



地球温暖化防止に果たす森林の役割

—— 北海道立林業試験場の取り組みの紹介 ——

北海道立林業試験場 副場長
浅井 達弘

1. はじめに

国民の森林に対する期待はこの 20～30 年間に大きく変わってきた。1980 年に総理府（現内閣府）が実施した世論調査において、「森林の働きに何を期待しますか」という質問に対して、2 番目に多かった「木材生産」という回答は、1999 年の同種調査では第 9 位に後退した。この間、「山崩れや洪水などの災害防止」と「水資源の涵養」は、ずっと第 1～3 位を占めてきたが、最近では「二酸化炭素吸収、地球温暖化防止」、「貴重な野生動植物の生息の場」等が新たに上位に並ぶようになってきた。特に、「二酸化炭素吸収、地球温暖化防止」は 1999 年調査（以後、同種調査は実施されていない）で第 3 位に入るなど、国民の森林に対する地球温暖化防止への期待は確実に高まっている。

一方、国際的には気候変動枠組条約の締約国会議において 1997 年に採択された「京都議定書」が、昨年 2 月に発効した。各国は定められた温室効果ガスの削減目標を達成しなければならない。日本の削減目標は、2008 年から 2012 年までの 5 年間の平均排出量を、基準年である 1990 年の排出量と比べて、少なくとも 6 % 削減するというものである。この 6 % のうちの 3.9 % に相当する 1,300 万炭素トン（上限値）については、「適切な森林経営」（人工林については間伐が中心になる）を実施することを条件に、森林による吸収量として算出することが認められている（マラケシュ合意：2001 年採択）。政府は、この 1,300 万炭素トンを確保するために、「森林吸収源 10 カ年対策」等を策定して、森林整備の推進等に取り組んでいるところである。

り組んでいるところである。

このような森林を取り巻く国内外の情勢を反映して、林業試験場においても数年前から地球温暖化防止や二酸化炭素吸収に関連した試験研究に取り組むようになってきた。ここでは、これらの取り組みの概要について、基本となる事項に説明を加えながら、道の取り組みをも一部交えて、紹介する。

2. 森林による二酸化炭素の吸収・貯蔵

道は 2004 年 6 月に、水土保持と生活環境保全、生態系保全、文化創造の 4 つの公益的機能に関する「森林機能評価基準」を作成・発行した。これは、いろいろな森林の機能の発揮状況を道民にわかりやすく説明し、道民の森林に対する理解を深め、道民との協働による森林づくりを進めることを目的とするものである。地球温暖化防止すなわち二酸化炭素の吸収・貯蔵機能は、この「森林機能評価基準」では生活環境保全機能の中に含まれている。

二酸化炭素の吸収・貯蔵は、植物が光合成により二酸化炭素と水を原料として植物体を形成し、維持することにより実現される。森林では、二酸化炭素の吸収機能は材積成長量、貯蔵機能は蓄積を基に評価が行われる。一般的に、森林では個々の樹木の胸高直径（地上から 1.3 m の位置の直径）と樹高を測定し、これらの値から幹の体積（材積）を算出する。評価対象の森林に存在する樹木の材積をすべて積算した値を蓄積と呼び、通常、1 ha 当たりの値に換算して用いられる。材積成長量は、同じ森林の年度を違えた 2 つの蓄積の差で表され、1 年当たりの値に

換算して用いられる。

図-1に、森林の蓄積と材積成長量の経年変化の傾向をトドマツ人工林の例で示した。蓄積は加齢に伴って増えていくが、材積成長量は比較的若い段階で最大になり、以後低下し続ける。カラマツやエゾマツ、スギ、広葉樹などの樹種や生育地の条件などによって蓄積や材積成長量が最大となる林齢や最大値は異なるが上述の傾向は変わらない。このことから、一般的に二酸化炭素吸収機能（材積成長量）については若齢林、貯蔵機能（蓄積）については壮齢林で最大となり、双方を同時に満たすことはできないことが分かっている。

