

スゴイぞ!!日本の林業が炭素を蓄えるチカラ

東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻 熊谷 朝臣

1. 森林の温暖化抑制能力

森林は、大気中の二酸化炭素を光合成を通じて吸収し木材という形で貯蔵します。近年、森林の二酸化炭素吸収能力は、地球規模で大気中二酸化炭素濃度に大きな影響を及ぼし、地球温暖化の抑制に関して重大な役割を演じることが示されました。

林業を通じた森林造成や森林成長による炭素隔離(注1)は、地球温暖化抑制のための有力な手段として益々期待が高まっています。そのため、樹種ごと・地域ごとの森林成長特性と広域の土地利用変化に関する正確な情報が必要不可欠であり、この情報に基づいた森林炭素蓄積の未来予測が重大な意味を持つでしょう。さらには、予測計算結果から、木材を含めた森林による炭素隔離を最大化するような森林施業戦略を探索することもできるでしょう。

2. 森林炭素貯留量の推定法と、これまでの推定のとんでもない間違い

毎木調査(注2)の結果を基本として作られる森林簿(注3)の利用は、森林炭素貯留量の最も正確な推定法です。全国森林資源調査(NFI)は、

日本全国の森林における樹木の幹の体積(材積)を提供する森林簿で、次のように2種類のNFIがあります。

・p-NFI:過去の時点で行われた毎木調査結果に基づき作られた収穫表(注4)を用いて、その時々々の森林の状況を予測して作られた森林簿
・m-NFI:その時々々の毎木調査の結果から直接作られた森林簿(森林生態系多様性基礎調査(注5))

私たちのこれまでの研究(Egusa et al. 2020)により、p-NFIは、日本の森林総材積、ひいては、森林総炭素蓄積量の大変な過小評価を引き起こすことが証明されました。例えば、2020年の森林・林業白書で示されている日本の総森林材積は、p-NFIで算定されていて、52億立方メートルとされています。しかし、これらは明らかに過小評価で、真値と言え、m-NFIの58〜64%に過ぎず、実際の総森林材積は80億立方メートル弱に達すると考えられます。

森林総炭素蓄積量について、その値を見積もってみましょう。2012年のp-NFIによる総炭素蓄積量は17.5億トン(以下、全て炭素換算)

と見積もられますが、2011年のm-NFIは、26.96〜30.16億トンとなり、真値(m-NFI)はp-NFIの最大1.72倍となるのです。(図A)



森林炭素蓄積量(炭素換算)は、m-NFIで30.16億トンと推定され、これまでの推定値(p-NFI)の17.5億トンの1.72倍となりました。

3. 林業活動で森林は、どれくらい炭素を貯めることができるのか

そこで、私たちは、日本の代表的な工林樹木であるスギ・ヒノキ・マツ属・カラマツの4タイプを対象として、2009〜2013年に行われたm-NFIを用いて林齢―炭素蓄積量関数

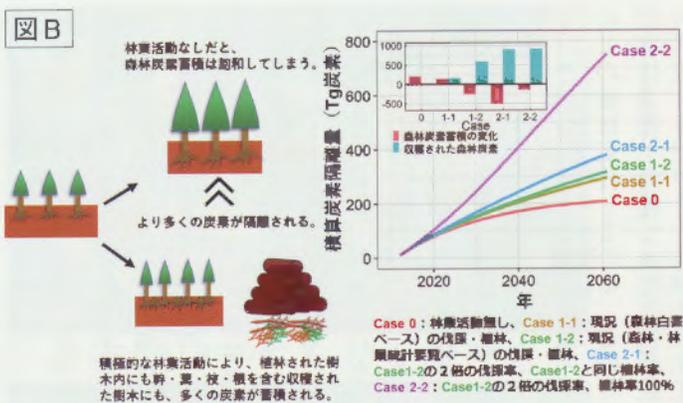
(注6)を作成しました。そして、この林齢―炭素蓄積量関数を用いて、過去の林齢別森林面積変化から過去の森林炭素蓄積量の経年変化を推定し、さらに、伐採・植林の仕方によって木材生産を含めた森林の炭素隔離能力がどう変わっていくのかを検討しました。

まず、4タイプ全てにおいて、これまで考えられてきた成長速度、過去の森林炭素蓄積よりも、この研究でm-NFIを用いた新規推定値が大きくなりました。

次に、伐採・植林シナリオによる未来の炭素隔離量を予測してみました。ここで、実際のところ日本では今、どの程度の伐採が行われ、どの程度の植林が行われているのかを確認しておきます。2016年の「森林・林業統計要覧」によれば、1.29%の面積で伐採が行われ、その内わずか36.8%しか植林されませんでした。さて、2061年時点の炭素隔離量予測値は、炭素貯留機能に関する樹木生産物の歩留まり率を100%とした上では、現状の2倍の伐採率、つまり、25%の面積の伐採に対して100%の植林率を仮定した場合が、伐採も植林もしないと仮定した場合の3〜4倍となりました(図B)。また、この大きな伐採率・植林率条件の炭素隔離量は、現状の伐採率・植林率条件の2〜3倍にも達しました(図B)。

