



その9

# 私たちの生活の中にある木材は炭素の貯蔵庫

東京農工大学 加用 千裕

森林から得られる木材は、古くは薪や木炭として、現在は建築や家具の材料、紙の原料としても利用され、私たちにとって身近な資源である。近年は特に再生可能エネルギー源としても注目されている。持続可能な森林管理に基づいた木材の有効利用は、地球温暖化の緩和や持続可能な社会を目指す上で重要な役割を担う。特に温暖化対策としては、木材の樹木が成長過程で大気中から吸収固定した炭素を伐採後も建築物などへ長期間貯蔵し続ける効果（炭素貯蔵効果）が注目されている。さらに、木材よりも生産・加工などのライフサイクルにおける化石燃料消費量が大きい材料を木材へ代替することにより、化石燃料消費量を減らす効果（材料代替効果）や、化石燃料を木質バイオマスエネルギーへ代替することにより、化石燃料消費量を減らす効果（燃料代替効果）も期待でき、京都議定書やパリ協定といった国際的な取り組みでも重要視されている。本稿では、世界と日本の木材利用のこれまでの状況を概観した後、特に木材の炭素貯蔵効果を取り上げ、京都議定書やパリ協定での木材の役割や動向を紹介し、私たちの生活の中にある木材が炭素の貯蔵庫として機能していることをお伝えする。

## 世界の木材利用は半世紀で1.6倍に増加

まず、世界の木材利用のこれまでの変化を炭素量で見よう。図1は1961～2018年の世界の年間丸太利用量（炭素量）の推移を示している。2018年の世界の丸太利用量は約9億炭素トン（t-C）／年と推定され、過去57年間で約1.6倍に増加した。このうち、産業用丸太は主に製材、合板などの木質パネ、紙の原料のパルプ用チップなどに加工・利用されるが、その利用量はこの間2倍に増え、近年は特に中国の増大が著しい。1990年代前半の利用量の減少傾向は1991年のソビエト連邦崩壊、2009年の急激な減少は前年に起きたリーマンショックによる世界経済の悪化が影響している。一方、燃料用丸太は2018年に産業用丸太とほぼ同量が利用されている。ただし、これらの多くは近年先進国を中心に高性能技術とともに導入されているエネルギー利用ではなく、主に途上国における伝統的な薪炭利用である。

## 日本の木材利用は近年増加傾向

次に、日本の木材利用の状況を見てみよう。

図2は1955～2017年の日本の年間木材利用量の推移を炭素量で示している。戦後の復興とその後の高度経済成長によって利用量は大きく増え、1973年に過去最高の約0.28億t-C／年を記録した。その後、第一次オイルショックを契機に減少と増加を繰り返し、1990年代中頃まで0.25億t-C／年前後で推移した。1997年の消費税増税前のピークを最後に減少傾向に転じ、特に、2009年は前年に起こったリーマンショックの影響によって約0.15億t-C／年まで大幅に減少した。しかし、その後は徐々に増加傾向にあり、2017年には約0.19億t-C／年まで回復している。用途ごとに見ると、製材用材の約8割は建築用で、特に木造住宅の需要に大きく影響を受ける。利用量は1973年にピークに達した後、木造住宅着工数とともに減少し、2009年に過去最低となった。その後もピーク時の4割程度で推移している。合板用材も製材用材と同様に主に木造住宅の動向に影響される。パルプ・チップ用材は、紙・板紙の需要に大きく依存し、1990年代前半まで急成長を遂げた。しかし、1995年にピークを迎えた後は減少傾向が続き、2009年には大幅に減

少した。その後はほぼ横ばいで推移している。燃料材は1960年代まで薪や木炭などの燃料形態でエネルギー源として多用されていた。その後の化石燃料の台頭によってほとんど利用されなくなっていたが、近年は再生可能エネルギーへの注目を背景に木質バイオマスエネルギーとして再び利用量が増加している。現在は発電や熱供給用のチップ、ペレット、薪、炭などとして利用されている。

