

# 木質バイオマス発電による 森林資源活用のための課題と対策

池田 穰<sup>\*1</sup>

日本は国土の7割を森林が占めており、木材は資源の少ない日本にとって豊富な国産資源である。森林は水資源の貯留、治山・治水などの公益的な機能も保持している。こうした森林を持続可能にするためには、林業が健全でなければならない。しかし林業は産業として自立していないのが現状である。近年木造建築が見直され、新たな技術の導入と共に木材の需要拡大が図られている。さらに利用されない木材を発電によりエネルギーとして利用することで木材の需要を増加させる動きも加速している。しかし木質バイオマス発電が事業として成り立つためには十分な検討が必要である。ここでは事業成立に必要な木質燃料の調達量・調達価格を中心に木質バイオマス発電による地方の森林資源活用のための課題と対策をまとめた。

キーワード：木質バイオマス発電、固定価格買取制度、木材、林業、森林

## 1. はじめに

わが国は国土の約70%を森林が占めている。森林は生物多様性の保全、土砂災害の防止、水源のかん養、保健休養の場の提供など極めて多くの多面的機能を有している。こうした森林を将来にわたり有効活用するためには、森林・林業・木材産業が持続可能な産業として自立する必要がある。しかしこれら産業には課題が多い。

わが国では第二次大戦後、荒廃した国土において薪炭や建築材料として木材の需要が増大することが予想され、天然林を人工林に転換する「拡大造林」が進められた。しかし高度成長期には、コンクリート・鋼の需要が増大するとともに、コストの低廉な外材が輸入され国産材の需要は低迷した。これらの要因で林業はしだいに衰退し、生産性の向上は図れないままにある。そのため戦後植林された木が伐採適齢期になったにも係わらず、放置されており国産資源としての木材の有効利用が十分なされない状況にある。

こうした状況を踏まえ2010年には国産資源としての木材の利用を推進するため「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行された。また2012年にはFIT（再生可能エネルギー固定価格買取）制度がはじまり、木質バイオマスを燃料として利用する動きが加速化した。このように木材のマテリアルとエネルギーの両輪による木材利用促進策が図られるようになった。木質バイオマス発電は、他の再生エネルギーと比較して季節、天候、昼夜を問わず一定量の電力を安定的に供給できるベース電源である。また木質燃料の収集・運搬なども含めて事業としての裾野が広く、雇用確保の面で地域振興策

にも繋がる。ここでは木質バイオマス発電の事業性を中心に地域の森林資源活用のための課題と対策を述べる。

## 2. 木質バイオマス発電の概要

わが国の木質バイオマス発電はFITの発足を契機に発電施設の計画が増大している（図-1）。発電規模としては5,000kW以上が主流であり、この規模の発電方式としてはボイラー・蒸気タービンシステムが用いられる。発電規模がこれより小さい場合には、ガス化発電システムなどが適しているが、わが国ではまだ実用例が少ない。ボイラー・蒸気タービンシステムによる木質バイオマス発電では、熱も利用できる。熱利用には以下の3つの方法があ

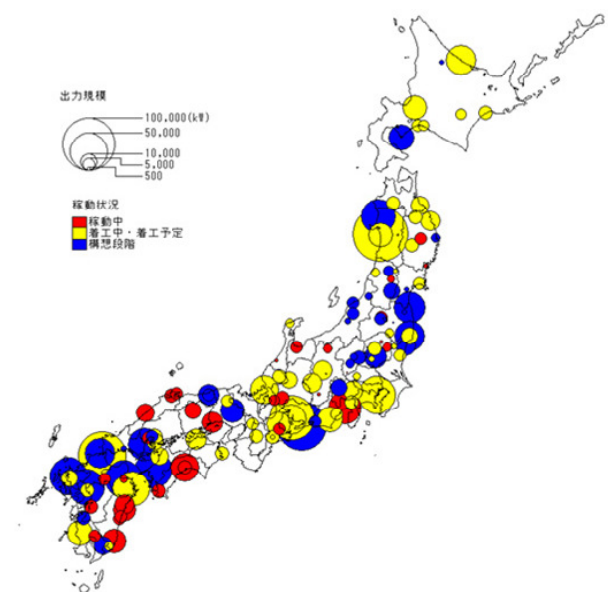


図-1 全国木質バイオマス発電所一覧(2015年7月現在)  
(出典：(株) 森のエネルギー研究所)

