

2024年度 油脂産業論文

持続可能な社会づくりへの油脂産業の貢献

～「“シン林业” 地方共創構想」持続可能な日本の未来を創る～

花王株式会社
スキンケア研究所

イケガキ シンイチ
生垣 信一

ヒューマンヘルスケア研究所

アオヤマ ヒロシ
青山 寛

ヒライシ マキコ
平石 牧子

<目次>

はじめに	1
第1章 日本の森林の現状と課題	
1-1. 荒廃した森林の蓄積	3
1-2. 森林の木質バイオマス活用における課題	5
第2章 森林資源からの油脂生産	
2-1. 日本の森林の課題を解決するための着眼点	6
2-2. 森林資源からの油脂生産が油脂産業にもたらすもの	8
第3章 広域地域（地方）単位でのシン林業構想	
3-1. シン林業構想とは	8
3-2. コンソーシアム設立と参入組織による高度連携	10
3-3. 高品質な木材生産と林業人口増加による林業活性化	11
3-4. 森林資源を用いた中山間部での油脂生産	12
3-5. 広域地域（地方）単位での実施	12
第4章 シン林業構想の実現に向けて	
4-1. シン林業構想のロードマップ	12
4-2. モデル地域での実証実験	13
4-3. モデル地域での事業化	14
4-4. シン林業構想の拡大および今後の展望	17
おわりに	19
注釈	21
参考文献	24

はじめに

日本は、食糧自給率が熱量ベースで約40%¹⁾、エネルギー自給率が約10%²⁾という自給率が低い国であり、世界規模の有事の際は資源の安定確保が難しくなると言われている。昨今の感染症拡大や世界情勢の地政学的なリスクの高まりは、まさに世界規模の有事と言え、持続可能な日本への転換は待ったなしの状況である。そのような日本で持続可能な社会を実現するには、①日本国内に眠る資源（潜在資源）を有効活用すること、②潜在資源を複数の産業で有効活用し、各産業が必要な資源や素原料を生み出しながら連携すること、③生み出した資源や素原料について、日本国内でも適切な地域単位での地産地消を考え、その地域単位での産業、社会の活性化を図ること、の3つが重要ではないかと我々は考えている。

そこで着目したのが日本の森林資源である。国土の約3分の2を占める日本の森林は、近年では林業の衰退等に伴い、荒廃した森林としてさらに増え続け、副次的に花粉症³⁾、獣害⁴⁾、土砂災害⁵⁾といった早急に解決すべき社会課題も生んでいる。ヨーロッパ諸国にはドイツやフィンランド等、日本と国土面積や森林面積が類似している国が複数ある。しかし、これらの国と日本を比べると森林蓄積^{注2)}は大差ないが、年間伐採量と森林成長率^{注3)}は日本のみが著しく低い（図1）⁶⁾。この違いは、地球温暖化が強く叫ばれるようになった1990年代頃から、ヨーロッパ諸国では中山間地域における持続可能な経済の基礎として林業・木材関連産業を位置づけ、国家として様々な対策を進めてきたのに対し、日本は相当する対応ができなかったことに原因があると言われている。したがって、日本も本来は林業・木材関連産業が国家経済を支える産業となるポテンシャルがあつて然るべきで、悪化し続ける現在の日本経済の立て直しに大きく貢献できるはずである。

	日本	フィンランド	スウェーデン	ドイツ	オーストリア
人口	1億2,700万人	522万人	918万人	8,231万人	840万人
国土面積	3,780万ha	3,380万ha	4,116万ha	3,570万ha	810万ha
森林面積	2,512万ha (人工林は約 1,000万ha)	2,000万ha (生産林)	2,753万ha	1,057万ha	400万ha (内経済林は 336万ha)
蓄積量 ^(*)	40億m ³ ----- 159m ³ /ha	21.8億m ³ ----- 110m ³ /ha	31.6億m ³ ----- 115m ³ /ha	33.9億m ³ ----- 317m ³ /ha	10.9億m ³ ----- 325m ³ /ha
年間成長量 ^(*)	n.a. ----- n.a.	9,700万m ³ ----- 4.8m ³ /ha	12,967万m ³ ----- 4.7m ³ /ha	14,587万m ³ ----- 13.8m ³ /ha	3,135万m ³ ----- 9.3m ³ /ha
年間伐採量 ^(*)	1,600万m ³ ----- 0.63m ³ /ha	5,800万m ³ ----- 2.9m ³ /ha	9,870万m ³ ----- 3.6m ³ /ha	6,229万m ³ ----- 5.9m ³ /ha	1,914万m ³ ----- 5.7m ³ /ha
所有構造	民有林：1,700万ha 国有林：780万ha	個人所有林： 1,200万ha 会社所有林：184万ha 国有林：520万ha	民有林：2,200万ha 公有林：550万ha	国有林：359万ha 公有林：211万ha 私有林：486万ha	民有林：291万ha 連邦林：44.5万ha

(※注) 上段：合計値、下段：各国の国土面積あたりの量
資料：各種資料より三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

図1 日本とヨーロッパ主要国との森林・林業概要の比較

(出典：相川，『季刊 政策・経営研究』，2008) ⁶⁾

こうした日本において、現状の林業が単独で取り組むだけでは荒廃した森林を再活性化することは到底不可能である。林業・木材関連産業と競合しない形で森林資源を有効活用することができる産業パートナーと協働することが望ましく、それが可能な産業の1つに油脂産業が挙げられる。樹木を含む木本ならびに草本由来の木質系バイオマス^{注4}原料は油脂へ変換できることが知られており⁷⁾、豊富な国内の森林資源から新たに油脂を確保できることは、油脂自給率約12%⁸⁾の日本にとって活路となり得る。しかし、森林資源由来の油脂を持続可能な資源として確保するには、広範囲に存在する森林の計画的な活用が必要である。また、林業は中山間地域で行われるが、木材加工産業は原料となる木材の約6割を輸入に頼っているため⁹⁾、製材・合板工場は沿岸部に多く存在している(図2)。したがって、広域地域や地方単位でこれらの取り組みを行う必要がある。

以上の観点を踏まえ、今回我々は持続可能な社会づくりのモデルとして、広域地域を活動単位とし、油脂産業と林業の共創により地域の森林を保全しながら各産業の資源を確保し、同時に地域への資源・利益の還元による地域活性化を行う構想(“シン林業”地方共創構想、以後「シン林業構想」と呼ぶ)を提案する。そして、シン林業構想が全国各地域に展開されることで将来的に日本全体の環境の保全と日本経済の活性化を目指す。

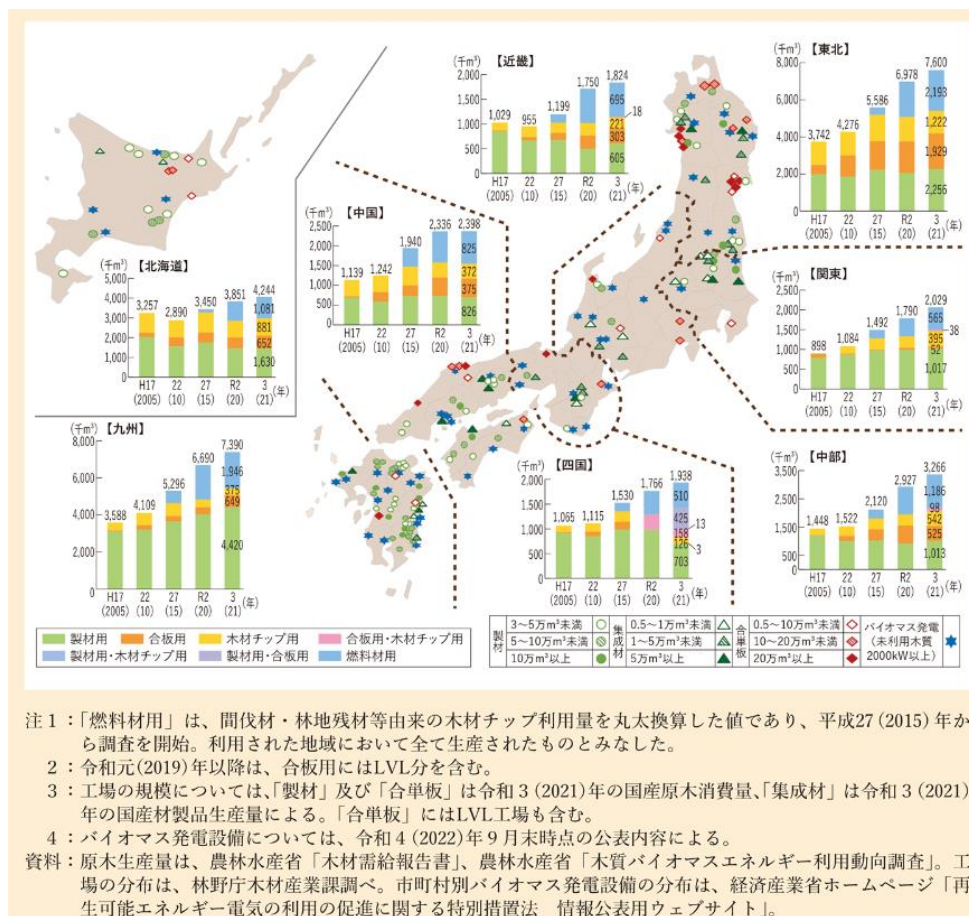


図2 日本の木材関連産業の拠点

(出典: 林野庁「令和4年度 森林・林業白書」)

