

## システムチーム

# 「木質バイオマス資源のエネルギー利用システム に関する調査」報告

### 【目次】

<b>1. 木質系リサイクルのシステム・制度と課題</b> .....	2-1
1. 1 はじめに	
1. 2 京都議定書目標達成計画	
1. 3 リサイクルの進んでいる建設廃木材	
1. 4 事業の促進策	
1. 5 森林管理の規制	
<b>2. 木質バイオマス資源の経済性評価</b> .....	2-4
2. 1 木質資源の調達に関する経済性	
2. 2 燃料としての経済性	
<b>3. 森林バイオマスの事業化シナリオ</b> .....	2-10
3. 1 はじめに	
3. 2 木質ペレット製造事業の概要	
3. 3 木質ペレットの事業化事例	
3. 4 木質ペレットの事業化を進めるための方策	
<b>4. 木質系資源循環を取り巻く背景と将来への課題</b> .....	2-20
4. 1 はじめに	
4. 2 需要システム	
4. 3 林業システム	
4. 4 循環利用システム	
4. 5 おわりに	
<b>5. LCA事例の整理</b> .....	2-31
5. 1 はじめに	
5. 2 木質バイオマス資源のエネルギー利用に関する LCA 事例	
5. 3 木質バイオマス資源の利用に関する LCA 事例の簡単な内容整理	

## 1. 木質系リサイクルのシステム・制度と課題

### 1.1 はじめに

木質系物質は建設廃棄物、木材関連事業廃棄物、間伐材など森林廃棄物、廃家具などが考えられる。

リサイクルを進めるにあたって、建設廃棄物などはすでにリサイクル法が制定され、リサイクルが進んでいるが、間伐材などが収集も含めて問題が山積状況になっている。しかし、温暖化防止の国の計画に大きく位置づけされている以上、達成のために様々なことを行わなければいけない。

燃料高騰によって廃木材も売れ行きがいいが、エネルギー事情が変わるとどうなるかわからず、廃棄物として逆有償になる可能性がある。

木質系リサイクルを検討していく上で最も重要なのが京都議定書目標達成計画における森林におけるCO<sub>2</sub>固定化目標である。外材は値上がりが続けており、またロシアの木材輸出関税の大幅アップがあり、国産材の復活の機運がでてきている。様々な方策によって適正な森林管理が実施可能になるようにしていかなければならない。

### 1.2 京都議定書目標達成計画

我が国の目標達成計画は何回か改訂されている。平成17年4月28日閣議決定、平成18年7月11日一部変更、平成20年3月28日全部改定。

このなかで森林吸収などで2008～2012年の5年間の計画として年間平均4,767万トンのCO<sub>2</sub>削減を行う計画となっている。

森林が吸収したCO<sub>2</sub>の内、立ち枯れた木、葉とか根は自然に分解され、CO<sub>2</sub>に戻るので、CO<sub>2</sub>収支としてはプラスマイナス0である。結局木材資源として化石エネルギー削減などに寄与するものでなければならない。

林野庁では、我が国が京都議定書を締結した平成14年に「地球温暖化防止森林吸収源10カ年対策」を策定し、2003年から2012年までの計画として削減量3.9%に相当する森林吸収量1,300万炭素トン(4,767万CO<sub>2</sub>トン)の目標達成に向けて、健全な森林の整備・保全、木材・木質バイオマス利用の推進などに取り組むとしている。

この吸収量に相当する樹木の量は6,728万トンになる。

### 1.3 リサイクルの進んでいる建設廃木材

国交省建設廃棄物の品目別排出量データによれば平成14年に建設発生木材が500万トンである。京都議定書達成計画のリサイクル樹木量は、その13倍にもものぼる。

生木がリサイクルで嫌われるのは重量の半分以上が水であることである。全焼時に水分の蒸発に大きなエネルギーを取られる。また輸送費用も増すことになる。

生木1kgを燃焼させた場合、440gの有機物から1,760キロカロリーの熱量が得られる。一方、その水分を飛ばすのに、336キロカロリーが取られることになる。差し引き1,424キロカロリーとなる。乾燥木材では1kg当たり3,480キロカロリーの熱が得られ、その差が

大きい。

わが国の最近の木材需要量は、8千万～9千万m<sup>3</sup>程度で外材の占有率が8割と高く、国産材の自給率は2割程度。木材の比重を0.5とすると、輸入は3,200万トン、国産が800万トンになる。総木材消費量は温暖化防止計画対応のCO<sub>2</sub>吸収木材量推定6,700万トンの6割にあたる。国産、輸入木材はパルプ、材木、チップ、合板などに加工される。

#### 1.4 事業の促進策

森林によるCO<sub>2</sub>固定化促進のためには、育った樹木や間伐材を運び出して有効利用しなければならない。現在の問題点は切り出し、搬出のコストが高いこと。森林地域が人口減少、高齢化していること。またそのままの利用がしにくいことがあげられる。

#### 1.5 森林管理の規制

森林の管理については森林・林業基本法（昭和三十九年法律第百六十一号）のなかで、第九条に規定されている。

##### ○森林所有者等の責務

第九条 森林の所有者又は森林を使用収益する権原を有する者（以下「森林所有者等」という。）は、基本理念にのっとり、森林の有する多面的機能が確保されることを旨として、その森林の整備及び保全が図られるように努めなければならない。

また、森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法（間伐等促進法）が20年に公布されている。この法律は、京都議定書の第一約束期間における森林吸収目標の達成に向け、平成24年度までの間における森林の間伐等を促進するため、特別の措置を講ずることを内容とするもの（平成20年5月16日公布・施行）。

法律には国、公共団体の方針、計画の規定がある。

##### ○基本指針の策定

農林水産大臣は、特定間伐等の実施を促進に関する「基本指針」を策定する。

（平成20年5月16日公表）

※特定間伐等＝森林の間伐又は造林で平成24年度までに間に実施するもの

##### ○基本方針の作成

都道府県知事は、基本指針に即して、特定間伐等の実施の促進に関する基本方針を作成することができる。

##### ○特定間伐等促進計画の作成

市町村は、基本方針に即して、特定間伐等の実施の促進に関する計画を作成することができる。

また、事業促進に対する財源の確保について規定されている。

#### ○特定間伐等促進計画の効果

- ①森林整備事業における優遇措置
- ②市町村への新たな交付金の公布
- ③追加的に実施される間伐等に対する地方債の特例

しかしこれらの規定は違反に対する罰則も弱く、限界がある。一方、市街地、農地では廃棄物の放置は犯罪であり、厳しく規制される方向にある。我が国の国土を適正に保全するため、森林の不適正管理も悪いことであり、山林の適正な管理をより強力に規制することが必要である。

森林管理を効率的に行う方法の一つに一体管理がある。地権者が分散していても、間伐、伐採など計画的・集中的に行うことによりコスト低減が図れる。放置山林は公共の管理とする制度化も必要である。

放置山林管理者に対する罰則制度と公的管理を含めた一体管理の強化によって、適正な森林管理を行う必要がある。

次に、樹木処理の促進がある。樹木のリサイクルを進めるためには有償で樹木を引き取れるようにしなければならない。切り出された木材は水分が多く乾燥しないと有用物にならない。乾燥施設があれば、乾燥物を有償で流通に乗せることが容易になる。乾燥施設は形がはっきりしているので公的な助成はしやすいと考えられ、樹木処理を円滑に進めるため実施することが望ましい。

参考1 森林・林業学習館 <http://www.shinrin-ringyou.com/>

参考2 樹木量の計算

CO<sub>2</sub>の固定化量から木材生産量を推計する。

セルロースの分子式は (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>

C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>を燃焼すると 6O<sub>2</sub>と結びついて、6CO<sub>2</sub>と5H<sub>2</sub>Oになる。

その重量は

162                      192                      264                      90

これから光合成はこの逆に進行するとして、4,767万トンのCO<sub>2</sub>の固定化は(4,767×162/264=)2,925万トンの乾燥木材生産に相当する。

木材の水分は品種、部位によって異なるが、おおまかに水分130%（乾燥重量に対する水分重量、含水率にすると56%）とすると生木で6,728万トンに相当。

乾燥させた家屋材料では水分15%（含水率13%）くらいになる。

## 2. 木質バイオマス資源の経済性評価

本節では、木質資源ならびにバイオ資源の経済性評価について整理する。

ここでは、経済性を大きく2つに分けて検討する。まず、木質資源やバイオ資源をどこから調達するのが経済性が高いかという視点、それから、化石燃料との価格競争のなかでどのような資源が経済的な優位性があるかという視点である。

### 2.1 木質資源の調達に関する経済性

まず、木質資源をどこから調達するかという視点であるが、既存の報告書等で参考となる資料が出されている。まず、「宮崎県木質バイオマス活用ビジョン」によれば、表 2-1 のような調達コストが報告されている。これによれば、林地残材や未利用間伐材を木質資源として調達するにはトンあたり 2~3 万円のコストがかかるとされている。これは  $\text{m}^3$  あたりでいうと約 1 万円のコストである。このうち、6~7 割が集材費であり、残りが伐倒費と運搬費とされている。遠藤（2006）も図 2-1 に示すように、1.5~3 万円のコストがこれらの木質資源を収集するのに必要としており、集材費と運搬費に多くの費用がかけられていることを指摘している。加えて、平成 19 年のスギ中丸太価格は  $\text{m}^3$  あたり 1 万 3 千円程度、ヒノキ中丸太価格は  $\text{m}^3$  あたり 2 万 5 千円程度（農林水産省「木材価格」より）と低迷していることもあり、林地残材などは、そのまま林地に放置されてしまうことも少なくないとのことである。

