



寒冷地・凍土特集をはじめるとにあたって

渡辺晋生¹

永久凍土地帯から霜柱や路面の凍結、多少とも土が凍結に晒される地域までを合わせると、その面積は地球全陸域の70%にも及ぶ。日本有数の大規模農業が展開される北海道には、厳寒で土が凍り、雪も積もる農地が広がる。寒冷地の農地には特有の土壌水分や地温の変化がみられ、営農にも多様な配慮がなされる。土の凍結にともなう凍上は植物根の断抜、土壌構造や農業構造物の破壊の原因となり得、凍結により地表に集積した水分や難透水性の凍土層上に滞った融水は泥水の流動や地耐力の低下の原因となり得る。視野を広げれば、寒冷地は地球温暖化の影響が顕著に表れる地域と見られる一方、寒冷地の凍土過程は水文・気象・気候現象と関わり全球規模の水・熱・物質循環に多大な影響を及ぼす。また、凍土はその硬度や遮水性から軟弱地盤の改良や止水にも利用されている。土の凍結は比較的身近な現象といえる。そしてそれゆえ、電磁誘導で名高いFaraday (1859)の不凍水の研究や世界初の人工雪で知られる中谷宇吉郎博士の一連の凍上研究(例えば、中谷・孫野, 1940)など、寒冷地・凍土研究は古くより国内外様々な分野で進められてきた。土壌物理の分野においても、Schofield (1935)のマトリックポテンシャルと凍土の不凍水圧の議論は「古典を読む」に取り上げられて然るべき論文であろう。八鍬(1961)の「農業物理学」では「土壌凍結」が章立てされており、凍結深の予測や凍上現象、農作物との関係が丁寧に説明されている。八幡(1975)の「土壌の物理」でも熱伝達機能や形態変化機能の章で土の凍結現象を多く取り上げており、凍土の透水係数の温度依存性さえ図示されている。Hillel (1980)の「Applications of Soil Physics」ではMillerが11章「Freezing Phenomena in Soils」の大部分を割いて二次凍上理論を提示している。しかし、近年の土壌物理の教科書(例えば、Jury and Horton, 2004; 宮崎ら, 2005)には寒冷地や凍土の記述がない。教科書に載せるべき内容が増えたため、あるいは時代の流行や趨勢にもよるのであろうが、寒冷地・凍土研究に土壌物理が貢献できる課題は多々残されている。そこで、本特集では寒冷地・凍土研究の近年の課題や土壌物理との接点を新たな視点で一考すべく、国内外の野

外観測から人工凍土の利用まで広い分野から多くの寄稿をいただいた。

今号掲載の吉村総説では、近年の気候変動にともなう北海道での土壌凍結深分布の変化から、雪割りや雪踏みなど凍結深を制御する技術を紹介するとともに、土の凍結融解が土壌の物理性や化学性、そして有機物分解や窒素動態に関わる微生物活性に及ぼす影響を概説し、土壌凍結深制御技術活用の今後の高度化を洞察する。中村・越山解説では、北海道の大規模稲作についての営農作業の効率化を目指した栽培方式や圃場の水の動きの調査結果、調査結果を農家に説明する際に有用な動画の活用例を紹介する。また次号以降、広田総説では吉村総説でも取り上げた土壌凍結深制御技術についての詳細をその開発の背景となる観測や研究成果とともに総括する。鈴木ら研究ノートでは、オホーツク網走地域の農地における土壌水分とマトリックポテンシャルの季節変化の観測例を示し、凍土層下の水分フラックスや融雪浸潤の解析結果を示す。大西総説では、土中の鉄の形態変化についてまとめ、凍土地帯での溶存鉄の挙動についてアムール川流域での観測結果を例に概説し、凍土の融解層の長期変動が溶存鉄の生成量や流出量に及ぼす影響を示唆するとともに、今後の明らかにすべき知見やモデルのあり方を展望する。さらに飯島総説では北極域の永久凍土帯における熱・水・炭素循環についての近年の様々な観測やプロジェクトの成果を総括し、今後の観測-モデル研究の対象について展望する。一方、釘崎・大石解説では、地盤凍結工法施工時の凍結膨張量予測の要素試験として行われる一軸凍上試験と三軸凍上試験についてその試験法と結果の整理方法を解説し、土木工学的巨視的視点と土壌物理的微視的視点の問題意識の共有を狙う。また、長田ら論文では、近年開発されたCO₂気液混合流体を冷却システムに用い、帯鋼補強土壁のような不飽和土への凍結工法の施用を検討する。

気候変動や地球温暖化の観点からさまざまな注目の集まる寒冷地・極域研究、大深度や大断面での高速道路や鉄道の建設、あるいは大規模遮水壁などで注目される人工凍土の活用など、社会的・工学的背景からますます寒冷地・凍土研究への要望は高まっている。本特集が、こうした研究への土壌物理からの貢献を考えるきっかけや参考になれば幸いである。

¹Department of Bioresources, Mie University, 1577 Kurima-Machiya, Tsu 514-8507, Japan. 三重大学大学院生物資源学研究所。
2018年10月18日受稿 2018年10月30日受理

引用文献

- Faraday M. (1859): On regelation, and on the conservation of force. *Philosophical Magazine*, 17: 162–169.
- Hillel, D. (1980): *Applications of Soil Physics*, Academic Press, 385p.
- Jury, W.A. and Horton, R. (2004): *Soil Physics* 6th ed., John Wiley & Sons, 370p.
- 宮崎 毅, 長谷川周一, 粕渕辰昭 (2005): *土壌物理学*, 朝倉書店, 138p.
- 中谷宇吉郎, 孫野長治 (1940): 凍上の物理的研究. *応用物理*, 9: 549–555.
- Schofield, R.K. (1938): The pF of the water in soil. *Trans. 3rd International Congress of Soil Science*, 2: 37–48.
- 八鍬俊助 (1961): *農業物理学*, 養賢堂, 256p.
- 八幡敏雄 (1975): *土壌の物理*, 東京大学出版会, 181p.