第1章 日本の森林の現状と課題

1-1. 荒廃した森林の蓄積

江戸時代から高度成長期まで、林業は日本を支える重要な産業の1つとされてきた。古来、日本では森林に木を植え育て、伐採して木材利用することが定着しており、単に伐採するだけでなく、伐採量に応じた植樹や森林保全といった手入れを行うことで林業は発展してきた。

ところが、1970年代をピークに日本の林業は衰退する(図3-a)。担い手の高齢化、木材輸入自由化後の品質・加工に対する国産木材の需要低下・採算性の悪化などで林業従事者が減少し、高度成長期に大量植林され伐採に適した樹齢を過ぎた人工林が手入れされずに放置され続けることで森林は荒廃し、今では毎年約8,000万m³ずつ森林が蓄積されている状況である(図3-b)。適切な手入れのない森林は、土

壤の保全機能を失うことで起きる大規模な土砂災害⁵⁾や、植物が育たずクマなどが人里まで下りてしまう獣害⁴⁾、花粉放出期のスギが大量に放置されることによる花粉症拡大³⁾といった、大きな社会課題も引き起こしている。したがって、荒廃森林の蓄積をこれ以上進行させないためにも、適切な手入れで森林を管理することが必要とされている。

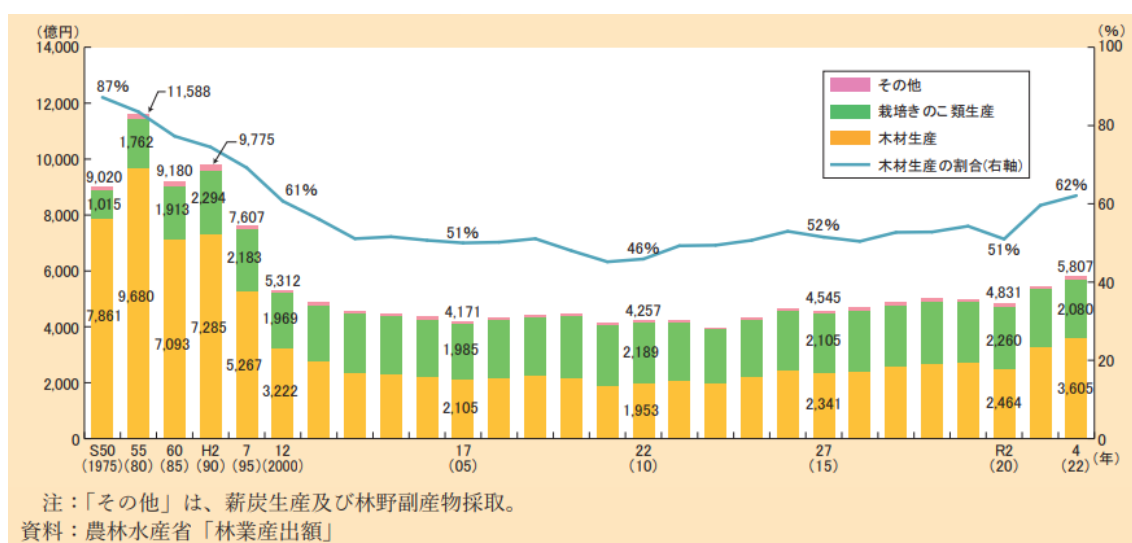


図3-a 日本の林業産出額の推移

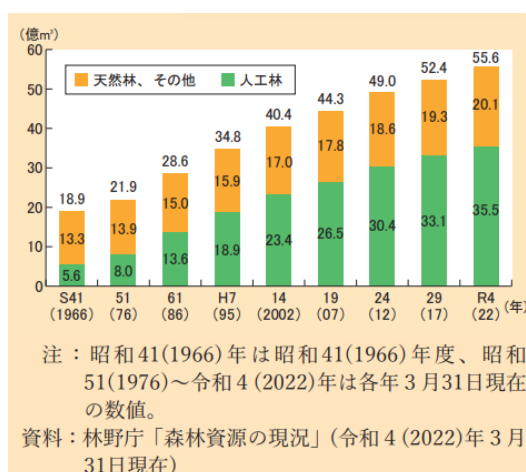


図3-b 日本の森林蓄積の推移

図3 日本の林業および森林蓄積の推移
(出典：林野庁「令和5年度 森林・林業白書」)

1-2. 森林の木質バイオマス活用における課題

2016年に閣議決定された「森林・林業基本計画」¹⁰⁾では、林業の整備（国産材の供給体制構築、新たな木材需要の創出）とともに、木質バイオマス利用で炭素の貯蔵・二酸化炭素排出の削減を行い、地球温暖化防止や低炭素社会^{注5)}の構築を推進することが提示された。

中でも木質バイオマス発電は、再生可能エネルギー^{注6)}の固定価格買い取り制度（FIT）^{注7)}を利用する新規参入事業者が増加し、2022年3月時点でFIT認定を受け稼働している木質バイオマス発電施設は180か所に達した¹¹⁾。しかし、最近の報道では撤退や計画中止となる施設が相次いでいる¹²⁾。その原因のほとんどは、国による発電量の目標値の大幅引き上げによって生じた発電燃料の不足とそれに付随する採算性の悪化にある。また、この発電燃料には国内材（廃材・林地残材^{注8)}）、輸入材（木質ペレット・パームヤシ殻）が用いられるが、各々に特有の撤退・中止の原因がある。国内材特有の原因としては、自治体規模での発電の地産地消を掲げたが対象自治体の森林のみで燃料を賄えないケース¹³⁾、残材のみでは足りずに無計画な伐採が行われたケースなどがある。輸入材特有の原因には、伐採・加工・輸送でのCO₂排出量を含めた場合のカーボンニュートラルに対する疑念や、日本の発電燃料のために海外の原生林・熱帯雨林が破壊されることへの反対、燃料燃焼時の排ガス・臭気に対する地元住民からの反発などがある^{14), 15)}。いずれにしても木質バイオマス発電は相次ぐ撤退でなかなか伸長できておらず、持続可能な森林資源活用には程遠いのが実情である。

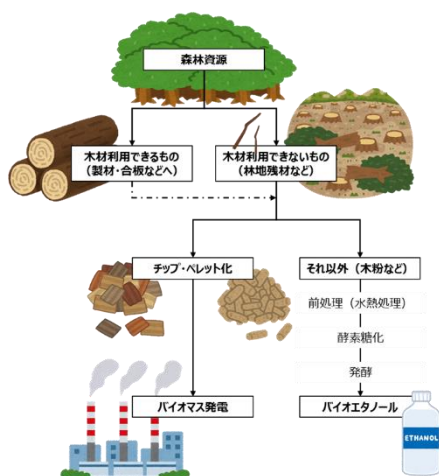
一方、木質バイオマスの他の活用方法として、ガソリンの代替としても期待されるバイオエタノール^{注9)}がある。既存のバイオエタノールは食用バイオマス^{注10)}に依存するため食品との原料競合が課題であるが、木質バイオマスは非可食であり、木質バイオエタノールは次世代型として一層期待されている。ただ、バイオエタノールはガソリン等の化石燃料と比べると燃費が落ちるため、既存の食用バイオマス原料で大規模製造を行っているアメリカやブラジルでさえ製造コストが高い¹⁶⁾。日本はバイオエタノールの製造規模が小さくスケールメリットがない分、コストが更に高くなることは必至であり、そのうえ木質バイオマスからバイオエタノールを量産する方法もまだ確立されておらず、森林資源を安定的にバイオエタノールへ転換していくことは難しいと言える。

第2章 森林資源からの油脂生産

2-1. 日本の森林の課題を解決するための着眼点

日本が抱える荒廃森林の蓄積とそれに伴う社会課題の解決には、国も認識しているように、適切な植栽・間伐・伐採による森林保全を行い、林業を持続発展させるとともに、森林の手入れによって生まれる廃材・林地残材を有効利用することが必要である¹⁰⁾。ただ、上述のように木質バイオマス発電やバイオエタノール生産といった従来型の森林資源のカスケード利用^{注11)}では森林資源の持続可能な利用に至っていないのが現状である。そこで我々は、「油脂生産を中心とした森林資源のカスケード利用」(図4)が現状を打開できるのではないかと考えた。

