます。ですからあまり大きいものにならないのうまく結合がつくれるということがむしろ普通のポリマーよりいいのではないかと思います。ただ、うちではあまり有機物はやっていませんが安定性からいいますと、コロイド滴定等に使われているグリコールキトザンというのがありますが、これは大きなポリマーですが、結果的に非常にヒドロキシャルミニウムイオンと似た、凝集効果ではない、かなり粘土粒子と結合している、透水性を持続させる効果がでてまいります。そのような比較をしてみますと、どちらが有効かということは一概には申せないと思います。例えばエッジにくっくなどという意味からはこれくらいの大きさのほうが都合がいいのではないかと私は思っています。

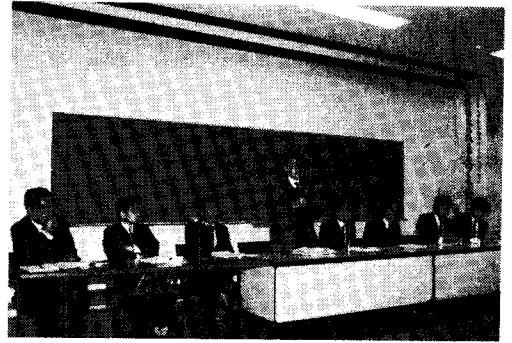
後の方の質問ですが、実際には酸性障害がおきるわけですから、もちろん多量に加えた場合にはどうしても石灰中和は必要になります。それをどの段階でやるかというのが実際の施用の場合に大きいのです。これは施用の仕方とも関連しますが、現在我々が実験しているのは2つの施用方法を考えています。中野さんや、白石さんがおやりになったのは、だいたい畑状態に乾燥したところにヒドロキシャルミニウムの比較的濃い溶液を噴霧するというやり方でしたが、混ぜる効率からいうと水田での代掻きのように混ぜた方がいいと思ひまして、試験場にもお願いしてやっていただいております。その時に中和

の効果を見る上では、代掻き式でやった方が試験がやりやすいのです。そこでヒドロキシアリウムを施用した直後に中和するのと、ヒドロキシアリウムでできた塩を落としてから中和する場合の2つを比較しています。直後に中和すると効果が非常に落ちますね。ですから、やはりある程度酸性の条件下で陽荷電のはっきりでたヒドロキシアリウムを使ってやるのが凝集効果を出すうえでは必要ではないかと思えます。作業的にいうと一度にやれば楽だと思ったのですが、やっぱりなかなかうまくいかないみたいで少なくともすこしおいてからやるということが必要なようです。

須藤(茨城大) ヒドロキシアリウムの効果では黒ボク土や赤色土に有効といわれますがその辺の事情をお聞きしたい。また、土壌中の amorphous のケイ酸とヒドロキシアリウムとの関係はどうなりますか。

和田 赤色土の場合は、ここで申しあげるのは主としてオーストラリアのウェイト研究所でやられたものですが、クラスノゼムというのが非常に酸化鉄含量の高いもので構造がよろしいのです。それで研究のやり方としては私が少々乱暴ではないかと思えますが、これは久保田さんもよくご存知ですが、酸化鉄を抽出する処理をいたしまして、そして例えば透水性がどう変化するかとか、他に1つ2つなんか物理性の指標になるものをとっていたと思いますが、そういう化学処理をした時に物理性がどのように変化するかをみているわけです。その時に酸化鉄を抽出する処理というのはだいたいアルミもよく溶かすのですが、鉄を溶かさずにアルミだけを比較的好く溶かす pH 4 の塩化カルシウム溶液で処理すると物理性がよくなったものが非常に悪くなるのです。そのようなことで、赤色土でも酸化鉄よりむしろ量的には少ないがアルミニウムが粘土粒子の結合に対して有効に働いているのではないかと報告されています。

これまでの粘土鉱物の研究からいいますと、土の中には非晶質な粘土があるとお考えかもしれませんが、非晶質な粘土というものがある程度ははっきりした実体をもって、ある程度以上土壌中にあるというのは土壌の種類としては限られていると思います。ですから非晶質な粘土鉱物というのは確かにいろいろな土ででてくる可能性があると思いますが、あきらかに1つの鉱物実体としてある土壌はやはり黒ボク土であるとか、最近黒ボク土と非常に似ていることがわかったポドゾルのB層のような特定の限られた土壌となります。さらに玄武岩が風化したような土壌、これは異論があるかもしれませんが、これにはある程度 amorphous なケイ酸塩・粘土があると思えます。しかし我々が問題にしているスメクトタイトが多い水田の場合ですとケイ酸は、非晶質ではあるかもしれませんが、ケイ酸塩としては可能性が少ないのではな



