J. Jpn. Soc. Soil Phys.
土壌の物理性
No. 129, p.31 ～ 35 (2015)

シンポジウム特集
資　料
Miscellaneous

第 56 回土壌物理学会シンポジウム総合討論
宮城県における津波被災農地の復興

濱本昌一郎（シンポジウム事務局）

Discussion at the 56th symposium on the restoration of Tsunami affected farmland in Miyagi prefecture

Shoichiro HAMAMOTO

本稿では，3 名の講師による講演の後に行われた総合討論（座長：溝口勝氏，吉川省子氏）の模様（Photo 1）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，事務局の判断により，発言内容の一部を省略，または要約させて頂いたことをご了解願いたい．

溝口（座長）：
総合討論をこれから始める．総合討論の座長は，私と副会長の吉川さんで務める．まず宮内さんの発表内容について質問を頂きたい．その後に，質問票で挙げられた内容について質疑応答して，最後に全体討論という形で進める．

粟生田（新潟大学）：
暗渠について教えて頂きたい．40 cm 深さ，4 ～ 6 m 間隔で浅層暗渠を施工されたという話であった．新潟県の場合，設計基準で平均 60 ～ 80 cm の深さに暗渠を施工することから，浅い所に暗渠を施工するという発想になかなかならない．今回の場合には，被災地の復旧が主眼としてあったために，40 cm に施工するということだったのか．また，浅い所に 4 ～ 6 m 間隔で施工した効果の 2 点について教えて頂きたい．

宮内（株式会社 日本総合地質）：
まず深さを 40 cm に決定したのは，試験田調査で，塩水の上がってこない深さということで決定した．宮城県だけではないと思うが，暗渠を従来のように，80 cm か 90 cm 深さに施工して，塩水を逆に上げて塩害になっている例が多い．塩害地域ではできるだけ浅くに暗渠を施工するよう指導をしている．間隔についてだが，これも試験田調査で検討した．暗渠を 4 m 間隔と 6 m 間隔で施工した結果，例えば貞山堀の近い部分は，間隔を短くしないと 3 日間で 20 cm とか 30 cm までしか水位が下がらなかった．そういう理由から間隔を短くしている．貞山堀から 50 m 以上離れた地点については，6 m 間隔でも，十分に水位が下がる結果が得られたので，6 m 間隔にした．例えば設計基準では，暗渠の間隔は 7.5 m までとされており，それより狭い間隔になる場合は，弾丸暗渠で対処するということになっている．実際にはそれに従うとなかなか効果が上がらない．塩害については，ある程度基準は無視した形で，理論付けだけをはっきりして臨んでいる．

長（佐賀大学）：
寺島地区の土壌特性はどのようなものか．

宮内：
スコップで少し掘れば完全に砂だ．

長：
復興する場所は基本的に水田を対象にしているのか．

宮内：
水田だけでなく転作もできるよう汎用耕地を目指している．寺島地区は，潮受け水路が蒲崎排水機場から北側しかなかったが，これを南側まで回して塩水を下げるということを考えている．

岩田（農業・生物系特定産業技術研究機構）：
水平方向の地下水の流れで，塩濃度の高い水が入ってくるということだと思うが，地下水位はどの程度だったか．

宮内：
地下水位は塩害対策前で田面下 0.1 m 程度（T.P. −0.1 m）と浅く，且つ変動幅が小さいといった特徴があった．これは東側排水路の水位を低下させられないことに起因すると思われる．水平方向からというよりも，むしろ塩水を抑え込んでいた真水がなくなることで，下方から塩が上がってきたと考えられる．

長：
潮受け水路は，塩水が浸透してくる構造になっているのか．

宮内：
水路の底盤だけを開放している．シミュレーション解析をすると，底盤だけを開放させることによって，十分に効果があることが分かっている．

溝口（座長）：
それでは，質問票で頂いている質問についての質疑応答に移る．まず，岩田さんから千葉さんに質問して頂く．

岩田：
復旧時に必要な費用を，農家はどの程度負担するのか．

千葉（宮城大学）：
農家の負担は無い．加えて，圃場整備も復旧と同時に行うが，その費用についても農家負担はない．



Photo 1 総合討論の様子.

岩田：
負担が無くても復旧を選択しない理由は，本当にもう農業を続けられないからか.

千葉：
続けられないし，実際上かなり難しい.

