

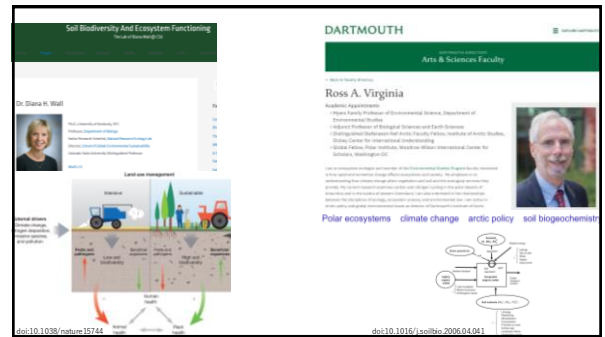
## Unsolved Problems in Ecology勉強会

## 20. The World Beneath Us

Making Soil Biodiversity and  
Ecosystem Functioning Central to  
Environmental Policy

2021/11/02  
漁業情報解析部 資源解析G  
演邊 昂平

1



2

## 土壌生物・生態系の重要性

- 土壌中の生物種の多様性とその働きについて、いつ、どのように認識され、生態学の学問分野に統合されるのか？
- 土壌の生物多様性と土壌生態学が、土壌生態系の機能と社会に提供するサービスに、どのように貢献しているか理解する必要が高まっている
- 土壌は種々の地球環境問題の中心に位置している

3

## 土壌生物・生態系の重要性

- 地球規模の課題に対処するための選択肢を開発するには、**生態系における土壌生物の役割を理解し、私たちが土壌と生物多様性に依存していることを認識する必要**がある
- ここでは、生態学者が土壌、生物多様性、種の役割について、生態学の研究や教育の最前線に持っているのを躊躇ったと思われるいくつかの洞察を紹介

4

Hypothesis on Biodiversity and  
Ecosystem Functioning

- 生物多様性と生態系機能ecosystem functioningの関係についての仮説は、種レベルでの記述や定量化が難しい

5

## Functional ecology

- 種が環境の中で果たす様々な役割を調べる学問
- 種の特徴や、特徴づける特別な機能や能力に焦点を当てる
- 種が環境の中で自分のために切り開いたニッチと、そのニッチが時間と共にどのように変化するかを調べる



6

## Hypothesis on Biodiversity and Ecosystem Functioning

- 土壌の機能における個々の種の役割については、**dogma of species redundancy**が引き続き議論の対象となっている
- ⇒ **土壌には膨大で未記載の多様性がある**ため、種の損失や存在量の変化に対して、生態系プロセスが影響を受けないことを示唆
- 著者らは土壌中の種の役割の冗長さに焦点を当てることは...  
⇒ 土壌生物群集の中の個々の種とその相互作用の知見についての認識を遅らせてしまうと主張

7

## Hypothesis on Biodiversity and Ecosystem Functioning

- 冗長であると考えられている土壌生物が、生態系の機能に異なる影響を与えていることが示されている  
例) 土壌にもキーストーン種がいる
- 生物多様性の効果が種間の相互作用から出現している
- **単一の種や群集の損失によって、土壌の質や生態系機能が消失されること**の検討は、全ての陸域生態学者の喫緊の課題である
- ⇒ 地球環境の変化で土壌の群集が脅威にさらされているから

8

## Soils Are Habitat

- 土壌は群集にとって複雑で、不均一な生息地
- アメリカ農務省の土壌の区分では、**生物相**も分類指標の1つになるくらい (他は、基質、起伏、気候、時間)
- 土壌生物の集合体はそれぞれの土壌を形成する進化と環境のプロセスの産物である。だから土壌によって生物群集が異なる  
※ 集合体って、微生物と無脊椎動物、または分子技術で観測される全土壌分類群とある

9

## Soils Are Habitat

- 土壌の特性や気候が、局所的、地域的、大陸的な規模で、土壌種の生物地理に影響を与えているという証拠がある  
例) 土壌分類群は植物多様性の緯度勾配に従わない
- 土壌生物相の地理範囲を決定する要因の研究が進んでいる
- 標準化されたサンプリングと分子技術用いれば、生態学者は生物地理学的分布と進化的関係の、新しい仮説を生み出せる
- この情報は土壌に影響を与える重要なプロセスに対する、**土壌生物相の適応力と回復力を理解する鍵**になる