4. これから

日本の人工林では、過去数十年に渡る不活発な林業のため、林齢が上昇を続けており、現在、50年生を超える森林が過半数を占めています。このような高齢条件下で、生産物の蓄積を除く人工林の炭素蓄積量は、これから林業を全く行わないと仮定した場合では近い将来飽和(図B・Case 0)、現状の林業を続けるならば漸減(図B・Case 1-2)することが予想されました。つまり、日本においては、人工林が将来にわたって大きな炭素吸収源と



左図 林業活動の有無による森林の炭素隔離の違い。樹木生産物による炭素蓄積が森林炭素隔離量を引き上げています。右図 シナリオ(Case)の違いによる、2061年時点での、日本全域のスギ・ヒノキ・マツ属・カラマツの総積算炭素隔離量の比較。現状の2倍の伐採率と伐採に対して100%の植林率を仮定した場合、圧倒的な森林炭素隔離量が実現されると予測されました。また、森林炭素蓄積だけを比較した場合でも、その仮定でも、現状の伐採率・植林率の場合より多くの炭素を蓄えていることがわかります(右図内小図)。

し、伐採時・伐採後に排出される炭素には注意が必要です。蓄積される炭素の中で枝・葉の扱いを、どうするのかは大事故な課題として残されています。伐採活動そのものの、運材、そして造材までの一般的な林業活動の各過程での炭素放出を見積もり考慮することは、人工林の炭素蓄積能力を正しく評価する上で必ず求められることです。

繰り返しになりますが、Case 2-2(図B)の結果は、積極的伐採・積極的植林には、森林自体に保持される炭素量を安定的に保ちながら、伐採木材としての莫大な炭素貯留

して機能することは難しいと考えられるのです。一方、積極的伐採、積極的植林で、人工林の炭素蓄積量は、一旦減少しますが、10年ほどで安定化、そして微増することが予想されました(図B・Case 2-2)。つまり、積極的植林を伴う積極的伐採は、現存する森林の保全という意味でも有効なのです。そして、さらに、伐採された樹木を木材製品のような形で長期保存しておくことができるなら、積極的植林・積極的伐採は、これに代わるものが無いほどの有効な森林炭素蓄積方法です(図B・Case 2-2)。ただ

私たちがの研究で一番主張したいことは、伐採木材分の炭素貯留量の歩留まり率を上げることを含みながら長寿命化することが地球温暖化抑制の切り札になりうる、ということなのです。まず、中高層木造建築物のための伐採木材製品は、この目的に適用と考えられます。今、世界的に最も注目されている技術は、木材だけでなくあらゆる枝・葉を含む森林伐採生産物を地中や水中に埋める、というものです。酸素の来ない場所に置かれた伐採生産物は分解されることなく、1万年スケールで、その姿をとどめることが分かっています。日本の潜在的な高い森林生産能力を考えれば、積極的林業活動と積極的木材製品の利用、利用できない・使用の終わった森林生産物を土中・水中で保管、

量を期待することができるといいます。その伐採木材分の炭素貯留量は、最大可能量であるので、大事なことは、伐採・植林の最適解を見つけないことと伐採木材の扱い方を考えることとなるでしょう。伐採木材製品による炭素貯留を考えるならば、木材需要の増加に伴うような伐採増・土地利用変化による炭素放出も正確に見積もらなければなりません。伐採木材製品を短期的に分解されるような形で使用することは、結果として大気中二酸化炭素の長期安定的な減少に繋がらないことに注意すべきです。

の組み合わせは、カーボンニュートラルのための最強戦略だと信じています。

(注1) 炭素隔離
大気中への二酸化炭素の放出を防ぐために、炭素を生物学的、もしくは地質学的な方法で安定的に貯留すること。

(注2) 毎木調査
森林の中に調査区画を設けて、その中の木を全て、または、何本か抜き出し、1本毎に高さ(樹高)や胸の高さの直径(胸高直径)などを測ること。

(注3) 森林簿
森林の位置、樹種、林齢、材積、成長量、保安林等制度の有無、森林評価等の情報が記載された台帳。

(注4) 収穫表
ある森林の区画において、樹種・土地の良し悪し(地位)から、木の本数、樹高、胸高直径、幹の体積(材積)等が森林の年齢(林齢)に対してどのように推移していくかを示した表。

(注5) 森林生態系多様性基礎調査
日本全域で4km間隔の格子点を考え、その交点が森林に位置する場合、そこを現地調査対象地とする標本調査。5年間隔で調査が行われており、各調査標本約1万5千点の調査点を持つ。調査項目は多岐に渡るが、重要項目は材積推定のための毎木調査である。

(注6) 林齢—炭素蓄積量関数
森林の年齢から面積当たり森林炭素蓄積量を算出する関数。

〈参考文献〉
Egusa, T., Kumagai, T. & Shiraiishi, N. (2020). Carbon stock in Japanese forests has been greatly underestimated. *Scientific Reports*, 10, 7895.

※「日本の森林の炭素貯留能力は本当はムチャクチャヤブかった」—東京大学農学部ホームページ(<https://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/topics/20200605-2.html>)で詳しく解説されています。

本研究の詳細については、下記の論文を参照ください。

Egusa, T., Nakahata, R., Neumann, M. & Kumagai, T. (2024). Carbon stock projection for four major forest plantation species in Japan. *Science of the Total Environment*, 927, 172241.

〈謝辞〉本研究は、科研費21H05316の助成を受けました。