従来の森林資源のカスケード利用



油脂生産を中心とした森林資源のカスケード利用

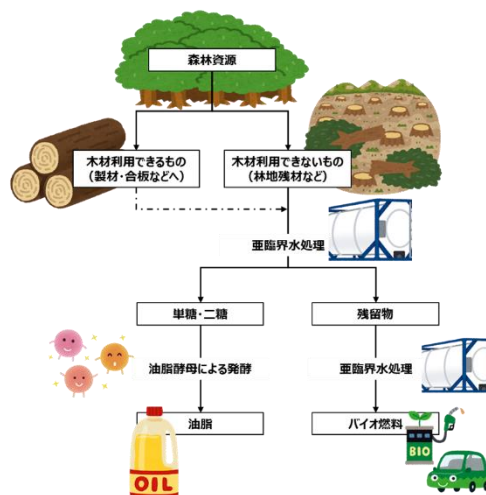


図4 油脂生産を中心とした森林資源のカスケード利用

この油脂生産のポイントは2つあり、1つは油脂酵母^{注12)}を用いて油脂を生産することである。油脂酵母による油脂生産は、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）のプロジェクト「カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発」において、短期間で世界トップレベルのパーム油代替油脂の生産量を確保できることが見出されており¹⁷⁾、油糧作物^{注13)}の代替生産技術として期待されている。もう1つは有機物の亜臨界水処理により森林資源を加工することであり、これはシン林業構想の油脂生産において最も重要な点である。亜臨界水処理技術

とは、高温・高圧領域で高速加水分解反応により有機物を効率的に分解・反応させることによって、バイオマスや有機廃棄物を資源利用する技術である¹⁸⁾。亜臨界水処理は、短時間で水のみで反応が進行するため環境負荷が少なく、廃材や残材もある程度の粉碎により丸ごと処理することができる特徴がある。

これらの技術を用い、森林資源を亜臨界水処理し、得られた単糖・二糖類^{注14}を油脂酵母に資化させることで油脂を生産する¹⁹⁾。油脂酵母の中には *Lipomyces starkeyi* のように不飽和脂肪酸^{注15}含有率の高い油脂を効率的に産生するものがある²⁰⁾。オレイン酸^{注16}等の不飽和脂肪酸は植物油の中でも重要な成分であり、食用油として油脂のまま利用されることも多いため市場での流通量は少なく貴重であるが、この方法であれば森林資源から利用価値の高い不飽和脂肪酸を多く含む油脂を新たに獲得することが期待できる。また、亜臨界水処理による単糖・二糖類生産後の残留物をさらに分解すると、バイオ燃料（バイオオイル・バイオガス・チャー等）^{注17}が得られる。バイオ燃料は石油代替燃料と言われ、シン林業構想においても各種エネルギー源として活用が期待できる（図5）。

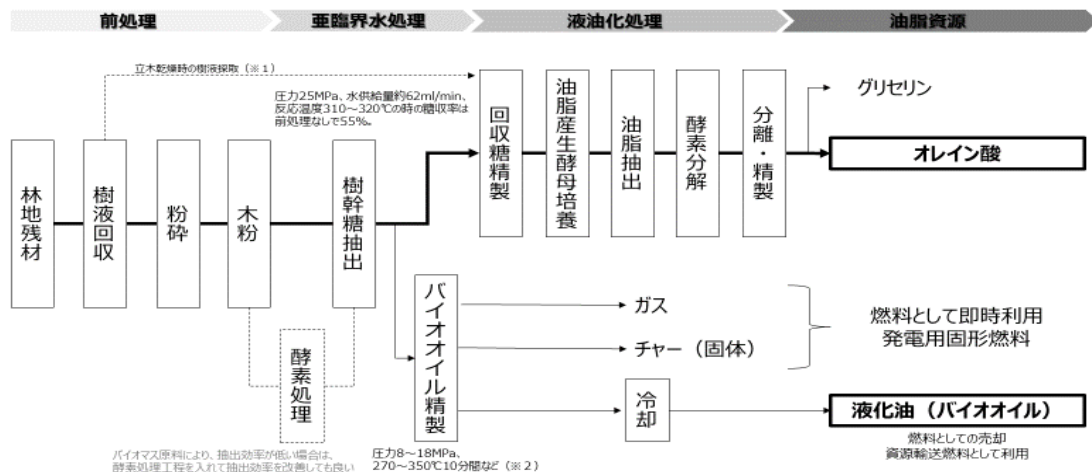


図5 亜臨界抽出技術を活用した油脂資源化プロセス例

出典

※1：1つの例として棍本式立木乾燥法, 奈良新聞 (2008年6月3日付)

※2：松村幸彦, 日本燃焼学会誌, Vol. 47, No. 139, p. 25-30, 2005

森林資源を亜臨界水処理し油脂・バイオ燃料を生産することで、従来の木質バイオマスに比べ、以下の3つのメリットが生まれる。まず、亜臨界水処理技術は環境負荷が低く、排ガスや臭気の問題はほぼ起きない。次に、亜臨界水処理技術は糖やバイオ燃料生産後に発生する残渣・廃棄物が極めて少なく、森林資源を有効に使い切ることができる。最後に、亜臨界水処理技術はさほど大きな設備は必要なく、処理条件も糖抽出とバイオ燃料生産ではほぼ同条件での生産が可能であるため非常に効率的である。特に中山間部に撤退した木質バイオマス発電設備が放置されている場合には、その建屋を油脂・バイオ燃料生産拠点として活用することも可能である。これらのことから、森林資源からの油脂・バイオ燃料生産は、従来の木質バイオマスの課題を解消できる新たな木質バイオマス活用方法になり得るのではないかと考える。

2-2. 森林資源からの油脂生産が油脂産業にもたらすもの

日本は油脂供給において、こめ油以外のほぼ全量を輸入に頼っているのが現状であり、世界的にリスクが多発している中、油脂産業としては安定的な油脂資源の確保は喫緊の課題である。そのため、日本に豊富に存在する森林資源を新たな油脂資源として利用できることは油脂自給率向上にもつながり、意義がある。また、油脂酵母によって産生される油脂はオレイン酸等の不飽和脂肪酸を多く含む。不飽和脂肪酸を多く含む油脂はその健康に対する効果や化学的特性から様々な分野で広く利用され、非常に価値が高い。例えば、国内の油脂消費の80%²¹⁾を占める食品産業を始め、化学工業では界面活性剤や潤滑油、塗料やインク、プラスチック等に、また製薬や化粧品分野では薬物のキャリアや皮膚吸収促進剤に、さらにはバイオディーゼル燃料^{註18)}にも利用されている。したがって、国内の森林資源の利用と油脂酵母によって、不飽和脂肪酸の豊富な油脂を安定的に供給できることは、日本を支える様々な分野の産業に恩恵を与えることにつながり、持続可能な日本社会の実現に貢献すると考える。

第3章 広域地域（地方）単位でのシン林業構想

3-1. シン林業構想とは

我々が提案するシン林業構想は、広域地域を活動単位とし、森林資源からの油脂生産を中心とした森林資源のカスケード利用によって、地域の森林を保全しながら油脂産業・林業の資源を確保し、地域への資源・利益の還元による地域活性化を行う構想

(図6) であり、主に以下の4つの要素により構成される。

- 1) 油脂産業関連企業と林業関連企業、森林組合、地方森林管理局、周辺自治体、地域産業とでコンソーシアムを形成し、広域地域の森林の保全を行いながら、安定的に木材加工用原料、油脂生産用原料を確保できる管理体制を構築する。さらに、各参入組織の強みを生かした高度連携を進める。
- 2) コンソーシアムによる森林の保全や植栽・伐採工程の管理により、品質の高い木材を生産し、林業従事者を増やすことで、林業の再興を加速させる。
- 3) 既存の林業関連拠点・設備、林業輸送網の活用により、中山間部に油脂生産拠点を構築し、木材生産や森林保全の段階で発生する森林資源を原料に、環境負荷の少ない亜臨界水処理技術と油脂酵母を活用することによって油脂を生産する。
- 4) これら1)～3)を複数の中山間部を含む広域地域(地方)単位で実施し、地域雇用の拡大、従来の輸送網を活用した物資・人の往来の増加による地域活性化へつなげる。また、3)で副次的に得られるバイオ燃料を中山間部の林業・油脂産業拠点でのエネルギーや輸送時の燃料として地産地消する。

