

報告書

カーボンニュートラルに貢献する木材資源リサイクル
～サーマル利用における CO₂削減効果について～

認定 NPO 法人全国木材資源リサイクル協会連合会
カーボンニュートラルワーキンググループ

(2023 年 3 月)

要 旨

I. ワーキンググループ設置の目的

全国木材資源リサイクル協会連合会（以下：全木リ連）は、主に建設系廃木材（以下：建廃）のリサイクルを通して、木質バイオマス発電の燃料供給に係っている。しかるに、欧州における木質バイオマスのサーマル利用への厳しい評価もある。そこで、2050年のカーボンニュートラルを踏まえ、団体としてCO₂削減効果などの論理的根拠を明確化することで環境貢献の道筋を明らかにするため「カーボンニュートラルワーキンググループ（WG）」を設置した。

II. 木材資源リサイクルの歩みと現状

従来、建廃の多くは利用されず処分されていたが、建設リサイクル法による再資源化率の上昇、RPS法による燃料としての活用が始まり、現在の利用に繋がっている。建廃は生木と比べて水分率が低く発熱量が高い。全木リ連は240社の会員がいるが、会員で建廃の概ね70～80%のシェアがある。その利用先は、マテリアル24%、サーマル68%であり、サーマル利用の環境貢献を明らかにすることは重要なテーマである。

III. サーマル利用に関連した我が国や海外の動向

我が国の計画や白書等によると、木材に関して、マテリアル利用においては二酸化炭素の長期的貯蔵機能、サーマル利用においては森林の二酸化炭素の吸収・貯蔵機能をもとにした化石燃料の代替機能を果たしていると報告されている。この機能を確保するために森林資源の循環利用を維持することが大切であり、建廃のサーマル利用は、マテリアル利用とともにこの維持の役割を担うものである。また、海外においては、国連の気候変動枠組み条約における森林吸収量の考え方は継続している。そして、欧州のJRC論文でも建廃の利用における否定的な評価は確認されていない。

IV. カーボンニュートラルのための、建廃のサーマル利用の検討課題

カーボンニュートラルに貢献するためにはWGの議論の中で示された「2050年頃までの大気中CO₂の収支に影響するファクター」が重要である。そのファクターとは、森林保全・林業（地域経済）、資源の持続的利用（枯渇性資源の代替）、経済性・製品の質の確保である。木材を焼却する場合であっても、森林の炭素蓄積量が変わらない範囲の適正な速度で伐採・植林・育林が繰り返されていれば、そのCO₂排出量は森林のCO₂吸収量と概ね等価になるため、木材が代替する化石資源からのCO₂排出を抑制できる分だけ、CO₂排出の削減に寄与することになる。また、建廃の焼却を適度なペースで行うことは木材の需要維持などに繋がる。

V. カーボンニュートラルに貢献する建廃のサーマル利用に向けて

カーボンニュートラルに向けて、木質チップの関係団体が相互理解のもとにサーマル利用を進めるため自助努力により効率的な活用の方途を研究することが望まれる。地方自治体においても、関係団体と共に、サーマル利用の取組が望まれる。国においては、伐採から廃棄までを含むLCA（ライフサイクルアセスメント）の考え方で定量化すること、国際社会に対しては我が国の実情や相違点について明確に打ち出し、取組の正当性を確保することが望まれる。間伐材の活用についても、建廃同様、環境に貢献する取組であり、更なる活用が望まれる。

目次

I	ワーキンググループ設置の目的	1
	Point 1…カーボンニュートラルとは＝参考：環境省ホームページ	1
	Point 2…木質バイオマス利用のメリット＝参考：林野庁ホームページ	1
	Point 3…欧州における森林バイオマスの議論	2
II	木材資源リサイクルの歩みと現状	3
	1. 木材資源リサイクルの歩み	3
	Point 4…建廃とは	4
	2. 全木リ連と木材資源リサイクルの現状	4
	Point 5…木材資源のサーマル利用の重要性	5
	Point 6…木質バイオマスエネルギーの利用動向	5
III	サーマル利用に関連した我が国や海外の動向	6
	【我が国の動向】	6
	1. 地球温暖化対策計画（環境省：2021年）	6
	（1）再生可能エネルギーの効果	6
	（2）森林等の吸収源対策と循環利用	6
	2. 森林・林業白書（林野庁：2022年）	6
	（1）森林の二酸化炭素の吸収・貯蔵機能	6
	（2）木材利用による二酸化炭素の長期的貯蔵機能	7
	（3）化石燃料の代替機能	7
	（4）森林資源の循環利用	7
	【海外の動向】	7
	1. 国連の気候変動枠組み条約の経緯	7
	2. 欧州合同調査センター報告書	7
	3. 欧州再生可能エネルギー指令の改定（RED III）案	8
	Point 7…建廃利用とカーボンニュートラル	8
IV	カーボンニュートラルのための、建廃のサーマル利用の検討課題	9
	1. 森林保全・林業（地域経済）の視点	9
	（1）森林保全	9
	（2）林業の活性化	10
	（3）カスケード利用とサーマル利用	10
	2. 資源の持続的利用（枯渇性資源の代替）の視点	10
	3. 経済性・製品の質の確保の視点	10
	（1）経済性の確保	10
	（2）製品の質の確保	10
	Point 8…定常利用の維持が大事	11
V	カーボンニュートラルに貢献する建廃のサーマル利用に向けて	12
	1. 建廃等のサーマル利用と我が国の政策	12

2. 今後の木材リサイクルに向けて	12
(1) 廃木材等のサーマル利用による CO ₂ 削減効果の定量化の方法論.....	12
(2) 更なる建廃等の高効率利用に向けて	13
Point 9…品質向上と品質規格.....	14
3. 間伐材のサーマル利用の拡大について	14
Point10…FIT 制度による再生可能エネルギー発電設備（バイオマス）	15
【まとめ】	15
【参考】	16
I. カーボンニュートラル WG の検討経過.....	16
1. 検討期間.....	16
2. 検討委員・オブザーバー	16
3. 検討スケジュールと議題.....	16
II. 木材のカーボンニュートラルに関係する国の計画・政策・報告.....	16
1. 環境省「地球温暖化対策計画」、2021年10月.....	16
2. 林野庁「令和3年度 森林及び林業の動向」、2022年5月.....	16
III. 木材のカーボンニュートラルに関係する海外の動向.....	16
1. 国連の気候変動枠組み条約の経緯.....	17
2. 欧州合同調査センター報告書	19
3. 欧州再生可能エネルギー指令の改正 (RED III) 案.....	20
4. 木材のカスケード（数次）利用に関する議論.....	21

I ワーキンググループ設置の目的

我が国は 2050 年のカーボンニュートラルに向け、新たなスタートを切った。2021 年 10 月に閣議決定された「第 6 次エネルギー基本計画」では、2030 年の再生可能エネルギーの電源比率を大幅に引き上げ 36～38%程度とし、うちバイオマス発電の電源比率も 2.6%から 5%程度に引き上げた。

一方、欧州の REDIII¹案のように国際的潮流として木質バイオマス発電による CO₂ 削減効果の否定とも捉えられる様な議論も出始めている。

全国木材資源リサイクル協会連合会（以下：全木リ連）は、主に建設系廃木材（以下：建廃）のリサイクルを通して、木質バイオマス発電の燃料供給に係っている。こうした欧州の議論を踏まえ、建廃のサーマル利用について、団体として CO₂ 削減効果などの論理的根拠を明確化することで環境貢献の道筋を明らかにしたい。そのため、専門家を座長、会員企業 11 社の担当者を委員とし、関係省庁・ボード業界をオブザーバーにお願いし、「カーボンニュートラル WG²」を設置した。この報告書では、WG での議論や国の動向等を参考に、木材資源のリサイクル、特に建廃のサーマル利用の環境貢献について明らかにし、今後の道筋を示したい。

※本報告書において、押えておくべき重要事項を Point として掲載している

Point 1 …カーボンニュートラルとは＝参考：環境省ホームページ

カーボンニュートラルとは温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させることを意味する。2020 年 10 月、政府は 2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、カーボンニュートラルを目指すことを宣言した。「排出を全体としてゼロ」というのは、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの「排出量」* から、植林、森林管理などによる「吸収量」* を差し引いて、合計を実質的にゼロにすることを意味している。 ※人為的なもの カーボンニュートラルの達成のためには、温室効果ガスの排出量の削減並びに吸収作用の保全及び強化をする必要がある。