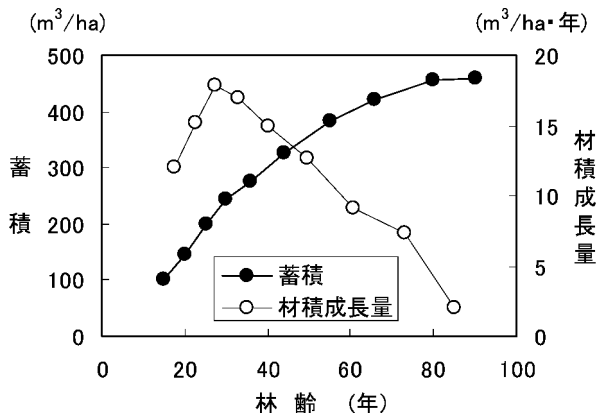


図-1 蓄積と材積成長量の経年変化の例

道の「森林機能評価基準」では、二酸化炭素の吸収・貯蔵量（機能）は材積成長量・蓄積にバイオマス係数と炭素含有率を乗じて算出することになっている。バイオマス係数は、容積密度（材積に対する乾燥重量の比）と拡大係数（幹重量に対する根や枝・葉などを含めた全重量の比）を掛けたものである。広葉樹では0.8443、針葉樹では0.5970を採用している。また、炭素含有率は木材の重量に対する炭素の割合で、0.50を採用している。例えば、林齢40年生のトドマツ人工林の材積成長量が15 m³/ha・年、蓄積が300 m³/haであったとすると、二酸化炭素の吸収量は $15 \times 0.5970 \times 0.5 = 4.5$ tC/ha・年、貯蔵量は同様にして89.6 tC/haと算出される。なお、tCは炭素トンである。

3. 森林バイオマスデータの収集

「はじめに」で述べたように、各国は気候変動枠組条約等の合意内容に沿って、森林による（二酸化）炭素吸収量等を計測、報告していく義務がある。「森林バイオマスデータの収集」は、炭素吸収量に関して、国際的に認知されるレベルの算定手法を開発・確立するための基礎となるデータを収集する林野庁（2003年以降は森林総合研究所）からの委託事業の一つである。具体的には、道の「森林機能評価基準」では簡便のため針葉樹として一括りにしたバイオマス係数を使用していたが、ここでは主要な造林樹種ごとに拡大係数や容積密度等を決定するために以下のような方法でデータを収集した。

北海道に対して指定された樹種（カラマツ、アカエゾマツ、トドマツ、広葉樹）の人工林に調査プロット（20 m×20 m）を設定し、その中から4本のサンプル木を選んだ。サンプル木を切り倒し、幹と枝、葉に切り分けてそれぞれの重さを量り、4本の胸高断面積（ $\pi D^2/4$ ： π は円周率、Dは胸高直径）の合計値と調査プロットに存在する全樹木の胸高断面積の合計値の比から、プロット全体の幹、枝、葉の量（乾燥重量）を推定した。当场では5年間で27プロットの幹、枝、葉の量を推定した。集計中の本年度を除く21プロットのデータを基に、図-2に、樹種別、林齢別の地上部拡大係数を示した。一般的に若齢のうちには幹に比べて枝や葉

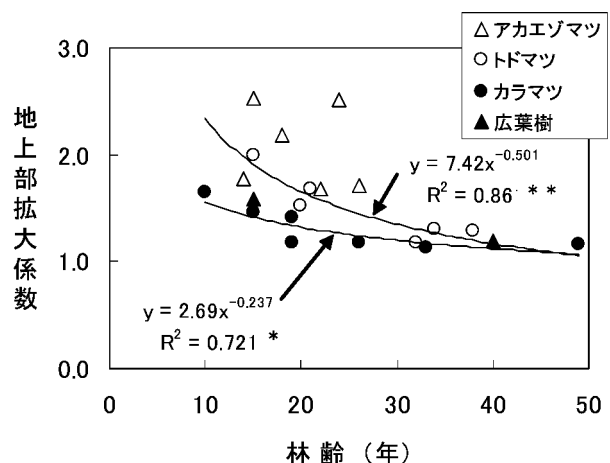


図-2 樹種別・林齢別の地上部拡大係数

図中の細線は、上方がトドマツ、下方がカラマツの回帰線を示す。また、*、**は、それぞれ5%、1%水準で回帰式が統計的に有意であることを示す。

の量が多く、拡大係数は大きい値をとるが、加齢に伴って小さくなる。このような傾向は、トドマツとカラマツには統計的な有意性が認められたが、アカエゾマツは枝葉量のばらつきが大きく、有意性は認められなかった。いずれにしても、調査プロットを増やしたり、関連文献を集めたりすることによってデータ数を増やし、樹種ごとに信頼度の高い拡大係数等を決定する必要がある。