以降、これらの要素ごとの詳細を述べる。

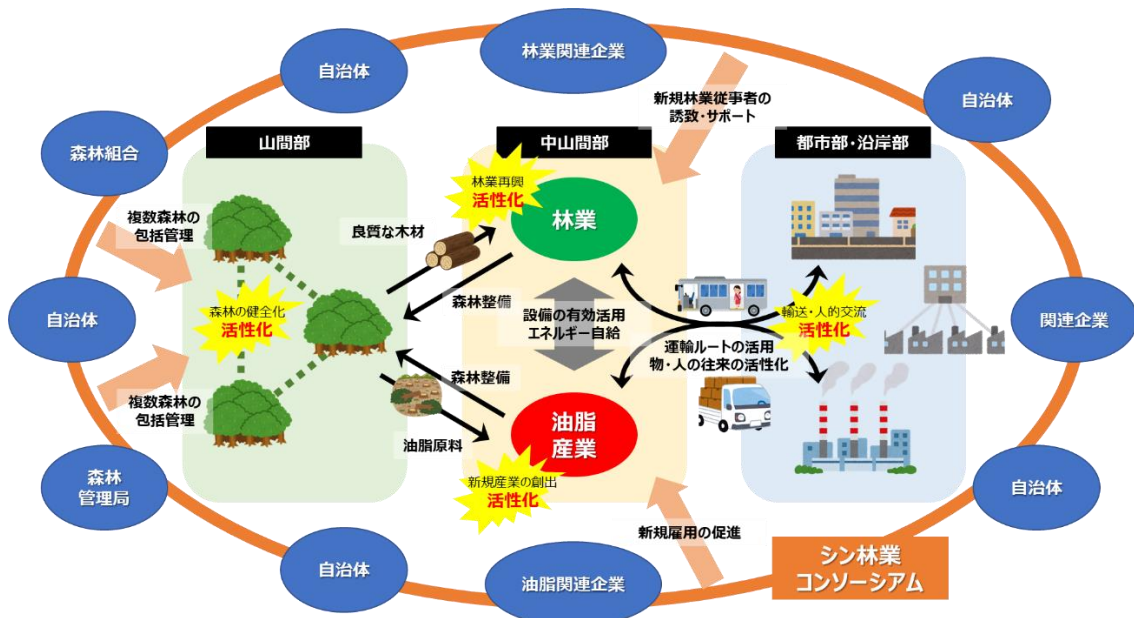


図6 『シン林業構想』イメージ図

3-2. コンソーシアム設立と参入組織による高度連携

シン林業構想では、持続的に林業と油脂産業の原料を確保しながら森林を保全する必要がある。例えば森林資源を原料とする製紙業においては、製紙メーカーと林業メーカー、地方森林管理局で協定を結び、一定面積の森林を製紙メーカーの社有林として管理し、製紙原料用木材を安定確保しながら、2割程度を環境林^{注19}として生物多様性に配慮した森林保全を行っている²²⁾。シン林業構想においても同様に、油脂産業関連企業と林業関連企業、森林組合、森林管理局、地方自治体、地域産業などでコンソーシアムを形成し、全国の一定面積の森林の状況を包括的に管理して、林業・油脂産業の原料を安定確保できるような計画的な森林保全や環境保護を進めていくことが重要である。また、コンソーシアムでは、各産業単独では成し得ない連携のメリットを生む運用が必要となる。コンソーシアムと各参画組織との関係を図7に示す。

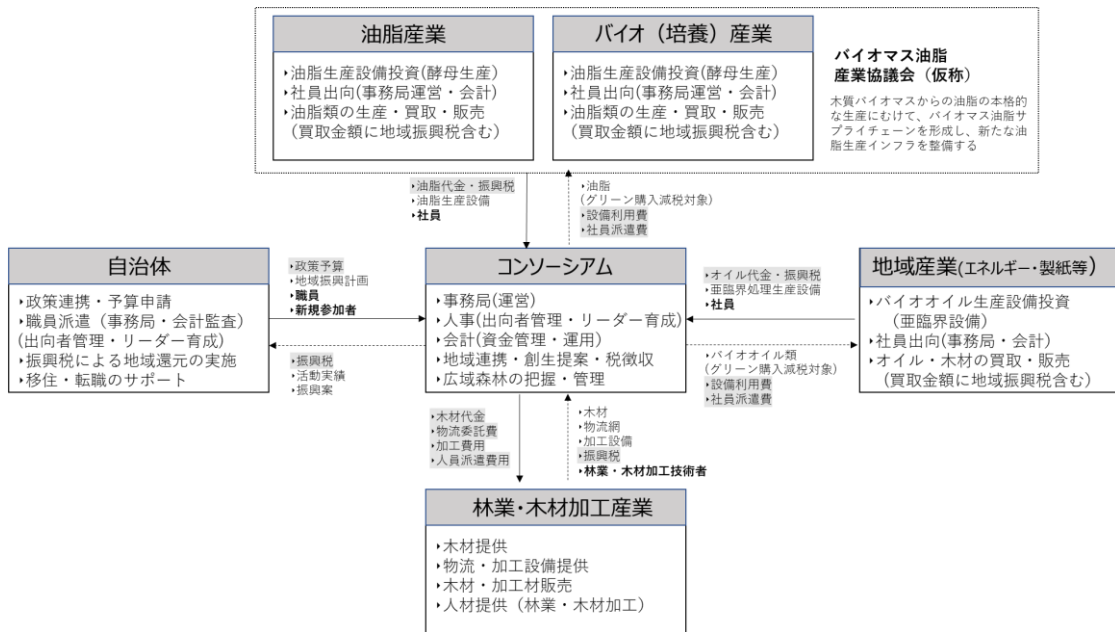


図7 シン林業コンソーシアムにおける各参画組織の関わり方

各参画組織はコンソーシアムにおいて自組織が達成したいこと（例えば油脂産業であれば森林資源からの油脂産生）への投資を行うとともに、コンソーシアムに対し一定の金銭投資、もしくは人材派遣による人的投資を行う。各参画組織から集まった資金と人材をコンソーシアムの基盤組織に集約し、各参画組織の強みを生かした連携を

目指す。例えば、自治体は職員を派遣して新たに林業従事を目指す若者の募集・移住斡旋を行い、林業は職人を派遣して移住者の林業従事者としての育成を行う連携や、地域エネルギー産業が従来のバイオマス発電設備をバイオ燃料生産設備へと改築する費用を負担する代わりに、コンソーシアム地域内のエネルギー源として参画者価格で購入したバイオ燃料を使用できるという連携である。

3-3. 高品質な木材生産と林業人口増加による林業活性化

シン林業構想とは、単に森林資源を油脂生産に使うことではなく、かつて日本の重要な産業であった林業を再興させることでもある。林業の再興には、木材の高品質化と林業人口の増加の二面から取り組みを行う。日本の林業衰退の要因の1つとして、狭い山地に人工林が密集するために木材が細く曲がりやすく、品質面で海外木材に敵わず国内木材の需要が減少したことが挙げられる²³⁾。そこで、シン林業構想ではコンソーシアムが森林を一元管理し、樹木1本ごとの生育状況やサイズを非接触で計測できる森林DX技術等^{24), 25)}を活用することにより、木材として育てるべき木を選抜し、その周辺の木々を除去する。これにより、選抜された樹木は太くまっすぐで高品質な木材として出荷することができる。この過程で得た間伐材や廃材は、従来の用途である木質ペレット（バイオマス発電燃料）への加工、もしくはシン林業構想の油脂生産の原料として利用可能である。

また、林業人口の増加についてはコンソーシアムが森林管理することで、2つの働きかけができると考えられる。1つは、従来の家族経営型林業における林業従事者の高齢化による林業人口減少に対する、雇用型林業従事者の安定確保の推進である。もう1つは、これまで林業に不向きとされてきた規模の小さな森林における新規の自伐型林業^{注20}従事者の募集とその支援である。昨今、林業があまり行われてこなかった中山間部（一例として島根県津和野町）で、林業未経験の若者を移住者として支援しながら、自伐型林業のリーダーとして育て、さらに次世代の林業従事者の育成につながる動きが増えている^{26), 27)}。このような取り組みを活用し、新規林業参入者の障壁となりやすい森林管理技術の継承についてはコンソーシアムが支援することで、参入しやすい環境を作る。そしてゆくゆくは、資源立地が基本の木材関連産業が沿岸部から中山間部に集積していくことも期待したい。

3-4. 森林資源を用いた中山間部での油脂生産

森林資源から油脂を生産する方法については、2-1. にて述べた。ここでは中山間部で油脂を生産するメリットについて述べる。現在、油脂はそのほとんどを輸入に頼っているため、油脂関連工場はほぼ沿岸部に存在する。シン林業構想では中山間部に油脂生産拠点を設けるが、中山間部で森林資源を油脂やバイオ燃料に加工することは大量の廃材・残材を沿岸部まで輸送してから処理するより効率がよい。また、中山間部で生産した油脂を沿岸部の既存油脂関連工場に輸送する際、林業が以前から有している沿岸部への輸送網が使える、新たな輸送ルートを開拓しなくても油脂を沿岸部に輸送できる。さらに木材との同時運搬もできればより効率的な輸送が可能となる。そして、油脂生産時に副次的に得られるバイオ燃料を輸送時の燃料として使うことも可能であり、中山間部で油脂・バイオ燃料の生産を行うことは他の木質バイオマス構想と比べてもメリットが大きいと言える。

