

# 世界の森林研究最前線（1）

沢田 治雄<sup>1</sup>

## 連載開始にあたって

毎日のように海外から届く最新の森林研究情報を「海外の森林と林業」誌に寄稿を約束することで、確実に読み込むことができるだろうと思い、この連載を始めさせていただきました。図表の引用がないので分かりにくい点多いと思いますが、できれば原著をあたってください。また論文等の読み違いは私の個人的な責任です。ご指摘いただければ幸いです。

各回のテーマは集まる論文に寄りますが、初回は「グローバル研究」としました。

## 1. はじめに

今後 10 年で森林に影響を与える大きな事項（メガトレンド）として、英国マンチェスター大学の Oldekop ら<sup>1)</sup>は大規模な森林攪乱、農山村人口の変化、低中所得国での中産階級の増加、デジタル技術の発展、大規模インフラ整備の 5 つをあげています。この論文をベースとして最近の報告を紹介します。

## 2. 大規模な森林攪乱

大規模な森林攪乱には森林伐採だけでなく、地球温暖化に寄る森林へのグローバルな影響が含まれます。異常乾燥がもたらす米国の森林火災や欧州の森林被害にかかわる論文も多数ありますが、今回はその他の温暖化の影響をとりあげます。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第 5 次評価報告書(2014)は、気温が工業化以前に対して 1.5°C 上昇するのは、2030 年から 2052 年までの間の可能性が高いとしています。カナダマギル大学のグループは予測の不確実性をその半分に

して、2027 年から 2042 年の間だと推定しています<sup>2)</sup>。今後の 10 年の重要性を示していると言ってよいでしょう。

### 【気候と植生の平衡関係】

温暖化に従って植生は適切な気候下に生育地を変えていけるのでしょうか。北米の 447 種を対象とした米国メイン大学の調査は、植生と気候がすでに平衡状態ではなく、気候的に適切な地域にある植生は 50% 程度にすぎないことを示しました<sup>3)</sup>。これは気候変化に追従して植生が生育場所を移動していないことを示しています。著者らは土壌や動物など、気候以外の要因をあげていま

### 【樹木の成長期間への温暖化の影響】

緯度の高い地域では、温暖化で春が早まり秋が遅くなるため、樹木の成長期間が長くなるのでしょうか。英国生態学会のグループは、春の展葉と開花に温暖化が別々に影響を与えることを示しました。長期の観測データが得られた樹種は 4 種（セイヨウトチノキ、ヨーロッパアカマツ、ハンノキ、トネリコ）ですが、1950 年から 2013 年の観測記録から分析しました<sup>4)</sup>。その結果、展葉と開花の間が 10 年毎に 0.6 日から 1.3 日間開いてきていることが分かりました。展葉と開花の間があいてくることは、栄養成長と繁殖の間の資源配分を変え、植物の地域適合性に影響します。著者らはさらに、生態系の構造と機能に影響を与える可能性があるとは指摘しています。

一方、温暖化によって秋の落葉は遅くなり、緑の葉で光合成を長く続けられるのでしょうか。ス

イス工科大学のグループは、室内実験と野外調査で、二酸化炭素、温度、光レベルの上昇による葉の生産性増加が、葉の老化を促進することを明らかにしました<sup>5)</sup>。これまで今世紀末に落葉が2〜3週間遅くなると予測されていましたが、グループは葉の老化促進を考慮すると逆に落葉は3〜6日早まると推定しています。

#### 【温暖化の影響のグローバルな地域差】

デンマークコペンハーゲン大学グループは、2000年から2015年までの植生と降雨の関係を全球で分析し、アフリカとアジアの乾燥地域では雨量に対して成長する植生が少なく、南アメリカとオーストラリアの乾燥地域ではより多くの植生が成長することを示しました<sup>6)</sup>。

このように気候変動の影響は地球規模では不均一です。温暖化が森林に与える影響に関する研究は、さらに確度あげた成果が求められていると言えるでしょう。

### 3. 農山村人口と中産階級の増加

#### 【森林と関わりの深い世界の人々】

米国コロラド大学グループは、2012年には世界で16億人が森林から5km以内に住んでいたことをマッピングで示しました。このうち64.5%が熱帯の国々で、71.3%は低所得国や低中所得国でした<sup>7)</sup>。