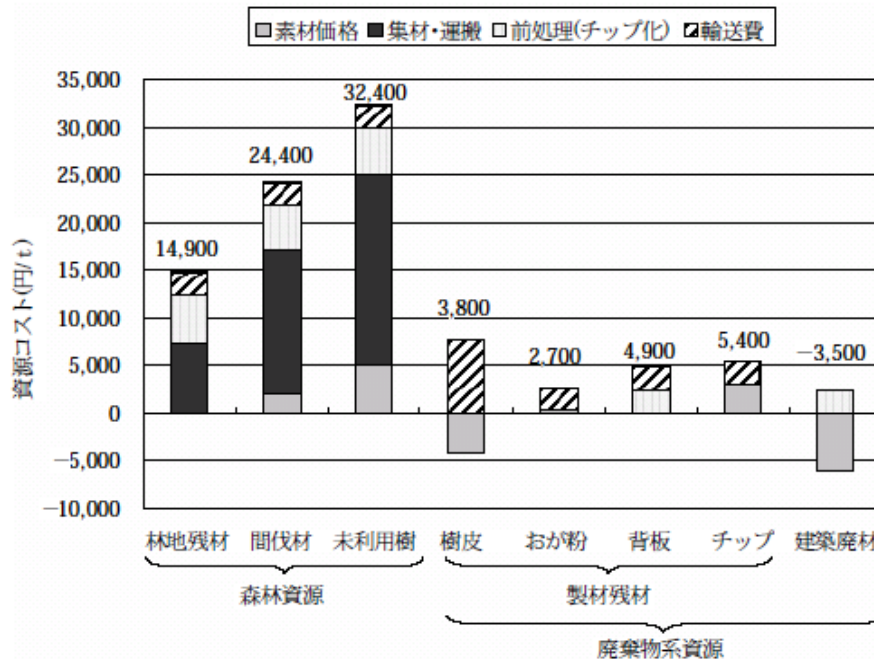
一方、製品残材を木質資源として調達するにはトンあたり数千円のコストもしくは数千円の収入で入手することができる。また、建設廃材であれば、数千円~3 万円の収入で入手することができる（建設廃材については、「奈良県木質バイオマス資源利用可能性調査（平成 16 年 3 月）」においても、同程度の委託費用が示されている）。そのため、木質資源の調達先としては、このような廃棄物・排出物としてのものの方が優位である。しかし、建設廃材などは、当然ながら質が劣るので、その利用の仕方次第では前処理等のプロセスが必要となるので単純には上記費用を比較できないが、林地残材などの利用は難しい状況にあることは間違いのないだろう。

表2-1 木質資源の調達コスト（その1）

資源種別	収集コスト（tあたり）		コスト算定の前提条件・傾向
	+3万円 (市債)	0円 (逆有債)	
林地残材	主伐	平均2.8万円程度	◆林地から山麓までの伐倒・集材・運搬費 ・山麓の土場までの運搬費をきめると、平均2.8万円/tを要すると推測される。
	間伐	平均2.6万円程度	◆林地から山麓までの伐倒・集材・運搬費 ・林地残材（主伐）に同じ。
未利用間伐材		平均2.4万円程度	◆林地から山麓までの伐倒・集材・運搬費 ・山麓の土場までの運搬費をきめると、平均2.4万円/tを要する。
松くい被害木	現場処理	1万円程度	◆駆除現場からの搬出費 ・駆除現場から山麓までの搬出費が必要となる。
	搬出焼却	無償または若干逆有債	◆搬出先からの調達コスト ・現場処理と異なり、搬出処理されていることから、活用にあたって収集コストが生じることはない。
製材残材	オガ粉	0～3千円程度	◆製材事業所の販売益 ・平均2.7千円程度で販売されている。 ※製材所が自家利用する場合は0円とみなすことができる。（端材、パークについても同じ）
	端材	8千円程度～若干逆有債	◆製材事業所の販売益または処理委託費 ・販売目的（製紙用、堆肥用、敷料用等）によってコストに差があり、廃棄物処理されるものもある。 ・製紙用であれば4～8千円/tで販売。
	パーク	若干有債～若干逆有債	◆製材事業所の販売益または処理委託費 ・廃棄物として処分されているものも多く、比較的安価または若干の逆有債で調達が可能。
廃ほだ木・廃菌床	廃ほだ木	ほぼ0	◆生産現場からの調達コスト ・基本的に消極的に林地還元されており、調達費はほぼゼロと考えられる。
	廃菌床	ほぼ0	◆生産現場からの調達コスト ・基本的に堆肥原料等として無償提供されており、調達費はほぼゼロと考えられる。
建設廃材	伐採木	3千～3万円程度	◆再資源化施設への処理委託費 ・部位（幹・根株等）や事業者によってコストに差がある。
	解体廃材等	8千～3万円程度	◆再資源化施設への処理委託費 性状（異物混入・付着の有無等）や事業者によってコストに差がある。

備考：「収集コスト」は、次のような考えに基づき試算したものである。  
 <現在収集されていない林地残材や未利用間伐材>現場での集材及び現場から一定の場所への搬出費用  
 <現状である程度一定箇所に集積されているもの>集積先からの調達コスト（購入費用または処理費相当）  
 <廃棄物等として発生者による持ち込みが期待できる資源>廃棄物処理費相当  
 なお、利用に際しては、大半の資源で上表コストに加えて、集積場所から利用場所への運搬コストが必要となる。

（出典）宮崎県木質バイオマス活用ビジョン、平成17年3月



(出典)『新エネルギー産業ビジョン』新エネルギー産業ビジョン検討会,2004.6,p.81に筆者が一部加筆。  
データの原典は『バイオマスエネルギー開発・利用戦略に関する調査研究』経済産業省,2002.12。

図2-1 木質資源の調達コスト (その2)

(出典) 遠藤真弘、木質バイオマスのエネルギー利用—その動向と課題—、国立国会図書館 ISSUE BRIEF NUMBER 510(FEB. 13. 2006)

これらの木質資源を利用する方法の一つにチップ化がある。NPO 法人 全国木材資源リサイクル協会連合会によれば、表2-2に示すように、マテリアルユースのチップ（ボード用）はトンあたり2千～5千円、サーマルユースはトンあたり千円未満であることが多いという調査結果を得ている。一方、環境省のエコ燃料利用推進会議資料においては、木質ペレットの価格がトンあたり2万5千円～6万円であることが示されている。発熱量などの製品の質によってこれだけの価格の違いが生じるので、木質製品の品質や利用方法も木質資源利用システムの経済性を比較するのに欠かせない視点であることが分かる。

表2-2 廃材チップ化製品の価格

用途別(千円/t)		1未満	1～2	2～5	5～7	7～10	10～	回答計
マテリアル	ボード	3	5	12	2	1		23
	製紙	2	4	3	3	9	2	23
サーマル	製紙・売電	31	12	1				44
	セメント	10	2					12

(出典) NPO 法人 全国木材資源リサイクル協会連合会、平成 19 年度木質バイオマス需給調査結果 (<http://www.woodrecycle.gr.jp/h19chousa.html>)

## 2.2 燃料としての経済性

さて、ここまでの議論は木質資源のなかでの議論であったが、エネルギー資源として利用する場合には、化石燃料のエネルギー価格との競争力を確認しておく必要がある。発熱量あたりの価格で比較してみると、表 2-3 に示すように、A 重油が MJ あたり 1.5 円である一方、木質ペレットは MJ あたり 1.5~3.6 円である。細かな品質の違いを無視すれば（ボイラー効率など）、同程度の価格帯になりつつあり、競合の見込みがでてきている状態だといえるだろう。また、BDF は 2.0~2.5 円、軽油と灯油が MJ あたり 2 円代とこちらも同様の状況である。

表 2-3 代表的なバイオ資源起源の燃料価格

種類	価格	備考
BDF	70~90 円/L (2.0~2.5 円/MJ)	BDF 販売事業者等の販売実勢価格より設定（軽油引取税は含まず） 出所：各事業者の公表データ等を集計 参考：軽油価格 2.8 円/MJ（107 円/L、軽油引取税 32.1 円/L を含む）、 灯油価格 2.0 円/MJ（70 円/L）
バイオガス	20 円/m <sup>3</sup> (0.9 円/MJ)	都市ガス原料としての卸売価格（長岡市消化ガス有効利用事業） 出所：月刊地域づくり 195 号（(財)地域活性化センター、2005 年） 掲載データより算出 参考：家庭向け LPG 価格 5.8 円/MJ（290 円/kg）
木質ペレット	25~60 円/kg (1.5~3.6 円/MJ)	2003 年全国実態調査結果における小売価格 出所：ペレットクラブ資料 参考：灯油価格 2.0 円/MJ（70 円/L）、A 重油価格 1.5 円/MJ（60 円/L）

（出典）環境省エコ燃料利用推進会議、第一回資料より

具体的な計算事例をみて、その内容を精査してみよう。製造コストが 2.1 円/MJ（=37.8 円/kg÷18MJ/kg。製造品の販売のための輸送費は含まれていないので、これをトンあたり 1.5 千円として含めた場合には 39.3 円/kg、発熱量あたりでは 2.2 円/MJ となる。）と計算されている事例の経済性評価結果を表 4 に示す。この計算の前提は、木質ペレットの年間生産量は 1,560 トンで、必要な原料の量は 3120 トンであり、製造プラントの建設費用（建屋やストックヤードなどの付帯設備の建設費は含まない）は約 1.5 億である。木質資源は、竹をトンあたり 7,000 円で仕入れることを想定している。また、一般管理費は含まれていないとのことである。

木質資源として間伐材を利用した場合を考えてみる。表 2-1 と図 2-1 でみたように、トンあたり 2.4 万円が調達コストであるので、変動費が倍程度となり、結果としては 2.8 円/MJ となる。また、木質資源の利用にはストックヤードの確保は欠かせないと考えられるので、ストックヤードの建設費用や一般管理費、さらに残渣の処理費用を含めるとすると、MJ あたり 3 円台にはなりそうであり、木質資源の調達先をどことするか、そしてその安定供給をどのように確保するかは、事業の採算性の面から非常に重要になってくるといえるだろう。