石黒（北海道大学）：
大量に水がある場合は，連続的に水を流すことで最も早く除塩が進むと思う．ただ，暗渠のある水田の排水機構を考えると，弾丸暗渠に連続する亀裂等に選択的に水が流れて土壌基質には十分流れないような不均一な流れが生じるため，限られた水量では，除塩が効率的に進まないことも考えられる．そのような問題はなかったか.

千葉：
無かった．塩が残っている箇所はあるかもしれないが，弾丸暗渠を入れると，深い所で 40 cm ぐらいまでは，電気伝導度（EC）も下がって，除塩もできていた.

石黒：
弾丸暗渠間にある土壌基質部分の塩分は，容易に洗い流せないのではないだろうか.

千葉：
弾丸暗渠の間隔を 2 m に設定して実施したが，弾丸暗渠から 1 m 離れた箇所で採取した試料についても EC は下がっていた.

石黒：
暗渠排水による除塩は，湛水下で実施したのか.

千葉：
実施した時は，まだ排水機場が壊れた状態で，灌漑水が利用できなかった．従って，自然の雨だけでどの程度除塩効果があるのか，またどの程度暗渠から塩が流出するのかを測定した．その結果，弾丸暗渠を施工した方が，暗渠からの排水量と塩分流出量が大きいことがわかった．その年の秋に排水機場が復旧して，湛水できるようになった．湛水すると，さらに暗渠排水量が大きい．自然の雨よりは，水田に 10 cm ぐらい水を湛水して，一気に水を流下させる方が除塩効果は大きい．湛水することで，土壌が飽和に近くなり，暗渠間の水が横方向にあるいは下方向に移動したのかと思う.

宮内：
補足説明したい．弾丸暗渠を施工した時に，急いで水を抜くと，暗渠からは水は出てくるのだが，土壌塩濃度が下がらないという現象があった．そのため，田面高まで自然減水するまでは暗渠を開けるなという指示をした．田面よりも水位が下がった時点で暗渠を開けると，それまでに土壌は十分飽和となり，時間はかかるが除塩効果は上がる．従って，水を張って抜いて乾かすのに，大体 2 週間くらいかかるが，そうすると，弾丸の効果も出てくる.

石黒：
初めは排水機場が使用できなかったので，降雨で徐々に全面的に水を浸透させることで，土壌基質部分から暗渠に向かって徐々に塩水が押しだされたため，除塩効果があったということか.

千葉：
そうだ．長雨状態で，2 週間ぐらいの間ずっと土壌が湿潤状態で飽和に近かった．暗渠も，2 週間の間に 3 回か 4 回排水されていたので効果があった．台風が来た時に，丸 1 日から 2 日ぐらい湛水状態だった．その時もかなり塩分が出てきた.

石黒：
もう 1 点，地震による用排水路の被害状況とその後の復旧状況について教えて頂きたい.

千葉：
排水路と用水路で問題になったのは，管水路と開水路で違う．開水路で問題になったのは瓦礫だ．瓦礫が流水の邪魔になる．管水路は，液状化の問題で，全く駄目になった所もある．しかし早くに復旧した．排水機場も壊れたが，揚水機場も壊れた．ポンプで圧送して灌漑する施設についても復旧してきている.

溝口（座長）：
次に南條さん対しての質問をお願いしたい.

西村（東京大学）：
石膏の沈殿によりソーダ化が抑制されたという話があった．もし石膏が沈殿しているとすれば，平衡しているカルシウム濃度は，リッター当たり 30 ミリ当量くらいになる．ナトリウム吸着比（SAR）が 20 から 40 とすると，ナトリウム濃度が 100 mmol L^{-1} から 150 mmol L^{-1} という数字になるが，実際そのような値か．関連して，Gapon 式で選択係数が 0.5 を仮定しているが，日本の土壌だと 0.5 より小さいという報告を見かける．ナトリウム濃度を過小評価している可能性はないか.

南條（東北大学）：
ナトリウム濃度は低い試料で 2 mmol L^{-1}．一番高い試料で，212 とか 71 mmol L^{-1} だ．濃度の高い泥層のカルシウム濃度は，多くの場合 5 ～ 20 mmol L^{-1} だが，高い試料では 40 mmol L^{-1} のレベルで，かなり濃い試料もある.

西村：
平衡しているのであれば，濃度は 40 mmol L^{-1} まで達しないのでは.

南條：
ナトリウム濃度が濃いので，イオン交換でカルシウムが出てくることも考えられる.

西村：
飛びぬけて変な値ではないということか.

