

## 樹木の成長と大気CO<sub>2</sub>濃度の上昇が 過去80年間の蒸散量に及ぼした影響を解明

森林防災研究領域:久保田 多余子  
木材加工・特性研究領域:香川 聡

東北支所:阿部 俊夫  
関西支所:細田 育広

**樹**木は成長のために大気中のCO<sub>2</sub>を取り込むのと同時に、根から吸い上げた水を蒸散することで、地球規模の炭素や水の循環に影響を与えています。日本では戦後に植林された壮齢な森林が増えており、このような森林が成長してきた年代は大気中のCO<sub>2</sub>濃度が急激に上昇した時期と重なります。しかし、これまで樹木の蒸散量が樹木の成長や気候変動の影響を受けてどのように変化してきたのか明らかではありませんでした。そこで、年輪の炭素安定同位体比を使った新しい方法により、過去80年間の蒸散量を推定しました。この結果、大気中のCO<sub>2</sub>濃度が上昇すると、樹木は水を効率良く使うようになる一方で、単木当たりの蒸散量は樹木の成長とともに増えていました。

### 成 果

#### 大気中のCO<sub>2</sub>濃度が上昇すると 樹木からの蒸散量が減る？

樹木は葉にある気孔を開いて光合成に必要なCO<sub>2</sub>を取り込みますが、その時、同時に水蒸気が出ていきます。これを蒸散と言います。大気中のCO<sub>2</sub>濃度が上昇すると、樹木は気孔をあまり開かなくても必要量のCO<sub>2</sub>を取り込むことができるようになるため、気孔から失われる蒸散量が減ると考えられています。それでは、大気中のCO<sub>2</sub>濃度が年々上昇すると、樹木からの蒸散量は年々減るのでしょうか？

#### ■ 樹木が水を利用する効率は上がっている

ある期間の樹木の成長量を、その成長のために利用した水量(=蒸散量)で割った値を水利用率といいます。樹木の場合、年輪のセルロースを抽出して炭素安定同位体比を分析することで、1年ごとに水利用率を計算することができます。山形県で採取した樹齢約100年のスギの年輪では、水利用率が大気中のCO<sub>2</sub>濃度の上昇とともに上がっていました(図1)。このことは、成長量が同じ場合に、その成長ために樹木が利用する水量は大気中のCO<sub>2</sub>濃度が上がるにつれて少なくなることを示しています。

#### ■ 蒸散量は樹木の成長とともに増える

樹木の1年ごとの成長量と水利用率を使って、過去約80年間の単木当たりの蒸散量を推定しました(図2)。調査したスギでは、年輪幅は年によって変動しますが、樹木の年間成長量は樹木の成長とともに増えていました。単木当たりの蒸散量は樹木が成長するにつれて増加し、樹齢約80年(1990年)頃からは一定となっていました。また、実際の蒸散量は、大気中のCO<sub>2</sub>濃度が1960年以降も上昇しなかったと仮定した場合に比べると少なくなっており、その減少幅は年々大きくなっていました。しかし、1960年以降も単木当たりの蒸

散量が年々減少するという傾向は見られませんでした。この結果から、大気中のCO<sub>2</sub>濃度の上昇は樹木の水利用効率を上げ、単位成長量当たりの蒸散量を年々減らすような影響を与えますが、樹木が年間に蒸散する水の総量は樹木の年間成長量の増加とともに増えていることが明らかになりました。この成果は、気候変動下における森林と水循環の関係を正しく理解し、水資源量の変化予測および将来の水資源の確保のために役立てられます。

### 研究資金と課題

本研究は、科研費(16K07796)「流域水収支法で推定した森林蒸発散量の同位体年輪年代学的解析を用いた検証」、環境省地球環境保全等試験研究費(農1942)「気候変動への適応に向けた森林の水循環機能の高度発揮のための観測網・予測手法の構築」、本研究所の実施課題「水循環・物質循環が関与する森林の機能の評価技術の開発」および基盤課題「森林水文モニタリング」による成果です。