表 2-4 木質ペレット製造事業の経済性

	項目	金額(千円)	備考
①	建設投資額 (a)	146,640	(a)=(b)+(c)+(d)
	自己資金 (b)	14,664	
	借入金(c)	58,656	
	補助金(d)	73,320	
②	支出(e)	58,968	(e)=(f)+(g)
	固定費(f)	16,931	
	減価償却費	6,875	①×50%×0.125 (償却期間 8年)
	人件費	9,000	専任者 1名、補助要員 1名
	平均支払利子	1,056	(c)を 3%で借入し 5年で返済する場合
	変動費(g)	42,037	
	竹等購入費	21,840	7,000 円/t × 3,120t
	灯油代	54	1t/h:2L/回
	電気代	11,399	1t/h:349kW
	消耗品代	8,744	これまでの実績から算定
③	収入(h)	62,400	
	ペレット販売費	62,400	40,000 円/t × 1,560t
④	収支(i)	3,432	④=③-②

※1 破砕機のメンテナンス：2,000t/y 製造を想定した場合のメーカー提示額

※2 電気代：負荷率 70%と仮定

(出典) 関東バイオマス発見活用協議会、平成 19 年度関東バイオマス発見・活用促進事業関東地域のバイオマス利活用事例集 (第 1 版)

このように、木質資源起源の燃料の方が割高であることは否めない。このような状況のなかでも、木質資源などのバイオ資源が注目される理由の一つは、将来の価格の見通しであろう。化石燃料の価格が増加していることから、将来的にはバイオ資源の方が価格優位になるとの見方がある。ただしこれまでの実態としては、バイオ燃料の起源となる穀物(小麦、トウモロコシ、大豆等)の価格についていえば、2007 年に入って価格が増加している。OECD による「バイオ燃料支援策に対する経済評価(Economic Assessment of Biofuel Support Policies) (2008)」をみても、2004 年から 2007 年の EU においては、穀物などのバイオ資源の価格上昇の方がガソリン価格の上昇よりも大きかったという結果が示されている。

一方で、バイオ資源は再生資源であり、非再生資源である化石資源よりは資源の面で優遇されるべきであることから、各国は再生資源であるバイオ資源の価格を優遇する政策をとってきている。例えば、表 2-4 に示すように、EU 各国においてはバイオガス由来電力に上乘せ価格を適用している。また、OECD による「バイオ燃料支援策に対する経済評価(Economic Assessment of Biofuel Support Policies) (2008)」によれば、既存のエネルギー政策や US EISA や EU DRE などの新たなエネルギー政策が世界穀物価格を上昇させることに寄与したとの結果が示されている。

日本においても同様な状況であり、平成 20 年のバイオ燃料にかかる税制改正においてバイオ燃料の優遇がされたところである。その認識としては、「バイオ燃料はガソリンに比べ

現時点では割高」、「原料の供給が不安定」、「生産・収集・運搬に係るコストが高い」などで、企業の参入リスクを軽減することやバイオ燃料の安定的・継続的生産に寄与することがねらいとされている（農林水産省大臣官房環境バイオマス政策課資料より）。

表 2-5 EU 各国におけるバイオガス由来電力の買取価格及び上乗せ価格

(価格は 2003 年時点、1 ユーロ=140 円として換算)

国名	バイオガス発電電力の買取価格
ドイツ	発電能力 500kW 未満 : 76.7 ユーロ/MWh (10.7 円/kWh) 発電能力 500kW~5MW : 66.5 ユーロ/MWh (9.3 円/kWh)
ベルギー	市場取引価格+上乗せボーナス+グリーン証書価格 (90 ユーロ/MWh (12.6 円/kWh) 上限)
デンマーク	80 ユーロ/MWh (11.2 円/kWh)
フィンランド	31 ユーロ/MWh (4.3 円/kWh)
フランス	発電能力 2MW 未満: 57.2 ユーロ/MWh (8 円/kWh) 発電能力 2MW 以上: 45 ユーロ/MWh (6.3 円/kWh)+3 ユーロ/MWh (0.4 円/kWh; 効率に応じて上乗せ) 農業由来バイオガス: 46 ユーロ/MWh (6.4 円/kWh)+12 ユーロ/MWh (1.7 円/kWh; 効率に応じて上乗せ)
ギリシャ	大陸部: 60.6 ユーロ/MWh (8.5 円/kWh)+ 1.40 ユーロ/発電能力 kW/月 (196 円/発電能力 kW/月) 島嶼部: 74.9 ユーロ/MWh (10.5 円/kWh)
イギリス	28 ユーロ/MWh (3.9 円/kWh; 市場価格) + 66 ユーロ/MWh (9.2 円/kWh; グリーン証書)
アイルランド	37.65 ユーロ/MWh (5.3 円/kWh)
イタリア	46 ユーロ/MWh (6.4 円/kWh; 市場価格) + 84.2 ユーロ/MWh (11.8 円/kWh; グリーン証書)
オランダ	発電能力 50MW 未満: 68 ユーロ/MWh (9.5 円/kWh) 同 50MW 以上 : 49 ユーロ/MWh (6.9 円/kWh)
ポルトガル	61.984 ユーロ/MWh (8.7 円/kWh)
スペイン	68.575 ユーロ/MWh (9.6 円/kWh)
スウェーデン	24 ユーロ/MWh (市場価格; 3.3 円/kWh) + 10 ユーロ/MWh (発電能力 1.5kW 未満)
オーストリア	発電能力 100kW 未満 : 165 ユーロ/MWh (23.1 円/kWh) 同 100~500 kW : 145 ユーロ/MWh (20.3 円/kWh) 同 500kW~1MW : 125 ユーロ/MWh (17.5 円/kWh) 同 1MW 以上 : 103 ユーロ/MWh (14.4 円/kWh) 埋立ガス 1MW 未満 : 60 ユーロ/MWh (8.4 円/kWh) 埋立ガス 1MW 以上 : 30 ユーロ/MWh (4.2 円/kWh)
ルクセンブルグ	31 ユーロ/MWh (4.3 円/kWh; 市場価格) + 25 ユーロ/MWh (3.5 円/kWh; ボーナス)

出所 : Biogas barometer 2004 (欧州委員会資料)

(出典) 環境省エコ燃料利用推進会議、第二回資料より

以上のように、バイオ資源の調達先とその価格、その品質と製造される製品の品質、加えて、競合する製品等の価格、ならびにその製品の資源価格、さらに、これらの将来動向や政策実施による影響など、様々な要素が絡んでくるため、近年の原油価格等の急増と急落に象徴されるように、将来的な事業性・採算性は先が読みにくいといわざるを得ない。

### 3. 森林バイオマスの事業化シナリオ

#### 3.1 はじめに

近年、原油価格高騰、オイルピーク問題など、石油製品を取り巻く環境は年々深刻化している。また、2008年から京都議定書の第一約束期間に入り、化石燃料由来の二酸化炭素の削減についても、より積極的に進める必要がある。我が国においては持続可能な代替エネルギーとしての天然ガス利用、自動車用としての燃料電池、電気自動車などが進められているが、地域における安定供給、温暖化対策の観点からは、バイオマス利用を推進していくことが有効である。

木質バイオマスのエネルギー利用技術は、技術チームの報告にあるようにガス化、液化、エタノール発酵等の様々な手法が研究・開発されている。このうち木質バイオマス発電は、建設発生木材を中心とした廃棄物系バイオマスを燃料とした施設が稼働し始めているが、最近の急激な木質バイオマス需要増加により原料の調達が厳しくなっていること、小規模施設においても、現状では売電単価が低いことから、熱と電気の両方を自家消費するようなスキームでない限り事業性を確保することが難しい状態にある<sup>1)</sup>。また、近年注目を集めているエタノール事業は、現時点では、原材料が逆有償または少なくとも無償で提供され、廃棄物系バイオマスを燃料とするバイオマスボイラーか、他からの廃熱が豊富に利用できるような条件でなければ成立しない<sup>2)</sup>。つまり、バイオマス利用の事業化にあたっては、転換技術と同時に、薄く広く存在する原料の収集・確保も重要なであり、収集から利用までトータルでシステムを構築できるかどうか事業化の鍵となっている。

そこで、ここでは、事業としてわが国でも複数の実績がある木質ペレット製造事業に着目し、その事業化シナリオを検討する。

#### 3.2 木質ペレット製造事業の概要

##### (1) 我が国における木質ペレットの生産・利用状況

木質ペレットとは、おが屑、プレナ屑、樹皮（バーク）等を圧縮してペレット状に成形した固形木質燃料である。圧縮、固形の過程では、木材自信が持つリグニン等により固まるもので、バインダー（接着剤）等は使用しない。

木質ペレットは石油の代替燃料として、欧州やカナダ等の木材生産が盛んな地域を中心に、製材工程で発生する廃材を固めて熱源として利用され始めた。その後、原油価格の安定により生産量は伸び悩んだが、90年代以降、地球環境問題やエネルギー安全保障を背景に再び増加している。

##### ① 生産量

わが国では、オイルショックの頃に導入され、80年代には年間製造量が約27,000tまで増加したが、その後は減少し、2000年には国内3か所で2,300tが製造されるのみとなった。近年、森林バイオマス利用や温暖化防止の観点から再びその価値が注目を集めており、全木連の資料によると平成19年3月現在、33箇所製造能力は年間25,000t程度である。

## ② 品質

木質ペレットには、おが粉（鋸屑）やプレナ、モルダなどの機械刃物の切削屑のような、木質部のみを原料として成形したホワイトペレットと、樹皮を粉砕して成型したバークペレット、それに林地残材や除・間伐材、製材背板のように樹皮付き丸太を粉砕して用いる全木ペレットがある。平成 18 年度に出された「木質ペレット利用推進対策事業報告書（日本住宅・木材技術センター）」によると、各々の種類の生産量は以下のようになっており、国内ではホワイトペレットが最も多く生産されていることがわかる。