なお、この16億人という数は「森林に依存する人数」として広く使われている世界銀行の数と同じですが、内容は同じではありません。

#### 【森林のもたらす恩恵の価値観】

米国ミネソタ大学グループは、自然が人々にもたらす貢献の評価の違いに着目し、国や地域、所得階級、民族のおよび社会的グループによって異なる受け止め方が見られることを示しました<sup>8)</sup>。

自然環境問題で世界的な協調活動を図るには、より一貫性のある公平な評価に対する議論の強化が必要だと指摘しています。

#### 【コミュニティフォレスト管理の状況】

森林と人との関係で、地域的にはコミュニティフォレストの管理(CFM)の重要性が指摘されています。CFMは森林とその周辺の人々の生活の両方を改善できると考えられています。英国マンチェスター大学グループは、ラテンアメリカ、アフリカ、アジア太平洋における643のCFMを対象として、社会、経済、環境の3項目でのトレードオフを分析しました<sup>9)</sup>。その結果、項目別では34%のケースで資源権の獲得、68%で収入の改善、56%で環境への影響の削減が確認できました。しかし3つの項目全てで肯定的な結果となったのは18%だけでした。

また、農山村から都市部への移住が増加し、森林に依存するコミュニティで多くの流出を引き起こしています。残された農地の森林化やその意思決定への参加など、これらの人口移動の影響はまだよくわかっていません<sup>1)</sup>。

#### 【都市の人口増加が森林に与える影響】

農山村人口の減少は森林保全をもたらす可能性がありますが、一方で、より大きな都市需要と大規模な産業プロジェクトが創出されるため、森林破壊につながる可能性があります。2030年までに低中所得国の中産階級はほぼ50億人、世界人口の約50%になると推定されています<sup>1)</sup>。このことが生み出す需要の増加は、土地やその他の資源への圧力を増大させるでしょう。中南米、アフリカ、東南アジアでは、商品の消費と需要の増加により、牛、大豆、パーム油の工業生産のために大規模な用地取得が行われています。2001年から2015年間の森林擾乱の27%は商品生産が主導する森林破壊に起因していました。

全世界での需要のさらなる増加と消費主義文化の継続の影響が懸念されています。

#### 4. デジタル技術の発展

デジタル通信技術へのアクセスでは、2000 年以降インターネットとモバイル端末の使用が 7 倍に増加し指数関数的に増大しています。その急激な増加の大部分は先進国以外で発生していて、森林セクターに変革の影響を与える可能性があります<sup>9)</sup>。地理情報ツール、リアルタイムの衛星データ、クラウドソーシングなど、データを収集して配布する技術はますます正確で使いやすくなっています。森林資源調査、森林生態系モデル、森林開発早期発見システムなどでのデジタル技術活用の報告が増えています。

##### 【全世界の森林資源情報の取得】

全世界の森林資源情報としては FAO による世界森林資源評価 (FRA) が最も広く使われています。全世界で均質な精度を持たせるために FRA では衛星リモートセンシングデータも使われています。しかし FRA の資源評価の対象は「ある程度の樹冠うっ閉率を持つ林」であるために、アフリカの半乾燥地で散在する樹木は大木であっても FRA には含まれていません。そこで、NASA のグループは高分解能 (サブメートル) の衛星画像と深層学習で、西アフリカのサハラ、サヘル、亜湿潤地帯の 130 万 km<sup>2</sup> に及ぶ土地で孤立木をマッピングしました<sup>10)</sup>。その結果、樹冠面積の中央値が 12 m<sup>2</sup> の 18 億本以上の樹木を検出しました。半乾燥地ではこれらは極めて大きな生態系サービスを担い、重要な二酸化炭素固定資源でもあります (写真 1)。この大規模なマッピングを可能にしたのは、スーパーコンピュータに寄るところが大でした。

##### 【全世界の生態学的完全指数マップの作成】

オーストラリアクイーンズランド大学のグループは、リモートセンシング、ビッグデータ解析、クラウドコンピューティングなどの技術を用いて、森林景観の質を評価する「生態学的完全性指数」の全世界マップを作成しました。生態学的完全性の高い森林とは、生物多様性が高く、高品質の生態系サービスを提供し、気候変動に対して回復力の強い森林です。高い生態学的完全性を持つ森林は、地球に残存する森林のうち 1740 万 km<sup>2</sup> (約 40%) であると報告しています<sup>11)</sup>。

