

土壌から環境を読む – 生態系土壌科学の創世を目指して –

飯村 康夫
生物資源管理学科

土壌との出会い

今でこそ私は土壌学を専門としているがそれは偶然の連続の結果でもある。土壌の研究に初めて携わったのは学部4回生の卒業研究でのことだったが、もともと土壌に対してそれほど関心があったわけではない。当時の私は土壌と聞けば畑しかイメージできなかったし、食糧を生産する場以上のことを想像できなかった。もちろんその重要性は認識していたが、琉球大学に在学していた私は沖縄の離島でマングローブ林の生態に関する研究をしたいと考えていた。

3回生時の研究室配属希望調査でも森林生態学の研究室を希望していた。しかし、定員オーバー等でその研究室へ入ることはできず、結局、土壌学研究室への配属となった。実際のところあまり気はすすまなかったのだが、石垣島のマングローブ林で研究ができることが最大の決め手となった。当時、指導教官から与えられたテーマは「マングローブ林の陸地化（堆積泥化）機構のコロイド化学的解明」だった。マングローブ林では林分が形成されるに伴い堆積物が増え、砂質から粘土質のような細かな粒径のいわゆる泥状のものに変わっていくことが知られていた。この堆積泥化の蓄積機構をコロイド化学的視点から調べる研究だった。研究は現地でサンプルを採取し、室内での分散・凝集再現実験を繰り返すことで基本的には可なのだが、実際のフィールドを歩くと様々な生き物がダイナミックに相互作用しており、この生き物を介した物質の流れ（有機物動態）に当時の私は強く興味を抱いた。何とか自分の卒論テーマに有機物を関連付けたいとの思いから指導教官にも相談し、堆積泥中の土壌有機物形態や蓄積メカニズムに関する研究に着手させていただいた。初めて土壌有機物を研究対象として意識したときだった。当時いろいろご指導していただいた指導教官や先輩にはとても感謝している。しかし残念ながら卒業研究では自分で納得のいく結果を示すことはできなかった。

真っ黒な土壌 – クロボク –

マングローブ林でのフィールド調査を通して、土壌、特に土壌有機物に興味を抱いた私は土壌有機物の研究で有名な神戸大学の研究室へ進学した。大学院でもマングローブ堆積泥の研究を続けたいと考えていたが、指導教官から「いろんなフィールドを見てじっくりテーマを決めれば良い」との助言から様々な調査地に同行し、様々なタイプの生態系や土壌を見る機会を得た。その一つ、長野県の菅平高原で見たスキ草原下の真っ黒な土壌は私の心を揺さぶった。それは私が知っていた土壌の色を遥かに超越するものであり、まさに‘炭色’そのものであった。この真っ黒な土壌は「クロボク」と呼ばれる日本を代表する土壌タイプの一つであるが、実はこのクロボクがどのようにして生成してくるのかは現在も解明されていない。そのような不思議さも相俟って私はクロボクを研究対象にしようと思った。

修士時代での研究テーマはクロボク土壌有機物の化学構造特性の詳細を解明することだった。土壌有機物は非常に厄介な存在である。土壌中には重量あたり数%~十数%程度の有機物が存在するが、糖やタンパクといった既知物質はその中のせいぜい2~3割程度であり、残りは構造式に表せないアモルファスな物質である。これを我々は土壌有機物（腐植と呼んだりもする）という総称で呼んでいる。これが土壌鉱物（粘土）と物理的あるいは化学的に様々な形態を形成し、一種の動的平衡状態で見かけ上安定化している。私はクロボク土壌有機物の特徴付けをするために様々な分画法を検討した。中でも高速液体クロマトグラフィー（HPLC）を用いて土壌有機物を分子サイズ別に分画する方法（HPSEC）はクロボクのみならず様々な土壌タイプの有機物を効率よく分画できることがわかり、ほとんどの時間をこの実験に注いだ。その結果、クロボクの土壌有機物は他の土壌有機物に比べ低分子サイズであることや炭に類似した化学構造（グラファイト構造）を骨格としていることなどがわかった。このようなクロボク土壌有機物の物理化学的特性は土壌中での高い安定性（微生物分解抵抗性）を示唆するものであった。しかし、実際の生態系でどのように応答しているのかは不明であったため、私は生態系レベルでクロボク土壌有機物の動態を調べたいと思い始めるよ