10

## Soils Are Habitat

- 土壌生物相との関係の例  
－ 生物は動態的な生物地球化学のプロセスに積極的に参加する (生態系エンジニアである)  
例) 菌類、植物、ミミズ、シロアリ、アリ、ダンゴムシ、マルハナバチ etc.
- **様々な気候や地域で土壌形成にかかわる種の生態学的な役割の情報を集めることは重要**  
－ 種が土壌の回復力に影響を与えているか  
－ 劣化した土壌の回復の鍵となる生態系サービスを示す
- 土壌生物相の地表での影響を、地下の土壌形成と維持に外挿することは、クリティカルな挑戦

11

## We Need to Know More about Species and Their Functional Roles

- 昔は土壌生物とその生態系は“black box”だった  
－ 土壌中の複雑な食物網を単純化して栄養循環における様々な機能群の役割を決定していった
- ある機能群内の全ての種が同じ機能を持っているとは限らない  
－ 複数の機能を持っている  
－ 時間と共に発達して変化する
- 似たような機能の種の同一性と役割の情報を追加することで、**土壌生物の増進と物質循環などの生態系機能における役割に関する定量化が向上する**  
例) 線虫の分布の研究が、炭素循環に対する種の貢献度や生物多様性の研究に繋がった

12

### We Need to Know More about Species and Their Functional Roles

- 土壌においては**多様性と生態系機能の定義が広範**で、プロセスの特徴づけには適していない
- 土壌の**個々の種の機能**を容易に帰属させられない  
例)土壌の呼吸量(複数種) vs 葉の光合成量(単一種)  
⇒これが**土壌の種の機能群が冗長であるという概念に繋がる**
- 土壌の生物多様性の種と、生態系プロセスにおける機能的関係について、より多くの情報を加える  
⇒生物多様性と生態系機能の仮説をより正確に検証できる  
⇒もしかすると土壌機能の新しい学際的パラダイムができる

13

### Information on Individual Species, or Their Natural Histories and Hosts Is Available

- 土壌中の生物とその生態に関する知見は少ない
- 例として、線虫単体の研究事例はたくさんある
- 線虫を捕食する微生物や無脊椎動物の研究も多くある
- それでも土壌の詳細な生物相の研究は少ない...
- 生態学者には分野の垣根を越えて、土壌の生物多様性と生態系機能の関係や、地球の健康Planet health?理解する機会がある
- このアプローチは種の移動や、損失、外来種の定着などを検出できる

14

### Where Next ?

- 土壌を生態学分野の中の**コアの科目**にすべき (海洋や大気に焦点を当てた学問と同様に)
- 土壌を生態学の周辺分野に追いやらないで  
ー生物多様性と生態系機能に十分に対応できないままになる
- 著者らは極地の土壌の研究を通して、**地球規模の変化を目の当たりにし、これらが生物学的なフィードバックを加速させることで、緊急性を高めている**
- 土壌を複数の生態系機能のフィードバックの伴う、主要な生物の生息地として扱うことは、地域や地球規模での土地管理に良い選択肢となる

15

### Where Next ?

- 土壌科学と土壌生態学について、急速に進歩している
- Wall and Virginia (2000)でまとめられた土壌生態学の優先事項的なのと、現状の進捗状況をまとめる
- 3つの優先事項は以下の通り
  - ー土壌多様性のための、新技術、サンプリングと解析の標準化、データベース強化のためのインフォマティクスの開発
  - ー国際的な変化の方針のための、学際性や国際的cross-site実験、土壌多様性と生態系プロセス予測モデルの開発
  - ー持続可能な利用のために、土壌をどのように維持すべきかを予測するための、世界的な土壌多様性の分布パターンの統合の開発

