

第 53 回土壌物理学学会シンポジウム総合討論

柏木淳一・岩田幸良・中辻敏朗（シンポジウム事務局）

Discussion at the 53rd symposium on soil physics as a field
science and its role to our society

本稿では、5名の講師による講演の後に行われた総合討論（座長：志賀弘行氏、成岡市氏）の様態を、今後の研究活動の資料として掲載する。なお、討論の概略の記録を目的としたため、著者らの判断により、発言内容の一部を省略、または要約させていただいたことをご了解願いたい。

座長（成岡）：

総合討論として1時間を設けているので、まず私の方から全体のおさらいをする。次に志賀座長よりフロアの皆様からの質問を紹介する。引き続きフロアの方から意見をいただきながら総合討論を進めていく。まず長谷川さんからは、土壌物理学研究の流れを、特に戦後の研究に焦点をあて、時代背景を反映した研究テーマが行われてきたことを解説していただいた。そして、最後に若い世代の土壌物理学研究者への期待を述べておられた。次に、食料生産への土壌物理学の貢献ということで、北川さんからは、北海道の畑地の排水改良技術のあり方や具体的な施工事例、さらに施工費に及ぶ話があった。また、井上さんからは、北海道の泥炭地の歴史や現状、さらには東南アジア、ヨーロッパの例も含めて、開発に伴う自然環境へのリスクと環境保全の話があった。後半のお二方には、環境保全に対する土壌物理学の貢献について紹介いただき、中辻さんには北海道の地下水の硝酸汚染問題の現状と窒素環境容量の考え方を、また江口さんからは、浅層地下水中の脱窒のメカニズムや流域スケールにおける窒素の動態について話していただいた。

座長（志賀）：

会場からは6件の質問を受けている。長谷川先生には乾燥地研究センターの井上さんから、シンポジウムのテーマである土壌物理学の社会への貢献について、もう少し具体的な考えを聞かせていただきたい。

長谷川（北大）：

講演の中で私は3つのこととお話させていただいた。1つ目は、現在使われている土地改良事業等の設計基準を、我々の知識を活用した物理的な解釈により再検討しましょうということ。2つ目は土壌物理の教育をしっかりとやろうということ。3つ目は、この研究分野はフィールドが教科

書なので、現場での観測データが重要ということ。広域での現象をモデル化するために、物質の動きに関係する測定値を蓄積し、データベースを構築していくことが必要だと考えている。

井上（鳥取大）：

泥炭の話があったように、土壌には色々な種類があり性質が異なる。土壌別にこういう管理をやっていくと将来は地球環境にこういうリアクションを起こしますよ、というような予測ができれば、土壌物理学の社会への貢献が非常に高まるのではないかと思う。

古賀（北農研）：

長谷川先生の話の最後で、若い人には是非フィールドに出て研究して欲しいという話があった。しかし、ただフィールドに出なさいと言うだけではなく、フィールド調査の結果がデータベースに反映され、それが社会に役立つのだ、ということ伝えることが大切だと思う。

長谷川：

その通りだと思う。

座長（志賀）：

北川さんへ安西さんから質問が来ている。紹介のあった様々な排水改良工法は、適用可能な土壌が工法ごとに違うと思う。実際の施工ではこれをどのように判断しているのか。

北川（農工研）：

今回は施工方法に関して実例を交えて紹介した。実際の適用については、現場の条件によって異なるので、相談があれば個別に対応していきたい。農家の人がどのような施工をしたらいいかを判断するときに役立つ情報を、私たちの研究機関のホームページで宣伝していきたい。

安西（JA全農）

現場では、硬い土層の形成で排水性が不良となり、土壌病害絡みの問題が発生している。場面ごとに排水改良の方法は違うと思うが、畑の規模によらず排水性は農業にとって大きな問題なので、このような質問をさせていただいた。

座長（志賀）：

古賀さんから質問。暗渠資材について、紹介いただいたもの以外に使えるような資材はないか。例えば炭はどうか。

北川：

プラスチックのような素材だと分解しないので、暗渠の機能が衰えたときに撤去回収するのが大変。そういうこと



Photo. 1 総合討論の様子

も考えて施工しなくてはならない。炭も長持ちする素材だが、公共事業の場合は10a当たりの投資限界額があるので、それを考慮して資材を選択する必要がある。

三木 (酪農大) :