南條：
ナトリウム濃度だと 50 から 200 mmol L^{-1}，高くて 200 mmol L^{-1} を超える値も計測されている．ナトリウム濃度 159 mmol L^{-1} に対するカルシウムは 12.9 mmol L^{-1} だ．選択係数については，教科書的には濃度を mol L^{-1} の単位で表すと 0.5 くらいだ．泥の堆積物については 0.25 に近いものもみられたが，元々の土については 0.5 の周辺に分布していた．泥の堆積物も，もとは農地

なので同じぐらいの選択係数と思われたが低い値が得られた．逐次抽出法だと，沈殿している石膏が溶け出すので，交換性のカルシウムが過大評価されたかもしれない．

溝口（座長）：

次に石黒さんから質問をお願いしたい．

石黒：

土壌表面に集積したようなナトリウムは容易に溶けるのか．

南條：

試薬瓶の塩化ナトリウムは，目に見えるぐらい大きい粒だが，水を入れてすぐには溶けない．しかし，5 分か 10 分経つと溶ける．表面に集積している塩類として塩化ナトリウムを期待していたが石膏も見られた．従って，溶けにくく見えるものは，石膏だという気がする．

溝口（座長）：

次に取出さんから質問をお願いしたい．

取出（三重大学）：

海水の浸水により交換性ナトリウム率（ESP）が増加して，透水性が低下し排水不良になるなどのソーダ質土壌の問題はみられたか．

南條：

あったそうだ．透水性が低下したかどうかという話は聞いていないが，濁り水が出たというのは ESP が下がらなくて，分散性が高かったからだと思われる．

取出：

長い間 ESP が下がらなかったという状況は，今回の現場においては大きな問題ではなかったと考えてよいか．

南條：

今回の程度では何とか大きな問題はないのではないかと思う．作物栄養的にカルシウムが足りないということで，カルシウムを与えると，少し収量に反応したという結果は川渡フィールドセンターで得られている．

取出：

畑地だと通常，酸性矯正のために石灰を与える．それにより，少しずつカルシウムが増えていくのかと思う．

南條：

水田では灌漑水で少しずつ増える．畑地だとカルシウムを与える．農家の方は，白菜に少し芯枯れが出るとなると，「カルシウム欠乏じゃないか」とか言われることがある．

取出：

そういう畑地の場合，事前に石灰を施用しないのか．

南條：

管理までは聞かなかったが，石灰施用してもいいかもしれない．

取出：

酸性矯正のつもりで施用している石灰であっても，時間が経過すれば，石灰由来のカルシウムが増えるのではないか．

南條：

そのとおりと思う．今回の被災地を見た感じで，少なくとも症状としてカルシウム欠乏は見たことがない．

溝口（座長）：

では次に本日のポスターセッションや企業展示について，または大会運営方法について事務局への意見や提案があればお願いしたい．

登尾（明治大学）：

ポスター発表が非常に上手になっている．皆さん素晴らしいポスターだったと思う．アメリカ土壌科学会（SSSA）大会の土壌物理部門（S1）に参加して，がっかりすることが最近あるが，日本の土壌物理学会大会に参加するとその気持ちがなくなる．個人的な感想から言うと，ポスターの出来も研究内容も，非常に年々よくなってきているので，引き続き皆さん頑張って頂きたい．

溝口（座長）：

ポスターだけでなく，論文も出して欲しいという編集委員長からの希望もある．

取出（学会誌編集委員長）：

たとえば，新しいセンサーが出てきて，センサーの特性とかキャリブレーションの方法とか，論文に出すには足りないなと思われがちな事にも皆さんが欲しい情報はたくさんある．センサーを使う人たちが役に立つという視点で，来年度はセンサー特集を組みたいと考えているので，ぜひ投稿をお願いしたい．それぞれのセンサーの特性を客観的に評価して，長所，短所を示すことで，具体的な情報を提示していけたら良いと思う．

森（岡山大学）：

企業展示の紹介プレゼンが良かった．この土壌物理学会，その他の学会もだが，企業の方のサポートもあって学会誌が成り立っている．企業の方の展示の場所を間違えると学会員が全然行かないということがある．今日のプレゼンがあったからこそ，企業展示に参加した人がいたと思う．

千葉：

今回会場を設定するときに，大学の中で議論した．企業展示は大事なので，1 階の一番いい場所に設ける工夫をした．

溝口（座長）：

例えば直接企業の人とやり取りして，「今こういうところで困っているのだが，何か作れないか」，などのリクエストができるようになれば面白いと思う．学生の方で意見があれば頂きたい．

