

Forests frozen in time

化石の森

Kirk R. Johnson

かれこれ3億年以上も前に、地震のせいで1つの森が海面下に沈み、たちまち埋もれてしまった。短時間のうちに起こったこの出来事のおかげで、大昔に失われた生態系の姿を広大な空間スケールでとらえることができる。

Nature Vol.447 (786-787)/14 June 2007

植物の化石には大昔の生態系や気候について実に多くの情報が隠されているが、こうした情報の多くはなかなかうまく取り出せない。植物は生きていた最中にも死後も各部分分散するからである。しかも、器官がすべて見ついているわけではないため、絶滅した分類群の多くは記載報告がまだ十分になされていない。しかし、植物に根のついた状態であれば、植物がその場で土砂などに埋もれた可能性があり、移動可能な生物の場合には決して得られない空間や生態に関する情報が残されていることになる。

Geology 誌で DiMichele たち¹ は、大きな自然災害によって1つの森が埋もれるという、大昔の異例の出来事について報告している。米国イリノイ州バーミリオン郡にある炭鉱の坑道の天井で、森の化石が見つかったのである。DiMichele たちは、この炭鉱を調査して、石炭紀後期の1000ヘクタールを超える面積の森の植生を記録した。こうした綿密なデータをとったことで、DiMichele たちは、3億7000万年前の森について小規模と大規模の両方の空間パターンをマッピングして、生態的な傾度（連続的な変化のようす）を統計的に解明することができた。

植物体の各部分が地面に散らばって落ちると、土壌生物によってすみやかに回収・再利用され、数か月も経たないうちにこれらの生物の体を構成する成分になる。したがって、大昔の植物の化石が良好な保存状態で見つかるということは、土壌内で起こる分解過程を経ないで急速に埋没したことの直接的な証拠である。

このことから、植物の化石は陸上化石の中では時間平均が最も小さく、大昔の生態系や気候に関して高精度のデータを得る格好の手がかりとなる。急速な埋没はさまざまな経緯で起こりうる。今回のイリノイ州の森は海岸近くの沼地にあったが、局所的な地殻変動によって沈下し、植物体そのまま保存されるのに十分な速さで、林床が海水位まで下がった。この種の沈下の速度は測定がむずかしいが、DiMichele たち¹によれば、炭鉱内でみられる素晴らしい保存状態からみて、沈下には2カ月もかからなかったはずだという。

植物群落が短時間で埋もれて保存される、わかりやすいもう1つの事例として、火山噴火による降灰や泥流がある。実際、植物化石が見事な保存状態で見つかる化石産出場の多くは、化石生成に火山灰堆積がかかわっていたとみられている。例えば Wing たち² は、およそ7170万年前の白亜紀後期の草原を横断する、4キロメートルの長さのトランセクト（帯状に横断する標本地）について報告している。この草原の化石は、火山灰からなる2~4メートルの厚さのスラリー（微小な固体粒子が液体中に混じった泥状のもの）中に保存されていた。この例では、木本の植物群だけでなく草本の植物群も、もともとあった場所に根を張った状態で見つかった。Wing たちは、この植生を土壌に従ってマッピングし、水はけのよい場所ほど草本の被子植物がよく見られるが、沼地に近づくほどシダ類やソテツ類が多くなる傾向があることを明らかにした。

こうした「ポンペイ遺跡の植物版」には、放射性年代測定に適した媒質中に化石が保存されているという、おまけの利点がある。火山灰層は、サニディンもしくはジルコンの結晶を含むことが多い。これらの結晶は噴火の直前にマグマ溜りで形成され、サニディンは放射性カリウムを、ジルコンは放射性ウランを捕捉している。したがって火山灰層の植物化石群は、いかなれば「化石の時計」といっしょに埋もれているのである。年代測定技術の精度が上がるとともに、もともとあった場所で堆積した堆積物の年代の決定能も上がっている。質量分析機器や実験慣行が改良・向上してきたため、この2、3年の間にエラーバー（誤差を表示したバー）が短くなってきており、2シグマ統計水準での誤差は、0.5パーセントから0.1パーセントへとゆるやかに低下し、研究室によっては0.05パーセントかそれ未満になろうという例もある^{3,4}。