Point 2 …木質バイオマス利用のメリット＝参考：林野庁ホームページ

森林を構成する個々の樹木等は、光合成によって大気中の二酸化炭素の吸収・貯蔵を行っている。森林から生産される木材をエネルギーとして燃やすと二酸化炭素を発生するが、この二酸化炭素は、樹木の伐採後に森林が更新されれば、その成長の過程で再び樹木に吸収されることになる。このように、木材のエネルギー利用は、大気中の二酸化炭素濃度に影響を与えないというカーボンニュートラルな特性を有している。このため、化石燃料の代わりに木材を利用することにより、二酸化炭素の排出の抑制が可能となり、地球温暖化防止に貢献する。

¹ 再生可能エネルギー指令の改正 (Revision of the Renewable Energy Directive)

² カーボンニュートラル WG の委員や検討経過などは、巻末の参考欄に掲載。

Point 3…欧州における森林バイオマスの議論

2021年に欧州共同研究センター（JRC）が発行した報告書³は、森林バイオマスの利用拡大に関する多くの方法論は化石燃料よりも温室効果ガスを多く発生させるか、環境破壊のリスクがあるという見解を示している。また、2021年9月に欧州委員会が提案し、法案成立に向けて現在欧州議会及びEU理事会の間で審議中であるEUの再生可能エネルギー指令改正（通称RED III）案には、カスケード利用の原則に基づく木質資源利用の推進や、マテリアル利用可能な木材に係るエネルギー利用の抑制等に関する項目が含まれている。

³ “The use of woody biomass for energy production in the EU”を指す。詳細は、本報告書 III 2.にて後述する。

II 木材資源リサイクルの歩みと現状

この章では、木材資源リサイクルにおけるサーマル利用の CO₂ 削減効果について検討する前提として、木材資源リサイクルの歩みと現状について確認する。

1. 木材資源リサイクルの歩み

木材資源リサイクルの半世紀を超える歩みを関係法令や時代状況と重ねて振り返ってみる。

- 1960年代半ばからパーティクルボードの原料として製材廃材チップが利用され始めた。
- 1970年の廃棄物処理法制定により木くずが産業廃棄物に規定されたことと、1973年に起きた第一次オイルショックの時期が重なり、化石燃料の代替エネルギーを求める声が高まった。廃木材の用途はそれまで良質材を製紙用パルプ原料として利用することや公衆浴場の燃料として利用する程度であったが、代用燃料として大幅に拡大された。そして、1970年代半ばになると、「代用燃料」や「燃料チップ」工場が廃棄物処理施設として各地で建設された。
- 2000年の建設リサイクル法の制定で、木くずの現場選別が徹底された。建設木くずの再資源化率は法施行時の38.2%から2018年度には91.7%に上昇した。
- 2003年の「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(RPS⁴法)の制定により、各地でバイオマス発電施設が設置され、燃料としての木くずが脚光を浴びることとなった。
- 2012年には、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」(FIT⁵制度)が始まった。
- 建設リサイクル推進計画2020(国土交通省)では、建設発生木材の再資源化・縮減率として、2024年の達成目標を97%以上(2018年度実績値では96.2%…再資源化率91.7%・縮減率4.5%)としており、更なる再資源化の促進に向けた取組みが求められている。



図1 建設発生木材の発生量と再資源化比率

(国土交通省「平成30(2018年度建設副産物実態調査結果)」から作成)

⁴ Renewables Portfolio Standard

⁵ Feed-in Tariff

Point 4 …建廃とは

建廃は、住宅として二酸化炭素を長期に貯蔵した材である。水分率は25%以下で、概ね生木の半分以下であり、生木（間伐チップ、剪定枝含む）に比べて発熱量が高い⁶。従来、再資源化率が低く利用先が限られており、多くは利用されずに処分されていた。しかし、建設リサイクル法による再資源化率の上昇、RPS法による燃料としての活用が始まり、それが現在の利用に繋がっている。いま、地球温暖化や廃棄物の問題などで、木材資源の有効活用にますます注目が集まっている。建廃はカスケード利用を基本に、中間処理施設で選別された梁や柱などはボードや紙などのマテリアル利用、その他は化石燃料の代替燃料として有効に活用されている。

2. 全木リ連と木材資源リサイクルの現状

木材資源リサイクルの歩みに続き、全木リ連と木質資源リサイクルの現状について紹介する。

全木リ連は、リサイクルチップのメーカーとそのチップを原料や燃料に使用するユーザー等で構成する認定NPO法人で240社の会員がいる。

会員の75%を占めるチップメーカーでは、建廃、土木造成工事等で発生する支障木、パレットや型枠などの廃木材を「木材資源」として、年間440万トンの木質チップに再資源化している。建廃のリサイクルについては全木リ連に所属する会員で概ね70～80%のシェアがあり、その動きが木材資源リサイクルに影響を与えるまでになっている。

用途は、製紙・セメント製造のためのボイラーや発電系発電の燃料用などのサーマル利用、製紙やボード原料などのマテリアル利用があり、その割合はFIT制度が始まった2012年度はマテリアル27%・サーマル63%であったが、2021年度はそれぞれ24%・68%となり、サーマル利用がやや増加している。

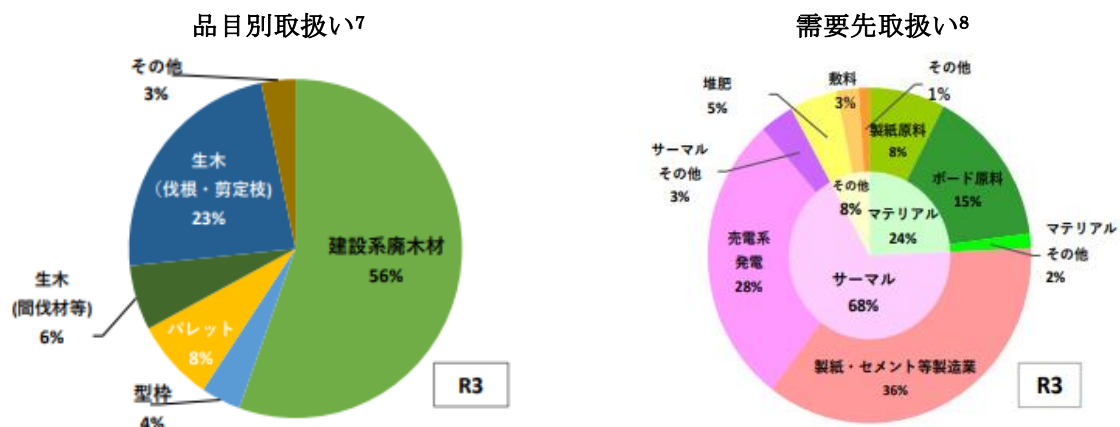


図2 生産会員実態調査における品目別/需要先取扱い
(2021年、全木リ連調べ)

⁶ 「特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令」からの算定では
建廃＝含水率 WB13%で発熱量 3,560kcal/kg 林地残材＝含水率 WB50%で発熱量 1,670kcal/kg
石炭＝6,037～6,355kcal/kg

⁷ 解体現場等からチップメーカーに搬入される材を指す。

⁸ チップユーザーへ納入するチップの用途を指す。



図 3 木材リサイクルの仕組み

(全木リ連のリーフレット：「木のリサイクルのおはなし」より抜粋)

Point 5 …木材資源のサーマル利用⁹の重要性

全木リ連では 20 年近く木材の需給調査を行っている。そのうちの生産会員の調査結果から、サーマル利用の割合は 68%¹⁰と高く、木材のサーマル利用に関して環境への貢献を明らかにすることは極めて重要なテーマである。

検討にあたっては、定量的な視点だけではなく、我が国の地理や経済社会に係る特性を加味した定性的な視点からも広く検討していく必要がある。

Point 6 …木質バイオマスエネルギーの利用動向

林野庁が実施している「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」（令和 3 年度）によると、エネルギーとして利用した木質バイオマスのうち、木材チップの量は 1,069 万 t である。うち、「間伐材・林地残材等」由来が 411 万 t（39%）、「製材等残材」由来が 178 万 t（17%）、「建設資材廃棄物」由来が 401 万 t（38%）となっている。間伐材等と建廃の割合が高くなっている。

⁹ 本報告書では、発電用燃料及び熱源用燃料としての利用を指す。

¹⁰ 国土交通省が実施した「平成 30 年度建設副産物実態調査」では、サーマル利用が 64%となっており、全木リ連による調査結果と近似していることがわかる。

Ⅲ サーマル利用に関連した我が国や海外の動向

定性的な視点から検討するため、国の計画や白書などから木材資源のサーマル活用に関する考え方や必要性を抄出し、木材資源のサーマル利用の現状との整合性について考察する。

