

## 第46回土壌物理学学会シンポジウム総合討論

吉迫 宏\*・井上久義\*\*

Discussion in the 46th Symposium, JSSP

Hiroshi YOSHISAKO\* and Hisayoshi INOUE\*\*

\* National Institute for Rural Engineering, Kan-nondai 2-1-6, Tsukuba,  
Ibaraki 305-8609, Japan\*\* National Agricultural Research Center for Western Region, Ikano-cho 2575, Zentsuji,  
Kagawa 765-0053, Japan

2004年11月13日に岡山大学創立五十周年記念館において開催された「第46回土壌物理学学会シンポジウム—フィールドサイエンスと土壌物理—」での総合討論(座長:安中武幸,井上久義の両氏)の概要を報告する。

## はじめに

座長(安中武幸:山形大学大学農学部):

総合討論の座長は,安中と井上(井上久義:(独)農業・生物系特定産業技術研究機構近畿中国四国農業研究センター傾斜地基盤部)の2人で担当する。午前中に講演頂いた白谷栄作先生((独)農業工学研究所水工部)は所用のため帰られたので,講師の久馬一剛先生(京都大学名誉教授・滋賀県立大学名誉教授),波多野隆介先生(北海道大学北方生物圏フィールド科学センター),および柏木淳一先生(北海道大学大学院農学研究科)に登壇頂いている。総合討論の進め方は,始めに講演に対する質疑応答を行い,その後に討論としたい。

## 質疑応答

座長(安中):

事前に頂いた発言票では,久馬先生に対して2件の質問が寄せられている。1件は森也寸志さん(島根大学生物資源科学部)から,「久馬先生が全体的な話をされたので」いうことで,「今日の講演・ポスターは,みな興味深い社会的意義も大きいと考えている。しかし,目を外に向けると,特定分野に予算を投下する今のやり方から,土壌という分野が場合によっては消えかねない感じもする。実際,研究では大変な勢いを感じるASA・SSSAでも,『Soil Scienceが他分野から正当に評価さ

れる必要がある』という意見が占める割合が高い。個人的には色々考えているし,実践しているつもりだが,我々の戦略として,久馬先生ならどうされるか」という質問が寄せられている。補足を森さんをお願いしたい。

森:

研究室をどう組織・運営していくかということを考えてた時に,自分たちが科学的に見て有意義であるとか興味があると思っても,そのことを外部の人間に対しても本当に重要であるということ認識させないと,教育・研究も出来なくなってしまうという現状がある。経験豊富で俯瞰的な視点を持たれている久馬先生であれば,このような状況をどう考え,どのように対応されるかと思ひ,質問した。

久馬:

今の私にこのような質問をぶつけられても,的確な答が出来るか判らない。というのは,私は京都大学を定年退職して既に10余年経った。京都大学を退職した後は滋賀県立大学に在職したが,この大学はまだ草創期の大学で,大学として研究にあまり手が回っていなかった時期だった。従って,研究者としての実経験は京都大学時代になるので,質問あたりの勘は薄れている。

この十年間の変化はものすごく大きい。退職して大学を外から見ていると,先生方は猛烈に忙しくなって,あまりものを考える時間も無いのではないかと,いう状況になっている。しかも,外からの締め付けも強くなっている。確かに予算の配分の問題なども,農業とか,特に土壌関連の分野が増えるような状況で無いという印象を持っている。しかし,同時に競争的な研究資金の存在も大きくなっている。だから,やはり科学的に価値がある,

\* (独)農業工学研究所地域資源部 〒305-8609 茨城県つくば市観音台2-1-6

\*\* (独)農業・生物系特定産業技術研究機構近畿中国四国農業研究センター傾斜地基盤部 〒765-0053 香川県善通寺市生野町2575

キーワード:土壌物理, フィールドサイエンス



写真-1 シンポジウム会場光景

ないしは社会的に価値がある、そういった研究を外に向かってアピールしながらやる、という正攻法以外に良い方法は無いのではないかという気がしている。

**座長 (安中) :**

今の質疑応答にも関連すると思うが、久馬先生に対するもう1件の質問が溝口勝さん(東京大学大学院農学生命科学研究科)から寄せられている。説明を溝口さんをお願いしたい。