うになった。これが博士過程に進学するきっかけであった。

私が研究対象としてきたクロボクは長野県菅平高原にある筑波大学菅平高原実験センター内のススキ草原下に分布しているものだった。この調査地は遷移系列が異なる植生がクロボク上に同時に存在するという極めて稀な生態系を維持管理している貴重な場所であった。100年以上前からススキ草原を維持管理してきており、その後一部を除き段階的に放棄した結果、ススキ草原、約30年生のアカマツ林、約70年生の針広混交林が隣接する調査地となっていた。「生態系レベルでクロボク土壌有機物の動態を解明したい」と考えていた私にとって最適なフィールドでもあった。

そこで私は長期間スケールでの植生遷移（ススキ草原→アカマツ林（約30年生）→落葉広葉樹林（約70年生））に伴うクロボクの諸特性変化、特にクロボク土壌有機物の量・質がどのように応答するのか？について実際のフィールド研究から詳細に調べた。その結果、（1）炭素量は植生遷移に伴い土壌では減少するが、地上部植生での固定量が増大すること、（2）土壌無機物量・組成や物理性は顕著な変化が認められないこと、（3）土壌有機物は褪色すること。また、これは主に平均滞留時間が数千年もあった黒色有機成分の分解・消失によること、（4）これらの減量・褪色は、森林化、特に落葉広葉樹林に遷移することで糖類（主にグルコースやセルロース）に富んだリター（落ち葉等）層が発達し、より多くの糖類が雨水と共に長期間、継続的に土壌へ供給されることで微生物活性が上がるという一種の“プライミング効果”で分解・消失が進行する可能性が高いこと、を定量的データから示した。本研究結果はクロボクにおける長期間スケールでの植生遷移が生態系内全体の炭素蓄積量には大きな影響を与えない一方で、炭素の質、特に土壌に蓄積している炭素の化学構造的安定性低下や平均滞留時間の短化をもたらす可能性が高いこと、さらに遷移が進行し地上部植生が極相（ブナ林等）に達した場合、樹木での炭素固定量が平衡に達すると考えられ、土壌からの炭素放出量が相対的に上回り、生態系として炭素放出の場へと激変する可能性があることを示すことができた。

生態系土壌科学の創世を目指して

博士課程での研究を通していろんな分野の方々と出会い、様々な視点から土壌を考える機会を得たことは今の私にとって大きな財産となっている。特に

陸域生態系で炭素循環研究をされている方々とは私の興味と一致する内容が多く、共同研究に発展することも増えてきた。昨年まで3年半の間、ポスドクとしてお世話になった岐阜大学流域圏科学研究センターでは森林生態系の炭素循環研究に携わる機会を得た。このセンターはアジアで最古のタワーフラックスサイト（高山サイト）を飛騨高山に持っており、1993年以降、冷温帯落葉広葉樹林生態系での微気象学的な炭素収支観測を続けている。その結果、観測開始以来、高山サイトは炭素の吸収源として機能し続けていることが明らかにされている。さらに興味深いのは、この高山サイトでは植物による炭素吸収量が系全体の半分程度しかないことだ。一般的に生態系の炭素吸収量はその大部分を植物が占めることが明らかにされているため、高山サイトの炭素吸収形態はかなりユニークであることがわかる。高山サイトの土壌を詳しく調べてみると、真っ黒なクロボクが広く分布していることがわかった。今のところ生態系としての炭素吸収量に対するクロボクの寄与については解明できていないが、大きな興味の一つである。実際の生態系は非常に複雑であり、植物・動物・土壌が水やガスを介して物質の流れを形成している。したがって、どれか一つのコンポーネントを解明したところで系を理解することはできない。例えば、地球温暖化に伴う森林生態系の応答研究はモデルシミュレーションが主流となっているが、その結果は炭素のシンクにもソースにもなり得る。これは植生の遷移に伴う炭素動態が不透明なことや、土壌中の炭素動態が不透明なことが主原因となっている。このように土壌中の炭素、特に有機物動態は生態系としての物質循環に深く関わることは明らかであるが、これをいかに系全体として相互作用のもと定量的に評価していくかが今後のカギとなる。

土壌を軸として生態系機能を捉えることが私にとっての大きな目標の一つであり、これを私は“生態系土壌科学”と位置づけている。幸運なことに私は多くの方との共同研究を通してこの壮大なテーマに着手するチャンスを得ている。2年ほど前からは約10年ぶりに石垣島のマングローブ林での炭素循環研究にも共同研究の形で参加させてもらっている。まさかマングローブ林で再び研究ができるとは思ってもみなかったが、人とのつながりの不思議さを噛み締めている（卒業研究で明らかにできなかったテーマを別の視点から着手してみようと密かに考えている）。今後も生態系土壌科学の創世をめざし、土壌から環境を読むことにチャレンジしていきたい。