

特集

森と生きる化学工学

森林循環経済

平石 和昭

Forest Circular Economy

1. はじめに

森林は、CO₂を吸収・固定することで、地球温暖化防止に貢献する。その有効利用は、カーボン・ニュートラルの実現に向けて石油、石炭、天然ガスなどの化石資源が使えなくなる中で、化石資源ベースからバイオマス資源ベースの社会経済への移行を促す。特に国産のバイオマス資源の活用は、自給率の向上を通じて日本の経済安全保障に役立つ。地方に多く賦存する森林資源の活用は、林業や木材産業を活性化し、所得や雇用を創出することで、わが国の積年の課題である地方創生を実現する。さらに、森林資源の適切な管理は、山林の浸食防止や崩壊防止、洪水緩和、水資源貯留、水質浄化、森林文化の醸成など、多様な恩恵を国民にもたらす。

日本は、国土の3分の2を森林が占める森林資源大国である。森林の多面的な機能や効果を高度かつ持続的に発揮させるためには、天然林や自然林など多様な森林がバランスよく形成されるよう取り組みを進める必要がある。国が定める「森林・林業基本計画」でも、森林の望ましい姿とその姿への誘導の考え方を示しており、特に自然的・社会的条件が良く、林業に適した森林では、主伐後の植栽による確実な更新により資源の循環利用を推進すると明記している。

しかしながら、日本の林業は、脆弱な林業経営の改善が必要と長年にわたり指摘されているが、一向に改善されていない。プラチナ構想ネットワークは、この状況を打破するためには大きなパラダイムシフトが不可欠と考え、「プラチナ森林産業イニシアティブ」を立ち上げ、会員の99団

体・者と連携して活動を行っている。

その基本的な考え方は、新しく大きな木質バイオマス需要を見せることで供給側（森林・林業）を刺激し、森林・林業の革新（ゲームチェンジ）を引き起こそうというものである。建材やパルプ、燃料などの従来型の需要に加え、新たな需要としては、「バイオマス化学（木質バイオマスのプラスチックなど化成品の原料化）」と「木造都市（非住宅建築物の木造化・木質化）」に注目した。大きな需要を示すことで、他分野からのプレーヤーの参画を含む森林・林業の革新を促し、「森林循環経済（木を伐って→使って→植える）」の実現を目指している。

以下では、「森林循環経済」の重要な3つの要素である「バイオマス化学」「木造都市」「森林・林業の革新」を取り上げ、その考え方や活動の状況を報告する。

2. 石油化学からバイオマス化学への転換

まず注目している木質バイオマスの新規需要は、石油化学からバイオマス化学への転換で発生する需要である。カーボン・ニュートラルの実現に向けて、2050年時点で化石資源はほとんど活用できなくなる。これは燃料としてだけでなく、原料としても同様である。一方で、プラスチックをはじめとする化成品に対する需要は引き続き旺盛であろう。化成品のリサイクル徹底に加え、新規の製造は石油原料から木質系などバイオマス原料（バイオマス原油）からの生産が期待される。経済産業省も、化学産業の製造過程における必要エネルギーの脱炭素化に向けた「燃料転換」に加え、原材料を化石資源からリサイクルやバイオマスにする「原料転換」実現を目指している。

廃プラスチックリサイクルは、国や業界団体がマテリアルリサイクルやケミカルリサイクルを積極的に推進しており、化学会社も積極的に関連技術の開発を行っている。ただし、依然として自治体ではサーマルリサイクルが主体で、廃プラの分別回収が課題となっている。今後の展開では、製油所やナフサクラッカーなど既存の石油化学コンビナート設備の活用や、廃プラ発生源に近いところで小型プラントを整備し、分解油の形状で臨海部の石油化学コンビ



Kazuaki HIRAISHI
1984年 東京大学工学部土木工学科卒業
現 在 一般社団法人プラチナ構想ネットワーク 事務局長
連絡先；〒100-8141 東京都千代田区永田町2-10-3 東急キャピトルタワー9階
E-mail hiraishi@platinum-network.jp

2025年3月27日受理

ナートに輸送することなどが想定される。

バイオマスを化学品や燃料に転換するにあたっては、「糖化・発酵」、「油化」、「ガス化」の3つのルートがある。改質リグニンは、セルロースとリグニンを成分分離し、木質バイオマス資源を有効利用する技術である。これらの様々な転換技術は、化学会社、製紙会社、商社、ベンチャーなどで活発に検討されている。こうしたバイオマス資源活用の技術開発は、コストや化成品の需要などを考慮して選択が進む可能性が高い。紙パルプ工場では、製紙需要の減少に伴う余剰パルプを活用し、既設のプラントでエタノールの製造や化成品を生産する動きがすでに始まっている。

