

地球温暖化と森をめぐる 8つの質問



独立行政法人 森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute

森林総合研究所 第3期中期計画成果22（森林機能発揮－13）



は じ め に

地球温暖化が進んでいます。その一番の原因は、石油や石炭といった化石燃料を使うことにより、温室効果ガスを代表する二酸化炭素が大気中に増えていることにあります。それに対して、二酸化炭素を吸収する森林が注目されています。

この冊子は、地球温暖化と森林の関係や、今行われている対策について、質問と回答という形で分かりやすく解説しています。この冊子をきっかけに、美しく豊かな森林が、同時に地球温暖化を抑える役割があること、そのために世界が動いていることを知ってもらえればと思います。

(表紙写真)



地球温暖化による影響を受けることが予測されているブナ林 (写真①、Q2参照)。



カンボジアの常緑林



農地開発のための伐採跡地

このような熱帯林の減少は地球温暖化の原因になっています (Q8参照)。

(①松井哲哉氏、②、③大河内勇氏 撮影)



目次

- Q1 地球温暖化と森林にはどのような関係があるのですか？ …… 1～2
- Q2 地球温暖化は森林にどのような影響をもたらすのですか？ …… 3～4
- Q3 森林によって二酸化炭素吸収量は違うのですか？ …… 5～6
- Q4 森林はどれくらい二酸化炭素を貯めていますか？ …… 7
- Q5 京都議定書報告では森林の二酸化炭素吸収量はどう取り扱われたのですか？ … 8
- Q6 世界の森林の二酸化炭素吸収量・排出量はどのように測るのですか？ … 9
- Q7 地球温暖化に対してどのような対策が取られているのですか？ …… 10
- Q8 熱帯林を守る仕組みが作られていると聞きましたが、それは何ですか？ … 11
- 用語解説 …… 12





地球温暖化と森林にはどのような関係があるのですか？

森林は地球温暖化の影響を受けると同時に、地球温暖化に影響を与えるという関係があります。

森林の分布や成長は気温と降水量に大きく影響を受けます。温暖化に適応できない種類は、変化の適応した他の樹種や植物との競争に負け衰退していきます(Q2参照)。また、マツノマダラカミキリなど低温下ではあまり活発に活動しない病害虫等が気温上昇によって活動域を広げることや、温暖化に伴う集中豪雨により山地災害が頻発することが懸念されています(「温暖化から日本を守る適応への挑戦 2012」参照)。

では、森林はどのようにして地球温暖化に影響を与えるのでしょうか？ 地球温暖化の大きな原因の一つとして、大気中で熱を閉じ込めてしまう温室効果ガスの濃度が高くなることがあげられます。その温室効果ガスの中では、二酸化炭素(CO₂)が最も大きな影響をもたらします。森林は光合成により大気中のCO₂を吸収し、炭素として体内に長いあいだ貯えます。これにより、森林は大気中の炭素を減らし温暖化を抑える役目を持っているのです(Q3, 4参照)。

さて、大気中のCO₂濃度の増加の8割以上は、石油・石炭といった化石燃料の使用とセメント生産によるものです。これらは、地球の長い歴史の中で地中に貯えられた炭素を、CO₂の形で大気中に排出してしまいます。その次に大きな原因が、発展途上国での森林減少による排出です。木を切って、燃やしたり腐らせたりするとCO₂が排出されます。つまり、森林は温暖化を抑える役目を持っているものの、実際には途上国での森林減少という人間の行為により地球温暖化を加速させているのです。

森林から地球温暖化への影響

- 大気中の二酸化炭素濃度調整
 - 成長による吸収
 - 植林による吸収
 - 森林減少による排出
 - 森林劣化による排出



森林への地球温暖化の影響

- 気温上昇
- 降水量変化
 - 適地の移動・拡大・縮小
 - 成長量の変化
 - 気象害の増加
 - 病虫害の発生

地球温暖化と森林関係

では、森林についてどんな対策を行うべきでしょうか？ まず、発展途上国の森林減少を抑えることが大切です。そのため、REDD プラスという新しい仕組みが検討されています。これは、森林減少や劣化を防ぎ、CO₂ の排出を抑制すれば、資金が得られるという国際的な仕組みです(Q7, 8 参照)。また、すでに森林減少が進んだ国では、新たに森林を増やすことは大切であり、植林は重要な対策です。

