J. Jpn. Soc. Soil Phys.
土壌の物理性
No. 161, p.39 ～ 40 (2025)

信頼性の壁を乗り越えて

松本宜大 [1]

はじめまして，農研機構農村工学研究部門の松本です．東京大学大学院で博士号を取得後，今の職場で働き始めて 4 年目になります．これまでの主な研究テーマは，粘土質な水田転換畑に特有な，土塊から成る作土層における乾燥過程の水分動態の解明です．粘土質な転換畑では，耕うんによりセンチメートルスケールの大きな土塊が形成されます．このような作土層では，播種後に表層の乾燥が早く進み，種子の出芽や苗立ちに悪影響を及ぼします．その実態とメカニズムを明らかにするために，粘土質転換畑における現場観測や，土塊から成る作土を模した蒸発実験，現場風況下でのガス拡散実験などに取り組んできました．特に「土粒子」に書けるような格好良い話は持ち合わせていないのですが，上記の観測や実験に取り組んだ大学院時代に，初めて投稿論文が掲載されるまでに 3 回もリジェクトされるという，ある意味では珍しい経験をしてきました．本稿では，筆者のその経験と，そこから得られたささやかな教訓―現場観測で得られるデータの信頼性をどう担保するか―について述べたいと思います．

私が土塊に関するテーマに取り組み始めたのは，修士課程に進学したときからです．一般的に，研究を開始する際には，まず文献レビューを行い，ある程度の知識をつけることが多いと思います．しかし，現場観測を予定していた新潟県の粘土質転換畑では，5 月下旬にはダイズが播種される予定になっていました．そのため，ほとんど何も分からないまま圃場に向かい，土塊から成る作土層において，土塊の大きさが播種後の鉛直土壌水分分布に及ぼす影響を調べるために，1 週間ほど土壌を採取し続けることになりました．粗大な土塊を含んだ土層では，ある程度大きい面積で採土しないと平均的な土壌水分量を測定することができません．また，土層の表面には著しい凹凸が存在します．そのため，作土上方に，4 本の支持棒を付けたアクリル板を設置し，支持棒内の 17.4 cm × 27.8 cm の領域で，深さ 10 cm 程度まで約 2 cm 間隔で計 5 層の土層を採取し，各土層の深さは，アクリル板からレーザー距離計で測定した 20 地点の深さの平均値から求めることとしました．このような複雑な方法を用いたため，1 圃場当たりの採土に要する時間は 1 時間 30 分ほどになり，観測対象の圃場は 4 枚あったため，土壌採取には朝から夕方までかかっていました．そのため，これだけやればデータの量は十分だろうと考え，各圃場内での反復は取っていませんでした．一方で，観測期間中の降雨が少なく，土塊が非常に大きい圃場も含まれていたことから，質的には優れたデータを取ることができました．翌年も同様の観測を行いましたが，前年の測定で大変な思いをしたことから，圃場を 2 枚に減らし，反復無しで鉛直土壌水分分布の測定を行いました．その代わりに，マイクロライシメータ法により，各圃場 3 反復で蒸発量の測定を行いました．この年は降雨が多く，データの質はあまり良くなかったのですが，とにかく 2 年分のデータを集めることができました．

得られたデータを基に，論文を書き始めました．しかし，作付履歴が異なることによる圃場ごとの水分特性や初期水分の違い，観測期間中の降雨などにより，結果を解釈するのは容易ではありませんでした．また，英語で文章を書くことも不慣れで，1 段落書いては添削してもらうような，非常に遅々とした歩みでした．それでも何とか書き上げ，D1 のときに投稿しましたが，結果はリジェクト．その理由は反復が無く，信頼性に欠けるというものでした．今考えれば当たり前の指摘です．ただ，当時の自分としてはかなり苦労して取ったデータであり，その信頼性が不足しているというのは受け入れ難いものでした．そこで，目線を変えてまとめ直し，D2 のときに改めて論文を投稿しましたが，やはり結果はリジェクトでした．これはさすがに反復を取らないとどうしようもないと気付き，翌年，研究室の他のメンバーに手伝いをお願いし，2 枚の圃場で，3 反復で鉛直土壌水分分布の測定を行いました．これである程度の量のデータは揃ったわけですが，やはり圃場および観測年度ごとの条件の違いが大きく，論文としてまとめるには時間がかかると判断し，後回しにすることにしました．

ここまでの現場観測の経験から，条件を揃えることで結果が比較しやすくなる室内実験の必要性を感じていました．そこで，M2 の時に，土塊から成る作土層を模して，人工的に作成した球形の土塊を充填したカラムを用いた蒸発実験を行いました．模擬土塊は，ベントナイトと砂を混ぜて水を加えたものを，手で丸めて直径 1 cm または 3 cm の球形にしたものです．このうち，直径 1 cm