\*1 先端・環境研究部

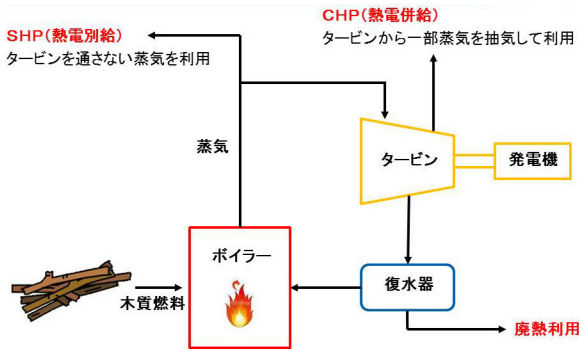


図-2 ボイラー・蒸気タービンシステムの熱利用の3方式

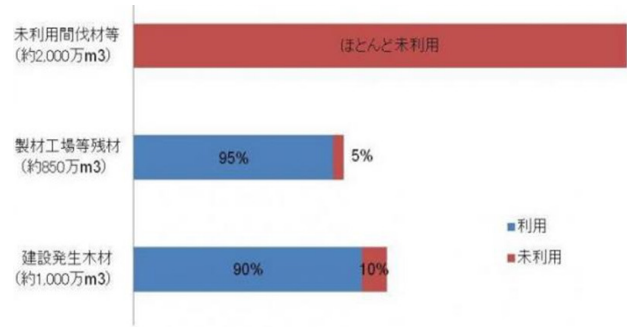


図-3 木質バイオオスの年間発生量と利用率 (出典：林野庁 HP)

る (図-2)。①廃熱利用:蒸気タービンから冷却水として排出される温水を用いる方法。②SHP (熱電別給):ボイラーから発生する蒸気の一部を、蒸気タービンに回さずに直接熱として用いる方法。③CHP (熱電併給):ボイラーから発生する熱をすべて蒸気タービンに回し発電するとともにタービンから一部蒸気を抽気する方法。

また木質バイオマス発電の燃料としては、間伐材などの未利用材、製材等残材などの一般木材および建設廃材が用いられる。FITではこれまでほとんど利用されていない未利用材 (図-3) の利用を促進させることを意図して、未利用材を用いた場合の売電価格を高く設定している。2015年度からは、2,000kW未達の発電規模で未利用材を用いた場合の調達単価をこれまで以上に高く設定した新たな枠組みが設けられた (表-1)。

### 3. 未利用材の調達単価からみた事業採算性

#### 3.1 発電のみと CHP (熱電併給) との比較

発電のみを行う場合、現状では発電規模 5,000kW 以上が採算性のあう事業規模とされている。しかしボイラー・蒸気タービンシステムの発電効率はこの規模では 25%程度である。一方、CHP では電気と熱を合わせた総合エネルギー効率が 85% と他の熱利用方式と比較しても高い。ここでは木質燃料として未利用材の他に製材所からの製材等残材も使用すると仮定し、大規模製材所 (原木取扱量 10 万 m³ / 年) を併設した木質バイオマス発電施設を想定し、

発電のみの場合と CHP の場合での事業性を比較した (表-2)。木質燃料として山から直接運ばれる未利用材 (C, D 材) の量 (38,800 m³ / 年) は発電のみの場合と CHP の場合で同じとする。発電のみの場合、15,000 m³ / 年の製材等残材を製材所が独自に A, B 材 (製材, 集成材, 合板) の乾燥に用いるとした。CHP の場合は製材所の木材乾燥に必要な熱は熱電併給施設から直接供給されるとした。これにより発電のみの場合、発電施設へ回る製材等残材は 35,000 m³ / 年となり、CHP の場合の 50,000 m³ / 年より少なくなる。従って発電のみの場合のボイラーの総熱量 (約 45 万 GJ) は、CHP のそれ (約 54 万 GJ) より小さくなる。ここで発電のみの場合の発電効率を 25% とすると 75% のエネルギーが損失する。一方、CHP の場合、発電効率は 15% に落ちるものの、総合エネルギー効率は 85% となり熱利用により 70 (85-15) % のエネルギーが有効利用できる。

