



マルチフォレストクラスターを核とした循環社会創生 ～地域型木質バイオマスエネルギー事業への投資意義～

 **DBJ** 株式会社日本政策投資銀行
地域調査部

2024年4月

目次

第1章 なぜいま、地域型木質バイオマスエネルギー事業なのか	2
第1節 多様な森林産業創出の必要性	3
1. 日本の森林の現況	3
2. 森林資源の用途の変遷と未来	9
3. マルチフォレストクラスターにおける木質バイオマス利用の有用性	11
第2節 日本における導入状況と課題	13
1. 導入状況	13
2. 再生エネルギーにおける木質バイオマスの特徴	14
3. 導入阻害要因	16
第2章 内子町の事例に見る地域型木質バイオマスエネルギー事業の効果	18
第1節 取り組み概況	19
1. 内子町の概況	19
2. ペレット工場と内子バイオマス発電所	20
3. 内子龍王バイオマス発電所における熱電併給事業	21
第2節 事業の効果と課題克服要因	24
1. 事業が地域にもたらした影響	24
2. 課題克服要因	25
第3章 欧州に見る森林資源を活用した地域循環の姿	29
第1節 オーストリアにおける地域型木質バイオマスエネルギー事業と森林経営	30
1. オーストリアにおける木質バイオマス導入概況	30
2. オーストリアの木質バイオマスエネルギー事業の実態	32
3. オーストリアの林業協同組合（WV）が果たす役割	38
第2節 フィンランドにおける森林資源活用と森林経営	41
1. フィンランドの森林資源及び森林産業概況	41
2. メツァフォレストに見るフィンランドの森林管理	44
3. メツァグループが果たす役割	47
第4章 地域への裨益をより高めるために	48
第1節 インテグレーターアプローチの可能性	49
1. 日本の林業バリューチェーンの課題と、調査から得られた示唆	49
2. フォレストインテグレーター（「FI」）創設の提案	50
3. 「FI」の担い手	51
第2節 地域新電力会社の創設と地域課題解決サービスの検討	57
1. 地域経済の好循環に向けて	57
2. シュタットベルケと地域事業運営	59
3. 木質バイオマスエネルギー事業を起点とした地域循環社会の創生	62
第3節 地域外企業との理想的なパートナーシップのあり方	65
1. 地域外企業の役割と理想的な関与の形	65
2. 地域外企業の動機	66



第1章 なぜいま、地域型木質バイオマスエ ネルギー事業なのか

日本では拡大造林計画時代に形成された針葉樹林が伐期を過ぎてても未だ主伐^{*1-1}されず蓄積している。この背景には、建築用材を中心とした木材の売価だけでは、植林・育林コストを賄えない事情がある。森林資源の利用が建築用材へと偏っていたことが、需要・価格・流通・自然環境等のリスクの分散を妨げ、現状の様々な森林の課題の根本的な原因となったと考えられる。

これを踏まえ、森林資源を、多様な用途、例えば木質バイオマスエネルギー燃料などへ利用拡大することで産業の多様性を高めるべきである。これが成立した状態を「マルチフォレストクラスター」の形成と定義する。木質バイオマスエネルギー事業は、これまで廃棄されてきた未利用材に新たな価値を見出し、森林関連産業や、地域社会における追加的な収益源とするもので、林業が投資回収に超長期を要する産業であることによる課題への対応、及び木材の歩留まり向上という面でも有効である。

また木質バイオマスエネルギー事業は、太陽光や風力等ほかの再生エネルギー事業と異なり、初期投資費用だけでなく、燃料調達などの継続的な運営費用が必要となる。燃料製造業や、原料の調達のために雇用創出、産業振興の効果が高く、地域経済波及効果が大きいといえる。

しかしながら、再生エネルギーの中では太陽光に比べ導入割合は少なく、未利用材の活用も進んでいない。また木質ペレットの自給率は極端に低い。

導入を妨げる要因として、高い流通コスト、原料の安定確保の難しさ、熱需要確保の難しさ等があると考えられる。

^{*1-1}次の世代の森林の造成を伴う森林の一部または全部の伐採（出所）林野庁ホームページ

第1節 多様な森林産業創出の必要性

1. 日本の森林の現況

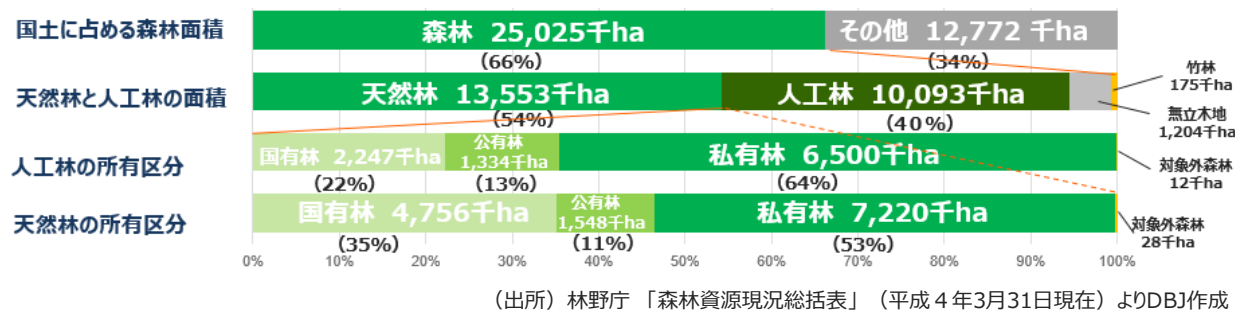
地域資源「森林」

日本の森林は国土面積の約3分の2を占めている（図表1-1）。そしてその多くは都市圏ではなく、地域に存在している。

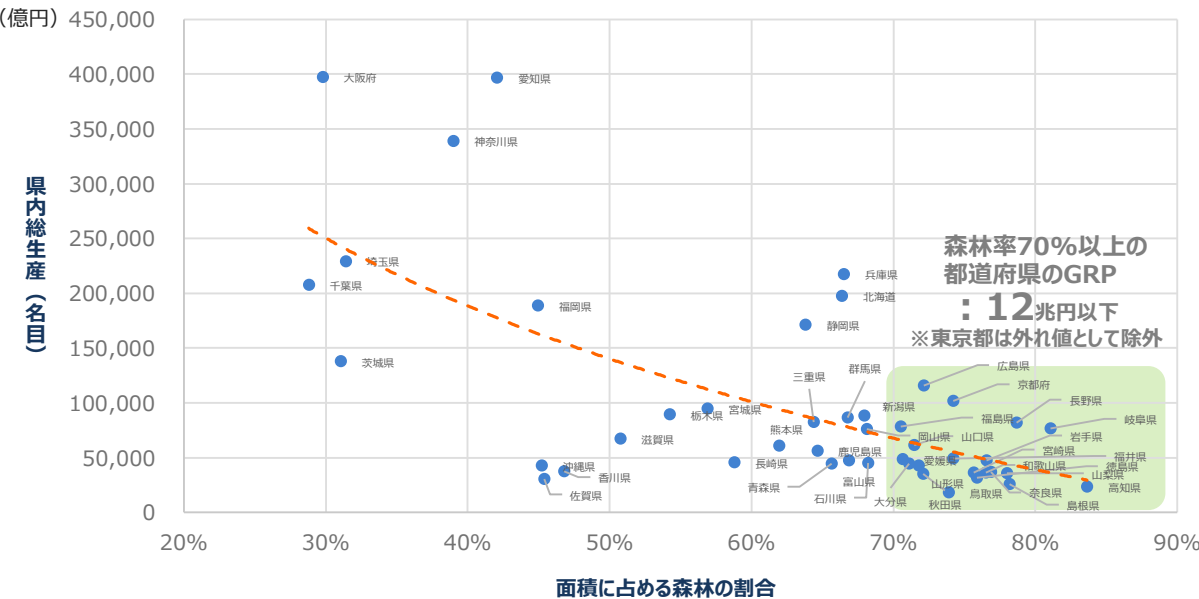
図表1-2は、都道府県の面積に占める森林面積の割合と、都道府県の総生産との関係を示したものである。森林率と総生産の間に負の相関関係があることがわかる。森林が多くを占めることは市街地が少ないことと同義であり、産業の規模は限定され経済活動が妨げられると考えられるから、一見するとこの結果は自明の理に思える。

しかし視点を変えれば、「これらの地域には森林という大きな資源が実は存在している」という事実もまた見えてくる。この余りある資源を有効に活用すること、すなわち「森林産業」こそ、地域のポテンシャルのひとつである。地域創生の鍵は森林産業の振興にあると考え、本稿ではその発展に向け、国内外の事例を参照しつつ検討したい。

図表1-1 日本の森林面積の割合



図表1-2 県内総生産と森林率の関係

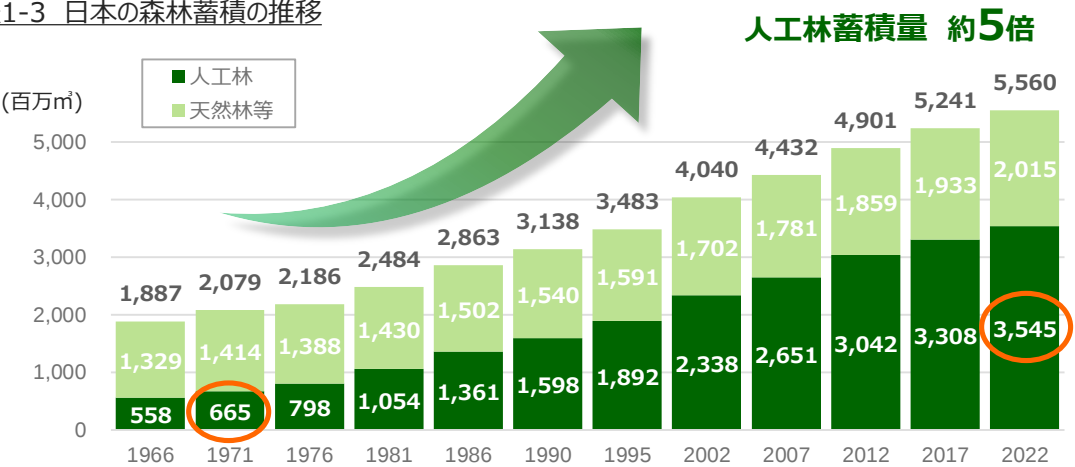


伐期を過ぎた人工林の蓄積

図表1-1に示されている通り、日本の森林面積に占める民有林^{*1-2}の割合は、天然林、人工林ともに、6割以上である。これは、日本の6割以上の森林が個人や企業によって管理・運営されていることを意味する。したがって、民間による森林資源の活用方法の検討は、地域創生の観点から重要な要素となることを強調したい。

図表1-3は日本の森林の蓄積量の推移を表している。蓄積量とは、樹木の幹の容積量を表すもので、森林資源の総量を示すものである。これを見ると人工林の蓄積量はこの四半世紀で5倍以上増加していることが分かる。

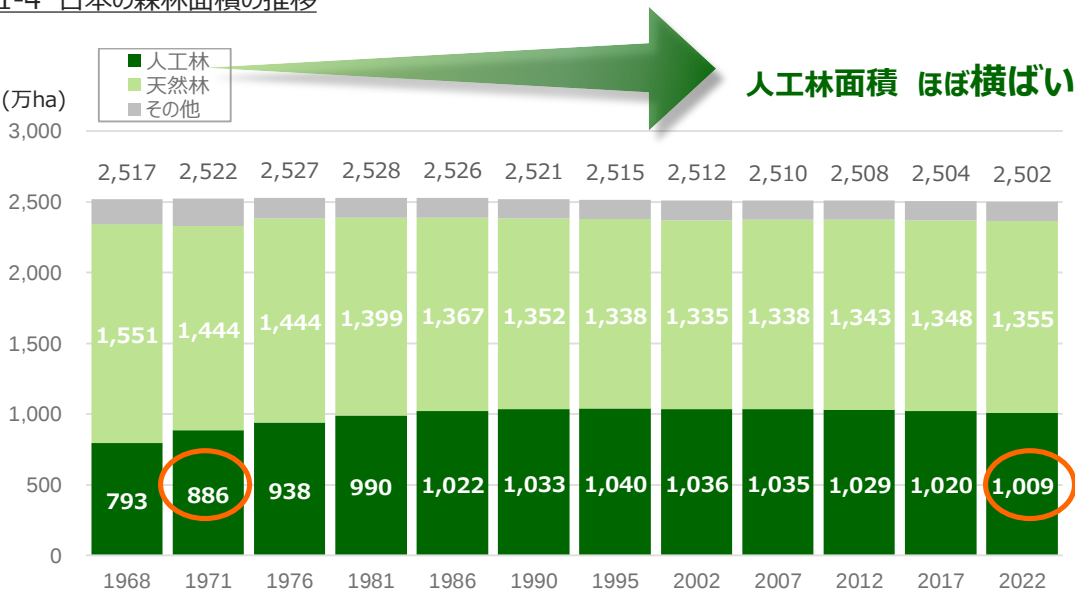
図表1-3 日本の森林蓄積の推移



林野庁「森林面積・蓄積の推移」(平成4年3月31日現在)よりDBJ作成

これに対し、この期間の人工林の面積の推移は、図1-4に見える通り、ほぼ横ばいである。つまり、この期間の人工林の蓄積量の増加は、森林面積の拡大によるものではなく、過去に植えられた樹木の生物的な成長によるものということである。人工林の林齢^{*1-3}別構成を見ると、一般に最適伐期と言われる40～50年(齢級^{*1-4}8～10)を超えた森林が半分以上を占めていることから、これが見て取れる(図表1-5)。

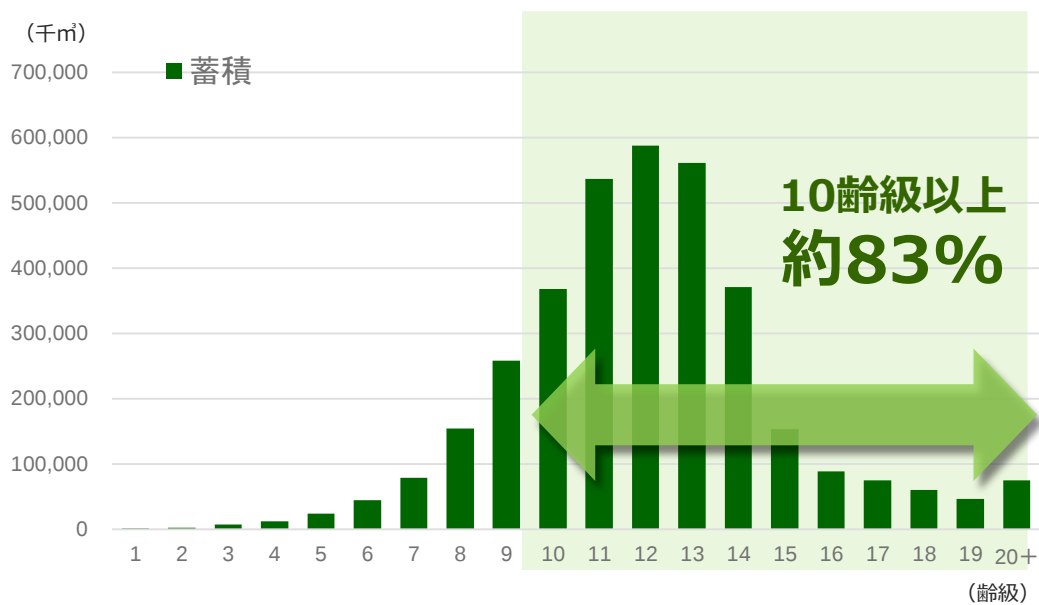
図表1-4 日本の森林面積の推移



林野庁「森林資源現況総括表」(平成29年3月31日現在)よりDBJ作成

^{*1-2}公有林と私有林の合計。
^{*1-3}森林の年齢。人工林では苗木を植栽した年度を1年生とし、以後、2年生、3年生と数える。(出所) 近畿中国森林管理局ホームページ
^{*1-4}森林の年齢を5年の幅で括ったもの。人工林は、苗木を植栽した年を1年生とし、1～5年を1齢級、6～10年を2齢級と数える。(出所) 近畿中国森林管理局ホームページ

図表1-5 人工林の齢級別面積と森林蓄積



林野庁「森林資源の現況 樹種別齢級別蓄積」令和4年3月31日現在)よりDBJ作成

放置された人工林がもたらす不利益

さて、ここまでのデータ上の「人工林」の定義について改めて見直したい。林野庁が5年に一度公表してきた「森林資源総括表」における人工林の面積は、都道府県が管理する森林簿上の樹種や、行政によるヒアリング、過去の造林補助金の交付記録、空中写真判読等により割り出されている。林野庁は調査における人工林の定義を「植栽又は人工下種により成立した林分で、植栽樹種又は人工下種の対象樹種の立木在籍（又は本数）の割合が50%を占めるものをいう」としている。つまり、過去に一度でも人の手により木が植えられたことがあり、それが現在も一定の割合で残存している林分であれば人工林としてみなされるということである。過去にスギ・ヒノキなどが植えられ、何らかの理由で経営が立ちいかなくなり、現状は放置林と化している森林がこの「人工林」に多く含まれている可能性がある。

我々は、「人工林」という言葉を聞くと、そこで何らかの経済活動が成立しており、管理・経営の費用に充てる収益が得られていることを想像するが、実際には、「非経済林」と化した多くの人工林が、天然林と同様、何ら収益を生み出さない手付かずの状態では放置されている。そしてこれらを放置することは、同じ非経済林と言える天然林の放置とは異なる問題を生み出す。

天然林においては、自然攪乱や、樹木の寿命等によって、その構造は自然に遷移し、天然更新が行われる。しかし一度でも人の手による植栽や伐採、すなわち人為攪乱による遷移が行われた森林では、樹種や樹齢の分布、密度などが自然の状態と異なることにより、人の手による継続的な管理育成が必要となる。これが実現しないことにより生じる不利益は、単に山林所有者や林業家の収益が減少するといった経済的な面にとどまらない。

森林が放置されることで、外来種や竹などの浸食、樹木の密度が調整されないことによる下草の植生の劣化、それらによる土壌保持力の低下とそれに伴う土砂災害、水源涵養機能低下による流水時の被害激甚化や、渇水、生態系の破壊などが懸念される。森林の多面的機能が棄損することによる「非経済的」不利益は、「経済的」不利益以上に多くの人々に影響を及ぼす。そしてそれを阻止する責務が、民有林を所有する民間の企業や個人に委ねられているのであれば、彼らの「経済的」利益を最大化し、管理・経営を持続可能なものにすることは、直接的に森林に関わらない全ての人々にとっても無視できない重要な課題となる。

森林資源の理想的循環利用とその不成立

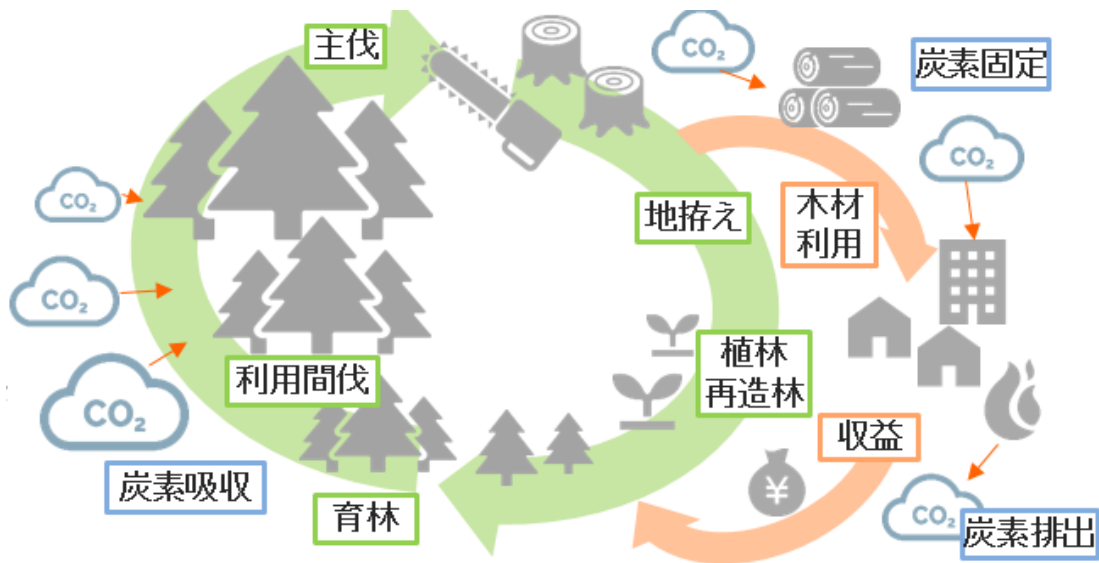
図表1-6は、林野庁が掲げる「伐って、使って、植えて、育てる」理想的な森林の循環利用のイメージである。特に昨今では、カーボンニュートラルからさらに一歩踏み出し、総排出量をマイナスにす

るカーボンネガティブを求める潮流の中で、森林の炭素吸収機能への期待が寄せられている。このサイクルを回すことで、森林の育成による炭素吸収、伐採後の建築物等への炭素固定、伐採地への再造林による炭素吸収が繰り返されれば、理論上は炭素固定量は増え続けていくものと考えられる。

しかし実際には伐採適齢期を超えた森林の蓄積量が増加していることからわかる通り、主伐、それに続く植林・再造林は進んでいない。現状の林業は、行政の間伐^{*1-5}促進政策の影響もあり、補助金受給を前提とした、間伐中心となっている（図表1-7）。

スギが最も盛んに炭素を吸収するのは成長期の11年～40年生までであり、この時期を過ぎると樹木が呼吸によって排出する炭素量が、光合成により吸収する炭素量を上回ることになる。森林を炭素吸収源として活用するためにも、森林活用サイクルを適切に実現することが求められる。

図表1-6 理想的な森林利用の循環イメージ



（出所）林野庁ホームページを参考にDBJ作成

図表1-7 理想的な森林利用の循環の不成立



（出所）DBJ作成

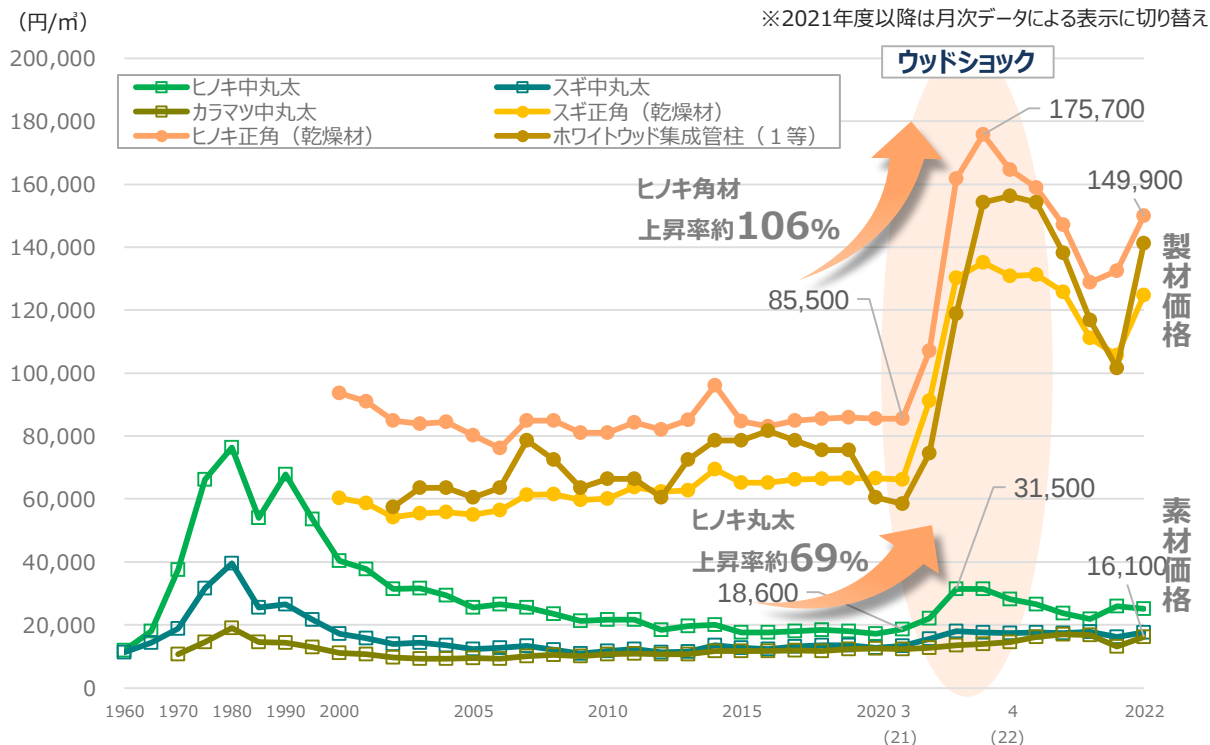
^{*1-5}育成段階にある森林において樹木の混み具合に応じて育成する樹木の一部を伐採（間引き）し、残存木の成長を促進する作業。この作業により生成された丸太が間伐材。一般に、除伐後から主伐までの間に育成目的に応じて間断的に実施。

低迷する山元立木価格

森林の主伐進行不足の最大の要因は、現在の木材販売価格では、再造林、育林に係る費用を賄えないことにある。図表1-8は立米あたりの木材の販売価格の推移を示したものである。この図から2020年3月頃に発生したウッドショック期間中、輸入材の供給が逼迫し、製材品価格が高騰したことが見て取れる。しかし同時期の丸太（素材）価格の上昇は、製材品の価格上昇に見合うものではなく、この差が森林経営者の経営難の一因となっている。

さらに、ここで示されるのは素材価格、すなわち伐採した丸太の販売価格である。丸太価格から搬出・流通にかかる費用を差し引いた後の、実際に森林経営者が手にする「山元*1-6立木価格*1-7」はさらに減少する。

図表1-8 木材価格の推移



(出所) 令和4年度林業・森林白書 (HTML版) よりDBJ作成

林野庁のデータによると、丸太販売価格から伐出・運搬等のコストを差し引いた山元立木価格は、丸太価格の半分以上である（図表1-9）。さらに、木材を生産するために費用がかかるのは伐採時のみではない。地植え*1-8、植栽、育生の過程にかかるコストは、この山元立木価格を上回っており、補助金なしには収益が得られない状態である。

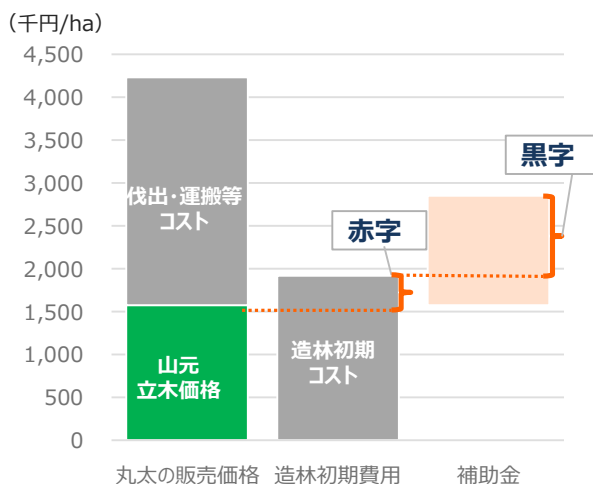
戦後の拡大造林の弊害

日本の林業が低迷し、半世紀前に植林された立木が伐採されないまま蓄積している。この要因を探るため、半世紀前の状況に遡り、その変遷を確認したい。

現在に続く日本の森林の課題の多くは、戦後の拡大造林政策を端緒とするものである。

図表1-10は、用途別の木材需要の推移を示したものである。

図表1-9 山元コスト構造



(出所) 令和4年度林業・森林白書 (HTML版) よりDBJ作成

*1-6山元とは、山の所有者のこと。日本においては、森林は山岳部にあることが多いため転じて森林所有者を指すことが一般的。類語に「林家」。本稿では、日本の森林所有者は原則「山元」と記載し、海外の森林所有者も含む場合は「林家」と記述する。

*1-7山元立木価格とは、林地に立っている樹木の価格。森林所有者の収入に相当。丸太材積1m³当たりの価格で示される。最寄り木材市場渡し丸太価格から、素材生産費（伐採・運搬費等）を減算し算出される。

*1-8苗木を山に植栽する前に、苗木の生育環境を改善したり、植えやすくするため、伐採した木の枝や灌木を取り除くなどの作業のこと。

1960年代以前、日本の森林は、軍需増加、続く戦後復興にあたっての旺盛な建築用材需要に対応し、過度の伐採による荒廃、木材供給力不足が深刻化していた。そこで、1957年以降には、将来の木材需要増加と価格高騰に備え、拡大造林政策が実施された。はげ山と化した森林の緑化が急ピッチで進められた。

また、かつて里山林は、薪炭林^{しんたんりん}として燃料の採取場所であったが、化石燃料への急速な変換によりこの需要は消滅に向かった。これに伴い広葉樹から、建築用材としての価値が高い針葉樹への林種転換が盛んに行われた。

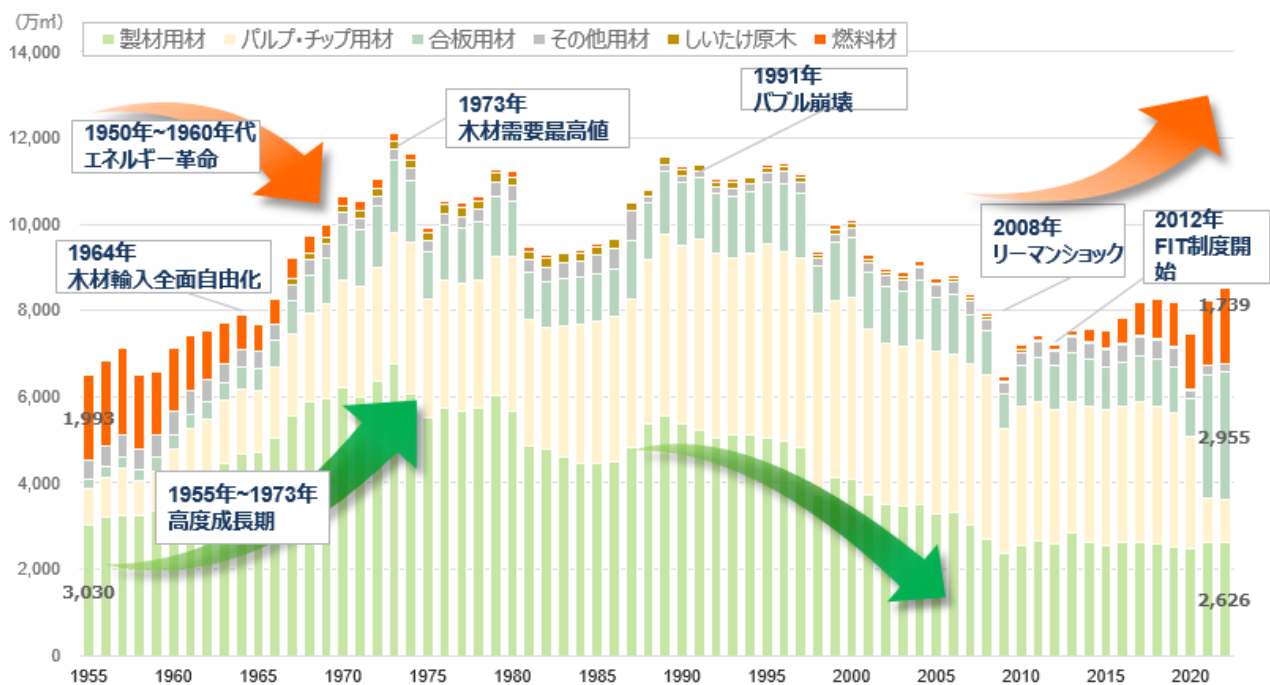
本来は林業には向かない奥山や、岩盤地にまで針葉樹の植林が行われ、これが、林道から遠く離れ、作業道の作道も困難な非経済林の存在につながっている。

こうして現在の日本を覆う、スギ・ヒノキを中心とした針葉樹林が形成されるに至った。しかし、木材は、他の農作物のように、植栽した年のうちに収穫できるようなものではない。さしあたっての需要を賄うには、国産材だけでは供給量が不足したことや諸外国との産業政策をめぐる交渉を踏まえ、木材輸入の自由化などでこれを満たす政策が打たれた。大規模林業が成立しており、安定した供給量が確保できる外国産材が流入したことにより、国産材の競争力は大きく低下した。続く高度成長期には、都市部への建築物密集を背景とした建築物の高層化や、耐火性能重視等の建築需要の変容に伴い、建築構造の主役は木造から鉄筋造、鉄筋コンクリート造へと急速に移行した。

1973年の木材需要最高値を最後に、「山持ちは金持ち」と言われた時代は終わりを告げ、これまで述べたような森林と林業を取り巻く様々な課題が深刻化することとなった。

注目すべきは、直近10年程で、燃料材の需要が上昇し半世紀前の水準に戻りつつあることである。これは、2012年のFIT制度（Feed-in Triff:固定価格買取制度）^{*1-9}開始を契機としたものと見られる。そこで、現在の薪炭利用ともいべき木質バイオマス事業に、森林産業の新たな展開への萌芽を見ることができると考え、本稿ではその可能性について論じたい。

図表1-10木材需要の推移



^{*1-9}再生エネルギーによって生成された電力を一定期間（10年～20年程度）電力会社が買い取ることを義務付ける制度のこと。「電気事業者による再生可能エネルギー電力の調達に関する特別措置法（FIT法）」に基づき2012年7月に開始。再生可能エネルギー電気の買取に要した費用は、電気の利用者から集められた再エネ賦課金によってまかなわれる。