**溝口 :**

私は今回、久馬先生に非常に重要なことを指摘頂いたと思った。私はこの間、総合科学技術会議の中において地球温暖化関係の研究戦略の動きを見ていたが、地球温暖化に絡んだ土壌有機物の分解や二酸化炭素、メタンの発生に関連することで、ようやく土壌学に焦点が当たるようになってきたと思う。というのは、横浜にある地球シミュレータで、全球レベルの大气や水循環、天候、温暖化などがシミュレーション出来る様になったが、しかし計算結果が合わない。なぜ合わないかというと、土壌中の有機物の分解速度が評価出来ていないからだ。先端の研究者もようやくこのことに気がついて、有機物の分解速度のデータを捕るべきであるという認識になっている。ホームページでも公開されている「気候変動分野の推進戦略」\*にも、このことは書き込まれている。先ほどの森さんの質問にも関係するが、我々の分野は決して捨てたものではない。今後、このようなところでも活躍していける可能性は十分にあると思う。では具体的にどうするのか? 先程もっとアピールしなければいけないという話もあったが、誰に対してアピールするかということをもっと戦略的に考えないといけない。農学系の研究者はこの辺の戦略やチームプレーが下手だ。分野としてもっと考えていく必要がある。久馬先生が講演で取り上げられたツンドラなどは、直接我々が出かけて行って研

究を行わなければいけないところだし、重要な指摘を頂いたと思った。以上が久馬先生のご講演を聴いての感想である。

ここからが私からの質問。これは会場の皆さんに対する問題提起でもあるが、ツンドラ地帯のような条件の厳しい現場に教員や学生が果たして興味を持って行っているのだろうか。実験室で行う実験は3ヶ月とか半年でデータが出来て論文が書きやすい。学生はどうしても早く修士号や博士号を取りたいので実験へ流れてしまし、教員にもそういう面がある。そういう中で、再現性が難しく、天候やら現場の条件にも左右される、そのようなフィールドサイエンスに真剣に取り組む人をどうやって育成していったら良いのか。その辺を我々の分野できちんと議論して、フィールドサイエンスを取り組んだ人を、論文にはなり難いけれど、きちんと評価していくことが重要だと思う。波多野先生は教授自らシベリアに行つて穴を掘って調査をされているが、指導教員が学生にそのような姿を見せることも大切だと思う。

この辺についての考え、あるいはこんな育成方法がある、といったことについて、久馬先生、波多野先生、それから若きリーダーである柏木先生にお聞きしたい。

**久馬 :**

私は今の言葉に大変心強く思っている。分解過程もさることながら、土壌の中にどのように物質が溜め込まれるかということも判っていない。炭素はどのような要因で、どの位まで土壌中に溜まるのかといったことも、必ずしも判っていない。最近、土壌団粒モデルで団粒の中に閉じ込められる炭素があるとか、色んな事が言われているが、土壌中での炭素貯留量をきちんと評価することも出来ていない。分解過程についても、きちんと解明されている訳ではない。溝口さんが言われたように、地球温暖化における炭素貯留の場としての土壌の重要性を考えると、もっと沢山の人が土壌に目を向ける必要があると思う。

フィールドで仕事出来る学生をどうやって養成するかということだが、やはり研究室のリーダーがそういう志向を自ら示すのが一番だと思う。そうすると、同じ志向を持った学生が集まって来るし、そういうグループが成長して、フィールドの仕事に強いグループが生まれていくと思う。やはり、先生方の実践が非常に大事だと思う。

**波多野 :**

私は久馬先生の背中を見て育った。フィールドの研究は1人では出来ない。1人で現場に行くというのは非常に辛い。リーダーが前を歩いていること、私の場合は久

\* <http://www8.cao.go.jp/cstp/project/envpt/meeting/pj6/pj6-index.html>

馬先生だったが、グループを作って取り組むことは、データ収集の段階で重要なことだと思う。柏木先生が今回論文賞を受賞した研究は、私も一緒に美瑛のフィールドへ行って、虫に刺されて大変な目にあった思い出があるが、研究室の半分位が関わっている仕事だ。そうでないとこのような仕事は出来ない。この時に、損得勘定が先に立つとフィールドの仕事は成り立たなくなる。取ったデータは最終的に誰か1人の手柄になる訳だから、それ以外の者は労働者に徹しなければならない。作業を通じて調査手法を学べるとか、そういった面から調査に参加する意義を受けとって貰わなければならない。

収集したデータの解析は1人で作業する訳だが、まず沢山論文を読んで、研究室の中ではゼミなども頻繁に開いて情報交換しながら、先達の用いた解析手法を参考にして適用することから始めることになる。研究室の運営としてはこのようなものになるかと思う。