日本を含めた先進国では森林減少は余り見られません。日本の森林の面積はこの半世紀変わらず、CO₂ を吸収し続けています。しかし、カナダでは虫害と火災により森林はCO₂ を排出しています。つまり、先進国ではCO₂ を吸収する状態を維持するよう、森林を適切に管理することが大切です。人工林が成熟期をむかえた日本では、伐採し若い森林に更新することが効果的です。

さらに、森林から生まれた木材を上手に利用することが重要です。炭素を貯えている木造住宅や木製家具を増やすことは、社会の中に炭素を貯えて大気中の炭素増加を抑えます。鉄やアルミなどの代わりに木材を使うことにより、製造時の大きな化石燃料の消費を抑えることができます。また、使い終わった木材を燃やしてエネルギーを生み出せば、温暖化の原因となる化石燃料を節約できます。

このように、持続可能な森林経営による森林のCO₂ の吸収と、木材利用によるCO₂ の排出削減の組合せが、温暖化対策として重要であることが分かります。



森林分野の緩和策

参考文献

松本光朗 (2014) 森林分野の CO₂ 吸排出量の将来予測と緩和策、研究気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト研究成果発表会講演集「地球温暖化の中で森林を活かす」

内閣府・文部科学省・厚生労働省・農林水産省・国土交通省・気象庁・環境省 (2012) 温暖化から日本を守る 適応への挑戦 2012



地球温暖化は森林にどのような影響をもたらすのですか？

温度や降水量で樹種の分布が決まり、森林のタイプが異なる事はよく知られています(Kira 1977)。そのため、温暖化は気温の上昇、降水量の変化、積雪量の減少などの気候条件の変化をまねき、長期的には、森林に生育する様々な樹種の分布が変化すると予想されます。そこで、統計学的な手法を用いて、森林の各樹種の生育可能な地域(潜在生育域)の変化を予測しました(田中ほか 2014)。

例えば、ブナは、北海道南西部から九州の山地上部(冷温帯)に分布します(表紙写真)。いろいろな将来気候シナリオで計算すると、ブナの潜在生育域は、現在約10万km²ですが、2081～2100年には、12万～2.7万km²に変化すると予測されます。温暖化に伴い、北海道の潜在生育域は拡大しますが、本州太平洋側から西日本ではほとんど消滅するので、この地域のブナ個体群は脆弱であると推定されます。

一方、九州から東北の温暖な地域(暖温帯)から常緑広葉樹林の北限まで分布する常緑広葉樹のアカガシは、冬期の気温によって分布が制限されることがわかっています。いろいろな将来気候シナリオで計算すると、アカガシの潜在生育域は現在の約15万km²に比べ、2081～2100年には、温暖化によって16万～17万km²に増加すると予測されます。しかし、実際には、樹木の移動速度は遅く、生育する自然林が都市・農地・人工林・水域で分断され移動できない場所も多いため、アカガシの分布拡大速度は温暖化に伴う潜在生育域の移動速度より遅いと考えられます。

高山帯で優占するハイマツの潜在生育域は、現在の5万km²に比べ、将来気候シナリオでは、500～8,500 km²に激減します。潜在生育域の消滅する東北地方では絶滅する可能性もあります。しかし、中部地方と北海道の高山帯には潜在生育域が多少残り、これらの地域はハイマツにとって温暖化からの逃げ場所(逃避地)となる可能性があります。

参考文献

田中 信行, 松井 哲哉 ほか(2014) 地球温暖化が日本を含む東アジアの自然植生に及ぼす影響の定量的評価. 茨城大学 地球変動適応科学研究機関(ICAS), 独立行政法人 国立環境研究所(編) 地球温暖化「日本への影響」—新たなシナリオに基づく総合的影響予測と適応策—, 7-8

(<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2014/20140317/20140317-3.pdf>)

Kira T. (1977). Forest vegetation of Japan. In: *Primary Productivity of Japanese Forests - Productivity of Terrestrial Communities* (eds. Shidei T & Kira T). University of Tokyo Press, Tokyo, pp. 1-9.