木質バイオマスなどを活用するバイオマス化学は、廃プラリサイクルに比べてバイオマス資源の確保（特に国内木質資源）が課題である。森林資源の供給拡大及び林業・製材施設と化学プラントとの連携が鍵を握る。その際には、輸送時のエネルギーやコストの縮減が必須である。輸送コスト・CO₂排出量の削減の観点で、木質バイオマス資源の発生源にできるだけ近い立地で成分分離・糖化発酵し、エタノールなどの液体の形状で臨海部の石油化学コンビナート

に輸送することが有効と考える。これは森林地域の経済活性化や雇用の拡大にも寄与する。

リサイクルやバイオマス由来の製品は、現時点では石油由来の製品に比較してコストが高い。これらの製品へのユーザーの理解醸成、国による税額控除・公共調達・補助金・カーボンプライシングなどで市場創出を具体的に進めることが必要である。さらに、化学産業の脱炭素化に必要な低価格なグリーン水素の確保を官民で取り組むことも重要である。

3. 木造都市の展開

次に注目する木質バイオマスの新規需要は、木造都市の展開による建材の増加である。木造都市は、「まちの木造化・木質化」と定義している。とりわけ非住宅の木造化・木質化が進めば、大きな需要が期待できる。

我々は、「2050年までに9階建て以下の新規建築物を木造化・木質化する」ことをビジョンとして掲げている。樹木は大気中のCO₂を吸収して成長するが、切り出した樹木

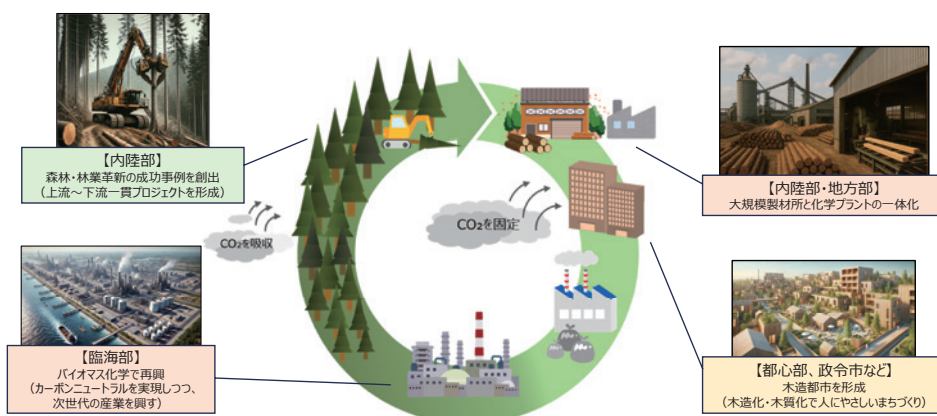


図1 森林循環経済のイメージ（出典：林野庁資料に加筆）

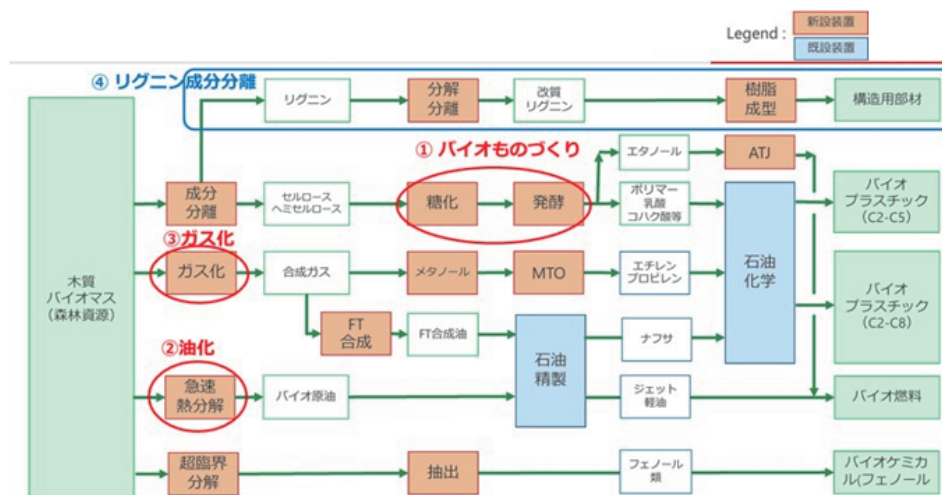


図2 バイオマス変換技術のルート（糖化・発酵、油化、ガス化）
出典：日揮ホールディングス「バイオマス変換技術に対する技術動向」

を建材として建築物に利用すると、吸収されたCO₂のうち木材に残った炭素は建築物の一部として固定化される。山に存在する森林は炭素を固定する「第一の森林」だが、それらを用いた「まち」の木造化・木質化は都市に「第二の森林」を形成することで脱炭素に貢献できる。