表3-1 ペレット事業所の主な原料と製品種別生産量（平成18年度）

原料	製品種	事業所数	推定生産量	
			t	%
おが粉、プレナ・モルダ屑等	ホワイト	16	17,000	76
樹皮	バーク	3	2,000	9
間伐材、製材背板、支障木等	全木	19	3,500	16
合計		38	22,500	100

※原料・製品種は主体的なもので区分した

※製品種のホワイトは木質部、バークは樹皮、全木は木質と樹皮が混合したものをそれぞれ原木にしたペレットをいう

※生産量はアンケート及び聞き取り調査により推定

（出典）木質ペレット利用推進対策事業報告書（日本住宅・木材技術センター），平成 19 年 3 月

近年は木質ペレットの規格化が進み、形状が均一となり、自動補給も含めて取り扱いやすいこと、含水率が 10%前後でばらつきが少ないこと、燃料としてのかさ密度が高まったことなどから、利便性の高い有望な燃料と考えられる。

## ③ 価格

ペレットの平均販売価格を表 3-2 に示す。1kg 当たりの平均価格は、17 年のストーブ用の小口販売が 37.5 円、大口販売が 33.1 円であったのが、18 年には 46.6 円に、またボイラ用では 17 年の 30 円が 38.0 円にそれぞれ上昇している。この価格上昇は、化石燃料の高騰に連動したものと説明されている。

表 3-2 ペレットの平均販売価格

（単位：円/kg）

区分	ストーブ用		ボイラ用	備考
	小口	大口		
17 年次	37.5	33.1	30.0	価格は事業所渡し（配送料別）
18 年次	46.6 <43.6>	45.0 <38.1>	38.0 <36.2>	

注 18年度の<>は加重平均の価格

（出典）木質ペレット利用推進対策事業報告書（日本住宅・木材技術センター），平成 19 年 3 月

### （2）木質ペレット製造プロセス

木質ペレットの製造工程を以下に示す。実際のシステム設計では、メーカーの実績とノウハウにより原料や建設地の状況等を加味して決定される。

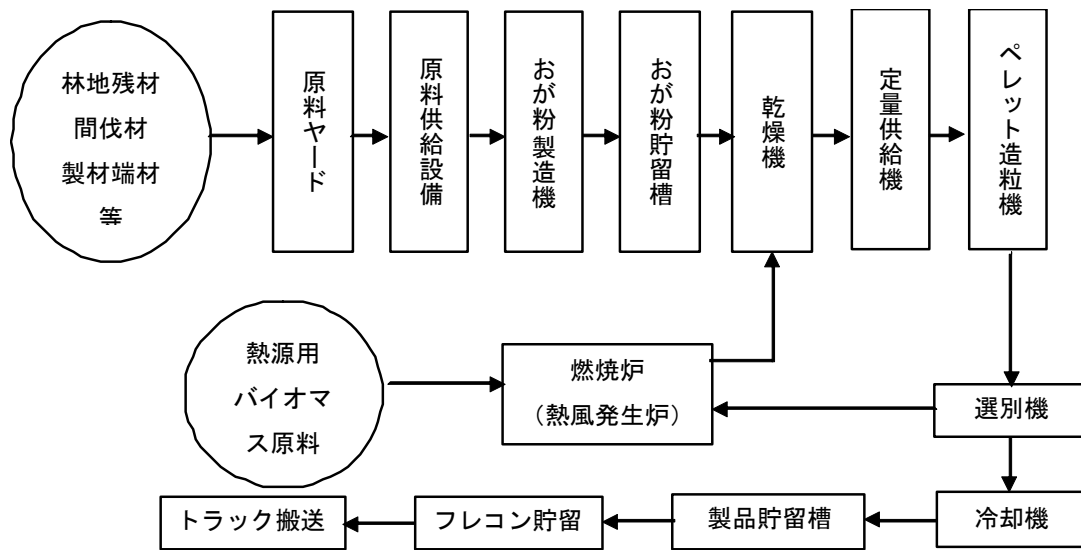


図3-1 木質ペレット生産工程の例

原料は、乾燥熱源を節約するため、事前の自然乾燥が有効である。また、ペレットの品質や機械（主に消耗品）の寿命に影響を及ぼすため、可能な限り土砂や金属を除去することが必要である。破碎機には、原木から一度におが粉まで粉碎するものと、一次破碎（チップ化）してから二次破碎（粉碎）するものがある。原木の破碎機は口径が決まっており、曲がりや枝条があると投入できないので注意が必要である。

乾燥工程では、ペレットの成型に適した10～13%程度まで水分を減少させる。乾燥機は、ロータリーキルン式、気流式、バッチ式等がある。熱源としては灯油を使用しているケースもあるが、LCAの観点から本検討ではバイオマスを原料とする方式が有効である。メーカーヒアリングによると、熱源としてのバイオマスは原料の1～2割であるが、乾燥させるための熱風は乾いている必要がある（湿った熱風を送っても、加熱されるだけで乾燥しない）ことから、余熱や自然乾燥により一定以下まで水分を乾燥させたバイオマス燃料を使用する必要がある。

成型工程では、乾燥させたおが屑を投入し、プレス機により成型機の穴から押し出す方式で圧縮成型する。乾燥おが粉を熱すると、木質中のリグニン成分が溶け出して接着剤の役割を果たすため、バインダーを加える必要はない。リグニンの溶融温度は水分によって異なり、スギなどの針葉樹では水分が13%のときに120～130℃で溶解するが、水分が低いと高温にならないと融解しない。したがって、乾燥しすぎても成型できないため、成型工程の手前で水分13%程度に調湿を行う。

ペレタイザーにはリングダイ方式とフラットダイ方式があり、量産するにはリングダイ方式の方が適しているとされている。成型されたペレットは熱をもち、結露によって水滴が発生するとペレットの品質低下の原因となるため、クーラーにより強制的に冷却し品質を保つ。

### (3) 木質ペレット製造事業の課題

木質バイオマス事業は、全国的に建築廃材・製材残材などの木質廃棄物の利活用が進んでいる状況にある。しかしながら、特に林地残材などの未利用バイオマスについては収集運搬コストが高いことや安定供給が困難であることなどから、まだ商業レベルで事業化が進みにくい状況にある。

木質ペレット製造事業を進めるにあたって、以下のような課題がある。

#### ①原料の調達

- 製材残材は、国産材の製材工場が少ないこと、近年の化石燃料価格の高騰に伴い製材所で乾燥用熱源として利用されることから、木質ペレット原料として利用できるものがほとんど残っていない
- 未利用間伐材等の林地残材については、搬出・輸送コストが高い。収集運搬コストの引き下げのための基盤整備が不可欠
- 原料となる間伐材は製材用素材の搬出と同時に搬出することにより低コスト化を図る必要があるが、木材生産を行う山側では人材の不足、高齢化が進み、森林資源や森林バイオマスを需要者に供給するシステムが崩壊してしまったところも多い
- 原料の大半が林地残材であり、長さや大きさが不揃いな原料が多くなり、集材や積載等にかかるコストが大きくなる

#### ②製造・販売

- 原料の形態が不揃いで含水率にもばらつきがあるため、これらに対応するための設備投資やランニングコストが高い
- チップ等の原料との競合があり、これらと均衡のとれた原料価格となる。この結果、製造コストが高くなる
- 木質ペレットの有効性（エネルギー自給、CO2削減、森林の適正管理等）に対する理解が進まず、需要が増加しない（流通体制が整備されにくい）

#### ③利用

- ランニングコストベースでは原油高の影響もあって重油、灯油等と比較して競争力が出てきていると考えられるが、機器設置費用は相変わらず高額なままである。
- ペレットストーブ・ボイラーには、使い勝手やメンテナンスなどの面で、技術開発的な余地がある

#### ④その他

- 収集や破碎、燃焼等の利用工程において、法令上の規制が多く利活用が進まない。環境法令との調整が課題となっている。
- 林地残材を燃料として購入する場合、林地残材が産廃物として取り扱われるかどうかについて、現状では県による総合判断とされており、基準がない

### 3.3 木質ペレットの事業化事例

ここでは、木質ペレット製造事業の課題対し、地域システムとしての構築・定着を試みている事例を示す。

(1) 高知県梼原町

梼原町は高知県北西部に位置し人口4,333人（平成17年4月）、総面積23,651haのうち林野面積が21,425haと、総面積の91%を占める林業の町である。梼原町の林業は21～50年生が91%と間伐材が多く、人工林率74%（連年成長量約13万m<sup>3</sup>）であり、梼原町森林組合はFSC森林認証を森林組合としては日本最初に2000年に取得している。

矢崎総業(株)は、南四国部品(株)として自動車部品を製造しているなど、梼原町とは縁があった。また、1970年からガス・油を燃料とする冷暖房機「アロエース」を生産し高効率化してきたが、時代の要求は更なるCO<sub>2</sub>の抑制を求めている。そこで梼原町と矢崎総業が連携し、高知県の支援を受けて森林整備の際にでる間伐材及び製材所の端材などの未利用材をペレット化し燃料として活用することで森林資源の循環利用を図り、森林整備及び保全とCO<sub>2</sub>の削減、及び梼原町の林業の活性化を図る事業を進めることとなった。



図3-2 木質バイオマス地域循環利用事業の概要

(出典) 矢崎総業(株) (関東バイオマス発見活用促進事業 群馬県バイオマス発見活用セミナー (2007.1.23))

第3セクターのゆすはらペレット(株)は、梼原町、矢崎総業(株)、森林組合の出資により2007年5月に設立、2008年4月に竣工した。ペレット原料は製材所端材1,800t、山土場残材720t、林地残材1,080tの計3,600tである。これからペレット製品1,800t/年(1t/h)を製造する。