現在

地球の平均気温が
3.7℃上昇した場合

ブナ



アカガシ



ハイマツ



■ 潜在生育域

■ 不確実性を伴う潜在生育域

図 現在の気候と3.7℃上昇シナリオで予測したブナ、アカガシ、ハイマツの2081～2100年の潜在生育域

冷涼な地域を好むブナは、本州太平洋側や西日本で脆弱になります。

温暖な場所を好むアカガシについては、潜在生育域は全国に広がります。

寒い地域を好むハイマツについては、潜在生育域は本州では中部山岳域しか残りません。

Q3

森林によって二酸化炭素吸収量は違うのですか？

森林を構成する樹木は、光合成により、空気中の二酸化炭素(CO₂)を吸収していますが、その量は樹種により、森林タイプにより異なります。CO₂の量は、森林の純一次生産量として表すことができます。純一次生産量は、ある期間内に光合成で生産された葉や幹などの有機物量と同時期に枯死した有機物量を足し合わせて求めます。純一次生産量の単位は、1年間炭素トン/haで表されますが、CO₂と炭素の分子量の比(44/12)を掛けることでCO₂量に換算することができます(p12 用語解説 参照)。

世界の様々な森林タイプの純一次生産量をまとめた報告では、1年当たり0.4～16炭素トン/haの値を取り(Kloeppel et al 2007)、その量は気温、水分条件、光などの環境要因で大きく異なります。これはCO₂に換算すると1年で1.5～59 CO₂トン/haになります。下図は森林総合研究所が調査した試験地のデータを用いて、中央シベリアの北方カラマツ林から熱帯林まで、様々な森林での地上部の純一次生産量を比較したものです(佐藤ほか 2014)。一般に純一次生産量は高緯度ほど低く、赤道域にある熱帯林では高くなる傾向にあります。日本の森林でも、北海道の針葉樹林よりも西日本に分布する照葉樹林の方が高い純一次生産量を示します。また、純一次生産量は毎年同じ値ではなく、年により変動し、火災や台風などにより変動の幅が大きくなることが知られています。

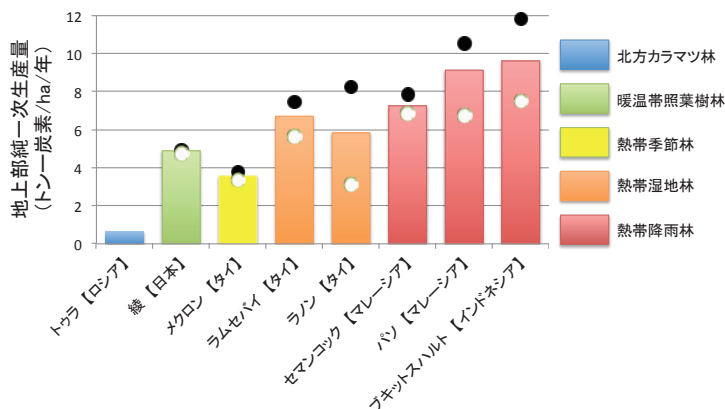


図 異なる森林タイプの地上部純一次生産量の比較

試験地の緯度は右に行くほど低くなり、赤道に近くなる。黒丸は最大値、白丸は最小値をそれぞれ表す



北方カラマツ林(ロシア)



暖温帯照葉樹林(日本)



熱帯季節林(タイ)



熱帯湿地林(タイ)



熱帯降雨林(マレーシア)

参考文献

Kloppel et al. (2007) Principal and Standards for Measuring Primary Production. Oxford University Press, 63-81

佐藤保ほか(2014) 森林総合研究所平成 26 年度版研究成果選集. 32-33

Q4

森林はどれくらい二酸化炭素を吸収しているのですか？

森林は光合成によって大気中の二酸化炭素(CO₂)を固定します。わが国の森林は1年間に0.7億トンのCO₂(炭素量換算で0.2億トン)を吸収しています。それに対し化石燃料等の使用で12億トンものCO₂を排出します(温室効果ガスインベントリオフィス 2014)。森林によるCO₂の吸収量は排出量に対して6%程度と少ないですが、森林は炭素を大量に長期間貯めておく様々な仕組みを持ち、大気中のCO₂を調整する機能を持っています。

森林では枯れた木をよく見かけますが、この枯死木も炭素の貯蔵の役割をしています。林床に堆積した落葉や落枝(リターとよぶ)も炭素を蓄える機能を持っています。さらに土壌にも多くの有機物が含まれています。森林を対象とした最近の調査から、全国の森林の枯死木、林床のリター、土壌(深さ 30 cm まで)に、それぞれ 1.1、1.2、17 億トンの炭素が存在することが明らかになっています(金子ほか 2013)。国際連合食糧農業機関(FAO)によれば、わが国の森林では生きている樹木全体(幹、枝葉、根を含む生体バイオマス)の炭素量が 15 億トンであることから、森林全体では、35 億トンもの炭素(CO₂ 換算で 128 億トン)が蓄積されています(図 1)。これは、年間排出量の 10 倍にも及びます。このうち、枯死木は分解されにくいいため、炭素を長い間蓄えておく働きがあります。土壌中の有機物は粘土粒子と結びついてさらに分解されにくくなり、炭素は数千年以上にわたり、土壌中に留まります(図 2)。このように森林は CO₂ を大量にかつ長期間蓄えておくことから、地球温暖化を防止するうえで重要な働きをしています。