2. 森林資源の用途の変遷と未来

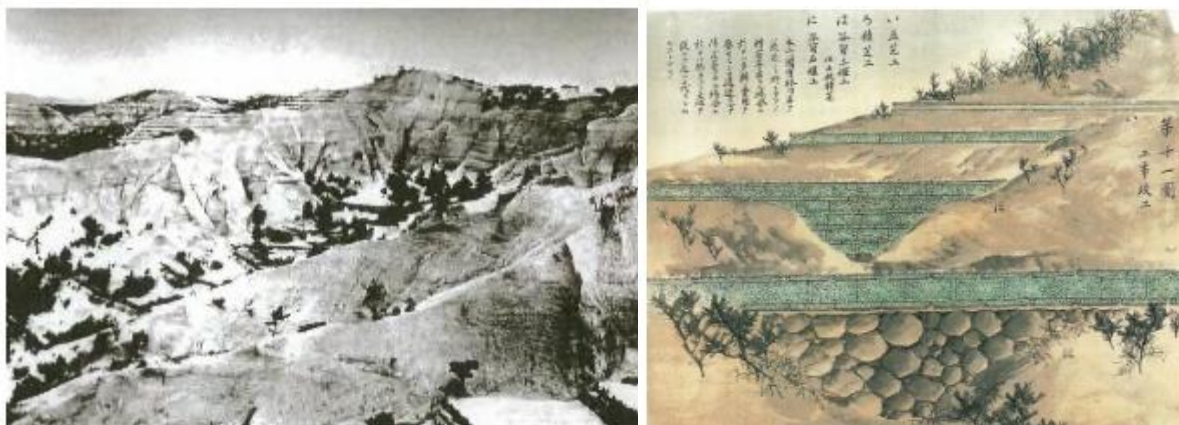
拡大造林以前の日本の森林

さて、ここで、さらにさかのぼり、拡大造林政策以前の、日本の森林の姿に立ち返りたい。日本の森林蓄積が現在ほど充実した時代はないとされる。

古来、人々は、居住地周辺のコナラやクヌギ、カシといった在来の雑木林から、薪や木炭を採取し、煮炊きや、暖を取るために活用していた。また日本古来の製鐵法である「たたら製鐵」では、木炭を燃料としていたが、森林再生のサイクルに合わせてたたら場を移動するなど、資源が枯渇しないための方策が自然と取られていた。しかし、人口が増加し産業が振興するにつれ、木の成長速度を超えた伐採が行われるようになり、森林破壊が深刻化した。「はげ山」と化した山林はしばしば土砂災害や、洪水等の水害を引き起こした。江戸幕府による治山政策により、一部回復を見たものの、依然再生の進まない山々が広がっていたとされる（図表1-11）。葛飾北斎や歌川広重といった浮世絵師の作品によく描かれるむき出しの山肌は、デフォルメした表現ではなく、当時の荒廃した森林の現実をありのまま写し取ったものである。

明治維新後には、近代産業の勃興、急激な人口増加等に対応し、状況はさらに悪化した。「伐って、使って」に「植えて、育てる」が追い付かなかった時代は、拡大造林政策の時代を迎えるまで続くこととなった。

図表1-11 明治期の治山工事着手前の荒廃した山林の姿



（出所）林野庁ホームページ「明治期の治山事業について」

【森林資源活用の変遷①】オープンフォレストエコノミーの時代

ここまで見てきた森林資源の活用目的の変遷を整理すると、グラデーションはあるものの、大きくは以下の2つの期間に分けることができる。

まず、森林の生態系サービスを、自由に享受した時代。人々は、居住地周辺の里山林から、薪や木炭を採取し、主に熱エネルギー源として活用した。人の手による定期的かつ小規模な攪乱は、萌芽更新を促し、これにより里山林は全体としては常に現存量を保持し続けたと考えられる。一方、建築材としての需要が高かった針葉樹林、あるいは、製鐵業や製塩業等の大量のエネルギー消費を伴う産業の燃料供給地となった山林においては、再生を度外視した伐採が行われ、多くの山林で森林資源の枯渇及び生態系の壊滅的な破壊が見られた。一方で、太古から明治時代までの森林は、祭祀の場、信仰の対象としての意義も広く認められていた。

この時代は、利用目的の多様さと計画性の欠如から、「オープンフォレストエコノミー」—森林の多面的機能を自由で無秩序な形で利用し続けた時代—と表現できよう。

【森林資源活用の変遷②】ティンバーモノカルチャーの時代

次は、森林資源を専ら建築用材として活用した時代である。この時代には、人間の産業・経済活動からバックキャストした計画的な森林造成が行われた。取引価値の高い単一作物を大量に栽培する、いわゆるモノカルチャー林業の始まりと言える。本稿では、これを「ティンバーモノカルチャー」の時代と称することとする。モノカルチャーは生産プロセスの合理化や、供給安定化の面では効率的といえるが、

特定の生産物に強く依存することから、ひとたび社会や、市場等の外部環境が変われば、たちどころに産業としての脆弱性が露呈する。また、植生の単純化は、病害虫の大量発生等を誘発することも知られており、自然環境面でのリスクも大きい。森林産業が「ティンバーモノカルチャー」化した結果、日本の森林は産業的にも生物・生態系的にも多様性を大きく喪失した。この多様性の喪失が、現在の林業の課題を引き起こしているとも見られる。

【森林資源活用の未来】マルチフォレストクラスターの時代

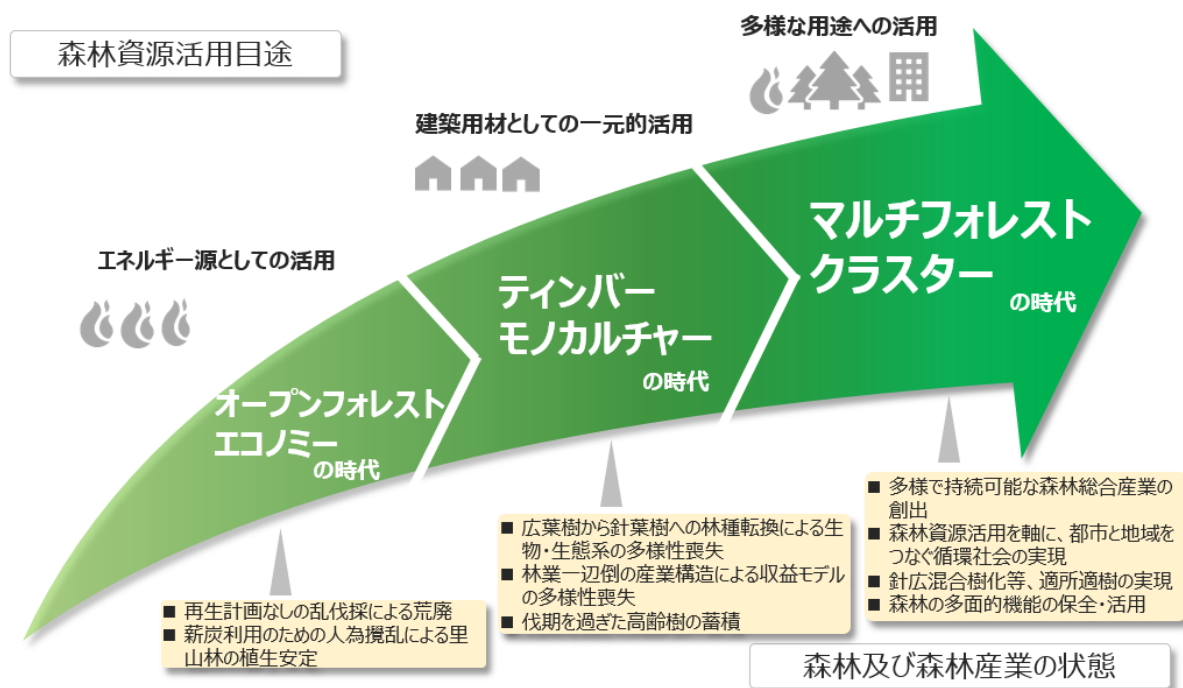
さて、ここで、過去の反省を踏まえ、次の時代は「マルチフォレストクラスター」創出の時代とすることを提言したい。この時代は、「オープンフォレストエコノミー」の時代のように、森林の多面的な機能を余すことなく活用することで、多様な収益源を確保し、森林関連産業の総合的な発展を目指す。

森林は、木材という単一製品の原材料供給の場としてだけではなく、物質的には、キノコ、ジビエ等の生産の場として、さらにはセルロースナノファイバー（CNF）^{*1-10}や、改質リグニン^{*1-11}等の、新たな産業資材の供給元ともなる。物質生産以外には、CO2吸収機能を内部経済化させ、クレジット創出により収益を得る事業モデルも考えられる。林地の性質によっては、森林教育やセラピーといった体験価値、景観価値を収益源のひとつとすることもできるだろう（図表1-12）。

しかし、これらの経済的利用価値を活用しつつも、「オープンフォレストエコノミー」の時代のように、無制限の伐出を行うことは避けなければならない。地域の供給能力を超えない範囲での伐出が必須となる。また資源を活用する際には必ず再生産を前提とする。産業と、生態系の持続性を強く意識した計画的な生産・利用方式の構築が不可欠である。そのためには、森林資源の状態、立木情報を適時把握する必要がある。また林業の大きな課題である流通コストを抑えることを考えても、産業の振興地域は森林への近接性が重要となる。森林に隣接したある程度限られた圏内に産業を密集させ、相互に連携、競争することを通じ、相乗効果を生み出す、森林関連産業のクラスターを創生することが有効であろう。この産業クラスターによって、森林を有す地域内の雇用機会の増加や、経済活動の拡大が期待できる。

このようにして森林地域に還元される収益が増加すれば、経済林においては、植林・再造林費用を賄うことが可能となり図表1-6に示した理想的な森林活用サイクルが実現する。同様に、非経済林においても、森林の整備・管理費用と人材育成・確保が可能となり、持続可能な森林が成立するものと考えられる。

図表1-12 森林活用の変遷と目指すべき姿



（出所）DBJ作成

^{*1-10}木材など植物の細胞壁成分であるセルロースを、科学的、機械的処理によりナノレベルに微細化した新素材。軽さ、強度、耐膨張性などに優れており、環境負荷も低い。自動車、航空機、化粧容器、電子デバイス部品などへの利用も期待される。

^{*1-11}日本固有の樹木であるスギからリグニン（植物細胞壁の主要成分のひとつ）を抽出し、ポリエチレングリコール（PEG）と結合することで生成される。「熱に強い」「加工しやすい」「環境にやさしい」という性質を持ち、電子部品や自動車の部品など高付加価値な製品の原料としての利用が期待される。

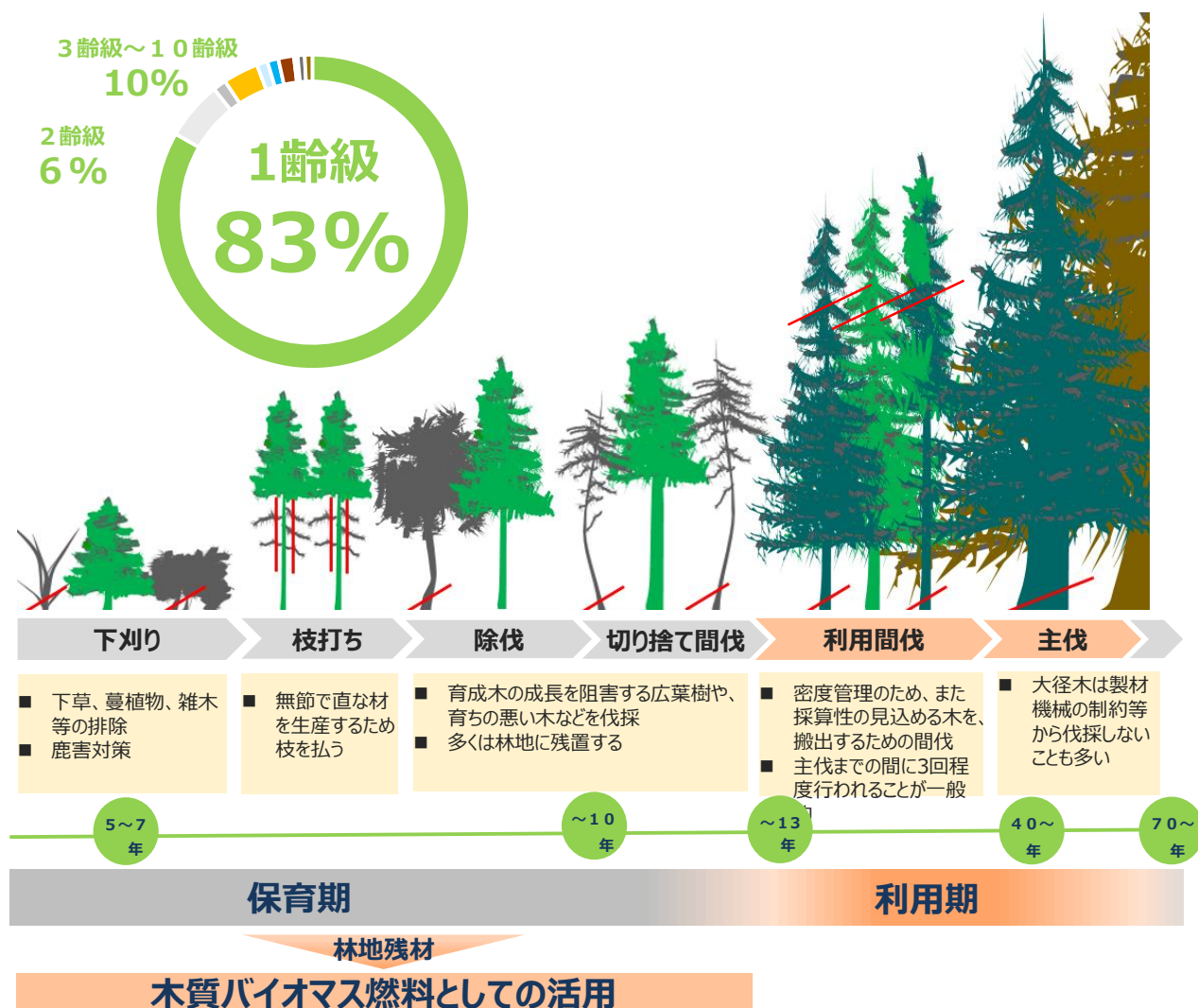
3. マルチフォレストクラスターにおける木質バイオマス利用の有用性

「マルチフォレストクラスター」を構成する製材業以外の産業としては、レクリエーション産業や、クレジット販売等も有効であるが、現行の林業の形式を大きく変えないまま追加的な収益を生み出せる点で、木質バイオマスエネルギー事業に期待したい。木質バイオマスエネルギー事業は、既存の林業や製材業の事業過程で副次的に発生する未利用材や、製材時に発生するおがくず等を活用する点で、森林産業との相補性は非常に高いと言える。また、比較的、地形や気候、樹種といった個別の条件を選ばない点でも導入障壁は少ない。

林業の投資回収の長期性への対応

木質バイオマスエネルギー事業は2つの点から、現行の林業の課題解決のための有用であると考えられる。ひとつには、林業の投資回収長期性への対応である。林業は、投資（植栽）から回収（伐採）まで40年以上かかる、超長期事業であるという特徴がある。一般的なスギの育成・造林においては、下刈りから、切り捨て間伐までの保育期が10数年に及ぶ（図表1-13）。その間、費用のみがかか

図表1-13 一般的なスギ人工林施業の流れと費用の齢級別割合



（出所）造林コストは「平成30年度林業経営統計調査報告」より、ほか各種資料を参考にDBJ作成

り、収益が得られるのは、利用間伐が始まる13年後以降である。また主伐までのキャッシュフローは利用間伐の3回程度という点も、不動産等の他の資産とは異なる点である。しかも、その費用のおよそ83%は、1年生から5年生（1 齢級）までの時期に集中している（スギの場合）^{*1-12}。造林のごく初期に、これだけのコストを掛けながら、たいていの人間は、自身が植栽した種苗を主伐する前にそのキャリアを終える。これは、主伐、再生林が進まない最大の要因のひとつとも考えられる。人間の時間、投資の時間、森林の時間、これらの折り合いをつけることの難しさが林業の根源的な課題ともいえる。

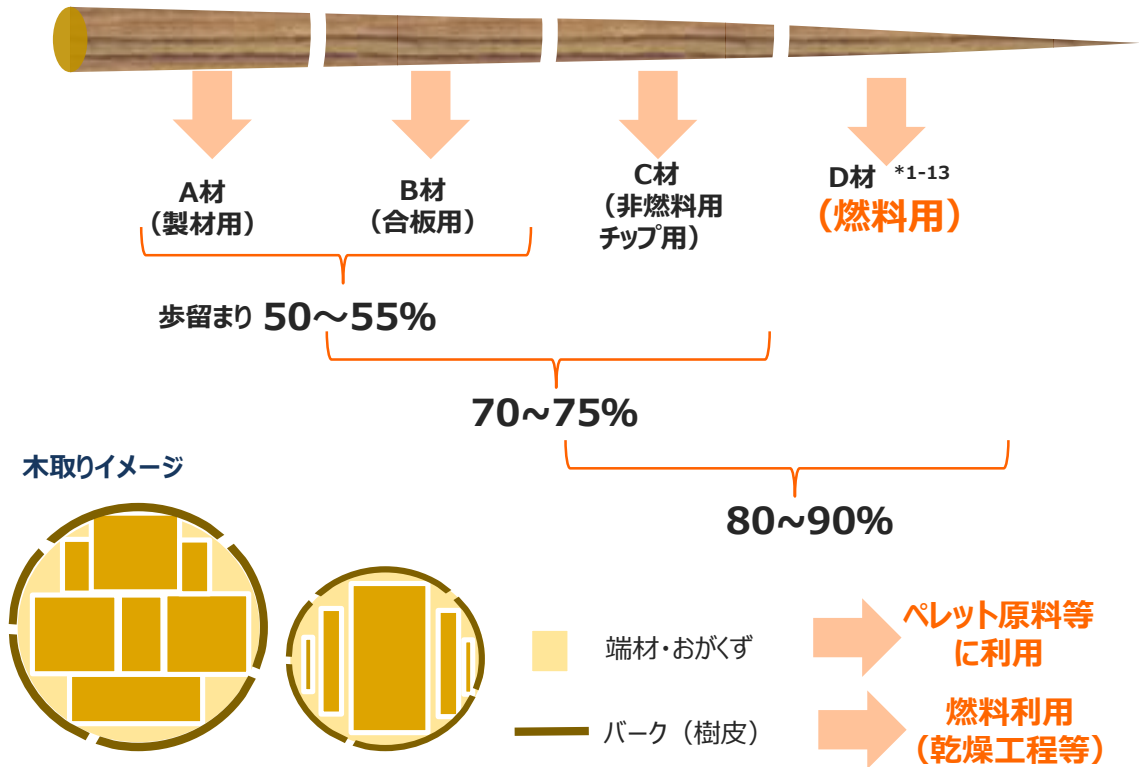
この間を埋めるひとつの方策が、木質バイオマスエネルギー事業である。通常、除伐や、切り捨て間伐では、伐採した枝葉や、製材用には利用できないような曲がりがある幹部を林地に残置する。木質バイオマスエネルギー事業ではこれらをチップやペレットに加工し、燃料として活用する。これまで捨て置かれてきた林地残材を活用することで、保育期間にも得られる収益源とし、新たに価値を創出する。木質バイオマスエネルギー事業が、林業のキャッシュフロー安定化に果たす役割は大きい。

林業の歩留まり向上への効果

もうひとつの要素は、木材の歩留まりの向上である。
森林資源量を測るとき、幹の容積を対象とすることからわかるように、立木を伐採したのち、枝条や葉は林地に残置される。また、曲がりの多い低質材も低価格での取引となるため、林道への引き出しやそこからの運搬コストを差し引けば利益は赤字となることが見込まれ、林地に残置されることが多い。林地の密度を調整するための育成期の間伐では収益が得られないのはこのためである。さらに、製材に適した直な材であっても、木材の形質上先端に向けて細くなっているため、高付加価値の建築用材としては活用できない部分が発生する。さらに、丸太から角材を切り出すという特性上、製材時の失材を免れない。このように、価格構造やロジスティクスの面、及びそもそもの木材の形質上の特性から、林業は歩留まりの悪い産業となっている。

木質バイオマスエネルギー事業は、これら林地残材から、製材過程で発生する端材や、おがくずまでを活用できるという点で、林業と製材業を含む森林産業全体の歩留まりの悪さの改善にもつながる点で有用である（図表1-14）。

図表1-14 採材時歩留まり例



（出所）林野庁「国産材の加工・流通・利用検討委員会資料 平成22年4月」を参考にDBJ作成

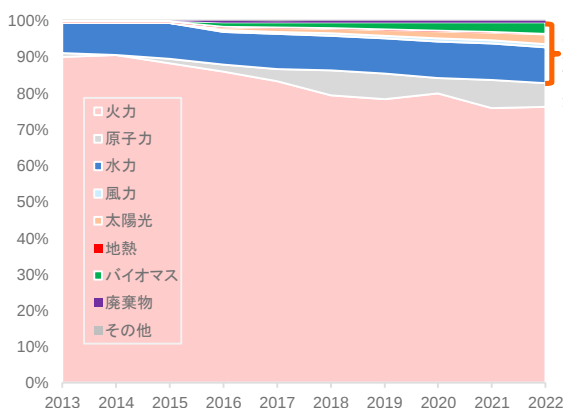
^{*1-12}「農林水産省 平成30年度林業経営統計調査報告 1-12樹種別・林齢区分別林業経営費（1ha当たり）全国_スギ」
^{*1-13}一般に木材を品質（主に曲がりの有無等の形状）や用途によって分類する際にはA材、B材、C材、D材の分類で表す。明確な定義はなく、行政機関や、事業体によって分類は異なる。一般にA材は節のない通直な原木を指し、主に製材に用いられる。やや曲がりのある原木、間伐材等の小径木はB材とされ、合板や集成材の原料となる。製材用や合板用として使用できない品質のものはC材として紙・板紙・木質ボード等の原料とされることが多い。伐採・製材の際に発生する端材等、利用価値が最も低い質材をD材という（出所：林野庁公表資料などよりDBJ作成）

第2節 日本における導入状況と課題

1. 導入状況

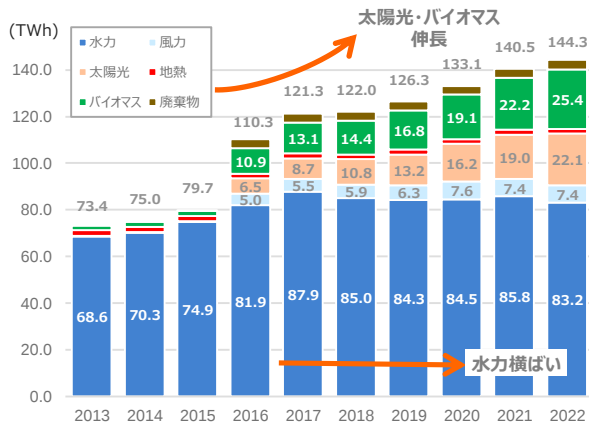
日本における発電実績のうち、再生可能エネルギーが占める割合^{*1-14}は、FIT制度導入後、着実に増加している（図表1-15）。水力発電が太宗を占めるものの大規模水力電源は既に飽和状態にあるものとみられ、成長は見られない。再生エネルギーの導入率の大幅な伸長を牽引するのは、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電といった新エネルギーである（図表1-16）。

図表1-15 発電実績推移



（出所）資源エネルギー庁 電力調査統計表よりDBJ作成

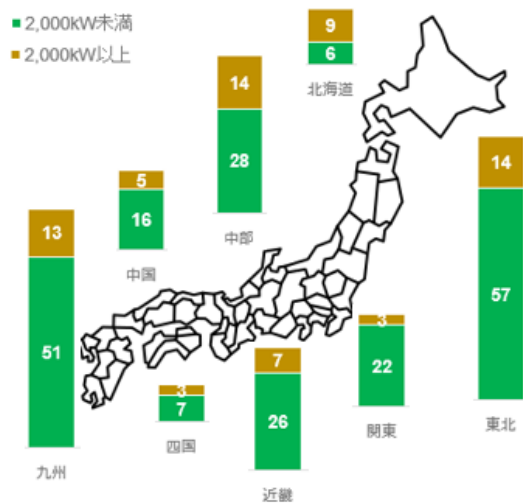
図表1-16 再生エネルギー等発電実績推移



（出所）資源エネルギー庁 電力調査統計表よりDBJ作成

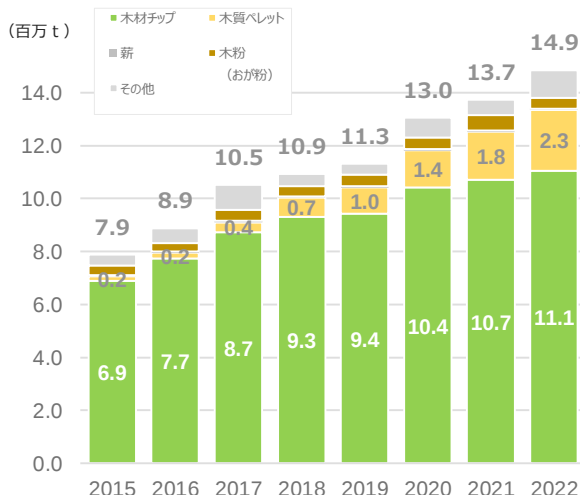
未利用材を利用した木質バイオマスエネルギー発電設備は281件あり、うち213件が2,000kW未満である（図表1-17）。燃料は木材チップの利用量が圧倒的に多いが、近年、取り扱いがしやすく運搬効率等の良い木質ペレットの利用も増加傾向にある（図表1-18）。木質チップの由来別利用量推移からは、木質チップの高い国内自給率が見られ（図表1-19）、これは、比較的小規模な発電設備が多いことと符合する。一般的に、運搬効率の悪い木質チップを燃料とする場合、地域産材を使用することが想定され、地域の供給量を超えない範囲の設備計画が必要となるためである。

図表1-17 未利用木質バイオマスエネルギー発電設備件数（FIT導入後新規認定分）



（出所）資源エネルギー庁 再生可能エネルギー電気の利用促進に関する特別措置法 情報公表用ウェブサイト（2023年6月時点A表）よりDBJ作成

図表1-18 木質バイオマスの利用量の推移

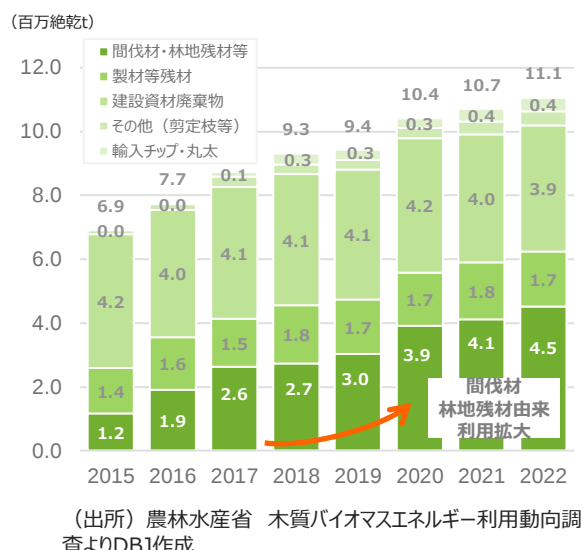


（出所）農林水産省 木質バイオマスエネルギー利用動向調査よりDBJ作成

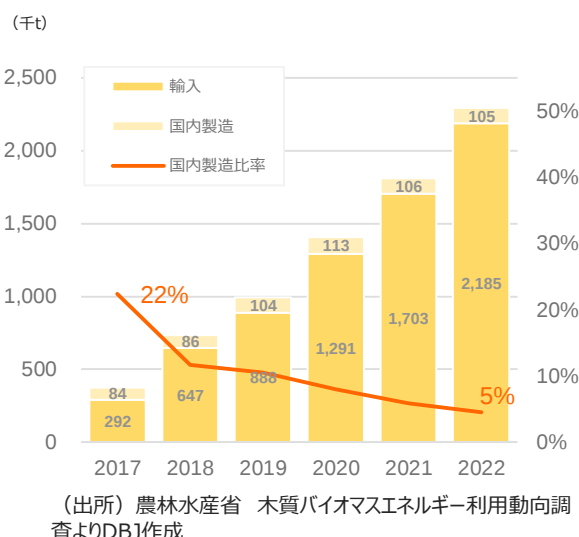
※木材チップは絶対百万 t

*1-14 バイオマス、発電、水力については、内容、大小の別無く全て再生エネルギーとして算出した

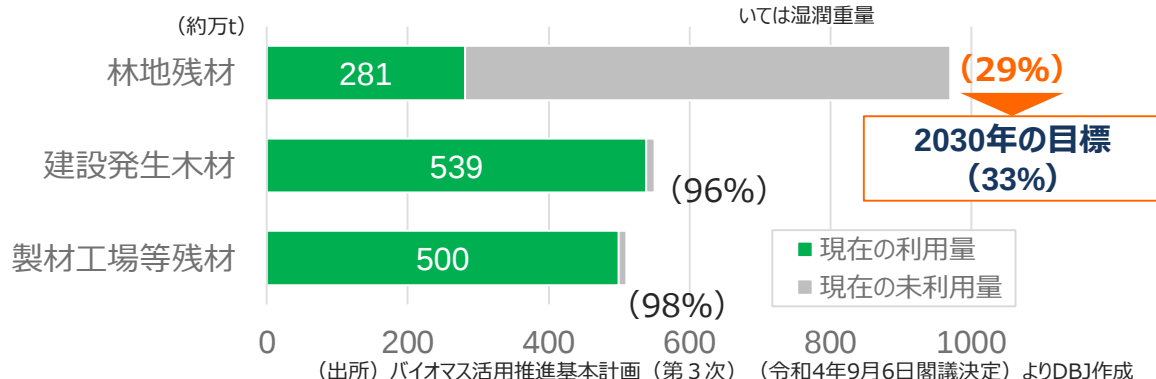
図表1-19 木質チップの由来別利用量推移



図表1-20 木質ペレットの由来別利用量推移



図表1-21 2021年4月時点年間発生量に対する利用量の状況



一方ペレットは、国内自給率が減少傾向であり、近年の利用量増加は、ほとんどが輸入増加によるものである（図表1-20）。近年の木質バイオマス発電事業の拡大により、一部地域では燃料材供給量逼迫に対する懸念の声が聴かれる。このようなリスクに鑑み、今後、運搬や在庫保管の面で扱いやすい木質ペレットを燃料とした発電所導入が進むことも考えられる。需給双方の利益のために、国産の良質な木質ペレットの製造促進が望まれる。

また、木質チップの利用においては、間伐材・林地残材由来のチップの利用がその利用量拡大を牽引している（図表1-19）。しかし一方で、林地残材の発生量に対する利用率は29%と低い数値を示しており（図表1-21）、林地残材は、まだ多くの利用可能なポテンシャルを残していると考えられる。

2. 再生エネルギーにおける木質バイオマスの特徴

木質バイオマスエネルギー事業が、太陽光や風力など他の自然エネルギーを利用した事業と異なる最大の特徴は、燃料が必要であるという点である。

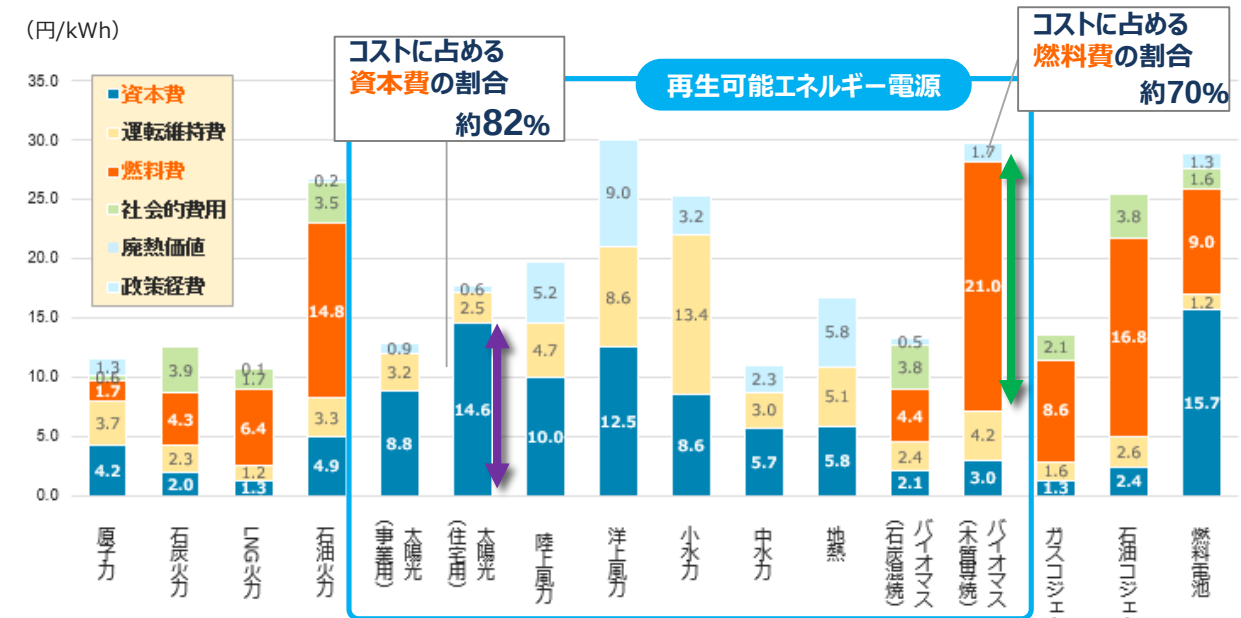
燃料は蓄積・保管、運搬が可能であるため、天候や時間帯に左右されず、一定のエネルギー供給を保てるという点で、事業の安定性に寄与する。一方で、燃料材の安定調達なくして事業は成立しないため、予め、燃料供給先の確保が必須となる。しかしこのことこそが、森林産業をはじめとした地域の振興への貢献が大いに期待される所以でもある。