本事業のポイントは、木質ペレット焚アロエースシステム(吸収式冷温水器)を開発・商品化し、冷暖房で年間を通してペレットの消費を可能としたことにある。これにより、安定的なペレット需要が期待でき、ペレット製造施設の稼働率が高まるため、製造コストの低減にも寄与している。

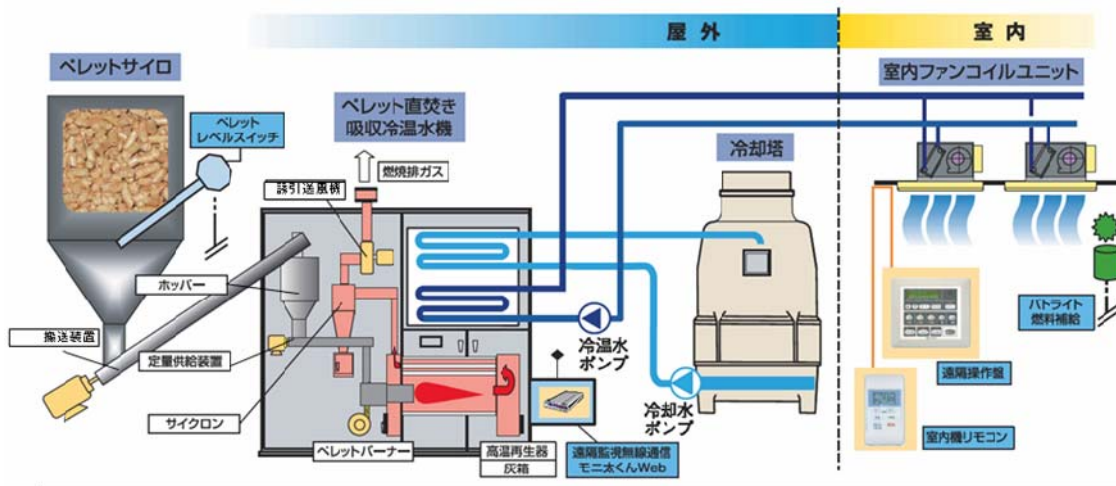


図 3-3 木質ペレット焚冷暖房システムの概要

(出典) 矢崎総業(株)(関東バイオマス発見活用促進事業 群馬県バイオマス発見活用セミナー(2007.1.23))

## (2) 長野県飯田市

長野県飯田市は、面積 658.76ha 森林面積 555.16ha、林野率84%、総人口10万7千人の中山間地域であり、安定的かつ持続可能な地域経営を行う「文化経済自立都市」をめざしている。2004年の新エネルギー省エネルギー地域計画を制定し、太陽光発電、太陽熱利用と合わせて薪や木質ペレットを燃料とするストーブやボイラーの普及を掲げ、2010年までに薪・ペレットストーブを全世帯の30%に普及することを目標としているところである<sup>3)</sup>。

森林バイオマスに関しては、木材生産者と木材利用関連事業者、家づくりグループ、飯伊森林組合が「南信州きづかいネットワーク」を設立。さらに地域の木材業、建設業者等に行政も加わりながら「木質ペレット製造のための事業協働組合」を立ち上げ、木質資源の地域内循環を進めている。具体的には、地元民間企業5社による「南信バイオマス協同組合」が木質ペレットを製造し、普及啓発効果や環境学習効果が高い公共施設や小中学校・保育園を中心にペレットストーブ・ペレットボイラーを導入することで木質ペレットの消費を促している。

木質ペレットの燃焼機器は、ランニングコストの面では化石燃料の高騰により概ね同等、又は燃料費の軽減になるケースも出てきた一方、化石燃料を使用する機器に比べて本体価格が高い(ストーブで1.3倍といわれている)ことから、導入コストの負担が大きい。そこで、飯田市市では木質ペレット普及促進のため、ストーブ等を設置する際に助成金の支給(飯田市森のエネルギー推進事業)を行っている。2008年3月末現在、市内の小中学校や公共施設などに、ストーブ74台、ボイラー3基が導入されている。このうち、温泉施設「かぐらの湯」に設置された給湯用ボイラーは、暖房用とは異なり一年を通して稼働するため、木質ペレットの生産と利用の安定化が期待されている。

飯田市の木質ペレットの利用は、未利用資源の活用だけに留まらず、木質ペレットを燃料とする機器を導入した施設の利用が環境負荷軽減にもつながり、地域の間伐材等を原料とした木質ペレットを地域で消費する“エネルギーの域産域消”に寄与するとしている。



今後は、需給拡大について市と木質ペレット生産施設が連携し、意見交換などを通じて販売戦略に取り組み、有効活用と販路拡大することを目指している<sup>4)</sup>。

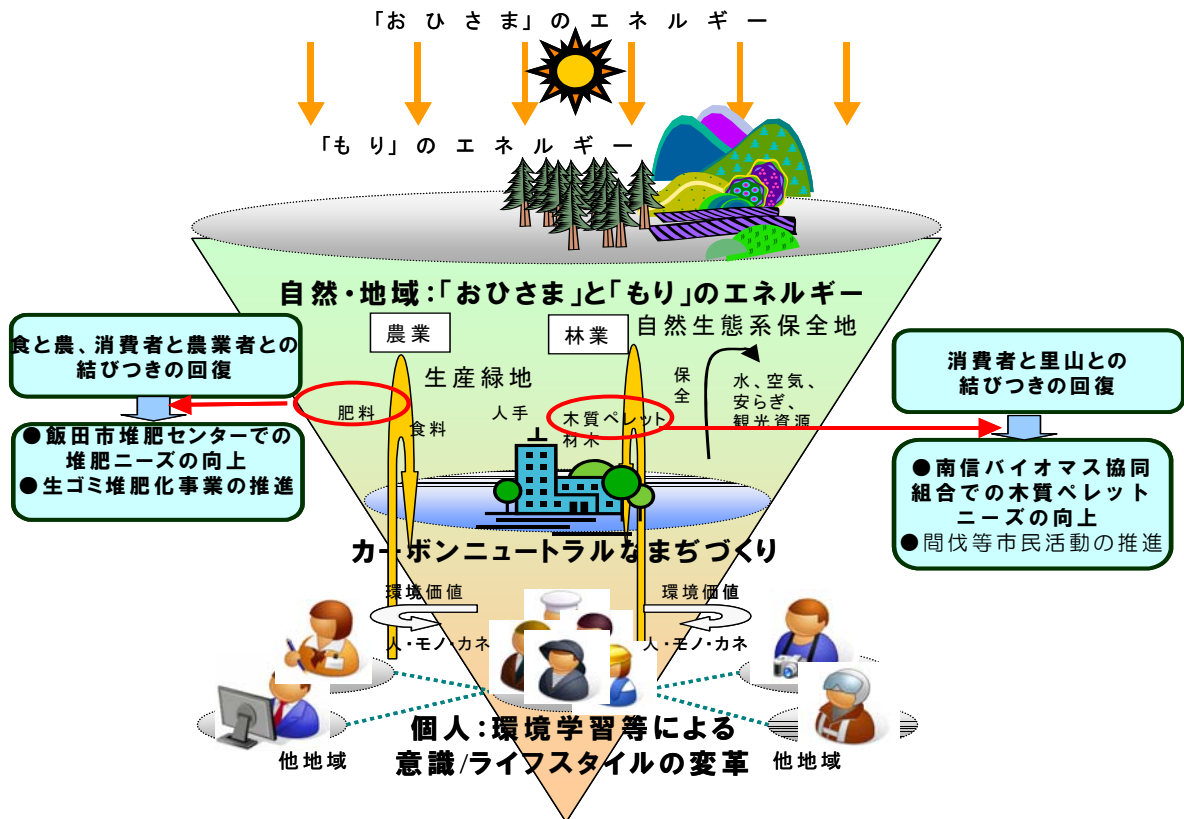


図 3-3 飯田モデルの構造

(出典) : 飯田市資料

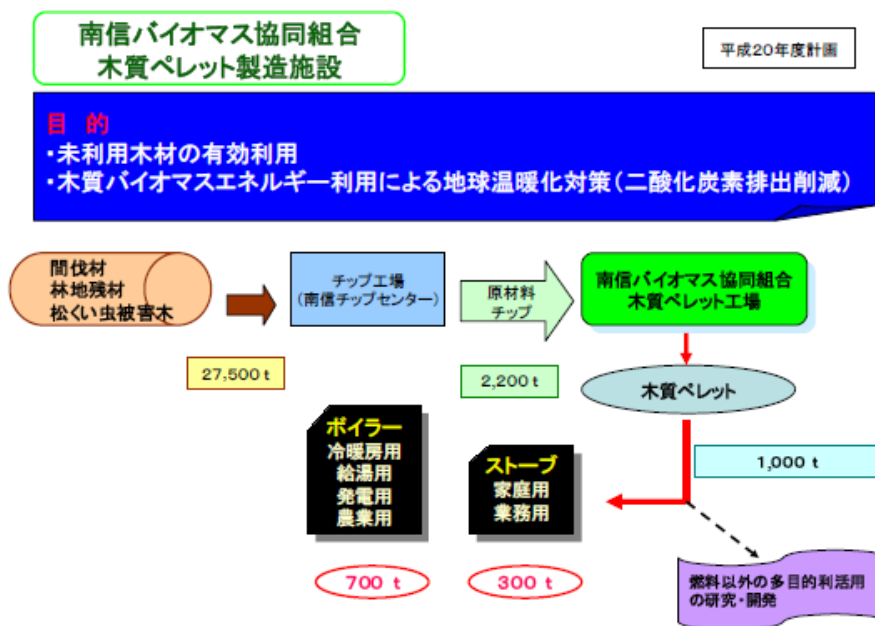


図 3-4 南信バイオマス協同組合 木質ペレット製造施設の概要

(出典) 飯田市、平成17年度関東バイオマスシンポジウム 飯田市講演資料

### (3) 山口県

山口県では、森林バイオマスの供給からエネルギー利用に至る一貫した利用システムを構築し、CO<sub>2</sub>の吸収源となる森林の整備や地域資源の循環利用、新たな産業や雇用の創出などを図るため、平成13年度に“やまぐち森林バイオマスエネルギープラン”を策定し、地域全体で構築するための技術開発、実証等の取組を展開している。2005年度から5カ年で取り組んでいるNEDOのバイオマスエネルギー地域システム化実験事業では、これらをベースとして、川上から川下まで一貫した総合的複合型の森林バイオマスエネルギー活用システムを構築し、エネルギー地産地消社会システムの確立による、地域の活性化や地球温暖化防止への貢献を目的としている<sup>5)</sup>。