### 京都議定書からパリ協定へ

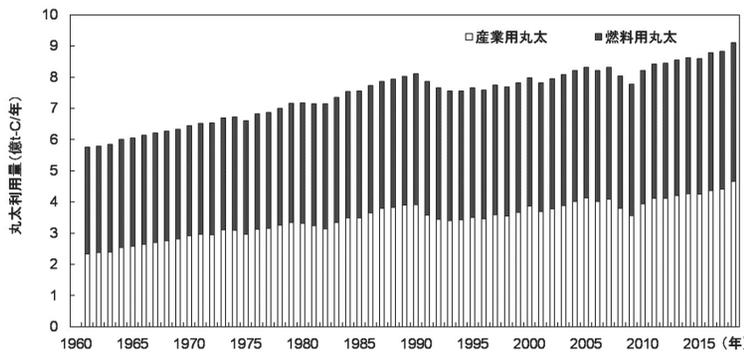
京都議定書は、1997年に京都で開催された第3回国連気候変動枠組条約締約国会議（COP3）で採択された議定書であり、先進国の二酸化炭素などの温室効果ガスの削減目標を定めている。この議定書では、削減目標を達成するために、森林の二酸化炭素吸収量を活用することも認めている。2008～2012年の第一約束期間には、森林から伐採・搬出された木材（伐採木材製品・HWP）に貯蔵されている炭素は搬出時点で大気中に排出されると見なすこととなり、建築物などに長期間利用されていてもその炭素貯蔵量の変化は評価しない決まりであった。しかし、2013～2020年の第二約束期間には、HWPの炭素貯蔵量の年変化を各国の温室効果ガスインベントリ報告に計上することとなった。

ここで問題になるのがHWPの貿易上の取り扱いである。HWPは輸出入によって国間を移動するため、輸出入材をどこの国のHWPとして計上するかが問題となる。そのため、蓄積変

化法、大気フロー法、生産法など、HWPの貿易上の取り扱いが異なる複数の評価アプローチが過去20年以上にわたって提案・議論されてきた。例えば、蓄積変化法は自国で利用されるHWPを対象とするアプローチで、自国内で生産・利用されるHWPに加えて、他国から輸入されるHWPは対象となるが、他国へ輸出されるHWPは対象とならない（文献1）。一方、生産法は自国の森林から生産されたHWPを対象とするもので、輸出されるHWPは対象となる一方、輸入されるHWPは対象外となる（文献1）。各国の貿易状況は異なるため、どのアプローチを用いるかによって有利あるいは不利になる国が出てくる。例えば、輸入材に依存しながら木材利用量を増やしている国は蓄積変化法が有利になり、木材生産量や輸出量が増えている国は生産法が有利になる。このような問題に関して国際

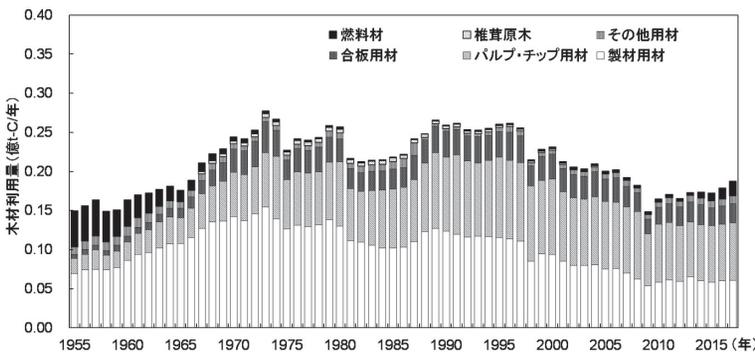
化法、大気フロー法、生産法など、HWPの貿易上の取り扱いが異なる複数の評価アプローチが過去20年以上にわたって提案・議論されてきた。例えば、蓄積変化法は自国で利用されるHWPを対象とするアプローチで、自国内で生産・利用されるHWPに加えて、他国から輸入されるHWPは対象となるが、他国へ輸出されるHWPは対象とならない（文献1）。一方、生産法は自国の森林から生産されたHWPを対象とするもので、輸出されるHWPは対象となる一方、輸入されるHWPは対象外となる（文献1）。各国の貿易状況は異なるため、どのアプローチを用いるかによって有利あるいは不利になる国が出てくる。例えば、輸入材に依存しながら木材利用量を増やしている国は蓄積変化法が有利になり、木材生産量や輸出量が増えている国は生産法が有利になる。このような問題に関して国際