16

### Where Next ?

#### ー優先事項①

- 土壌多様性のための、新技術、サンプリングと解析の標準化、データベース強化のためのインフォマティクスの開発
- 分子生物学的手法によってこれまでにない分析が可能に
  - 技術のコストは減じてきている
  - バイオインフォマティクスフレームワークも進歩してきている
  - 将来的には土壌サンプル中の生物多様性をよりよく表現することが必要になる
  - 形態学的な分類と分子的な特性評価の組み合わせが、より強固なデータベースになるかは解明されていない
  - これらの進歩は微生物が主な対象で、無脊椎動物や菌類の両方を同じサンプルから分析して、微生物の個体数や多様性に対する関係や影響を解明することが今後の課題

17

### Where Next ?

#### ー優先事項②

- 国際的な変化の方針のための、学際性や国際的cross-site実験、土壌多様性と生態系プロセス予測モデルの開発
- 進展はあるがまだ限られていて、資金も十分ではない
  - 優先すべきは発展途上国や、土地利用やその他の地球規模の変動速度が速い生態系を実験地点に組み込むこと
  - 土壌が媒介する植物、人間、その他の動物の病気の専門家の参画
  - ⇒将来の多様性の変化、病気の可能性、その他の土壌へのサービスの変化を予測するための基礎になる

18

## Where Next ?

### －優先事項③

持続可能な利用のために、土壌をどのように維持すべきかを予測するための、世界的な土壌多様性の分布パターンの統合の開発

- 2011年にGlobal Soil Biodiversity Initiative (GSBI) が設立
- 2016年に土壌多様性の国際的な脅威のマップを作製した
- 2018年COP14の土壌多様性に関する良好な判断にGSBIが影響を与えた
- 将来的には、長期的な観測ネットワークの構築や、土壌の生物多様性や生態系機能に関する事例を、管理や空間のスケールを超えて、土壌に関連する他の学問分野と統合すること
- ⇒陸域生態系の持続的な管理の基礎にできる

19

## Where Next ?

- 3つの優先事項を見ると、土壌と土壌多様性科学、生態系機能について、生態学の中心をなせるだけの十分な知識がある
- 生態学者への種とその生活史、土壌生物の生態系的役割について教育を強化しなければならない  
⇒生態学に組み込まれた土壌関連の研究者が必要  
－土壌の生物多様性や生態系の機能の研究に新しい技術やアイデアを提供
- 今日の学生は、生態学の講義で土壌や土壌の生物多様性がほとんど扱われていないことに失望することがしばしば
- 将来へのチャレンジの準備のために、このギャップを埋めておくことを推奨する

20

## Closing Thoughts

- 土壌のBlack boxは空けられて、生態学にとってエキサイティングな時代が待っています
- 示されたこと
  - －土壌と生物多様性の特徴
  - －より精度の高い種同定に基づいた機能
  - －土壌の生物多様性と生態系機能のより刺激的な新仮説
- 大切なことは、Black boxを開けることは全ての種について知る必要があることを意味しているわけではない
- 土壌の食物網についてより種レベルの情報が、重要な相互作用の定量的な評価の鍵になる

21

## Closing Thoughts

- Black boxを開けたことでいろんな研究や統合の需要が出た
- 土壌生物多様性のデータベース
- 機能群内における複数の機能の種
- 地域間、大陸的な分布パターン
- 管理時の、土壌の生息地としての特性
- 次の50年に向けて、新しい世代の生態学者が、土壌とその関連分野を生態学という学問の中核的な要素として受け入れ、陸地の生息地の劣化をよりよく伝え、回復させ、土壌の生物多様性が提供する多くのサービスを保全することを強く求めます。

22

## 感想

- 生態学分野で土壌ってそんなに軽んじられているんですか？
- 機能群と多様性って興味深い話だなと思った

水産的に考えると...

- 海洋データとの結合や、微小生物群集とかが、資源に影響する的な話なのかなと思った
- 生態系モデリングでも生産者とか一次消費者ってまとめる
- 統合ってワードがあったけど、統合させて意思決定に使うというのは難しい話だなと思った

23