

## 総合討論

本総合討論は、下記の第32回シンポジウムに関するものである。  
各講演内容は本誌に報文として掲載されているが、報文としての  
内容に適したタイトルで掲載されている。

### 記

日時：1990年11月9日（金）10：00～17：00

場所：農業環境技術研究所大会議室

テーマ：熱帯における持続的土地利用をめぐる土壌物理  
的諸問題

### 講演

1. 東北タイ砂質土壌のキャッサバ湿害と塩類化の実態  
—傾斜畑における水・溶質三次元移動計測の重要性—  
谷山 一郎（農業研究センター）  
三浦 憲蔵（熱帯農業研究センター）
2. インド重粘土壌の畑作利用と物理問題  
キマメとヒヨコマメの作付体系における意義を中  
心にして  
有原 丈二（北海道農業試験場）  
阿江 教治（農業環境技術研究所）  
岡田 健介（熱帯農業研究センター）
3. 沖縄島北部赤黄色土の土壌侵食の評価と対策  
翁長 謙良（琉球大学農学部）
4. ニジェール河流域の砂漠化防止  
村山 忠一（農用地整備公団）
5. 熱帯低湿地開発の諸問題  
久馬 一剛（京都大農学部）

司会：長谷川周一（農環研）、

井上 隆弘（農研センター）

### 【司会・長谷川】

公演発表のときに質問できなかった方、複数の方に對して同様の質問をされたい方の質問を受けます。

### 【千葉農試・安西】

谷山さんに質問ですが、キャッサバの根の土壌断面の  
写真で、深さ30cmより下に根が入らないということ  
ですが、あそこは砂質で透水性はよいと思います。それ  
に對して30cmより下の土壌はかなり硬いと思いますが、  
いかがでしょうか。

### 【谷山】

根が入らないというのは、食用として商品的に利用す  
る太い根が30cmまでしか分布してないということで、  
細い根については下の方まで伸びています。ただし、量的  
には深さ30cmまでの有機物を含む層での分布が多くな  
っています。土壌は乾燥してもかちかちというような硬  
さにはならないと思いますので、土壌構造が阻害因子に  
なっているとは思いません。たぶん水の影響か、養分の  
問題が絡んでいるんだろうと思います。

### 【安西】

土壌硬度は実際に測っていますか。

### 【谷山】

土壌硬度は測定していません。水を含んでいる時には  
硬度も測れないような状態ですし、感触では乾燥すると  
結構硬いようです。ただし、根が入れない状態ではない  
と思います。

### 【草地試・岩間】

谷山さんか三浦さんに質問します。東北タイの土壌断  
面では上の方が必ず砂の層で、下がloamとかclay loam  
の土層がありますが、東北タイでは普遍的に存在する土  
壤と考えてもよいですか。また、その場合の土の分類名  
はどうなりますか。さらに、ユーカリを植えて地下水面  
を下げたことで、塩類化を防止できることが明かにな  
ったわけですが、土地利用という点では、ユーカリ林と畑  
を組み合わせたアグロフォレストリを考えることになり  
ます。そのとき、ユーカリは横に根をはって畑地から養  
分を奪い、畑作物の生育を悪くすると言われていま  
すので、ユーカリに代わる樹木が考えられるのか、お聞かせ  
ください。

### 【谷山】

最初の質問に関しては、私よりも三土さんか秋山さんに  
答えていただければと思いますが、あのようなRegosols、  
Soil TaxonomyではQuartzipsammentsですが、石英を  
主成分とする砂の非常に厚い土層は、東北タイの台地  
では多く分布しています。ユーカリについては、アレロパ  
シー物質を出すという説もあり、それが事実だとすれば、

塩類化した土壌にユーカリを植えて除塩し、それを伐って作物を植え、また塩類が溜ってきたらユーカリを植えるというアグロフォレストリー的なローテーションでは、問題が起こるだろうと思います。ですから、他に土壌塩類に強くて成長の速い木があれば、その方がよいだろうと思っていますし、タイでもスクリーニングをやっていると聞いています。

#### 【司会】

三土さん、土壌についてコメントをお願いします。

#### 【農環研・三土】

東北タイで砂地の下に少し粘質な難透水性の土層を持つ土壌断面は、かなり普遍的だと感じています。成因については、上の砂層の生成と下の粘質な土層の生成は表裏の関係にあり、上層から粘土分が抜けて、少なくともその一部が下層の砂の目を詰めたと考えています。おそらく、粘土の全部が下に溜ったのではなく、過半の部分は表面流去水が粘土を持ち去ったと考えています。分類は、先ほど谷山さんがおっしゃったように Quartzipsamments というように、石英質な砂、砂土というように分類されていますが、もし粘土が動いたということになると、おそらく Alfisols もしくは Ultisols、先ほどの谷山さんの写真ですとかなり斑紋のある土でしたから、かなりの部分は Aqualfs か Aquults に修正されると考えています。