[1] 農研機構農村工学研究部門.
2025 年 9 月 23 日受稿　2025 年 9 月 23 日受理

の土塊は内径 7.1 cm・高さ 13.0 cm のカラムに充填したため，カラム 1 本あたり 555 個の土塊を作成する必要がありました．これだけの量を一人で作るのは無理なので，またしても研究室の皆さんにお願いして，朝から晩までかけて作り上げました．そのため，あまりたくさん作ってくださいとも言えず，この時は 2 条件 2 反復での実験に留まりました．それ以降手を付けていなかったのですが，現場観測に関する論文がなかなか通らなかったため，D2 の時に意を決して 2 条件 3 反復で実験をやり直しました．そして，その結果をまとめ，D3 のときに論文を投稿しました．しかし，結果はまたしてもリジェクト．査読のコメントとしては，もう 1 度同じ実験を行った上で，その結果を追加すれば再検討するというものでした．採択への道筋は示されましたが，せっかく反復の重要性を考えて膨大な量の土塊を作って再実験を行ったにも関わらず，まだデータが足りないと言われ，非常に落ち込みました．

3 回目のリジェクトということもあり，どうしても博士号は取れないのかと思い，1 か月ほどは大学院を辞めるかどうか悩みました．しかし，翌年度までは JSPS の特別研究員としてお金がもらえることになっていたため，あと 1 年だけは頑張ることにしました．そこで，再度戦略を練り直すこととし，蒸発実験については，追加実験を行いつつも論文にまとめるのは保留とし，D1 の時から別途行っていた，現場風況下でのガス拡散実験の結果をまとめることにしました．これは，土塊から成る土壌では，風により水蒸気輸送が促進されることで，蒸発量が多くなることが想定されたため，その効果を明らかにするために行ったものです．この実験でも，やはりこれまでの反省を踏まえ，土塊の大きさの異なる 2 種類の土壌と，比較対象として土塊の無い土壌（細砂）を用いて，6 ～ 7 条件の風速下でガス拡散実験を行いました．この結果を急いで取りまとめて 6 月に論文を投稿し，8 月に査読結果が届きました．リジェクトではない結果を受け取った時の感動は今でも覚えています．指摘事項には厳しいものもありましたが，何とか対応することができ，12 月には無事に受理されました（Matsumoto et al., 2022）．そして締め切りに追われながらも博士論文を書き上げて，何とか 4 年目にして博士号を取得することができました．

後回しにした論文は，就職後に，まず蒸発実験をまとめたもの（Matsumoto et al., 2023）を，続いて現場観測に関するもの（Matsumoto et al., 2025）を出版することができました．

このように，これまで特に現場観測での信頼性の問題に悩まされてきました．もちろん，その最大の要因は私がデータの信頼性というものを軽視していたことにあります．一方で，土壌物理分野では，他の分野と比べて，信頼性の高いデータを得ることが大変であるとも感じます．コアサンプラーを用いた不攪乱土採取は，攪乱土採取に比べ時間がかかります．センサーとデータロガーを用いた計測は便利ですが，反復を取ろうとするとお金がかかります．試験区も，1 枚の圃場の分割では対応できず，複数の圃場を用意する必要がある場合があります（例えば，暗渠の有無の影響を調べたいとき）．そのため，信頼性の高い実験計画法に基づいた現場観測を行いたくても，土壌物理分野特有の制約下では時間や労力，お金がかかりすぎ，その実践は容易ではありません．対処法としては，多くの方が実践されているように，現場観測で得られたデータを数値計算によって再現することで，データが少なくても，理論面から信頼性を担保することが挙げられます．私の場合，数値計算は行っていませんが，その代わりに蒸発実験やガス拡散実験を行い，これらの論文を先に通したことで，現場観測で得られた結果に対する信頼性を補強することができ，データを増やしたことと相まって，現場観測の結果を論文として出版できたのではないかと思っています．つまり，現場観測における信頼性の壁を乗り越えるためには，可能な限り多くのデータを得つつ，室内実験や数値計算，もちろん統計分析など，様々な手法を組み合わせる必要がある，というのが私の得た（ささいな）教訓です．

論文を多く書くという観点からは，手間のかかる現場観測はあまりやらない方が良いのではないかと思うこともあります．ただ，土の研究者としては，やはり現場から得られる情報を理解しようとすることが一番面白いところであり，役に立つところなのではないかという気持ちの方が強いです．なので，得られた教訓を支えに，これからも現場観測にトライしていきたいと思います．その際にはまた壁にぶつかると思いますので，土壌物理学会の皆様には様々なコメントをいただけますと幸いです．今後ともよろしくお願いいたします．

引用文献

Matsumoto, Y., Yoshida, S., Sekiya, H. and Nishida, K. (2022): Gas transport enhancement under windy condition in poorly tilled seedbed of clayey rotational paddy field. Soil Sci. Plant Nutr., 68: 189–201, doi:10.1080/00380768.2021.2015236.

Matsumoto, Y., Yoshida, S., Okabe, A. and Nishida, K. (2023): Impact of clod (aggregate) size on evaporation rate and soil moisture profile during the drying process. Eur. J. Soil Sci., 74: e13420, doi:10.1111/ejss.13420.

Matsumoto, Y., Yoshida, S., Ohno, S., Sekiya, H. and Nishida, K. (2025): Field investigation of soil moisture profile in the seedbeds of clayey paddy fields composed of large clods (aggregates). Soil Sci. Plant Nutr., 71: 1–11, doi:10.1080/00380768.2024.2408319.