

徒然なるままに物理性の研究履歴

佐野修司¹

編集委員を仰せつかっているものの、特に何もしていなかったところ、ちゃんと仕事しろとのことであろう、土粒子への執筆依頼があった。実は土壌物理性をテーマとして深く掘り下げて研究をしたことはなく非常に困ったが、過去の私の研究をざっと振り返るとそれなりの内容が思い出されたので、徒然なるままに記してみたい。

土壌学の研究に取り組んだのは学部専攻生（京都大学農学部）からである。卒業論文では、西アフリカマリ共和国の森林休閒システム下での開畑と休閒による土壌の変化を調べて、調査地域における適切な土壌管理について考察した。残念ながら自分で現地調査したわけではなく採取された試料の分析であったのだが、身近で見る土壌と異なる遠い海外の土壌に触れられるのは魅力的であった。現地では雨期に開畑が行われることから、開墾して裸地化したほ場に大雨が降りクラストが形成され（Photo 1）、これに起因して生じる表面流去水による土壌侵食が問題となっていた。そこで、メカニズム解明のため、田中（1995）による団粒の崩壊程度の評価に準じて団粒の崩壊性の分析を行った。様々な雨の降り方を想定して、団粒の湿らせ方の度合いを変えた試験など行ったが、湿らせ方の違いにより湿式篩別での崩壊パターンが異なってくることや、意外と再現性の高いことに驚いたりした。このように、研究者のスタートの段階で物理性に接することができたのは大変有意義であった。なんだかんだ土壌物理性に考えが及ぶのも、この時の経験があったからだろう。

修士および博士課程では、土壌構成元素の存在形態の解明（矢内，2008）の一環で、日本の農耕地土壌における窒素の形態別評価を行った（Sano et al., 2004）。この期間、物理性の分析は全くと言っていいほど行わなかったが、物理性に関する奥深いテーマにぶつかった。それは、微生物の作用で無機化する有機態窒素の分析で行う、培養試験での新鮮土の調整である。水田や水はけの悪い畑などから採取された土壌は、かなりの水分を含んでおり、「新鮮土」とは言うものの、そのまま培養に用いることができない。そこで完全に乾ききった部位を極力作らないように穏やかに乾かし、篩分けができる程度に水分含量を下げる必要があるのだが、実験書にも手順の記

載がなく四苦八苦し。その時は見た目で、この土は少し湿っている程度だから一晩放置すれば行けるだろうとか、浮いている水もあり粘質なので土塊を割って自由水を排出しようとか、試行錯誤しながら経験的に対応していたが、まさに土壌の保水力や排水性といった物理性の問題に直面していたのであった。また、一連の研究の中で、上記のように手間のかかる可給態窒素について化学的な抽出法を検討したところ（Sano et al., 2006）、畑土壌ではリン酸緩衝液抽出、水田土壌ではオートクレーブ抽出が適した方法であることが分かった。常温で穏やかな抽出の前者に対し、後者は加熱と加圧により団粒構造を破壊する抽出であり、畑と水田の易分解性有機物の集積の考察において物理性を意識した。

その後大阪府に入庁し（現（地独）大阪府立環境農林水産総合研究所）、いわゆる農業試験場（以下「農試」）の仕事に携わった。国や府の事業では、定点調査や基準点調査で三相分布を定期的に測定し（佐野ら，2011）、ほ場ごとの違いが大きいことに驚き、人為的な管理のみならず地点の置かれている環境に影響されていることを痛感した。また、非常に水はけの悪い水田ほ場でどうしても完全に排水できず、滞水した断面の泥水中にコアを打ち込んだことや、北部地域の中山間地で真冬の厳寒の日に霜の降りた表層をシャリシャリと掘り返したこともあった。基準点調査を行っている施設ほ場（佐野ら，2012）では、農試に併設の農業大学校の学生と調査した際に、学



Photo 1 クラストの微細形態顕微鏡観察写真（田中 樹氏提供）。

¹ 摂南大学農学部
2020年11月6日受稿 2020年12月1日受理

生から「牛ふん入れたところは歩いたらフカフカしている」と、有機物投入による物理性の向上を実感した感想を聞いたことも印象に残っている。

農試では、地域で発生する様々な問題解決も重要な業務である。造成土や水田を転換した施設や露地畑では、水はけが悪いなどの物理性の悪化が生じており、負圧式浸入計（中野ら, 2008）や貫入式土壌硬度計（Photo 2, 望月ら, 2016）を用いた現地調査を取り入れた。対策技術のひとつとして、物理性を一気に改善するためには土壌改良資材の多量施用が望ましく、良質な堆肥なら問題がないはずだということで、剪定枝堆肥を 10 t/10 a と多量施用する現地試験を行った。最初不安げだった生産者さんも、土壌改良効果や収量の安定がみられたことから、「堆肥入れたらようになったわ」と認めてくれたことは、現場で生産者向けに仕事する自信がついた事例となっている。また造成農地で、ポリビニルアルコール資材を用いた団粒化促進についても現地実証を行い、その高く安定した効果に驚いたりもした。地域特産農産物を生産する農地の実態評価も重要な業務で、ワイン用ブドウ園において逆オーガーホール法による排水性の評価を行い、ブドウ果汁品質と関連があることなど明らかにした（三浦ら, 2020）。