ところで、フィールド研究は旅費が無茶苦茶かかる。国内だけでも相当かかる。海外はもっとかかる。その上、作業もしなければならない。だから、はじめに物凄く強い動機付けが無いと、お金も出てこないし、人も動かない。だから、サイトスペシフィックな現象を解明しているということを、もっと強調すべきだと思う。世界のここにしかない、二度と取れないデータを今取っている。そのデータは今ここで取るべきデータであり、かつ面的にも年次的にも反復してデータを取ることによって、より確からしいデータとしていく必要がある、という考えでフィールドの研究を進めるべきだと思う。修士論文でも、はじめの論文では手法を作った、次の論文では1反復データを増やした、ということで論文を書く価値を見出していく。手法が出来れば、時間的にも空間的にも反復数は増やせる。このことをグループとして、そして土壌物理学会としても取り組めたら、と思う。

**柏木：**

順番に、私は波多野先生の後姿を見て育った。答はこのことに集約されているかと思う。森さんや溝口さんが考えられているような、予算をどう獲得するかとか、どう研究を外部にアピールするといったことについて、今まで私はあまり考えていなかった。外に出て穴を掘るのが好きだから今の仕事をしている、という感じだ。

穴を掘るということは、北大の農場で学生実験のために毎年穴を掘って調査していると良く判るが、穴を掘って人為的に土を乱す一度の行為によって、その場所の土壌断面は全然違ったものになる。自分が今掘っている穴は、私が入類として初めて掘っている穴だと思うと、それだけでも面白い。勿論、面白いということだけではアピールも出来ないし、結果も論文としてまとまらないと

いうジレンマはある。単に面白いと思って調査したデータについて、土地利用や地形などの諸条件がどのような条件であるのでこの地点でサンプリングを行ったのだ、ということをもっと説明できないために、論文にまでまとめられないと思っている。その地点、その土だからその様な変動や分布をしているだけではないか、と言われると、なかなか反論が出来なかった。

今日、久馬先生や波多野先生の話聞いて、その場所では取れないデータを自分が取っているということで、もっと工夫をすればアピール出来るのではないかと心強く思っている。溝口さんの質問に対する答にはなっていないが、質問されたことについては今後考えていきたいと思う。

## 討 論

**座長（安中）：**

ただ今の質疑応答について、コメントなどを会場からお願いしたい。

**櫻井克年（高知大学農学部）：**

私は久馬先生の弟子で、ずっと一緒にフィールドに出かけて穴を掘っていたので、波多野さんが言われたリーダーが前を歩く必要性というのは良く判る。

私は昼からの参加で、午前中の方は聞けなかったが、午後の話や今の溝口さんや森さんの話を聞いていて思ったことや、今私がしていることについて、話したい。

フィールドサイエンスと土壌物理の関係がどうこうと言わなくても、久馬先生の話にもあったように、土壌学自体がインターディシプリナリな存在だ。私は今、殆ど海外で仕事をしているが、海外になるとますますインターディシプリナリに磨きをかけないといけない。経済であるとか、社会の状況であるとか、政治であるとか、土地の法律がどうなっているとか、そんなことまで全部関係が出てくる。土壌学はエリアスタディそのものであるし、インターディシプリナリそのものであると思しながら仕事をしている。

私は色々な予算を貰って年間10回位海外へ出張しているが、予算獲得に向けた方向として2つの選択肢があると考えている。1つは生態学の方向、もう1つは環境学の方向だ。生態学に行くとしても、環境学に向かうとしても、土壌の関係者が主に扱うべきことは、対象の何かを明らかにするというのではなく、対象の何かを修復することだと思う。破壊された生態系を修復するのに土壌学として何が出来るのか、環境汚染など環境問題の解決のために土壌学は何が出来るか、というアプローチであれば、土壌学にはまだまだ沢山の仕事があると思う。土壌中の炭素や窒素の循環の話は色々な環境問題に

関わっている。でも、土壌の研究者はわりと炭素なら炭素そのもののみを対象に研究している人が多い。そのような研究は趣味の世界だと私は思う。私自身、予算をたくさん獲得している訳ではないが、そのような研究姿勢では永久に科研費や環境省の予算などは獲得出来ないと思う。

生態学にしても、環境学にしても、一番必要なのはモニタリングだ。継続的に5年10年測定する。サイドワークで良いと思うが、ずっと継続する。波多野先生はこれが出る人だ。モニタリングは研究の上で力になる。