システムは、①森林バイオマスの低コスト収集運搬システム、②ガス化コージェネレーションによる中山間地域電熱供給システム、③木質ペレット燃料製造・流通システム、④小型ペレットボイラーによる分散型熱利用システム、⑤集中型ペレットボイラーによる地域冷暖房システム、⑦既設火力発電所での石炭混焼システムの8つから構成される。これらを総合的に展開することで、年間13,700tの森林バイオマスを利用し、CO<sub>2</sub>削減量8,170t（原油換算で3,118kL）の規模のトータルシステムを成立させることを目標としている。



図3-6 総合的複合型森林バイオマスエネルギー地産地消社会システム

(出典) バイオマスエネルギー等実証事業成果報告会山口県資料

森林バイオマス低コスト収集運搬システムでは、市販機材による低コスト収集運搬システムの構築と同時に、新たなバイオマス収集専用機材を使用しての効率性や作業性を重視した作業仕組みの検討を行っている。また、木質ペレットの製造システムでエネルギー生産

効率の向上と経済性の向上を図るとともに、流通システムでは個別需要場所へのトラック輸送による輸送効率の向上を図り、輸送に伴う炭酸ガス排出量を削減を目指している。

製造された木質ペレットは、【小型ペレット・ボイラーによる分散型熱利用システム】、【集中型ペレット・ボイラーによる地域冷暖房システム】、【大・中規模ペレット・ボイラーによる公共施設冷暖房・熱利用システム】の3つのシステムでの利用を実験している。

【小型ペレット・ボイラーによる分散型熱利用システム】は、一般住宅の給湯需要等に対応する小型ペレット・ボイラーの利用技術であり、小型で高効率な小型ペレット・ボイラーを開発・試作して、基本性能の評価・確認を行っている。

【集中型ペレット・ボイラーによる地域冷暖房システム】は、戸建住宅・集合住宅からなる地域に暖房・冷房・給湯の熱需要にセントラル方式で熱供給を行う木質ペレット燃料を熱源とするミニ地域冷暖房技術である。これまで類例がないバイオマス燃料による冷暖房・給湯を行う地域熱供給プラントをモデル的に導入し、需要側の熱量データ測定や利用者へのインタビュー調査を行って、システム運用の適正化を図り、今後の地域開発や集合住宅などのミニ地域冷暖房システムの普及性を向上させることを目的としている。

【大・中型ペレット・ボイラーによる公共施設冷暖房・熱利用システム】は、さまざまな施設用途としている公共施設5ヶ所に対し、大・中規模ペレット・ボイラーをモデル的に導入する熱利用技術であり、我が国における今後の公共施設等への大・中規模ペレット・ボイラーシステムの適切な導入方法を構築することを目的としている<sup>6)</sup>。

本事業は2010年3月まで継続される。原料収集からエネルギーの最終利用までの課題を抽出・解決策を検討し、今後の木質ペレットシステムのモデルとなることが期待される。

### 3.4 木質ペレット事業化を進めるための方策

前節で紹介した事例を整理すると、森林バイオマスの利用を促進するために以下のような点が重要であると考えられる。

まず、低コストで安定的な原料バイオマスをどのように確保するかという点である。山口県の実験事業では特出されていないが、橋原町や飯田市の事例では森林の保全や林業と合わせて森林バイオマスの利用を進めることを掲げている。森林バイオマスを利用するためには、森林の整備や木材生産の振興と一体的に進めることが有効であると考えられ、路網の整備や施業の集団化など、国内林業そのものを振興していくことが必要である。そして、林業振興の結果として山から下りてくる木質材料を、質のよいものから効率的に使い尽くすカスケード利用のシステムを確立することも重要である。これに加えて、伐倒から収集、輸送、破碎にいたる全システムの改善と、使用する機械類の性能の向上を行うことによる森林バイオマスの生産コストの引き下げが必要である。

こうした森林バイオマスの供給コストの削減と同時に、需要の拡大が重要である。前節の事例に示したように、ペレットボイラー・ストーブの普及拡大に加え、冷暖房システムの導入により年間を通した木質ペレットの需要を創出することなどが求められる。また、ハウス栽培農家での木質ペレット焚き加温機の普及促進も有効である。このことにより、木質ペレットの需要拡大とCO<sub>2</sub>削減だけでなく、輸入重油に依存しない農業システムを構築すること

で、原油価格の変動に左右されない安定した農業運営を行うことにもつながる。

近年の重油高騰で追い風となっていた森林バイオマスエネルギー利用であるが、10月、11月は再び価格水準が下がり、森林バイオマス事業の安定化には結びついていない。森林バイオマス事業を地域に定着させるためには、少しずつでもエネルギー構造を自給型に転換することに加え、低炭素社会づくりに貢献する木質バイオマスを活用した、環境と経済が好循環する仕組みづくりが必要である。

我が国・地域においては、このための資金をいかに確保するかがカギとなっている。最近頻繁に耳にするようになったCO<sub>2</sub>クレジット・カーボンオフセットなどの経済的手法に加え、学校教育での環境学習を通して地球環境に負荷の少ないライフスタイルを定着させていくことなどが必要であると考えられる

#### 参考文献

- 1) 関東バイオマス発見活用協議会、平成19年度関東バイオマス発見・活用促進事業関東地域のバイオマス利活用事例集（第1版）
- 2) 県内木質系、草本系バイオマスを用いたガソリン添加用エタノールの製造事業及び木質バイオマスを用いたペレット製造に関する事業可能性調査事業報告書、JA宮崎経済連 2008.3
- 3) 飯田市環境モデル都市提案書
- 4) 関東農政局ホームページ 関東地域の農政推進地域情報（平成20年8月）「木質ペレットで“エネルギーの地産地消”」
- 5) FOCUS NEDO 第22号 2006.3.20発行
- 6) 平成18年度成果報告書 バイオマス等未活用エネルギー実証試験事業・同事業調査／バイオマス等未活用エネルギー実証試験事業／山口県における森林バイオマスのガス化・改質及びガスエンジンコージェネレーションシステムの実証試験事業

## 4. 木質系資源循環を取り巻く背景と将来への課題

### 4.1 はじめに

木質系資源循環のあり方の議論は、第二次循環型社会形成推進基本計画において強調されている低炭素社会、自然共生社会との統合的な取組の方向性を議論することに他ならない。社会経済システムにおける狭義の資源循環システムにスコープを当てれば、未利用の間伐材や林地残材、製材・加工工程からの屑（製材残材等）、利用後の解体木屑（建設発生木材）などの廃棄物等の循環資源をどのように利活用していくかという問題になるが、広義で捉えれば、自然環境における炭素サイクルの下で木質資源をどのように長期的に成長させ自然共生型の持続可能な利活用を図っていくか、という問題として理解することができる。

本リサイクルシステム研究部会における調査研究は、従来は前者の狭義のシステムについて扱ってきた。しかし、長期的なスパンで考えれば、木質系資源を供給する林業や利用する製品需要の動向が、循環資源の発生にも影響してくることは明らかである。

そのような意味からも、木質系資源循環のあり方を論じる場合には、長期的スパンで森林に賦存する状態から、伐採・搬出・製材・加工・消費・循環的利用に至る全ライフサイクルで様々な課題を把握し、分析することが有用である。

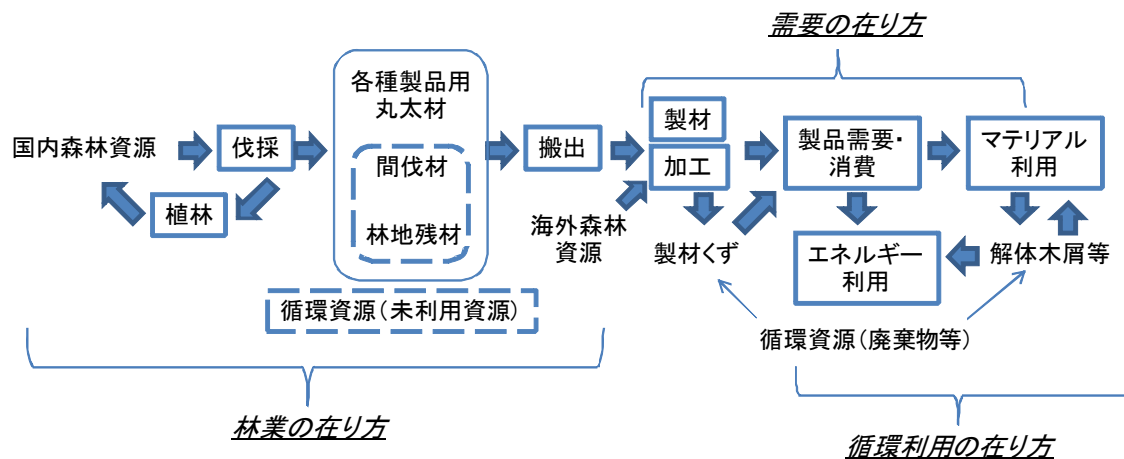


図4-1 木質系資源のライフサイクルと課題整理の範囲分け

そこで本稿では、木質系資源を取り巻く背景と課題を整理する上で、上図のように木質系資源のライフサイクルに沿って三つの範囲に分けた。すなわち、まず資源利用の最初の推進力としての需要システム、つぎに需要を満たすための供給側である林業システム、最後にそれらの需給システムから生成する循環資源の利用システム、の三つの範囲に分けて将来のあり方を論じ、それに向けての現状と課題を整理する。