図1 世界の年間丸太利用量（炭素量）の推移



出典：国連食糧農業機関（FAO）「FAOSTAT」の丸太消費量（ $m^3$ /年）、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の炭素換算係数（ $0.229t-C/m^3$ ）（文献3）に基づき著者作成

図2 日本の年間木材利用量（炭素量）の推移

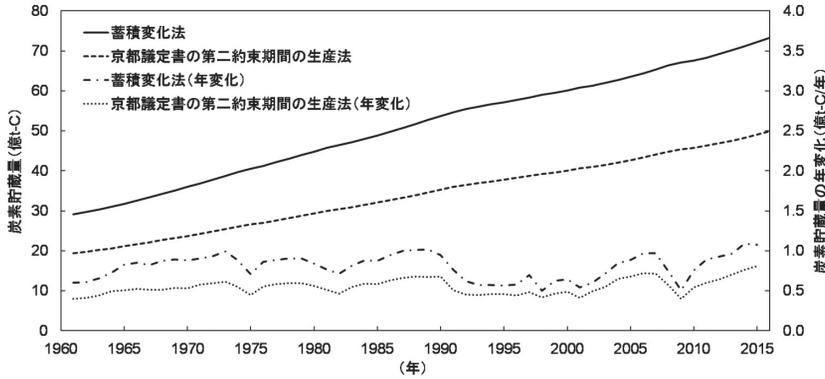


出典：林野庁「木材需給表」の木材需要量（ $m^3$ /年）、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の炭素換算係数（ $0.229t-C/m^3$ ）（文献3）に基づき著者作成

的に様々な議論がなされたが、2011年のCOP17にて、京都議定書の第二約束期間には生産法が採用されることとなった（文献2）。この第二約束期間の生産法では、対象となるHWPは製材、木質パネル（合板・木質ボード）、紙・板紙に限定され、自国の森林から伐採された丸太のうち他国のHWPの生産のために輸出された丸太はどこの国にも計上されない、木材の材積から炭素量へ換算する係数に蓄積変化法（前述）よりも小さい値が用いられているなどの特徴がある（文献3）。

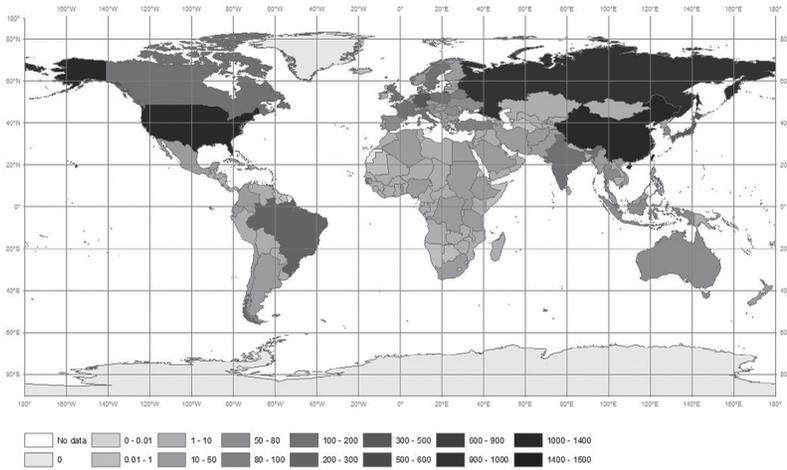
京都議定書後の国際条約であるパリ協定は、2015年にパリで開催されたCOP21で採択