木造建築は、CO₂を固定するだけでなく、鉄筋コンクリート建築や鉄骨建築に比べて人や健康に優しい。木は、鉄やコンクリートよりも熱容量や熱拡散率が小さいので、温度の変化の幅が少ない。木は湿度が高くなると湿気を吸収し、逆に低くなると湿気を放出して湿度を一定に保つ「天然の調湿機」である。樹木の発散する芳香はフィトンチッドと呼ばれる殺菌力をもつ物質で、目に見えないダニやカビ、細菌類を抑制する。木材に囲まれた空間は落ち着くと言われており、木造建築は心身の健康や業務の生産性の向上に効果があることも検証されている。

木造都市が目されるようになった背景としては、「技術の進歩」と「政策の後押し」が指摘できる。前者は、接合金物工法やCLT（直交集成材：Cross Laminated Timber）などによる耐震性・耐久性の強化や、木質系耐火部材の開発による耐火性の強化である。後者は、地球温暖化対策計画や住生活基本計画などで木造建築の促進が位置付けられており、建築基準法も木造建築の推進を後押しする改正が行われている。特に、令和3年の通常国会で改正された「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」では、従来の公共建築物に加えて民間建築物を含む建築物一般で木材利用を促進することが宣言され、先進的技術の普及促進や人材の育成、安全性に関する情報提供等が施策化されている。

こうした背景に後押しされ、木造都市が動き始めている。非住宅建築物の木造化・木質化ではいくつかの先進事例がみられる。複数のゼネコンが木造のオフィスビルや商業施設を建設しており、たとえば三井ホームは、「木」を主要構造材に用い、高断熱・高強度・高耐久性能を備えたサステナブルな木造マンション「MOCXION INAGI」を世に

出した。坪賃料は稲城駅周辺マンションの1.4倍だがすぐに満室になっており、中高層木造建築に対する投資の可能性が高いことを示している。

木造建築物単体での建設だけでなく、複数の木造建築物が面的に展開して街区を構成する真の意味での「木造都市」が出現すれば、まちを木造化・木質化するというムーブメントが加速する。我々の次のテーマは、面的に展開する木造都市の実現である。木造都市関連の民間企業、地銀などの金融機関、自治体などと連携し、具体的な案件の形成に取り組んでいる。

4. 森林・林業革新による林業の収益化

このような木質バイオマス需要の拡大をトリガーとし、「森林・林業の革新」を進めることが重要である。日本の森林資源ポテンシャルは大きい、サプライチェーンの上流となる林業の現状は厳しい。林業・製材産業の労働力は減少し、補助金頼みで生業として産業化されていない。森林に人手は入らず、生産力も低下している。こうした課題を解決して林業で持続的な収益化を可能にするため、すでに複数の対応策が提案されており、あとは着実に実行することが求められている。

造林・伐採コストの削減および事業継続性を担保するためには、施業面積の大規模化が鍵を握る。森林経営管理法を活用した林地集約においては、所有者不明森林等への対策が喫緊の課題である。施業面積の拡大のもと、施業計画と併せて林地整備を立案し、着実に整備を進めることが必要である。長期的な林業事業の成立や将来的な二酸化炭素吸収作用の保全や強化に向けては、再造林の推進も不可欠である。さらに、木材需要が拡大していけば、全国規模で従前以上の資金需要が発生し、金融との連携もますます重要になる。森林CO₂クレジットは国内外での取引実績があり、今後は木材生産とともに林業事業の重要な収益源となる可能性を持つ。



図3 森林資源フル活用事業モデル（出典：プラチナ構想ネットワーク）

2021年	用途計	建築用材	パルプ・チップ	燃料材	その他	石油化学
国産	3,370	1,750	470	940	210	原油由来ナフサ 1,300万kl
輸入	4,830	1,900	2,400	530	0	輸入ナフサ 2,600万kl
合計	8,200	3,650	2,870	1,470	210	合計 3,900万kl
2035年	用途計	建築用材	パルプ・チップ	燃料材	その他	化学産業需要バイオマス
国産	6,405	3,210	470	1,280	※200	1,245 (新規)
輸入	3,790	1,070	2,400	320	0	【上振れ：リサイクル不足】
合計	10,195	4,280	2,870	※1,600	※200	【下振れ：建築廃材、CCUS】
2050年	用途計	建築用材	パルプ・チップ	燃料材	その他	化学産業需要バイオマス
国産	13,950	5,130	2,870	※1,600	※200	4,150 (新規)
輸入	0	0	0	0	0	【上振れ：リサイクル不足】
合計	13,950	5,130	2,870	※1,600	※200	【下振れ：建築廃材、CCUS】

