

はじめに

温暖化など、地球規模の環境変化が懸念されるようになって久しい。ハワイ島マウナロアで1957年から開始された大気成分の観測は、二酸化炭素濃度が右肩上がりですり上がっていることを如実に示しており、衛星から送られてくる地球の写真にもあちこちで氷河が後退している現状を示している。翻って、私達の身近な生活に目を向けてみると、桜の季節や紅葉の季節がこれまでとは違ってきたような季節性の不順が感じられるようになってきている。この懸念は世界中で共有されており、1992年にブラジルのリオ・デ・ジャネイロで開催された「地球サミット」での「持続可能な開発をするための地球規模の行動（アジェンダ21）」や1997年の「京都議定書」といった形で国際社会に反映されている。このような中、「生態系」という言葉が、地球環境問題への関心の高まりを反映しつつ、日常生活においても定着してきている。しかし、この地球上の生態系の構造や機能は必ずしもよくわかっていない。

化石燃料消費や土地の改変などを通じて、人間は、直接・間接的に、多量の二酸化炭素を毎年大気に放出している（炭素重量として 5.9×10^{15} gともいわれている）。しかし、そのすべてが大気に蓄積するのではなく、5割程度は生物によって再吸収されている。生物が再吸収している場所の1つは海洋であり、もう1つは本書が対象としている陸域である。このように巨視的にみると、懸念されている温暖化が大気中の二酸化炭素蓄積によるとするならば、生物活動は人間活動による廃物（二酸化炭素）のいくばくかを処理し、環境変化を緩和していることになる。しかし、具体的にみた場合、二酸化炭素の吸収に関与する生物過程はどのようなものでどのような制限があるのか。陸域生態系の中で炭素はどのように生物間を転移し循環しているのか。大気中の二酸化炭素の増加は直接・間接的に生物群集にどのような影響を及ぼすのか。陸域生態系が二酸化炭素を吸収するとして吸収量の増加は生態系他のプロセスや構成員にどのような影響を及ぼすのかなど、よくわかっていない本質的な問題は多い。これら問題の解明は、将来の人間活動の取り組みを考えていくうえで不可欠な知見を提供するとともに、身近な自然の変容が何に起因し、またそのような変容を回避するにはどのような手だてがあるのかといった地域の環境を考えるうえでも重要である。

こうした地球環境問題を背景に、森林、土壌、水文、陸水など陸域生態系の炭素の流れに沿って物質循環と生物過程を理解することを目的に、1997年から5年間「陸域生態系の地球環境変化に対する応答の研究」が行われた。本書は、この研究プロジェクトに参加した研究者が、自らの研究成果をもとに、近年の生態系研究の動向を踏まえつつ、執筆したものである。この研究プ

プロジェクトの特色の1つは、生態系研究の枠組として、現在では一般的になりつつある「集水域」あるいは「流域」という視点をいち早く打ち出して研究が展開されたことにある。「モノ」は高いところから低いところに流れるのが自然の摂理である。上流（森林）で起こる変化は下流（河川・湖沼）に影響を及ぼし、その過程を通じて上流へフィードバックするというコンセプトが研究者間で共有され、以下の3つの問題を掲げて研究が行われた。

- 1) 環境変化に対して葉・枝からなるモジュールの蓄積系である森林の応答において樹木はどのように成長するのか、土壌有機物はどのように変化するのか。
- 2) 化学-栄養系として機能している水系において、森林生態系の変化はどのように現れるのか。
- 3) 水系に沿った温暖化ガス代謝系の応答とそのフィードバックはどのようなものか。

本書も、この流れに沿って構成されている。

まず第1章では、植物個体に焦点をあて、炭素の取り込み（光合成）と成長について生理生態的な特性について紹介する。第2章では視点を上に向け、植物個体群や群落レベルでの生物生産特性や二酸化炭素増加に対する応答について述べる。第3章では視点を足下に向ける。植物が固定した炭素は根や落葉を通じて土壌に転移し分解され、一部は大気へと放出される。そこで、森林土壌で展開される有機物の分解過程についてみていくことにする。第4章では、視野を水平方向に向け、森林から水系への炭素流出機構と水系（湖沼）の応答や機能について紹介する。第5章では再び視点を上に向けることにする。上流（森林）であろうと下流（水系）であろうと、生物活動はガス交換を通じて大気と相互作用している。これらを調べるにはどうすべきか、またどのようなプロセスで生物活動は大気へフィードバックするかを述べる。最終章（第6章）では、本書に盛り込まれた内容を概観するとともに、視野をさらに空間的に広げていく必要性を指摘する。最後に私達自身に目を向け、人間活動を含む生態系をいかに評価していくかについて、展望することにする。

どのような科学もそうであるが、生態系の研究は難しい。生態系研究を難しくさせているのは、まず複眼的な視点が必要なことであろう。いうまでもなく生物は物質を循環させる装置ではない。長い進化の過程の末、個々の生物種は自らの子孫を可能な限り多く残せるよう、つまり適応度が最大となるよう、適応し様々な方策（戦略）で日々活動している。その日々の活動が物質を循環させ、私達人間を含む他の生物の生活を支えている。したがって、生態系のプロセスや応答を理解していくためには、物質がどのように転移しどこにどのくらい流れているかといった俯瞰的な視点と、個々の生物種がいかに他種と相互作用しながら環境に適応し日々活動しているかというミクロ的な視点が必要なのである。これは現在の学問領域では、物質循環に注目する地球化学の視点と生物の生活に注目する生態学の視点の融合といえよう。陸域生態系はモザイクである。森林もあれば河川もあり、湿地や湖、都市や農地もある。したがって、陸域を複合的な生態系として理解するには、森林についても水系についても基礎知識が要求される。一昔前まで、日本では（世界でもそうなのだが）、たとえば森林の研究者と水界の研究者が研究のうで議論することは稀であった。地球化学と生態学の研究者もそれぞれのコミュニティーで研究を行っていた。しかし、陸域の生態系研究を真に推進していくためには、そのような垣根を取り払うことが必要となる。本書のもととなっている「陸域生態系の地球環境変化に対する応答の研究」の成果の1つは、

そのような垣根をとりはらうことができたこと、異なる視点の融合が重要であると参加した研究者が強く認識するようになったことである。陸域生態系の理解をさらに推し進めていくには、このような複眼融合的な視野をもつ人材の育成が必要であり、その一助として本書は企画された。

このため、本書は、やや難解な部分もあるが、陸域の生態系や環境研究に興味をもつ大学生や大学院生を対象としている。しかし、ある特定の研究対象から視点を変えたり視野を広げたりするうえで、環境科学や生態研究の専門家にも役立つかもしれない。各章の最後には、Exerciseを設けた。各Exerciseには、本書の中に答えを見出せるものもあれば、さらに研究しないと明らかでないものも含まれている。このExerciseに目を通すことで本書の内容を振り返り、何がわかり何がまだわかっていないか、どうすればそれがわかるかなど、陸域生態系科学の現状と展望の整理に役立て欲しい。

本書は、企画から原稿の編集が遅れてしまった。その過程で本書の出版にあたっていろいろとお世話になった共立出版（株）編集部の信沢孝一氏、編集の労を執られた川口綾子氏に深謝する次第である。

2006年4月6日

武田 博清
占部城太郎