北川さんは、農家が排水対策にあまり積極的でなくなってきたと言っていたが、十勝ではテンサイ作付時に必ず心土破碎を行っている。むしろ、畑が乾かないうちに大型機械で作業を行うなど、土壌の状態を把握しないで施工することが問題ではないか。

北川 :

営農による排水対策の実態は、十勝と空知のように地域によりだいぶ違うと思う。大規模農家が多い十勝では積極的に排水対策を行っているのに比べ、転換畑の多い空知では排水改良があまり進んでいない。対策の程度に地域間差があることが問題だと考えている。

佐藤 (高知大) :

暗渠施工で土壌がどのように変わるかを説明いただきたい。土壌の排水性をよくする他の方法や、機械化による透水性の悪化事例など、暗渠施工が土壌の排水性に直接的に及ぼす効果はどうか。暗渠に用いる疎水材の適性や持続性、暗渠による圃場の排水性改良効果を示されましたが、暗渠を施工することによって土壌自体の物理性がどのように変化したのか。

北川 :

暗渠の効果を作物の収量性向上として示し、その途中経過の詳しい説明は省略した。暗渠施工によって土壌の物理性が良好になった結果として増収したと考えている。

竹内 (道総研) :

質問というよりは、十勝地域の実情、生産現場での話をお伝えする。農家の排水に関する関心は高いが、暗渠さえ入れれば排水不良が改善されると思っている農家が多い。暗渠には地下水位を下げる効果はあるが、地表面の余剰水を抜くには営農努力で暗渠に水を導かなければならない。そういう意識は農家に浸透しきれていない。また、十勝の周縁部には重粘性の土壌も多いが、そこでは心土破碎による余剰水の行き場となる明渠や排水路が無い場合がみられる。今回の発表にあった下層排水の技術をもう1歩進めれば現場の状況は良くなっていくと思う。土壌物理学会の中

では工学的な手法を持っている方は少ないと感じるが、そういう人の力を借りながら一緒に考えていかなければならない問題だと思う。

座長 (志賀) :

中辻さんに質問。窒素環境容量においては堆肥などの有機物中の窒素はどの様に扱っているのか。

中辻 (道総研) :

窒素環境容量の概念で対象としている窒素は作物に吸収されうる窒素、あるいは容易に溶脱しうる窒素、つまり無機態を対象としている。したがって有機物の窒素も、窒素含有率に肥効率を掛け、化学肥料相当の窒素量として扱う。講演で示した例では、北海道施肥ガイドに示された有機物施用に伴う減肥可能量の数値を使っている。質問票にあるように、堆肥の連用で肥効率が高まっている場合は、その場面に応じた数値を使えば良い。

猪迫 (鳥取大) :

窒素環境容量の構成要素である硝酸性窒素残存許容量は、濃度として考えているので、降下浸透水量が多いと大きくなるという理解で良いか。

中辻 :

その通り。浸透水量に比例する。

座長 (志賀) :

江口さんに質問が二つ。まず一つ目は、洪積層と沖積層の境界にある炭素の形態について。

江口 (農環研) :

炭素の形態については調べておらず、今後の調査が必要だ。単に全炭素含量だけでは不十分。脱窒との関連では水抽出炭素がよく用いられるが、今回の調査では上手く説明がつかなかった。別の方法を検討する必要がある。

小林 (森林総研) :

全炭素含量は、土壌溶液中ではなくて堆積物中か。

江口 :

そうだ。

座長 (志賀) :

もう一つは飯山さんから。脱窒における嫌気的条件の形成と硝酸供給の重要性について。

江口 :

嫌気的条件下に硝酸イオンが置かれることと、脱窒菌の栄養源となる有機物の多少が、脱窒速度を規定する要因になっている。先ほどの質問とも関連するが、帯水層中の有機物のクオリティ(微生物が利用しやすいかどうか)が重要で、測定方法については検討が必要だ。また、微生物の種類も調べていく必要がある。水田を転換畑にすると微生物相が年々変わっていくという文献もあり、そういうことが地下水中で起きているかもしれない。

飯山 (宇都宮大) :