上村（佐賀大学）：

今回でポスター発表は 3 回目になるのだが，ポスター発表する中で，自分自身では気づかないことを指摘されて，毎年参加する度に，色々な考え方ができるようになれた．特に今年も多くの先生方とお話しさせて頂いたが，また少し成長できたのかなと思う．

三木（三重大学）：

ポスター発表でコメントを頂き，非常に勉強になった．自分の発表時間が 40 分で，他の方の発表を聞く時間も 40 分間だったが，ポスター発表者の数が多く自分の発表時間も含めてポスターセッションの時間が短い気がした．ただ，40 分という限られた時間の中でも，様々な人の話が聞けたことと，自分の意見が言えたことは良かった．

常重（明治大学）：

今回学会に参加するのは初めてだった．多くの方々にアドバイスを頂けて，貴重な経験になった．来年はさらに成長して，良いデータを報告できるように頑張りたい．

溝口（座長）：

次に話題を変えて，研究戦略に向けて議論したい．今回は被災農地として宮城県を対象にした．津波で被災，

津波被害の復旧がメインだが，昨年に引き続き福島の放射能汚染問題からの復旧を合わせて，総合討論したい．PDCA サイクルというのを皆さん聞いたことがあると思う．PDCA に S が付いているというパターンもある．S は Standing という意味だ．この 2 年間，まず現場に立って，自分たちのこれまでやってきた，あるいはこれからやろうとしている土壌物理について，現場を見ることによって，何かを繋いでいくために，現場見学会を昨年と今年に実施した．

現場を見た上で，土壌物理の研究として何ができるのか．基礎的なことをずっとやってきた人もいるだろうし，その蓄積はある．一方でそれを現場にうまく応用していくのも立派な研究になる．この土壌物理学会が得意としているところは，現場での観測，測定，あるいは室内に土を持ってきて実験することだ．また，化学的な分析であるとか，数値解析とか様々な手法も持っている．その持っているものを被災農地の復旧のために上手に活かしていきたい．

昔であれば自分一人でやればよかったが，話が大きくなると，最終的にはいろんな人と連携して，その中で自分の持ち分は何なのかを意識して研究を進めていけるのが一番いい．研究者だけが孤立してしまうと，被災農地の復旧が実現されないので，連携を常に考えながら進める必要がある．

今回のポスター発表の中に科学技術コミュニケーションをキーワードとして挙げていた発表があった．今まで研究者は，難しいことをやって，仲間内だけで分かっていればよかったのだが，その内容がどういうふうに納税者に還元されるのかもある程度は意識する必要がある．難しい内容であっても，かみ砕いて伝えることも，学会として非常に重要な仕事だ．

今日はいろんな大学の若い学生に発言して頂いた．学会として若い人も育てていかないと，学会組織は潰れるしかない．なるべく新しい人を巻き込んでいく必要がある．今年非常に嬉しかったのは，佐賀大学の 3 年生が発表していたことだ．3 年生から土壌物理をやり始めていることに驚いた．学会による教育効果も重要な視点だと思う．

予算についていえば，いろんな人を巻き込みながら，研究環境を整える責任が上の世代の先生方にはある．若い人たちの研究環境は，今のまま放っておくと，ますます厳しくなってしまうだろう．そうならないような方策を考えるのも，我々の世代の責任だ．こういう観点で，皆さん自由に発言して頂きたい．

宮本（佐賀大学）：

学生時代にこの土壌物理学会に関することで覚えているのは，当時若手でいらっしゃった先生方に色々な話を伺えたことだ．それが，その後の人生の選択に非常に役に立った．できるだけこういう学会に，若い人を連れてくることが必要かなというふうに最近感じている．今後是非学生さんを連れてきて，学会をみんなで盛り上げていけたら良いなと思っている．

徳本（佐賀大学）：

上の世代の先生方が，この学会のために大きい予算を獲得することも必要だという話があったが，最近は若手が動いてお金を取ってくることもできると思う．今回科学技術コミュニケーションの予算を獲得するのに当たって，若手の先生方を中心に新しいプロジェクトを起こしたいという思いがあった．できれば，プロジェクトに学生さんも関わって頂き，新しい動きなどを起こせたらいいと思う．