### 文献および参照サイト

Kubota, T. et al. (2021) Effects of clear-cutting, meteorological, and physiological factors on evapotranspiration in the Kamabuchi experimental watershed in northern Japan. Hydrological Processes, 35:e14111. DOI: 10.1002/hyp.14111

### 専門用語

**炭素安定同位体比**: 同じ原子番号で質量数が異なるものを同位体といいます。炭素には質量数が12と13の安定同位体があり、その存在比を同位体比といいます。樹木のセルロースに含まれる炭素安定同位体比を調べることで、そのセルロースができる時に取り込んだCO<sub>2</sub>の量に対する蒸散量の割合が分かります。

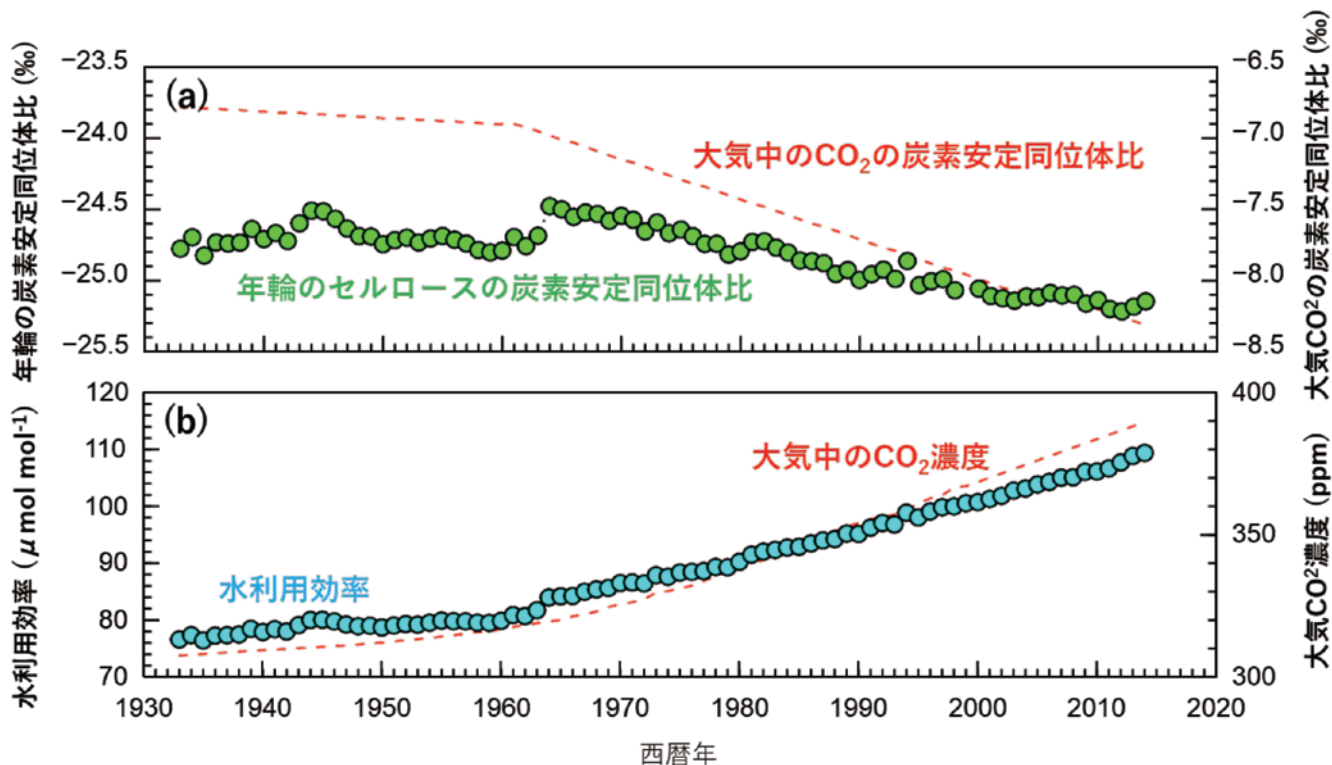


図1 山形県で採取したスギ(1915年頃植栽)の(a)年輪のセルロースと大気中のCO<sub>2</sub>の炭素安定同位体比、(b)水利用効率と大気中のCO<sub>2</sub>濃度。