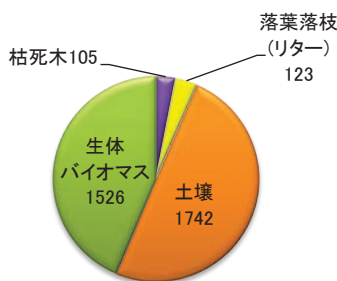


図1 日本の森林の炭素蓄積量
(単位:百万 炭素トン)



図2 土壌に貯えられた炭素
土壌の表層の黒い部分に多くの炭素が貯えられている

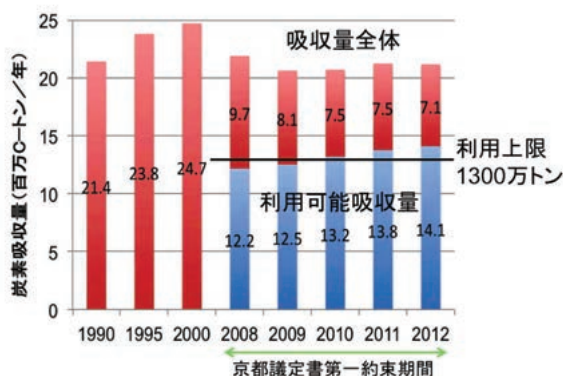
参考文献

温室効果ガスインベントリオフィス(2014) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書、2014年4月
金子真司ほか(2013) 森林総合研究所平成25年度成果選集、30-31

京都議定書は、先進国の温室効果ガスの排出削減目標の国際的な約束です。日本の京都議定書の温室効果ガス削減目標は、第一約束期間である2008～2012年において、基準年(1990年)と比較して6%削減というものでした。約束期間内には、リーマンショックによる不況や原子力発電所の停止に伴う火力発電の増加という予想外の出来事もありましたが、政府、産業界、国民が一体となった努力によりこの削減目標は達成されました。

この目標達成には森林の二酸化炭素(CO₂)吸収量が大きな役割を担いました。算定ルールでは、基準年以降に新たに作られた森林と、間伐などの森林施業がなされた森林に限り、その吸収量を目標達成に利用することができます。ただし、森林施業がなされた森林の吸収量は、基準年の排出量に対し年当たり1300万炭素トン*(基準年排出量の3.8%)が利用上限です。それを最大限確保するため、林野庁は間伐促進等の温暖化対策を進めました(図)。その結果、森林施業がなされた森林の割合とそれによる吸収量が毎年増加し、第一約束期間の平均で吸収量は1316万炭素トンとなり、上限に達することができました。

*炭素トンとCO₂トンとの関係はp.12を参照のこと。



各年の棒全体の高さは森林による吸収量全体を、青色部分は京都議定書の目標達成に利用可能な吸収量を表しています。約束期間の5年間の平均は年当たり1316万炭素トンと、利用上限値に達しました。

図 京都議定書第一約束期間(2008～2012年)での森林による炭素吸収量

参考文献

国立環境研究所地球環境研究センター温室効果ガスインベントリオフィス(GIO)(2014)
日本国温室効果ガスインベントリ報告書, 独立行政法人国立環境研究所。

森林は成長の過程において二酸化炭素(CO₂)を吸収し、樹体を形作るセルロースなどに炭素を蓄積して酸素を大気中に放出することから、森林のCO₂吸収量・排出量は、森林の炭素蓄積の変化としてとらえることができます。

地球規模での気候変動に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として設立された「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」では、森林炭素変化量を推定する方法の1つとして異なる年における森林炭素蓄積量を推定し、その差により変化量を推定する蓄積変化法が提唱されています。

衛星などのリモートセンシングによって森林タイプの区分ごとの面積を測定するとともに、地上計測やそれに代わる代替手段により森林タイプごとの単位面積当たりの炭素蓄積量を推定します(図)。得られた面積と単位面積当たりの炭素蓄積量を掛け合わせて森林全体の炭素蓄積量を求めます。そして、異なる年で求めた炭素蓄積量の差から森林炭素変化量を推定します。地上計測の代替手段として、現在森林総研では、航空機レーザーやデジタル空中写真、高分解能衛星を利用したリモートセンシングデータから、高精度の森林炭素蓄積を推測する技術の開発を進めています。