西脇（茨城大学）：

科学技術コミュニケーションのフォローをしたい．アウトリーチ活動をこれから行う中で，いろんなネットワークを作り，震災復興支援のために，被災地の情報を提供したい．また，福島の放射性物質についての教育・情報提供を小学校や中学校で，また現場に見学に来て下さった方々に対して行っていきたい．先日も飯舘で稲刈りをした際に，一般の方や，大学生，高校生も数人，あと中高の理科の先生なども来て下さった．今後もこういう活動を続けていきたい．皆さんのご協力を頂きたい．

諸泉（岡山大学）：

私は，水文水資源学会でも活動しているが，こちらでは行政や現場の人が参加して盛り上がっている．現場技術者やコンサルティング会社の方なども集められるようにしない限りは，なかなか学会が広がっていかないと感じる．手法については，測定や実験とシミュレーションの関係は検討課題と思う．土壌物理学会の方は，大体実験もシミュレーションも両方やるのだが，欧米では，どちらか役割分担している．その辺がこの学会のいい所だけども，なかなか論文の数を増やそうと思ったら難しいという気もする．

溝口（座長）：

今日参加されている現場サイドの方からもご発言頂きたい．

宮内：

私は土壌物理学会の会員では無い．地盤工学会，地下水学会，農業農村工学会などに所属している．例えば地盤工学会というのは，非常に多くのコンサルが所属している．我々コンサルだけでなく，地質屋も多く所属している．今回初めて参加してみて，土壌物理学会は大学向けかなという印象を受けた．もう少し裾野が広がってもいいのではないかと思った．

11 日に震災があり，15 日から腰が漬かるような場所を歩いて，宮城県と一緒に活動してきた．学会の会長も会いに来て「全面的にバックアップするから頑張れ」と言ったものの，その後まで続かない．バックアップしてくれるというのが，全然バックアップしてくれないで，単独でやるしかない状況だった．科学技術コミュニケーションとあるが，非常にこの必要性を痛感している．いわゆる科学技術コミュニケーションみたいな組織があって，組織で動けばだいぶ助かると感じた．ぜひこの科学技術コミュニケーショが大きい組織として運営されることを期待している．

諸泉：

論文をフリーで見られるようにして頂きたい．土壌物理学会に掲載されている論文は，他の分野の人もすごく参考にされているし，よく引用されている．ただ，なかなか見てもらえない現実がある．その中で電子ジャーナル化は一つの戦略だと思う．例えば，「古典を読む」の取り組みはすごくいいと思うので，もっと学会誌を知ってもらえればと良いなと感じる．

溝口（座長）：

波多野さん（北海道大学：前会長）からコメント頂きたい．

波多野（北海道大学）：

先ほど登尾さんが，ポスター発表のことをおっしゃっていた．私も素晴らしい発表が多かったと思う．ただ，現場というのは非常に不均一だ．この不均一なものを

どうやって表すかというところを，土壌物理が本当は一番にやるべきことではないかなと思う．現場をしっかり見ることが大事だ．一つの棒グラフを描くときも，必ずエラーバーを付けようという努力を心掛けてほしい．また，日本の素晴らしい研究があるわけなので，それを自分たちの学会誌に投稿するだけでなく，やはりそれを英文でインターナショナルな雑誌に投稿して欲しい．そのためにも，自分たちの仲間で生んだという意識を持ってもいいのではないかと思う．仲間意識を持ちながら，個人個人が外側へどうやって出ていくかを考えればいいと思う．

溝口（座長）：

最後に吉川さんにコメントをお願いしたい．

吉川（農業環境技術研究所）：

この学会に参加したら，私自身気持ちを新たにするという機会になる．この学会の皆さんは，自分で考えようとするし，学会を良くしていこうという熱意を非常に感じる．若い人を育てようという，熱気のある学会だと今回も感じた．先ほども話に出ていたが，学会としていい取り組みを行っているし，ホームページのサイトの利用など非常に進んで，最先端の学会のホームページを作ろうと努力している．いかに学会の良さを PR していくかが，この学会の今後の課題かなと思う．この学会をさらに盛り上げていくように，頑張りたいと思うので，皆さんもよろしくお願いしたい．

溝口（座長）：

追加の意見があれば，ホームページ（https://js-soilphysics.com/）のお問い合わせを使って積極的に寄せて頂きたい．こういうツールを上手に使いながら盛り上げていきたいと思う．それでは総合討論をこれで終わりにしたい．ご協力ありがとうございました．