例えば、資源エネルギー庁の試算によると、太陽光発電事業では、コストに占める資本金の割合が82%である一方、木質バイオマスエネルギー事業では、燃料費がコストの70%を占める（図表1-22）。

このことから、燃料製造業や原料の調達のための雇用創出等、産業振興の効果が高く、ランニングコストが比較的抑えられる他の再生エネルギー事業と比して、地域経済への波及効果が大きいといえる。

また熱供給が可能である点も、他のエネルギーとは異なる。ただし、発電効率は低いため、エネルギー効率を最大化するためにも、熱電併給事業とする必要がある。以下、図表1-23に、木質バイオマス発電と太陽光・風力発電の相違点を示した。地域の特性や、期待する効果に応じ、導入する再生エネルギー電源を選択し、場合によってはエネルギーミックスとすることで、相互に補完することが事業を成功に導くといえよう。

図表1-22 2020年の電源別発電コスト試算結果



(出所) 資源エネルギー庁 発電コストレビューシートよりDBJ作成

図表1-23 木質バイオマス発電と他再生可能エネルギー発電の比較

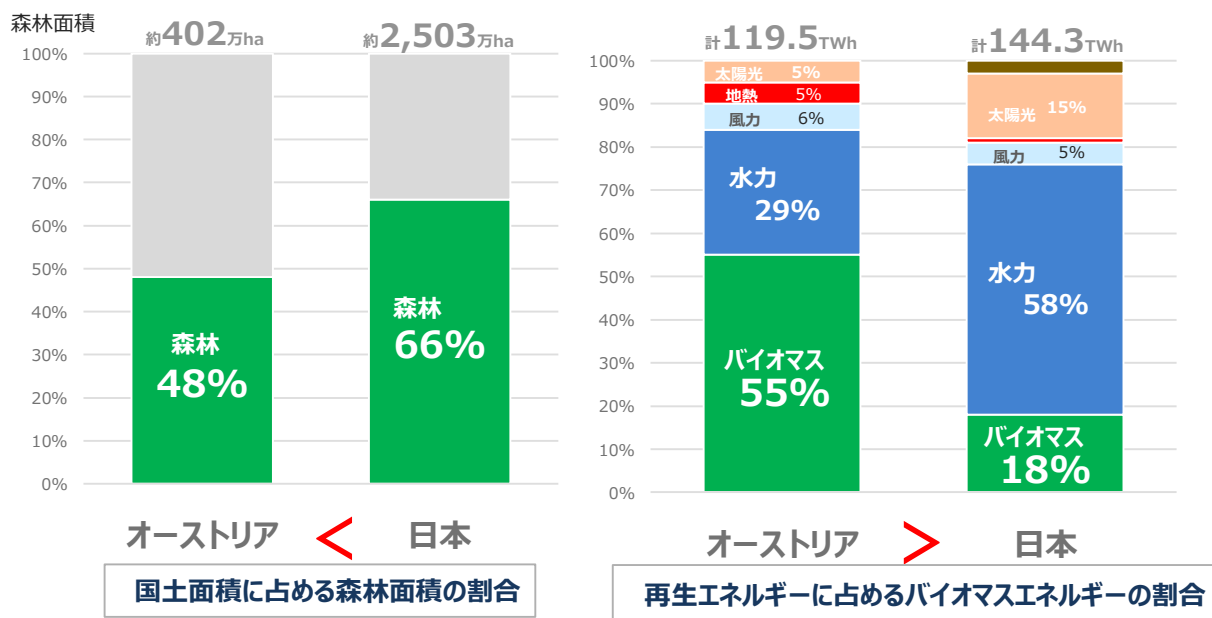
項目	太陽光・風力発電	木質バイオマス発電
エネルギー創出の安定性	■ 天候に強く依存 ■ 夜間や風の弱い時間帯では発電が困難	■ 天候や時間帯に影響されず一定供給 ■ 火事等・設備不具合での供給停止はあり
熱供給	■ 不可	■ 可能
地域経済への影響	■ 燃料供給不要のため地域経済への貢献小	■ 原料調達や燃料製造が、地域の産業や経済を活性化・雇用創出 ■ 地域通貨発行等の取り組み
導入・運用コスト	■ 家庭用ソーラーパネルは設備投資小 ■ ランニングコスト低	■ 原料コスト、運搬コスト、施設、設置、維持コストあり
技術的成熟度	■ 比較的成熟	■ 発展途上 ■ 燃料の取扱いや発電効率に課題あり
適地選定	■ 風況や、日照の安定性 ■ 太陽光では一般住宅の屋根等の未利用地への	■ 製材所や、森林、原木市場などの燃料供給源との近接性 ■ 熱電併給とする場合は熱供給先との近接性、パイプライン敷設の可能地
自家使用	■ 太陽光ではソーラーパネル設置の住宅、施設で自家発電、自家消費が普及	■ 特に熱について、ペレット工場、製材所での乾燥等に使用が普及 ■ ストープや、小型ボイラーによる住宅、施設での使用も可
住民理解	■ 景観や、騒音について要説明	■ 煙、廃棄物、火事等安全性について要説明 ■ 森林や地域への良い影響をPR
交流人口	■ 特段無し	■ 間伐体験、ビジネスツーリズム等
廃棄・リサイクル	■ 使用済ソーラーパネル、風力タービンのリサイクルに要技術、コスト	■ 燃料は分解可能、副産物の利活用研究あり ■ 施設自体の廃棄は要コストだが耐用年数は長い

(出所) DBJ作成

3. 導入阻害要因

木質バイオマス発電の導入自体は増加傾向にあるものの、前項で示した通り、木質バイオマスの発生量と、利用の状況を考慮すると林地残材の活用は充分とはいえない。さらに、森林が国土の3分の2を占めることを鑑みると、その導入展開はまだ限定的であると考えられる。例えば、日本と類似した急峻な地形や、比較的小規模な森林所有構造であるオーストリアでは、国土に占める森林面積の比率は48%と我が国より小さいにもかかわらず、再生エネルギーに占めるバイオマスエネルギーの比率^{*1-15}は、圧倒的に我が国を凌駕している（図表1-24）。

図表1-24 日奥の森林割合とバイオマスエネルギーの割合



（出所）林野庁「森林資源現況総括表」（平成4年3月31日現在）、オーストリア農林水産省「Austrian Forest Report 2023」、資源エネルギー庁 電力調査統計表、オーストリアバイオマス協会「Bssisdaten2023 Bioenergie」よりDB作成

日本における木質バイオマスエネルギー事業導入を妨げる要因としては、①高い流通コスト②燃料材安定確保の難しさ③熱需要確保の難しさと熱供給インフラ未整備、が挙げられる。

【阻害要因①】高い流通コスト

日本の林業では、一般材においても、丸太価格に占める伐出・運搬・流通コストが高く、これが山元への利益還元を阻害していることは前節に述べた。一般材向けの丸太価格より、価格が大きく下回るチップ向丸太は、総コストに占める伐出・運搬・流通コストの割合はさらに高く、素材生産業者や、山元の収益は赤字となることが多い。また、枝葉等の取扱いが難しい副産物は、よりコストがかさむ可能性がある。このように、コストと収益が合わないことが、林地残材の使用が進まない要因のひとつとなっている。

このコストを下げるためには、流通経路に工夫が必要である。一般材でも原木市場を介する流通経路が問題視されているが、燃料材についてはよりシビアに最短距離での運材が求められる。

【阻害要因②】燃料材安定確保の難しさ

FIT制度開始後、木質バイオマス発電所の新規稼働が増加する中、燃料の安定確保が求められる。しかし、枝葉や、切り捨て間伐時の曲がり材等については、流通コストとの兼ね合いから林地に残置されることが多く、燃料として一定量、継続的に利用するためには搬出を妨げる課題を克服する必要がある。

さらに、例えば、利用間伐時に全木収材や全幹収材した材を、製材する際に発生する、D材の使用についてはどうだろうか。これらは単独で搬出・生産されるものではない。その生産量は、製材・合板

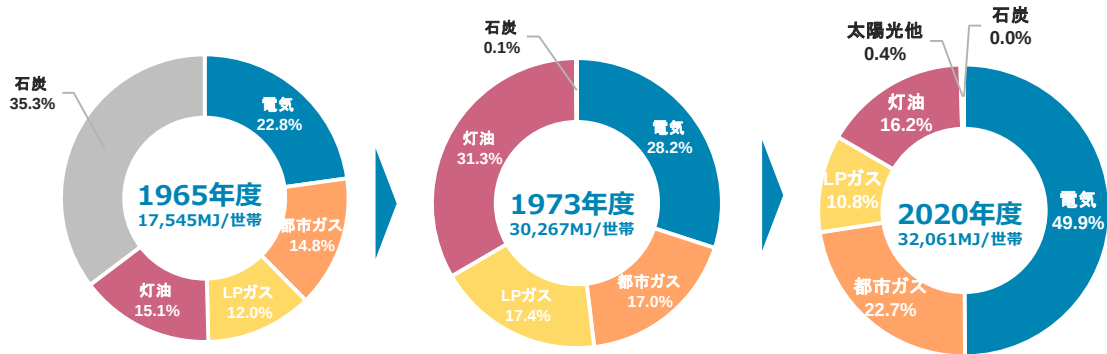
^{*1-15}ただし、バイオマスには農業残渣等の、木質バイオマス以外も含む。また、オーストリアでは熱供給も含む「再生エネルギー」の比率だが、日本の比率は、発電実績より算出しているため、熱供給のみのエネルギー消費を含まない点、留意。

用材（A材～B材）の製造に連動するはずである。したがって、燃料材の生産量を向上させるには、必ず一般材の生産量の増加が必要となる。一般材も含めた総合的な需要創出に向けた施策が必要である。

【阻害要因③】熱需要確保の難しさ

熱需要の確保の難しさと熱供給インフラの未整備についても課題である。木質バイオマス発電は、規模が小さくなるほど発電効率も低下する。したがって、エネルギー効率を上げるには、いかに熱利用をうまく取り入れるかが鍵となる。
しかし、日本のエネルギーの主流は電力でありその依存度は増加の一途をたどっている（図表1-25）。

図表1-25 世帯当たりのエネルギー消費原単位と用途別エネルギー消費の推移



（出所）資源エネルギー庁「令和3年度エネルギーに関する年次報告書（エネルギー白書2022）」よりDBJ作成

日本では、大陸と地続きの欧州と異なり、パイプラインでガスを安価に運ぶことが不可能であるため、港湾で集積したガス等の燃料を火力発電所で電力に変換してから系統に流すことが効率的である。このため、全国的に広がるグリッドは電力網である。また、欧州では、需要側の建築物も、セントラルヒーティングが普及しており、もともと熱は熱のまま供給されていたため、木質バイオマス熱供給の導入は単に燃料の転換にすぎず、受容しやすかった事情がある。このように、利便性や、生活スタイル、供給網の敷設等のインフラの状態から、日本では木質バイオマス利用がなじみにくい背景がある。

以上の木質バイオマスエネルギー事業の導入阻害要因について、どのような対策が考えられるかを検討するため、次章以降では、国内の具体事例を検証する。また海外の状況についても分析し、日本に適用できる洞察を得ることを目指す。日本国内の事例としては、燃料にチップや輸入ペレットを使用することが主流の中、地域産材を100%使用したペレットを燃料としている木質バイオマスプラントが2ヵ所稼働している内子町をケーススタディとする。事業がもたらした効果を分析するとともに、導入時の課題克服を分析する。

第2章

内子町の事例に見る地域型木質バイオマスエネルギー事業の効果

木質バイオマスエネルギー事業の導入を妨げる様々な課題がある中、導入後、森林地域の経済循環に実現している地域もある。

本章では、地域産材を100%原料としたペレット工場を起点に、2ヵ所のバイオマス発電所（1ヵ所は熱電併給）が稼働している内子町の事例を対象に、町役場、森林組合、事業主体に取材し、事業の効果の分析と、課題を克服した要素を検証した。

その結果、事業により新たな燃料材の商流が創出されただけでなく、既存の一般材の市場活性化にも貢献していることがわかった。また、2ヵ所目の事業では、地域外の大手ゼネコンが参画しており、地域外企業の適切な関与により、そのブランド力、リレーションの活用、技術や、ノウハウの提供などの影響が期待できる。

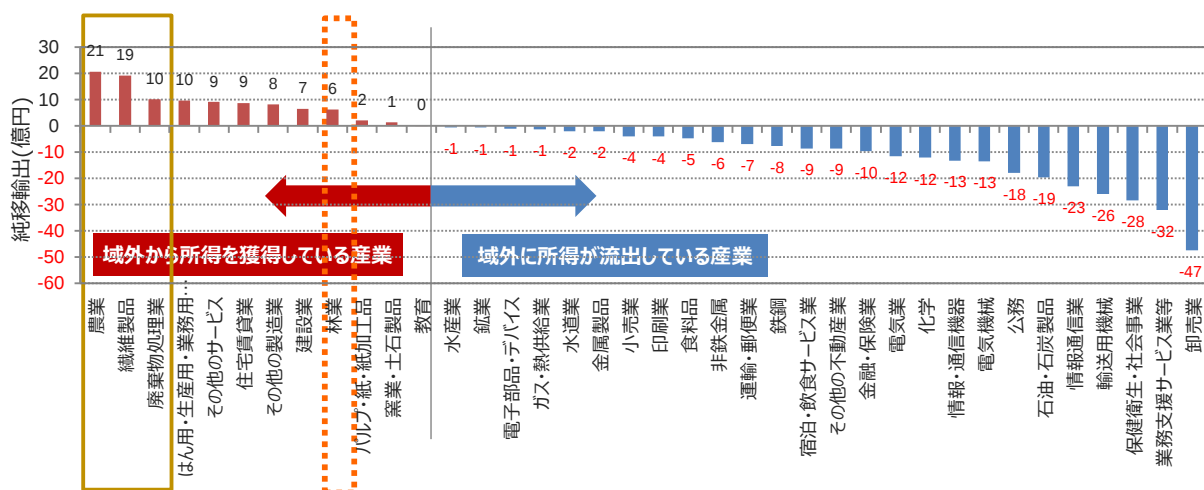
また①安定したペレット供給市場及び熱供給先の確保②安定した燃料供給確保のためのオフテイク契約③燃料材調達にかかるロジスティクス最適化等が事業の課題克服に影響していることが分かった。

背景には、地域森林産業を取りまとめる存在として、森林組合が大きな役割を果たしている。内子町森林組合は、事業範囲を施業請負に限定せず、市場での営業活動や、プランニング等、意欲的な森林経営を行い、人口減少の状況下、事業者、搬出量ともに増加させることに成功している。木質バイオマスエネルギー事業においては、FIT期間である20年間安定的に供給し続けることを第一とし、森林資源の状況を適切に捉え地域の供給能力を超えない範囲に素材生産量を調整している。このように、地域森林産業全体を統括する存在があったことは注目に値する。



（提供）竹中工務店

図表2-4 産業別純移輸出額：地域外から所得を稼いでいる産業



(出所) 価値総合研究所作成

町では、1900年代より、「キラリと光るエコロジータウン内子」のキャッチフレーズを掲げ、まちづくりを推進してきた。2001年度の「愛媛県地域新エネルギービジョン」の策定を契機に、内子町では再生エネルギー事業について本格的に検討を開始。2010年3月に、「内子町バイオマスタウン構想」を策定し、国の認定を受けた。

構想の柱は、「森のプロジェクト」「畑のプロジェクト」「まちのプロジェクト」で、これらを通じて普及啓発や、必要な支援を行うことを目指している。中でも、「森のプロジェクト」では、町の面積の約8割を占める森林由来のエネルギーとして、木質バイオマスエネルギーに着目し、木質ペレットの導入のための体制づくりに力を尽くしてきた。

当初は、学校等の公共施設にペレットストーブやボイラーを導入したもの、燃料には輸入ペレットを使用していた。しかし、同じころ、地域内の企業である内藤鋼業が、木質ペレット製造事業に取り組んでいたことから、協議の結果、同社の製造する地域の未利用材を100%原料としたペレットに切り替えることとなった。

2. ペレット工場と内子バイオマス発電所

写真2-1 内藤鋼業 愛媛ペレット 小田工場

1960年に創業した内藤鋼業は、木材加工機械製造の専門企業で、丸鋸・帯鋸制作からスタートし、製材機械等事業を展開、顧客である建具屋、集成材工場等のニーズの変化に対応しつつ、事業を柔軟に転換、拡大してきた。同社がペレット事業に参入するきっかけとなったのは、1999年に施行されたダイオキシン類対策特別措置法の施行であった。これにより焼却炉への規制が強化され、製材所は高額な焼却炉の購入と毎年の検査対応が必要となり、木くずの処理にかかるコストが大幅に増加した。

そこで、内藤鋼業は、地域の製材所と協力し、木くずを原料とするペレット製造工場の設立を計画。またペレットの安定的な販売先を確保するため、ペレットストーブの販売にも手を広げたが、当初は販売が思うように伸びなかった。

そのころ、町では「バイオマスタウン構想」を軸に、木質ペレット事業導入を進めていたため方向性が合致。町にアプローチした結果、学校や保育園、高齢者施設等の公共施設へのペレットストーブやボイラー導入を推進すること、またそこで使用する燃料を当社製造のペレットとする提案

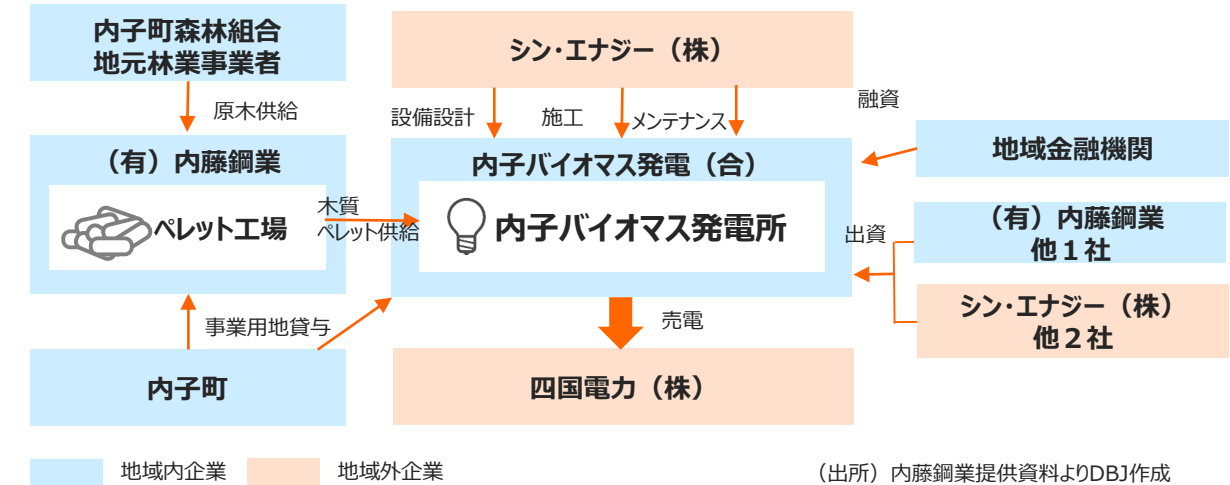


が受け入れられた。現在では13施設でペレットストーブが稼働、7施設にペレットボイラーが導入されている（2023年11月内子町実査時点）。

安定した販売先が見込まれたことで、内藤鋼業は木質ペレット工場の設立に向けた取り組みを本格化。愛媛県の補助金を活用したほか、町からは事業用地貸与等の支援を受け、山間部に所在する内子町森林組合小田支所の敷地隣接地に工場を設立した。

しかし、ペレットの利用が熱利用限定では、需要は冬季に限定される。ペレット製造事業が始まれば、ペレット工場の稼働や、原料調達も中断できない。そのため、年間を通じて一定の需要が確保できる、電力供給事業の導入が構想された。内藤鋼業を中心に、伊予銀行の融資や、新電力サービス立ち上げ支援等の実績が豊富であったシン・エナジー等の域外企業の協力も得て、内子バイオマス発電所が設立されることとなった（図表2-5）。

図表2-5 内子バイオマス発電所事業スキーム図



発電設備は20m×40mのコンパクトな敷地内に配置されており、ドイツのブルクハルト社製のガス化ユニットとガスエンジン・CHP*2-2ユニットが各6台設置されている。ガス化ユニットで生成されたガスを使い、CHPユニットからは990kWの電力が創出される。この際、CHPユニットから出力される1,140kWの熱と、ガス化ユニットからの熱回収420kWの合計1,560kWの熱をバイナリー発電*2-3装置による電力生成に利用。これにより追加で125kWの電力が創出され、合計で生成される電力は1,115kWとなる。生成された電力はFIT制度を適用し、全量四国電力へ販売している。

(出所) 内藤鋼業提供資料よりDBJ作成

事業運営	内子バイオマス発電合同会社
竣工	2018年10月31日
発電開始日	2019年4月8日
燃料消費量	ペレット約5,700t/年 (木材約11,500t/年)
初期投資額	約12億円
発電規模(送電量)	1,115kW(年間811万kWh)

(出所) 内藤鋼業提供資料よりDBJ作成

3. 内子龍王バイオマス発電所における熱電供給事業

内藤鋼業が製造したペレットのさらなる活用場として、2022年10月に新たに運転開始したのが内子龍王バイオマス発電所である。事業には大手ゼネコンの竹中工務店が主導し、出資、またプロジェクトマネージャーとして事業全体を統括する。

竹中工務店は、「燃エンウッド®」を始めとした、耐火機能や耐震機能に優れた素材の開発や、設計や構造技術の研究を通し、都市における中高層建築物の木造・木質化を促進している。このような取り組みの背景には、木を使う企業として、その供出元である森林地域社会へ貢献しようという強い使命感がある。その表明のひとつが「森林グランドサイクル®」（図表2-6）構想である。当構想は、これまでも当社が注力してきた「木のイノベーション」「木のまちづくり」に加

*2-2 Combined Heat and Powerの略。「コージェネレーションシステム」あるいは「熱電供給システム」ともいう。ひとつの熱源から電気と熱、熱水を生成する。

*2-3 低温の熱源を利用して発電する方法のひとつ。低温の熱源流体で作動流体を蒸発させ、その蒸気を用いてタービンを回し発電。その後冷却装置で蒸気を液体に戻し、再び熱源流体で蒸発させるというサイクルを繰り返す。

え、より川上にコミットした「森の産業創出」「持続可能な森づくり」の4領域から成り立っている。

内子町での木質バイオマス事業は、地域に新たな森林産業の商流を起こすことで、地域づくりに貢献しようというもので、まさにこの新領域への挑戦にあたる。

事業用地は、内子バイオマス発電所とは異なり、山中ではなく、市街地から見晴らしの良い内子龍王公園隣接地を選定。発電の際に発生する熱を、公園内の「オーベルジュ内子」「フィットネスクラブRyuow」の2施設へ供給する。なお、両施設は、先の内子町バイオマス利活用の取り組みの下、バイオマスボイラーを導入しており、当事業では、これを需要ピーク時や、設備故障時等のバックアップとして活用する。

設備は、内子バイオマス発電所と同様、ガス化ユニットと発電ユニットを各2台設置。発電ユニットからの熱も合計すると、520kWの熱と、330kWの電気を創出。電機はFITにて全量四国電力へ売電している。

図表2-6 森林グランドサイクル



(提供) 竹中工務店

写真2-2 内子龍王バイオマス発電所



(提供) 竹中工務店

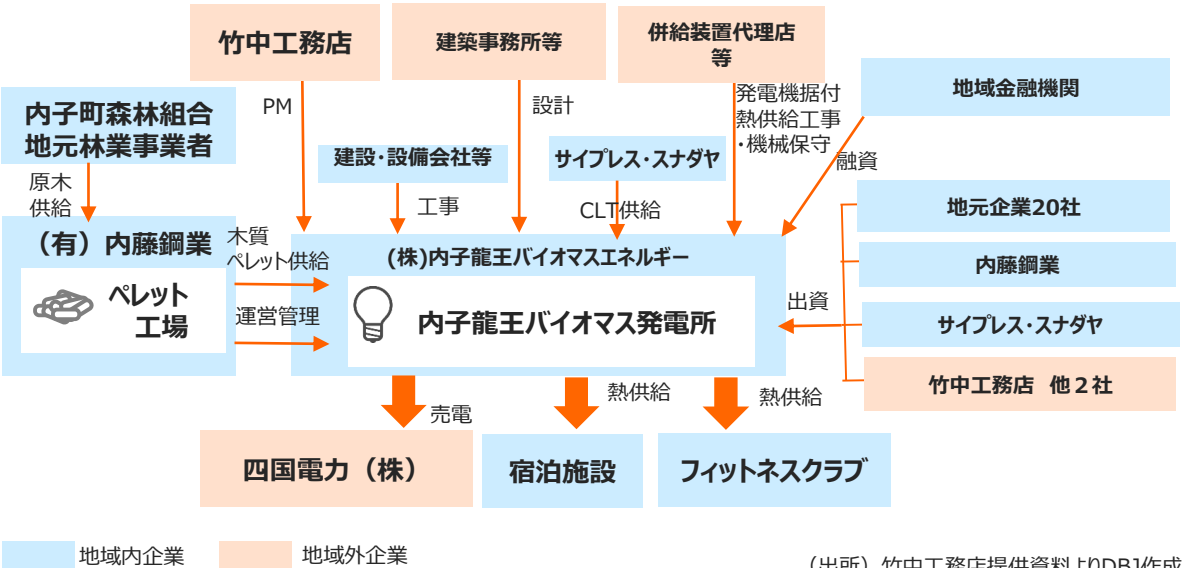
内藤鋼業製造の木質ペレットを100%使用するほか、設備建設時から、運営に至るまで、可能な限り地域企業の参画を促しており、竹中工務店は、敢えて自身が得意とする設計、建設事業には携わず、プロジェクトマネジメントに徹した。また、愛媛信用金庫による融資の他、資金提供者として地域企業20社を集めている（図表2-7）。

発電所建屋は、市街地に近接する立地であることから、内子町の歴史的景観に配慮した木造建築となっている。特に使用したCLT（サイプレス・スナダヤ製造）は、内子町のまち並みの「焼杉」の格子を模した、黒壇色に塗装したルーバー仕様となっており、地域住民の愛着を醸成するとともに、「見せる発電所」として、地域の子供たちの社会見学や、ビジネスツーリズムの対象としても機能している。この意匠性が高く評価され、「ウッドデザイン賞2023」のソーシャルデザイン部門、奨励賞（審査委員長賞）を受賞している。

事業運営	(株)内子龍王バイオマスエネルギー
発電開始	2022年10月
燃料消費量	ペレット約1,800t/年 (原木約3,600t/年)
年間発電量	245万kWh(一般家庭 560世帯分)
供給可能な熱の量	397万kWh(灯油 約390kl相当)

(出所) 竹中工務店提供資料（2023.11.19時点）よりDBJ作成

図表2-7 内子龍王バイオマス発電所事業スキーム図



(出所) 竹中工務店提供資料よりDBJ作成

写真2-3 内子町「焼杉」の格子

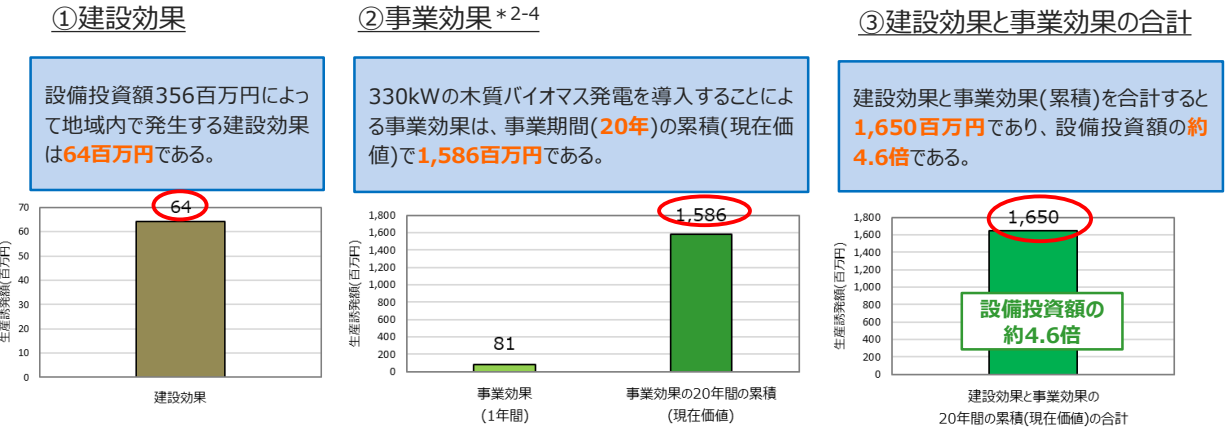


写真2-4 内子龍王バイオマス発電所壁面



今回、内子町における2件目の木質バイオマス発電事業である、内子龍王バイオマス発電所事業の地域経済波及効果を試算したところ、結果は、建設効果が6,400万円、事業期間である20年間で創出される累積事業効果（現在価値）は、15億8,600万円となった。建設効果と事業効果（累積）を合計すると、16億5,000万円となり、これは、設備投資額の約4.6倍にあたる（図表2-10）。

図表2-10 内子龍王バイオマス発電所事業の地域経済波及効果



(出所) 竹中工務店提供資料に基づき価値総合研究所作成

2. 課題克服要因

さて、以上の結果を鑑みると内子町における木質バイオマス発電事業は現在のところ一定の成功と言って良いだろう。しかし、第1章で述べた通り、日本の木質バイオマス事業促進を妨げる要因が多々存在したはずである。ここではその回避要因を分析する。

ロジスティクスの最適化

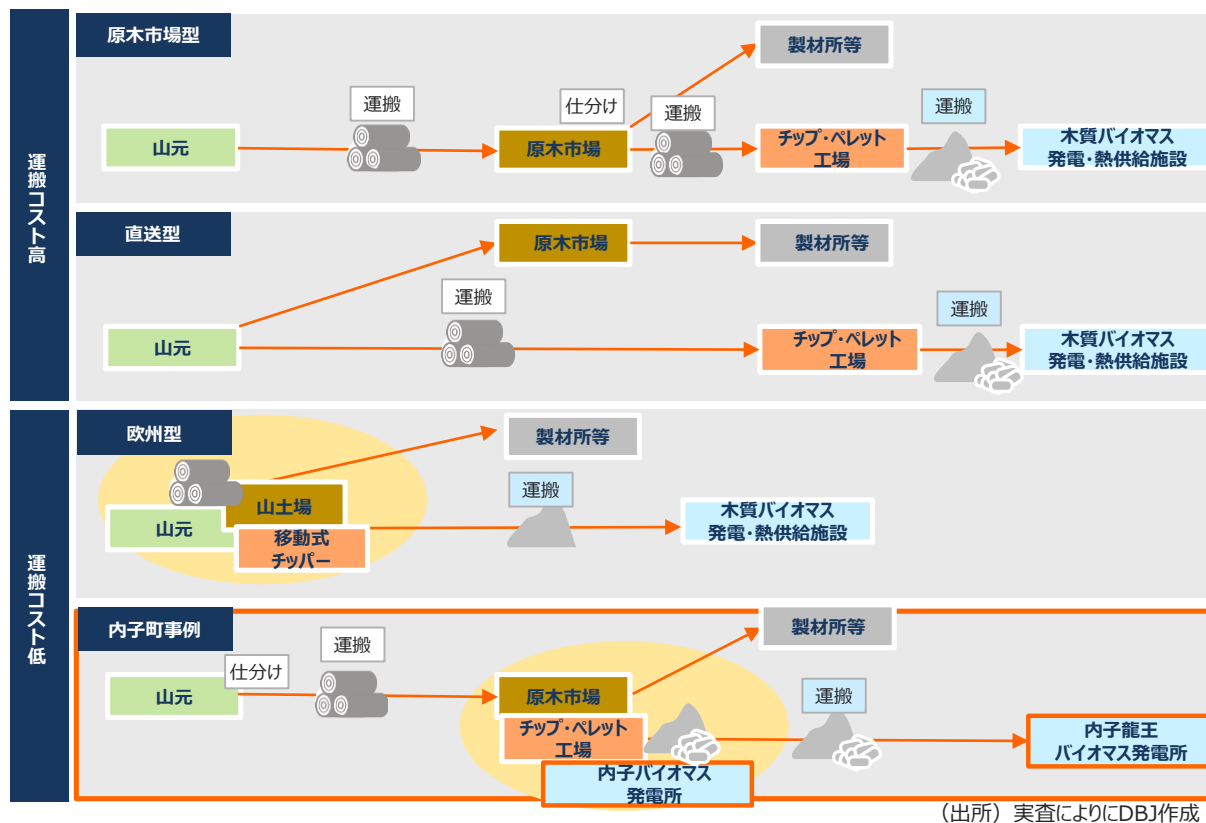
まず、林地残材の活用が進まない最大の原因として、生産流通コストが高いことを挙げたが、この課題について、内子町森林組合と内藤鋼業は、効率的なロジスティクスを構築することで対応している。材は、丸太のまま運ぶと含水率が高く、重量が大きい。また燃料材は枝葉や、不揃いな材が多いため、トラックに積む際には空間が開いてしまい、運搬効率は非常に悪い。最も合理的なのは、欧州でよく見られるように、移動式チップパーで現場破碎し、扱いやすいチップの状態で運ぶことである。しかし、この方法を採用する場合、チップパーと、チップを積み込むトラックが、現場で稼働できるだけの空間と、林道の整備が必要であり、日本の状況ではこれが可能な林地は限られる。そこで提案されるのは、原木市場や、土場の敷地内、あるいは隣接地に燃料工場を配置、供給者への利便性を考慮した設計の適用である。内藤鋼業のペレット工場は、内子森林組合と原木市場に隣接している上、素材生産者は、トラックを直接工場に乗り入れ、重量を測定し、トラックから降りることなく出材を行うことが可能な配置となっている（写真2-5、図表2-11）。また、未利用材は、林道で仕分け、通常時は一般材のみ運搬。原木市場の休場日に、林道に積み上げていた燃料材を運搬している。これによって休場日にも素材生産業者の業務が創出されるとともに、運搬に使用するトラックの稼働率を向上させることに成功している。