また、関連して、木質バイオマスのサーマル利用に関する海外、とくに欧州の動向について確認する。

【我が国の動向】

1. 地球温暖化対策計画（環境省：2021年）

再生可能エネルギーの効果やCO₂の森林吸収源対策について報告されている。

(1) 再生可能エネルギーの効果

再生可能エネルギーは、発電において温室効果ガスを排出しないことから、その導入拡大はエネルギー転換部門の地球温暖化対策に必要不可欠であり、また、国内で生産できることから、エネルギー安全保障にも寄与できる有望かつ多様で、重要な国産エネルギー源である。

(2) 森林等の吸収源対策と循環利用

森林等の吸収源対策による2019年度の排出・吸収量は4,590万t-CO₂ (注)の吸収である。これは、2013年度の温室効果ガス総排出量（14億800万t-CO₂）の3.3%に相当する。

今後、適切な森林整備・保全や木材利用などの取組を通じ、中長期的な森林吸収量の確保・強化を図り、2030年度の温室効果ガス排出削減目標の達成（森林吸収量の目標は約3,800万t-CO₂（2013年度総排出量比約2.7%））や、2050年カーボンニュートラルの実現への貢献を目指す。このため、適切な間伐の実施等の取組に加え、人工林において「伐って、使って、植える」循環利用の確立を図る。

(注) 2001年のCOP7（マラケシュ合意の運用ルール）では1,300万t-CO₂吸収。COP3（京都議定書）における森林吸収量の対象による取組みで4,590万t-CO₂に増加

2. 森林・林業白書（林野庁：2022年）

本書では、国土の約3分の2を森林が占めるという、世界でも有数の森林国である我が国の国土の特徴を踏まえ、以下の観点から木材の有効利用の必要性が報告されている。

(1) 森林の二酸化炭素の吸収・貯蔵機能

森林の樹木は、大気中の二酸化炭素を吸収し、炭素を貯蔵しているが、人工林の高齢化に伴い、森林吸収量は減少傾向で推移している。今後、森林吸収量を確保していくためには、利用期を迎えた人工林について「伐って、使って、植えて、育てる」ことにより、炭素を貯蔵する木材利用の拡大を図りつつ、成長の旺盛な若い森林を確実に造成していくことが必要である。

(2) 木材利用による二酸化炭素の長期的貯蔵機能

木材を建築物等に利用することにより、炭素を長期的に貯蔵することが可能である。木材には再加工しやすいという特徴もあるため、建築物等として利用した木材をパーティクルボード等として再利用すれば、再利用後の期間も含めて炭素が貯蔵される。

(3) 化石燃料の代替機能

さらに、資材として利用できない木材を化石燃料の代わりにエネルギー利用すれば、化石燃料の燃焼による大気中への二酸化炭素の排出を抑制することにつながる。

(4) 森林資源の循環利用

このほか、国産材が利用され、森林所有者が収益を上げることによって、再造林を始めとした安定的・持続的な森林整備が可能となり、この森林資源の循環利用を通じて、地域経済の活性化や、国土の保全、水源涵養等の森林の有する多面的機能の発揮にもつながる。

【海外の動向】

1. 国連の気候変動枠組み条約の経緯

気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP¹¹3）において採択された「京都議定書」により、先進国の温室効果ガスの排出削減目標等が定められた。また、森林経営などにより、CO₂吸収量を算入することが可能となった。

COP7では京都議定書の運用細則に関する議論が行われた中で、森林管理によるCO₂吸収分は国ごとに上限設定することと定められ、我が国は1,300万t-CO₂（基準年排出量の3.9%分）が同吸収分として認められることとなった。

COP21では、先進国、開発途上国を問わず参加する公平かつ実効的な法的枠組みとして「パリ協定」が採択された。

COP26では、2030年までに森林の消失と土地の劣化を食い止め、森林保全とその回復促進などの取組を強化する「森林・土地利用に関するグラスゴー・リーダーズ宣言」が発表された。同宣言は、我が国をはじめ、英国、米国、EU、インドネシア、ブラジルなど140以上の国・地域が参加している。

2. 欧州合同調査センター報告書

欧州委員会から委託を受けた合同調査センターが2021年1月に公表した「EUのエネルギー生産における森林バイオマスの使用」では、欧州における森林バイオマス使用拡大に係る方法論の仮説を24パターンにまとめ、このうち短中期的に排出量削減の効果があり、かつ生物多様性や生態系への影響が低いものは、「景観基準以下での細かい木質瓦礫の除去」等5パターンとなり、影響度合いが軽微な1パターンを除き、大半の残り18パターンでは、排出量削減への効果が中長期的にも無いか、生物多様性や生態系へのリスクが高いか、その両方、という見解を示している。

¹¹ 気候変動枠組条約締約国会議（The Conference of the Parties）

なお、前述の評価については、欧州におけるプライマリー（1次）資源としての木質バイオマスが分析対象となっており、建廃等のセカンダリー（2次）資源の利用に関しては、「有用資源として捉えるが、今後の更なる研究が必要である」と示唆するに留まっている¹²。

3. 欧州再生可能エネルギー指令の改定（RED III）案

EUにおける再生可能エネルギーの利用拡大と温室効果ガス排出量の削減を目的として、2021年9月に欧州委員会が提案したEUの再生可能エネルギー指令の改定案（通称RED III）が、法案成立に向けて現在欧州議会及びEU理事会の間で審議中である。

RED III案ではバイオマス利用の促進に係る政策形成において、木質資源のカスケード利用の原則と生態系や生物多様性への配慮を求めると共に、生産者に対して、生物多様性、土壌・水・文化遺産の保護など、これまでより厳格化した基準に基づく「持続的に管理された森林」由来のバイオマス利用を求めている。

Point 7…建廃利用とカーボンニュートラル

カーボンニュートラルを推進するにあたり、国の報告書で木材の有効活用の必要性について報告されている。木材利用がカーボンニュートラルに貢献するには、森林の二酸化炭素の吸収・貯蔵機能を維持・向上する必要がある。マテリアル利用においては二酸化炭素の長期的貯蔵機能、サーマル利用においては化石燃料の代替機能を果たしているが、森林の二酸化炭素の吸収・貯蔵機能の維持・向上のためには、森林資源の循環利用が大切である。建廃のサーマル利用は、マテリアル利用とともに森林資源の循環利用を促して、この維持・向上の役割を担うものである。

また、海外の動向でも、国連の気候変動枠組み条約における森林吸収量の考え方は継続している。そして、欧州再生可能エネルギー指令の改正（RED III）案においても建廃の利用についてはカスケード利用の形で更なる有効活用を肯定しているとみなし得る内容はあっても、否定するような内容は規定されていない。

¹² 木材のカスケード利用が気候変動の緩和に貢献すると考えられることについては、既に複数の学術論文により検証・認識されている。これらの先行研究の事例については巻末の参考資料に記載する。

IV. カーボンニュートラルのための、建廃のサーマル利用の検討課題

国の計画や海外の動向等により、建廃のサーマル利用はカーボンニュートラルに貢献することが報告されている。そして、今後もその貢献を確実にするためにはWGの議論の中で示された「2050年頃までの大気中CO₂の収支に影響するファクター」が検討の視点として重要である。

