



水惑星地球の最表層の成立，現在，将来像を知る

森 也寸志¹

このたび巻頭言を執筆する機会をいただき，とても感謝している。それとともにそんな依頼が来る年齢になってしまったのかという，自分に対する驚きも大きい。いつも原稿の依頼をいただいたときは，自分でないと書かないことはなんだろう，と考えながら書くようにしている。土壌物理，いや土壌の研究全体について私が考えていることを書かせていただければ幸いである。以下は読んでいくと，ぎょっとするかも知れない。特にいわゆる委員会で一緒にさせていただく県の方が読むと大丈夫だろうか心配になるかも知れない。大丈夫，農地保全や土壌物理はちゃんと教えているのでご安心されたし。笑いながら読んでいただければ幸いである。

入り口はどこでもよい。

土壌の研究について，おそらく多くの方々は，食料生産に欠かせない生産基盤という認識でこの分野に関わっておられると思う。また，土壌とは広く植生を支える植栽また，洪水の影響を軽減するバッファゾーンであるとして関わる方も多いと思う。さらに，人間活動によって汚染され，浄化しなくてはならない対象としての土壌もあるだろう。いずれも，土壌を含む地上・地下数メートルくらいからなる，直接の人間生活が及ぶ領域でなされる研究でありクリチカルゾーンという呼び方もある。私自身その学習・研究は農地の土壌から始まり，水田，畑地そして森林と対象を広げていった。最近は何となく国内の研究が少し広がり欠けるように見えるが，農学という言葉の後に，土壌不飽和帯 *vadose zone* や先のクリチカルゾーンという言い方が出てきてから 10–20 年近くたつからだろうかと思っている。一方で，温暖化や気候変動もあって世間は地球全体のことを以前よりずっと気にするようになった。ではこの地球陸域の最表層を覆う薄皮一枚の媒体である土壌について，我々はどうのような形でアプローチできるのか，地球の歴史とその向かう先という観点から考えてみたい。

地球科学としての土壌

我々の生存を保障しているのは生態ピラミッドの底辺を形成する一次生産者たる植物の存在であることは論を待たないであろう。そしてその植物の培地は土壌であり，生物ではないのでピラミッドの中に入れてもらえないが，さらにその下で，土壌は全ての生物の生存を可能にしている存在である。生態系の下位に従属し，その摂食によってしか生きることができない上位生物が，地球表層の 3 割を占める陸域で生存できているのは，土壌と植物があるからである。

しかし，今の陸域にある土壌は元々の地球にはなく，有機物が混じり始めて今の定義で言うところの土壌になり始めた。それは地球の 46 億年の歴史の中では比較的最近で，4, 5 億年前からである。土壌有機物の材料は生物が残したものだとなれば，シルル紀以降に気が遠くなるほどの試行錯誤を繰り返し，最初に地衣類が，後に維管束植物が陸上で生存できるようになって初めてその素地ができたと考えられる。すると植物の陸上進出戦略は土壌の研究として非常に興味深いものになる。このプロセスは土壌の有機質化と密接な関係があると思っている。自分の体を陸上に固定し，地上部を安定させ，効率的に吸水するために，維管束植物自体を，とりわけ根を進化させた過程は土壌の有機質化にも大きな役割を果たしただろう。さもなければ今の土壌は陸域にはなく，農業もできず，多分人口も増えず，従って今のような文化の開花はなく，未だに人類は海岸付近でしか生きられないだろう。私の元々の研究は植物の根が土壌中に作る根成孔隙から始まっているが，改めてその役割に注目している。

