

熱帯二次林の林齢を特定する

市栄 智明
Ichie Tomoaki

1. 熱帯二次林とは

東南アジアの熱帯雨林は、生物多様性の宝庫であり地球環境にとって重要な生態系です。しかし、商業伐採や農地開発等の人為活動により、原生的な熱帯雨林は既にほとんど消滅し、残存する森林もその6割以上が二次林に姿を変えました（図1）。二次林とは、その土地に本来あった森林（原生林）が、台風や山火事、伐採等によって失われ、その後再生した森林のことを指します。筆者らが調査を行ったマレーシアのボルネオ島サラワク州でも、農地への転用や商業伐採のために森林の断片化や二次林化が進み、既に原生林は保護林等として残存しているにすぎません。農地転用後の放棄二次林は、焼畑による伐採・火入れ・農地利用された後に放棄され、自然に森林化した二次林です。今後、熱帯林の持つ高い炭素固定能や生物多様性といった生態系サービスを持続的に享受するためには、原生林だけでなく熱帯二次林の適切な評価や維持・管理方法の確立が求められます。



図1 広大に広がるマレーシアサラワク州の熱帯二次林

2. 情報の少ない熱帯二次林

現状、東南アジアの熱帯二次林に関する情報は乏しいと言わざるを得ません。その要因の1つとして、熱帯二次林がいつ形成されたのかを特定する技術が確立されていないことが挙げられます。森林の形成時期は通常、衛星画像を用いて判別する方法や樹木の木部に形成される年輪を数えて判別する方法等が用いられます。しかし、1年を通して高温多湿な熱



図2 伐採した樹木の幹の断面写真

(A)日本のスギの断面には年輪が見える (B)熱帯雨林気候下では樹木の多くが年輪を形成しない

帯雨林気候下の環境では、写り込む雲の影響で衛星画像から植生や裸地の判別をすることが困難な場合が多く、また樹木も1年中成長が可能で木部に年輪が形成されないか不明瞭なため（図2）、熱帯二次林の形成時期の正確な特定は困難とされてきまし

た。また、サラワク州では家族単位で小面積に焼畑を行うのが一般的だったため、放棄後の二次林も小面積で林齢が異なることが考えられます。古い衛星画像の解像度では、小面積の二次林の伐採履歴を特定することは至難の業です。

3. ^{14}C を用いた熱帯樹木の樹齢推定

農地利用後の放棄二次林の一般的な再生過程として、放棄直後の数年間は草本類が優占しますが、その後は強い光を好み、成長の早い陽樹（パイオニア樹種）が出現して二次林を形成していきます。陽樹の寿命は数十年から百年程度と考えられるため、サラワク州に広がる多くの農地放棄二次林は現在でも陽樹が優占していることが予想されます。そのため、同じような樹高の樹木が立ち並ぶ範囲の二次林の中で、いち早く育ってきたと考えられるサイズの大きな陽樹の樹齢を調べれば、二次林の形成時期が特定できるかもしれません。

筆者らは、年輪が不明瞭な二次林樹木の樹齢推定に、放射性炭素同位体 (^{14}C) 分析を用いることにしました。この分析は、1950年代～1963年にかけて起きた米ソ冷戦時代の気圏核実験によって大気中二酸化炭素の ^{14}C 濃度 ($\Delta^{14}\text{C}$) がそれまでの2倍に増加したことを利用しています¹⁾。1963年の部分的核実験禁止条約の締結後、大規模な気圏核実験は行われなくなったため、この核実験に由来する大気中の ^{14}C 濃度は生物圏への吸収（植物の光合成）あるいは海洋等への溶け込みを通じて年々希釈され、低下しています（図3）。樹木は光合成によって取り込んだ炭素を幹の成長に利用するため、その幹（木材）中に含まれる ^{14}C 濃度を測定すれば、その材の測定箇所がいつ形成されたのかを年単位で特定することができます。つまり、1963年以降は木材中の ^{14}C 濃度が低いほど、最近になって木部形成が行われたことを示します。

この手法による熱帯二次林の林齢特定の精度を検証するため、筆者らは過去の衛星画像を利用して、最後の伐採時期を6年以内の精度で特定できるマレーシアの二次林を29か所抽出しました（図4）²⁾。そして、実際にその場所に行き、20m×20mの調査用のプロットを各箇所を設置しました。各プロット内で胸高直径の最も大きな個体について、胸高位