図3 世界のHWPの炭素貯蔵量と年変化の推移



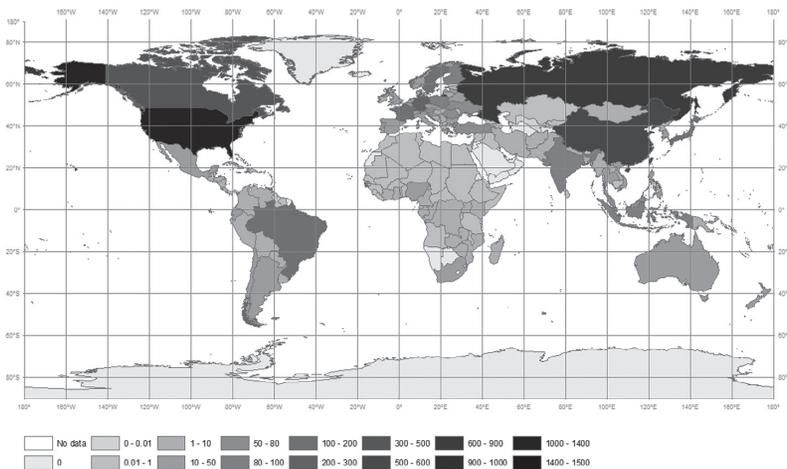
出典：(文献5)に基づき著者作成

図4 蓄積変化法による2016年のHWPの炭素貯蔵量の各国分布 (単位:百万t-C)



出典：(文献5)

図5 京都議定書の第二約束期間の生産法による2016年のHWPの炭素貯蔵量の各国分布 (単位:百万t-C)



出典：(文献5)

され、温室効果ガスの大幅削減に全世界が取り組む2020年以降の新たな枠組みである。このパリ協定においても、HWPにどのアプローチを採用するかが問題となった。2018年のCOP24にて、国ごとの事情に配慮し、各国が自由にアプローチを選択できることとなった。しかし同時に、HWPの炭素貯蔵量が世界全体で過大・過小評価されることを避けるために、京都議定書の第二約束期間に採用された生産法を共通アプローチとし、その数値を各国のインベントリ報告に補足情報として示すことも決まった(文献4)。

### 木材は炭素の貯蔵庫

では、世界にHWPの炭素貯蔵量はどのくらいあるのだろうか。図3は1961〜2016年の世界のHWPの炭素貯蔵量とその年変化の推移を示している(文献5)。各国内で利用されるHWPを対象とする蓄積変化法(前述)では、2016年の炭素貯蔵量は世界全体で約73億t-Cと推定されている。1961年以降増加し続け、過去55年間で2.5倍の大きさになった。また、炭素貯蔵量の年変化は2015〜2016年が約1.1億t-C/年で最も大

きかった。これは、前述した世界の年間丸太利用量(図1)の約12%に相当する炭素が貯蔵量として増加したことになる。また、世界の森林減少などの土地利用変化による年間炭素排出量(文献6)の約9%、森林を含む陸域生態系の年間炭素吸収量(文献6)の約4%に相当し、地球上の炭素循環に影響を及ぼす大きさである。国ごとにも見てみよう。図4は蓄積変化法による2016年のHWPの炭素貯蔵量の各国分布を示している。また、表1は2016年の炭素貯蔵量の上位10カ国を示している。炭素貯蔵量は大きい順に、アメリカ、中国、ロシア、日本、

ドイツとなった。炭素貯蔵量の年変化(2015～2016年)は大きい順に、中国、アメリカ、トルコ、ブラジル、カナダとなり、中国が特に大きく世界全体の年変化の7割近くを占めていた。また、国土面積当たりの炭素貯蔵量はシンガポール、バルバドス、ベルギー、ルクセンブルグ、マルタが大きい。これらの国々は人口密度が高いという特徴がある。人口当たりの炭素貯蔵量はスウェーデン、ラトビア、ベラルーシ、エストニア、フィンランドといった国々が大きく、いずれも欧州諸国であった。炭素貯蔵量の総量が大きいアメリカや中国は国土面積あるいは人口当たりの炭素貯蔵量では上位国になっていない。日本は炭素貯蔵量の総量が世界第4位、国土面積当たりの炭素貯蔵量が世界第7位であり、木材によ