写真2-5 燃料材測量の様子



*2-4現在価値は割引率0.24%として算出

図表2-11 運搬コストの最適化イメージ



安定的な燃料材供給確保

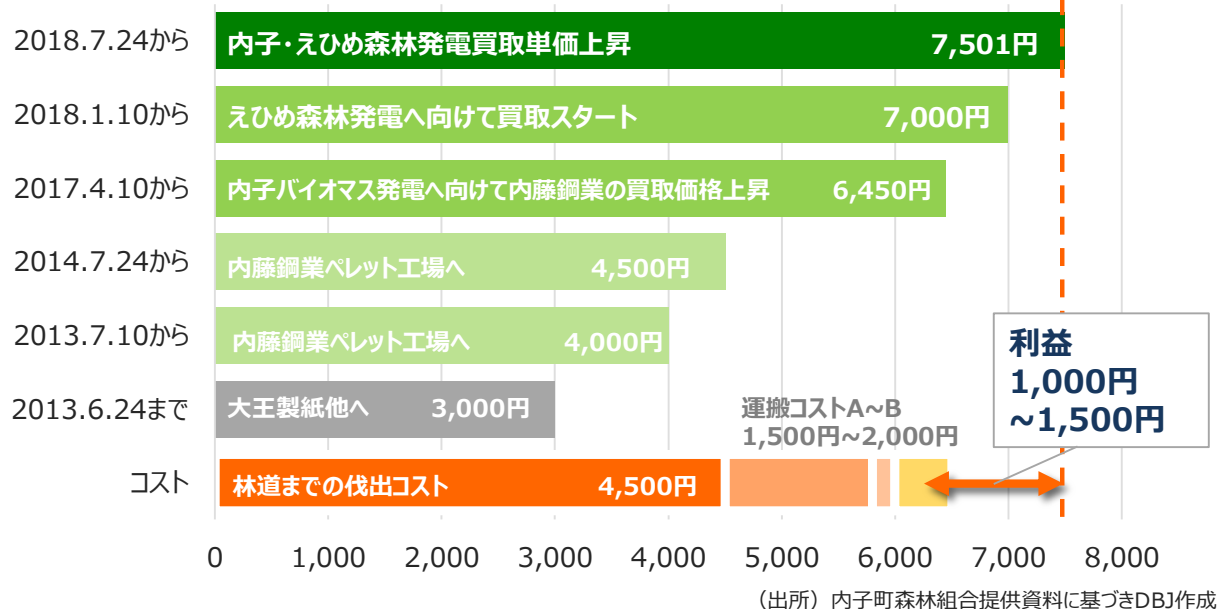
次に燃料材の安定的確保の難しさについての対応だが、もともと存在しなかった燃料材の市場を新たに創出し、年間10,000 m^3 の安定的供給量を確保するには、内藤鋼業と、内子町森林組合との間の、オフテイク契約が不可欠であった。丸太材の流通コストは、林道までの伐出で4,500円/ m^3 程度^{*2-5}、運搬コストは原木市場までの距離によって異なるものの、凡そ1,500円/ m^3 から2,000円/ m^3 程度である。また選別コストに900円/ m^3 必要であったため、これらのコストを差し引くと、最低でも7,000円以上の売買価格が期待できる丸太でなければ、山から運搬しても赤字となる。このため、製材用材として適さない丸太は、林地に残置されてきた。

内藤鋼業は、内子バイオマス発電所設立にあたり、内子町森林組合に対し、ペレット工場設立当初は、4,000円/ m^3 台であった燃料材購入価格を、7,000円に引き上げる代わりに、10,000 m^3 の安定供給を交渉した。またこの価格は、材の種類にかかわらず一定としたため、素材生産者側の選材コストも削減された。素材生産者にとっては、1,000円/ m^3 ～1,500円/ m^3 の利益が得られるだけでなく、一定量の安定需要が約束されたことから、リスク無く生産規模を拡大させることができた（図表2-12）。このように、予め、一定期間、一定価格の売買の取り決めを行うことで、素材生産者側、燃料調達側ともに合理的な関係を築くことができたことが、燃料材市場の振興に寄与した。

また、燃料材を安定確保する上で最も重要なことは地域の供給可能量に適した事業規模とすることである。しかし、地域によっては、林業が衰退し、資源量データの整備や、計画的経営が為されていない場合も多く、正確な燃料供給可能量を把握できないケースもある。しかし、内子町における主要な素材生産業者である内子町森林組合は、単に施業を請け負うだけでなく、森林の状況をデータ化し、伐出計画を最適化するとともに、市場の営業活動も行うなど、統合的に地域の森林経営のマネジメントを担っていた。このような存在があったことにより、地域の供給能力が把握しやすかったことも特筆に値する。

^{*2-5}当項目におけるコストは、各種ヒアリング、文献調査よりDBJ推定

図表2-12 小田原木市場 チップ用材最低単価推移



安定的な熱需要の確保

次に、安定した熱供給先の確保についてだが、熱電併給事業である内子龍王バイオマス発電所においては、宿泊施設、スポーツ施設という比較的安定した大容量の熱需要先を確保できたことが大きい。また、熱供給事業はパイプライン敷設の観点から供給先との近接性が需要であり、供給先と隣接した用地に発電所を建設できたことが効率的な熱供給事業へ貢献している。

余剰エネルギーと副産物の効率的利用

ほかに、熱電併給事業では、エネルギー効率を最大化するためには、最低需要レベルに基づいて事業規模を設定し、ピーク時の需要は蓄熱タンクや予備タンクで吸収することが重要である。内子龍王バイオマス発電所における熱供給先は、発電所稼働前から、既にペレットボイラーを導入し、10年以上稼働していた。これをバックアップボイラーとして利用し、ピーク時や設備故障時の熱供給のバッファとして活用することでエネルギー効率を担保している。

事業で発生する副産物も利用し、余すところなく資源を活用することも、新たな収益源確保と、廃棄コストの削減のために有効である。内藤鋼業は、ペレットの原料としては利用できないバークをペレット製造時の乾燥工程に使用。また、内子バイオマス発電所は、発電時に生じる熱もバイナリー発電に活用、ガス化炉の発電に追加することで、発電事業単独事業でありながら、エネルギー効率を高めることに成功している。また、バークを燃やす際に発生する灰から、「バイオマスストーン」(写真2-6)を生成。これを、林道整備に活用している。副産物、エネルギーともに「使いつくす」ことに徹している点も、重要である。

写真2-6 バイオマスストーン



雇用・原材料・資金の高い地域調達率

最後に、内子龍王バイオマス発電所事業について試算した、高い地域経済波及効果について述べる。地域経済への波及効果を最大限とするためには、地域の、ヒト・モノ・カネをいかに活用するかが鍵となる。内子龍王バイオマス発電所設立においては、地域外企業である竹中工務店は、自身が得意とする建築、設計等は可能な限り地域企業に任せたことは既に述べた。また、資金調達においては、地域からの出資を募ることに尽力した。

燃料は内藤鋼業製造のペレットを活用しているから地域産材を100%使用した事業である。このように、地域外の大手企業が、彼らの事業規模からみれば、「スモールビジネス」というべき事業に参画し、地域に貢献する例が昨今増えてきている。これらは、かつて地域活性化の枠組みで多く見られた「企業誘致」や、「寄付」等とは趣を異にする。このような傾向の背景と、意義については最終章で分析したい。

なお、図表2-13に本項で述べた内子町事業に貢献したと思われる要素を簡単にまとめた。このような特徴は、地域の特性によって異なる部分もあるが、共通するものもあるはずである。最終章にて改めて事業に欠かせない要素を検討するための材料としたい。

図表2-13 内子町における事業に貢献した要素

項目	内子町での取り組み
ロジスティクスの効率化	■ 原木市場の隣接地に、燃料材の工場や、発電所を配置することで、運搬コストを圧縮。 ■ 原木市場休場日に、未利用材の出材を行うことで、原木市場、素材生産業者、トラックなどの運搬機器の稼働率を最大化
安定的な燃料材の調達	■ 地域の供給可能量に適した事業規模とする ■ 安定したオフテイク契約（素材生産者は、一定量の燃料材を一定期間提供する代わりに、有利な価格での売買取引を保証） ■ 資源量の正確な把握と、効率的施業
安定的な需要先の確保（熱・燃料）	■ ペレットボイラー・ストーブ導入補助金（ペレット需要先確保） ■ 公共施設への供給と、自治体との連携・政策支援（熱需要先確保） ■ 供給先からの近接地に建設
エネルギー効率（熱）	■ 最低需要レベルに基づいて事業規模を調整、ピーク時の需要や、故障等による停止時はバックアップで対応。 ■ 排熱も自家使用または発電に使用（乾燥や、バイナリー発電等）
地域内経済効果	■ 可能な限り地域のヒト・モノ・カネを活用 ■ 地域通貨「ドン券」発行
カスケード利用	■ 燃料製造時の副産物（バーク等）、発電時の副産物（灰等）も活用。

（出所）DBJ作成

第3章 欧州に見る 森林資源を活用した地域循環の姿

日本の森林は急峻な地形、小規模な所有形態の特性から、北米で行われるような大規模集約型の効率的林業モデルをそのまま取り入れることは困難である。これに対し、オーストリアでは、日本と同様、急峻な地形と小規模な所有形態を持ちながら、林業は収益が得られる産業として成立していると言われる。また、再生可能エネルギー消費量のうち55%^{*3-1}は木質バイオマスであり、その普及は地域熱供給事業や、家庭での熱利用が主体である。オーストリアの森林産業の調査を通じて、日本の地域森林産業創出に向けた木質バイオマス事業に対する新たな示唆を得るため実査した。

加えて、OECD加盟国中で最大の森林率を誇るフィンランドでは、民間主導の効果的な森林管理システムが整備されており、最新の研究と技術に支えられた全面的なマテリアル利用が実現し、既に商業ベースでの展開も進んでいる。日本の森林産業の多様な展開に向けての示唆を得るため、フィンランドの実査も実施した。

実査から、オーストリアでは、小規模な森林所有者の利益を最大化するための支援や指導を行う、農林会議所（LK）や林業協同組合（WV）が重要な役割を果たしていることが明らかとなった。一方フィンランドでは、Metsäグループなどの大企業が森林関連事業の多角展開において主導的な位置を占めている。特にMetsäグループは、広範な用途への森林資源のマテリアル利用や、森林産業の包括的なバリューチェーン形成などの独自のビジネスモデルを展開しており、フィンランドの持続可能な森林経営・管理において重要な役割を果たしていることが伺われた。



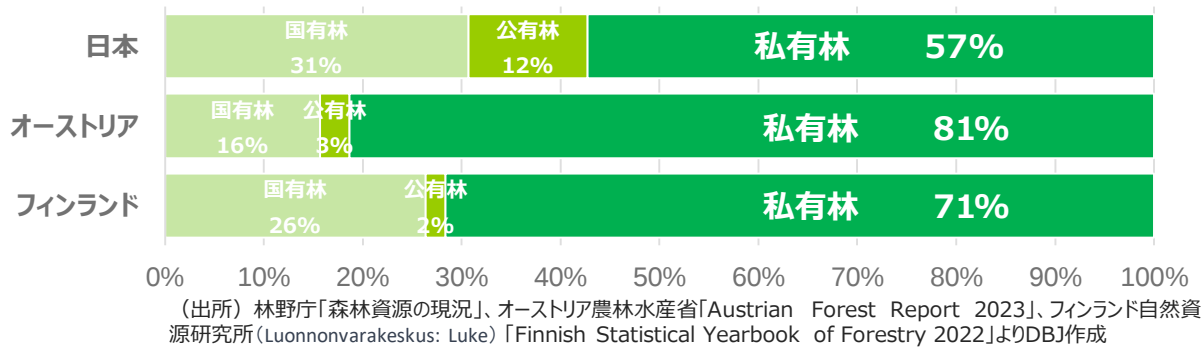
^{*3-1} Bioenergie Atlas Österreich 2023

第1節 オーストリアにおける地域型木質バイオマスエネルギー事業と森林経営

1. オーストリアにおける木質バイオマス導入概況

オーストリアの森林面積は約402万haであり、これは連邦領土の約47.9%にあたる。うち81%を約137,000人の個人が所有している。これは、個人所有が多いとされるフィンランドよりもさらに上回る割合である（図表3-1）。さらに、うち59,000人が5ha以下の土地を管理しており、個人の平均所有面積は9.2haと、日本同様小規模零細な所有形態である。

図表3-1 森林の所有形態別割合

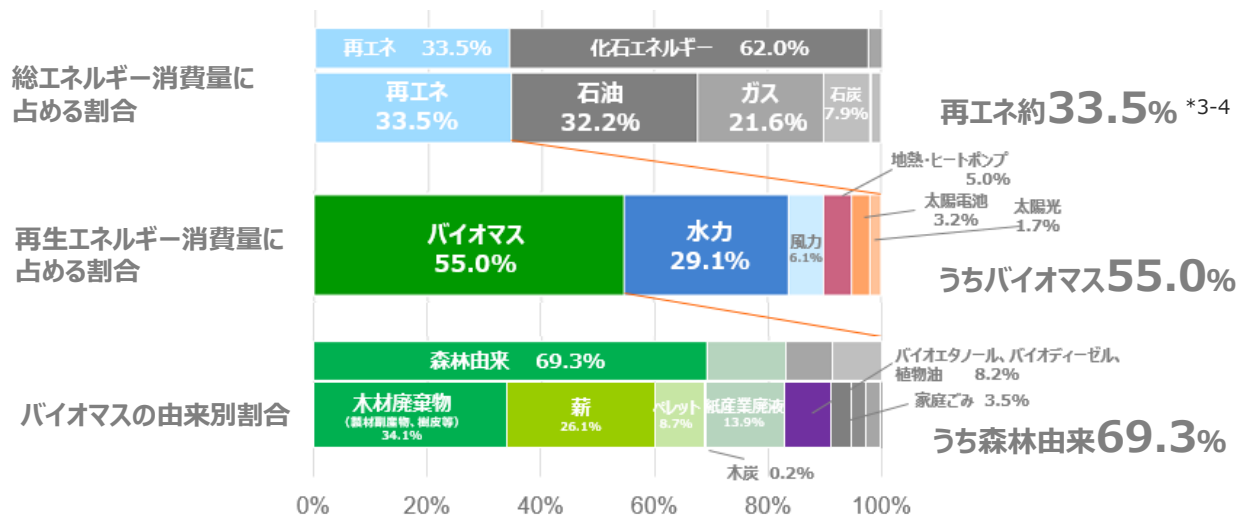


導入状況

再生可能エネルギーの導入は増加しており、2020年にはRED II *3-2の目標値である32%を上回る再生エネ率37%という割合を達成。2020年時点で非エネルギー利用を除いた割合では、33%以上を保持している。

再生可能エネルギーのうち、バイオマスエネルギーの割合は、55%を占めている（図表3-2）。1990年から、2022年の間に、全エネルギー消費量に対するバイオマスエネルギーの割合は9%から17.5%に増加しており、1970年以降のバイオマス利用料は、実質5倍以上に拡大している。ほかの再生エネルギーの割合は、数十年にわたり、10～14%の間を変動しており*3-3、バイオマスエネルギー無くして目標達成はなかったと言える。

図表3-2 オーストリアのエネルギー消費の割合



*3-2 RED II（Renewable Energy Directive II）は欧州連合（EU）が2021年から適用を開始した再生可能エネルギーの普及を目指す指令。2030年までにEU全体のエネルギー消費量の32%を再生可能エネルギーで賄うことを目指している。

*3-3 オーストリアバイオマスエネルギー協会「Bedeutung der Bioenergie」

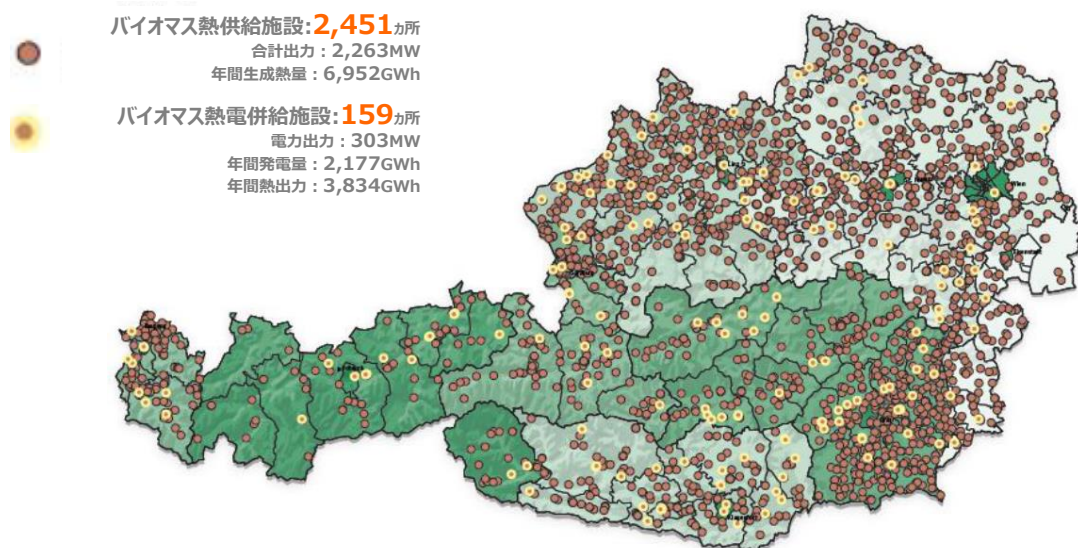
*3-4 エネルギー消費量については2022年の数値、バイオマスの由来別割合については2021年のデータをもとに作成。詳細な数値は非エネルギー利用のための化石燃料を含めるか否か等で同一資料の中でも記載にずれがあるため、参考値としての扱いとされたい

バイオマスのうち、森林由来のバイオマスエネルギー比率は70%近くあり、紙産業廃液も含めると、実に80%以上が、森林由来燃料である。また、その4分の1程度が伝統的な薪（焚き木）で、主に個々の家庭の暖房で使用されている。薪以外のチップ、製材副産物等は、主に製材業や、木質発電所、及び地域暖房設備で使用される。ペレットは、戸建て住宅の暖房に多く利用される。

エネルギー全体を見れば、オーストリアでも日本同様、化石燃料に由来するものが半数以上を占める。近年はウクライナ戦争後の石油・ガス価格高騰の影響で、対外貿易赤字は増大している。特にこれまでロシアからのガス供給に71%依存していた（2022年12月時点）^{*3-5}こともあり、単に財政上の危機感からのみではなく、戦争国家に、エネルギー輸入額として年間数十億ユーロが流出していたことに対する抵抗感からも、再生エネルギーへの転換への希求は切迫度を増している。

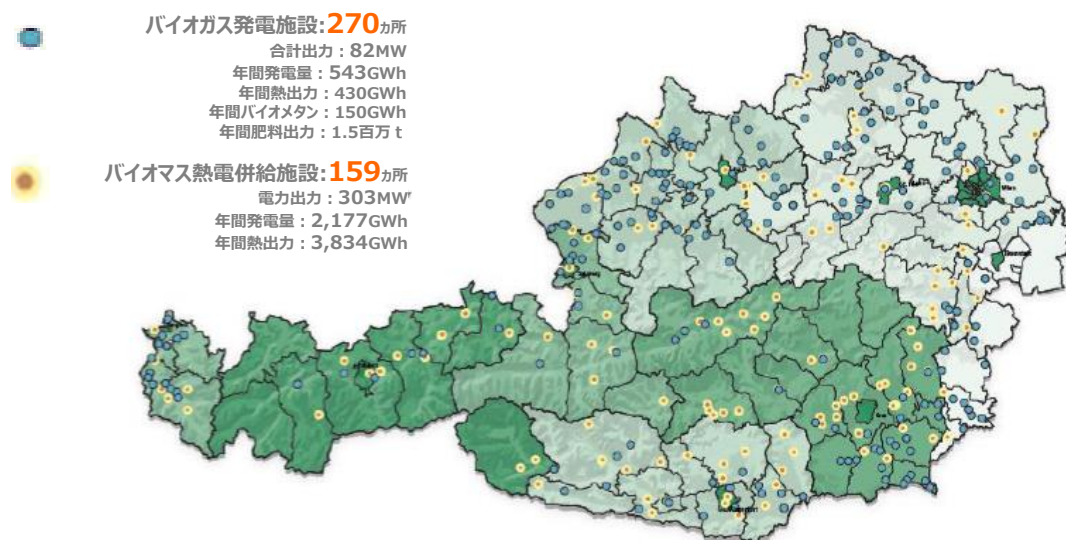
オーストリアでは、木質バイオマスによる地域熱供給は一般的であり、熱供給施設は、領土の津々浦々に存在し、その数は、2,451に及ぶ（図表3-3）。一方発電施設は270ヵ所あり、うち半数以上の159ヵ所が熱電併給施設であることから、熱供給利用がいかに普及しているかがわかる（図表3-4）。

図表3-3 オーストリアの熱供給施設



（出所）オーストリアバイオマス協会「Bioenergie Atlas Österreich2023」

図表3-4 オーストリアの発電施設



（出所）オーストリアバイオマス協会「Bioenergie Atlas Österreich2023」

^{*3-5}なお、2023年1月には47%に減少。（出所）オーストリアバイオマスエネルギー協会「Bioenergie Atlas Österreich 2023」

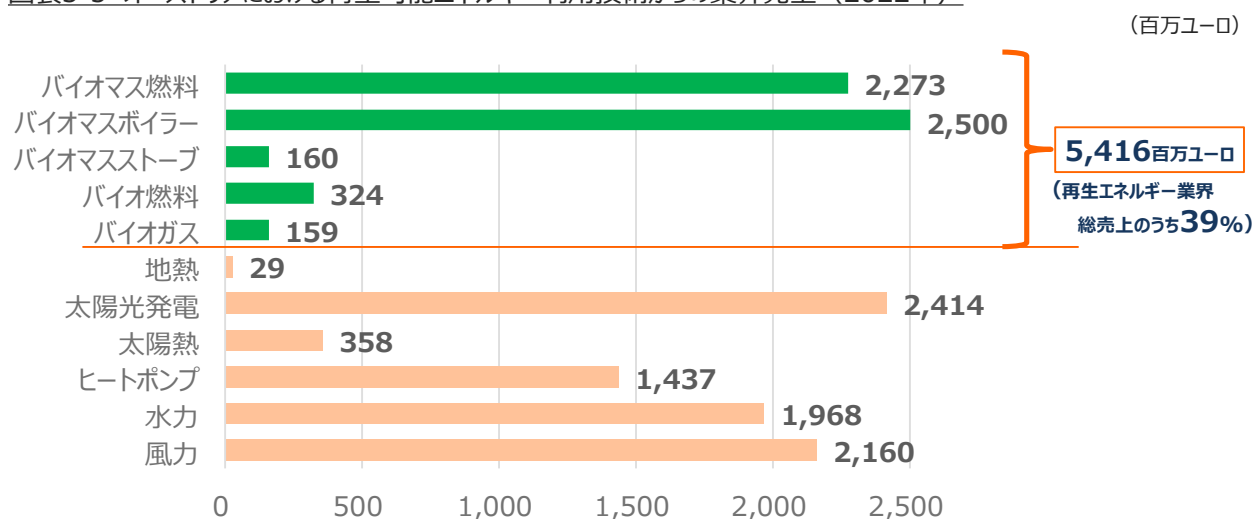
このような導入状況のもと、森林産業における木質バイオマス事業の存在は大きく、「木材バリューチェーンの全ての道は、炉へつながる」*3-6と言われるほどカスケード利用は進んでいる。

位置づけ

オーストリアにおける再生エネルギー事業は、単にエネルギーの自給率を高めるだけでなく、国内経済を支える重要な産業として位置づけられている。中でもバイオマス業界の総売上高は54億ユーロであり、再生エネルギー事業の総売上のうち39%を占めている（図表3-5）。そのうち固形バイオマスが約49億ユーロを占め、再生可能エネルギーセクターの雇用の54%は、固形バイオマス利用部門に位置している。特に「Made in Austria」のボイラーは世界市場で需要が高まっており、2022年には生産量の80%以上を海外で販売している*3-6。

第1章で、木質バイオマス事業はほかの再エネ事業と異なり、燃料調達に纏わる産業を振興する意味で国民経済への波及が大きい旨述べたが、オーストリアにおいては、さらに、設備産業においても、収益を生み出しており、森林産業のバリューチェーンの川上から川下までを網羅する重要な産業として位置づけられている。

図表3-5 オーストリアにおける再生可能エネルギー利用技術からの業界売上（2022年）



(出所) オーストリアバイオマス協会「Bedeutung der Bioenergie」より作成DBJ作成

2. オーストリアの木質バイオマスエネルギー事業の実態

このように木質バイオマス先進国といえるオーストリアは、我が国の再生エネルギー元年といわれる2012年当初から、研究の対象とされてきた。しかし、その後10余年が経過し、当時成功事例として取り上げられた地域の中にも、期待した成果が得られていない事業もあり、現段階で改めて学びなおすことは、単に成功のプロセスを学ぶのみならず失敗からの教訓を得るという意味でも有効であろう。このような考えから、本項では、オーストリアの地域型木質バイオマス事業の実査結果を報告する。

【実査報告】燃料材集荷の様子

まずは燃料材の集荷の様子を報告したい。日本では山からの運搬コストは森林所有者、もしくは素材生産業者が負担することが一般的であるが、オーストリアではチップpingを専門に行う事業者が存在し、彼らが運搬も担うことが多い。その多くは家族経営体である。彼らは、その場に捨て置けば価値が無い、それどころか廃棄費用が掛かる不用品を安価で引き取り、価値を見出す次の利用者に引き渡す存在である。オーストリアには、林地残材に関するこのような経営体がたいの町の町に存在する。彼らは地域のネットワーク、あるいは充実したデータ網から、燃料材の

*3-6 オーストリアバイオマス協会「Bedeutung der Bioenergie」

発生情報を正確に把握し、即時現場に向かう。その正確さと迅速さは分単位である。森林資源とそれに関わる産業のデジタル化は進んでいる。

道の脇に重ねられた枝葉は、当日朝に伐採されたものであり、伐採地は目と鼻の先の距離で、路網整備による林道へ引き出すための効率性が伺われた。

この場所に限らず、オーストリアの森林全体で路網整備は進んでおり、伐採した原木を道に引き出す労力やコストは低い。さらに、道幅が広い大型のトラックやチップパーが林道を通行できるため、原木の引き渡しは「林道渡し」が主流となっている。この引き渡し方法であれば、自伐林家や素材生産業者は、発生した間伐材や枝葉を遠くの集積場に運搬する必要はなく、道の脇に積み上げておくだけでよい。

今回実査した集荷現場では、間伐材ではなくキクイムシの被害木を伐採した際の残りの枝葉部分を対象としていた。近年ヨーロッパでは、キクイムシ被害が深刻化している。被害木は速やかに処理することで、残された樹木への被害拡大を最小限に抑えることができる。この、処理の迅速性向上の観点からも、政策上路網整備は重視されている。^{*3-7}

枝葉は現場でチップパーに投入され、破砕、そのままトラックに積み込まれ、15分程度で作業は完了した（写真3-1）。

事例のような枝葉や、バークを含むチップは、含水率も高く乾燥にも限界がある。このため、低質チップも投入可能な、高性能な産業用ボイラーを有する製材所や、広域地域熱供給施設等で使用される（写真3-2）。一方で、不純物が少なく含水率も低い高質なチップについては、小型ボイラーでも使用可能であるため、団地や、学校等の施設、あるいは小規模な地域熱供給施設等で使用される。

写真3-1 枝葉現地チップングの様子



写真3-2 地域熱供給施設に搬入される低質チップ



写真3-3 木質バイオマス熱電併給施設脇に集積された原木と、チップ



^{*3-7}オーストリアバイオマスエネルギー協会「Bioenergie Atlas Österreich 2023」

写真3-4 低質チップ（手前）と高品質チップ（奥）



写真3-6 集合住宅と、集合住宅の地下に連結されるチップ保管庫



写真3-5 集合住宅チップ保管庫内部



【実査報告】地域型熱供給施設

現場破砕されず、バイオマスプラントへ直接搬送される林地残材（写真3-3）もある。次に実査した集積場は、熱供給施設や発電所に併設され、燃料材の供給量、及び、エネルギー需要量の予測量に従って、在庫調整される。例えば、製材所向けの木材価格が低い時期であれば、それに連動して燃料材の供給量も抑制される。またキクイムシ被害や、天候被害等による倒木が増えれば市場に放出される燃料材供給量は増える。そのような自然環境や、市場動向の予測は、事業者の個別の能力に過度に依存することなく、平等に情報が取得できる社会システムが整備されている。

【実査報告】集合住宅における熱供給システム

チップは品質により仕分けされ（写真3-4）、高品質なものは小規模ボイラーを有する施設へ配送される。実査したのは、15世帯が入る4棟の集合住宅に設置された、80kWのボイラー1台、年間のチップ使用量約240m³の小規模な熱供給施設である。チップ保管庫は、住宅地下にある熱ボイラー室に直接つながっており、外から投入したチップをそのまま使用できる仕組みである（写真3-5、3-6）。このケースでは、設備投資や整備コストは事業者側が負担し、代わりに居住者とは、熱供給についての15年の長期契約を締結していた。事業者側は、予めチップの販売先を長期的に確保できる利点がある。居住者側にとってはどうか。オーストリアでは地域や、施設ごとに熱供給システムが導入されていることは一般的であるが、その価格は、化石燃料と木質という原料の別なく、一律14セント/kWhである（2023年現在）。これは、この集合住宅を選択する際の居住者にとってのインセンティブは価格ではないということを示している。この集合住宅に住む限り、戦争国家などから購入したものではないことが明確に証明された、地域産のクリーンなエネルギーを安定的に得られる、ということこそが最大の便益といえる。

なお、このようなごく小規模な熱供給システムにおいては、複数のボイラーを連結することな

く、小型ボイラー1台で完結可能である。この最大のメリットは、”Stop&Go”（運転停止・運転開始）が可能である点である。最大稼働後、蓄熱タンクにたまった熱湯を利用することで、これが冷えるまでボイラーを停止しながら熱供給することが可能となる。蓄熱タンクの熱が使い切られたら再度ボイラーを稼働する。これにより、廃熱を一切無くし、熱効率を最大限に引き出せる。実査した施設では、補助金を得るために必要な85%のエネルギー効率を大きく上回る、計測上95%の効率を引き出せていた。なお、稼働時効率のみで考えれば、実際には100%以上の効率が引き出せているということであった。

【実査報告】広域熱電併給インフラ事業者

次に、11か国で再生エネルギー及び化石エネルギー事業を手掛ける企業の熱電併給施設を実査した。この企業は、エネルギー事業の他に、下水、飲料水供給等、生活インフラ事業も行う多角経営事業体である。オーストリア国内では、特に南部地域を中心に、4ヵ所の熱電併給施設と61ヵ所の熱供給施設を運営している。また夏場は吸収式冷却装置（chiller）を使用することで、冷房も提供している。

実査した施設では、年間1万世帯以上、最遠地点では20km先の町にまで熱供給を行っていた。そのために、合計150kmに及ぶパイプラインネットワークを利用している。このような広域の熱供給インフラを実現するための必須条件は、安定した需要先確保と、燃料確保である。これを怠れば、規模の経済どころか、規模の不経済が生じる恐れがある。実査した施設の熱供給先は、8割以上が大口のホテルや工場であり、個人宅や集合住宅への熱供給を中心とした「マイクログリッド*3-8」型熱供給とは棲み分けることで需要の安定化を図っていた。また、燃料材は最大で80km圏内から調達しており、100km以上となると経済性に疑問が生じるとの発言もあり、運搬コストを抑えることが重要な要素であることは小規模施設と異なるものではない。これらのことは特に熱供給需要と林地残材の供給量が限られる日本での事業展開に対して、一定の示唆を与えるものである。

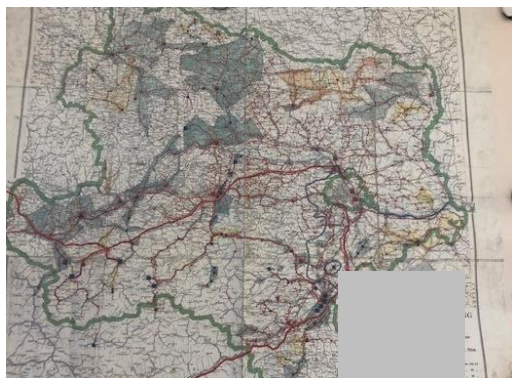
写真3-7 パイプ



写真3-9 施設内



写真3-8 張り巡らされたパイプライン



*3-8オーストリア行われる農村型の地域熱供給は、「マイクログリッド」と呼ばれ、大きくても300kW程度、パイプラインも300m程度の範囲内であることが一般的である。

【実査報告】ペレット工場

最後に実査したのは、家族経営の製材所を出自とする、ペレット工場である。15年前に製材所の収益の嵩上げとしてペレット事業を導入し、当初の生産量は1,000t/年程度であったが、近年のペレット需要の高まりとともに規模を拡大し、現在の生産量は10,000t/年に増加した。これに伴い、自社製造の木質粉末に加え、地域の製材所からも原材料を購入している。製造するペレットは上質なもの（写真3-10）で、樹皮は含めない。製材や、ペレット製造時に発生する樹皮は、ボイラーで燃焼させ、ペレットの乾燥に使用しており、排熱を利用したサーキュレーションシステムが成立している。

実査した際には、1,000m³～1,200m³程度の木質粉末を在庫として備えていた（写真3-11）。ヒアリングによると「建築需要の縮小により、製材所の稼働抑制が予想される一方、ペレットの需要の高まりが予想されるため」*3-9とのことであった。