大阪府は、農地面積は小さいものの、約半分を水田が占めている。水稲作の水管理は、特に出穂期前後において、水稲の収量や品質、土壌の養分元素等の動態に大きく影響をおよぼす（Honma et al., 2017）。とあるプロジェクトにおいて、所内ほ場で出穂期前後の落水の影響を調べる試験を行う中、暗渠のないほ場であったため、表面水は完全に流去しても作土中の水分率が中々低下せず、円滑な試験の遂行に苦慮した。そこで、額縁明渠を掘ったり、落水後も水が残っているところを溝でつなげて排水したり、文字通り泥臭い対策を行った。すると甲斐あって、表面水が引き、作土中の水分も抜けて酸化的になり、試験の遂行も無事進んだほか、水はけの悪いほ場での個別の対策技術を示すこともできた。

地域に適した新たな技術の提案も農試の重要な役割だが、中空構造栽培層（Photo 3）の開発に携わることもできた（内山ら 2011）。植物工場的な「土を使わない」技術に思えるが、実は土壌の物理的特性を大いに活かしており、充填した園芸培土の保水性と通気性により作物に適した根域環境を提供でき、土壌の機能を最大限活用しているのを面白く感じた。そのころ、物理性に関する書籍の書評もお願いされた（佐野, 2017）。「だれにでもできる土の物理性診断と改良」（安西, 2016）についてであり、上記の物理性の現場での調査を行う上で非常に助かっていた書籍で、内容の紹介に加えて、「まさに待ち望まれていた」や「価格もお値打ち」など、通販番組で登場するようなフレーズを並べてお薦めさせていただいた。

今年の4月より摂南大学に新設された農学部で働くこととなった。化学的な抽出法による易分解性有機物の評価法について研究を進めようと思っているが、前述の通り、団粒構造中の有機物など、物理性が大いに関連して

くと思う。またほ場での実習でも、学生にわかりやすい硬度計など活用しようと考えている。

と書いたところで、物理性とのご縁が深いことを改めて認識した次第です。微力ながら今後も学会の発展に貢献したいと思います。関西人ながらオチもない話にかかわらず、最後までお付き合いいただきありがとうございました。また、一連の研究において、多くの方にご指導やご教示いただいたことも記して謝意を表します。

引用文献

- 安西徹郎 (2016): だれにでもできる土の物理性診断と改良. JA 全農肥料農薬部編. p. 95. 農山漁村文化協会.
- Honma, M., Oba, H., Kaneko-Kadokura, A., Makino T., Nakamura K. and Katou H. (2016): Optimal soil Eh, pH, and water management for simultaneously minimizing arsenic and cadmium concentrations in rice grains. *Environ. Sci. Technol.*, 50: 4178–4185.
- 三浦季子・佐野修司・三輪由佳・谷本秀夫・森也寸志 (2020):



Photo 2 現地での貫入硬度の測定。



Photo 3 中空構造栽培層（2本の円筒状のメッシュパイプの間に培土を充填する）。

- 大阪府における醸造用ブドウ園土壌の理化学性と果実品質との関係. 土肥誌, 印刷中.
- 望月秀俊・藤本 寛・清水裕太・高橋英博・松森堅治 (2016): 岡山県南部地域の乾田直播少量は種栽培における貫入式土壌硬度計による苗立ち予測法の開発. 土壌の物理性, 133: 11–18.
- 中野恵子・久保寺秀夫、原 嘉隆 (2008): 負圧浸入計による二毛作水田と水稲単作田の耕盤透水特性の評価. 農研機構成果情報. <http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/karc/2008/konarc08-35.html> (2020年11月4日確認)
- Sano, S., Yanai, J. and Kosaki, T. (2004): Evaluation of soil nitrogen status in Japanese agricultural lands with reference to land use and soil types. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 50: 501–511.
- Sano, S., Yanai, J. and Kosaki, T. (2006): Relationships between labile organic matter and nitrogen mineralization in Japanese agricultural lands with reference to land use and soil types. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 52: 49–60.
- 佐野修司・内山知二・辰巳 眞 (2011): 大阪府における土地利用別の農地土壌の特性. 大阪環農水研報, 4: 27–31.
- 佐野修司・木村良仁・山崎基嘉・内山知二 (2012): 施設栽培におけるズイキの養分吸収量の評価. 大阪環農水研報, 5: 19–21.
- 佐野修司 (2017): 書評「だれにでもできる土の物理性診断と改良」. 土肥誌, 88: 506.
- 田中 樹 (1995): 土壌クラストの形成機作とそれに影響を及ぼす諸条件. 土壌の物理性, 71: 17–21.
- 内山知二・西本登志・山崎敬亮・熊倉裕史・長崎祐司・佐野修司・遠藤常嘉・隅谷智宏 (2011): 中空構造栽培槽の空間緑化基盤としての特性とイチゴおよびレタスの生育. 日緑工誌, 37(1): 163–166.
- 矢内純太 (2008): 土壌構成元素の形態別定量評価の現状と展開 食糧生産と環境保全の両立に向けて. 化学と生物, 46: 450–451.