1960年頃に燃料が石炭から石油に切り替えられました。石油の炭素安定同位体比は石炭のそれよりも小さいため、石油由来のCO<sub>2</sub>の濃度が上昇するにつれて、大気中のCO<sub>2</sub>の炭素安定同位体比は下がり続けています。このCO<sub>2</sub>を利用している樹木の炭素安定同位体比も1965年頃から下がり続けていました。水利用効率はCO<sub>2</sub>濃度の上昇とよく似た傾向で上がり続けていました。

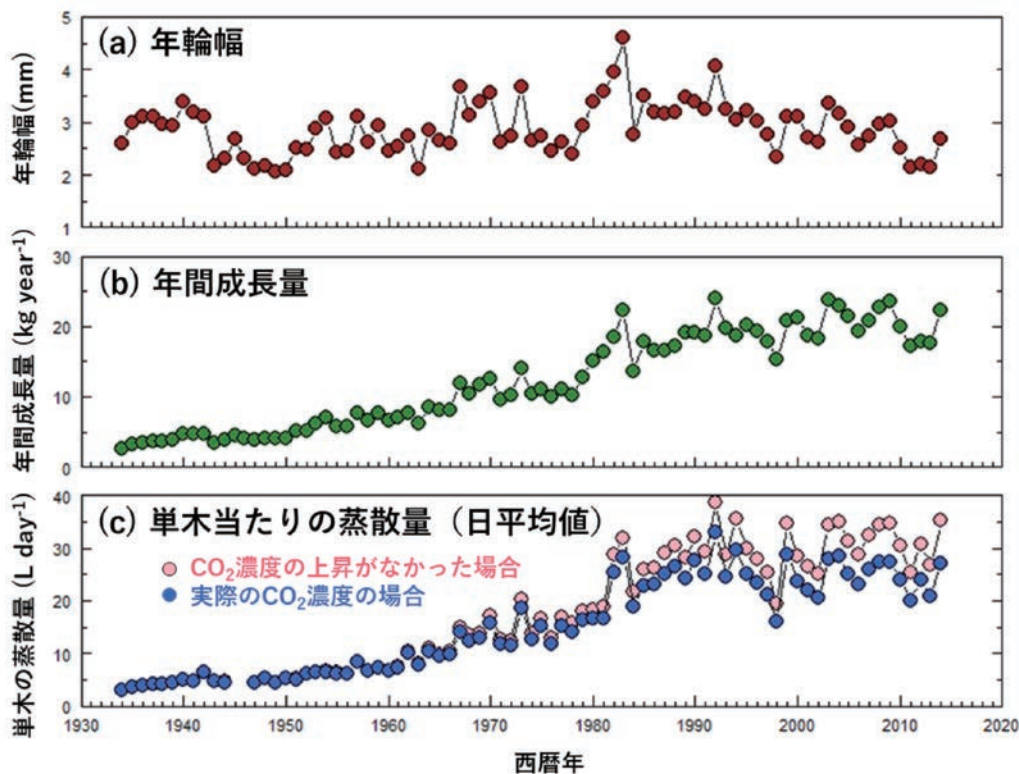


図2 山形県で採取したスギ(1915年頃植栽)の(a)年輪幅、(b)年間成長量(乾燥重量)、(c)単木当たりの蒸散量。樹木の年間成長量は年輪幅を足合わせて幹直径を推定した後、スギの幹直径と乾燥重量の関係式を用いて推定しました。単木当たりの蒸散量は年間成長量と水利用効率から計算して日平均値で示しました。年輪幅は大小の変動がありますが、年間成長量は増え続ける傾向がありました。単木当たりの蒸散量は樹木の成長とともに増え、実際のCO<sub>2</sub>濃度のもとでは、CO<sub>2</sub>濃度が上昇しなかったと仮定した場合よりも小さくなっていました。