

## 凍土のリンク

渡辺晋生<sup>1</sup>

Wikipediaで自分の名前に遭遇した。土の凍結関連ページの記述に見覚えを感じ、該当ページ下段の参照項目を見ると、私のホームページへリンクが張られていた。いつ、どなたが引用して下さったのか分からないが、嬉しいような小っ恥ずかしいような。以前書いた土の凍結についての論文が、氷河の底面滑りや燃料電池の水点下駆動といった予想外の論文中で引用されているのを見つけた時のような楽しい驚きであった。

低温室に入るようになって20年近くになる。先輩諸氏が使ってきた装置を継承しての飽和土のカラム凍上実験。こだわりを持って装置やプログラムを手作りし、顕微鏡を覗いた土中やガラス粉体中の氷晶(アイスレンズ)析出過程の観察。そして、核磁気共鳴や顕微ラマン分光、X線散乱イメージングなど、高価な機器を借りての様々な多孔質体中の不凍水量や氷の微細構造測定と、低温室での作業は次第にマニアックな世界へ進行した。この間、凍土の素敵な写真や映像もたまった。せめてこれらを分かりやすくエッセンスとまとめておこうと、ゼミや共同研究先への説明の際に作ってきた一連の資料が、件のホームページである。

飽和土だけではとの思いが常にあった。そこで、折りをみて不飽和土を対象としたカラム凍結実験も始めた。飽和土については1920年代から各種凍結実験の報告があり、日本でも鉄道や飛行場、LNG地下タンクの建設や地盤凍結工法に関して歴代の多くの実験例がある。一方、不飽和土については、1980年代より先駆的な実験例が散見でき、数値モデルもそれなりに提案されているものの、系統的な実験報告は正直少ない。これまで培ってきた飽和土の実験技術があれば成果も容易にあがるだろう。そんな思いで気軽に始めた不飽和土の凍結実験だった。土が凍ると、未凍土から凍結面へ水分が移動することは比較的知られた事実であり、冬の朝、グラウンドの表面が湿っている理由の一つでもある。地表が凍結にさらされる農地も少なくない。凍結にともなう不飽和土中の水分移動は比較的身近な現象ではあるが、実験成果は思うようにはあがらなかった。

カラムの断熱や境界の温度制御、凍土の水分・温度モニタは、これまでの経験やセンサの進歩により、既往の研究にくらべ比較的精度良く行うことができた。それでも、得られる結果は既に報告されている内容を再現・検

証するばかり。装置の改良を続けても、なかなか先に進めない。低温室と研究室の往來を重ねても、先人達は今より余程よく分かっていたのだな、本当によく勉強していたのだなとの思いが募るばかりである。それでも、土の凍結は水の相変化をともなう水分と熱の移動現象。溶質や時には土そのものの動き、ガス発生や微生物活性の変化もともなう複雑な現象である。身近な現象といえども、分かっていないこと、詰められていないことが多々残されている。これらを如何に実験から示し、数値モデルの改良に還元したらよいか。あがいている間にも月日だけは流れる。思いついたアイデアを議論できる相手が内外に増え、低温室で凍結実験に関わってくれた卒業・修士生の数も増えた。自ら低温室で過ごす時間は減り、コンピュータの前で得られたデータの解析や数値計算に取り組む時間が増えた。中学生の頃は趣味、学部生の頃は卒論テーマ、今ではHYDRUS。数値計算とは何かと縁があるようである。気がつけば、再び細かい世界。既往の数値モデルの示す凍土の透水係数ではどうにも辻褄があわない不凍水量-圧力関係が浮き上がってきた。そんな話を土壤の物理性に投稿したところ、光栄にも学会賞を頂くこととなった。関係諸氏に感謝するばかりである。その後、本誌に書ききれなかった実験データを海外誌に載せたところ、凍土の若手研究者や水分特性曲線で有名な某氏からも反響があり、幸い好評である。まだまだうまく示せないことばかりではあるが、ようやく糸口が少し見えてきたのかもしれない。

今年の冬もそろそろ終わる。庭の霜柱を踏みつけていると、独特の薄暗さとおいの低温室に籠もり、新しい凍結実験を始めたい衝動に駆られる。飽和不飽和に依らず扱ってみたい現象、試してみたいことは沢山ある。土の凍結現象と周辺現象とのつながりを考えるにつれ、温度計や水分センサ、テンシオメータ、熱流計に加え、酸化還元電位計や硝酸メータ、新たな負圧計など、実験室のカラムに突き刺さるセンサの数とバリエーションは年々増加の一途をたどる。対象とする土中水の相変化も非平衡過程やヒステリシスと随分マニアックな世界に入りつつある。そうこうしている間に、また多くの写真やデータがたまってしまった。これらを、もう少し分かりやすい形でもまとめていなくては、そしてまた、いつかどこか予想外のところで自分の名前と遭遇できれば、きっと楽しい次第である。

<sup>1</sup> 三重大学大学院生物資源学研究所  
2012年2月13日受稿 2012年2月14日受理  
土壤の物理性 120号, 67 (2012)