以下、項目ごとに課題を検討する。

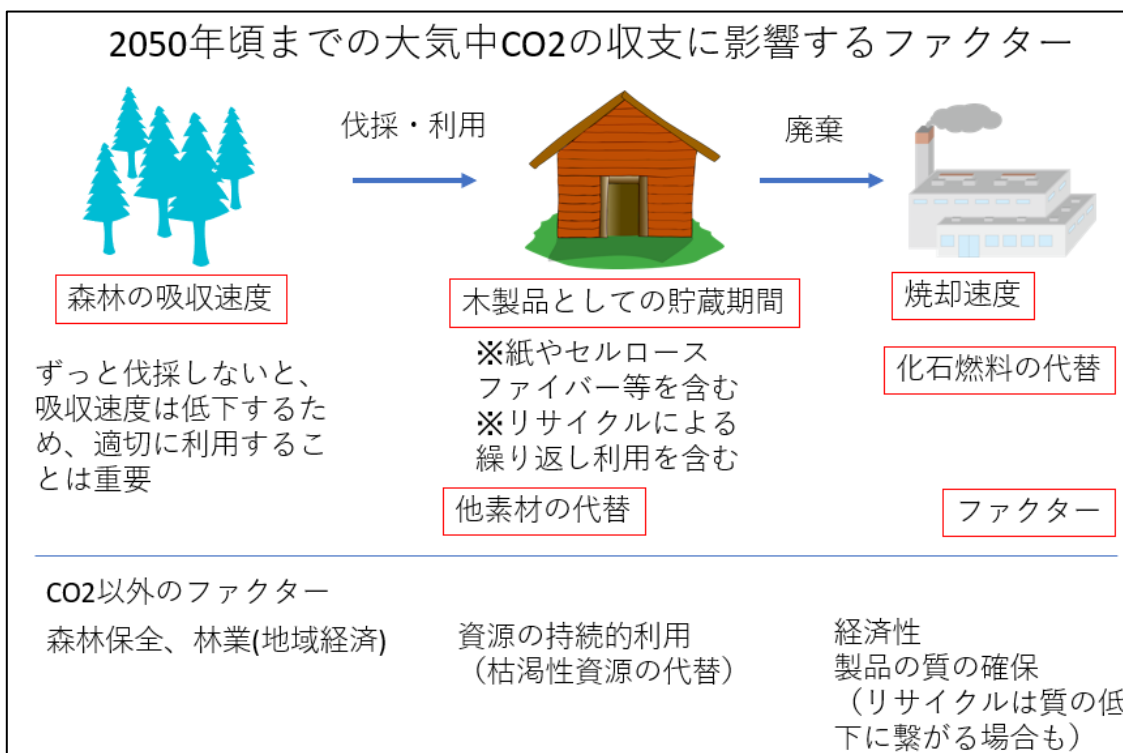


図 4 2050年頃までの大気中CO₂の収支に影響するファクター

(第2回WG会議の資料より引用)

1. 森林保全・林業（地域経済）の視点

(1) 森林保全

森林の吸収速度の確保のための適正利用と木製品としてのカーボンニュートラルとしての炭素貯蔵期間をしっかりと保つことが大切である。そうした取り組みをしたうえで、建廃について一定割合でサーマル利用を進めることで、新規の木材需要を確保する必要がある。

森林のCO₂の吸収力は樹齢70~80年で低下を始め、100年でほぼ吸収されなくなる。森林白書によると、我が国の森林面積の4割を占める人工林は、50年生が過半となっており、利用期を迎えている。人工林の高齢化に伴い、森林吸収量は減少傾向で推移している。今後、吸収量を確保するには、利用期を迎えた人工林の循環利用を進めていく必要がある。その際には、森林施業の集約化や作業の機械化、人材の育成等に取り組むことも重要である。

(2) 林業の活性化

林業白書によると、国産材が利用され、森林所有者が収益を上げることによって、再造林を始めとした安定的・持続的な森林整備が可能となり、この森林資源の循環利用を通じて、地域経済の活性化や、国土の保全、水源涵養等の森林の有する多面的機能の発揮にも繋がる。

(3) カスケード利用とサーマル利用

建廃のサーマル利用を進めるにあたり、カスケード利用の供給量と品質の両面において需要をしっかりと満たすことが前提である。現在も、建廃のリサイクルはマテリアル用途を優先に取り組んでいる。

しかし、ツーバイフォー住宅などの増加で在来工法の住宅が減り、解体において大きな梁や柱が少なくなり、細い柱やベニヤなどが多くなっている。それに伴い、建廃の発生量が減るとともに、原料向けの良質な材も減っている現実がある。そして、カスケード利用に馴染まない材を有効活用するためにサーマル利用を進めている。

2. 資源の持続的利用（枯渇性資源の代替）の視点

チップユーザーにおいては、化石燃料を代替する木質バイオマス燃料はカーボンニュートラル推進のための操業に必要不可欠な燃料である。しかし、解体材の質の変化とともに、建廃は社会経済状況により発生量が増減する。また、少子高齢化の進展に伴い住宅着工数が減り、将来的には建廃の発生量の減少が予測される。

そのため、チップメーカーは既存事業者への影響を可能な限り少なくするよう、木質チップの品質を確保したうえで必要な量を供給することに努める必要がある。品質を確保することで、ボイラー設備の故障等を減らし、化石燃料の代替エネルギー効果を高めることに繋がる。

3. 経済性・製品の質の確保の視点

(1) 経済性の確保

マクロな視点からすればコストや CO₂ 排出量の削減において運搬先を近方にするなどの最適化の余地はあるものの、現状の取引先との関係性など、実務の観点からの現実性についても留意すべきである。

チップの長距離輸送については必ずしも不適とは限らず、例えば高効率で発電できる大型施設に供する場合、それが遠距離にあっても、近距離に所在する小規模低効率な施設に運び入れる場合よりも CO₂ 削減効果が高い可能性もある。ただし、CO₂ 削減効果が高くとも輸送コストの観点からは経済性が低すぎて成り立たない場合もある。CO₂ 削減効果、コスト、その他の因子の観点から多面的に分析することが重要である。

(2) 製品の質の確保

リサイクルを繰り返すことにも一定の限度がある。たとえば、パーティクルボード原料の約 90% は建廃が使用されているが、パーティクルボードを生産する場合、建廃パーティクルボードを原料として使用できる割合は組成の 10~20% 程度が経済的に見て限界であると言われている。廃木材等のサーマル利用の妥当性を検討するにあたり、マテリアルリサイクルに

不適な化石燃料代替を伴う廃木材の焼却を一定割合で行うことは、木材の需要を維持することや、木製品の品質を維持する観点からも考慮すべきである。

Point 8…定常利用の維持が大事

ここまで大気中 CO₂の収支に影響するファクターを項目ごとに検討してきたが、木材を焼却する場合であっても、森林の炭素蓄積量が変わらない範囲の適正な速度で伐採・植林・育林が繰り返されていれば（下図②）、その CO₂排出量は森林の CO₂吸収量と概ね等価になるため、木材が代替する化石資源からの CO₂排出を抑制できる分だけ、CO₂排出の削減に寄与することになる。そのため、最も大事なことは材としての定常利用を維持することである。

更なる木材利用の拡大を行う場合は、伐採→植林→成長の期間を考慮し、長期間の CO₂を貯蔵できる用途の開拓に留意することが大事となる。建廃はボード等へのマテリアル利用を優先することが基本だが、それに適さない建廃は化石燃料代替を伴う焼却を適度なペースで行うことで、木材の需要（新材、再利用材、共に）を維持することや、木製品の品質を維持すること、さらには森林資源の健全な育成と継続的炭素吸収を促すこととに繋がることに留意すべきである。