(森林全体の炭素蓄積量と森林炭素変化量の求め方)

森林タイプ1の面積当たりの炭素蓄積量 × 1の面積 = 森林タイプ1の炭素蓄積量
 森林タイプ2の面積当たりの炭素蓄積量 × 2の面積 = 森林タイプ2の炭素蓄積量
 ⋮
 森林タイプnの面積当たりの炭素蓄積量 × nの面積 = 森林タイプnの炭素蓄積量

(合 計) ある年の国レベルにおける森林全体の炭素蓄積量

森林炭素変化量 = ある年の森林全体の炭素蓄積量 - それ以前の年の森林全体の炭素蓄積量

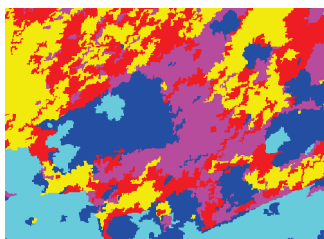


図 航空機レーザーと高分解能衛星画像を用いた森林炭素蓄積量の推定(カンボジアの例)
 高分解能衛星画像(左)で森林タイプ区分とその面積を求め、航空機レーザーによって求めた森林タイプごとの単位面積当たりの炭素蓄積量を掛け合わせて、森林炭素蓄積量マップ(右)を作成した。

参考文献

平田泰雅・鷹尾元・佐藤保・鳥山淳平 編 (2012) REDD-plus Cookbook. (独) 森林総合研究所 REDD 研究開発センター, 152pp

地球温暖化による私たちの社会や自然環境への影響を防ぐため、国際連合では「国連気候変動枠組条約」(略称 UNFCCC)を採択しました。また、温暖化対策について科学的な根拠に基づき検討するため、気候変動に関する政府間パネル(略称 IPCC)を設置しました。このように、UNFCCC が世界的な温暖化の政策を進め、IPCC がその科学的根拠や方向性を示すという役割で対策が進められています。

地球温暖化対策は、「緩和」と「適応」の二つの対策に大きく分けられます。「緩和」は、地球温暖化の進行を抑制するため、地球温暖化の原因である温室効果ガスの排出を削減したり、森林などの二酸化炭素(CO₂)の吸収源を拡大したりといった活動です。「京都議定書」は、地球温暖化緩和のための国際的な約束で、先進各国に温室効果ガス削減目標を課し、緩和活動の取り組みを促しています。また、発展途上国の森林の開発や火災が地球温暖化の大きな原因の一つになっていることが国際的な注目を集めています。そのため、緩和策の1つとして「途上国における森林減少・劣化に伴う排出の削減」(略称 REDD プラス)が議論されています(Q8 参照)。

一方、地球温暖化が社会へ強い影響を与えることを回避するために行う対策が「適応」策です。森林分野では温暖化がもたらす豪雨による山地災害や拡大する病虫害への対策、森林のモニタリングなどが進められています。また、生態系への影響(Q2 参照)に対しては、保護区の見直しも進められています。地球温暖化による影響やそれに対する適応策について、日本政府は平成 27 年度中に「適応計画」を策定する予定です。



適応策の1つとしてモニタリングを行っている北限域のブナ林

参考文献

内閣府・文部科学省・厚生労働省・農林水産省・国土交通省・気象庁・環境省(2012)温暖化から日本を守る 適応への挑戦 2012

(環境省ホームページ http://www.env.go.jp/earth/ondanka/pamph_tekiou/2012/)

Nakao K., Higa M., Tsuyama I., Matsui T., Horikawa M. & Tanaka N. (2013) Spatial conservation planning under climate change: Using species distribution modeling to assess priority for adaptive management of *Fagus crenata* in Japan. *Journal for Nature Conservation*, 21, 406-413

熱帯林を守る仕組みが作られていると聞きましたが、それは何ですか？

森林の伐採による減少・劣化による二酸化炭素(CO₂)の排出は、石油、石炭などの化石燃料の燃焼による排出の約1割にも達しています(IPCC 2014、図1)。それを防ぐ仕組みとして森林の炭素蓄積量を正確に把握し、森林を保全することによって炭素蓄積量を維持、増進する様々な努力に対し一定の経済的な価値を与え、それによって森林の減少・劣化を防ぐ活動を支援するという仕組み作りが進められています。この仕組みを「森林減少・劣化による温室効果ガス排出量の削減」と言い、英語の頭文字を取って「REDD(レッド)」と呼ばれています。さらに現在では森林減少・劣化だけでなく、保全や吸収量の増加も加えて「REDD プラス」と呼ばれるようになっていきます。