3-5. 広域地域（地方）単位での実施

シン林業構想は日本の8地方区分^{注21}に相当する広域地域を1つの活動単位とすることを想定している。活動単位を自治体レベルで区切ってしまうと、1-2. のバイオマス発電の事例のように森林資源の持続的な確保が困難になる恐れがある。そのため、広域地域にある複数の森林を包括管理し、森林保全と森林資源の安定供給を計画することが必要である。またシン林業構想は、単なる林業と油脂産業の活性化に留まらず、最終的には地域全体での物資や人の交流、資源の地産地消といった地域の活性化まで実現できてこそ、持続可能な社会づくりになると考えている。そのため、中山間部のみならず都市部や沿岸部も含めた広域地域での実施が必要である。地域全体の交流の例としては、近年過疎部を中心に取り組まれている貨客混載^{注22}を活用しながら、中山間部同士や都市部とをつなぐ木材・油脂輸送網で地域公共交通を確保することや人的交流を促すことが考えられる。また、資源の地産地消としては、油脂生産時に得られるバイオ燃料でシン林業構想における各生産拠点のエネルギーや輸送時の燃料を賄うことが考えられる。

第4章 シン林業構想の実現に向けて

4-1. シン林業構想のロードマップ

シン林業のような多様な連携を伴う新しい取り組みの実現には、いきなり大規模に一から始めることは難しい。特に、構想の中心となる中山間部は過疎化の傾向にあり、人的にも予算的にも推進のハードルが高いと考えられる。そこで、シン林業構想を新規の木質バイオマス活用手法と捉え、農林・バイオマス関連の支援や融資を利用して初期投資を抑えながら段階的に規模を拡大することで実現を目指す（図8）。

- 1) モデル地域でコンソーシアムを設立し、小規模な実証実験を行う
- 2) 実証実験での課題を解決し、モデル地域全体での事業化を行う
- 3) モデル地域での実績を全国へ広め、各地方でのシン林業構想の展開を目指す以降、各段階について詳述する。

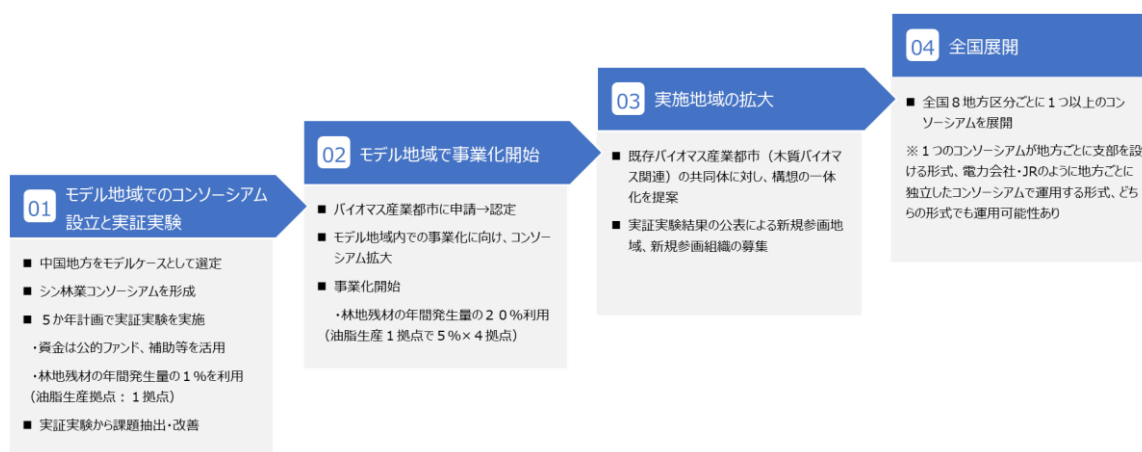


図8 『シン林業構想』のロードマップ

4-2. モデル地域での実証実験

モデル地域選定は、吉村らの報告²⁸⁾を参考にした。これは中山間地域のバイオマス利用について、中国地方の市町村単位のバイオマスタウン^{注23)}の機能を集約しネットワーク化させたケーススタディである。中国地方は山地が多く、従来から林業の流通網が確立されており、林業の加工業者・輸送拠点・木材専用の港湾設備があり、中山間部のバイオマス発電設備も整備されている。さらに、流通の拠点となる沿岸部・都市部も中山間部から比較的近く、シン林業構想においても必要機能が十分揃っており、モデル地域に適していると考えた。

実証実験は5か年計画で実施し、木質バイオマスとして年間発生量の1%にあたる

林地残材を利用する規模で実施する。林野庁は木質バイオマスにおいて林地残材の年間発生量の30%を利用することを目標に掲げている²⁹⁾。中国地方は約30万t/年の林地残材が発生しているため³⁰⁾、最終的なシン林業構想での森林資源活用の目標最大値は約9万t/年となるが、既に木質バイオマス発電などに利用されている例もあるため、約6万t/年規模での事業化が妥当と考えられる。実証実験では油脂生産を1拠点で実施でき、かつ初期設備投資を抑えるため、約0.3万t/年(年間発生量の1%)の林地残材利用で運用する。実証実験の初期投資には、グリーンファンド^{注24)}や農林漁業施設資金(バイオマス利活用施設)^{注25)}等の助成や融資を活用する。実証実験では事業化に向けて1年ごとに課題抽出と改善を進める。

4-3. モデル地域での事業化

実証実験後、モデル地域である中国地方全域に規模を拡大し事業化を進める。事業化にあたり検討が必要なのが、森林資源最大活用時の油脂生産のコスト試算、事業化に向けたコンソーシアムの体制、地域への貢献の見積もりである。

まず油脂生産について述べる。森林資源を最大限活用する場合、前述のように中国地方全体で約6万t/年規模の林地残材活用が妥当だが、これを実証実験の1拠点のみですべてを賄うことは難しい。原料・製品の輸送コストとのバランスを考慮すると、輸送を半径50km圏内で実施するとよい²⁸⁾ため、東西400km、南北100kmの中国地方では油脂生産拠点を4拠点設置することを想定する。すなわち1拠点あたり実証実験の5倍(約1.5万t/年)規模となる。農林水産省の「食品等のリサイクルの新たな展開を目指す亜臨界水処理技術の導入検討」における事業試算³¹⁾を参考に、4拠点(中国地方全域)での油脂・バイオ燃料それぞれの生産量を図9に、収支試算結果を別表に示す。木材からの糖回収率や油脂酵母による油脂変換率を考慮すると、約6万tの木材から約0.26万tの油脂が生産される。これを価値の高い脂肪酸(計算の簡易化のためここではすべてオレイン酸と仮定)に変換した場合、約0.24万tのオレイン酸が生産でき、オレイン酸価格として約102億円と見積もれる。さらに、木材から糖回収した分以外はすべてバイオ燃料に変換する。そのうち約7割を占めるバイオオイルで試算すると、約3.28万tのバイオオイルが生産でき、バイオオイル価格が原油相当と仮定すると約150億円となる。ランニングコストを考慮すると6万tの木材で年間約235億円の収益がある計算となる。油脂酵母を用い

た油脂生産については、より短期間で多くの油脂を生産できる技術開発が進められており^{3 2)}、今後さらに収益を増加させることも可能と考えられる。

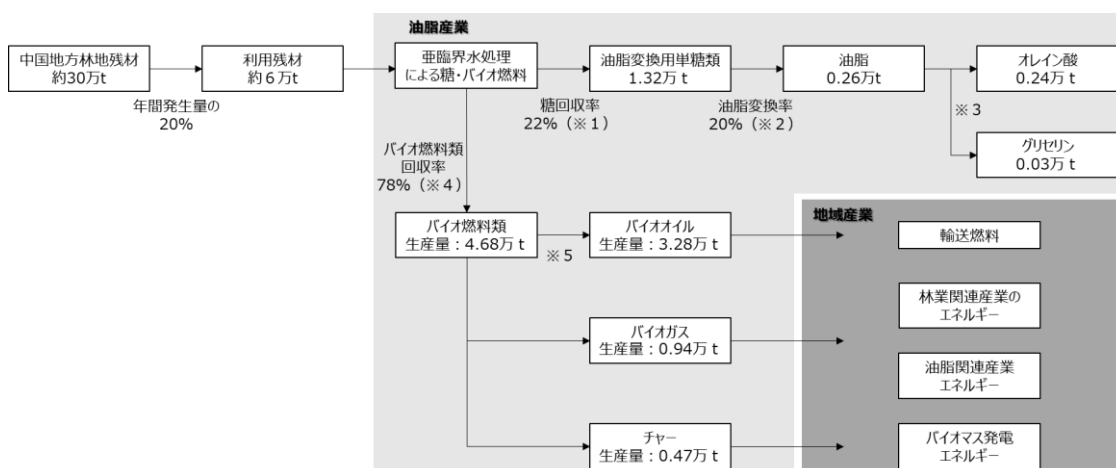


図9 林地残材を利用した場合の油脂・バイオ燃料の生産量

出典

※1: 松永正弘, 「亜臨界水を用いた木材の効率的糖化技術の開発」, The Japan Institute of Energy p46-47 (2009)