人間が働きかけることで脱窒を促進したい、環境を制御できたらいいなと考えたのが質問の背景。嫌気条件を作るのであれば、平地なら水田面積を大きくすると良いし、傾斜地であれば千枚田で覆ってしまえば酸素は入って来なくなる。一方で、栄養源となる有機物については、営農でどんな働きかけを行えば良いのか。

江口：

人為のうち、脱窒に非常に大きく影響するのは排水性の改良だと思う。もともと湿性だったところを農地にするために排水改良すると、好氣的になって脱窒は起きづらくなる。ヨーロッパなどのライパリアン（河畔林）ゾーン研究の文献には、そういうことがたくさん書かれている。暗渠施工をすると排水性が良くなって農業ができる環境になり、窒素は富化されるが、脱窒は起きづらくなる。そうすると河川を通じた窒素の流出が増える、といったストーリーがあるように思う。それを元の湿性環境に戻してしまうと農業ができなくなるので、農業の場の外側にバッファゾーンを設けて、そこで水質改善を行うという方法が考えられるし、実際に行われているのではないか。

座長（志賀）：

井上先生へ、バッファゾーンの話が出てきたが、泥炭地のそのような役割についてコメントをお願いしたい。

井上（北大）：

今年の夏にイギリスから来た先生からうかがった話だが、ウェットランドアグリカルチャーというような考え方が役立つかもしれない。ヨーロッパでは湿原や泥炭地のような湿地を農業に適した土地にするために排水改良し、乾燥地の作物である小麦や牧草を作ろうとやってきたが、例えばバイオエネルギー用の作物で湿地に適したものを育てるなど、これまでの考え方をそろそろ転換していった方がいいのではと言っていた。

座長（志賀）：

これ以降は、多少俯瞰的なところから土壌物理と社会の関わりを考えてみたい。

座長（成岡）：

長谷川さんは、研究について栄枯盛衰がある、と言っていたと思う。井上さん、古賀さんの話を伏線にしながら、研究の栄枯盛衰についてコメントをいただきたい。

長谷川：

我々はよくアメリカの土壌物理の本を読むが、あれは畑地灌漑の発想が原点にある。日本では水田の地耐力を保つために、土壌物理において排水の研究を進めてきた。暗渠排水などは日本で完成されてきた技術だと思うし、日本で必要な技術だ。この発表の前に田淵先生と話したが、彼の言うことには「土壌物理は机上の空論ではなく現地の実態把握が重要な学問である。生産の場というものがあって発展してきた学問であって、純粋な物理ではない」。したがって、最初は水田、次に転換畑、さらに北海道の畑作の研究へと、時代の流れに乗ってテーマは変わってきたと思う。「土壌の物理性」にも、過去にはみかん園や桑畑の話があったが今はない。やはり生産と土壌の物理性がどのように絡んでくるかということが根本にあると理解している。

座長（成岡）：

先ほど土壌はいろいろあるよというお話をされた井上先生に、フィールド科学についてご説明いただきたい。

井上（鳥取大）：

私の持論は「フィールドに学べ」だ。乾燥地帯、湿潤地帯など、全く違う環境の中で人々は生まれ、農業や漁業な

どの一次産業をやり生活を営んでいる。その中で土壌物理学はどのような貢献ができるだろうか。先ほど土壌によってアプローチも違ってくるといっただろう、ということを開きかけたが、乾燥地の緑化を例にすると、緑化植物としては、外来種ではなく土着の種がいいということがある。自然に対する人間のアクションが、長い目でみると失敗に終わった例はたくさんある。先ほど泥炭の話にあったように、何でもかんでも小麦を植えればいいということではなく、湿地なら湿地に適したものが良い。我々は地盤工学とか微生物だとか色んな人達とリンクしながら、我々の知識を他分野の知識と合わせ、社会にどういう貢献ができるかを考えていくべきだ。日本国内でも土壌とか気候などが違うので、それぞれ考え方は異なると思うが、自分たちの研究なり仕事なりを生かすことを考えてやっていって欲しい。