##### 【新たな生態系プロセスモデルの開発】

生態系は典型的な複雑系で、多数の高次の相互作用と非線形の関係が含まれます。最も使用されている統計モデリングは、生態学的パターンとプロセスの複雑さにほとんど対応できません。複雑なデータ内の隠れた関係を見つけるには膨大な計算能力が必要ですが、フィンランドヘルシンキ大学のグループは、シンボリック回帰を適応し、人工知能と機械学習によって生態系の一般モデルを開発しました<sup>12)</sup>。シンボリック回帰は方程式の構造とフィッティングパラメーターの両方を同時に検索するため、複雑な生態系を特徴付ける柔軟性があります。これらによって自然法則の説明を深化させることができました。

##### 【バーチャルリアリティ】

気候変動が森林生態系に与える影響を理解してもらうには、グラフ、地図、写真などの従来の表現法では困難な場合があります。米国ペンシルベニア州立大学のグループは、仮想現実 (バーチャルリアリティ) に、気候変動モデル、植生モデル、生態系モデルなどを取り入れ、森の中を歩いて樹種や下層植生を調査したり、変化を確認したりできるようにしました<sup>13)</sup>。このような森林のバーチャル体験は、専門家、政策立案者、一般市民の間の相互理解に役立つでしょう。

このように、様々なデジタル技術が森林分野で

も活用されています。さらに世界的にも連携を強化した統合的なシステムの実用化が期待されます。

## 5. 大規模インフラ開発

エネルギー、天然資源、輸送の需要に対応するために、野心的なインフラストラクチャの拡充が各地で計画されています。例えば、中国の一路構想などの大規模なインフラプロジェクトは、森林や農村コミュニティにも大きな影響を与えるでしょう。商品の流れを促進するために 2050 年までに世界で少なくとも 2,500 万 km の道路が新設されると予想されています。またアマゾン盆地だけでも 246 の新しい水力発電ダムを開発しています。さらに森林地帯での違法な採掘活動は世界中で急速に拡大しています。これらは森林を喪失させ、人々を追い出し、生活を混乱させます。コミュニティが土地や資源へのアクセスを失うにつれて社会的紛争を引き起こす可能性もあります<sup>1)</sup>。

## 6. おわりに

この機関誌の発行頻度で、「最新」がどのくらいの期間をさすかは曖昧ですが、今回はごく最近 (2020 年後期) の報告を紹介しました。目にした報告には生物多様性、森林火災、欧州の乾燥被害、都市緑化、新型コロナ関連などがありました。時に応じてご紹介するつもりです。

### 【引用文献】

- 1) Johan A. Oldekop, et al. (2020) Forest-linked livelihoods in a globalized world, *Nature Plants*
- 2) Raphaël Hébert, et al. (2020) An

observation-based scaling model for climate sensitivity estimates and global projections to 2100, *Climate Dynamics*

- 3) Benjamin J. Seliger, et al. (2020) Widespread underfilling of the potential ranges of North American trees, *Journal of Biogeography*

- 4) Qianqian Ma, et al. (2020) Climate warming prolongs the time interval between leaf-out and flowering in temperate trees: Effects of chilling, forcing and photoperiod, *Journal of Ecology*

- 5) D. Zani, et al (2020) Increased growing-season productivity drives earlier autumn leaf senescence in temperate trees. *Science*

- 6) Christin Abel, et al. (2020) The human–environment nexus and vegetation–rainfall sensitivity in tropical drylands, *Nature Sustainability*

- 7) Peter Newton, et al. (2020) The Number and Spatial Distribution of Forest-Proximate People Globally, *One Earth*

- 8) Kate A. Brauman, et al. (2020) Global trends in nature’s contributions to people, *Proceedings of the National Academy of Sciences*

- 9) Reem Hajjar, et al. (2020) A global analysis of the social and environmental outcomes of community forests, *Nature Sustainability*

- 10) Brandt, et al. (2020) An unexpectedly large count of trees in the West African Sahara and Sahel, *Nature*

- 11) H. S. Grantham, et al. (2020) Anthropogenic modification of forests means only 40% of remaining forests have high ecosystem integrity, *Nature Communications*

- 12) Pedro Cardoso, et al. (2020) Automated Discovery of Relationships, Models, and Principles in Ecology, *Frontiers in Ecology and Evolution*

13) Jiawei Huang, et al. (2020) Walking through the forests of the future: using data-driven virtual reality to visualize forests under climate change, *Int. J. of Geographical Information Science*