異惑星表層環境の進化と微小重力環境への適応

地球においてクリチカルゾーンとしての土壌が大切ならば，宇宙空間の太陽系においてハビタブルゾーン（太陽からの距離が生命の存在を可能にする範囲）にある地球型惑星（ガスではなく堅い地面を持つ惑星）で生命の存在や生物の居住を期待するとき，そこでの地表進化も大切であるに違いない。NASA が大真面目に異惑星の地表で生物の痕跡を探そうとしているのはご存じだろう。火星の地表を探索するマーズローバーには実は土のサンプリング道具や水分を測ったりする我々になじみのあるセンサーが搭載されている。火星の表面には塩辛い水があったであろうという研究成果が発表されたが，その痕跡は粘土鉱物スメクタイト族から見つかった。我々の研究は異惑星の生命研究にも

¹ 岡山大学大学院環境生命科学研究科

近いところにいる。

最近のハリウッド映画に宇宙飛行士が火星に取り残されて、ひとり水をつくり、ジャガイモを栽培して生き残る話があるが、残念ながら映画そのままの風景は再現しにくい。まず、火星の表層はレゴリスと呼ばれるゴツゴツの粒子で覆われており、保水が難しいだろうし、重力が違えば灌漑効率も全く異なるだろう。なおかつ気圧が低すぎるので、せっかく灌漑した水は地表には残りにくい。ただしこのような映画ができるということは、工夫次第で近未来に同様のことが可能になるであろう事を示唆している。また、人工衛星の中で長期滞在を目指す現場では、微小重力下における植物の栽培を目指して実験が行われている。これはかなり現実味を帯びているが、しかし、多孔質体の中で水がどう振る舞うかについてはまだ研究途上である。

すると微小重力環境から異惑星の表層環境まで、違う重力によって“土壌”の中の水・物質移動や植物の関わりがどのように変わるのかを知ることは、将来に向けた研究とも言えるし、我々の水惑星地球の表層の進化プロセスをよく知るためにも、とても役に立つはずだと考えている。そもそもなぜこの陸域に植物が進出することに成功し、有機物を含む今の土壌ができあがっていったのか、重力が違えばどのようなことになっていたのかなど、明らかになることが多ければ、例えば陸域の炭素消失と気候変動を軽減するためのヒントが得られるかも知れない。

農地保全や土壌物理を違う角度から見る。

教育や研究で我々は農地や土壌に関わっているが、取り組む課題について、自然の営みから見て、根本的には何が課題なのか考えるようにしている。例えば、農業とは誤解を恐れずに言えば、人間の都合で自然の形を変え、ある面積に単一の植物を植えるという自然界から見ると少し異常な行為である。水の流れを変え、肥料をやり、作物栽培に最適な環境を作り上げようとするが、それがその土地にとって最適かどうかはわかっていない場合もある。古い例にはなるが、灌漑技術の未発達が招いた塩類集積や、植民地支配下での熱帯雨林の伐採と商品作物の栽培などがそれに当たるだろう。完全工業製品は画一化されたプロセスで大量生産すれば良いが、農作物は地球由来のものであり、その土地の歴史またその植物にとっての生育環境から外れた栽培の仕方をするとうまくいかない。課題を解決するための技術のインフレによって経済が大きくなり、豊かになっていったことは否定しないし、いったん豊かになったからこそ理想論を悠長に言っているのかも知れないが、

さて、もちろん来たるべき将来に向けてハイテク植物栽培も大いに推奨されるが、現在の地球表層がもつポテンシャルを良く理解し、最適な状況におくことで、栽培管理を最適化し、その上で、土壌流亡を防ぎ、温暖化ガスの排出を減ずることは可能なのではないかと思っている。なぜなら、自然の通りのプロセスにもし近づけられるのであれば、その変化は何千年という単位であり、今のような5年10年で目の前の風景が変わってしまうのは、私たち人間が招いた結果だからである。「2001年宇宙の旅」のようなことは一部の人間には可能かも知れないが、100年後も人は土から離れては生きていけず、人類の大多数は土壌から作られる作物によって生命を維持していると思う。様々な角度から、足下のつちくれをよりよく理解することで、明るい将来につなげることができれば研究者冥利に尽きるというものである。