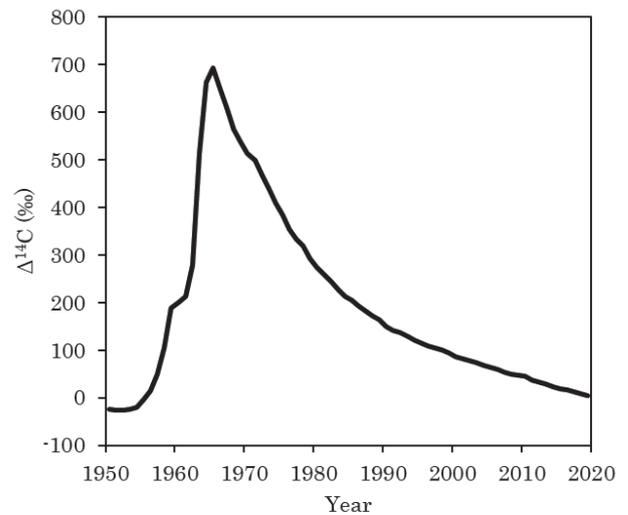


図3 大気中の CO_2 に含まれる ^{14}C の増加・減少曲線（世界平均）^{3,4)}

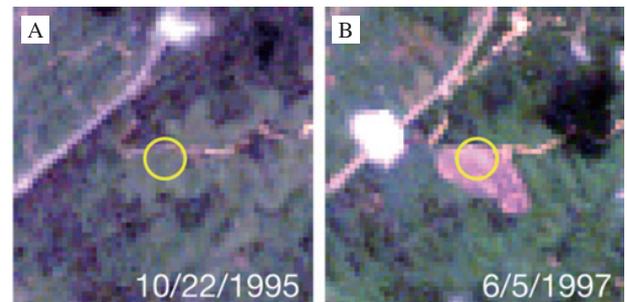


図4 衛星画像による攪乱前 (A) と攪乱後 (B) の様子

置から木材コアを採取し、木部の中心（髄）の ^{14}C 濃度から樹齢を推定しました。

4. 林齢の推定結果

衛星画像から推定した森林の最後の攪乱（伐採）時期と、木材コアの髄部分の ^{14}C 濃度から計算したプロット内で最大サイズの個体の樹齢との間には、有意な正の相関関係がありました（図5）。ただ、両者の間には5年程度のずれがあり、衛星画像から推定した森林の攪乱時期の方が古い年を示しました。これは、 ^{14}C 濃度を用いた方法が、森林の攪乱後に数年間焼畑等に利用され、放棄後に侵入した樹木が人間の胸の高さまで成長してからの時間（樹齢）を推定しているのに対し、衛星画像を用いた方法は森林の攪乱を受けた時期そのものを判断しているため、両者の間に5年程度のずれが出たと考えられます。つまり、 ^{14}C 濃度を用いて算出された樹齢に、

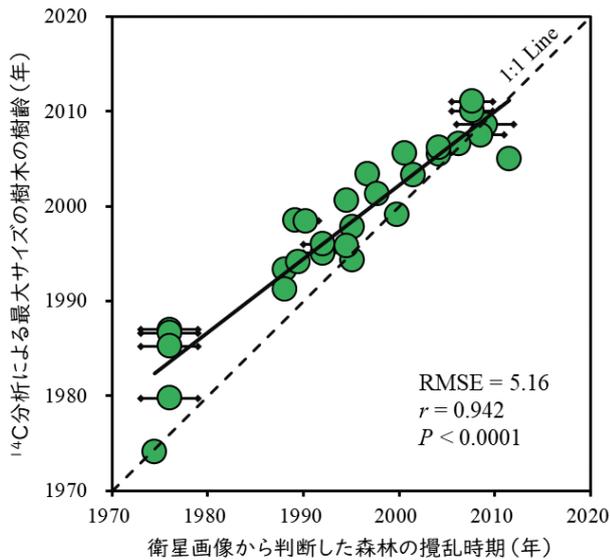


図5 衛星画像から判断した森林の攪乱時期と¹⁴C分析により推定した樹木の樹齢の関係

RMSEの値が両者の間のずれの年数を表す

5年を足すことで熱帯二次林の形成時期、つまり林齢が高精度に特定できることが分かりました。

5. ¹⁴Cを用いた熱帯樹木の資源利用

近年、東南アジア地域の熱帯二次林は急速にアブラヤシ農園等に転換されています。アブラヤシからとれるパームオイルは、インスタントラーメンや石鹼等の原料として既に我々の身の回りに溢れています。熱帯地域におけるアブラヤシ農園への更なる転換を止めることは困難かもしれませんが、保全すべ

き熱帯二次林とそうでない地域を区別することは可能でしょう。今回開発した方法を用いて、熱帯二次林の形成後の時間と炭素蓄積量や生物多様性との関係を調査することで、今後炭素蓄積や生物多様性の回復が期待できる熱帯二次林の特定や、それらの回復の鍵を握る環境条件等が明らかになることが期待されます。

また、木部に含まれる¹⁴C濃度は年輪が不明瞭な熱帯樹木の樹齢だけでなく、その成長量や成長速度の推定にも有用であることが、筆者らによる別の研究で明らかになっています⁵⁾。種子に含まれる¹⁴C濃度から、熱帯樹木の種子生産への資源利用戦略も解明されてきました⁶⁾。最近の熱帯地域の森林研究では、炭素・窒素安定同位体分析をはじめ様々な形で同位体手法が活用されています。これに、今回用いたような¹⁴C分析を組み合わせることで、時間軸も加味した熱帯林の機能や動態の解明が可能になると思われます。

参考文献

- 1) Hyodo, F., *et al.*, *Entomol. Sci.*, **18**, 295-312 (2015)
- 2) Ichie, T., *et al.*, *For. Ecol. Manage.*, **546**, 121346 (2023)
- 3) Hua, Q., *et al.*, *Radiocarbon*, **55**, 2059-2072 (2013)
- 4) Hua, Q., *et al.*, *Radiocarbon*, **64**, 723-745 (2022)
- 5) Ichie, T., *et al.*, *Methods. Ecol. Evol.*, **13**, 1135-1147 (2022)
- 6) Igarashi, S., *et al.*, *Oecologia*, <https://doi.org/10.1007/s00442-024-05527-w>

(高知大学農林海洋科学部)