次に自家消費電力を除いた売電電力は発電のみの場合 3,400kW (売電単価 28.1 円 / kWh), CHP の場合 2,100kW (売電単価 27.4 円 / kWh) となった。ここで CHP の場合の売熱単価は A 重油単価の 2/3 と仮定した。また大規模製材所と熱電併給施設との間で乾燥用の熱がバーター取引されるものとした。その他イニシャルコスト、資金、支出等をそれぞれの場合で仮定し、事業採算性を評価するための IRR (内部収益率) を 8% と固定して未利用材の調達単価をもとめた。その結果、発電のみの場合 5,000 円 / m³, CHP の場合 6,700 円 / m³ となり CHP の方が未利用材の調達単価を高く設定でき、未利用材を買い取りやすいことが示された。

表-1 H. 27年度のFIT(再生可能エネルギー固定価格買取)制度の価格表 (調達単価1kWhあたり, 木材燃焼関連)

	未利用木材燃焼発電		一般木材等燃焼発電	リサイクル木材燃焼発電
	2,000kW未満	2,000kW以上		
調達単価 (税抜)	40円	32円	24円	13円
調達期間	20年間			

表-2 発電のみと CHP (熱電併給) との比較

項目		発電のみ	CHP(熱電併給)
木質燃料	未利用材(m <sup>3</sup> /年)	38,800	
	製材等残材(m <sup>3</sup> /年)	35,000	50,000
ボイラーの総熱量(GJ)		446,508	541,075
総合エネルギー効率(%)		25	85
売電指標	発電効率(%)	25	15
	発電能力(kW)	3900	2800
	自家消費電力(kW)	500	700
	売電電力(kW)	3,400	2,100
売熱指標	熱効率(%)	-	70
	製材所への乾燥用供給熱量(GJ)	-	85,536
	売熱熱量(GJ)	-	293,215
	利用可能な総熱量(GJ)	-	378,751
併設製材所の概要	原木取扱量(m <sup>3</sup> /年)	100,000	
	歩留り(%)	50	
	乾燥用製材等残材(m <sup>3</sup> /年)	15,000	-
	製材製品量(m <sup>3</sup> /年)	50,000	

このように大規模製材所と熱電併給施設を組み合わせることにより総合エネルギー効率が増し事業性も高まる。

しかしながら CHP の場合、製材所の乾燥施設に総熱量の20%以上が使われたとしてもそれ以外の80%の熱量を売熱しなければならない。事業の成立にはさらなる熱利用先の確保がかかせない(図-4)。

### 3-2. 発電規模による比較

FIT では未利用材の活用を促進するため、未利用材を用いた木質バイオマス発電において発電規模 2,000kW 以上で 32 円 /kWh, さらに 2015 年度より 2,000kW 未満で 40 円 /kWh と製材等残材を含む一般木材や建設廃材等リサイクル木材より高い調達単価を設定している(表-1)。ここ