座長（成岡）：

シンポジウムのテーマ「フィールド科学としての土壌物理学と社会貢献」について、波多野会長から一言を。

波多野（北大）：

先ほど、井上さんがウェットランドアグリカルチャーのことを話していた。泥炭地は地下水面より盛り上がり生成しているの、いったん地下水位を下げると、そこに水を入れるのは非常に大変だ。そもそもそこへアグリカルチャーをもってくること自体がどうなのか。どのような技術を適用したら、その環境を破壊しないですむかは、その場所に行ってみないとわからないから、フィールド科学が必要だ。排水改良は重要だが、やり過ぎると泥炭は分解し、窒素は溶脱し、場合によっては周辺に影響を及ぼす。けれども排水改良をしないと農業はうまくいかない。適応策の効果とその影響を見ながら、フィールド科学としての土壌物理学をどういう風に現場に適用していくかが重要だ。今日の講演は、排水改良、泥炭、窒素流出、脱窒と並んでおり、こうすると環境が壊れる、こうやるとうまくいく、そういう並びとなっている。様々な学問の領域はお互いにどこかでつながっているが、土壌物理がその境界領域へ適応ができるようになってくると、すごい学問になると思う。ちょっとしゃべりすぎて申し訳ない。

長谷川：

先ほどの脱窒の話は、我々は主に肥料と生産という2軸で考えてきたが、そこに環境を加えた3つの軸で考えましょうということの意味している。土をよく知っていれば、作土は作物生育に良い環境とし、下層は湿潤な状態にすることができるはず。そういうことを考えていくのもいいのでは。もう一つ私が言いたいのは、これまでの土壌の物理性を読むと「今度は土壌物理の出番だ」と他分野からのラブコールがたくさんあるが、これまでそういった分野とうまくいった事例が少ない。それは土壌物理をやっている人がなかなか他分野に入りきれないからで、作物生理をやっている人に土壌物理を教えるから来てよ、という発想をどうしてしないのかと思うが、なかなか難しい。先ほどの井上さんの発言にあったが、いかに共同研究するかが今後の成功の鍵と思う。

座長 (成岡) :

井上先生から切り返しはないですか。

井上 (北大) :

肩すかしになるかもしれないが、社会貢献というテーマについて、どうも先に社会の要望や需要があり、それにどう答えていくかというスタンスのように感じる。しかし、これからは政策を誘導する研究が大事になると思う。例えば温暖化、防災や減災なども社会的な需要があるから皆さんはそれに応えて取り組むわけだが、この分野で持っているノウハウを生かして積極的に世の中を引っ張っていくことも重要ではないか。

座長 (成岡) :

肩すかしというより、一歩進んだ話ですね。

井上 (鳥取大) :

最近の若い人は、温度一定だとか制限要因の少ない条件下でいろいろモデル化をして学位論文を書くというような傾向が強い。フィールド科学には不均一性などの要素が多くまとめにくいので、そちらへ行く人が少なくなっている。先ほど発言したように、現場から学ぶフィールドサイエンスが大事だと教育している。学位は免許証みたいなものであり、その後は社会で何が求められているかを良く見ながら研究しなさいと言っている。土壌物理は非平衡の世界で、化学反応や生物反応も起こっている自然状態を対象としている。我々は今この様な現象が起こっているから、この先はこうなるといった予見を社会に発信しなくてはならない。環境汚染問題に対する土壌物理学のアプローチのように、若い人たちには政策に関係なくやれるようなものがあっていいと思う。長谷川さんは講演で十年ごとに区切って解説されたが、次の十年にはどんなテーマが必要か、どんな社会貢献ができるかという展望を示すことが必要ではないか。

座長 (成岡) :

午前中のポスターセッションで特に発表数の多いグループがあった。そのグループに、現場の立場で何を考え、なぜそんなに元気なのかをお聞きしたい。

森 (鳥根大) :

井上先生 (鳥取大)、井上先生 (北大) や長谷川先生の発言を聞いて、自分たちの分野が世の中で大事だと思った。私も世に対するアピールや、好きな学問でどういう貢献ができるかを能動的に考えながらやっている。政策誘導までは考えないが、政府の大型予算関連のアンケート等で、土壌物理研究や農地の研究の重要性をアピールしている。最近では若手の育成も重要と思い、今大会は院生も含めて鳥根から6人で参加し、学術の世界を体験してもらっている。また、ある程度の年齢になったとき、大きなところに手を上げてある程度予算を取ってくるような活動が必要になる。土壌物理学会からはJPGU (日本地球惑星科学連合) に2つのセッションを提案しているが、水文・水資源学会は選挙でも人を送り込むくらい上手にやっている。地道なサイエンティフィックな学会活動と、もう一つは世にアピールすることも大事だと思って活動をしている。