4. 伐採後の炭素変化量調査

この調査も前章の「森林バイオマスデータの収集」と同じ委託事業の一つである。伐採（皆伐）とその後の植林が、土壌中の炭素量に与える影響を把握するための調査である。当場では伐採時の林齢が49年生のカラマツ林において、伐採の1年前から104地点で深さ別(0-5 cm、5-10 cm、10-30 cm)に容積100 mlの採土円筒を用いて土壌サンプル(312サンプル)を採取し、土壌の炭素含有率、細土容積重を基に炭素量の推定を行ってきた。

図-3に、深さ30 cmまでの土壌中の炭素量の変化を示した。この森林では伐採後においても、植林後においても土壌炭素量はほとんど変化しなかった。北海道は、本州などと比較して林地の傾斜が緩いことや生育期の降水量が少ないことなどから、伐採に伴う土壌の流亡は少ないと予想されたが、今回の結果はこの予想が正しいことを裏付けるものと言える。

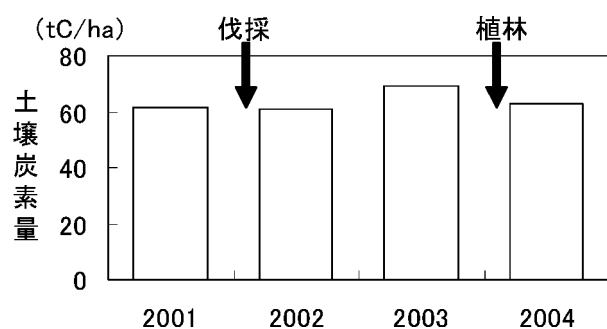


図-3 深さ30 cmまでの土壌炭素量の変化

5. メタン及び亜酸化窒素の吸収・排出量と施業影響の評価

前述の「マラケシュ合意」では、森林における温

室効果ガスの吸収・排出量に関して、二酸化炭素に加えて、新たにメタンと亜酸化窒素についても報告することが義務づけられた。しかし、森林におけるこれらのガスの吸収・排出量についてはデータが乏しく、人工林施業（作業）の影響も明らかでない。「メタン及び亜酸化窒素の吸収・排出量と施業影響の評価」は、農林水産省の公募研究で、森林総合研究所を中心に全国の5つの大学、8つの県林試などと共同で実施した。具体的には、日本の主要な森林や土壌において、メタンと亜酸化窒素の吸収・排出量を統一手法で測定するとともに、間伐や皆伐などの影響を明らかにするものである。

トドマツ人工林など5カ所の調査地の地表面に測定機器（密閉チャンバー）を1調査地につきそれぞれ5個設置し、毎月1回測定した。その結果（図-4）、メタンは大気から森林土壌に吸収されていること、河川沿いの湿性地（No.5）の吸収量は山地に比べて著しく小さいことなどが明らかになった。また、亜酸化窒素は夏季に少量の排出が認められた。