そして重要なのは、仕事を論文として発表出来る学会誌を確保することだ。今の時代は評価が厳しいので、論文が無ければ次の研究費も取れないし、評価の時にも困る。熱帯関係であれば、日本熱帯生態学会のTROPICS(熱帯研究)という学会誌がある。学生にも海外の仕事を色々やらせているが、論文はここに outsizing している。それは、TROPICSが大切なフィールドのデータをそのまま生かせる学会誌だからだ。国内にこのような学会誌が他にあるかといえば、多分無い。国内には、地道なデータを積み上げて、これはまだ結論が出ていないけれど現在でここまで判ったとか、10年間集めたデータでここが大事だとか、10年やってその内の3年分のデータをまとめて書きたいとか、そんなことを書ける学会誌が無い。この辺を溝口さんあたりに知恵を出して頂いて解決出来れば、フィールドサイエンスは学生にとっても、教員にとっても魅力的なものになり得ると思う。

学生はフィールドに連れて行ったら喜ぶ。まず間違いないと思う。私のところの学生は全員フィールドに行きたがる。実験室で何かすることが格好良いと錯覚していた学生も沢山いたが、実はそういう学生でも外で仕事をするのは楽しいと思っている。適当な刺激を与えてやれば、喜んでフィールドに行くようになると思う。

最後に付け加えると、海外で働ける土壌学者が少ないと思う。久馬先生の教え子の方々も、世界に散らばって仕事をされているが、仕事の依頼が殺到している。あちらこちらから、次こっちは来てくれ、次あっち行ってくれと。私は海外で仕事出来る人材をもっと欲しいと思っている。土壌学者が出る事は沢山ある。でも何と無く行かないだけ、というところがある。海外では、明日のご飯を心配している人に対して、現場で役に立つ科学というものがまだ沢山ある。こういうことも、もう少し皆さんの視野に入る様になれば、フィールドサイエンスはエエ学問やな、と思える様になると思う。

森：

先ほどは自分自身の考えを説明しなかったが、土壌学、土壌物理学が農学系の学問とすれば、それは地下水

面より上層の土壌不飽和帯、すなわち空気が混じっているのが当たり前という領域における物質循環を取り扱う学問であり、従って窒素の循環であれば、空気があり微生物が居てという状態、空間変動性があるのは当たり前というところでの物質循環の議論が出来るのが強みだと私は考えている。土壌学、土壌物理学はサイエンス系に進む方向とエンジニアリング系に進む方向があると思う。この会場にも土木工学の方も居られると思うが、エンジニアリング系である土木工学分野の同僚は、「土壌不飽和帯の研究については、農業土木の土壌物理分野における研究の方が、土木工学分野における研究よりもはるかに進んでいる。もっと土木の方にも論文を出したら良いと思う」と言っている。

また、溝口さんも先ほどの発言で触れられたが、地球表層の不飽和帯での物質の出入りが判っていないという認識は世界共通らしく、平成13年から2年間カリフォルニア大学デービス校に留学していた時の指導教授だったヤン・ホフマン教授は最近、地球表層の物質循環、フラックスを正確に測定するという大きな研究計画を1億6千万円位の研究予算を獲得して進めている。このような分野が重要であるというのは世界的な認識であるし、もっと上手にアピール、例えば、生物を交えて窒素循環の議論が出来るとか、空間変動性について判るとか、我々がより国際的に一般的な次元で議論が出来るということを示すことが出来れば、均一系のみを対象に研究している人達にアピールが出来て、我々が活躍していけると思う。

座長(井上)：

フィールドのことについて今まで話があったが、地域の試験場では、常に目の前が現場である、という意識で仕事をしている。「フィールド」や「フィールドサイエンス」という言葉も、地域の試験場で研究をする者と大学で研究する者では、受け取り方も異なる面があるのではないかと思う。地域の試験場や地域の現場で仕事をされている方から、この辺についての意見を頂きたい。

吉川省子(独)農業・生物系特定産業技術研究機構近畿中国四国農業研究センター傾斜地基盤部)：

今までの話を聞いていると、フィールドサイエンスを取り組みたいという気持ちがかくかくと湧いてくる。しかし、実際に自分がどのくらい取り組めるかということを見ると、研究室の人員は3名だし、研究室の仕事も中期計画などでバシッと決められていて、なかなか身動きが出来ない状況にある。しかも、研究室員はそれぞれ中心的に取り組んでいる研究課題を持っていて、研究勢力を割けない状況にある。

このような現状を考えると、フィールドサイエンスを

本当に取り組もうとするのであれば、誰かに中心となって貰うことにはなるが、土壌物理学会などでフィールドサイエンスに興味がある研究者を募り、取り組むような仕組みが必要ではないかと感じた。