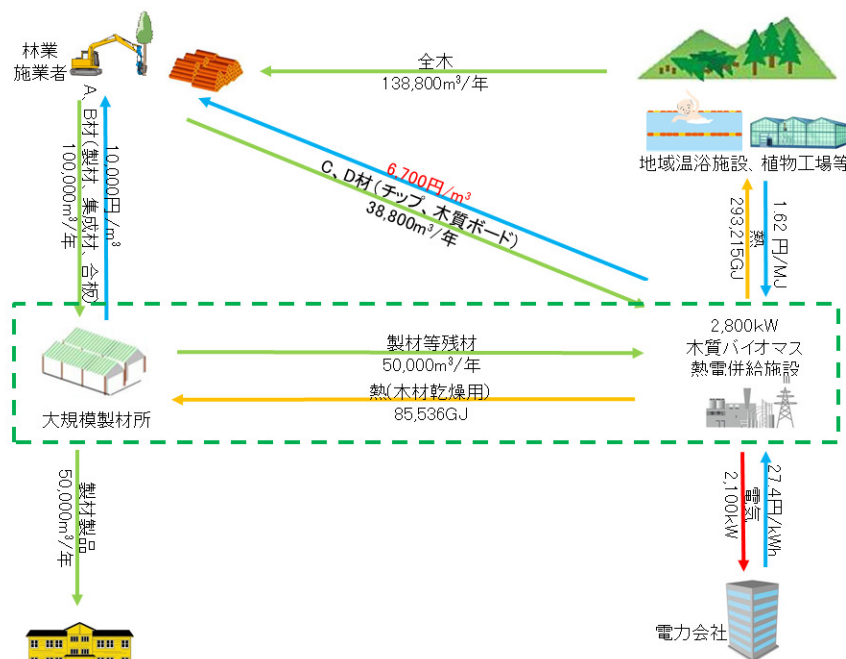


図-4 大規模製材所と熱電併給施設の事業モデル

表－3 想定事業の諸元

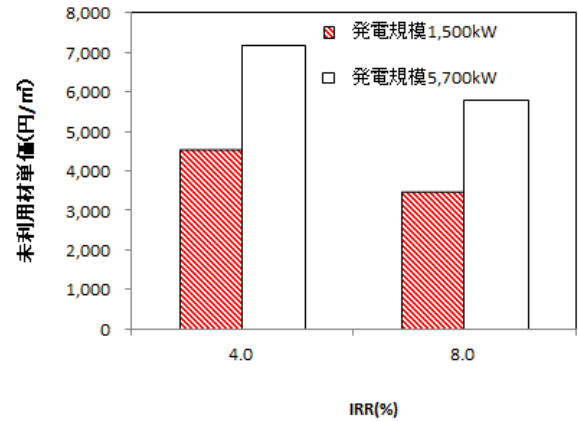
方式	直接燃焼	
	規模(kW)	1,500
規模(kW)	5,700	1,500
自家消費(kW)	700	230
発電効率(%)	25	15
必要投入熱量(Mcal)	155,267,412	68,099,742
稼働日数(日)	330	
事業期間(年)	20	
総事業費(億円)	33	11
雇用人員(人)	13	7
補助金	0	
IRR(%)	4 or 8	

では未利用材、製材等残材および建設廃材の割合を7:0:3とし、発電規模1,500kWと5,700kWのそれぞれの事業においてIRRを4%または8%とした場合の未利用材の調達単価をもとめた。想定した事業における諸元を表－3に示す。売電単価はボイラーの総発熱量に対する投入する木質燃料（未利用材、製材等残材および建設廃材）の各発熱量の加重平均で決まる。ここでは各材の単位発熱量、水分、比重を表－4のように仮定した。この表における製材等残材、建設廃材の調達単価は、木質燃料として製材等残材、建設廃材をそれぞれ100%用いかつIRR8%となる単価である。

図－5は発電規模1,500kW、5,700kWのそれぞれの発電事業においてIRR4%と8%の場合の未利用材の調達単価を示す。IRR4%の未利用材単価は、8%のそれより1.2～1.3倍高くなる。また発電規模1,500kWの事業の売電単価は34.8円/kWhと5,700kWの28.3円/kWhより高くなる。しかし発電規模1,500kWの未利用材調達単価は、5,700kWのその6割ほどとなった。この単価では、未利用材を森林組合等から買い取ることは困難である。すなわち2,000kW未満では売電単価は高くとも事業としては5,700kWのそ

表－4 木質燃料となる木材の諸元

	発熱量(kcal/kg)	水分(%WB)	比重	調達単価(円/m <sup>3</sup> )
未利用材	2,000	50	0.70	—
製材等残材	3,000	30	0.50	2,415
建設廃材	3,600	20	0.44	-1,540