さて、元来オーストリアでは家庭での薪の利用や、地域熱供給等でのチップの利用が盛んだが、近年仕入れに手間がかからず、含水率等を気にする必要もないペレットの人気の高まっている。ペレットは、ペレット輸送専用のタンクローリーから出ているチューブ（写真3-12）を、住宅側の受け口に直接接続することで供給される。オーストリアではもともと石油ボイラーによる暖房が普及していたため、石油と同じ感覚で使用できるこのようなペレット供給システムは、受け入れやすいという。エネルギーの消費と生産が高度に分離し、消費者自身がエネルギー生成に手間をかけることが困難である日本の現状を考慮すると、ペレットの利便性は有望なエネルギー供給手段のひとつと考えられる。

写真3-10 製造されたペレット



写真3-11 木質粉末の在庫



写真3-12 ペレット配給用タンクローリー



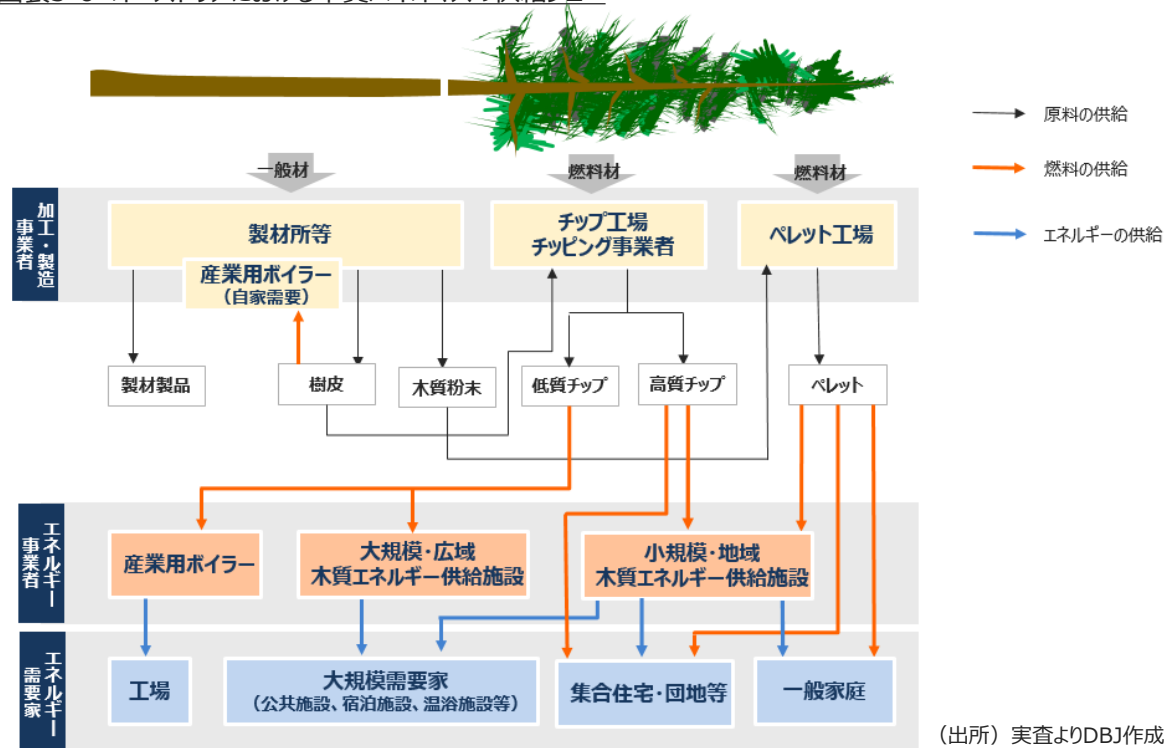
*3-9 Bauer Pellets社 Martin Bauer氏ヒアリングによる

実査結果からの考察

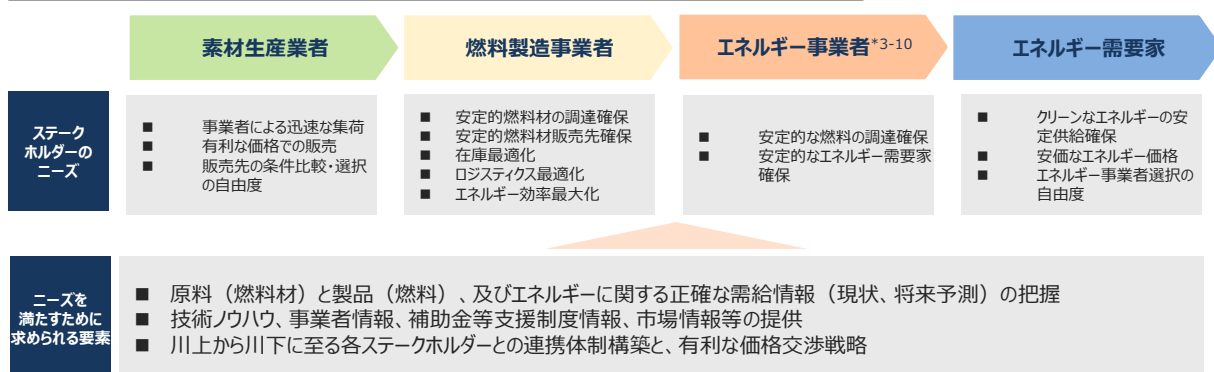
実査対象のオーストリアの典型的な木質バイオマス事業には図表3-6に示す供給フローが見られた。この供給フローの前提には、広域に張り巡らされたパイプライン、需要側の住宅や施設の、熱交換器や受容口の整備などがあり、全てのシステムを日本へそのまま移入することは困難である。しかし、公共施設などの大規模需要家の確保の重要性や、地域の燃料供給能力に見合った事業規模の設定など、わが国でも、課題克服の必須要件と考えられる要素も多く見られた。また、最終消費者に燃料を直接販売する商流が確立していることは、わが国と異なる点であり興味深い。特にペレットであれば、扱いも容易である。町全体にパイプラインを敷設することは難しくとも、内子町の取り組みのように、ペレットストーブの導入を促進することは可能ではないか。学校や公民館等、緊急避難場所に設置すれば災害時対応としても有効であろう。

さて、この供給フローでは、ステークホルダーごとに様々な必要要件がある(図表3-7)。そしてこれらは、各ステークホルダーが分断された状態では成立しえず、情報やノウハウを一元的に集約、それをフィルタリングし、総合的な戦略に落とし込む機能が必要である。このような機能を個人の森林所有者や、家族経営の素材生産業者は持ち得ない。木質バイオマス事業が活況、浸透しているオーストリアではいかにしてそれが満たされたのか次項で整理したい。

図表3-6 オーストリアにおける木質バイオマスの供給フロー



図表3-7 オーストリアの木質バイオマス事業サプライチェーンのニーズと必要な要素



(出所) DBJ作成

*3-10なお、日本、オーストリアともに、燃料事業者はエネルギー事業者を兼ねている場合も多い。

3. オーストリアの林業協同組合（WV）が果たす役割

日本では木質バイオマス事業の主体は、エネルギー事業者やリサイクル事業者など、森林産業以外の業界からの参入が多く見られる。また森林関連事業者であっても、製材事業者等、川中のステークホルダーが多い。一方でオーストリアでは、森林所有者が直接、事業を手掛けるケースが多くみられる。日本と同様小規模零細で、単独では市場で不利な立場にあるはずの彼らが、「マイクログリッド」とは言え、一定範囲の地域グリッドをカバーするようなインフラ事業を主導している。これを可能せしめるために彼らは、数軒から数十軒で集まり、有限会社や協同組合を設立し、ロットを拡大することで、単独ではなしえなかった交渉を行い、有利な条件で事業を行っている。

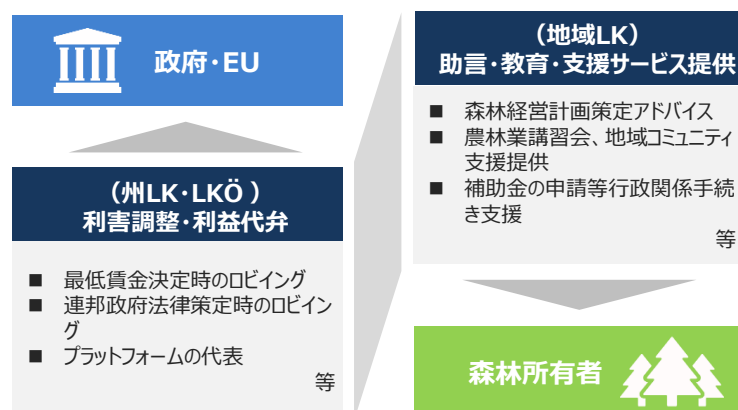
実査した事例によると、共同出資者である林家は、持分に比例して有利な価格でのチップ販売権が約束される。この持分に比例したインセンティブが、利益配当ではないことが、熱供給事業が森林所有者の新たな収益源という位置づけであることを象徴している。オーストリアでは、このような、地域の小規模な林家主導の取り組みが多い。そしてこれは、木質バイオマス事業に限ったことではない。歴史的に、小規模な林家が一体となり、川中の大手製材業に対して、発言力を持つとする動きが活発であったことが、現在のオーストリア林業の基盤を形成したと言える。

WVの成り立ちとLK

1970年代初頭、オーストリアの製材所の生産規模は、20万m³程度であった。しかし、技術革新や、海外での建築需要増大等の影響により、この規模は、1990年代には、100万m³を超えるまで拡大した。これに伴い、森林所有者や素材生産者も対応を迫られることとなった。製材所が小規模で、多数存在した時代には、相対契約が可能であったが、製材所の統廃合、巨大化が進んだ時代には、必要とされる供給量を満たすために、また大企業に対する価格交渉力を保持するためにも複数林家が集まり、協働して対応する必要が生じることとなった経緯がある。

そこで、オーストリアの各州の農林会議所（Landwirtschaftskammer、以下LK）の主導のもと、地域の森林共同体（Waldwirtschaftsgemeinschaft、以下WVG）が各地に設立された。これらを統括する団体として、州ごとの林業協同組合（Waldverband、以下WV）が設立されるに至った。なおLKとは農林業の利益を最大化させるために、農業法に基づき結成される組織であり、1ha以上の森林保有林家は加盟が義務付けられる。森林所有者に対する助言や、指導を行うほか、森林所有者の利益を代表し、連邦政府や、州政府、さらにはEUにまでも働きかけ、政策に大きな影響を与える所謂ロビー団体でもある（図表3-8）。

図表3-8 LKの主な役割



（出所）「地域林業のすすめ 林業先進国オーストリアに学ぶ地域資源活用のしくみ」青木健太郎、植木達人 編著 及びシュタイアーマルク州LKの説明を参考にDBJ作成

地域及び州のLKに吸い上げられた農林家の意向は、連邦全域をカバーするオーストリア農林会議（Landwirtschaftskammer Österreich、以下LKÖ）に連携され、国政や、EUに対して影響力を行使するための基盤となっている。またLKは、木質バイオマスを林家の重要な収益源とみなし、連邦政府の再生エネルギー戦略における木質バイオマスの重要性を訴えており、これが、木質バイオマスが再生エネルギー全体の55%を占める（p. 30）という、高い普及率を後押しした側面がある。

WVの仕組みと役割

一方のWVは、LKとは異なり、任意加盟の組織である。林家は地域のWVGあるいは地域のWVに会員登録することで、自動的に州のWV及び、傘下の組織への所属が生じ、彼らが提供する各種サービスの対象となる。LKよりは、政治的色合いは薄く、より具体、親密に地域林家に寄りそう組織である。地域のWVは、個人的な支援を行う一方、州WVは、ロジスティクスの最適化や、製材所等への販売戦略の立案を実行する他、会計などの専門知識を高いレベルで提供する。この相互効果によって、高度かつきめ細かい支援が可能となる。また、実査したシュタイアーマルク州のWVにおいては、木材の共同販売部門を、組合傘下の有限会社（以下WV. GmbH）として切り離し、税制上の透明化や、経営の効率化を図っていた。

WV. GmbHでは、複数の林家をまとめ大規模なロットでの販売を行うことにより、単独では成し得なかったダイナミックな戦略の展開が可能となる。例えば、運搬費用が高い海外への販売により、敢えて広く販売先を持つことで競争原理を利用し、国内の製材所との交渉を有利に進めるなどの戦略も実践している。

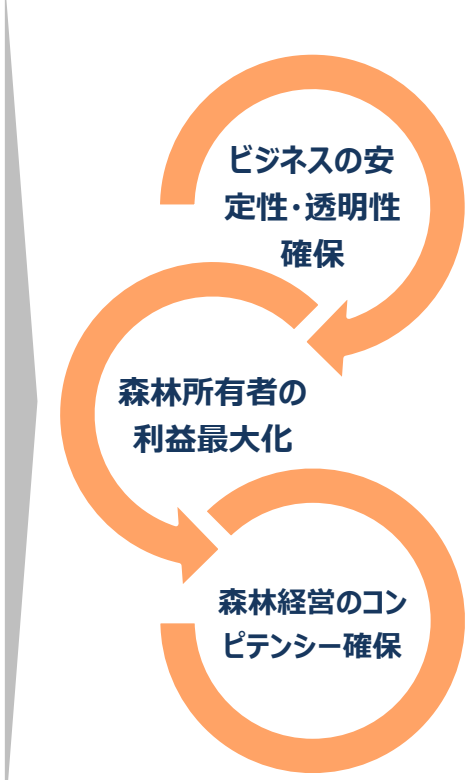
図表3-9 シュタイアーマルク州WVの状況

組合員数	15,500人
組合員所有森林面積	330,000ha(州の森林面積の約3分の1)
一人当たりの平均森林面積	21ha
傘下組織	■ 地域WV：10団体 ■ WVG：46団体 ■ シュタイアーマルクWV. GmbH(州WV持分25.1%)
年間売上（2022年度）	1億1千万ユーロ
販売木材量	1,150千m ³ （供出組合員1人当たりの平均木材量：164m ³ ）

（出所）シュタイアーマルク州WVヒアリングによりDBJ作成

図表3-10 WVが提供するサービス

包括的な情報提供	■ 会員用プラットフォームの運営による情報の透明化（立木価格評価、収益予測、丸太デジタル納品書プロトコル提供等） ■ 補助金や政府の支援プログラムの情報提供 ■ 市場情報、需給情報、競争環境、政策変更等の最新情報のタイムリーな提供
ネットワーキング機会提供	■ 他の森林所有者や、林業関係者との情報交換の場の提供 ■ 多様なステークホルダーの協力関係の構築支援
ロジスティクス最適化	■ 伐採後の迅速な運搬支援 ■ 木材の仕分け、分類、評価
木材販売戦略支援	■ 評価に基づく適切な販売先選定支援 ■ 木材市場動向に基づいた適切な価格設定と交渉戦略支援
保証・支払	■ 銀行保証、または保険による支払いの確保 ■ 迅速な支払いの実現
森林管理・経営支援	■ 補助金や、政府の支援プログラム申請手続き支援 ■ 専門的な森林経営計画策定支援（適地適種の植栽、適切な間伐による高品質な木材育生、自然更新によるコスト削減と生物多様性保全等）



（出所）「森林科学」2013年No.68「オーストリアの林業・林産業における近年の変化」及び各種資料よりDBJ作成

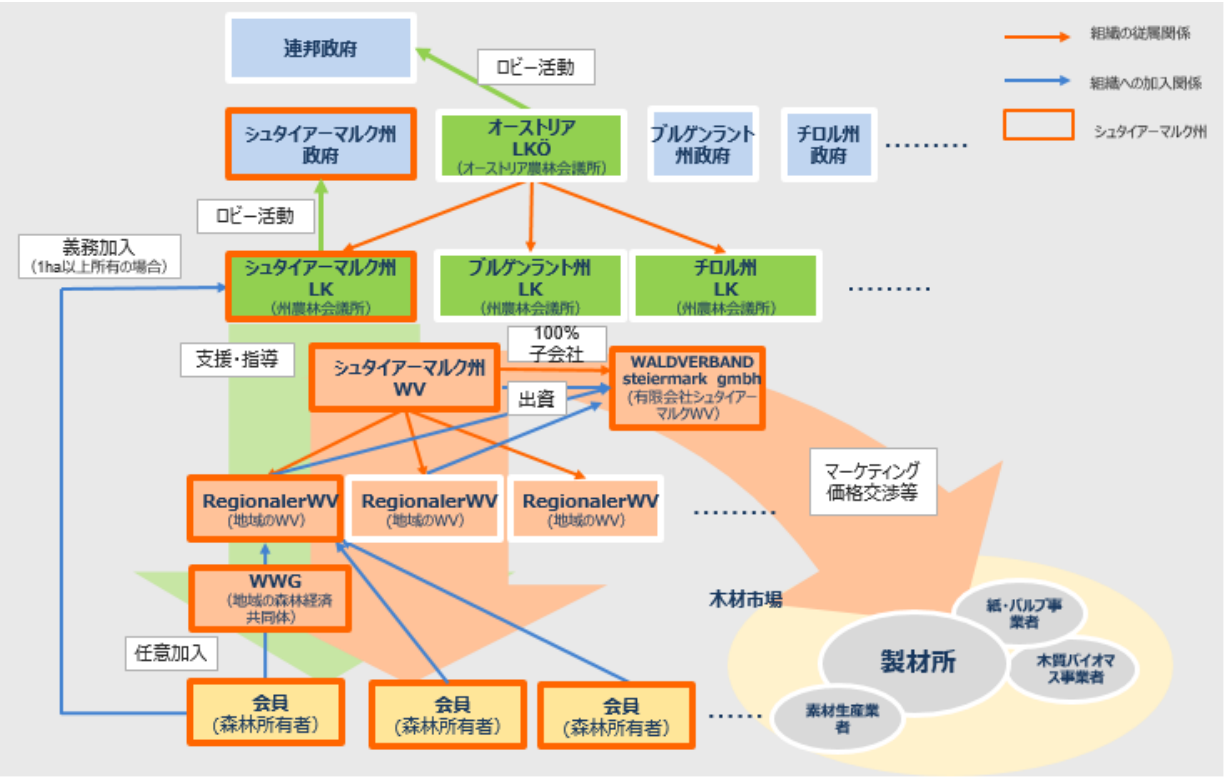
注目すべきは、彼らは日本の森林組合と異なり、施業自体は行わないことである。施業管理は、あくまで組合員自身に任せ、WVは、情報提供や戦略支援等を通じて、間接的に小規模な林家の利益を最大化する。図表3-10にWVの主な役割を整理した。

特に重要なのは、情報のマネジメント機能である。WVが収集する情報は、アカデミックな知見から、市場動向などのマクロ情報、さらには、林地の実際の森林資源情報、素材及び製品の需要情報、個別の取引情報などのミクロの情報まで多岐にわたる。そのままでは専門知識を持たない組合員が情報を有益に活用することは困難だろう。これらの情報をWVがフィルタリングし、分析、解釈を加えて適切な活用で適切な形で提供することで、有利な販売戦略や、森林経営・管理計画を策定することが可能となるのである。

オーストリアでは、小規模林家の利益保護を目的とするLKやWVという組織が森林バリューチェーンに広範に関与し上位から下位の組織に至るまで、適切に連携を取りつつ、各々の役割分担により円滑に機能している（図表3-11）。この効率的な体制は、オーストリアにおける木質バイオマス事業を含む森林産業の発展に非常に大きな貢献を果たしていると言える。

次節では、先進的な森林関連産業を持つフィンランドを取り上げ、その産業構造とガバナンスモデルの分析を通じて、森林産業の発展に欠かせない要素をより明確化したい。

図表3-11 オーストリアの森林組織概観



（出所）「オーストリアにおける丸太の生産・流通構造の変化について—シュタイアーマルク州の小規模林家を中心として—」久保山裕史、堀靖人、石崎涼子及び各種資料を参考にDBJ作成

第2節 フィンランドにおける森林資源活用と森林経営

1. フィンランドの森林資源及び森林産業概況

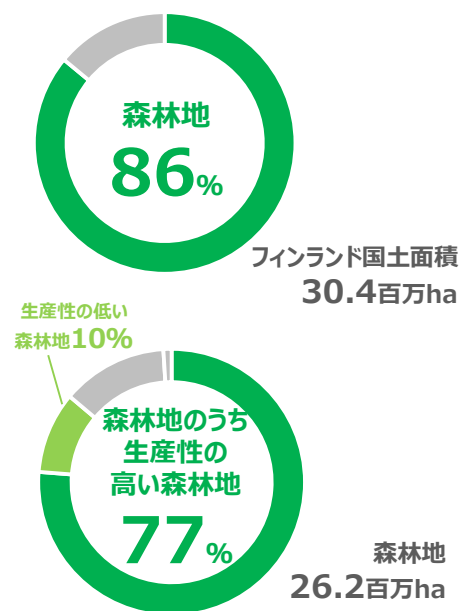
森林の特徴

フィンランド自然資源研究所（Luonnonvarakeskus：以下 Luke）^{*3-11}によって公表されているフィンランドの森林面積は複数ある。広義の森林地は国土面積の約86%を占め（図表3-12）、約2,620万haに及ぶ。しかしこの中には、中北部ラップランドの泥炭地や、ツンドラ植生地帯も含まれている。このような土地を除いた生産性の高い森林地に、生産性の低い森林地を加えた範囲を一般には森林とよぶ。この面積は国土の約75%に及ぶ。この森林率はOECE加盟国中第1位の数値である。

フィンランドの森林地の60%は個人所有であり、所有者は約62万人である。これは国民の10%にあたる。所有面積は平均約30haと日本やオーストリアよりは規模は大きい。また不在村森林所有者が多いという点も特徴である（図表3-13）。

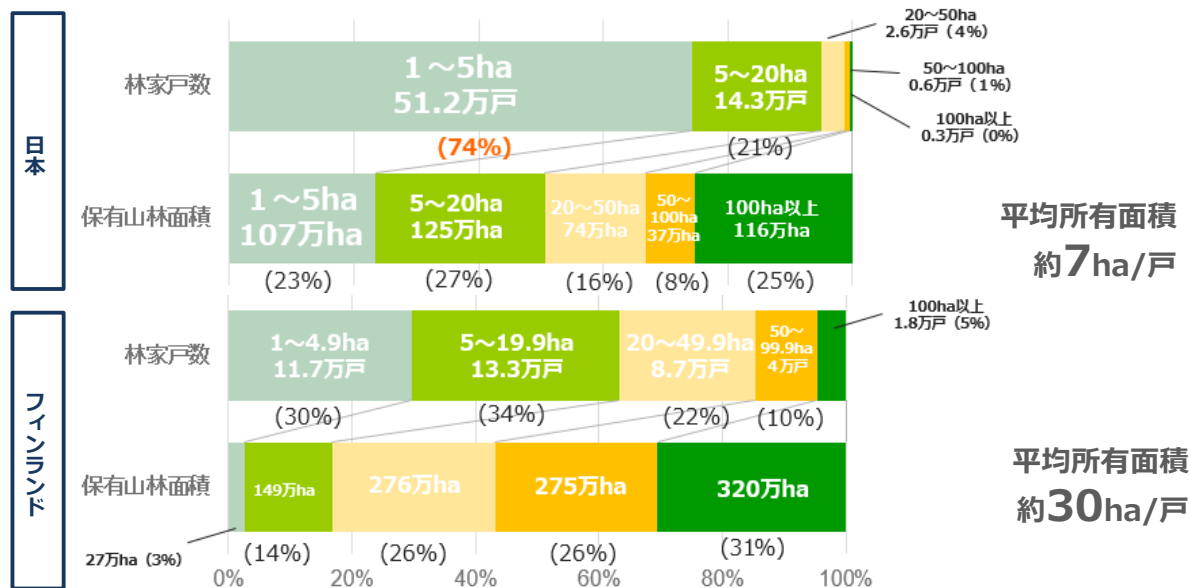
土地は平坦であり、高性能林業機械導入による効率的施業が可能である。一方で、寒冷な気候の影響で、成長速度は遅い。南部の年間成長量は7.5m³/ha前後、北部では2.5m³/haであり、全国平均値は5.0m³/haである。日本のスギの成長率が平均10m³/ha（3～30m³/ha）程度であることを考えると、日本の半分の速度で成長しているということになる。これらの諸条件により、成長速度を上回る伐採を抑制するため、森林保護に関する制度は厳格である。また、成長速度の遅さは育林初期の下草の成長速度にも見られ、これにより育林初期のコストを低く抑えられる面がある。

図表3-12 フィンランド国土に占める森林の割合



（出所）フィンランド農水省提供資料及びLuke「METS Ä TILASTOLLINEN VUOSIKIRJA Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2022」よりDBJ作成

図表3-13 日本とフィンランドにおける私有林所有面積



（出所）日本は林野庁「森林・林業統計2022 49 保有山林面積規模別林業経営体数及び保有山林面積」より、フィンランドはLuke「METS Ä TILASTOLLINEN VUOSIKIRJA Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2022」よりDBJ作成

^{*3-11} Lukeはフィンランド政府の下部組織であり、その公表する数値は政府公認と言える

森林産業の位置づけ

フィンランドの森林セクターは6.1万人の雇用を創出する重要な産業のひとつである。特に、紙・パルプ産業を中心とした加工産業の割合が大きいことが特徴である（図表3-14）。

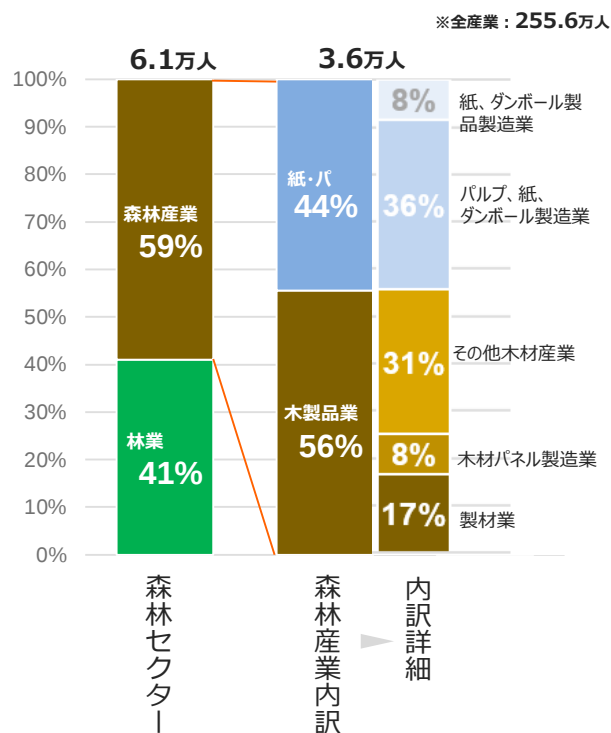
2020年時点では、総輸出額の19%を森林関連製品が占めており、森林産業は国家の経済を支える中核的な産業のひとつと言える（図表3-15）。製品ごとの輸出額を見ると、紙・パルプ産業の輸出額が突出している一方、丸太については、輸出額を輸入額が上回っている（図表3-16）。製品加工の原料とする丸太は国産材あるいは輸入材を使用し、製材品や紙製品などの高付加価値商品に加工。これらをグローバルに販売し、外貨を稼ぐ戦略が見て取れる。

森林産業の発展経緯

歴史的に見ると、フィンランドの森林産業は早くから輸出産業として成立していた。当初の輸出品目はバルト三国向けの原木が中心であった。しかし産業革命以降、技術の発展に伴い製材業が興隆し、輸出品目は徐々に原材料から加工製品へと軸足を移すこととなった。さらに1917年のスウェーデン統治下からの独立以降、紙・板紙・パルプ産業が急激な成長を遂げ、1930年代には、製材業を抜き、最大輸出産業となり、現在に至る。

フィンランドの森林産業がこのような発展を遂げたのは、輸出を中心とした産業構造であったことから、グローバルな市場変動リスクにさらされ、EUやロシア等の情勢の変化に柔軟に対応することを強く求められ続けた結果であろう。

図表3-14 2021年森林セクターの労働力

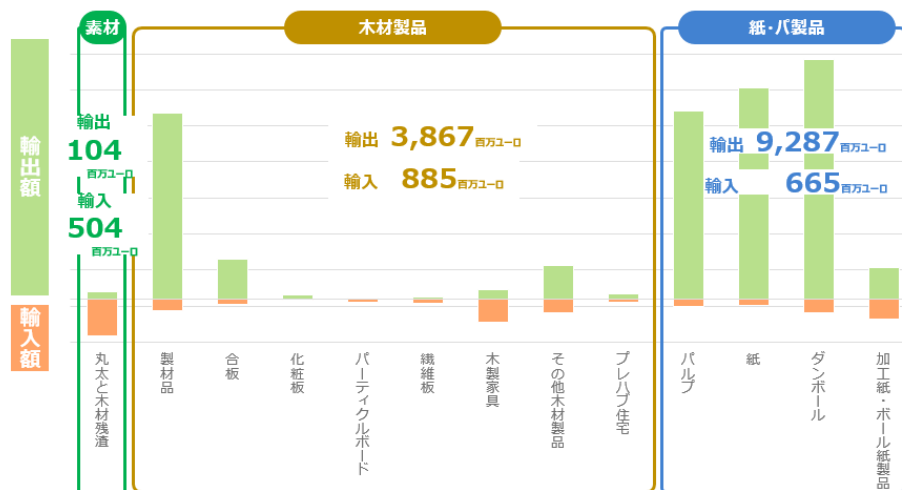


（出所）Luke「METSÄ TILASTOLLINEN VUOSIKIRJA Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2022」よりDBJ作成

図表3-15 総輸出額に占める森林産業の割合（2021年）



図表3-16 フィンランドの森林産業製品の輸出入額

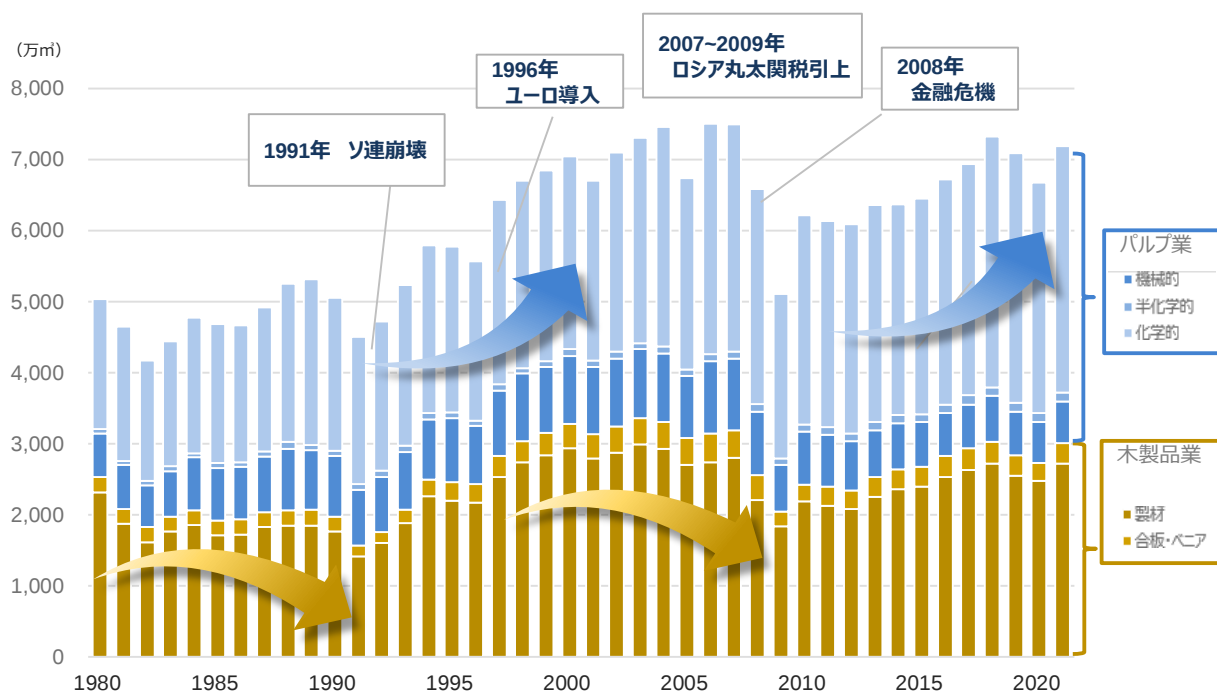


（出所）Luke「METSÄ TILASTOLLINEN VUOSIKIRJA Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2022」よりDBJ作成

中でも、情勢変化の影響が顕著な隣国は、ロシア（旧ソ連）である。特にロシア（旧ソ連）との冬戦争と継続戦争、ソ連崩壊、そして2007年から3年にわたって行われた丸太関税の引き上げ等が経済に及ぼした影響は深刻であった。これらの事象により素材及び製材品業の販売先縮小の危機にさらされるたびに、木製品業以外の活路を見出す必要があったことが、紙・パルプ業の興隆を後押ししたと考えられる（図表3-17）。

また、現在では縮小市場と見做される、紙・パルプ業に続く新たな市場獲得に向けても意欲的であり、2010年には、フィンランド森林産業連盟（Finnish Forest Industries）が森林クラスター研究戦略を策定し、持続可能な「バイオエコノミー」への研究を推進している。なお、フィンランドにおけるバイオエコノミーの主眼は、エネルギー事業ではない。オーストリアや日本のように間伐材をそのままチップにして「燃焼させる」ことは環境貢献事業とは認められない。原木は1次利用、2次利用とマテリアルとして徹底的に利用され、最終段階で、はじめて燃料として利用する。フィンランドでのバイオエコノミーとは、木質素材を化学の力によって徹底的に、限界まで、マテリアル利用することに他ならない。その利用分野は多岐にわたり、リグニンや、セルロース等の成分を化学的に処理し、繊維、油、接着剤、化粧品、食品、加えてプラスチックや新電池までも最新技術を用いて生成する。研究段階のものもあれば既に商業ベースで展開しているものまであり、あらたな市場を開拓し、牽引するための研究開発に力を注いでいる。