#### 【農研センター・長野間】

有原さんに伺います。八郎瀧の粘土は 2 : 1 型の粘土鉱物で、地理的には日本海側ですので、麦の生育期間は非常に湿った状況が続き、5月に入ると比較的雨が少なくなって急速に生長を始めます。麦の根域が浅いと、深さ 10 cm ぐらいのところ急速に硬くなり、根が入れなくて成熟期間が短くなることがあります。一方、夏作の場合はひび割れをして、根が下層に入っていくという状況が観察されます。そこで、乾期と雨期があった場合、雨期から乾期に移って行く過程で急速に土壌が収縮をして、根が伸びれないという現象が起こらないかというのが第一の質問です。それから、膨張収縮する Vertisols で Strip Deep Tillage をおやりになったことがないかという二つのことをお聞きします。

#### 【有原】

インドのハイデラバードのように乾期に乾燥が進み、雨期の開始とともに徐々に上の土層から湿っていくと、根の伸び方はスムーズにいくと思います。ところが、7~8月になりますと土壌が水で飽和して、孔隙がほとんどなくなるので根がダメージを受けることが多いようです。その場合、その後乾燥が続いてイリゲーションをすると、かえって作物をだめにすることがあります。また、雨期に降雨量が少ない場合、耕盤が壊れているような状

態になり、根が比較的スムーズに伸びて行く感じがします。Vertisols では乾期のソルガムの収量が、雨期の降雨量と -0.7 の相関があり、雨が多くて耕盤が残る状況だと収量が落ちてしまいます。チックピーも雨の多い年の乾期には、収量が下がることがあります。ですから、下層の乾燥程度が、根の発達と非常に関係あるようです。二つめの Alfisols のことですが、検討したのですが、結局やれないで帰国しました。最近、ある雑誌で Vertisols で不耕起栽培すると、pH が低下したりナトリウム含量が下がるという話が載り、おもしろいと思いました。

#### 【農工研・小前】

谷山さんに質問します。私は、比較的広域の地下水を使うという立場で、土壌物理的アプローチよりはメッシュが荒い仕事をしています。地下水資源も汚染という問題があり、細やかな透水構造にまで目を向けないと、地下水資源が語れなくなってきています。谷山さんのされた水溶質の三次移動計測の重要性には、共通な認識を持っていますし、私自身、手法としてトレーサーを使っています。谷山さんの発表は、室内透水実験などから得られた透水係数とオーダー的に一致したという記述と、水収支をバックアップしたという取扱で終わっていたような気がします。そこで質問ですが、動水勾配が大きなところで百分の三、小さなところで千分の七ぐらいでは、トレーサーは限られた部分しか流れていないのではないのでしょうか。どの pF までの水が、トレーサーを運ぶのに関与していたとお考えなのか、検討されていたらお教えください。

#### 【谷山】

今回の実験はかなり大ざっぱにやっています、トレーサーは飽和水位の中だけを流れていくという仮定で測定しています。

#### 【小前】

飽和水だとは思いますが、透水係数で求められたのは、断面平均流速だと思います。トレーサーで出て来るのは見かけ流速で、そのピークの値をもって計算すれば、間隙平均流速に近いものかと思っています。その間に介在するパラメーターは、有効間隙率といわれる流れに関与した間隙のレートだろうと思います。これをどの程度に見込まれたかを聞きたかったわけです。

#### 【谷山】

ドロストの式等にあるように、飽和透水の値からそのパラメータや定数を選んで計算しています。

#### 【司会】

流動に関与する間隙は pF で表すとの程度までか、すなわち、全体の土の断面の中の何パーセント位が関与しているのかという質問だと思いますが、いかがでしょ

うか。

### 【谷 山】

まだそこまでは計算しておりません。

### 【司 会・井 上】

今日のシンポジウムの課題である、熱帯における持続的土地利用に焦点を合わせてみたいと思います。もともと熱帯の土壤は極めてセンシティブで脆弱で、光と温度が十分にありながら、それを利用しようとする場合、風化や分解や侵食などで、短期間に土壤が物理的にも化学的にも劣化します。土壤物理が持続的土地利用を考える場合、技術をどういうレベルで導入すべきか、いわゆる作物生産を続けていく或は増大させるために、どの程度まで技術を投入できるかということや、むしろ触らない方がよいという考えもあると思います。日本型とは違った熱帯の土壤の特異性に関連したコメントや、意見があればお伺いしたいと思います。