具体的には、ある国の森林からこれまでに排出されたCO₂の量を推計し、今のままの政策をとり続けた場合の将来の排出量を推定し、これを基準値(参照レベル)とします。一方、森林保全活動を行ったことによって削減された実際の排出量を算定し、この参照レベルと実際の値との差分(排出削減量)に応じて資金や炭素クレジットなどを付与することにより、森林保全対策の促進につなげようとするものです(図2)。

森林総合研究所ではREDD 研究開発センターを立上げ、REDD プラスのいち早い開始を支援しています。これまで、森林の炭素蓄積量を計測し推定する技術や手法を開発するとともに、それらを解説した技術解説書(REDD-plus Cookbook)を出版し、REDD プラス実施対象国をはじめ各国の関係機関、技術者などに提供してきました。



図1 違法に伐採され破壊が進む熱帯林

経済的の高い樹木を違法に伐採されることによって排出されるCO₂は、化石燃料の燃焼による排出の約1割にも達している。

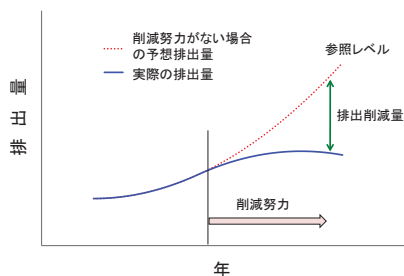


図2 REDDプラスにおける排出量削減の考え方

削減努力がなかった場合に予想される排出量を参照レベルとして、実際の排出量との差を排出削減量とみなす

参考文献

- 平田泰雅・鷹尾元・佐藤保・鳥山淳平 編 (2012) REDD-plus Cookbook. (独) 森林総合研究所 REDD 研究開発センター, 152pp
 気候変動に関する政府間パネル(IPCC) (2014) IPCC 第5次統合評価報告書

用語解説

REDD：「発展途上国における森林減少・劣化による温室効果ガス排出量の削減」を意味する略語です。**R**educing **E**missions From **D**eforestation and Forest **D**egradation in Developing Countries の頭文字を取って「REDD(レッド)」と呼ばれています。

REDD プラス：REDD に、さらに森林保全、持続的森林管理と森林炭素蓄積の増強といった活動もプラスしたものです。

IPCC：国連気候変動に関する政府間パネル(**I**ntergovernmental **P**anel on **C**limate **C**hange)の略称です。人為起源による気候変化に対し、科学的、技術的、社会経済学的な包括的評価を行うことを目的として、国連環境計画(UNEP)と世界気象機関(WMO)により 1988 年に設立された組織です。

UNFCCC：気候変動に関する国際連合枠組条約(**U**nited **N**ations **F**ramework **C**onvention on **C**limate **C**hange)の略称です。

森林の炭素吸収量：一般に、1 年間に 1 ヘクタールの森林が吸収する炭素の重さで表され、1 年当たりの炭素トン/ha という単位が使われます。二酸化炭素と炭素の分子量の比($44/12=3.67$)を掛けることで二酸化炭素量(CO₂)に換算することができます。たとえば、1 年当たりで、2.0 炭素トン/ha は 7.34 CO₂ トン/ha になります。

独立行政法人 森林総合研究所

〒 305-8687 茨城県つくば市松の里 1

編集・発行 国際連携推進拠点・温暖化対応推進拠点

発行日 2015（平成 27）年 1 月

お問い合わせ先 編集刊行係

電話 029-829-8135

e-mail : kanko@ffpri.affrc.go.jp

※本誌掲載内容の無断転載を禁じます。

本誌は再生紙を使用しています。

この冊子は、農林水産技術会議委託研究プロジェクト「森林及び林業分野における温暖化緩和技術の開発」、「高精度リモートセンシングによるアジア地域熱帯林計測技術の高度化」、林野庁森林吸収源インベントリ情報整備事業、同REDD推進体制緊急整備事業、環境省環境研究総合推進費温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究「地球温暖化が日本を含む東アジアの自然植生に及ぼす影響の定量的評価」、環境省地球環境保全試験研究費「温暖化適応策導出のための長期森林動態データを活用した東アジア森林生態系炭素収支観測ネットワークの構築」等による研究成果をもとに取りまとめたものである。