EARTHTIME^{5,6}は、研究室間の数値のばらつきを狭めることで得られた数値を統合したり、各種の年代測定法（特に、放射年代測定のウラン-鉛法とアルゴン-アルゴン法）の精度の違いを理解したりすることを目的とした国際プロジェクトである。この精度が上がるのと相まって、天文学的な時間スケールで2万2000年のミランコビッチ周期（地球の公転軌道の変動によって生じる）がとらえられるようになりつつある⁷。全体としてみれば、およそ1億4500万年前の白亜紀初めに起こった出来事の年代を、10万年単位や100万年単位どころか100年単位という高精度で直接測定できるようになるものと期待される。これで得られた200～300年の枠から次に、瞬間的な堆積を示す堆積学的な証拠によって、ある出来事の年代を2、3か月かそれ以内の期間までピンポイントで正確に絞り込むことができるだろう。

DiMichele たち¹は、見つけた森の化石がほとんど瞬間的に埋まったことや、保存状態が見事なこと、面積が広大であることを活かして、太古にあった1つの景観全体にさまざまな高木種がどのように分布していたかを統計的に解析した。石炭紀の降雨林を構成していた高木の主要分類群は、現在見られるような主要分類群とはまったく異なっていた。例えば、石炭紀の降雨林で最大級の高木だった小葉植物類は、木生シダや絶滅したシダ種子類、コルダボク類（針葉樹に近縁な絶滅種子植物）、有節類（現生のトクサに近縁な高木）といった森林下層の上に伸びていた（図1）。今回の解析によって、大昔に姿を消したこうした森林の生態が復元可能なこと、そして、景観スケールでの生態の勾



図1：沼地にて。DiMichele たち¹が今回報告した、米国イリノイ州バーミリオン郡の炭鉱にそっくり保存されていた森に似た、小葉植物類の森の復元図。これらの森の大木（ときには高さ40メートルを超えた）は、林床に日光が差し込んだことを示す、まばらな樹冠や光合成を行う樹皮といった特徴を備えていた。（絵はJ. VriesenとK. Johnsonによる。文化庁のデンバー支所から許可を得て転載。）

配から局所スケールでの森林の不均質性（多様性）を読み取れることがわかったのである。

植生が気候と動的平衡状態にあることを示す明快な証拠は得られており⁸、一部の気候変動は10年未満の時間スケールで起こりうるということが明らかになりつつある⁹。数時間から数か月の期間で埋もれた化石群が見つかっており、気候変動は数十年で起こり、地質年代の分解能は日ごとに向上している。こうした状況の中で、我々は「地質時代」という言葉の当てはまらない世界に足を踏み入れつつあり、また、急速に起こった出来事を実時間で解読するためのツールを作り上げようとしている。古生物学者と地質年代学者が新たに手を結ぶことで、数億年前に起こった出来事の変化の速度に対する考え方は大きく変わってしまうだろう。大昔に起こった出来事だからといって、起こるのに長い時間がかかったわけではないのだから。 ■

Kirk R. Johnson、デンバー自然科学博物館（米）

1. DiMichele, W. A., Falcon-Lang, H. J., Nelson, W. J., Elrick, S. D. & Ames, P. *R. Geology* **35**, 415-418 (2007).
2. Wing, S. L., Hickey, L. J. & Swisher, C. C. *Nature* **363**, 342-344 (1993).
3. Storey, M., Duncan, R. A. & Swisher, C. C. *Science* **316**, 587-589 (2007).
4. Furin, S. *et al. Geology* **34**, 1009-1012 (2006).
5. Kerr, R. A. *Science* **302**, 375 (2003).
6. www.earthtime.org
7. Kuiper, K. F., Wijbrans, J. R. & Hilgen, F. J. *Terra Nova* **17**, 385-398 (2005).
8. Webb, T. *Vegetatio* **67**, 75-91 (1986).
9. Alley, R. B. *Quat. Sci. Rev.* **19**, 213-226 (2000).