もう一つは持続型土地利用を考える上で、研究の手法として新しい考えをお持ちの方があれば、コメントしていただきたいと思います。

### 【三 土】

久馬先生に伺います。日本では客土をしない泥炭地の利用は考えられませんが、熱帯では客土は考えられないというお話でした。それを難しくしているのは自然条件なのか、財政的な条件なのでしょう。また、サステイナブルという見方からすると、客土して利用した方が、長持ちすると思いますがいかがでしょうか。

### 【久 馬】

今の点ですが、私は両方あると思います。北海道であれだけ広い泥炭地で客土できたのは、雪が積もるという条件があるからだだと思います。大変にウェットで足場の悪いところで、重い材料をたくさん運んで貯めていくことは、本来難しいと思いますが、北海道の場合はソリを使って土を運べました。一方、東南アジア泥炭地に客土するのは、自然条件からして非常に難しいような気がします。それと、それらの国は基本的に貧しく、そういう投資に耐えられないと思います。確かにドイツあたりでは泥炭の上に砂客土をして、コンサベーションに役立っているといいますが、分解を遅らせる手段の一つにしています。そういうことは確かにあるわけですが、東南アジアでは現実問題としては、客土は難しいと思っています。実験では都合で7.5cmと決めましたが、どれだけ無機物を混ぜたら作物がとれるようになるのか、ミニマムのレベルを押さえるような試験を、やりたいと考えています。

### 【谷 山】

東北タイで湿害の研究をしたわけですが、東北タイは

半乾燥地域です。ケッペン気候区分でも熱帯サバンナでははっきり雨季と乾期が分かれ、雨季には湿害を起こすほどの雨が降りますが、乾期になるとぱたっと止まります。雨季の雨が少しでも乾期の方に延びてくれば、それだけ生産量が増えるのですがそうもいきません。それで湿害の対策ということで、最初は水を抜けばよいと単純に考えていたのですが、地元の意向はそうではありません。雨季が終わってキャッサバを挿し木で植えますが、乾期に入ると土壤の保水力でなんとか生育していますが、それもなくなってくると葉を落として蒸散を抑制し、それで水が足りなくなってくると、一回太らせた根のでんぷんを分解して水をえて、何とか歯を食いしばって翌年の雨季まで持ちこたえるわけです。このような状況を考えますと、単に湿害防止ということで水を抜いたり、孔隙を増やすとかして有効水分量を減らすということをする、問題が起こるということです。日本みたいの一つの作物ステージだけで、問題を単純に解決しようとすると、誤ることになると思います。私も雨季に2回行きましたが、雨季に何度行っても湿害の対策はできないので、乾期に行つて総合的に考えなければと感じています。対策を何とかしろと言われるわけですが、頭を抱えてしまいます。

### 【司 会】

今、日本型サステイナビリティと熱帯での違いという発言がありましたが、対策をどうするかについて、阿江さんお願いします。

### 【農環研・阿 江】

インドではピジョンピーとチックピーの特性が、在来型農業を研究することで明かになり、いわゆる在来型の農業の中にも科学的な根拠があると思います。こういう所から持続型農業を考えなければならないんじゃないかと思っています。もう一つは熱帯低開発地域に近代的な農業が入ってきたのは、最近ではないかと思っています。先ず歴史的な背景を考えてもらいたいと思います。ニジェールの場合でも、砂漠化する前にどういふことをして砂漠化を止めていたか、歴史的な背景をもう少し研究する、学ぶという必要があると思います。

### 【司 会】

村山先生、今の点についてコメントがあればお願いします。

### 【村 山】

どういふ対策をしていたかについて、調べる必要があるというご指摘ですが、実際には何も対策をしていなかったといえますか、人口が増えてきて食糧不足の中で、畑を耕せるだけ耕してきたようです。昔は輪作体系があったそうですが、今見るときちつとした輪作ではなく、