座長 (成岡) :

それが元気の源ですね。科学・技術・学問が融合しているのが土壌物理学と考えていいだろう。それを踏まえて、岡島名誉教授に一言お願いしたい。

岡島 (北大) :

先程から土壌物理学会が社会にどう貢献するかという議論をしているが、平和だなとしみじみ感じた。私は定年後24年になるが、科学者に対する社会的責任が非常に大きくなっていると思う。学術会議の目的でも、サイエンスは人間の幸せのためにあるといったことが第一に掲げられている。そうすると、幸せというのは何かということになる。私は1924年生まれなので、みなさんとはかなり違った経験をしていて、今日話が合った泥炭地への客土などは子供の時にこの目で見ています。岩見沢市には泥炭地が広がる御茶ノ水というところがあり、泥炭地の水はお茶のような色をしているから、御茶ノ水という地名になったのだろう。当時その辺では、泥炭地の排水をするために灌漑溝を掘っており、昭和4年に灌漑溝が開通して以降、豆をやめて稲を作ることになった。2年ほどは大変よくできたが、3年目にはいもち病で水田は真っ赤になった。わずか数年の記憶だが、鮮烈な思いがいまだにある。小学校の教員だった父は何かか自力でやっつけよう、どこから聞いて来たか分からないが、対策は客土に尽きると言い、岩見沢の洪積台地から冬の間、馬そりを使って地域の青年団が土を運び続けた。私よりも父のほうが北海道の開拓にずっと役に立っていると思っていたけれども、今日いろいろ話をうかがい、必ずしも良かったとは言えないのではないかと感じる。土壌物理学会も環境の方に取り組んでいくとのことだが、自然は黙っていても変わっていくものなので、泥炭をそのまま保っていくこともどうか。そのような矛盾がこれから大きくなっていくと、我々農学者も社会の責任を負うような世になる。石狩川を真っ直ぐにしたために、どんなことになったか。ある側面からは我々科学者や技術者の間違いだったのかもしれないが、そうだとすると、その時にどれだけ農地の生産が上がって農家が喜んだか。私が話したいもち病が大量発生したときの農家はみんな小作で、小屋にむしろを敷いて焚き火をして暮らしていた。そういうレベルから考えると、客土や排水は素晴らしい幸せをもたらしてきた。やはり、幸せというものを一緒に考えながら、研究を進めるべきではないか。いろいろ申し上げたが、ご勘弁いただきたい。

座長 (成岡) :

ありがとうございます。最後に副会長の志賀さんからメッセージを。

志賀 (道総研) :

今日の長谷川先生の話にあった通り、戦後の食料生産の中から必然性を持って研究会から学会へと発展してきた背景を確認し、社会に貢献してきたことも歴史から明らかとなった。フィールドをきちんと見ながら、自信を持って進んでいけると思う。学会の歴史を10年単位で見ると、確かにその時々でアウトプットが変わってきている。これは場当たり的に、その時代でお金が取れることをやってきた

のではなく、その時の社会の要請に応じて技術を出してきたということだ。農業センサスによると、北海道の畑作では2005年から2010年にかけて、一戸当たりの農地面積が50ha以上の農家が非常に勢いで増えている。大規模化への対応では、土壌劣化を起こさない土壌管理法など、土壌物理研究の役割は大きい。もう少し先を見た普遍的な話として、資源やエネルギーの制約があるなかでの食料生産を20年、30年先まで見通した時、学会として貢献できることはたくさんあると思う。今回のテーマを考えた時、最近の学会誌ではフィールド研究の話が少なく、例えば農業

試験場の若い人に土壤物理学会に入ろうよ、と言いつらいような気がしていた。しかし、今日のポスターセッションを拝見すると、非常に多様な分野で、当然フィールドを交えたアクティブな研究が行われていることを知り、あとは成果の見せ方だと思った。学会誌にこの活気を反映させ、いろんなことを考えていただけるような学会にすれば、存在意義も今後もっと増えていくだろう。

座長（成岡）：

副会長の挨拶に代えて、討論を閉じさせていただく。皆様、ありがとうございました。