#### 波多野：

私たちは今、草地の炭素固定の研究に取り組んでいる。宮崎県にある家畜改良センター宮崎牧場と栃木県那須の畜産草地研究所、北海道立根釧農業試験場、それに私たちの大学の牧場の4ヶ所で、渦相関を用いて草地の炭素固定量の測定を行っている。これは、現地に研究者が居るからこそ出来る仕事で、その現場のことを良く知っている人でないと出来ない仕事だ。従って、研究のためのネットワークの構築が必要となる。河川の方も、窒素の流出の研究について、河川生態学会の中で5ヶ所位のグループを形成しつつあり、先ほどの講演の時に見せた施設の写真はその仕事の一部だ。吉田正則さん（独）農業・生物系特定産業技術研究機構近畿中国四国農業研究センター傾斜地基盤部）が取り組んだ四万十川における3年間のモニタリングもそうだが、ある場所で継続的に取り組まれている研究は結構ある。先程の櫻井さんの話とも重なるが、研究内容についての情報を公表・提供する場所を作り、うまくネットワーク化して予算の申請にも繋げていく仕組みが作れないかと思っている。

草地の炭素固定の研究は、今まで抜けていた草地の炭素固定力を京都議定書で定められた2008年度から始まる第一約束期間までに急いで評価する必要があったので予算の申請が通ったのかと思うが、研究の全体像を作り、その分野の専門家を集め、リーダーが号令を掛ければ現場で作業する者も動く、という体制を作ることが出来るならば、現状でもかなりの研究が出来ると思う。

先程の私の話は、大学で学生をどう育てるかの話で、今日ここにお集まりの方々の後継者をどう作るかの話だ。また、溝口さんが言われたのは、いま行われている研究をどうアピールし、世界レベルに高めるかの話だったかと受け取っている。

#### 溝口：

波多野先生には、例えば地球温暖化問題の解決といった本当に必要な研究プロジェクトを、地域の試験場や農環研、農工研、大学などの間にある府省別の予算などの壁を取り払って農学関係者が一体となって取り組むという具体的な行動や組織化のために、是非リーダーとして「担がれて」頂きたい。その際には、櫻井さんが「修復が大事」と言われたが、研究全体の目的までを考えたグループ全体の研究の設計図を作って、その中で自分たちはモニタリングを担当する、モデルをやる、という個々

の研究の位置付けがきちんと見えようにすることが重要だと思う。

もちろん一方では個別の研究が大事だという議論もある。皆が同じ研究をやると、共倒れになる危険もある。研究の多様性を確保することも考えながら、研究戦略を練っていくことが必要だと思う。

#### 座長（井上）：

最後に、溝口さんから話があった、フィールドサイエンスをこれからどのように展開していくかという今後のビジョンについて、講師の先生方から発言頂きたい。

#### 柏木：

非常に簡単な言葉の中に、難しい意味が様々込められた質問だと思う。しかし、私自身の研究に係わることであれば、非常に簡単になる。私が測定している情報はサイトスペシフィックな情報なので、測定地点の情報をきちんと整理、すなわち「どこで」「どのような条件で」「何を対象に測定したのか」というデータに付帯する環境情報をきちんと付けること、そしてこの整理されたデータを蓄積していくこと、この2つを考えている。データの蓄積を面的に広げれば地球規模のデータになるし、時間軸で広げれば時間変化に対する予測モデルにも使えるデータになり、研究の力になると考える。

#### 波多野：

櫻井さんや溝口さんも指摘されたが、私は問題解決型の研究を進めることに尽きると思う。動機付けをはっきりさせた研究がフィールドサイエンスを強くすると思う。

#### 久馬：

「フィールドサイエンスはマルチディシプリナリな学問である」ということが重要だと思う。どんな問題でも良いが、自分の設定した問題について、出来るだけ沢山のフィールドで、周辺の人達とも語らいながら問題解決に向かって進む、という態度を常に持つことが一番大切だ。フィールドサイエンスを将来大きく伸ばしていくためには、自分の専門に閉じこもらないことが一番のポイントだ。

## おわりに

#### 井上：

時間も参ったので、最後を赤江剛夫会長（岡山大学理工学部）にお願いしたい。

#### 赤江：

今日は「フィールドサイエンスと土壌物理」というテーマで総合討論を行なったが、非常に良い総合討論が出来たと思う。実験系の研究であれば再現性が無いと仕事の価値は無いが、久馬先生の話の中で「追試の出来な

い仕事は価値がある」という言葉があった。この価値は、波多野先生が言われた「反復を増やす。モニタリングを継続する」ことや、櫻井さんが言われた「5年10年継続する」ことで生まれてくると思う。実験系とは別の価値観がフィールド研究には必要だと思った。

短い時間だったが、貴重な意見を聞かせて頂いた。講師の先生方と会場の参加者に感謝したい。

受講年月日：2005年1月22日

受理年月日：2005年2月5日