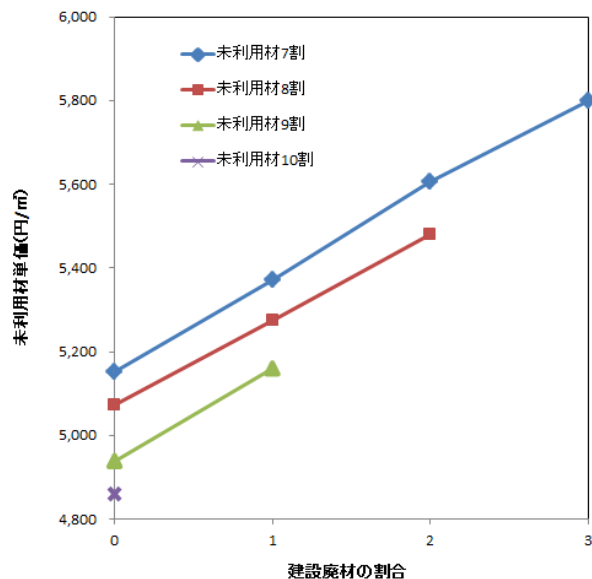
図－5 未利用材の調達単価とIRR（内部収益率）

れより劣ると考えられる。発電規模2,000kW未満の事業において事業性を高めるには、発電のみでなく売熱を行なうことさらにガス化発電等により発電効率を上げる対策をとらなければならない。

### 3-3 木質燃料の混合割合による比較

ここでは従来、採算の合う規模とされている発電規模5,700kWの木質バイオマス発電に必要な木質燃料である未利用材、製材等残材および建設廃材の3種の割合を変化させた場合の事業性を評価した。事業の指標としてのIRRを8%で固定して製材等残材、建設廃材の調達単価を表－4に示すようにそれぞれ2,415円/m<sup>3</sup>、-1,540円/m<sup>3</sup>（逆有償）とした。未利用材についてはその割合を7～10割に変えさせそれぞれの場合の製材等残材と建設廃材の割合を0～3割の範囲で変化させた10ケースについて売電単価、未利用材調達単価をそれぞれもとめた。

その結果として未利用材、製材等残材および建設廃材



図－6 未利用材の調達単価と建設廃材の割合

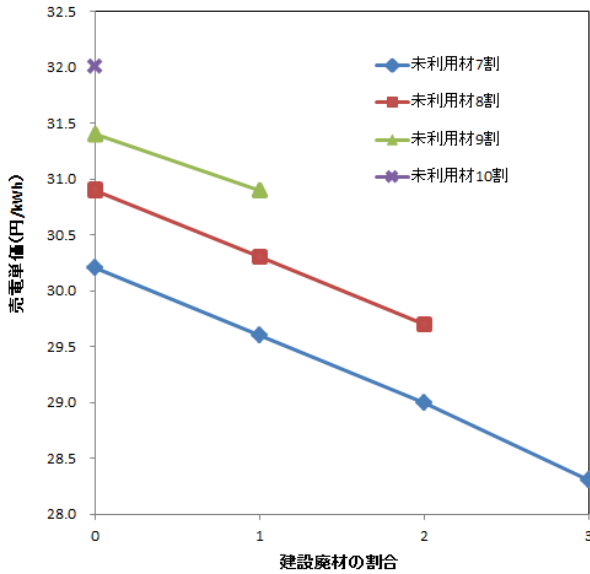


図-7 売電単価と建設廃材の割合

の各割合ごとの未利用材調達単価を図-6に、それら各材の割合に応じた売電単価を図-7にそれぞれ示す。これらの図より、建設廃材の割合が高まれば売電単価は低下するものの未利材調達単価は上昇することが示された。これは建設廃材が逆有償で取引される影響と考えられる。この範囲での未利用材の最高調達単価は、未利用材:製材等残材:建設廃材=7:0:3の場合の5,800円/m<sup>3</sup>で、こ

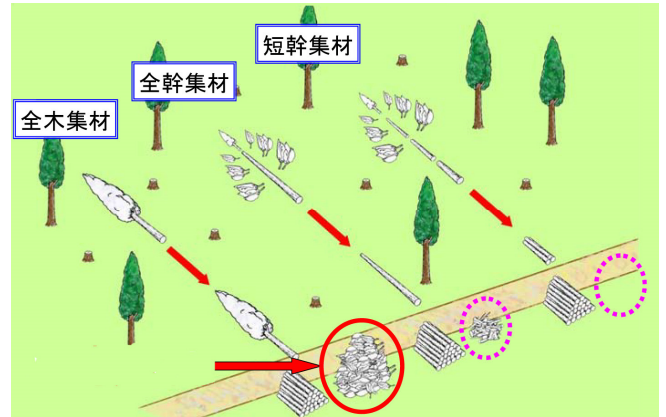


図-8 全木集材、全幹集材および短幹集材 (出典：森林総合研究所 HP)