### 4.2 需要システム

#### (1) 将来のあり方

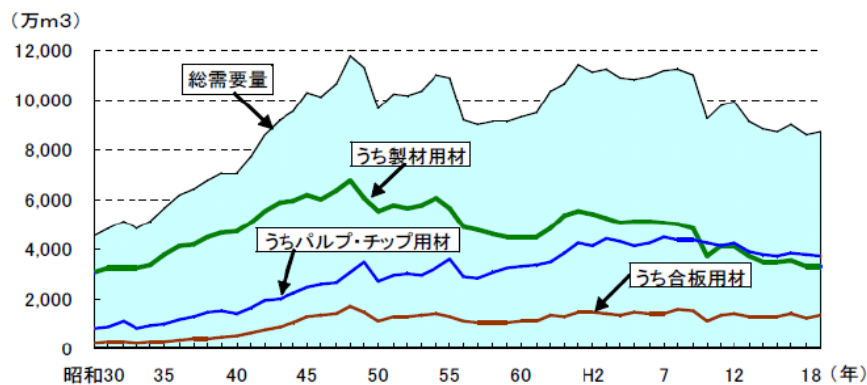
低炭素化社会づくりの観点からは、化石資源由来の各種製品を木質系資源で代替してい

くことが望まれる。特に、長寿命の建築物や家具等の耐久製品については、炭素のストックとして評価される可能性が高いことから、木造化の推進が期待される所であり、特に建築物については、低層住宅の木造化が注目を浴びている。製紙については、古紙利用率は極めて高水準であるが、紙製品に求められる品質、および持続可能な森林管理を前提とした場合に、ヴァージン材とリサイクル材の両者からの製品製造にかかる環境負荷のLCA的評価をもとに、両者の利活用のバランスを図っていくべきである。

化石資源代替のためのエネルギー利用については、未利用資源、廃棄物等の循環資源が主になるため、4.4で述べる。

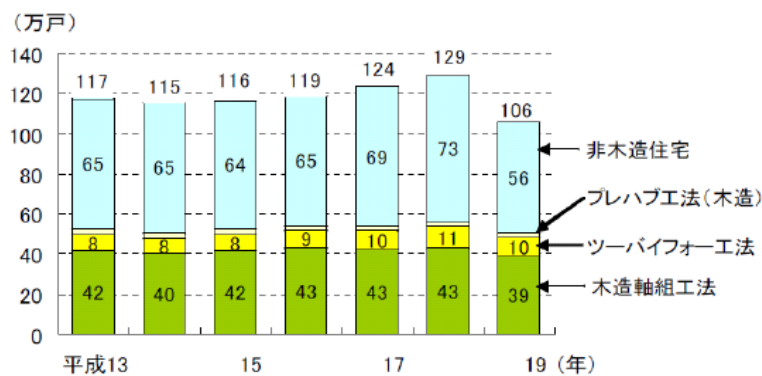
## (2) 現状と課題

日本の木材需要は、2002年以降9千万立米を下回る状況になっており、これは製材需要の減少を反映している(図4-2参照)。需要増大の鍵は、木材製品の普及であり、特に住宅の木造化への期待は大きい。国土交通省の資料によると、毎年100万戸以上の新設住宅着工があり、ほぼ半分が木造住宅となっている(図4-3)。非木造住宅には中高層の集合住宅が含まれ、戸数ベースで半分程度なので、人口ベースでは新規居住の際に非木造住宅を選択する割合が高い現状である。



資料：農林水産省「木材需給表」

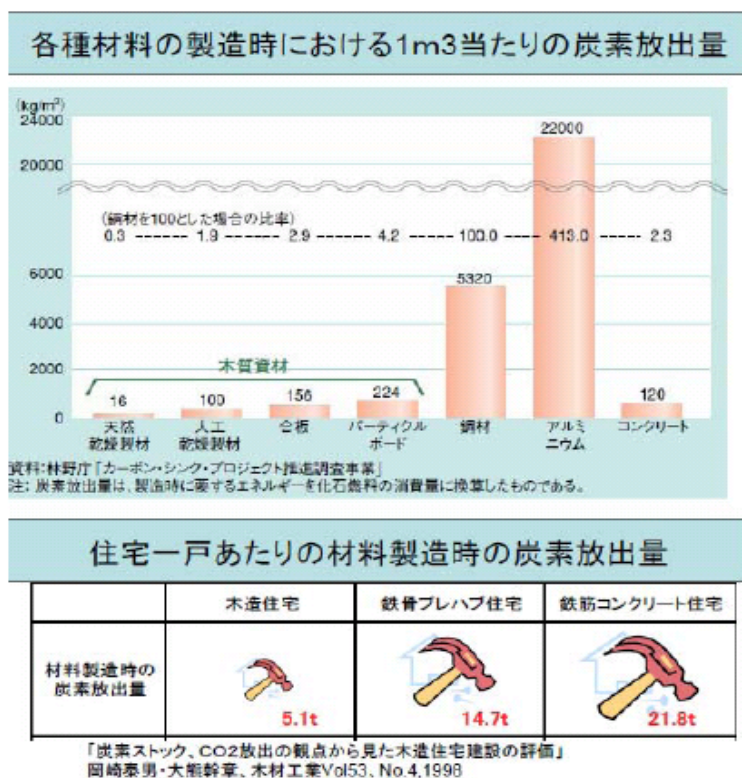
図4-2 木質系資源の需要量の推移



資料：国土交通省「住宅着工統計」

図4-3 新設住宅着工の内訳と推移

しかし、内閣府の世論調査によれば、国民の意向としては 8 割以上が木造住宅への意識が強いことが報告されている<sup>1)</sup>。また、環境的に言っても、鉄やアルミニウムと比べ、材料製造時の炭素放出量が少ない省エネルギー材料であり、住宅 1 戸当たりの材料製造時の炭素放出量は鉄骨プレハブ住宅より格段に低い（図 4-4 参照）。



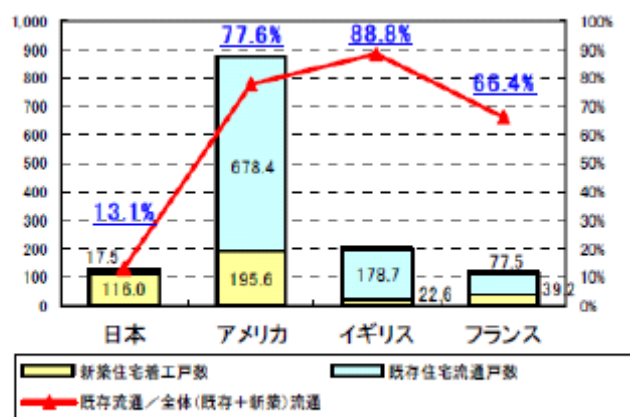
(出典) 林野庁

図 4-4 各種材料製造における炭素放出量の比較

以上のような木造住宅の特長や国民の木造住宅に対する意識から、国でも住宅の木造化を政策的に後押しする取組を進めている。国土交通省では、地域木材住宅市場活性化推進事業（2008-2010）において木造住宅市場活性化に資する事業を公募し、採択案件に対して一部補助を行っている。また農林水産省では、木材利用拡大行動計画「～木を使おう行動計画～」を 2003 年に策定し、公共部門が先導役として木材利用拡大を図ることとした。都道府県においては、各種の木造建設促進のための経済的支援策に取り組んでおり、35 府県では低利融資、利子補給、補助金による支援がなされている。補助金については、一戸につき数十万円程度の助成額となっている（全国木材組合連合会、2003 年時点）。また、複数の道県等で公共施設に対する木造化の推進基準を定めている。

将来の木材需要拡大においても、住宅木造化が大きなキーポイントの一つになると考えられるが、一方で住宅の長寿命化の動向を注視すべきである。福田前首相が 2007 年 10 月に所信表明演説の中で触れたいわゆる「200 年住宅」は、これまでの大量生産・大量消費によるフロー型社会から、資源消費抑制を図り資源を有効に活用していくストック型社会へ

の転換、すなわち循環型社会への転換を象徴するものとなった。しかし、長寿命化への動きは将来に普及定着するだろうか。現状では、日本の住宅流通市場は新築が中心であり、中古住宅は全体の 1 割程度である。この傾向は、住宅寿命の長い他の先進国（住宅寿命：アメリカ 44 年、イギリス 75 年、日本 26 年）が中古住宅流通の割合のほうが高いことに比べて対照的である（図 4-5 参照）。



(出典) 国土交通省

図 4-5 住宅流通市場の先進国間比較

それには様々な理由が考えられるが、いずれにしても、長寿命化によって木材需要は逆に減少し、日本経済にマイナスの影響をもたらす可能性も考えなければならない。しかし一方で、リフォーム、メンテナンスが住宅産業への投資に貢献する可能性もあり、現に各国の民間住宅投資額を対 GDP 比で見るとリフォーム、メンテナンスをコア事業としている欧米諸国における投資は日本に比較しても遜色ない。木材需要の観点から、リフォーム、メンテナンスに要する木材資源量についての考察が今後必要であろう。

### 4.3 林業システム

#### (1) 将来のあり方

需要に応えるための国内林業システムの整備が何をもっても急務である。炭素吸収源としての機能や、生態系の保全、防災等の機能を最大限発揮するため森林管理手法を確立し、持続可能な林業システムを形成していくべきである。

そのためには、国産材の需要拡大と機械化、大規模化された近代的技術に裏付けされた経済性の確保、林業を担う人材の育成・確保、所有者と管理者の関係適正化と企業経営化、資金調達システムの確立など、社会経済的な基盤づくりがなされなければならない。