※2: 長沼孝文, 「酵母 Lipomyces による油脂大量生産の可能性」, 日本醸造協会誌 107 巻 12 号 p. 884-891 (2012)

※3: オレイン酸量は、油脂がオレイン酸3分子をもつトリグリセリドとした場合のトリグリセリドの分子量とオレイン酸3分子の分子量 の比率から算出

※4: 亜臨界水処理で糖として回収する22%を除いた78%を回収率として算出

※5: 遠野興産株式会社, 「平成27年度革新的技術創造促進事業(事業化促進)【研究課題名】新たな熱分解システムによる小型・高効率なバイオ燃料製造・利用技術の開発」
バイオ燃料類生産比率より、構成比をオイル:ガス:チャー=7:2:1と設定

次に、コンソーシアムの運用について述べる。実証実験から規模を拡大する際、実証実験の設備等を単純に1拠点あたり5倍するだけでは、設備の数も膨大になる。そのため、例えば酵母培養関連企業等に共同開発もしくはコンソーシアムへの参入を依頼し、油脂生産設備の最適化・効率化を検討する。図7のようにバイオマス油脂産業協議会をコンソーシアム内に設立する方法もある。ただ、このような効率化を以てしても新たな設備投資等の資金は当然必要となり、実証実験で得た収益のみで足りるも

のではない。そのために、国を始めとする様々なバイオマス関連の制度や助成の活用が必要となる。

森林資源の有効活用を含むバイオマス関連の国内の動きを見ると、2010年にバイオマス活用推進基本計画が、2022年には第3次基本計画が閣議決定された³³⁾・³⁴⁾。第3次基本計画では地域資源であるバイオマスを最大活用することを重視し、これまで主に農山漁村のみで推進されてきたバイオマス利用を都市部も含めた地域全体での総合的な利用として推進することと、バイオマスをより活用するために産業として拡大していくことの2点を主要な方針としている。この基本計画の実現に向け、各省庁からはバイオマスタウンやバイオマス産業都市^{注26}といった構想が提示され、バイオマス原料の生産から収集・運搬、製造・利用まで一貫して経済性が確保されたシステムを構築することに対し、一部補助事業も行われている³⁵⁾。

シン林業構想は、中山間部に限らず都市部を含む広域地域で各種産業や自治体等でコンソーシアムを形成し推進する点、および、木質バイオマス原料の収集から利用までを一貫して行い、得られた資源の地産地消を目指す点において、第3次基本計画の方針に合致する。さらに、単独の市町村単位ではなくコンソーシアムで推進する点から、バイオマス産業都市の認定を目指すのが最善と考える。バイオマス産業都市は、市町村を主体としつつ複数の自治体や民間も含めた共同体で申請し、農林水産省を始めとする7府省が①先導性、②実現可能性、③地域波及効果、④実施体制の観点から選定を行い、選定されると関連府省から事業化プロジェクトとしての支援を受けられる。実証実験後にバイオマス産業都市への申請を行うことで、4つの観点に対し具体的な提案ができ、認定や支援を確実なものにできると考えられる。

次に、バイオマス産業都市の選定観点③にも挙がる地域波及効果、すなわちシン林業構想を事業化した際の地域への貢献について、地域住民が享受できるメリットと地域の雇用拡大効果の点から検討した。

まず、地域住民へのメリットには、過疎化が進む中山間部への油脂生産拠点設置による周辺インフラの整備、バイオ燃料の地産地消による光熱費削減、貨客混載もしくは同じルート・輸送機関で物資と人を時間帯で分けた効率的な輸送による公共交通機関の拡充といった、住みやすい暮らしの実現がある。また、林業の再興と中山間部での油脂生産による地域雇用の拡大や、新規林業従事者育成のために技術伝承を行う高齢のベテラン技術者の雇用維持といった既存住民の雇用確保に加え、移住を伴う自伐

型林業従事者の増加で地域の人口増加も期待でき、地域活性化に貢献できる。

ここで、森林資源での油脂生産という新たなバイオマス事業を導入した際の雇用増加について類似事例から試算した。人口約6,000名の自治体のバイオガス事業導入時の雇用変化を試算した兵法らの報告³⁶⁾では、バイオガス事業導入前の既存システムにおいて1,696人・日の雇用量であるのに対し、バイオガス事業構築後は5,462人・日となり、バイオガス事業の導入に伴う雇用量は3,766人・日増加するという試算結果が報告されている。これは、年間労働日数を標準的な260日/年とすると14名の雇用増となり、シン林業構想の油脂生産事業で同規模の雇用増加があると仮定すると、人口約700万人の中国地方では約16,000名の雇用増加が見込める計算となる。

一方、自伐型林業導入における雇用増加についても、島根県津和野町の事例^{注27)}を基に試算を行った。林野面積約27千haの津和野町では5年間で16名の林業リーダー（新規自伐型林業兼町おこしメンバー）が定住し、中国地方全体では林野面積が約100倍^{注28)}と見込まれ、5年で約1,600名の自伐型林業の新規雇用が見込める。近年「復興支援をするうちに山を守りたくなった」「自然豊かな山間部へ移住したいから職業として林業を選択する」といった理由で自伐型林業を志す若者が増えており³⁷⁾、シン林業構想ではそういった若者をコンソーシアムが募集、サポートする体制を有するため、中山間部への移住や林業従事を迷う若者の決断を後押しできれば、試算以上の自伐型林業従事者数の増加も実現可能と考えられる。

以上の雇用増加試算は、新規創出事業である油脂生産と自伐型林業に限定したが、既存林業や関連産業を含めるとさらなる雇用増加と地域活性化が期待できる。

4-4. シン林業構想の拡大および今後の展望

最後に、モデル地域での事業化以降のシン林業構想の拡大と今後の展望について述べる。

本論文では中国地方を初期展開のモデル地域と設定したが、バイオマス産業都市には既に全国の様々な地域が応募、選定されている（2023年時点で103件）³⁵⁾。森林資源から油脂を生産する取り組み事例は未だないが、木質バイオマスに関する事例に対し構想の一体化を呼びかけることで、シン林業構想を全国に広げる足掛かりとすることが期待できる。

さらにシン林業構想を日本中に浸透させるために、木質バイオマス利用に関する国の支援制度の改定や拡充が望まれる。既に木質バイオマスに関する支援制度は複数あるが、1-2. で述べたFITのような参入ハードルを下げるための補助制度が多い。新規参入が活発化する一方で、実稼働に結びつかないまま撤退するケースも増えていることから、参入時に加えて稼働実績や地域貢献度に応じた支援を受けられる制度導入が必要と考える。そうすれば、中長期的に地域全体を見据え木質バイオマス利用に取り組むシン林業構想はより多くの支援を受けながら進められる。併せて、シン林業構想のコンソーシアムから生まれる製品・サービス全体に対し、同一の認証マークを付与できる仕組みがあればシン林業構想を広く周知することに役立つ。

日本中にシン林業構想が広まった先についても思いを巡らせてみる。全国の森林に目を向けると、未利用の林地残材は年間約960万tにも及び³⁴⁾、仮にこれらすべてを活用できると約38万t/年の不飽和脂肪酸と約525万t/年のバイオオイルの生産が可能であり、総計で約3.8兆円の規模と見積もることができる。これだけの油脂が日本国内で安定的に生産できることは油脂産業にとっても大きなメリットがある。

また、シン林業構想は林業の再興も行うため、全国展開できれば、林業全体の経済規模の拡大も当然見込まれる。中山間地域における持続可能な経済の基礎として林業・木材関連産業を位置づけ成功してきたヨーロッパ諸国の1つ、ドイツを例として見ると、日本の3倍もの木材を生産し、林業・木材関連産業のGDP比は自動車産業を凌ぐほどである(図10)。日本の林業も、シン林業構想により中山間部で関連産業を確立することで、林業を日本の重要な産業として再興することが期待できる。さらに、森林の荒廃が招く社会課題(花粉症、獣害、土砂災害等)は、全国的な森林改善があってこそ解消できるため、シン林業構想が全国に広まることでこれらの社会課題も加速度的に解消できることが期待できる。