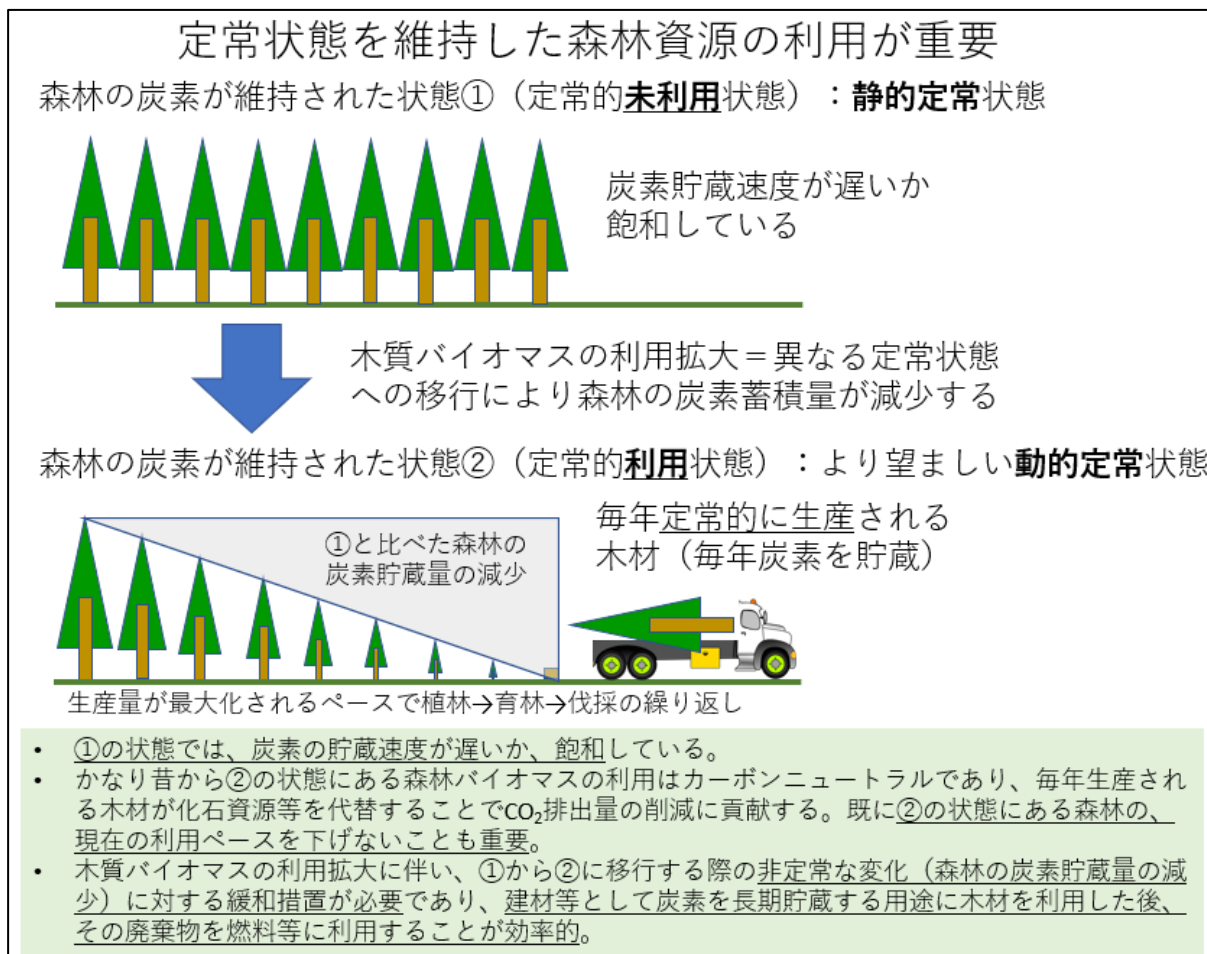


図 5 森林資源の定常的利用

(WG 作成)

V. カーボンニュートラルに貢献する建廃のサーマル利用に向けて

1. 建廃等のサーマル利用と我が国の政策

現在の建廃等のサーマル利用は、定常利用を維持しており、2050年のカーボンニュートラルに向けてCO₂の森林吸収機能の確保、化石燃料の代替エネルギー機能などの役割を果たし、我が国の政策の方向と一致している。建廃は木質バイオマスエネルギーの中でも、CO₂の長期的貯蔵機能を果たした材であり、その利用は「伐って、使って、植える」という森林の循環利用にも通じており、カーボンニュートラルに貢献する取り組みである。そのため、現在の取り組みをしっかりと継続することが大事である。

建廃等のサーマル利用と、我が国の政策や、地理・経済・社会における特性を踏まえた木材資源の循環型活用との相関を下図に示す。

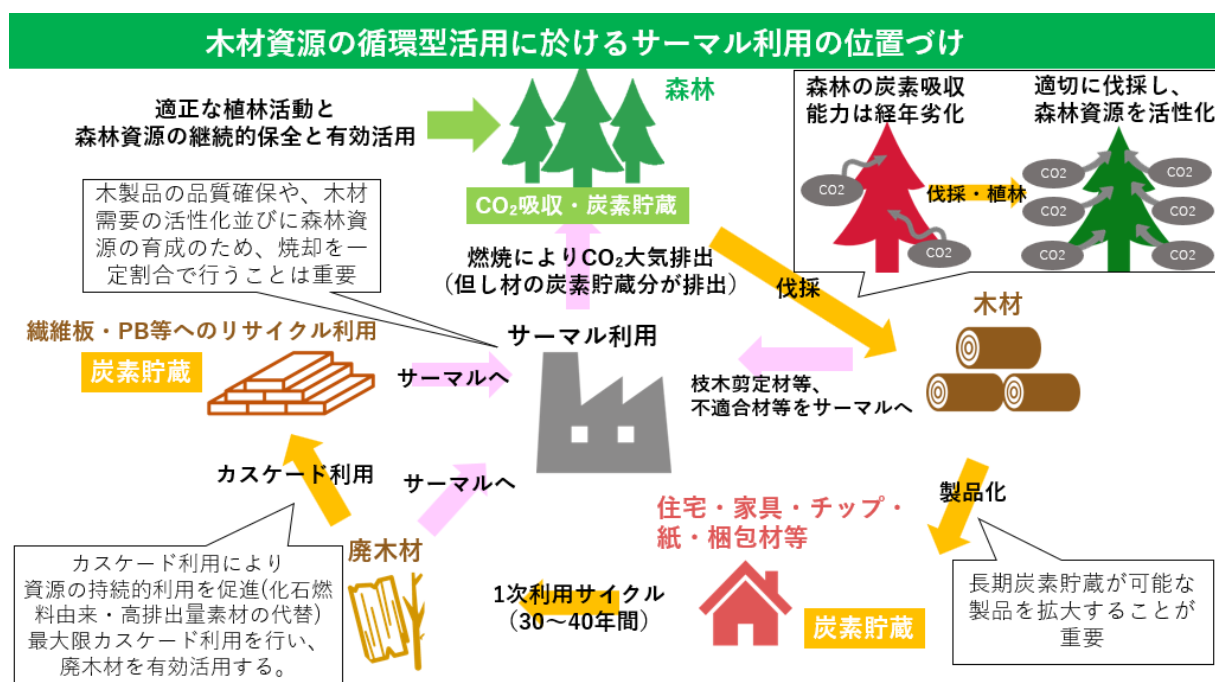


図 6 木材資源の循環型活用におけるサーマル利用の位置づけ (WG 作成)

2. 今後の木材リサイクルに向けて

第6次エネルギー基本計画におけるバイオマス発電比率の導入拡大の目標に関して、建廃等の新たなサーマル利用にあたっては、現行のマテリアル利用や製紙・セメント等のサーマル利用に配慮する必要がある。またFIT制度による新しい発電所における木質バイオマス利用にあたっては、間伐材等の活用に留意すべきである。

(1) 廃木材等のサーマル利用によるCO₂削減効果の定量化の方法論

資源エネルギー庁によるFIT（再生可能エネルギーの固定価格買取制度）におけるLife Cycle GHG（ライフサイクルでの温室効果ガス排出量）の考え方の導入の検討等との整合性

も考慮し、伐採から廃棄までを含む LCA（ライフサイクルアセスメント）の考え方で定量化することができれば望ましい。

（２）更なる建廃等の高効率利用に向けて

①木質チップの関係団体に向けて

カーボンニュートラルに向けて、関係団体がお互いの立場を認め、木材のサーマル利用を進めていく必要がある。そのうえで、以下の取り組みを進めたい。

【チップメーカーに向けて】

チップメーカーのデジタル・トランスフォーメーション（DX）による脱炭素経営は大切な課題である。いま、カーボンニュートラルに向けて、プライム市場の上場企業はスコープ 3¹³までの CO₂ 排出量の把握が求められている。物流分野を例にとると、DX によって車両運行を見える化し、空荷の走行減や身近な車両活用など効率的な運行を実現するとともに、CO₂ の削減にもつなげていくことが大切である。現在、こうした物流分野に限らず資源循環業全般を対象に、契約やデータ管理など事業の効率化とチップ生産過程の CO₂ 削減を進めるためのシステムを構築している。チップメーカーは、製品の生産・流通等において DX の活用により排出量の可視化を進め、その効率化によってカーボンニュートラルの実現を目指すことも大切な課題である。

また、建廃を中心とするチップメーカーは、産業廃棄物処理から資源循環という考え方に転換し、製品としてのチップの品質向上と安定供給に努めることが大切である。

【チップユーザーに向けて】

チップユーザーはチップの安定した需要確保に努めることが大切である。そのために、求める品質と数量について、常にチップメーカーと情報共有していくことが大切である。

カスケード利用を基本に進めるには、製品の質の低下を招かぬよう技術革新を進めることが重要である。サーマル利用は、マテリアル利用に馴染まない材を活用することである。

【プラントメーカーに向けて】

プラントメーカーは技術革新により高効率のボイラーの開発に努めることが大切である。

②国や地方自治体の方針設定に向けて

【我が国の特性を活かす】

欧州の RED III 案など、プライマリー資源のエネルギー利用の規制やカスケード利用の促進に係る国際的潮流を認識しつつも、必ずしも鵜呑みにすることなく、我が国の地理的特性や物流・商流の実情に即した施策の策定と実施に留意すべきである。