いかと思っております。

座長 次に基盤整備水田、あるいは機械耕耘と土壌構造との関係に討論を進めたいと思えます。

久保田 アップカットロータリとダウンカットロータリで培地の土塊分布が異なるが、それぞれの分布状態が培地のどういう場面に適するのか、またどういう作物に適するのかなどの情報はありますか。

唐橋(農業機械化研) 機械を造る方が得意でして栽培は苦手なものですから今おっしゃったようなデータは持ちあわせていません。播種との関係でやっているのが研究の実体で作物栽培全体を通してみた中でのかみ方があまりない。アップカットの場合は種をまく前に鎮圧するような形にしないと毛管水が切れるような中間層ができます。そこではワラや雑草がはいったり土塊分布が悪くなったりして、非常に膨軟になります。しかし鎮圧も場合によっては平滑ローラーでただ平らにだけしますと、今度は土膜ができやすくなります。もう少しプラウについて渡辺さんに補足していただきます。

渡辺 先程唐橋さんがおっしゃったようにプラウは溝びきといいまして、自分でおこしていった溝に車輪を落して、次のうねをおこしていくということで犁底を踏み固めてしまう問題があります。それで長年同じ深さでそのようなおこし方をしておくと、犁底盤というよりトラクターによる踏圧層ができます。現在北海道などでは少しずつ深くおこすようなやり方をとっています。15年くらい前までは20cmを普通耕といいましたが、現在は30cmをいうようになってきました。そのために最近ではトラクターも80~100馬力、場合によっては130~150馬力というような巨大なものまであって、30~35cmという深起しも普通になってきたわけですね。

それからもう一つの方法としてプラウの後にサブソイラーをつけてトラクターで踏み固めたところを耕していく方法があります。親プラウが25~30cmおこしタイヤで踏み固まった分を3~5cmおこすわけですね。さらにプラウとサブソイラーの交互利用もあります。ウィング付きのサブソイラーで芋をほりとり翌春プラウでおこすというように利用されています。

また連作障害に利用された例もあります。その場合はサブソイラーを約70cm入れ、その後50cm位を耕す2段混層の方法をとります。そのことによってフザリウムをはじめ連作障害のもろもろのものが解決することがあり、最近そういう意味でもブラウ耕が見直されつつあります。

座長 この耕耘をめぐる問題は農研センターを中心にノーティレッジがいいのか、ミニナムティレッジがいいのか、あるいは深耕がいいのかということの研究会を持っていますので、参考にしていただければと思います。

次に2番目の評価について移りたいと思います。土壌構造を作物生育にとって都合のいいように作りかえていくのが我々の目標ですが、その接点として、作物の根系に酸素を供給するのに何をもちいて評価すればいいのかというのでいろいろな試みがなされています。この点から阿江さんはO.D.R.による評価方法についてお話しがありました。そのような構造を作っていくには間隙構造が主になりますが、粘質土壌の場合にはこのことは易耕性に問題であり、中野さんは塑性限界とpF 1.8の比をもって説明されました。さらに新垣さんからは、そういった間隙構造を形作っていくために骨格構造としての団粒をとりあげ、その力に対するふるまい・応答についてのお話しがありました。このことをふまえて、我々は構造をどのように評価したらよいか御意見をいただきたいと思っています。

安富（茨城大） 中野さんにお聞きします。お話しの内容から易耕性向上には塑性限界/pF 1.8含水比の値を大きくすればよいと考えられます。一般に風乾によってこの値を大きくすることができるといいますから、易耕性の改善には表土扱的に表面の乾燥を進めることが効果ある方法と考えてもよいですか。

中野（四国農試） 重粘土の特徴としてはそのようなことも考えられるかもしれませんが。湿田でも春、雪の溶けた後表土だけ乾きますから、これは浅くならんとかおこせる。しかしこれをやると表面の固い層が破壊されますから播種機械ははいれません。したがって地表層を乾かしてというのは実際の耕作では無理だと思います。

安田（農環研） 阿江さんのお話しでは、酸素不足による根粒に対する障害がダイズの生育を不良にしているということでしたが、これは根と根粒の両者による酸素の競合があってそのために根に対する酸素の絶対量が不足してくる結果ではないかと考えます。

作物根に対する酸素供給の評価法として酸素は水膜を通して拡散されるわけで、その意味でO.D.R.は一つの良い方法だと思います。では、O.D.R.を高めるにはどうしたらよいかということになりますが、それは排水を良くするとか、粗大有機物投入などによって粗孔隙を増大