の時の売電単価は28.3円/kWhであった。しかしながらこの調達単価では未利用材の山からの搬出・運材コストにはあわないため、現状はA、B材(製材、集成材、合板)と抱き合わせで取り扱わざるをえないと考えられる。一方、C材(チップ、木質ボード)とは价格的に競合することから未利用材市場の活性化が期待できる。

#### 4. 木質バイオマス発電事業における課題と対策

木質バイオマス発電事業において未利用材を調達する

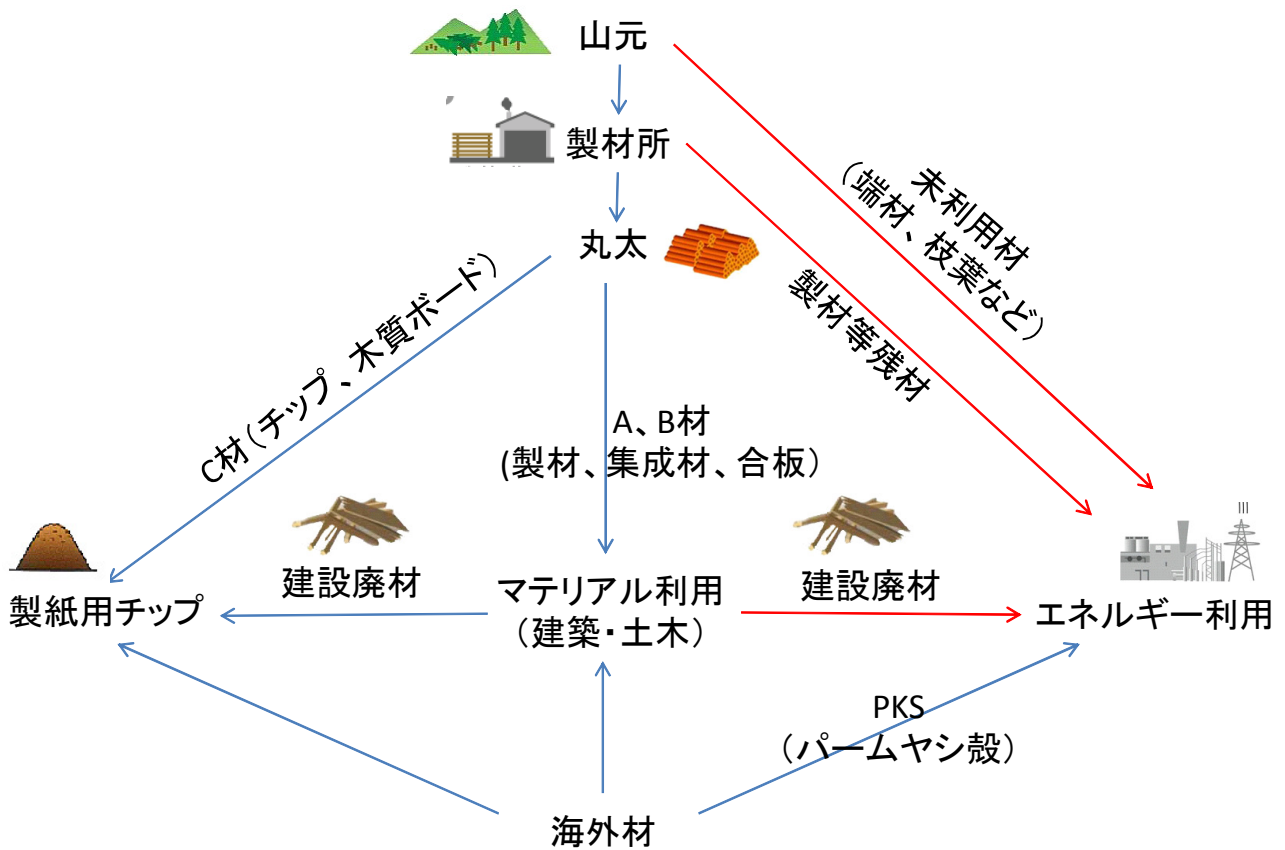


図-9 木材利用の概念図

ために未利用材のみを集材することは、コスト的にあわない。その集材方法としては主に A, B 材となる丸太を集材する短幹、全幹集材ではなく、端材や枝葉も集材する全木集材が適している（図-8）。このことから木質燃料としての未利用材の需要が増えるに伴い、製材原料である A, B 材の供給が増えることとなり、その分木材需要の拡大が必要となる。このように木質バイオマスのエネルギー利用は、マテリアル利用と密接に結びつており、これにより森林・林業・木材関連産業の振興に繋げることが期待される（図-9）。加えて木質バイオマスのエネルギー利用には化石燃料代替による温暖化緩和という付加価値もある。こうしたことから木質バイオマスのエネルギー利用とマテリアル利用は、調和させながら進めていくべきである

## 5 おわりに

木質バイオマス発電の事業化には様々な課題がある。地域の木質燃料の供給可能量を踏まえ適正な発電規模を熱利用も含めた形で検討する必要がある。また木質バイオマスのエネルギー利用により用材利用が促進されることから車の両輪としてのエネルギー利用とマテリアル利用のバランスを保つことも必要である。そのためには、川上である山において林業施業の合理化により材を生産する体制が整えられねばならない。具体的には分散・小規模化している森林の所有形態を集約化（図-10）すること、路網の整備、高性能林業機械の導入、人材の育成など

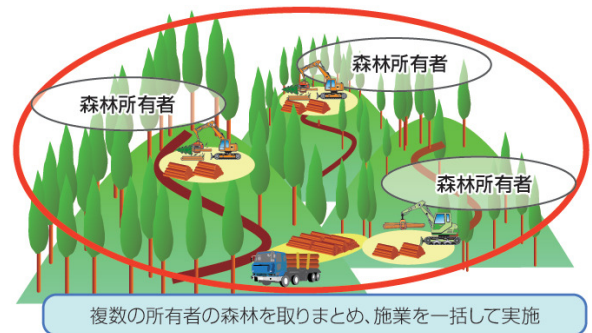


図-10 林業施業の集約化

(出典：林野庁 HP)

の課題がある。また川下においては、国産材の利用を増大させなければならない。さらに川上から川下までの連携による効率的な木材のサプライチェーンを構築することも大切である。課題は多いものの、地域の森林資源を生かし、雇用も確保でき川上から川下まで多くの産業が係わる裾野の広い事業として木質バイオマス発電施設を地域の活性化のために適材適所に設置していくことが期待される。

## 参考文献

- 1) 池田穰, 石井真人:製材所と木質バイオマス熱電併給システムからなる事業モデルの経済性, 土木学会第 69 回年次学術講演会, V - 398, pp. 795 - 796, 2014
- 2) 株式会社安藤・間:木質バイオマス発電を核とした浜城市天竜区の森林資源活用事業可能性調査報告書, pp. 1 - 118, 2014
- 3) 池田穰:木質バイオマスのエネルギー利用, 土木学会第 70 回年次学術講演会, V - 385, pp. 769 - 770, 2015

---

## Agendas and Provisions for Regional Utilization of Forest Resources by Wood Biomass Power Generation Businesses

Yutaka IKEDA

Forest covers 70% of Japan, making wood a valuable domestic resources in the country. Forests play many public roles, such as providing water storage, flood control, and a public amenity. For sustainable use of forests, businesses that rely on forestry must be self-sustaining. In recent years, government decisions detailed in the “Forests and Forestry regeneration plan” and “Regulations on the Promotion of the use of Wood in Public Buildings, etc.” have increased the domestic wood demand in line with new manufacturing technology. In addition, the wood biomass power generation sector, which uses unutilized wood as a source of energy, has been boosted by the Feed-in Tariff (FIT) system. The wood biomass power generation sector is expected to be a cause of increased regional development. However, in order to establish a power generation business, it is first necessary to fully investigate the procurement price and amount of wood fuel available. Agendas and provisions for regional activation of forest resources by the wood biomass power generation business are hereby discussed.