¹³ GHG 排出量の算定において、事業者自らが排出する以外の間接排出（事業者活動に関連した他社）の排出まで含めて算定することを指す。

また、国際社会に対しては、我が国における取組の正当性を確保するため、必要に応じてこのような実情や相違点について明確に打ち出すべきである。

【カーボンニュートラルに必要な手続きを円滑に】

カーボンニュートラルのために環境に配慮した機械（破碎機等）の更新が求められる。そのための手続きの円滑化を図ることも必要である。

【木質廃棄物の有効活用の検討】

地方自治体で収集している木質廃棄物について、単純焼却からサーマル利用への転換を進めるための検討も有意義である。

Point 9 …品質向上と品質規格

全木リ連では、2010年、相次ぐ品質トラブル対策として、チップユーザーとメーカーが協力して品質規格を作成した。規格は、チップとなる母材の材質、性状によって製造するチップをランク分けし、そのランクに適したボードや燃料などの用途を示している。策定後も、異物混入防止などメーカーに品質向上の啓発活動を継続している。

さらに、2018年、関東協会では「適合チップ認定制度」を創設した。この制度は、木質チップの製造工場や設備の管理、労働安全や地域貢献などの総合的な内容を評価するものであり、運用面ではユーザーからのトラブル報告の都度、メーカーへの周知徹底を図ることとしている。

品質向上は、チップメーカーとチップユーザーが相互理解のもとで、協力して取り組んでいくことが肝要である。

3. 間伐材のサーマル利用の拡大について

WGでは主として建廃のサーマル利用について検討した。林野庁の「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」によると、間伐材等と建廃がそれぞれ大きな割合を占めている。しかし、間伐材等の再資源化率は30%に届かず、建廃の96%(縮減率を含む)に比べて、十分活用されているとは言えない。

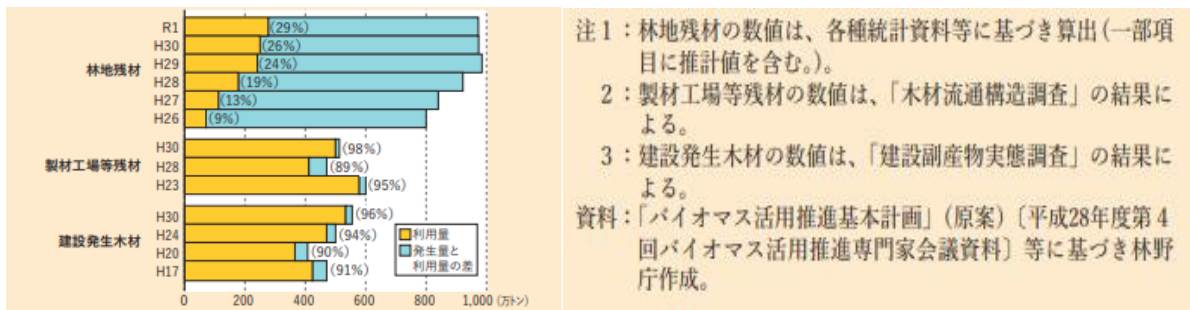


図7 間伐材等のサーマル利用状況

(出典：森林・林業白書(令和4年度))

燃料としての間伐材利用は、建廃同様、森林保全や化石燃料の代替機能などに通じるものである。そのためには、林業の機械化や、ドローンの導入による省力化、エリートツリー(成長

速度の早い木)の開発等、プライマリー利用からの木材確保における課題解決に向けた産官学での研究開発や技術の普及に関する取組みを継続することが大切である。また、日本の人工林(植林地)の半数以上が植林後50年を超えている。現在進めている伐採・再造林による森林の若返りについての施策を強力に進める必要がある。

Point10…FIT 制度による再生可能エネルギー発電設備 (バイオマス)

資源エネルギー庁の情報公表用ウェブサイトによると、2022年9月現在、新規のバイオマス発電設備の導入件数及び導入容量は、未利用木質：114件・847,064kw、一般木質・農作物残さ：77件・6,647,944kw、建設廃材：5件・85,690kwである。

【まとめ】

現在の建設系廃木材等のサーマル利用によるCO₂排出量は、森林及び木材としての炭素蓄積量が定常に維持されていれば、森林のCO₂吸収量と概ね等価になるため、化石燃料の代替効果分だけCO₂排出の削減に寄与している。

今後、Life Cycle GHG (ライフサイクルでの温室効果ガス排出量)分析に基づき、植林・育林・伐採から廃棄までのGHG収支の定量化を進めたい。

【参考】

I. カーボンニュートラル WG の検討経過

1. 検討期間

令和4年8月～令和5年3月

2. 検討委員・オブザーバー

座長： 藤井 実 国立環境研究所システムイノベーション研究室室長

委員： 日本製紙木材(株)、レンゴーペーパービジネス(株)、住友大阪セメント(株)、住友林業フォレストサービス(株)、J F Eエンジニアリング(株)、(株)タケエイ、北日本協会・(株)県南チップ、東海協会・フルハシ EPO(株)、近畿協会・木材開発(株)、中四国協会・(株)赤碕トランスネット、九州協会・中山リサイクル産業(株)

オブザーバー： 資源エネルギー庁、林野庁、環境省、国土交通省、日本繊維板工業会

事務局： (株)グリーン、全国木材資源リサイクル協会連合会

コンサルタント：カーボンフリーコンサルティング(株)

3. 検討スケジュールと議題

(1) 第1回…令和4年8月25日(木)2時 中央区立環境情報センター

- ① カーボンニュートラル WG の目的と検討内容
- ② 木質バイオマスのサーマル利用に関する欧州の議論
- ③ 木材利用の効率化と CO₂削減
- ④ 各社における木材のサーマル利用の基準と課題及び意見交換

(2) 第2回…令和4年10月18日(火)2時 中央区立環境情報センター

- ① 建設廃材等のサーマル利用の評価の方向
- ② 2050年頃までの大気中 CO₂の収支に影響するファクターについて
- ③ 意見交換

(3) 第3回…令和5年1月17日(火)2時 中央区立環境情報センター 提言の原案の検討

(4) 第4回…令和5年3月29日(水)2時 中央区立環境情報センター 本報告書の内容の確認

II. 木材のカーボンニュートラルに関係する国の計画・政策・報告

1 環境省「地球温暖化対策計画」、2021年10月

<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/211022.html>

2 林野庁「令和3年度 森林及び林業の動向」、2022年5月

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r3hakusyo/zenbun.html>

III. 木材のカーボンニュートラルに関係する海外の動向

(以下、カーボンフリーコンサルティング株式会社による要約)

国際連合食糧農業機関（FAO¹⁴）「世界の森林の状況 2022」によると、2020 年の世界の森林面積は約 41 億 ha であり、世界の陸地面積の 31%を占めている。森林面積はアジアやヨーロッパでは近年微増傾向にあるものの、アフリカ、南米等の熱帯林を中心に減少しており世界全体としては年平均で 470 万 ha 減り続けている¹⁵。

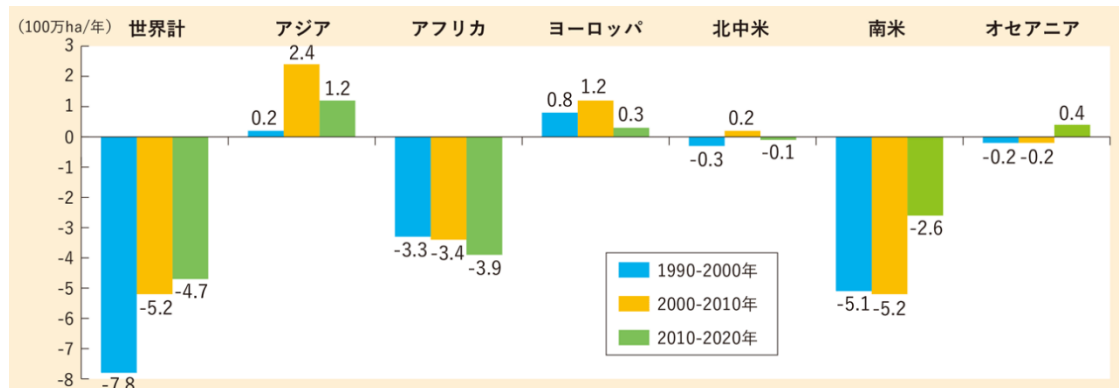


図 8 世界の森林面積の変化（1990～2020 年）

（令和 3 年度森林・林業白書、林野庁）

上述の FAO 報告書によれば、世界の森林は現在約 6,620 億 t-CO₂ 相当の炭素を貯蔵しており、2011 年～2020 年にかけては、再植林や森林経営の改善等により、単位面積当たりの蓄積量は増加している。