図表3-17 フィンランド森林産業における業種別丸太消費量推移



（出所）Luke「METSÄ TILASTOLLINEN VUOSIKIRJA Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2022」よりDBJ作成

フィンランドの森林産業関連企業は、緊密な関係性を構築し、これが資源の効率的な利用の基盤となっている。製品産業の横連携だけではなく、バリューチェーン全体を通して連携を取ることで、川上の素材生産業や、森林資産情報にまで、垂直にアクセスできる構造を築いている。現在、フィンランドの林産製品業界を牽引するのは、ストラ・エスノ（Stra Esno）、UPMキュンメネ株式会社（UPM Kymmene）、そしてメツァグループ（Metsä Group）という大手3社である（図表3-18）。いずれも、グローバルに合併・吸収を繰り返し、生産工程を一元化することで、原料調達や製品加工の効率化を図ってきた。

大手3社の中で、メツァグループは9万人の林家が出捐する協同組合であるMetsäliitto-Cooperativeを事業持ち株会社とする企業群である。林家が出捐する協同組合を母体とするため、より強く森林へのコミットメントが発揮されていると考えられる。そこで、次項以降メツァグループがフィンランド森林業界で果たす役割について明らかにしたい。

図表3-18 フィンランド森林産業大手3社概要

	売上高	従業員	概要
UPM	10,460百万ユーロ	16,600人	■ フィンランドを拠点に11か国に拠点を持つ ■ 森林産業のフロントランナーとしてバイオと森林産業を融合し、バイオ燃料、製紙、パルプ等の製品を提供
Stora Enso	9,396百万ユーロ	20,000人	■ 2大林業企業のスウェーデンのストラ社とフィンランドのエンソ社が合併し誕生 ■ 製紙、パッケージング、木材などの製品を提供
Metsä	6,110百万ユーロ	9,500人	■ 組合員90,000人のメツァリート協同組合（Metsäliit Cooperative）を母体とする ■ 森林管理から始まり、木材、パルプ、製紙まで広範な事業領域をカバー

（出所）各社HP（2023年度Annual Report等）を参考にDBJ作成

2. メツァフォレストに見るフィンランドの森林管理

メツァグループの成り立ち

19世紀末、製材所や製紙業大手企業に対抗するための交渉力を持つため、小規模な森林所有者が集まり、協同組合が組成された。これは政府からの上からの動きではなく、やはり林家主導のボトムアップの取り組みだった。Metsäliitto Cooperativeもこのような共同体のひとつとして創設された。当初は材木の共同販売を目的とした組織であったが、順次素材生産から製品加工までの機能も担うよう事業領域を拡大していった。この動きの中で、各協同組合が独自に行っていた製材、パルプ、エネルギーなどの事業が統合され、2004年、メツァリート協同組合は、メツァグループとして組織を再編することとなる。この後、エネルギーやパルプ、化学品など、多様な事業領域に進出し、グローバルな大手企業を買収し、巨大な森林産業企業体を形成するに至った（図表3-19）。

注目すべきは、これほどの大企業となっても、あくまで協同組合傘下企業という位置づけであり、彼らの存在意義は、組合員である森林所有者の利益のためにあるという点である。傘下の多様な領域の事業で得られた収益は、様々な形で組合員に還元される。配当金としての利益分配が為されることもあるが、組合員にとって最も大きな還元は、むしろ無形のサービスである。間接的には、メツァグループの広範なビジネスネットワークによる、木材や製品のマーケットアクセスの向上である。直接的には、傘下の中核企業であるメツァフォレストによる専門的な林業のアドバイスとサポートの提供である。

メツァフォレストが提供する森林サービス事業

森林所有者の利益の最大化のためにメツァ・フォレストが提供しているサービスには、木材の伐採と供給、再植林、森林管理計画の作成、そして健全な森林育成のための監視や、評価がある。

特に、監視、評価の機能は重要である。メツァグループが調達する国産材は、9割以上がFSC認証材、PEFC認証材である。垂直統合され、デジタル化されたフィンランドのバリューチェーンにおいては、トレーサビリティが確保されているため、認証マークは、材木のライフサイクルを通してついて回る。これらの認証材となり得る森林を育てることは、森林所有者の利益向上のためには欠かせない要素となる。

また、組合員が伐採を委託する際は、最も高い価格を提示した素材生産業者に発注できるよう、随時接続でき、操作性の良いマッチングプラットフォームも提供される（写真3-13）。加えて、フィンランドでは公的機関によるウェブサービス（写真3-14）も充実しており、これによって

森林所有者や林業事業者は現地で自らの森林計画を立てるだけでなく、民間事業者や他の公共機関とも情報交換を行うことが可能となっている。

フィンランドでは森林所有者には伐採後の林地の再生責任が課される。この背景の下、メツァフォレストでは、伐採準備から、伐採後の地拵え、植林、播種も一貫したサービスをオーダーメイドで提供している。

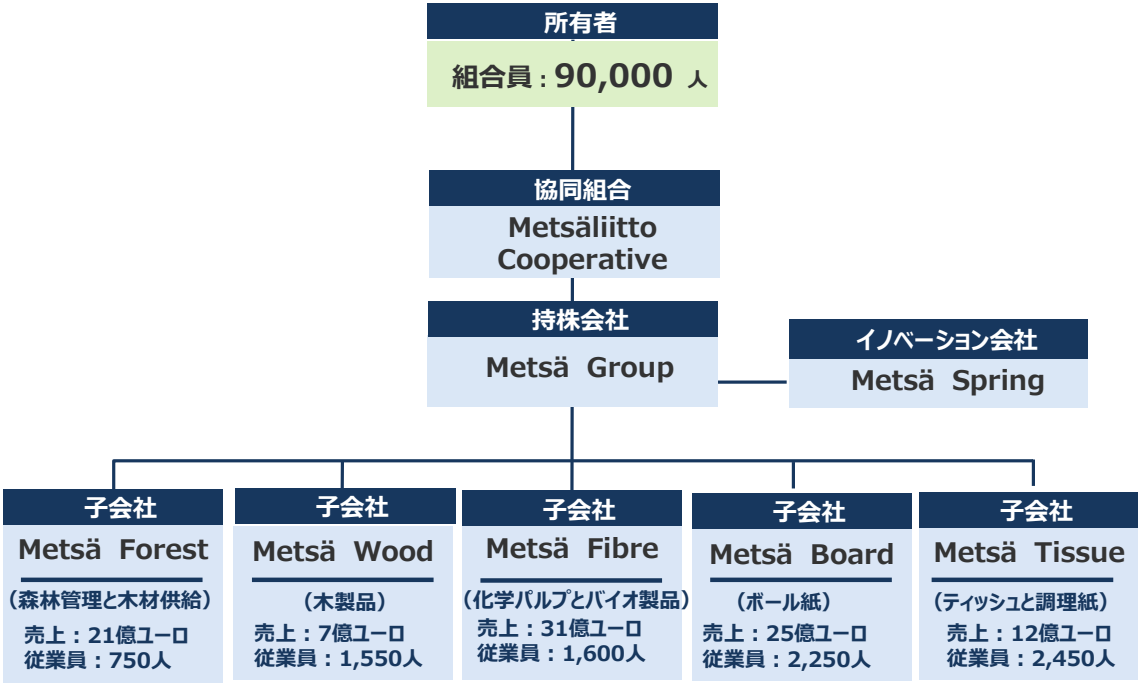
写真3-13 価格比較画面



写真3-14 公的ウェブサービスMettään.fi *3-12



図表3-19 メツァグループ組織図



(出所) メツァグループより提供資料、ホームページ、及び実査を参考にDBJ作成

*3-12 自然資源研究所（Luke）とフィンランド森林センター（Metla）が運営するウェブサービス

既述の通りフィンランドは寒冷な気候であるため木の成長速度が遅い。伐採適齢期は、南部では60年程度、北部では130年から140年にも及ぶ。これは日本の約2分の1以下の成長速度である。このため、森林サイクルを考えると1世代単位では考えない。メツァフォレストでも、次世代、次々世代にわたって、森林価値を保持、向上し続けることを念頭においた、持続可能な森林づくりをサポートしている。このためには、樹種、樹齢の分散した多様な植生を担保することが必要である。特に、寒冷地であるフィンランドでは、元々生息樹種が少ないため、樹種の分散は意識的に行われることが多い(写真3-15)。

一般にフィンランドでは間伐は主伐までの間、日本と同様に2回から3回行われる。主伐適齢期までの期間が日本の倍程度であることを考えると、相対的に見れば、手間とコストがかからないと言える。また実査した林地では、日本のように樹冠が閉塞した「暗い森」は少なかった。日本では密集して植林することで樹木を競争させ、年輪の細かい直な立木を育てるために、間伐を前提とした密度の高い植林が好まれる。しかし、フィンランドでは、頻繁な間伐を前提としない事や日照時間の短さから森に光を入れる必要があり、空間に余裕をもった植林が行われる。

伐採業者もしくは林家自身が伐採した木は、通常林地引き渡しとなる。これはオーストリアでも見られた欧州では一般的な取引形式である。引き渡し業者がメツァフォレストとなった場合を例にとれば、林地から林道への搬出や、販売先への輸送のコストは全てメツァフォレストが負担する。もちろんメツァフォレストが伐採業者である場合も同様である。林家側が支払うコストは、メツァフォレストへの委託料のみで済むため、このシステムは、時間や労力面から林家の負担を大いに軽減する。遠隔地の森林所有者であったとしても、スマートフォン操作ひとつで森林の管理が可能なので、放置するよりは収益を生む行動をとることを選択する。日本もフィンランドと同様、不在村所有者が多い。多くの場合、現地に赴き手入れを行う事の困難さから、放置され、これが森林の荒廃の一因ともなっている。所有と管理・経営の分離が課題とされて久しいが、課題解決のためには、所有者自身が直接参加しなくとも、専門的な事業者に一任できるシステムの整備が必要であろう。

写真3-15 左：シラカバなどの異なる樹種が混合したトウヒ林
右上：樹齢の異なる若木が育生された主伐後の林分*3-13
右下：林地に残された丸太（伐採後、搬出は購入者側が行う）



*3-13 森林所有者は、伐採後には5年以内に植林や播種、あるいは天然更新によって樹木を育成しなければならない。

3. メツァグループが果たす役割

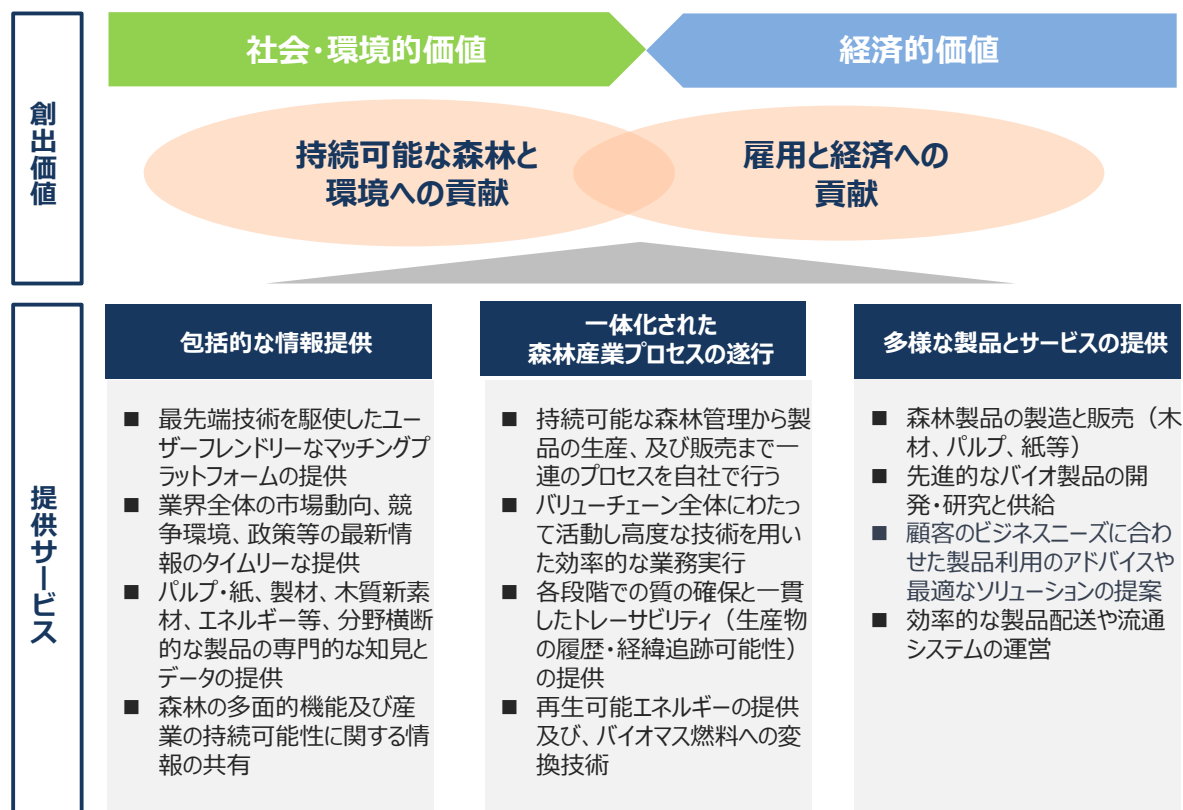
メツァフォレストによって収穫された木材あるいは購入された木材は、仕分けされ、メツァグループ傘下の各部門の製品加工工場へ運搬される。これらの木材は、伝統的な製材所や紙・パルプ製造に始まり、樹皮はエネルギー事業で、その他の部分は最新技術を用いて、各種新素材の原料として活用される。あらゆるビジネス領域を傘下にもつからこそ、生産された木材は、無駄なく、そして最も適した用途に使用され、これが林家への利益還元につながっている。

メツァグループでは、ビジネス領域の拡大のための開発・研究にも積極的に投資しており、その機能は傘下のイノベーション企業であるメツァスプリング（図表3-19）が担っている。開発された技術から、グループでは2017年にはフィンランド北部に、アネコスキバイオプロダクト工場が稼働し、高付加価値のバイオプロダクトを製造し、サステナブルな社会へのコミットを深めている。日本との関係では、2020年12月に伊藤忠商事と合弁工場を設立した他、同社とセルロース系新素材「KUURA」（クウラ）の販売に向けたパートナーシップ契約を締結している^{*3-14}。

以上のように、メツァグループでは、バリューチェーンの川上から川下までの多様な事業領域を垂直統合することで、森林資源を幅広い用途に活用することに成功している。木材を多様な用途に活用することは、市場の変動、国際情勢や、自然環境に起因する様々なリスクに対応し、レジリエンスを強化する重要な要素となっている。厳しい自然環境と、地政学的状況の中で、効率的な森林管理・経営手法、関連産業のダイナミックな進展、そして新領域への継続的な探求が育まれたと言える。そしてこれが組合員である森林所有者の利益の最大化と、持続可能な森林づくりの実現へと繋がっているのである。

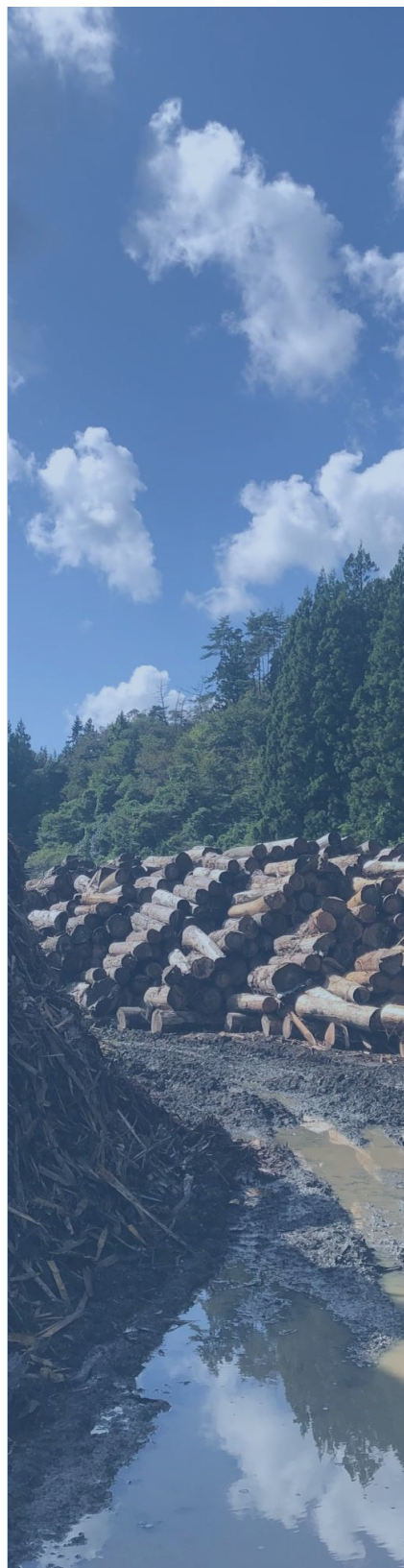
図表3-20にメツァグループの提供サービスが森林地域へもたらす価値を整理した。

図表3-20 メツァグループ提供サービスとサービスがもたらす価値



（出所） Metsäグループより提供資料、ホームページ、及び実査を参考にDBJ作成

^{*3-14}各種資料より



第4章 地域への裨益をより高めるために

内子町での事例、オーストリア、フィンランドの森林産業を調査し、日本における木質バイオマス事業展開に有用な示唆が得られた。特に、安定した需給確保、流通の最適化等に関し、参考となる点が見られた。ただし、事例を通じた共通項を適用する際は、地域環境、森林の状況、産業構造、人口動向等の地域の特性を理解し、それらを掛け合わせた戦略をとる必要がある。

共通項は、森林所有者や素材生産者と、製材所等のマーケットを結ぶ中心的役割を担う組織が存在し、それが地域の森林産業全体のガバナンスを担っていることである。

日本の地域循環社会創生に向け、地域森林産業の司令塔「フォレストインテグレーター」が必要だろう。フォレストインテグレーターは、森林産業の統括を推進し、森林林資源の効率的活用・管理や、地域の特性に応じた戦略立案など、多角的な業務を手掛ける。また、適正な在庫管理と、流通短縮を実現し、広範なマーケティング活動により消費者やビジネスパートナーとの強い関係性を構築する。これらの活動は、経済的な利益の追求のみではなく、森林の多面的な機能の保全・向上も目指す必要がある。またこのような取り組みを実施するためには、需給情報、森林情報のプラットフォームを整備し、情報の非対称性を解消することも必要であろう。

フォレストインテグレーターの役割を担うのは、新たな事業者か、あるいは森林組合等の既存の事業者か、その選定は地域の状況によって見定めるべきである。例えば、地域新電力会社の設立も一案として考えられる。特に木質バイオマスエネルギー事業においては、地域新電力会社の運営が卒FIT後の事業継続に向けたひとつの方策となる。

しかし地域新電力会社には、事実上、経営主体が地域にない事例や、地域外から名目上の経営が行われる事例も存在している。ここでは、地域新電力会社が地域の公共インフラ事業や、地域課題解決事業等を推進し、自治体を含む地域社会との連携を強化し、単なるエネルギー会社以上の役割を担うモデルを提案する。このような主体が、森林資源を核とした地域循環社会の実現が期待できるのではないだろうか。

第1節 インテグレーターアプローチの可能性

1. 日本の林業バリューチェーンの課題と、調査から得られた示唆

木質バイオマスエネルギー事業、そしてそれを包括する森林産業自体の課題解決に向け、内子町の具体的事業、オーストリア、フィンランドの産業構造を調査した結果、第1章で提示した課題を解決するための様々な手法が見られたが、共通するのは、個別では不利な立場に立たされることの多い小規模零細な森林所有者や、素材生産者などの所謂「川上」と、製材所やエネルギー事業者等「川中・川下」を結ぶ存在があることである。

内子町では内子町森林組合がこの役割を担い、一般的な請負施業の範囲を超え、計画的な経営や、市場戦略等多角的な業務を手掛けている。またオーストリアには、森林所有者の利益を代弁し、政策にまで影響を与えるLKや、木材の共同販売を行うほか、市場へのアクセス支援や、情報提供、教育等のサービスを通して組合員である森林所有者の利益を最大化するWVなどの組織が、国、州、地域レベルに多層的に存在し森林産業全体の一元的なガバナンスを担っている。フィンランドでは、メツァグループなどの民間事業者が同様の役割を果たしている。メツァグループではこれに加え、製材業や紙・パルプ産業、新規事業開発まで事業を統合し、森林産業を内部経済化、グローバルにみても競争力の高い産業構造を構築している。

彼らの存在が山側の利益を最大化し、産業の持続性・効率性・透明性を担保している。一方で日本の林業にはこのような、バリューチェーン全体を一気通貫してマネジメントするような存在はなく、「川上」と「川中、川下」の情報の非対称性が問題となっている。

日本の林業バリューチェーンの課題

図表4-1は典型的な日本の林業のバリューチェーンのイメージである。日本においても、バリューチェーンの「川上」に近づくほど、小規模零細化する特徴があり、規模に比例してプレイヤーの価格交渉力や、影響力も小さくなる。

図表4-1 日本の林業バリューチェーン一例



(出所) DBJ作成

特に原木市場を通すプロダクトアウト型の供給構造では、正確な需要予測に基づいた最適な素材の生産は難しく、バリューチェーンの各段階に過剰な在庫を抱える傾向にある。これにより、例えば、2020年から2021年頃のウッドショックや、それに続くウクライナショックによる外材不足の影響で、国産材需要が増加し、製品価格が高騰した際にも、その瞬間に売られるのは、過去に原木市場に積み上げられた在庫であるなどの事象が発生し、価格高騰の恩恵は、「川上」の山元立木価格に反映されなかった実状がある。また、バリューチェーンの複雑さは、運搬や、在庫管理のコストの増加も引き起こす。林道整備の不足や、人手不足などの「川上」の環境整備の問題だけでなく、このような産業構造自体が高い流通コストを生じさせ、結果、日本の低い山元立木価格の大きな要因となっている。原木市場にも役割があり、目利きによる選木機能やセリ、入札による公正な価格決定などの機能が認められている。しかし今後、関連産業の担い手不足が懸念される中、果たして、「目利き」「セリ」による機能が今後も公正に実現できるかには疑問が

が残る。これらの機能をより第三者的で定量的なデータ解析を得意とするデジタル技術に移管し、林業DX^{*4-1}（デジタルトランスフォーメーション）化を促進することで、バリューチェーンを圧縮し、在庫と中間マージンを最適化することが求められている。

情報の非対称性解消に向けて

林業DXにおいては、バリューチェーン全体の需給情報や、自然環境、政策動向、新規技術情報、市場動向等を包括的に収集する。そしてその情報は、解析、整理され、多様なステークホルダーが随時自由にアクセスできる情報プラットフォームを通して提供される。提供されるサービスのうち特に重要なのは、「川下」の需要情報を「川上」の立木情報と結びつける機能である。設計情報等、必要な部材情報をシームレスに山側の立木情報と照合することで、原木市場に積み上げられた在庫からではなく、伐採前の立木そのものをオンデマンドに売買し、適材、適量の伐採が可能となるほか、流通の短縮化も実現できるだろう。このように「山を在庫」としてとらえることが可能となれば、市況等の外部環境の変化に応じて、素材生産量を調整することも可能となる。立木は「生きて育つ」資源ではあるが、生鮮野菜と違い「腐る」こともない。状況に応じて収穫を見送ることも可能なはずである。

またこの機能は、流通経路を顕在化する意味でも重要である。現状、森林所有者は素材生産業者に、素材生産業者は原木市場に、それぞれ木材を販売した段階以降の販売経路を追跡することは難しく、伐採された木材が最終的にどのような製品に用いられたのか見えにくい構造にある。これではマーケティングもままならない。これは消費者側から見ても同様であり、伝統建築などの一部の特殊な商品を除いてトレーサビリティは確立していないような状況である。

一方で、現段階でも、森林資源データのデジタル化技術は急速に発展しており、航空センサーや、ドローンを活用した立木データの顕在化は技術的には相当精密なレベルで実現可能である。

また最終消費者側の設計データはもちろんのこと、製材所等の製品工場の機械化も進んでいることから、正確な需要データを把握することは技術的に可能であると考えられる。にもかかわらず、その需要データと、立木データを結びつける機能については未だ実装されてはいない。この理由は技術的な問題というよりは、産業構造的な問題のように思える。

これらの課題を解決するためには、バリューチェーン全体を統括し、最適化を図る、司令塔的存在が必要となる。オーストリアではWVが、フィンランドではメツァグループなどが担っていたその役割をここでは、「フォレストインテグレーター（以下「FI」）」と称し、その展望を示すこととする。

2. フォレストインテグレーター（「FI」）創設の提案

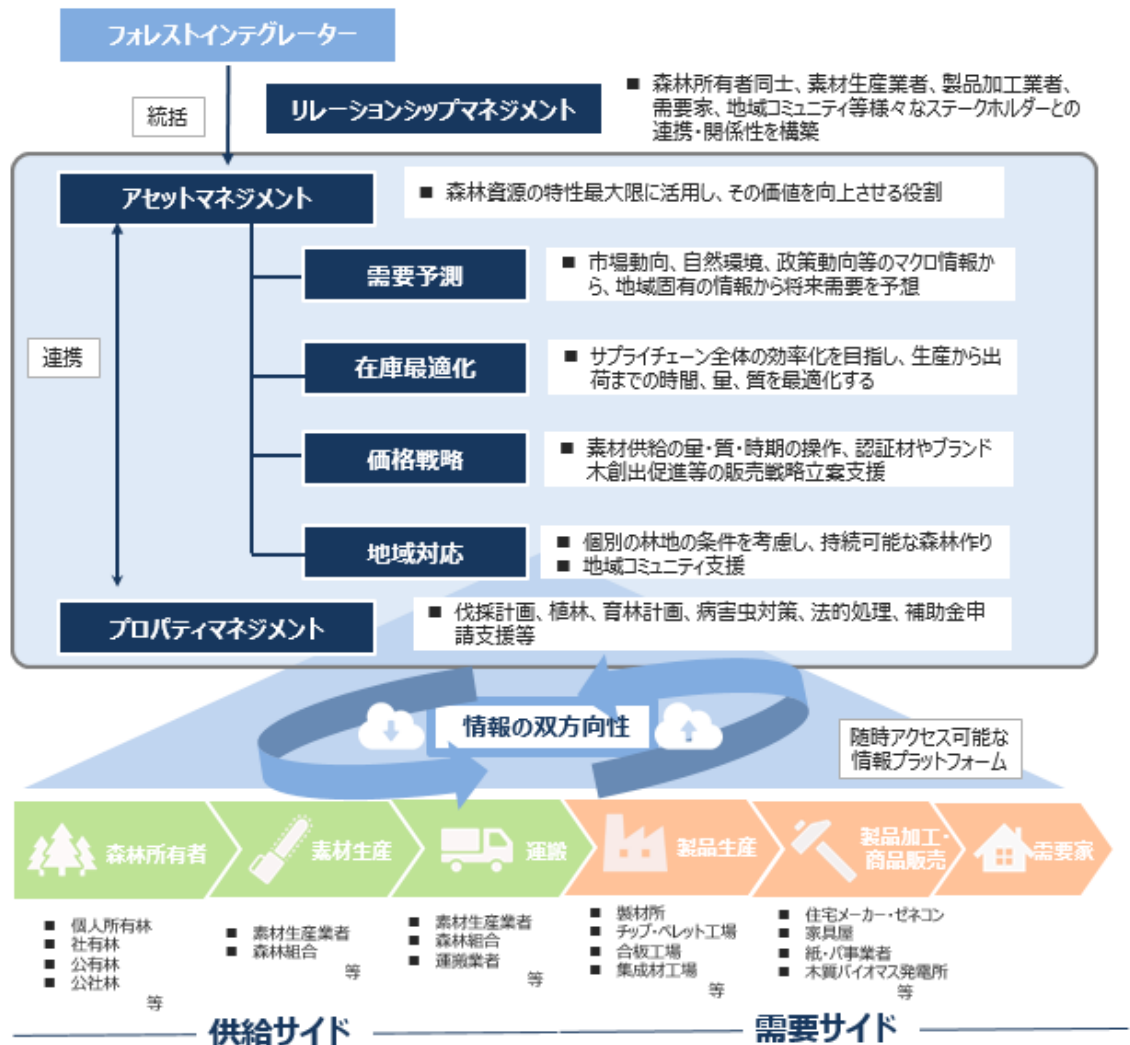
インテグレーターとは、一般に、様々な部分、要素、または組織を統合し、利用者に対して統一的な価値を提供する事業モデルや存在のことを指す。特にビジネスや産業の統合を行い、例えばIT業界では様々なソフトウェアやサービスをひとつにまとめ、ユーザーに一元的なソリューションを提供することで広く認識されている。本稿では、森林産業における、情報の非対称性という課題を解決し情報の一元化、透明化と、強固なガバナンスとマネジメントを担う存在として、「FI」を構想する。

「FI」は森林所有者や素材生産業者、さらにはその先の多岐にわたるステークホルダーの利益を一元化し、競争力のある森林産業の創出を支援することを目的とする。その際、「山元への利益還元」という経済的価値のみならず、生態系・生物多様性や、土壌保全機能、水源涵養機能といった、森林の多面的機能の保全にも配慮し、持続可能な森林へ導くことを念頭に、適切な施業、森林管理計画を志向するものとする。また、既存の行政区域の枠組みを超えた広域の取り組みとすることが望ましい。図表4-2に日本で想定される「FI」の役割を記載した。

現時点では、これらの機能の全てをはじめから備えた組織を創設することは困難かもしれない。しかし、いくつかの機能を有する組織を創出することは可能であろう。では、現段階でどのようなプレイヤーが「FI」の候補として考えられるだろうか。次項以降、仮説を示したい。

^{*4-1} 林業における生産性向上や効率化を目指してデジタル技術を活用する取り組みを指す。具体的にはドローンや航空センサーを用いた森林資源情報のデジタル化、GPTやIoTを活用した作業の効率化と安全性の向上、AIを使用した施業の最適化、データ解析による需給のマッチング等に向けた取り組みが進められている。

図表4-2 「FI」の役割



(出所) DBJ作成

3. 「FI」の担い手

日本の林業のステークホルダーの中で、その役割に最も近い存在としては、特定地域における木材流通組合が挙げられる。一方しばしばWVと混同される日本の森林組合は、むしろ素材生産業者に近い。ただし、森林所有者が所属する組合組織であるという点からは、一部目的と同質の性格を有しているとも言える。しかしながら、既存組織の構造改革は困難を伴うケースが多い。過去の制約からの自由な立場と視座が必要である。そのため本稿では、新たな組織の設立を前提に話を進めたい。以下、新たに設立を検討する組織について現状想定される4つの形態を示す。

①WV型

まず、オーストリアWV等に倣い、森林組合の子会社としての立ち上げが考案される(図表4-3)。現状の森林組合の機能に市場戦略等の要素を追加し、そのための新組織を設立することで、透明性を強化することを目指す。このスキームは、森林組合が有する施業の専門的な知識や、経験を活用できるという強みを持つ。また、森林所有者との既存のつながりや、確立された販路なども新組織の運営を円滑化する要素となる。

また、この類型の派生として、地域の有力な素材生産業者を中心に、複数の素材生産業者が集結し「FI」を結成、林地の底地を購入する方法が考えられる。これは、次項に示す「②ファンド型」の発想に近い。

(出所) DBJ作成

52

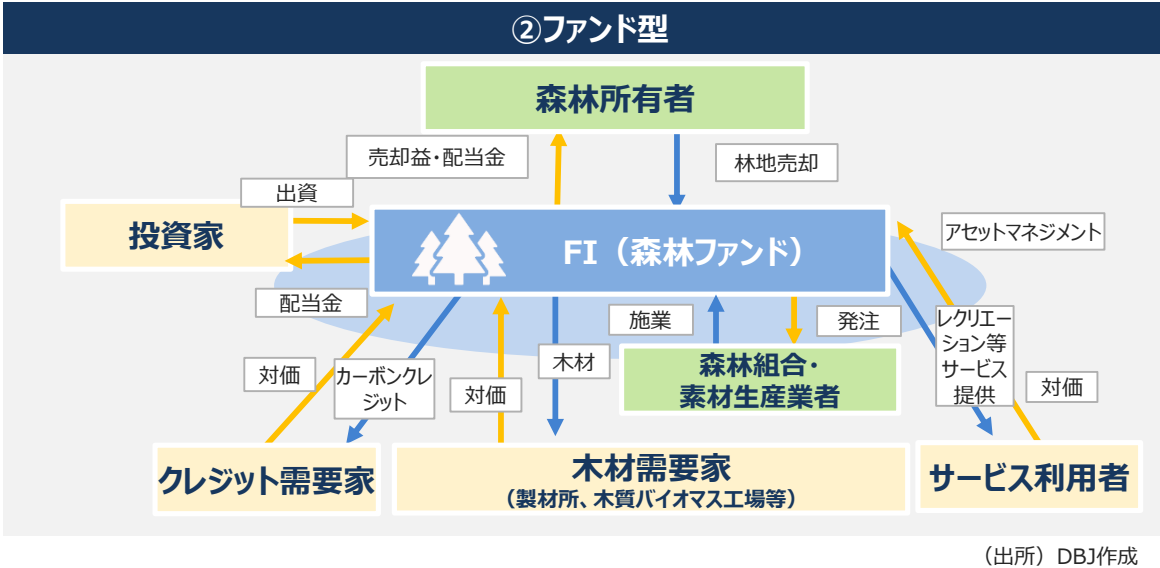
所有者が地元を離れて長期間が経過し、隣接地との境界が分からなくなった林分や、所有者不明林、相続手続きを放置したため権利者が多人数に分散してしまった林地などが散見される。航空センサー等によって森林の樹種や、地形情報を正確に把握する方法は開発されているものの、それは、境界を予測し、交渉するための材料でしかない。ファンドに限らず、信託スキームであったとしても、法的な所有者や境界の確定は必要であり、これは森林投資を妨げる難易度の高い問題のひとつとなっている。