表1 蓄積変化法による2016年のHWPの炭素貯蔵量の上位10カ国

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
炭素貯蔵量 (百万t-C)	アメリカ 1405.63	中国 1083.82	ロシア 919.91	日本 396.00	ドイツ 320.51	ブラジル 220.95	カナダ 196.96	フランス 150.68	イギリス 149.81	スウェーデン 138.79
炭素貯蔵量の年変化 (百万t-C/年)	中国 72.22	アメリカ 7.16	トルコ 3.31	ブラジル 2.74	カナダ 2.58	ポーランド 2.10	ドイツ 2.07	インド 1.73	スウェーデン 1.60	ベトナム 1.58
国土面積当たり炭素貯蔵量 (t-C/ha)	シンガポール 103.83	バルバドス 12.23	ベルギー 11.95	ルクセンブルグ 11.76	マルタ 11.01	オランダ 10.79	日本 10.48	バーレーン 10.23	ドイツ 8.96	韓国 7.76
人口当たり炭素貯蔵量 (t-C/人)	スウェーデン 14.11	ラトビア 10.77	ベラルーシ 8.68	エストニア 8.57	フィンランド 8.11	スロベニア 7.03	ロシア 6.39	オーストリア 5.87	デンマーク 5.80	ノルウェー 5.47

出典：(文献5)に基づき著者作成

る炭素貯蔵庫として世界の中で重要な役割を果たしている。

パリ協定以降も世界共通のアプローチとなる京都議定書の第二約束期間の生産法(前述)についても見ておこう。2016年の世界全体の炭素貯蔵量(図3)は約50億t-C、2015～2016年の炭素貯蔵量の年変化は約0.8億t-C/年となり、蓄積変化法の7割にとどまった。生産法は自国の森林から生産されたHWPを対象とするのに対して、蓄積変化法は自国で利用されたHWPを対象とするため、二つのアプローチの炭素貯蔵量が国レベルで異なることは不思議ではないが、世界全体では一致するはずである。しかし実際には、前述した通り、この二つのアプローチは対象となるHWP、輸出丸太の取り扱い、炭素換算係数などが異なり、世界合計は一致しない。京都議定書の第二約束期間の生産法は、蓄積変化法よりも炭素貯蔵量が小さく評価され、パリ協定以降もこの生産法を用いると、HWPの炭素貯蔵量は世界全体で保守的に見積もられるだろう。

国ごとにも見てみよう。図5は京都議定書の第二約束期間の生産法による2016年のHWPの炭素貯蔵量の各国分布を示している。全体の87%の国々で蓄積変化法よりも生産法の炭素貯蔵量の方が小さかった。2016年の炭素貯蔵量は大きい順に、アメリカで約10.4億t-C、ロシアで約6.8億t-C、中国で約5.1億t-C、カナダで約4.1億t-C、ドイツで約2.1億t-Cとなった。日本は世界第6位の約1.9億t-Cであり、生産法でも炭

素貯蔵量の大きい国のひとつである。

### 木材利用による有効な温暖化対策に向けて

本稿では、木材利用による炭素貯蔵効果を主に取り上げたが、これを温暖化対策として有効なものにしていくためには、木材の供給源である森林の持続的管理との連携が不可欠である。

木材利用を促進し人間社会における炭素貯蔵量を増やしても、それが森林減少を引き起こし森林自体の炭素貯蔵量を減らしてしまつては逆効果である。持続的管理が行われている森林から木材を生産し、その後は再植林を行い、森林による炭素貯蔵量を維持あるいは増加させていくことが必須である。また、木材は材料代替や燃料代替によって化石燃料の消費を減らすことができるため、炭素貯蔵の機能以上に温室効果ガス排出削減のポテンシャルが期待できる。生産・加工時の化石燃料消費量が大きい他材料を転換しながら木材利用を推進し、木材の生産・加工・使用後に発生する林地残材、加工残材、使用済み廃木材などを有効に再利用するなど、化石燃料依存から脱却する方策を総合的に進めていくことが大切である。

引用文献

- 1 IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.
- 2 UNFCCC, FCCC/KP/CMP/2011/10/Add.1, 2012.
- 3 IPCC, 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol, 2014.
- 4 UNFCCC, FCCC/PA/CMA/2018/3/Add.2, 2019.
- 5 須銘秋桜子、篠田悠心、加用千裕、世界各国における伐採木材製品の炭素貯蔵量、木材学会誌、66(2)、76-86、2020。
- 6 Le Queré et al. Global Carbon Budget 2017, Earth Syst. Sci. Data, 10, 405-448, 2018.