種を蒔けるだけ蒔いて、収穫できるかはお天気任せというものです。昔の余裕がある中での輪作が、計画的な輪作であったかどうかですが、カウンターパートに聞くとかなり分けていたと言っていました。アフリカを旅していて、開発という言葉は当てはまらないなという気がすることがあります。というのは、畑として耕している所、そうでない所は家畜の放牧に利用され、木は薪採りに使用されています。家畜は移動していい草を求めて移っていく。そうすると、土地所有や利用権はお互いにあるのだらうと思います。そういうふうに見たとき、私達の感覚ではあそこは雑木林だから耕して畑にしようとしても、すでにいろんな形で利用され尽くしています。そこで、今みたいに畑は瘦せていてもなんでも種を蒔くというのではなくて、生産性の高い畑をきちんと整備して、そうでないところは計画的に林にするとか、草地にする方がよいと提案してみたいと思っています。

#### 【北 大・佐久間】

村山先生のお聞きします。年降雨量が300~500mmですと水は貴重品ですから、現地の人達はいろいろ水を集める工夫をやっていると思います。どんな小規模な水を集める工夫をやっておられたでしょうか。

#### 【村 山】

地元でやっている一つの方法が、スライドで紹介した半月形の水集めです。あれも植樹の古典的なテクニックの一つというふうに聞いています。もう一つは、ワジから雨期に降った雨を深い池に導水して、回りに木を植えて木陰を作って蒸発を防ぐという方法があるそうですが、現物は見ていません。それから、布団籠を使ってワジをせき止めて地下への浸透を図り、伏流水をできるだけ長続きさせるという方法を、ブルキナフソとかその奥の方で見せていただきました。材料は布団籠、布団籠を使わない場合もあるようですが、スライドで紹介したアイアンストーンの手大から頭大まであるのを集めて材料にしていますが、きちっとした堤防という訳ではありません。

#### 【佐久間】

1977年に有珠山が大爆発して、有珠の山が大変に荒れました。あの時に近代的な砂防ダムをたくさん作ったのですが、結果的にあまり効果がなかったわけです。結局、籠に作った砂防ダムよりもう少し上に、木で作った小さい柵を数多く作ることによって、下流への土砂の流出をおさえるのにはば成功したと言うような経験があります。こういう降雨量500mm以下という所では、あらゆる所にそういうものを作って、細かく細かく水を稼ぐことが必要で、非常に大きなダムを作ってもあまりうまくいかないと感じます。砂漠化の防止でも非常に大きい事業を局地的にやるのではなくて、対象とする地域を非常に細かく

カバーできるような対策、手法というのを考えないといけないと思っています。

#### 【司 会】

佐久間先生のコメントに、エロージョンの問題も入ってきましたので、翁長先生から沖縄のエロージョンの問題について、コメントを頂きたいと思います。

#### 【翁 長】

沖縄の赤・黄色土は、本来の土壌の姿ではなく、農地造成や圃場整備などで本来の土壌構造が攪乱され、層位もないいわゆる人工土壌的な要素を帯びた土壌と言っていると思います。そのために土壌に対する農民の価値観が、昔とかなり変わってきたという印象を受けます。つまり、肥沃な土壌が流れていくわけではなく、土壌が流されることに対して農業側のデメリットはあまりないという考え方が、支配的になってきていると思います。ですから、パイン作にもっとも典型的に見られるケースですが、数ミリの土壌が流されても、化学肥料で補えばいいと考えるわけです。土壌侵食の対策とは、従来は防災施設としていろいろなハード的なアプローチがなされていますが、荒い粒子は止められても、微少微細な粒子は海へ流れていきます。そこで、今の沖縄では土砂の防止対策というよりは、むしろ赤濁水の対策に視点が変わりつつあり、きびしい対策が迫られている現状です。国頭マージは酸性の強い土壌で、お茶とかパイナップルが生産されていますが、さとうきびとかその他の野菜ではあまり生産性が高くないということで、中南部に分布するジャガルの母材である泥岩、これをクチャといいます。これを客土します。

パイナップルも最近では自由化になるということで、ハウス栽培になりつつありますが、エロージョンという点からは、土壌が保全されるというふうに考えています。

#### 【司 会】

時間がきてしまいました。ここで結論を出すというシンポジウムでもありませんが、総合討議の後半部分は、対象となる社会的経済的バックグラウンドをよく認識して、あるいは古来の人類の知恵が何処にあったかということをよく認識して、持続的土地利用に対して土壌物理はどうアタックすればよろしいかを検討したということに集約されるんと思います。

#### 【会 長・久保田】

今日、シンポジウムにご参加くださいました皆様に、お礼を言わせていただきます。本日のテーマに含まれます風土、水、伝統、技術移転などのさまざまな問題について、土壌物理という角度から掘り下げられ、成功であったと思います。どうもありがとうございました。これで閉会に致したいと思います。