このような課題を乗り越え、森林ファンドを「FI」の役割を担うピークルとして活用した場合、様々なメリットが得られるだろう。金融業者や、不動産業者などのこれまで森林にかかわることのなかったステークホルダーの関与が期待できるほか、全く新しい視点や知識があるがゆえに、既存の制約にとらわれない、透明性のあるガバナンスを構築できるという利点がある。特に投資家への説明責任を果たすために厳しい経営と、財務情報の公開が期待できるだろう。

また、保険会社などの機関投資家は、現在、長期の資金運用先が10年国債に偏っていることが課題である。例えば生命保険であれば、運用期間は人の人生の長さと同じと考えられる。これに対し植林した森林が伐期を迎えるのは40～60年後であり、まさに森林ファンドが普及すれば、デュレーション^{*4-4}の長期化に資することとなる。

木材需給バランスが逼迫し国内製材市場の価格が上昇したことや、ESG投資への注目の高まりを背景に、金融業界等を中心に森林投資の可能性を検討する動きが活発化している。さらに林野庁は、「令和4年度森林投資を見据えた森林評価手法に関する調査事業報告書」等を公表し、行政も外部資金を森林に投入する必要性を認識し、そのための基盤づくりを進めている。情勢は段階的に整いつつあるという印象である。

図表4-4 「FI」の担い手（案）②ファンド型



③中間支援組織型

次に提案するのは、森林経営管理制度に官民連携の一手法であるPay for Success (PFS) / Social Impact Bond (SIB) の手法を取り入れ、その中間支援組織に「FI」の役割を一任する方法である（図表4-5）。なお、PFSとは社会課題解決を目指した成果連動型民間委託契約のことで、契約で予め定められた指標の達成度合いによって支払い額が変わるため、民間事業者の、成果達成に対するインセンティブを創出し事業効果を高めるという手法である。SIBはこれに外部資金を投入し投資家も成果連動リスクを分担することで、民間事業者や小規模な自治体にも取り組みやすくなる利点がある。

日本の森林には所有者や境界不明の林地が多くあることは前項に述べた通りである。これを放置すれば、所有者の特定はより困難となり、その結果として管理が放棄された森林が増え、山腹

^{*4-4}主に債券やその他固定収益証券における、元本と利息の回収期間を加重平均したもの。金利変動による価格変動リスクを示す指標としても用いられる。

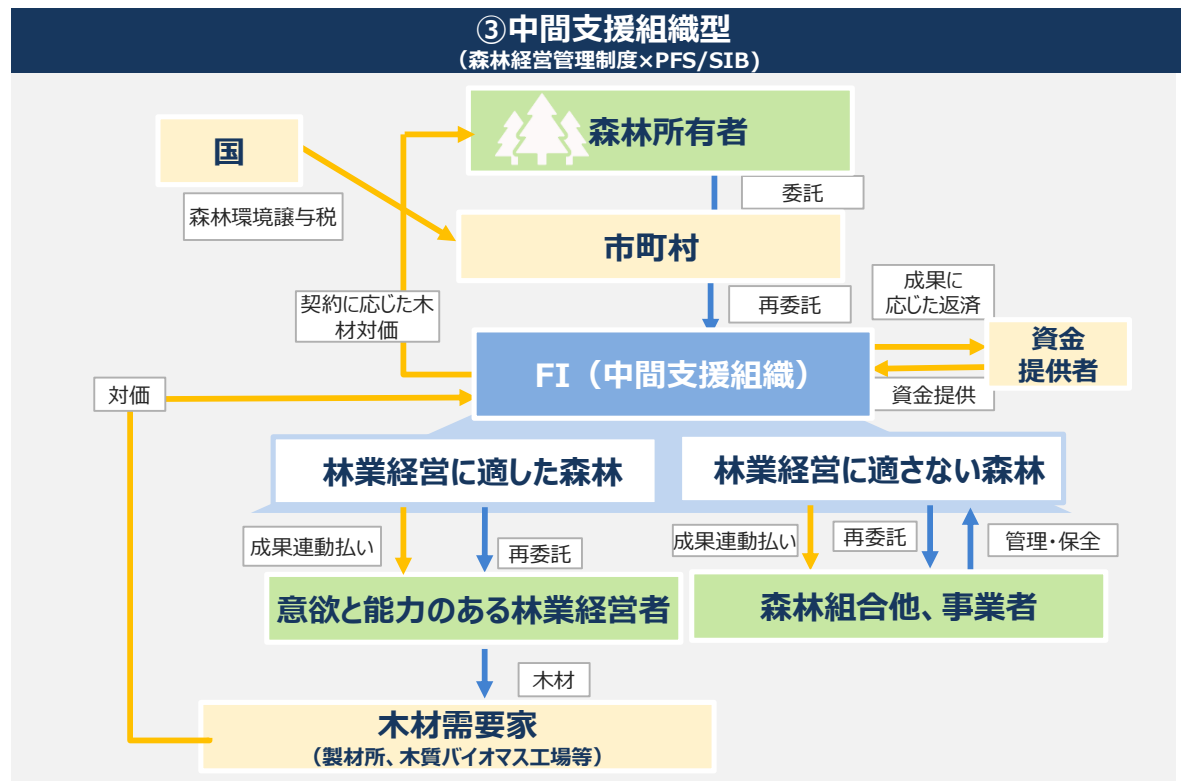
崩壊や、土砂流出などの災害を引き起こす可能性が高まるため、国としてもこの課題の解決は急務となっている。この解決に向け、2019年より、森林経営管理制度が施行された。これは、経営管理が適切に行われていない森林について、経営管理権集積計画を定め、森林所有者からの委託を受けて、市町村が適切な経営管理を図ることが可能となる制度である。この制度においても、森林を投資対象とする場合と同様、原則、森林所有者や関係権利者全員の同意を得ることが必要であり、登記簿上の境界と所有者の確定は必要である。しかし、特例措置として、「共有者不明森林の特例」「所有者不明森林の特例」「確知所有者不同意森林の特例」が定められ、経営管理権集積計画の公告後、一定期間異議申し立てがなかった場合には、当該計画の推進が可能となっている。これにより、森林ファンド型では、集約不可能であった所有者不明林等も、市町村の力で一元管理することが、理論上は可能となる。

ところが、この制度運営にかかる膨大なマンパワーとノウハウを確保できない地域では、進捗が思わしくない市町村も存在するのが実情である。そこで、この制度運営にかかる業務をPFS/SIB手法における中間支援組織に委託する手法が有効であると考えられる。この中間支援組織に

「FI」の役割を一任するのが、現時点では最も実現可能性が高い手法に思える。中間支援組織は制度運営を一元的にマネジメントし、実際の施業は適切な事業者に管理運営を再委託する。ただし、森林経営管理制度は、長期的には林業経営に適した森林における経済性を高めることを目指しているが、現在はその前段階としての林地集約が進行中であり、このプロセスは長期的な取り組みとなることを考慮する必要がある。

この手法の利点は、森林ファンド型と同じくこれまで森林にかかわることのなかった多様なステークホルダーの関与が期待できる点にある。また、財源として森林環境譲与税の活用が期待できる点も大きい。そして何より、「林業に適さない森林」の管理・保全も制度の対象となっているため、経済林の資産価値向上だけでなく、非経済林についても、社会的価値、環境的価値を向上させることを目標に据えた管理運営を行うことができることが、持続可能な森林づくりに貢献するであろう。

図表4-5 「FI」の担い手（案）③中間支援組織型



(出所) DBJ作成

④地域共生企業型

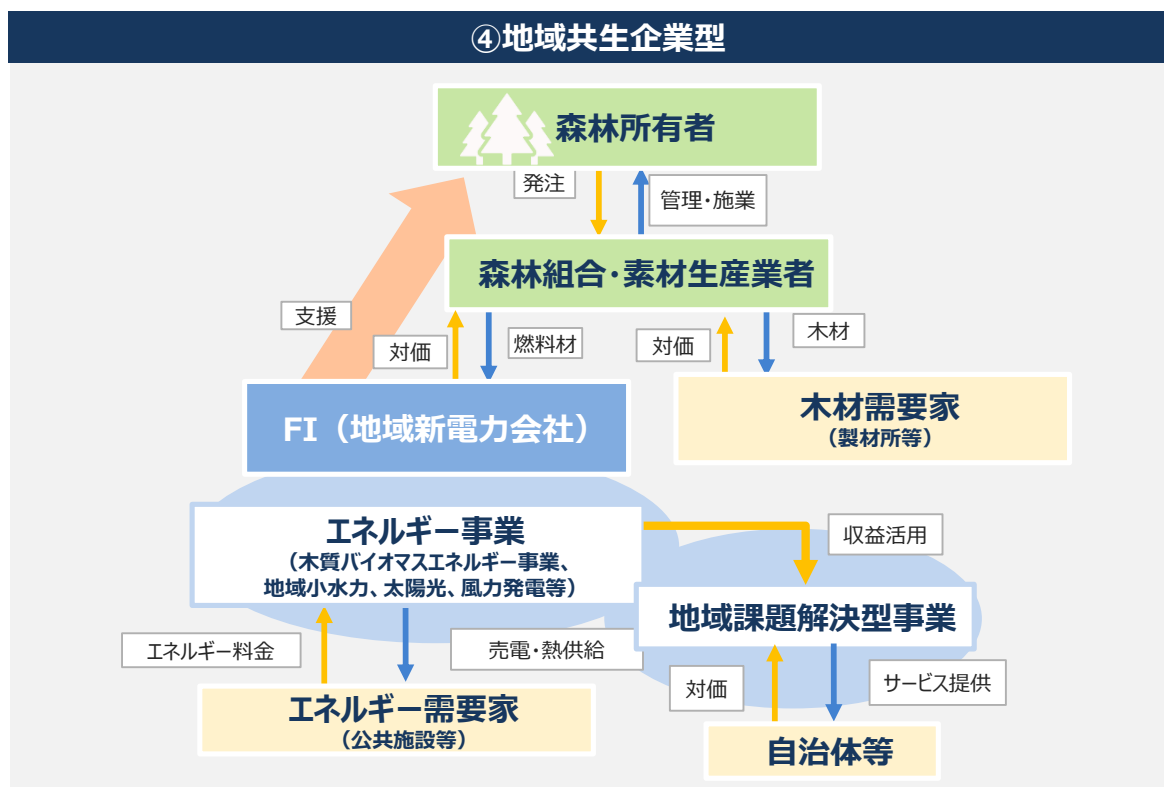
最後に提案するのは、ドイツのシュタットベルケを模した地域公共事業提供会社を設立し、この法人が「FI」の役割を担うことである（図表4-6）。

シュタットベルケは都市公社ともよばれる、自治体の出資が義務付けられた所謂「公社」である。ドイツで19世紀後半から20世紀初頭に各都市に設立されはじめ、現在では1,458事業体（2017年時点）^{*4-5}とドイツのどの地域にも存在する事業体である。ガス、熱供給、電力といったエネルギー事業の収益で、上下水道や地域交通、ごみ処理などの公共サービスも展開しているところが特長である。注目すべきは、エネルギー事業で得た利益でその他事業の内部補助を行うことで、地域社会にとって価値のある事業を維持し、持続可能な地域発展へ寄与している点である。この点が、財政移転と批判的にとらえられる面もあるだろうが、通常の民間企業であれば「株主還元」されるべき収益が「市民還元」されることに価値を見出すべきだと諸富（2018）^{*4-6}は述べている。本来自治体が提供すべき公共サービスを、別企業に分離して行うのは監督と執行の明確な機能分離によるガバナンスの確立のためである。

さて、ここでは、木質バイオマスエネルギー事業を行う主体が、地域新電力会社を立ち上げ、さらに将来的には森林情報の統括や支援も包括していく構想を示したい。エネルギー事業体が「FI」の役割を務める場合、事業領域の違いから、森林へのコミットは他の構想と比べ限定的となる可能性がある。しかし、他の事業スキームでは、需要者側へのアクセスはバンドリングやマッチング機能にとどまるのに対し、当スキームでは燃料需要を創出することができるという点で、森林産業の利益向上への直接的影響は、むしろ大きいのではないかと考える。

さらに、新電力会社は、木質バイオマスエネルギー事業の不安定要素を補填するべく、太陽光、風力エネルギー、小水力発電などの他の再生エネルギーと組み合わせ、エネルギーミックス事業を立ち上げる。ここで得られた収益を活用し、地域貢献事業へと展開する。これにより、地域への貢献が高まり、地域経済が活性化すれば、森林への利益還元につながるであろう。

図表4-6 「FI」の担い手（案）④地域共生企業型



（出所）DBJ作成

^{*4-5}ただし自治体企業連合であるVKU（Verband kommunaler Unternehmen）に加盟する組合企業数。（出所：国土交通政策研究報第71号2019年冬季「持続的な地域インフラ・公共サービスの在り方に関する調査研究～ドイツ・シュタットベルケ家調査のキックオフ～」土屋依子、小谷将之）

^{*4-6}諸富徹、(2019)、「人口減少時代の都市」中央公論新社、(再版)、p.171-172

以上、「FI」の担い手として現在想定できる4つの型を示した。無論、この4型以外にも考えられるだろう。

またこの4型自体グラデーションがあり、明確に分類できるものでもなく、2つ以上の性質を組み合わせた組織も想定できる。あるいは、森林コンサルティング会社や、一部の森林組合や流通組合が既にインテグレーター的功能を実現していることもありえる。原木市場も、市場の土場を経由しない直販形式を取り入れることで、需給をコーディネートする役割を持つ事例も増えてきている。また、製材所が原料調達場として、自ら森林を所有する事例や、木質バイオマスエネルギー事業への進出事例も存在する。

森林資源は移動することができない。気候や地形に影響される極めて地域性の高い資源である。だからこそ、他国の事例から得られる知見を参考にしつつ、地域での産業を構築できる余地がある。

本稿では、マルチフォレストクラスターの創生のひとつのあり方として、木質バイオマスエネルギー事業について中心に述べてきた。このため次節では、この4類型の中から、地域共生企業型の展望を示したい。

なお、シュタットベルケは自治体が筆頭株主、あるいは唯一の株主であることが多い。しかし、ここで参考にしたいのはシュタットベルケの事業構造であり、出資比率等の厳密な定義を問うものではない。地域共生企業型の「FI」構想には、民間出資100%の事業でも地域エネルギー事業体が他の公共事業も行うスキームはこの型に含めることとする。

第2節 地域新電力会社の設立と地域課題解決サービスの検討

1. 地域経済の好循環にむけて

さて、ここでは第1章で検討した、「なぜいま、地域型木質バイオマスエネルギー事業なのか」、という命題に立ち返りたい。第1章では、森林関連産業振興の観点から、木質バイオマスエネルギー事業は他の再生エネルギー事業と異なり、燃料製造産業とそれにかかわる雇用創出効果、産業振興効果が高い事を述べた。しかし、森林産業振興という観点がなかったとしても、自立分散型エネルギー事業として、他の再生エネルギー事業とともに地域創生の文脈でその意義は認められるものである。

そこで、地域でエネルギー事業を行う意義を評価するため、第2章でケーススタディの対象とした内子町の地域経済循環分析*4-7を行った（図表4-7）。

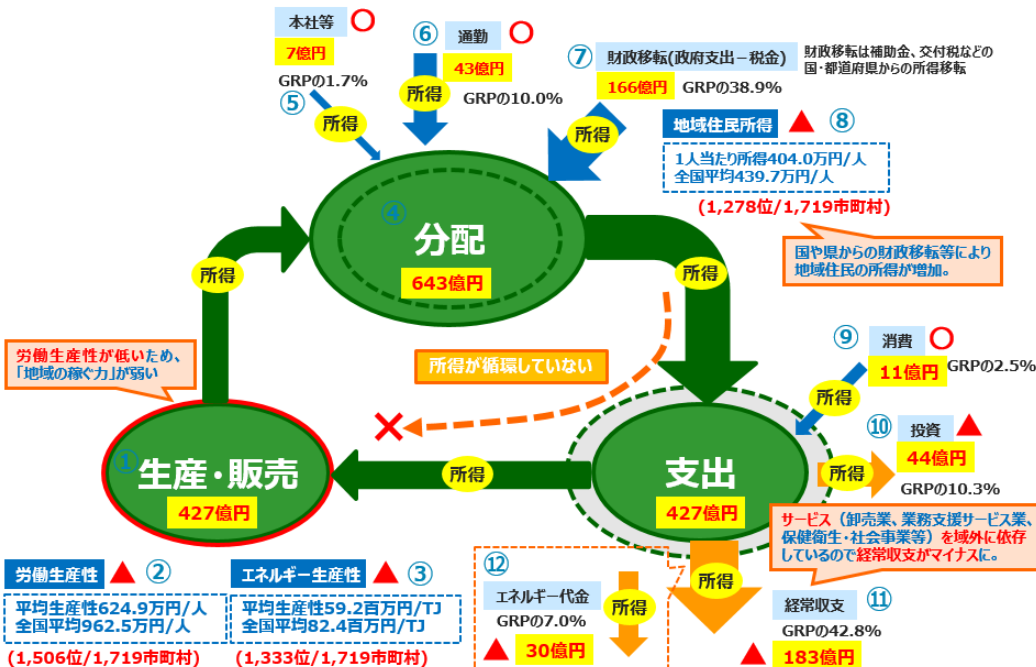
内子町の地域循環分析結果

まず「①生産・販売」は427億円であり、うち「②労働生産性」と「③エネルギー生産性」が全国下位であった。「生産・販売」とは地域内総生産（GRP）のことであり、2018年時点の内子町の「稼ぐ力」は弱いという結果であった。

次に、「④分配」は、実際に内子町が使える資金を表す。「⑤本社等」の矢印が内側に向きプラスとなっているのは、内子町には大企業が進出していないため、給与等で地域外に流出する金額が少ないことによる。「⑥通勤」所得も43億円の流入となっているが、これは内子町から松山市などへ通勤することで、域外から所得を得ていることを表す。「外貨を稼いでいる」ともいえるが実態としては、町内の雇用が少ないことの表れともいえる。「⑦財政移転」は、地域内総生産の38.9%という高い割合を占めている。ここから、稼ぎの大部分が交付金や補助金に依存している構造であるとわかる。これらは特定財源であるため、地域の行政が自由に使えるわけではない。地域の行政が自由に使える自主財源を増やす必要がある。

「支出」については、「⑨消費」として地域外から11億円が流入している。内子町の歴史的建造物や、美しい町並みを求めて地域外からの観光客が訪れていることが、域外からの所得の流入

図表4-7 内子町の現状：地域経済循環構造（2018年）



（出所）価値総合研究所作成

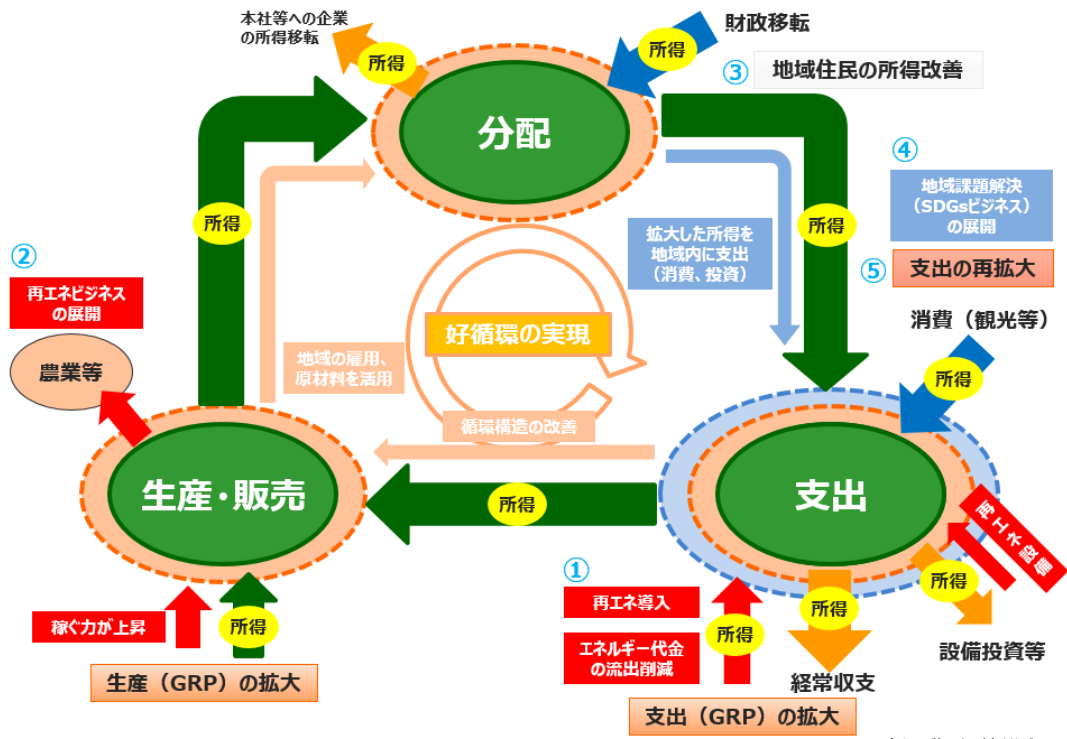
*4-7地域循環分析とは特定地域の経済活動を評価するための手法。地域内で稼ぎ出される「所得」がどのように地域内で循環し「分配」されるかを測るもの。「生産・販売」「分配」「支出」の3つのプロセスにおいて所得が可能な限り地域内で循環している状況が理想的な循環構造といえる。

を生み出していると評価できる。「⑩投資」については、設備投資などで44億円が流出。これは、建設物を建設する際に、町内のマテリアルだけでは足りず、地域外のマテリアルを活用しているためである。「⑪経常収支」は183億円の流出となっている。卸売業や保健衛生等のサービスについては、自給自足できておらず、域外サービスを購入しなければならない現状が明らかとなった。

エネルギー代金の地域外流出抑制の必要性

経常収支の内訳をさらに詳しく見ると「⑫エネルギー代金」として30億円が流出している。日本では、電力自由化後も、電力は大手電力会社10社から購入することが多く、ほとんどの地域で、エネルギー代金は域外に流出するモデルとなっている。このエネルギー代金の外に向かった矢印を内側に向けることができるのが、地域新電力の創設である。これが実現すれば、「支出」における域外流出が抑えられるから、「支出」から「生産・販売」に向かう「所得」が大きくなる。こうして、所得の好循環がうまれることが期待できる（図表4-8）。
以上の分析結果の下、内子町でどのような展開が考えられるか考察したい。

図表4-8 内子町の将来像：再エネ導入による地域経済好循環の実現



(出所) 価値総合研究所作成

地域新電力会社創設の方向性

第2章で見たように、現在のところ、内子町の2件の木質バイオマスプラントで発電した電力は、FIT制度を利用し、全量四国電力へ売電している。FIT制度を利用する限り、一部の例外を除いて、電力は大手電力会社へ販売することになり、域外へのエネルギー代金流出は避けられない。そこで、地域新電力会社を設立し、発電事業に加え、電力小売り事業を行うことが有効である。この際、FIT制度を利用せず、地域内の需要家と売電契約を結ぶことで、エネルギー代金も、エネルギー自体も地域内にとどめることが可能となる。

ただし、現在の地域の再生エネルギー事業の大半は、FIT制度の再生エネルギー賦課金を収益源としている。一般需要家と直接契約する際には、FIT価格よりも低い価格設定が必要となり、これにより地域新電力会社の事業性が低下する可能性がある。この問題を解決するために、地域新電力会社が生成した電力を地域の公共施設へ直接販売するという戦略を提案する。再生可能エネルギーによる地域資源の循環利用が地域経済の発展に寄与することの理解が得られれば、FIT制度を適用せずとも、FIT同等の収益性が確保可能となるはずである。

以上が、地域新電力会社を設立し、地域内の公共施設などに売電することで、エネルギー代金を域内で循環させ、地域の「所得」つまり地域住民に最終的に帰着する収益向上を目指す構想である。

次に、新設した地域新電力会社の収益性をさらに向上させ、地域の雇用創出と産業振興効果を増加させると同時に、木質バイオマスエネルギー事業のリスクを軽減するために、燃料事業への進出も提案したい。これにより、地域新電力会社は、単なる電力供給企業から一步進んで、「FI」としての役割も果たすこととなるだろう。ただし、ケーススタディーの対象である内子町では既に内藤鋼業や内子町森林組合がこの役割を果たしている。内子町では、地域新電力会社は内藤鋼業や内子町森林組合と協働し、役割を分担しながらインテグレーター機能を果たすことが理想的だろう。しかし、木質バイオマスエネルギー事業を実施しているにも関わらず、燃料を地域外、あるいは海外から調達している場合、この戦略を検討すべきである。

このような事業戦略を通じて、地域新電力会社の収益性を高めた後は、その収益をさらに地域のために活用し、地域への裨益を増大させる必要がある。

次項以降、ドイツのシュタットベルケの実査結果、及び日本における事例を照らし合わせ、日本における地域新電力会社のビジネスモデルを検討する。

2. シュタットベルケと地域事業運営

本項では、ドイツのシュタットベルケについて、実査した事例を紹介する。

【事例紹介】シュタットベルケ・ブリロン

実査対象となったシュタットベルケの位置するブリロン市はドイツ中西部の、ノルトライン・ヴェストファーレン州に位置する中小都市である。

もともと自治体が管轄していた上下水事業を、自治体事業から分離するために1993年に自治体100%出資のAöR (Anstalt öffentlichen Rechts) としてシュタットベルケを設立した。AöRとは、公的な法人格を持った組織のことである。この法人格をとった場合、民間の有限会社の機能を持ちながら、公的機関の機能も一部有することで、下水や、道路工事関連事業等で、複雑な申請手続きを省略できるという利点がある。

現在、シュタットベルケは、初期の設立目的である給水、排水処理事業の他に、地域熱供給、道路工事、町の景観管理、隣接自治体の下水処理、EV車用充電ステーションの提供等、多岐にわたるサービスを包括している。管轄地域は、230km²の市区で、地域に住む27,600人の生活を支えている。熱供給事業においては、もともとはガス及び油由来の熱供給を行っていたが、2008年の風害による倒木処理のため、木質バイオマス地域熱供給施設を建設した。ブリロン市は自治体としてはドイツで最大の森林所有面積を誇る。このため、事業に使用するチップはすべて地域内から供給することが可能である。また、市内にはチップボード製造大手企業の、EGGAR社の拠点工場が存在しており、既に産業集積が進んでいたことが円滑な燃料調達に大きく貢献した。

他に、ブリロン市では風力発電と太陽光発電事業を行っている。太陽光発電から得られる電力のうち5%を自家消費、残りの95%を販売している。これらはシュタットベルケブリロンが直接行う事業ではなく、シュタットベルケが出資し事業目的別に設立された有限会社が行っている(図表4-9)。特に、地域のエネルギー供給会社であるEWF社 (Energie Waldeck-Frankenberg GmbH) と共同出資し設立したシュタットベルケエナジー社 (Stadtwerke Energie GmbH) は、ガス・電気の販売だけではなく、ガスの配管も所有・管理運営しており、収益は18百万ユーロと、グループの子会社中、もっとも収益を上げている部門となっている。

このエネルギー部門が上げた収益を、シュタットベルケブリロンの行う、採算性は低いものの、地域を維持し、市民生活を向上するためにはなくてはならない事業に充てている。エネルギー事業者が

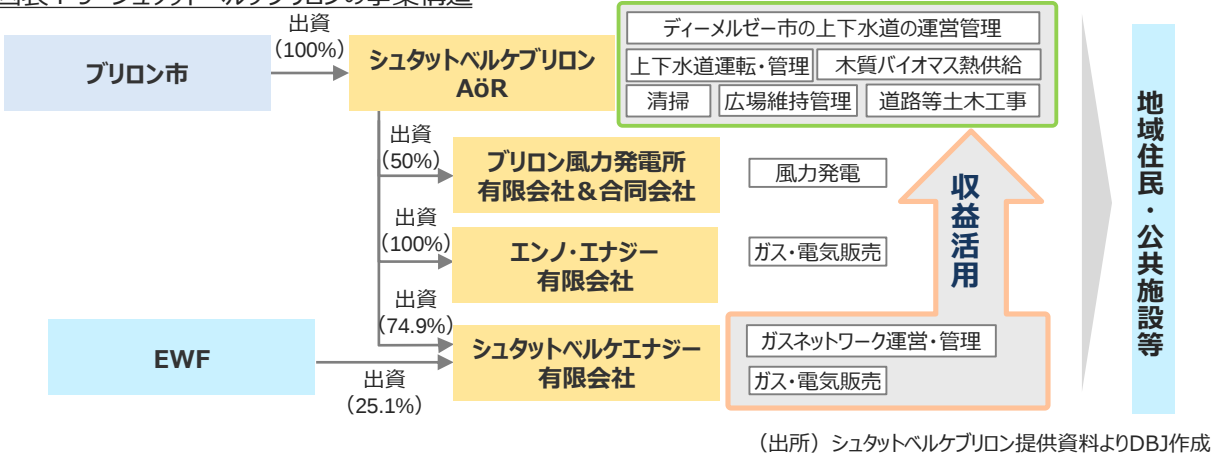
写真4-1 EV用充電ステーションの設置公告パネル



地域外の企業であった場合、その収益は地域外に流出してしまう。これをシュタットベルケが行うことにより、燃料費、職員への給与、税金等のコストを地域内への支払いとしてとどめることが可能となる。現在は、ブリロン市のシュタットベルケグループ事業に係る支出のうち、約37.9%が地域内への支払である。

以上、ドイツのシュタットベルケの典型的な事例としてブリロン市の事業を挙げ、その構造を分析した。次のステップとして、このシュタットベルケの構造を日本に導入する可能性を検討し、最適と思われる形式を提案したい。

図表4-9 シュタットベルケブリロンの事業構造



日本での展開に向けた考察

仮に日本でシュタットベルケを設立する場合、新会社は、地域型木質バイオマスエネルギー事業を中心としたスモールスタートとなる可能性が高い。

新たに設立するのは「地域新電力会社」とし、地域新電力を本業としつつソフトインフラに関するサービスを担当することが望ましい。例えば、地域交通の改善や、高齢者見守りサービス等、コミュニティに関する課題を解決する事業は、比較的小さな初期投資と人的資本で始めることが可能である。利点はそれだけではない。これらのサービスへの投資は、地域の「社会関係資本 (Social Capital)」^{*4-8}への投資といえることができる。このような事業展開が実現する可能性について、具体的事例を通じて述べたい。

【事例紹介】(株)三河の山里コミュニティパワー

参照する事例は、2019年に愛知県豊田市で設立された、地域新電力会社、株式会社三河の山里コミュニティパワーである。

愛知県豊田市は、自動車産業で栄える中京工業地帯の中核的な都市である。また、人口は愛知県で名古屋市に次ぐ2位であり、一見地域課題とは無縁にも見える。しかし市の7割が森林であり、他の地域と同様、人口減少や高齢化の進行等の課題が深刻化している。

これらの課題を解決するために、足助病院の病院長であった早川氏が発起人となり、地域のたすけあいプロジェクトが立ち上げられたことが、事業の端緒となる。早川氏は1996年から訪問介護を開始、在宅医療におけるIT化等に取り組む中、健康寿命を延ばすためには、医療行為だけでは不足しており、移動手段の整備や、楽しみや生きがい創出が必要であるという課題意識から、外出支援事業などを開始した。2016年には早川氏の取り組みに共感した豊田市と名古屋大学が三者で連携し、見守りサービスを開始。この事業の財源確保のために、電力小売業の検討が開始された。具体化に向け、一般社団法人三河の山里課題解決ファーム（以下ファーム）を設立した。その後、豊田市、中部電力、ファームの三者は協定を締結。この協定により、ファームが設立する株式会社三河の山里コミュニティパワーが、豊田市の山村地域及び山村地域に準ずる地域で、3年間の実証事業を行うことが決まった。こうして2019年6月3日に地域新電力会社、株式会社三河の山里コミュニティパワーが設立された。

^{*4-8}「人間同士信頼に基礎を置いて、互恵性のある人間関係や社会関係が構築されている」状態を指す。(出所) 諸富徹,(2019),「人口減少時代の都市」中央公論新社,(再版),p.27

実証内容は、4事業からなる。ひとつは、足助病院を中心に行われていた「たすけあいプロジェクト」の継承・発展である。2つ目に、山村地域の課題解決のため、新たなサービスの開発、実証展開も進めることである。

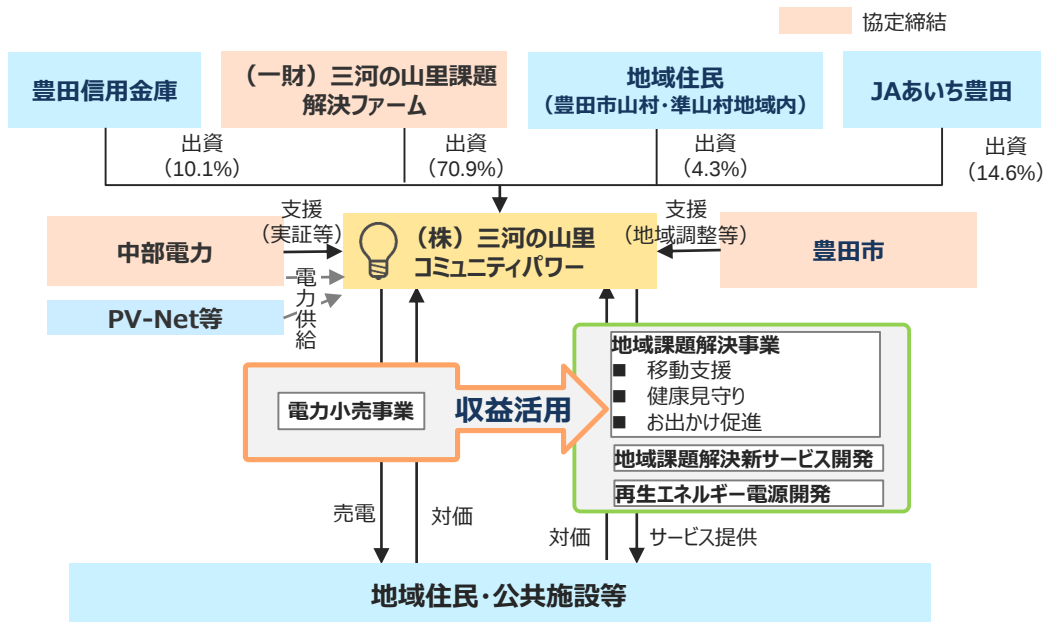
3つ目の事業は、その財源確保のために対象地域での電力の小売り事業を行うことである。なお、電力販売は財源確保の手段にすぎず、本来の目的は地域課題の解決にある。このため、地域金融からの出資の他、地域住民からの出資も募り、補助金などの行政の資金に過度に依存しない体制を構築している（図表4-10）。