	日本	ドイツ
国土面積	3,779万ha	3,571万ha
名目GDP (2017年)	4兆,724億米ドル (3位)	3兆6,932億米ドル (4位)
森林面積	2,496万ha (人工林1,029万ha)	1141万ha
森林蓄積量	49億m ³ (人工林30億m ³)	37億m ³
木材生産 (2010~2016年)	2000万m ³ 前後	5000~6000万m ³
林業・木材関連産業 (GDP比)	0.04% (2018年)	約5% (2010年)
【参考】 自動車関連産業 (GDP比)	約17% (2015年)	4.5% (2015年)

図10 日本とドイツの比較

下記出典を基に作成

- ・堀 靖人, 林野庁林政審議会施策部会, 2019
- ・林野庁, 「令和3年度 森林・林業白書」
- ・農林水産省, 「GDPに関する統計」,
- ・第一生命経済研究所, 『Economic Trends / マクロ経済分析レポート』, 2024
- ・NPO 法人 バイオマス産業社会ネットワーク, 「バイオマス白書 2010」, 2010

おわりに

今回我々は“シン林業”地方共創構想という、油脂産業と林業の共創で森林を保全しながら各産業の資源を確保すると同時に、地域への資源・利益の還元による地域活性化を行う構想を提案した。この構想の肝は「油脂生産を中心とした森林資源のカスケード利用」にある。日本の森林資源から新たに油脂が生産できることは、当然油脂産業にとってのメリットであるが、それだけではない。森林資源を油脂生産に活用することで、従来うまく機能してこなかった森林資源のカスケード利用に代わる新たな木質バイオマス活用推進方法として定着するだろう。さらにそれが林業の再興にもつながることで、林業が日本を支える産業としての本来のポテンシャルも発揮し、地域活性化により地域経済が潤滑に回れば、日本全体の経済再活性化も成し得るに違いない。すなわち、油脂産業が“シン林業”構想に参画することは油脂産業の発展だけでなく、油脂産業が日本経済発展の立役者となることにつながると期待できる。

“シン林業”という名前にはいくつもの意味が込められている。

森林を手入れし維持しながら木材を出荷するという“真”の林業の姿を取り戻すこ

と、さらには森林を守る過程で得た森林資源から“新”たな産業に貢献する資源を生み出すという“進”化した林業を創ること、要するに「日本の豊富な森林資源を産業と地域の暮らしに最大限活用する“森林業”という新たな形態を生み出すこと」。これが日本における持続可能な社会づくりに必要なことだと我々は考える。そのためには林業や中山間部地域と手を携えながら自産業への貢献を生み出していく産業との連携が不可欠だが、油脂産業はそれを成し得る数少ない産業の1つである。“シン林業”構想によって少しでも多くの森林地域が生まれ変わり、日本が世界に誇れる森林になってくれることを願って、今回の提案としたい。

<注釈>

- (注1) 獣害：イノシシやシカ、クマなどの野生動物によって起こる被害のこと。
- (注2) 森林蓄積：森林を構成する樹木の幹の体積のことで、森林資源量の目安となる。
- (注3) 森林成長：樹木がある期間に成長した量。定期的な植栽・伐採が行われる健全な成長サイクルの森林では森林成長と森林蓄積が近い値になるが、放置されている森林では森林成長はほぼない状態で森林蓄積のみが増えることになる。
- (注4) 木質系バイオマス：樹木の伐採や造材のときに発生した枝、葉などや製材工場から発生する樹皮やのこ屑、住宅の解体材や街路樹の剪定枝などの有機資源のこと。
- (注5) 低炭素社会：二酸化炭素の排出が少ない社会
- (注6) 再生可能エネルギー：石油や石炭、天然ガスといった化石エネルギーとは違い、太陽光や風力、地熱といった地球資源の一部など自然界に常に存在するエネルギーのこと。
- (注7) 固定価格買い取り制度 (FIT)：導入初期にはコストの高い再生可能エネルギーを普及拡大するため、FIT 制度によって政府が定めた買取価格・買取期間・契約条件に基づき、認定された再エネ発電事業者から再エネ電気の供給契約の申込みがあった場合に、送配電事業者に対して契約に応ずることを義務付けることで、一定期間、固定価格での買取を保証するもの。
- (注8) 林地残材：樹木を伐採して丸太にする際、建築用材などに利用出来ない部分で、通常林地に放置される残材のこと。
- (注9) バイオエタノール：産業資源としてバイオマスから生成されるエタノールのこと。
- (注10) 食用バイオマス：農地で主産物として栽培される澱粉系穀物、糖料作物、油糧作物のうち残渣や廃棄物、リグノセルロース系物質、間作作物を除いたもの。
- (注11) カスケード利用：資源やエネルギーを利用すると品質が下がるが、その下がった品質に応じて何度も利用すること。

- (注12) 油脂酵母：糖を代謝して油脂を大量に生産し、細胞内に蓄積する微生物(酵母)。
- (注13) 油糧作物：食用油や燃料油を得る目的で栽培される作物のこと。
- (注14) 単糖・二糖類：これ以上簡単な分子に加水分解されない糖類を単糖と呼び、ブドウ糖(グルコース)や果糖(フルクトース)などが含まれる。二糖類とは、加水分解によって単糖類を2分子生じる糖類のこと。
- (注15) 不飽和脂肪酸：1つ以上の不飽和の炭素結合をもつ脂肪酸のこと。
- (注16) オレイン酸：動物性脂肪や植物油に多く含まれている脂肪酸。不飽和の炭素結合を1つ有する。
- (注17) バイオオイル：木質材料等の植物資源を油状物質に変えたもののこと。
バイオガス：生物の排泄物、有機質肥料、生分解性物質、汚泥、汚水、ゴミ、エネルギー作物などの発酵、嫌気性消化により発生するガス。
チャー：木材チップ、植物残渣、糞尿、その他の農業廃棄物などのバイオマス由来の炭のこと。
- (注18) バイオディーゼル：廃食油などの油脂を原料として製造された軽油代替燃料のこと。
- (注19) 環境林：天然林(広葉樹林)及び原則として道路から400m以上離れた箇所的人工林のこと。
- (注20) 自伐型林業：長期的な森林保護を重視し、小規模に自らの手で間伐を繰り返し、森林の手入れを行いながらできる範囲で林業を行うスタイル。
- (注21) 8地方区分：日本を北海道・東北・関東・中部・近畿・中国・四国・九州の8つに分ける地域の分け方。
- (注22) 貨客混載：「貨物」と「旅客」の輸送や運行を一緒に行うこと。特に過疎地域等においては物流サービスや交通手段の持続性確保の手段となっている。
- (注23) バイオマスタウン：バイオマスの発生から利用まで効率的なプロセスで結ばれた総合的な利活用システムが構築され、安定的かつ適正なバイオマス利活用が行われているか、あるいは今後利活用されることが見込まれる地域(主に市町村単位)。

- (注24) グリーンファンド：環境省が所管する「地域脱炭素投資促進ファンド事業」により設置された基金。
- (注25) 農林漁業施設資金：株式会社日本政策金融公庫による広く農林水産物の生産、流通、加工、販売に必要な共同利用施設の整備を図ることを目的とした融資。
- (注26) バイオマス産業都市：地域に存在するバイオマスを原料に、収集から利用までの経済性が確保された一貫システムを構築し、地域のバイオマスを活用した産業創出と地域循環型のエネルギーの強化により地域の特色を活かしたバイオマス産業を軸とした環境にやさしく災害に強いまち、むらづくりを目指す地域（自治体を主体とした企業等を含む共同体）³⁴⁾。
- (注27) 津和野町の取り組み：津和野町は2006年以降、断続的に林業関連施策を行い、2014年以降は自伐型林業に注力した施策を実施している。特に、林業に携わりながら、林業に関連する町おこし事業にも関わり、最終的には林業リーダーとなる人材の募集・育成を行っている²⁷⁾。
- (注28) 中国地方全体の林野面積概算：中国四国整備局が管理する森林面積約3,717千ha³⁷⁾ から既に林業に使われていると想定される人工林面積約927千ha³⁸⁾ を差し引いた約2,789千haを基に算出。