することだと考えられます。粗孔隙を20~25%以上に保つならば結果的にO.D.R.は30以上に高まるものと考えております。なお黒ボク土で特に酸素濃度が低下したということですが、それは土壤空気ではなくて、水膜中の酸素濃度が低下したということになります。すなわち黒ボク土は同一地下水位でも毛管上昇量が多く、そのために粗孔隙が他の土壌よりも少なくなり地表面からの酸素供給も落ち、しかも土壤呼吸が大でガス交換が少なかった面もあると判断されます。

阿江（中国農試） 私が言いたいことをよく理解しておっしゃってくれたことが1つあります。確かに粗孔隙を増せばO.D.R.は上るし、一種類の土壌を使えばかなり相関は高いのですが、さまざまな土壌を使いますとそう簡単にはいえない部分があります。そのようなパラエティーのある土壌の作物生育の判断基準として何がいいのかということやはりO.D.R.ではないかと思うわけです。

ダイズの生育を根粒と直接結びつけたわけですが、大胆に言ったというのが率直なところですよ。というのは、根粒の生育そのものは、地上部全体というか、光合成量と相関が高いわけです。だから根粒を支配する要因は最終的には光なのですが、そこらへんの話しを大胆にカットしてしまったのです。しかし、あえて言ったのは、根粒は酸素濃度が3%下がっても大きく障害をうける。さらに水膜の話しをしますと、さらに影響があるはずだという安田さんの御指摘は私のデータには都合がいい。黒ボク土の話しなんですけど、あれは地下水位40cmでも生育が悪い。これには毛管上昇だけでなく土壤亀裂ができていくというマクロな構造も関与していると思われま

須藤 中野さん、新垣さん、上田さん、唐橋さん達は、易耕性という言葉に自分の職域の中でどういう意味をもたせていますか。

中野 機械の使いやすさ、作業のしやすさ、それから碎土率と割合広い意味で使っています。

新垣（三重大） 耕耘の外力によって結合程度の異なるところで細かい土塊に分かれていくが、耕耘という外力の問題を統一的に取り扱い、科学性を持った土塊分布のおさえ方を考えることは易耕性と非常に関係があると思います。

箱石（中国農試） 新垣さんにおうかがいします。マサ土（花こう岩風化土）の様に粗大粒子を混じた系（未熟な場合には構造単位は微細粒子で被覆された砂粒子であり、熟畑では団粒と砂粒子が構造単位である。）の力学的挙動は従来いわれてきた均質なものをあつかった模型の延長で考えられるのでしょうか。

新垣 御質問の内容には大変難しい問題が含まれてお

ります。空間組成を考慮した構造モデルと現象論で扱う構成方程式との間のギャップはあまりにも大きいとギブアップ宣言をする人もいます。それは粒状態の研究分野でも基礎方程式は連続の式を使うところにあるわけです。御質問の中で未熟土で石英のまわりに粘土がくっついているのと、熟畑化して団粒化してくるその連がりやがどうやら先程いいました構造と力学の問題の扱い方の大きな壁と同じような気がします。それで連続に近いものを不均一な粒の集りに考え方を拡張していくことは今大きく問われていることだと私は肌で感じています。

安富（茨城大） 弾丸暗渠の穿孔断面形状が縦長、横長という話でしたが、これは縦横の土壤構造の発達程度の異なりによると考えられないですか。例えば通気性の差であるとか。

新垣 異方性の問題は大きいと思います。普通横長になる要因は重力場に基づく土圧です。ここで示した土は湿潤重量は0.7 g/ccと水より軽い。これは空間間隙が非常に大いからです。弾丸暗渠を50cmにやったとしても0.05 kg/cm²で、とても穴をへこます力にならない。それが機械走行の転圧がありますので。しかし縦長になる理由はわかりません。以前、泥炭では縦長になるという文

献は読んだことがあります。

座長 最後に全体を通しての御意見をいただきたいのですが。

寺沢（太陽コンサル） 研究を離れているので大変興味深く聞かせていただきました。私のこれまでの経験から2つほど考えてもらいたいと思うことを述べます。1つは構造形成の単位である土粒子の結合によってつくられるドメインです。これがどういう形態で存在するかという問題がはっきりしていません。もう1つは、機械耕耘に関連してですが、機械耕耘は確かに膨軟になりますが時間がたつとまたもとに戻ってしまうという問題があります。そのための改良剤の使用方法を検討する必要がありますと思います。

座長 今、寺沢さんからまとめをいただきましたが構造をめぐって、1つは単位の問題。単位の大きさ、構成の仕方、あるいは評価方法といった問題がある。もう1つは改良問題。ヒドロキシアルミニウムの話しをうかがったわけですが、構造は今その辺に集約されるのではないかと思います。

時間もきたようなのでこの辺で終わらせていただきます。どうもありがとうございました。