そして4つ目の事業として、再生エネルギー電源の開発がある。現状の、電力小売り事業だけでは、電力を調達する際に、地域外への資金の流出とエネルギー依存が発生する。これを解消するためには、自ら電力を生成し、地域内で利用することで、電気代金を地域内で循環させ、エネルギー調達における地域外への依存を減らす必要がある。このような発想の下、地産地消の電源として、小型木質バイオマス発電や、小水力発電、そしてPVカーポート^{*4-9}の導入検討が行われている。

またこの事業の経営は、マルチステークホルダー方式で行われている。この特徴は、ファーム設立以前の、みまもりサービス当初から、豊田市、名古屋大学、足助病院という、異なる属性の三者が連携し事業を推進してきたことにも表れている。続くファームも、早川氏の他、有機農家、企業/行政コンサル、弁護士、議員などで幅広い領域の専門家によって構成されていた。そして、地域新電力会社においても、地域住民も資金提供者として関与するほか、中部電力が引き続き重要な役割を担っている。

このように多様なステークホルダーがかかわることで、単独ではなしえない、幅広い専門知識や、資金、そして人材を集めることが可能となり、これが事業の持続可能性につながる。今後、木質バイオマスエネルギー事業や、地域小水力事業に歩を進める場合は、森林関連産業の関係者など、さらに関係人口は広がるだろう。特に今後、人口減少、高齢化が進展すると予想される中山間地域で展開する事業では、地域と地域外から適切に人材、物資、資金等を投入することが事業成功の鍵となることは確実である。

図表4-10 三河の山里コミュニティパワーの事業構造



(出所) 環境省ホームページ、(株)三河の山里コミュニティパワーホームページ、及び特定非営利活動法人太陽光発電所ネットワークホームページを参考にDBJ作成(出資比率は2020.10.1時点)

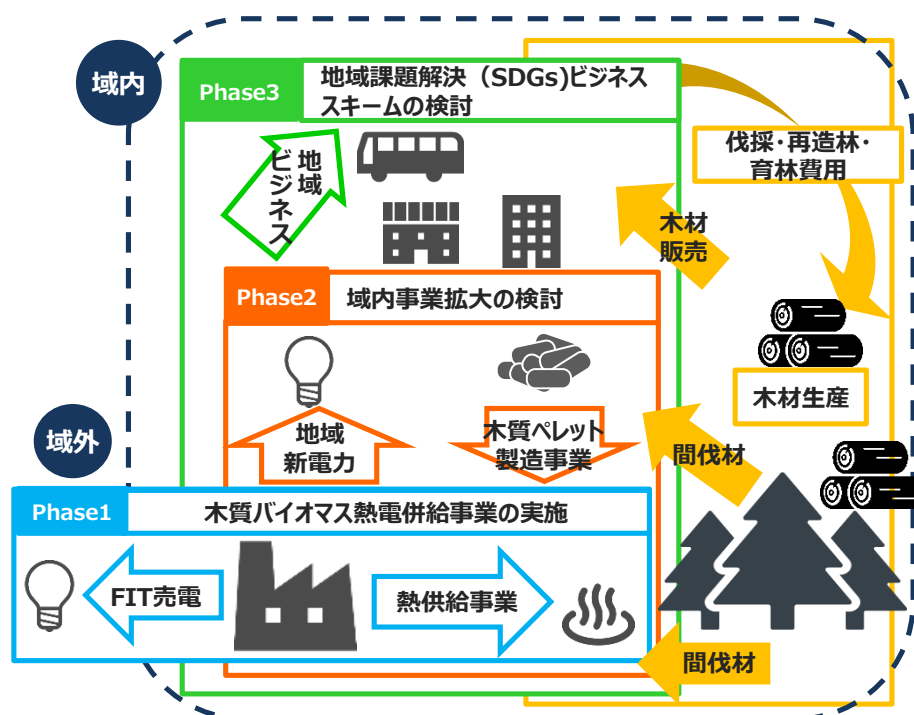
^{*4-9}Photovoltaic（光発電）システムを組み込んだカーポート。太陽光を利用して電力を生成し、家庭での電力消費を補うことができる。

3. 木質バイオマスエネルギー事業を起点とした地域循環社会の創生

改めて、本節冒頭で述べた地域新電力会社創設の方向性について、木質バイオマスエネルギー事業を起点とした場合の進め方の一案を図表4-11に示す。

図表4-11 木質バイオマスエネルギー事業を起点とした地域循環社会創生の進め方（一案）

Phase1	■ 地域型木質バイオマス熱電併給事業の実施 ■ 地域住民の所得を向上させるための改善策を検討
Phase 2	■ 地域新電力会社を設立し、電力小売事業にも事業を拡大。その際、FITではなく、相対取引で公共施設などの大型需要家へ売電 ■ 木質バイオマス事業と相補性の高い再エネ電源とのエネルギーミックスを検討 ■ 収益性をさらに上げるためにペレット事業など、燃料製造・販売事業を検討
Phase 3	■ エネルギー事業で得た収益を、地域課題解決型ビジネスに活用 ■ 効果を高めるために成果連動払い形式（PFS・SIB）等も検討
森林を核とした地域循環実現	■ 木質バイオマス事業、及び地域ビジネスの収益が森林に還元されることで林業の収益性向上 ■ 森林と街をつなぐサイクルが実現。



（出所）（株）価値総合研究所の提案を参考にDBJ作成

フェーズ1の段階では、木質エネルギー事業単独事業となるため創出電力量も限られ、収益性の面での課題も大きい。温浴施設や宿泊施設等の大型の熱需要を確保することが有効であることは既に述べた。さらに、多くの製材所では直接燃焼方式のボイラーを導入し、木材の乾燥工程に利用することで、本業のコストを圧縮している。このような製材所が、副次的な収益源として新たに発電事業に参入することは事業全体の収益が安定化する点で有効である。他業界の主体が参入する場合も、製材所の隣接地に発電所を建設し、製材所向け熱供給も行うことは検討に値する。

フェーズ2では、地域新電力会社を設立し、域外大手電力会社へと流出していたエネルギー代金を地域内にとどめることを目指す。電力販売においても、大規模な需要家との長期契約が必要であることは既に述べた。しかし事業を持続可能なものとするためには販売先の確保だけでは不十分で、

電力の安定供給が絶対条件となる。

第1章（図表1-23）に示したような木質バイオマスエネルギー事業の様々な不安定性による停電などは、多くの一般の需要家にとって受け入れがたいことと思われる。不安定時に電力卸売市場からの電力購入で補填することは一定程度は必要となるだろう。しかし、それだけでは地域が自立して電力を供給するという目標には遠い。地域の資源を生かしたほかの再生エネルギー電源の開発も検討し、電力卸売市場への依存度を下げる努力が必要である。ほかの再生エネルギー電源を開発し、木質バイオマスエネルギー事業の弱点を補完することで、より堅牢な事業モデルとなる。

木質バイオマスとのミックス電源としての小水力発電の可能性

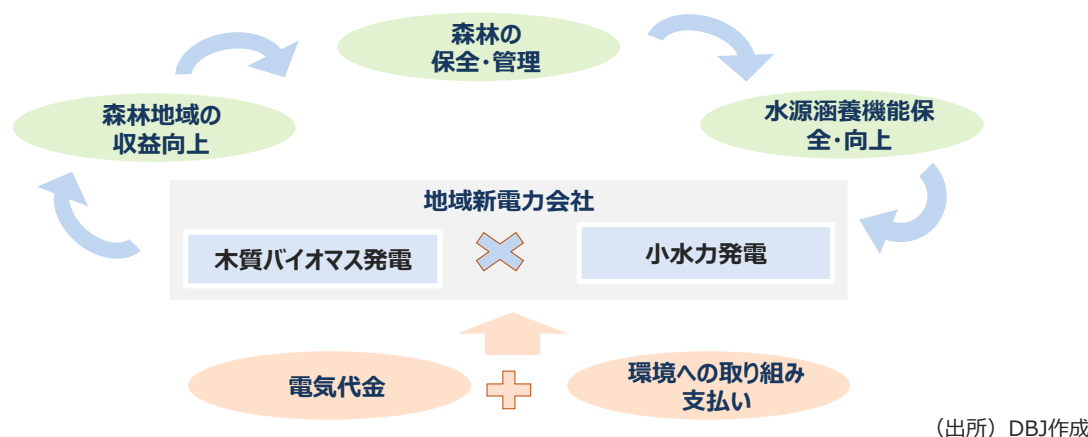
例えば、小水力発電は、森林地域の自然資本を有効に活用するという意味で、木質バイオマスエネルギー事業とは親和性が高いといえる。

小水力発電は、太陽光や風力発電と同様、ランニングコストがかからないため、木質バイオマス発電のような直接的な産業振興の効果は薄い。だからこそ自然のストック資産を直接利用して、低コストでの導入、運営が可能であり、木質バイオマスエネルギー事業の補完的事業としては適していると思われる。

また、地理的・環境的な条件からも、木質バイオマスエネルギー事業との親和性は高い。小水力発電の成功において最も重要な要素は地理的条件、すなわち「水量と高低差」である。雨量が安定しており、季節を通じて安定した流れがある河川がある地域、つまり傾斜がある地域が適している。これらの条件は、日本の急峻な森林地域が元から備えている要素である。そして河川や伏流水が、安定した流量を保つには森林の水源涵養機能が欠かせない。ただしその機能は、一度人間の手が入ってしまった日本の人工林の多くでは、「あるがまま」では保持されず、一定程度人が手をかける必要がある。そしてそこには必ず費用が発生する。その費用は主に森林所有者に任され、現状は便益がフリーライドされている状態といえる。ここに、地域新電力の収益を活用することができれば、便益に対する受益者負担が成り立つといえるだろう（図表4-12）。木質バイオマス発電と組み合わせる電源として地域小水力発電は有望といえるのではないだろうか。

もちろん、例えば市街地の住宅や、公共施設の屋根にソーラーパネルを乗せるなどすれば、自然の景観を大きく損ねることもなく、太陽光発電事業の展開も可能であろう。地域の特性にあった形で、最適な再生エネルギー電源を選択することが事業の安定性を高めると考えられる。

図表4-12 木質バイオマス発電と小水力発電の親和性



フェーズ3に至れば、地域の収益性自体があがりそれが循環することで森林産業に還元される収益も大きくなることは既に述べた通りだが、さらに、市街地の経済が安定することで、古民家の再生や、施設の建設など、木材の活用用途の本丸ともいえる、建築用材の利用も活性化する可能性がある。その際、地域産材を活用することで森林産業の振興をに寄与するとともに、地域住民の森林への愛着や郷土意識を醸成することも可能となるだろう。諸富（2018）^{*4-10}は、これか

^{*4-10} 諸富徹, (2019), 「人口減少時代の都市」中央公論新社, (再版), p.102-104

らの都市では、自然資本、人的資本、社会関係資本という「拡張された資本」への投資が重要となると述べている。木質バイオマスエネルギー事業を起点に、このフェーズ3まで展開したこの事業は、まさにこの「拡張された資本」への投資事業といえ、今後の縮小しゆく地域を成熟させ、持続可能なものとするためのひとつの挑戦といえるのではないだろうか。

さて、このような事業を発進し、継続的に運営するためには、専門的な技術や、組織経営等に関する知見を有した人材や、多くの投資資金が必要となる。地域のヒト・モノ・カネをいかに活用するかが地域への波及効果を決めるとはいえ、地域にはそのヒト・モノ・カネが不足しているということも事実である。そこで、この循環を成立させる呼び水として、地域外企業の力を借りることもやはり必要な手立てとなる。

第3節 地域外企業との理想的なパートナーシップのあり方

1. 地域外企業の役割と理想的な関与の形

再生エネルギー事業や、地域課題解決ビジネスに地域外企業が参画することで、資金調達支援、人材育成、技術・ノウハウ支援が期待され、その役割は大きい。ただし、単に地域に不足している資本を提供してもらい、というだけでは地域の自立・発展には繋がらない。本項では地域と地域外企業の相互補完の関係構築のための理想的なパートナーシップのあり方を考察したい。

資金調達

再生エネルギー事業は発電設備等の初期費用が必要であり、資金力のある地域外の企業からの資金提供が事業推進を後押しした事例は多い。特に、プロジェクトファイナンスやストラクチャードファイナンス（複雑な条件や特殊な構造を持つ金融商品）を利用する場合、地域外の企業の持つファイナンスに関するノウハウを地域の金融機関などに伝達し、新たな事業展開を促進する呼び水となることが期待できる。

しかし、一方で地域外企業の出資比率が大きい場合、地域企業の事業への主体的関与が希薄となる恐れがある。地域外企業による出資比率が大きい場合にも、あくまで事業の主体は地域社会とし、その積極的な経営参画を促すべきである。そしてこれは出資をする地域企業に限らず、資金を供出しない地域の様々なステークホルダーにも言えることである。現在では、企業の目的は、株主（シェアホルダー）への奉仕だけではなく、顧客、従業員、サプライヤー、地域コミュニティ等、多様なステークホルダーに対して価値をもたらすことが必須となっている。出資比率だけに依存しない、地域の多様なステークホルダーの関与を促すべきである。

雇用

地域新電力会社の主な業務は、需給管理業務、料金請求業務等である。これらの業務は、遠隔でも運営可能である。燃料材の調達や、発電設備の運用などの物理的条件により、地域での業務が必須となる木質バイオマスエネルギー事業とは異なる点である。地域新電力会社の地域での雇用は0人であるという事例も多い。これは、地域外企業への業務委託が主な理由であり、このような事例では、地域への所得循環も小さい。また、地域新電力会社運営におけるノウハウが地域に蓄積されることもない。地域外企業からノウハウを学び、需給管理業務を内製化することで、新たな雇用を地域に創出するとともに、地域内でのノウハウの蓄積が可能となり、地域自立型の持続可能な事業が可能となる。

技術・ノウハウ支援

再生エネルギー事業では、どのような電源を導入すべきかの検討から始まり、発電所稼働後も発電出力を一定に保つための高い運転技術とノウハウが必要となる。特定の地域で、このような事業が複数展開されることは少なく、その結果、地域には専門的なノウハウが蓄積されにくい状況にある。地域外の企業は、複数地域で類似の事業の水平展開を計画している場合が多く、ナレッジの蓄積に意欲的である場合が多い。また、地域外企業はヒト・モノ・カネの資源が豊富であるため、直接的な事業効果のみならず、長期的な視点からの調査や研究、技術開発などにも、その資源を割くことが可能である場合が多い。これにより、先進的技術や、新制度の情報、市場動向などの知識も豊富である。このようなナレッジを持つ地域外企業を事業に巻き込むことで、単一地域では収集することが難しい情報に触れ、事業の効率化、高度化を促すことが期待できる。

影響力

地域外企業の持つ多様なステークホルダーとの関係性を活用することで、様々な効果を生み出すことが期待できる。

例えば、再生エネルギー事業や森林産業においては、自治体や複数の省庁など、行政や専門機関の支援制度が充実している。ただし支援の獲得には一定程度の準備や説得が必要である。そのため、限られた地域のリソースのみでこれを行うよりも、第三者的立場の地域外企業の協力があるほうが、支援が得られる可能性が高まる。さらに、このような地域外企業が、多様なステークホルダーを巻き込むためのハブとなることも期待され、産学官連携や、広域連携の事業展開も視野に入れることも可能となる。

また、多岐にわたる領域に事業展開している企業が参画した場合、地域新電力会社が、地域課題解決型ビジネスを展開する際の、事業領域の自由度に貢献する。事業に参画する企業が、単一領域に特化した事業を展開していた場合には、検討できる事業は、自ずと限られたものになる。しかし多様な事業領域を持つ企業との協力を実現すれば、企業の事業領域の制約を超えて、本質的な地域の課題解決に焦点を当てた取り組みを選択することが可能となる。

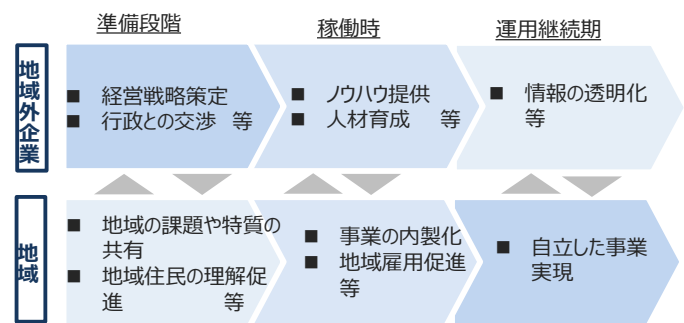
理想的な関与の形

地域外企業が事業に参画することによって得られる様々な便益を受けつつ、地域が自立した事業を展開するためには、地域企業と地域外企業の間、共通のゴールイメージを持つことが重要である。次に重要なのは、事業の各段階において、適切に役割分担を移行することである（図表4-13）。

特に、単発的で、専門知識が必要な事柄は多様な事業の経験値や、交渉力の高い地域外企業に一定程度任せることが合理的である。他方、事業を安定させ地域の収益向上のために継続的な実施が必要となる事柄は、地域で自立的に回していくことが望ましい。

例えば、導入する設備の比較検討や、会社設立に係る諸業務は、事業開始前から必要となるが、事業が稼働したのちに継続的に必要となるものではないから、地域外企業の力を活用することで、より合理的な選択が可能となると言える。一方で、発電所稼働後の設備のメンテナンスや、電力小売り事業における需給調整などについては、内製化することではじめて、雇用創出効果や、地域へのノウハウ蓄積が期待できる。このため、このような分野においては、地域外企業は、直接オペレーションを担当するのではなく、それを担うことができる人材育成のための専門知識を提供するべきである。

図表4-13 役割分担推移のイメージ



(出所) DBJ作成

2. 地域外企業の動機

地域外企業の適切な関与は、地域社会にも大きく貢献することがわかった。では、地域外企業側の動機はどこになるだろうか。最後に、地域外の大企業が、地域事業に参画する際の、動機について述べたい。

社会的責任の実現

まず、CSR（企業の社会的責任）の実現である。現在では、企業が社会的課題解決に取り組まないことが、投資撤退や、レピュテーション棄損リスクとして顕在化してきている。このような状況下、企業が自主的な情報開示や目標設定（アニュアルレポート、CSR報告書等）を行うこと、ビジネスを通じてそれを達成することは、企業価値を決定する要因として重要性を増している。

日本における地域貢献の取り組みに着目すると、かつては寄付やボランティア、植林活動といったフィランソロピー的取り組みに終始する例が多く見られた。しかしこのような活動は、市場経済の外での取り組みとなり、その持続性は企業の良心に依存することとなる。ビジネスの切り口で取り組むことにより、社会貢献事業を内部経済化することが必要であろう。

例えば植林活動を例に挙げると、苗木を植える作業は行っても、植栽後の鹿の食害対策や、下刈りといった、育林・保育時の労力とコストが最もかかる部分に継続的に関与する例は少ない。このようにフィランソロピー的活動は、単発的取り組みであることが多い。また、慈善活動とビジネスの最大の相違点として、リスクの共有の有無が挙げられる（図表4-14）。単発で行われる植林活動はリスクを共有しないからその苗木が鹿の食害にあっても活動者は特段損害を受けることはない。一方で、例えば木質バイオマスエネルギー事業であれば、少なくとも事業期間中は地域とリスクを共有することとなる。

図表4-14 地域貢献活動の性質



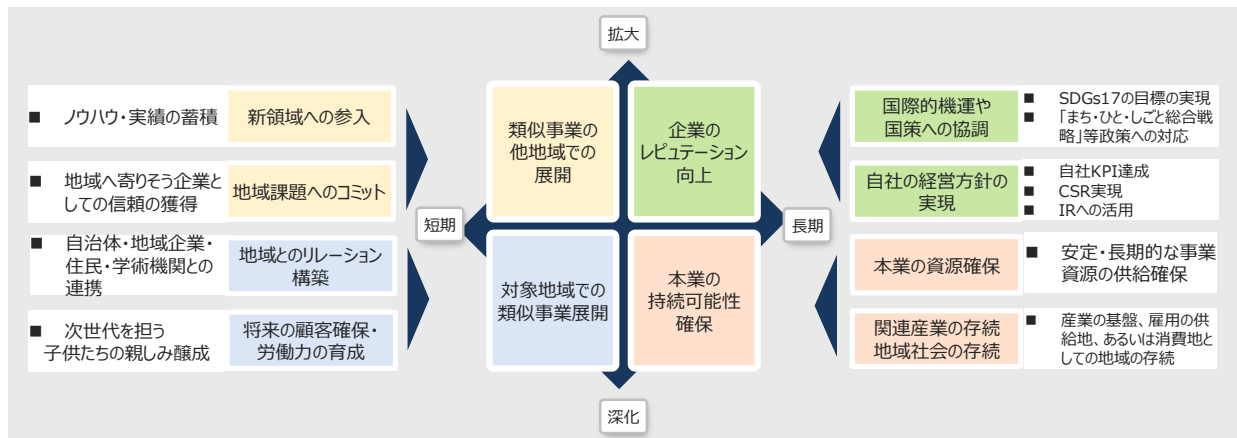
(出所) DBJ作成

自社の利益の実現

経済合理性と社会貢献を両立させた地域貢献事業では、事業者は事業がもたらす短期的な結果である「アウトプット」のみではなく、長期的で本質的な成果としての「アウトカム」の達成を目指している。

ビジネス上の狙いとしては、新分野での知識や経験の蓄積、そして多様なステークホルダーとの関係構築を通じて、他地域への事業拡大の可能性を見出すことが挙げられる。またより地域との関係性を強固なものとし、同一地域で新領域に事業拡大する方向性もあるだろう。しかしこのような直接的な事業戦略だけではなく、さらに長期的、俯瞰的に事業が自社にもたらす効果を考えると、そもそも自社の事業の継続のために、地域社会の存続が必須となる。地域社会は、企業のサービスの消費地であると同時に、企業活動の源泉となる素材や、人材、自然サービスの供給元でもあるからだ。自社の活動を持続可能なものとして、その源泉としての地域の存続のために尽力することは、自社の利益につながる投資とも言える（図表4-15）。

図表4-15 地域外企業による地域貢献事業参入動機



(出所) DBJ作成

自社固有の価値創造ストーリー

さて、サステナビリティの観点から、企業が自社の取り組みを評価する判断基準が一般化してきている現在、「社会のサステナビリティに関する課題は社会共通の課題であることから、セクター内の企業で共通なものとなりがちであり（ハーディング）、各企業の行動が共通化し、独自性を発揮しづらくなることによって、利益の取り合い（レッドオーシャン）に陥る危険性」^{*4-11}がある。これを解消するためには、「自社固有の長期的かつ持続的な価値創造ストーリー」^{*4-11}に基づく経営計画の設定が必要となる。

本稿のケーススタディーとして挙げた内子町の地産地消の小規模木質バイオマス事業での竹中工務店の取り組みは、サステナビリティ対策と、企業の独自性が両立した事例と言える。竹中工務店は「森林グランドサイクル®」や「MACHInnovation(マチノベーション)」を標榜しており、ここには、これまで木材という地域資源の消費者であった同社が、地域資源を創出する側の森林地域の社会へコミットしようという明確な目的意識が確認できる。また、竹中工務店は、宮大工を祖とする、伝統建築分野に強みを持つ企業である。歴史的風致を活かしたまちづくりを促進する内子町を事業地として選定したのは、「自社固有の価値創造ストーリー」との合致という点でも意味深い。

地域外企業の参画が地域にもたらす効果は、経済的利益のみにとどまらない。地域外企業が地域貢献事業にビジネスとして参画することは、地域と企業双方にとって利益をもたらすものと言える。今後このような取り組みが全国に広がり、各地に多様な森林産業と、そこから始まる地域循環社会が創生されることを期待したい。

⁴⁻¹¹経済産業省_伊藤レポート3.0（SX版伊藤レポート）「サステナブルな企業価値創造のための長期経営・長期投資に資する対話研究（SX研究会）報告書」2022年8月30日

参考文献

論文

- 稲垣憲治・小川祐貴・諸富徹「自治体新電力の現状と発展に向けた検討～74 自治体新電力調査を踏まえて～」京都大学大学院経済学研究科再生可能エネルギー経済学講座ディスカッションペーパー
- 大内幸雄「拡大造林政策の歴史的展開過程」『林業経済研究』No. 111, 1987年
- 久保山裕史「オーストリアの林業・林産業における近年の変化ー日本との比較を通じてー」『森林科学』68, 2013
- 久保山裕史・堀靖人・石崎涼子「オーストリアにおける丸太の生産・流通構造の変化についてーシュタイアーマルク州の小規模林家を中心として」『林業経済研究』Vol. 58No. 1, 2012
- 久保山裕史「木質バイオマスエネルギー利用の現状と課題」, 『森林科学』40, 2004
- 久保山裕史「第4報 森林バイオマスのエネルギー利用の可能性」『林業経済研究所第8回シンポジウム』, 2009年
- 久保山裕史「3-48. 林地残材の低コスト収集の可能性について」第13回日本エネルギー学会大会、2004
- 久保山裕史・古俣寛隆・柳田高志「未利用木質バイオマスを用いた熱電併給事業の成立条件」『日林誌』(2017) 99:226-232
- 土屋依子・小谷将之「持続可能な地域インフラ・公共サービスのあり方に関する調査研究～ドイツ・シュタットベルケ調査のキックオフ」『国土交通政策研究所報第71号2019年冬季』
- 原科幸爾「地域循環共生圏の形成に木質バイオマス利用が果たす役割」『ランドスケープ研究』85(2), 2021
- 原科幸爾「循環型まちづくりにおける木質バイオマス利用と森林管理ー岩手紫波町の事例ー」『農村計画学会誌』Vol.32No.1, 2013
- 原科幸爾「木質バイオマスに依拠した地域循環共生圏の形成ー熊本県阿蘇小国郷の事例ー」『日本地域政策研究』第28号、2022
- 山本伸幸「フィンランドの2つの森林所有者共同組織」『森林科学』68, 2013
- 山本伸幸「フィンランドにおける森林所有者共同組織の性格を巡ってー形成過程の史的分析ー」『林業経済研究』Vol. 57, No. 2, 2011
- 山本伸幸「フィンランド森林管理賦課金制度の生成・展開・終焉」『林業経済研究』Vol.60No. 2, 2014

書籍

- 相川高信, (2014), 「木質バイオマス事業 林業地域が成功する条件とは何か」全国林業改良普及協会
- 青木健太郎・植木達人・Monika Cigler 他, (2022), 「地域林業のすすめ 林業先進国オーストリアに学ぶ地域資源活用のしくみ」築地書館株式会社
- 稲垣憲治, (2022), 「地域新電力脱炭素で稼ぐまちをつくる方法」株式会社学芸出版社
- 遠藤日雄, (2018), 「『複合林産型』で創る国産材ビジネスの新潮流 川上・川下の新たな連携システムとは」全国林業改良普及協会
- 久保山裕史・熊崎実・速水亨・石崎涼子 他, (2019), 「森林未来会議 森林を活かす仕組みをつくる」築地書館株式会社
- 酒井秀夫・田中裕之・鈴木保志 他, (2016), 「林地残材を集めるしくみ」全国林業改良普及協会
- 塩地博文・文月恵理・松本晃・酒井秀夫 他, (2022), 「森林列島再生論 森と建築をつなぐイノベーション『森林連結経営』」株式会社日経BP
- 西川力, (2016), 「ヨーロッパ・バイオマス産業レポート なぜオーストリアは森でエネルギー自給できるのか」築地書館株式会社

日本政策投資銀行・価値総合研究所/山崎清・佐原あきほ・山田勝也, (2019), 「地域経済循環分析の手法と実践 生産・分配・支出の三面から導く、新しい地域経済政策」ダイヤモンド・ビジネス企画

竹中征雄・山崎慶太 他, (2022), 「森林資源を活かしたグリーンリカバリー 地域循環共生、新しいコモンズの構築」化学工業日報社

古市徹・西則雄, (2012), 「バイオマス地域循環ー再生可能エネルギーのあるべき姿ー」株式会社環境新聞社

諸富徹, (2019), 「人口減少時代の都市」中央公論新社, (再版)

官公庁資料・Webサイト等

環境省「環境経済情報ポータルサイト/環境情報/環境ビジネスの先進事例集」

環境省「ミライアイズ～地域新電力～“三河の山里コミュニティパワー”」, YouTube
<https://www.youtube.com/watch?v=pFuvW1ddx2k>

経済産業省/伊藤レポート3.0 (SX版伊藤レポート) 「サステナブルな企業価値創造のための長期経営・長期投資に資する対話研究会報告書～多様なステークホルダーとのより良い関係構築に向けて～」平成30年3月

経済産業省/(一財)企業活力研究所「新時代の非財務情報開示のあり方に関する調査研究報告書～多様なステークホルダーとのより良い関係構築に向けて～」平成30年3月

在フィンランド日本国大使館「フィンランド経済の概要(令和5年12月) 2. フィンランドの経済の特徴・特色」

JETROヘルシンキ事務所「高品質化と国際化で成長する林産業(フィンランド)」

林野庁「森林・林業白書(令和5年5月30日公表)」

林野庁「森林総合監理士(フォレストー)基本テキスト(令和5年度版)」

林野庁/(一財)日本木材総合情報センター「海外における木材流通の先進的な事例調査報告書(オーストリア)」(平成30年度林野庁委託事業)

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft
「Austrian Forest 2023」<https://info.bml.gv.at/service/publikationen/wald/Austrian-forest-report-2023.html>

Luke「Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2022」
<https://jukuri.luke.fi/handle/10024/553167>

Österreichischer Biomasse-Verband「Bioenergie Atlas Österreich 2023」
<https://www.biomasseverband.at/bioenergy-atlas-2023>

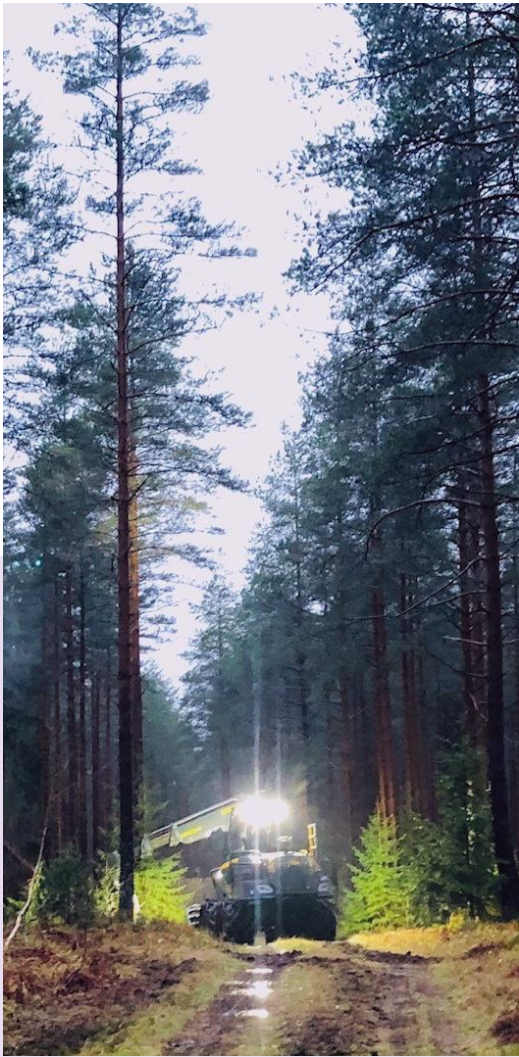
Österreichischer Biomasse-Verband「Basisdaten 2023 Bioenergie」
https://www.biomasseverband.at/wp-content/uploads/Basisdaten-Bioenergie-2023_online.pdf

Österreichischer Biomasse-Verband「Bedeutung der bioenergy」
<https://www.biomasseverband.at/bedeutung-der-bioenergy-2-2/>

Waldverband Steiermark「Wir schaffen Werte…」

執筆・協力

監修	(株)日本政策投資銀行	地域調査部 次長 洞 靖英
執筆	(株)日本政策投資銀行	地域調査部 副調査役 山本 美紗
協力	(株)竹中工務店 (株)価値総合研究所 内子町森林組合 (有)内藤鋼業 (株)日本経済研究所 他	(第2章 共同調査、及び写真・データ提供等) (第2・4章 地域経済波及効果測定・地域経済循環分析等) (第2章 データ提供等) (第2章 データ提供等) (第3章 調査支援)
写真	提供者の記載がないものはDBJ撮影	



著作権 (C) Development Bank of Japan Inc. 2024
当資料は、株式会社日本政策投資銀行（DBJ）により作成されたものです。

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引などを勧誘するものではありません。本資料は当行が信頼に足ると判断した情報に基づいて作成されていますが、当行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しましては、ご自身のご判断でなされますようお願いいたします。

本資料は著作物であり、著作権法に基づき保護されています。本資料の全文または一部を転載・複製する際は、著作権者の許諾が必要ですので、当行までご連絡ください。著作権法の定めに従い引用・転載・複製する際には、必ず『出所：日本政策投資銀行』と明記してください。