<参考文献> ※web ページはいずれも2024年7月18日参照

1) 独立行政法人 国際協力機構 (JICA) 「つながる世界と日本」

https://www.jica.go.jp/aboutoda/find_the_link/part1/imports.html

2) 坂西欣也, 「バイオエタノールの研究動向と今後の展望」, 『廃棄物資源循環学会誌』, Vol. 32, No. 4, p. 264-271, 2021

3) 国立国会図書館 調査及び立法考査局, 「花粉発生源対策の現状と課題」, 『調査と情報 - ISSUE BRIEF -』, No. 1233, 2023

4) 一般財団法人 日本熊森協会, 「森と野生動物の現状」

<https://kumamori.org/bear.html>

5) 蔵治光一郎, 「森林斜面で起きる土砂災害のこれまでとこれから」, 『森林環境2023 (森林文化協会年報)』, p. 33-41, 2023

6) 相川高信, 「グローバル化の受容による地域林業再生」, 『季刊 政策・経営研究』, Vol. 3, p. 131-150, 2008

7) 正木和夫, 「セルロース系バイオマスからの軽油代替燃料油の生産」, Cell. Commun. Vol. 17, No. 4, p. 167-172, 2010

8) 高久洋暁, 「日本の油脂自給率改善へ向けた油脂酵母の解析とその応用」, 『化学と生物』, Vol. 57, No. 10, p. 609-615, 2019

9) 林野庁, 「令和4年 木材需給表」, 2023

10) 林野庁「森林・林業基本計画」

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/plan/koremadenokihonkeikaku.html>

11) 林野庁 木材利用課 木質バイオマス推進班, 「木質バイオマスの安定調達に係る申請前の調整について」(2022年10月)

12) NPO法人 バイオマス産業社会ネットワーク, 『バイオマス白書2023』

<https://www.npobin.net/hakusho/2023/index.html>

13) 朝日新聞デジタル (2022年12月10日付)

<https://www.asahi.com/articles/ASQDB4GKDQD9PIHB00Z.html>

14) 京都新聞 ON BUSINESS (2020年6月25日付)

<https://www.kyoto-np.co.jp/articles/biz/290344>

15) 両丹日日新聞 (2020年12月26日付)

<https://www.ryoutan.co.jp/articles/2020/12/91075/>

- 1 6) NPO法人 国際環境経済研究所, 「バイオ燃料の現状分析と将来展望」
<https://ieei.or.jp/2022/05/exp1220527/>
- 1 7) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 「ニュースリリース」, 2022
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101581.html
- 1 8) 松村幸彦, 「バイオマスのエネルギー変換技術について」, 『日本燃焼学会誌』, Vol. 47, No. 139, p. 25-30, 2005
- 1 9) 長沼孝文, 「酵母 *Lipomyces* による油脂大量生産の可能性」, 『醸協』, Vol. 107, No. 12, p. 884-891, 2012
- 2 0) 高久洋暁ら, 「油脂酵母 *Lipomyces starkeyi* における遺伝子組換えシステムの構築とその応用」, 『オレオサイエンス』, Vol. 17, No. 3, p. 107-116, 2017
- 2 1) 農林水産省, 「第34号特別分析トピック :我が国と世界の油脂をめぐる動向」, 『食品安全保障月報 (第34号)』, 2024
- 2 2) 日本製紙グループ, 「国内木質資源の保護、育成」
<https://www.nipponpapergroup.com/csr/forest/own/>
- 2 3) 天然木材.com, 「木材の輸入材と国産材の違いについて」
<https://tennenmokuzai.com/column/153/>
- 2 4) 林野庁 林業イノベーションセンター, 「技術リスト」(2024年3月更新)
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/morihub/attach/pdf/morihub-125.pdf>
- 2 5) 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所, 「プレスリリース」
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/press/2022/20220609/index.html>
- 2 6) 片山傑士ら, 「地域おこし協力隊」制度による林業への新規参入者の特徴と受入自治体の支援策」, 『九州森林研究』, No. 70, p. 7-10, 2017
- 2 7) 田村 典江, 「後発林業地の市町村林政と自伐型林業 —島根県津和野町の事例から—」, 『林業経済』, Vol. 74, No. 3, p. 1-16, 2021
- 2 8) 吉村玄ら, 「バイオオイルの技術開発評価と普及策に関する検討」, 『廃棄物資源循環学会研究発表会講演集』 第21回廃棄物資源循環学会研究発表会, C5-5
- 2 9) 林野庁, 『平成30年度森林・林業白書』全文 (HTML版)
https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/29hakusyo_h/all/chap4_3_4.html

30) 中国経済連合会, 「中国地域における木質バイオマス利活用の現状と課題に関する調査」(平成23年2月)

<https://chugokukeiren.jp/proposal/pdf/20110228mokusitu.pdf>

31) 農林水産省, 「食品等のリサイクルの新たな展開を目指す亜臨界水処理技術の導入検討」

<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/arinkai.html>

32) MONOist, 「発酵槽で作るパーム油代替油脂、実用化に向け世界トップレベルの生産量を実現」(2022年10月5日付)

<https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2210/05/news063.html>

33) 農林水産省, 「新たなバイオマス活用推進基本計画の概要」(2022年9月)

https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/bio_g/attach/pdf/220906-1.pdf

34) 農林水産省, 『バイオマス活用推進基本計画(第3次)』(2022年9月)

<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/index-22.pdf>

35) 農林水産省 大臣官房環境バイオマス政策課, 「バイオマス産業都市について」(2024年2月)

https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_sangyo_toshi/attach/pdf/b_sangyo_toshi-20.pdf

36) 兵法 彩ら, 「地域の雇用変化に着目したバイオマス事業のソーシャルライフサイクル評価」, J. Jpn. Inst. Energy, Vol. 94, No. 2, p. 159-169, 2015

37) NPO 法人持続可能な環境共生林業を実現する自伐型林業推進協会, 「自伐型林業家紹介」

<https://zibatsu.jp/person>

38) 中国四国整備局, 「中国四国整備局 地勢・地質・気候」

https://www.green.go.jp/seibi/chugoku-shikoku/chisei_chishitsu_kiko/index.html#

39) 林野庁, 「都道府県別森林率・人工林率(令和4年3月31日現在)」

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/r4/1.html>

<別表> 4拠点（中国地方全域）での油脂・バイオ燃料生産における収支試算結果

費用項目		金額（億円）	備考
原料 （林地残材）	(A) 原料費 ①	5.10	・6万t/年の林地残材を利用 ・原料価格：8,500円/t（※2）
設備1 （亜臨界水処理設備）	初期投資	35.00	・6万t/年の林地残材を亜臨界水処理 ・1台あたり年間0.95万t処理可能=7台必要（※3） ・設備費用：5億円/台（※3）
	ランニングコスト （光熱費・保守費） ②	2.52	・4,200円/t（※3）
	減価償却費 ③	2.06	・17年償却で算出
設備2 （酵母培養設備/油脂生産）	初期投資	22.0	・年間1.32万tの糖を用いて培養（図9） ・1台あたり年間300tの糖利用可能=44台必要（※4） ・設備費用：0.5億円/台（※4）
	ランニングコスト （光熱費・保守費） ④	0.55	・4,200円/t（※3）
	減価償却費 ⑤	1.29	・17年償却で算出
工場建屋（設備1+設備2）	建屋建設	28.00	・1拠点あたり7億円（計4拠点）（※5）
	減価償却費 ⑥	1.65	・17年償却で算出
人件費	人件費年額 ⑦	2.00	設備1+設備2で400人と仮定、¥500万/人（※3）
固定費合計 (B)	②+③+④+⑤+⑥+⑦	10.05	②+③+④+⑤+⑥+⑦
事業収入	脂肪酸売上	101.69	・脂肪酸生産量：0.24万t/年（図9） ・オレイン酸価格：4237円/kg（※6）
	バイオオイル売上	148.58	・バイオオイル生産量：3.28万t/年（図9） ・原油価格：72,000円/B=453円/kg（※7）
収入合計 (C)		250.27	・脂肪酸売上+バイオオイル売上
収支	(C)-((A)+(B))	235.12	

【試算前提】

- ・各設備の初期投資は17年で定額で減価償却するものと仮定する
- ・各設備は365日稼働するものと仮定する
- ・酵母培養期間は6日間とする（※1）
- ・計算を簡易化するため、脂肪酸はすべてオレイン酸だと仮定する
- ・バイオオイルは原油価格相当で取引できると仮定する

下記出典を参考に試算：

※1：MONOist, 「発酵槽で作るパーム油代替油脂、実用化に向け世界トップレベルの生産量を実現」（2022年10月5日付）³²⁾

※2：一般社団法人奈良県木質バイオマス安定供給協議会 県森連木材センター, 「木材買取価格表(令和5年)」

※3：農林水産省, 「飼料製造における亜臨界水処理技術の導入検討」

※4：バイオ受託ラボ, 「【微生物・加工方法別】培養受託会社一覧」（酵母）より培養槽（5000L）を用いると仮定

※5：フドリー-sponsored by アカネサス, 「食品工場建設にかかる費用相場」

※6：富士フィルム和光純薬株式会社、「試薬オレイン酸販売価格」（容量価格に比重を考慮し、kg 単価を算出）

※7：「原油取引価格」を参考に、72,000円/Bとして算出