かかる気候変動に対する重要性を踏まえ、国際社会でも 1990 年代より森林減少の抑止や森林保全、森林利用の持続性確保等に向けた多国間での議論と取組みが進められてきた。以下にその主な経過を記す。

1. 国連の気候変動枠組み条約の経緯

（1）COP3（1997 年、京都）

気候変動枠組条約第 3 回締約国会議（COP3）において採択された「京都議定書」により、先進国の温室効果ガスの排出削減目標等が定められた。

同議定書では、第一約束期間（2008～2012 年）における「新規植林」、「再造林」及び「森林減少」による二酸化炭素の吸収・排出量の報告が義務づけられると共に、「森林経営」などによる吸収量を算入することも各国の判断で可能となった。これにより、各国において森林減少や森林の劣化による CO₂ 排出を削減し、森林の保全と持続可能な管理を促進するための国際的な動機付けが初めて創出された。

なお既に森林が国土の約 3 分の 2 を占めており、新規植林や再植林の余地が少ない我が国においては、以下の定義を以って「森林経営」を行った森林を CO₂ 吸収源の対象として選択し、吸収量の算定及び報告を行った。

¹⁴ Food and Agriculture Organization of the United Nations

¹⁵ 2010 年から 2020 年の 10 年間における平均値。FAO の推計による。

- ① 育成林¹⁶⇒森林を適切な状態に保つために 1990 年以降に更新、保育、間伐、主伐等を行ったもの
- ② 天然林⇒法令等に基づく伐採・転用規制などの保護・保全措置を行ったもの

(2) COP7 (2001 年、マラケシュ)

COP7 では京都議定書の運用細則に関する議論が行われた中で、森林管理による CO₂ 吸収分は国ごとに上限設定することと定められ、我が国は 1,300 万 t-CO₂ (基準年排出量の 3.9%分) が同吸収分として認められることとなった。

(3) COP21 (2015 年、パリ)

COP21 では、先進国、開発途上国を問わず全ての締約国が参加する公平かつ実効的な法的枠組みとして「パリ協定」が採択された。

我が国は、2015 年 7 月に「自国が決定する貢献案」(INDC: Intended Nationally Determined Contribution) を定め、UNFCCC¹⁷事務局に提出した。その中では、「地球温暖化対策計画」に基づいて 2030 年度に 2013 年度比 26%減の温室効果ガス削減目標を定めており、その内の 2%を森林吸収源対策により確保することを明記している。

(4) COP26 (2021 年、グラスゴー)

COP26 では、2030 年までに森林の消失と土地の劣化を食い止め、さらにその状況を好転させるため、森林保全とその回復促進などの取組を強化する「森林・土地利用に関するグラスゴー・リーダーズ宣言」が発表された。同宣言は、我が国をはじめ、英国、米国、EU、インドネシア、ブラジルなど 140 以上の国・地域が参加しており、以下の課題について参加国が共同で取り組むことを約している。

- ① 森林及びその他の陸域生態系の回復と保全を加速すること。
- ② 持続可能な開発や持続可能な生産・消費を促進し、森林減少や土地劣化を引き起こさない貿易や開発政策を促進すること。
- ③ 収益性の高い持続可能な農業開発や、森林の多面的価値の認識などを通じ、脆弱性の軽減、農村の強靱化や生活向上を実現すること。
- ④ 持続可能な農業にインセンティブを与え、食料保障を促進し、環境に役立つ農業政策・プログラムを実施し、必要に応じて再設計すること。
- ⑤ 持続可能な農業・森林経営、森林の保全と回復を可能にするために、官民の多様な資金源からの資金・投資を大幅に増加すること。
- ⑥ 森林の損失・劣化を好転させるための国際的な目標と、その実現に必要な資金の整合を促進すること。

¹⁶ 育成林とは人の手によって育てていく森林を指し、天然生林とは主に自然の力を活用して育てていく森林を指す。国や都道府県が作成している森林計画の中で、それぞれの森林がいずれの森林に属するか定められている。

¹⁷ 国連気候変動枠組条約 (United Nations Framework Convention on Climate Change)

2. 欧州合同調査センター報告書

欧州委員会から委託を受けた合同調査センター(JRC: Joint Research Center)は、2015年より欧州及び世界におけるバイオマス需給とその持続可能性の評価に関する調査を開始し、その成果として2021年1月に「EUのエネルギー生産における森林バイオマスの使用」という報告書を公表した。

本報告書では、冒頭にて2000年から20年間のEUにおける木質バイオエネルギーは、49%が林業副産物や廃棄回収された木質製品等からなるセカンダリー（2次）資源、37%が森林から伐採された幹材、梢材、枝材等からなるプライマリー（1次）資源に由来すると推計した上で、森林バイオマスの使用に伴うCO₂排出による気候変動への影響に加えて、森林における生物多様性と生態系森林への影響についても評価軸として加え、欧州における森林バイオマス使用拡大に係る方法論の仮説として ①残材利用の増加、②植林、③天然林の人工林化 の3類型を挙げ、さらに残材の収集方法や植林・人工林化の対象地や植樹種の違いにより24パターンにおける影響についてまとめた。このうち短中期的に排出量削減への正の効果があり、かつ生物多様性や生態系への影響がほとんど無いか低いリスクであるものは、「景観基準以下での細かい木質瓦礫の除去」をはじめとする5パターンとなり、影響度合いが軽微な1パターンを除き、大半の残り18パターンでは、排出量削減への効果が中長期的にも無いか、生物多様性や生態系へのリスクが高いか、その両方、という見解を示している。

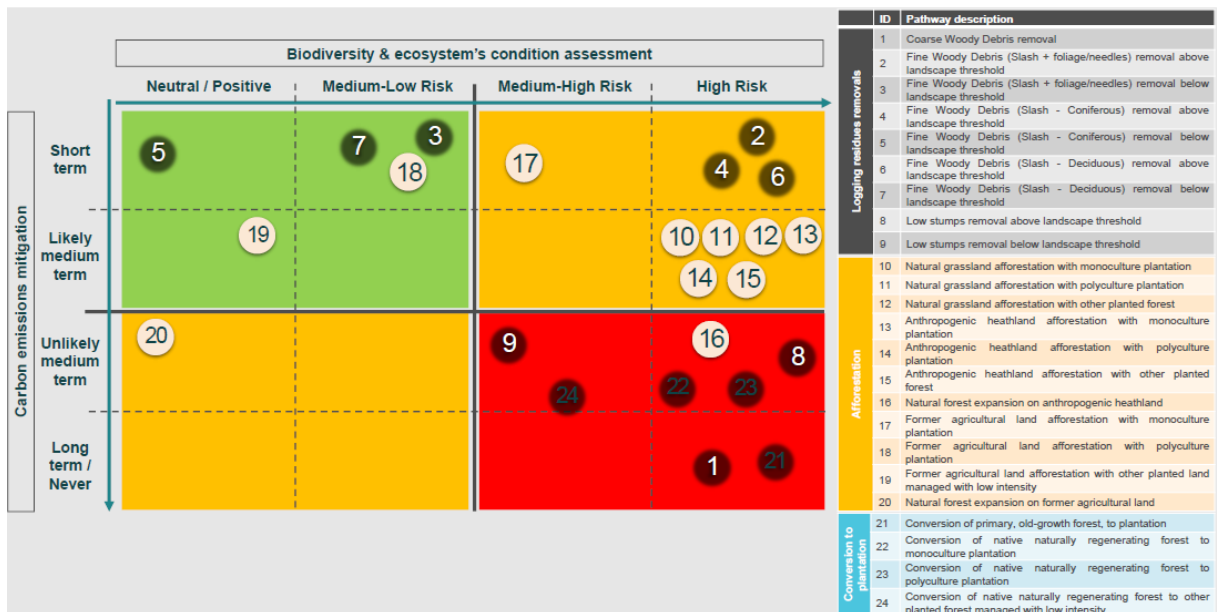


図 9 JRC 報告書における森林バイオマス利用の持続可能性評価の分類

(JRC 報告書より引用；縦軸が排出量削減効果、横軸が生物多様性・生態系への影響を示す)

かかる調査から、JRC は森林生態系への影響が小さいか正の影響を与えつつも、短期的にも GHG¹⁸の排出量削減に資する様な森林バイオマス利用拡大の方法論があり得ることを明ら

¹⁸ 温室効果ガス (Green House Gases)