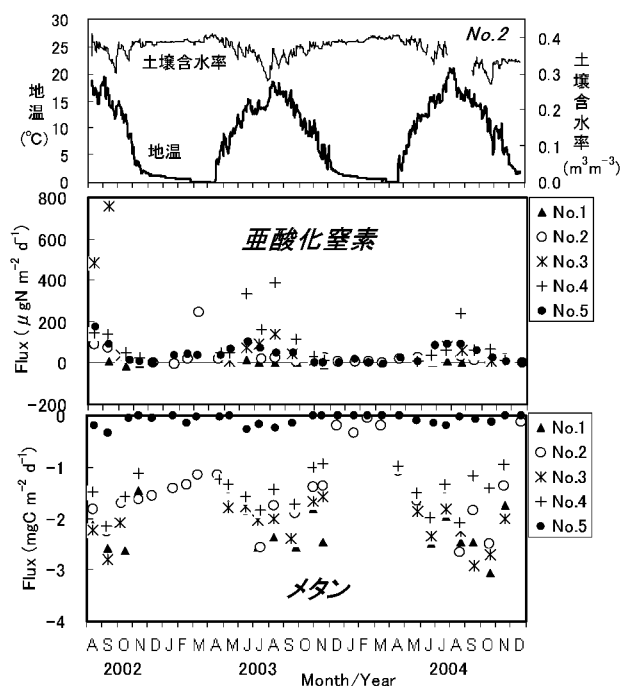


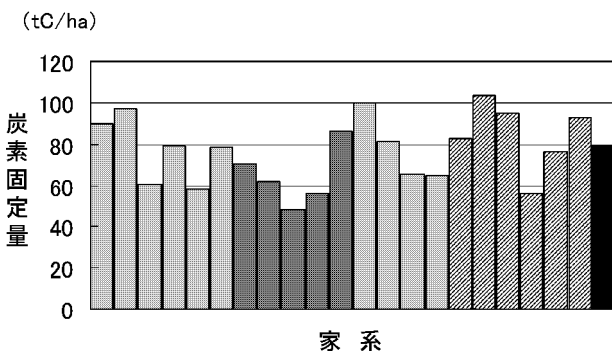
図-4 メタンと亜酸化窒素の吸収・排出量および土壌含水率と地温の推移

ガスの吸収・排出量は上向きのフラックスで表しているため、マイナスの値が吸収、プラスの値が排出を示す。土壌含水率と地温は調査地 No.2 での観測値を例として示した。

6. 二酸化炭素固定能の高いカラマツ類の品種開発

北海道独自の研究課題である。本道における地球温暖化防止策として森林における二酸化炭素吸収源の充実を図るため、二酸化炭素固定能の高い品種を明らかにすることを目的とする。

森林の炭素貯蔵能力を高めるには、幹の重さの半分は炭素であり重たい木ほど炭素を多く貯めることができること、また、成長の早い木は短期間に炭素を貯めることができることから、材が重く、かつ成長の早い新品種を開発する必要がある。一般に、春にできる早材は軽く、夏以降にできる晩材は重いことが分かっている。したがって、炭素をより多く貯蔵する新品種は、成長が良く、かつ晩材率が高いか、早材が重い木にあるということになる。北海道では、成長が早く、材の重いカラマツ類がこの条件を満たしている。当場の採種園や検定林の間伐木からサンプルをとって、林産試験場と共同で調査・選抜してきた結果、林齢30年生時のグイマツ雑種F₁(諸害に強く形質に優れたグイマツを母親、成長の良好なカラマツを父親とする雑種第一代)は、育種カラマツ(採種園産の種子から養成された成長の良いカラマツ)よりも約3割大きい103 tC/haの高い二酸化炭素固定能を示す家系が見つかった(図-5)。さらに、幸いなことにこの家系は曲がり小さく、材に強度があるなど、木材利用面でも優れた形質をもつことが分かった。このようなことから、二酸化炭素吸収能が高いと同時に優良材の生産が可能な、一石二鳥の品種が誕生する日も遠くないと考えている。



二酸化炭素の固定量はほぼ同じである。ただ、木材としての収穫量（生残木と間伐木の合計量）は、間伐林の方が無間伐林よりもずっと多くなる。これは、間伐林では枯死木がほとんど生じないのに対し、無間伐林では枯死木の量がかなり大きい値になるからである。枯死木はそのまま放置されるので二酸化炭素の発生源になる。これらのことをまとめると、間伐は、枯死木の発生を防ぐことにより、森林が吸収・固定した二酸化炭素を無駄なく利用する手段として、地球温暖化防止に貢献していると言える。間伐を積極的に進めることが重要である。

8. おわりに

林業試験場が取り組んできた地球温暖化防止や二酸化炭素吸収に関連した試験研究を中心にその概要について紹介した。これらの課題化された試験研究以外にも、これまでの研究成果を基に、二酸化炭素吸収と間伐施業の効果や天然林による二酸化炭素吸収などの検討例を2、3報告している。

第一約束期間（2008～2012）以後の地球温暖化防止対策については今後国際的に論議される問題であるが、森林の吸収量等については間伐の仕方の違い

による二酸化炭素吸収量の比較など、より詳細な検証が必要となることが示唆されている。精密なデータ収集と同時にモデル研究が益々重要になると考える。林業試験場で取り組むべき課題等に関して、読者の皆様のご意見・ご要望等をお待ちしています。

参考文献

- 明石信廣（2004）森林の二酸化炭素吸収と間伐施業の効果．光珠内季報 134：5-7
- 北海道（2004）森林機能評価基準．30 p
- 北海道林務部（1988）トドマツ人工林 間伐の手引き．103 p
- 北海道立林業試験場（2002-2005）北海道林業試験場年報 平成 13-16 年度
- 黒丸 亮（2005）儲かる林業への挑戦——グイマツ雑種 F₁ のブランドさし木苗による用材生産戦略——．北方林業 57：42-45
- 梅木 清（1995）北海道の天然林による炭酸ガス吸収．光珠内季報 100：15-17
- 梅木 清（2003）効率的な炭素吸収を実現する森林施業．林業技術シンポジウム 36：19-27