2050年森林潜在供給量：14,000～17,900
 (単位：万m³ 2021年値は木材需給表「※」は森林・林業基本計画における2030年目標値)
 輸入削減効果 (木質資源：1兆円、原油・ナフサ：2兆円、鉄鉱石・原料炭：0.6兆円) + スギ花粉対策効果：1.1兆円 (政府見解より)
 (出所資料記載のない図表、数値はプラチナ構想ネットワーク作成)

日本全体の
10%に当たる
約1億t-CO₂
のCO₂削減
及び
4.7兆円の
直接経済効果
を試算

図4 森林資源フル活用の将来像 (出典：プラチナ構想ネットワーク)

今こそ、森林・林業の革新に向けて動き出す時である。我々は、2050年に現状の4倍程度の国産材生産を目指し、森林資源をフル活用する事業モデルを提案した。大規模施業、主伐・再造林のサイクルと生産した素材の全量を買取る「ストックヤード」をベースに、「儲かる林業」の標準型事業モデルを提案している。地域や範囲の検討に当たっては、経済・生産合理性、集材効率（運搬手段）、集材・選木・加工コスト、地域需要量、需要家までの距離、CO₂排出量等の諸要素を考慮した。

本モデルの核として10万m³/年を原木集材（全量買取）するストックヤードを設定した。ヤードを中心に、森林面積250ha/年を基準とした40年サイクルでの主伐・再造林を提案している（1サイクル当たり10,000ha）。

上記に示したバイオマス化学や木造都市との連携に向け、ストックヤード隣接地での製材・チップ工場の設置やチップから液化等一次加工する化学プラントの併設も期待される。本モデルを踏まえた社会実装に向けた取り組みとして、富山県西部では事業検討協議会が立ち上がり、ケーススタディのフェーズに入った。本取り組みを皮切りに、今後全国での展開を図っていく。

5. 森林循環経済の効果

上記の展開を想定し、木質バイオマスの需給やその効果を試算してみた。バイオマス化学や木造都市の進展で木質バイオマス需要は大幅に拡大する。さらにパルプ・紙用材や燃料材なども加えると、2050年時点の国内需要合計は1億4,500万m³/年程度となり、現在の約2倍となる。一方で、2050年には、人工林だけでも1億4,000万～1億7,900万m³の供給が可能であり、需要の増加は国内の森林資源でカバーできる。

こうした一連の取り組みにより、2050年時点で、化成品

製造が原油由来のナフサからバイオマス資源原料やリサイクルに置き換えることで9,000万t-CO₂、木造都市の展開で鉄やセメントの資源が木質資源に代替されることで1,000万t-CO₂、合計約1億t-CO₂のCO₂排出削減が見込まれる。これは現在の日本のCO₂排出量の約1割に相当する。森林によるCO₂吸収量は、主伐・再造林を現在の3倍のペースで実施し、かつそのすべてを早生樹で再造林すれば、現在よりも約600万t-CO₂増加する。

森林循環経済の実現で経済効果も期待される。国内資源のフル活用とリサイクルの推進で、石油資源、木質資源、鉄などの輸入が減少し、3.6兆円分の資源輸入削減効果がある。輸入削減分は国内に投資される。林業が活性化し、さらに森林資源から国産建材や国産ナフサが生産されることで、国内の林業や化学産業、建材・建設業等で輸入削減分と同等の3.6兆円の付加価値が生じる。また、従来の3倍のスピードで伐採・再造林を進めるに伴うスギ花粉対策の効果は極めて大きく、既往調査を踏まえれば1.1兆円程度の経済効果が生じると考える。合計すると2050年時点で4.7兆円の直接的な経済効果（付加価値増）があると試算する。

6. おわりに～迅速に実行し、ムーブメントをつくり、世界にモデルを示す～

本ビジョンの実現に向け、民間企業は本ビジョンで掲げる3つの戦略に主体的・積極的に取り組むべきと考える。国民も本ビジョンにご理解いただき、バイオマス資源由来製品の積極的利用とリサイクルの推進をお願いしたい。そして政府には、本ビジョンに基づく企業や国民の活動への支援を期待する。

地球温暖化問題は人類全体の深刻な課題である。日本が先陣を切って森林資源のフル活用を実践し、世界にそのモデルを示していきたい。