かにしたと共に、「自然再生林から単一樹種人工林への転換」といった一部の方法論では、排出量削減の効果も無く森林生態系へのリスクが高くなるなどの理由により、（政策や法規制による）推奨を避けるべきとの提言も示しており、後述する RED III の採択に至るまでの議論にも影響を与えている。

なお、前述の 24 パターンの評価については、欧州におけるプライマリー（1次）資源としての木質バイオマスが分析対象となっている点に留意する必要がある。本報告書で特に論点としている建廃等のセカンダリー（2次）資源の利用に関しては、「有用資源として捉えるが、今後の更なる研究が必要である」と示唆するに留まっており、活用拡大の是非に関する評価や科学的検証については未だなされていないことが現状である。

3. 欧州再生可能エネルギー指令の改正（RED III）案

2023年3月、EUにおける再生可能エネルギーの利用拡大と温室効果ガス排出量の削減を目的としたEUの再生可能エネルギー指令の改定（RED III）案の成立に向けて、EU理事会と欧州議会が暫定的政治合意に達した¹⁹。

RED III案²⁰では第4項で締約国に対し、バイオマス利用の促進に係る政策形成において、木質資源のカスケード利用の原則²¹と生態系や生物多様性への配慮を求めると共に、第29b項では生産者に対して、生物多様性、土壌・水・文化遺産の保護など、これまでより厳格化した基準に基づく「持続的に管理された森林」由来のバイオマス利用を求める様になっており、その要件として2(2)(I)項にて「生物多様性の保護や森林炭素貯蔵量の維持など、持続可能な森林管理の原則と基準に従って管理され、EU加盟国が認める独立した森林認証制度、または同等の制度によって検証された森林」と定義している。

その他の主な森林バイオマスに関連する項目の概要を以下に示す。

- 加盟国は、バイオマスエネルギーのより効率的な利用を確保するために、2026年以降、特定の例外²²を除き、発電のみを目的としたバイオマス設備の拡充にはこれ以上の支援を与えるべきではない。（第4項）
- 欧州委員会は、本改正指令の発効から1年以内に、木質バイオマスのカスケード利用を適用する方法、特にエネルギー生産のための高品質の丸太の使用を最小限に抑える方法に関する実施法を採択する（第4項）。

¹⁹ 欧州委員会によるプレスリリースによれば、本合意の後、EU理事会の常設代表委員会及び欧州議会の産業・研究・エネルギー委員会に提出されてそれぞれの承認を得た上で、欧州議会及びEU理事会で正式に採択された後、EUの官報に掲載され発効することである。

²⁰ 2023年3月現在で、上述の暫定的政治合意後の案については公開が確認されていないため、本論に記している案は2022年9月の欧州議会にて審議された時点の公開版である。

²¹ 同項では注釈8にて、(a)木質製品（wood-based products）、(b)寿命延伸（extending their service life）、(c)再利用（re-use）、(d)リサイクル（recycling）、(e)バイオエネルギー（bio-energy）、(f)廃棄（disposal）という優先順で、最も高い経済的・環境的付加価値に従って利用されるべきである、としている。

²² 化石燃料からの移行に関して特定用途の地域に設置される場合、炭素回収・貯蔵を利用する場合、あるいは、欧州委員会の承認に基づき、例外的に正当な場合にコージェネレーションに変更することができない場合が該当する。

- 原生林や、生物多様性の高い森林、草原、泥炭地、ヒースランドなど、特に生物多様性が高く炭素量の多い生息地の保護を強化するため、農業バイオマスから生産されるバイオ燃料、バイオリキッド、バイオマス燃料のアプローチと同様に、これらの地域からの森林バイオマスの供給除外と制限を導入するべきである（第36項）。

4. 木材のカスケード（数次）利用に関する議論

木材のカスケード利用が気候変動の緩和に貢献することについては既に研究による検証が行われてきており、複数の学術論文において肯定的な見解が示されている。ただしセカンダリ（2次）以降の木材のカスケード利用については、マテリアル利用の優先を焦点としているものがほとんどで、サーマル利用に特化した研究は、肯定的なものとは否定的なものとの双方とも未だ確認されていないことに留意する必要がある。

以下に先行研究の例を列記する。

- (1) Navare ら（2022）はバイオ燃料の精製におけるカスケード利用による地球温暖化への影響可能性（GWP）減少効果に関するケーススタディを行った。Scenario1（原木から直接燃料化）、Scenario2（原木から集成材(GLT)として50年使用後、廃材を燃料化）、Scenario3（原木から集成材(GLT)として50年使用し、さらにパーティクルボードとして10年使用後、廃材を燃料化）の3つのシナリオを比較し、Scenario1よりも、Scenario2やScenario3の様にカスケード利用を経た上でバイオ燃料に精製した方が、地球温暖化への影響可能性（GWP）は相対的に低くなると結論した。
- (2) Taskhiri ら（2019）は、ドイツのニーダーザクセン州における、中密度繊維板(MDF)、配向性ストランドボード(OSB)、パーティクルボード、コート紙、木質ペレットの5製品について、それぞれの生産に係る廃材使用率を変更した場合の経済性と環境負担の相関性を、現状、コスト優先シナリオ、GWPへの貢献優先シナリオ、一切カスケード利用を行わないシナリオに分類した上で比較した。これによれば、GWPの減少効果が高める様に廃材使用率を高めようとするほど、GWPの減少効果は高まる一方で、不純物の除去や形質の最適化に係る化学的・機械的処理のコストが反映されるため、生産コストは上昇することが判明している。

以上の様に、欧州における近年の法規制においても、森林における炭素貯蔵機能が重要視されていることと共に、生態系や生物多様性への配慮についてより厳格に定義し規制する傾向にあることが伺える。また、かかる配慮まで含めた森林管理は「持続的(Sustainable)な森林管理」と定義され、RED III や COP26 でも主要な取り組みとして言及されている。

サーマル利用に関する議論や論文が確認されていないことや、同利用の優先順位について我が国の一般的な考え方とは多少の差異はあるものの、上述の様な森林の炭素貯蔵機能や、持続的な森林管理の重要性については、我が国の「森林・林業白書」でも示されている様に共通し整合するものであると言える。

(本項における参考文献等)

- 1 FAO “The State of the World's Forests (SOFO) 2022”, 2022 年
<https://www.fao.org/3/CB9360EN/online/CB9360EN.html>
- 2 UNFCCC “Third session of the Conference of the Parties (COP 3)”, 1997 年 12 月
<https://unfccc.int/event/cop-3>
- 3 UNFCCC “Seventh session of the Conference of the Parties (COP 7)”, 2001 年 10 月
<https://unfccc.int/event/cop-7>
- 4 UNFCCC “Twenty first session of the Conference of the Parties (COP 21)”, 2015 年 12 月
<https://unfccc.int/event/cop-21>
- 5 UNFCCC “Twenty sixth session of the Conference of the Parties (COP 26)”, 2021 年 11 月
<https://unfccc.int/conference/glasgow-climate-change-conference-october-november-2021>
- 6 Camia A., Giuntoli, J., Jonsson, R., Robert, N., Cazzaniga, N.E., Jasinevičius, G., Avitabile, V., Grassi, G., Barredo, J.I., Mubareka, S., The use of woody biomass for energy purposes in the EU, EUR 30548 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-27867-2, doi:10.2760/831621, JRC122719
- 7 Council of the EU Press release “Council and Parliament strike deal on energy efficiency directive”
<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/03/10/council-and-parliament-strike-deal-on-energy-efficiency-directive/>
- 8 European Parliament “Amendments adopted by the European Parliament on 14 September 2022 on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council, Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council and Directive 98/70/EC of the European Parliament and of the Council as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652 (COM(2021)0557 – C9-0329/2021 – 2021/0218(COD))” (通称 RED III) , 2022 年 9 月
https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2022-0317_EN.html
- 9 Environmental impact assessment of cascading use of wood in bio-fuels and bio-chemicals
Kranti Navare , Wouter Arts, Giorgia Faraca, Gil Van den Bossche, Bert Sels, Karel Van Acker, 2022
- 10 Optimising cascaded utilisation of wood resources considering economic and environmental aspects
Mohammad Sadegh Taskhiri, Harish Jeswan, Jutta Geldermann, Adisa Azapagic, 2019

報告書

カーボンニュートラルに貢献する木材資源リサイクル
～サーマル利用における CO₂削減効果について～

認定 NPO 法人全国木材資源リサイクル協会連合会
カーボンニュートラルワーキンググループ

(2023 年 3 月)