#### (2) 現状と課題

日本の林業が供給する木材資源は、これまで減少の一途をたどってきた。品質や価格面の競争力が国産材は弱く、輸入材の割合は年々増加し、国産材の自給率は停滞したままである。また、輸入材についても丸太から加工された製品での輸入が多くなり、国内の製材



産業も低迷している（図 4-6 参照）。

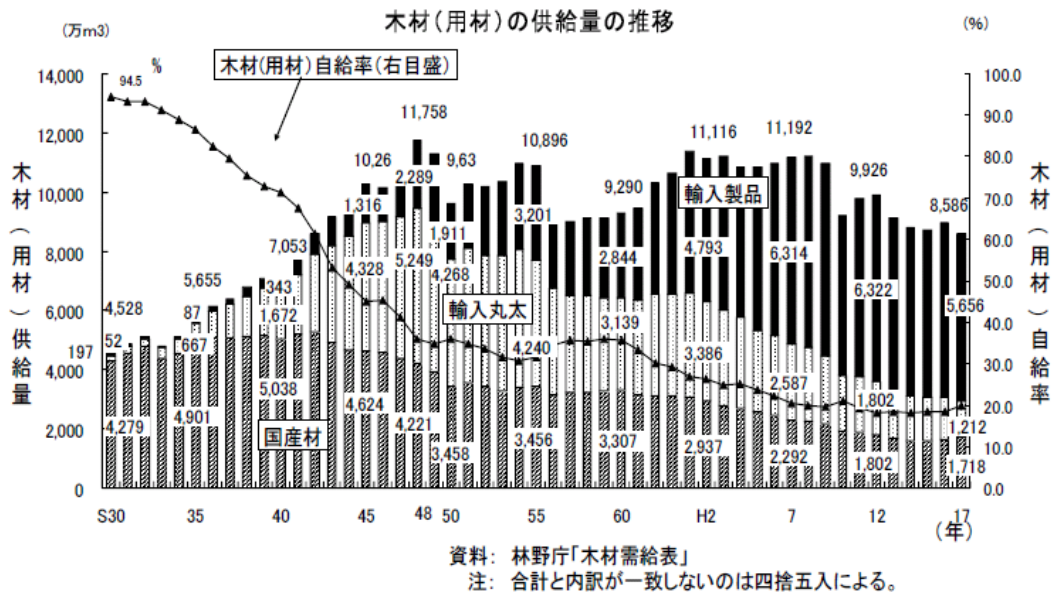


図 4-6 木材（用材）の供給量の推移

さらに、国産材の用途別の供給量の推移を細かく見ると、製材用材、パルプ・チップ材、合板用材のいずれも減少しているが、特にパルプ・チップ用材の減少幅が大きい。これには、国内の古紙利用率の向上も影響していると考えられる（図 4-7 参照）。

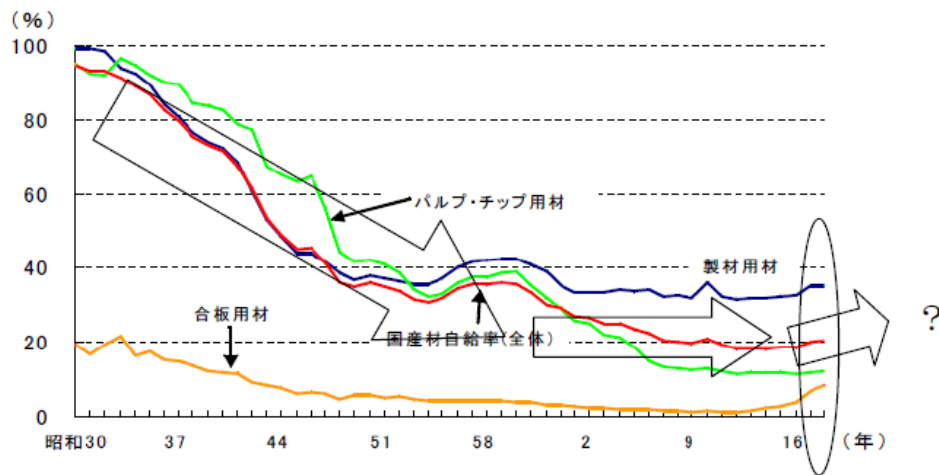
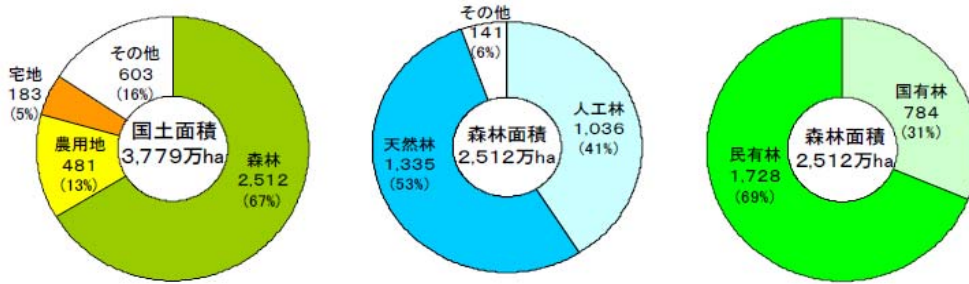


図 4-7 国産材供給量の用途別推移と自給率の推移

しかし、旺盛な新興国における資源需要やロシア材の輸入減少に伴い、輸入材の価格は上昇しており、国産材の供給拡大への期待が高まっており、自給率も若干ながら上昇しつつある。

○ 国土面積と森林面積    ○ 人工林・天然林別面積    ○ 国有林・民有林別面積



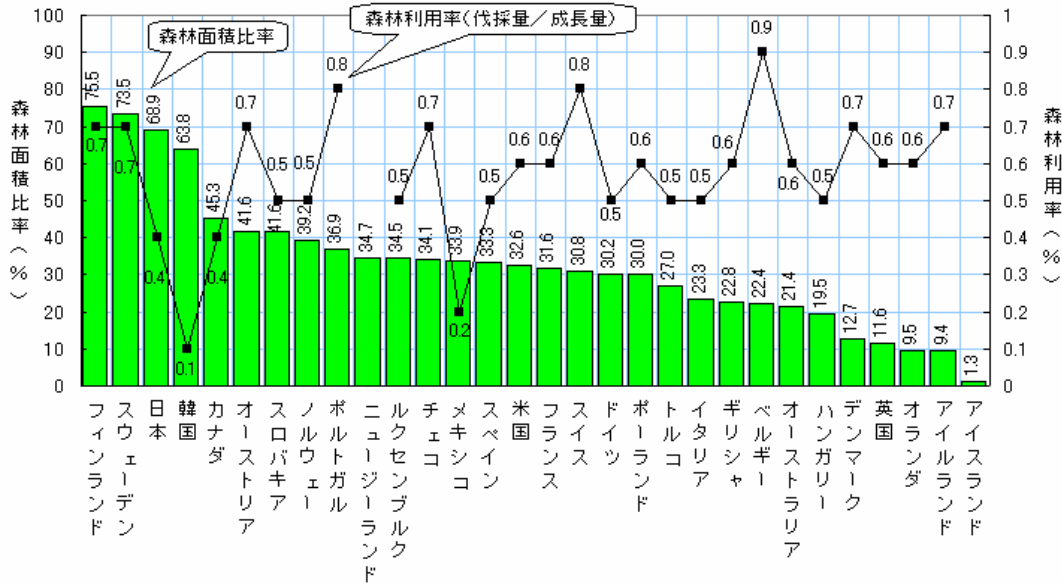
資料:「平成16年度土地の動向に関する年次報告」  
「林野庁業務資料」(平成14年3月31日現在)

図4-8 日本の森林資源の現状

さて、上述のような国産材供給を支える日本の林業の基盤は、当然のことながら国内の森林資源である。日本は国土面積の67%を森林が占めており、世界でも森林率の高い国である。人工林が4割を占め、国有林と民有林の割合は3:7である(図4-8参照)

このように豊富な森林資源に恵まれながら、先に述べたとおり国産材の供給量は減少し続け、森林利用率(伐採量/成長量)は他の先進諸国に比較して高くない(図4-9参照)。

OECD諸国の森林面積比率と森林利用率



(資料)OECD Environmental Data Compendium.(2004年12月現在データ)

図4-9 OECD諸国の森林面積比率と森林利用率

○ 齢級別人工林面積の現状と今後

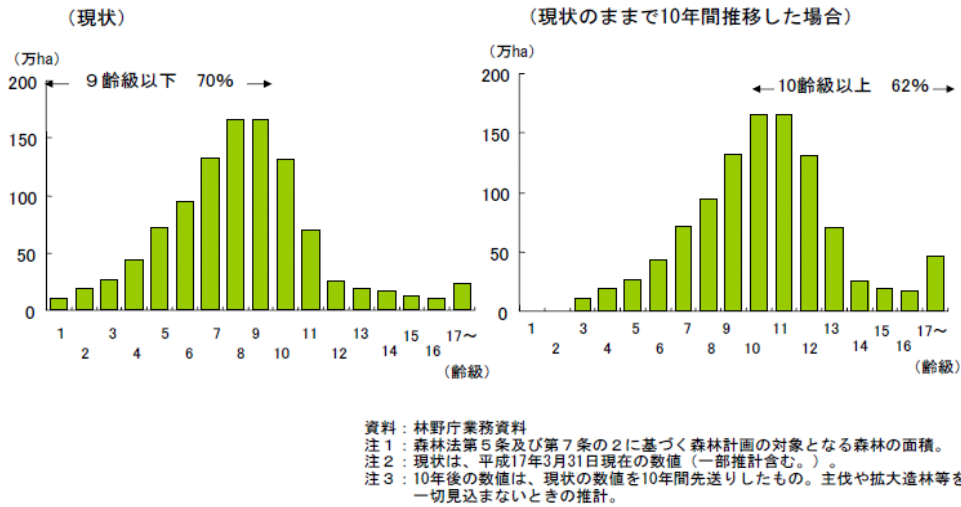
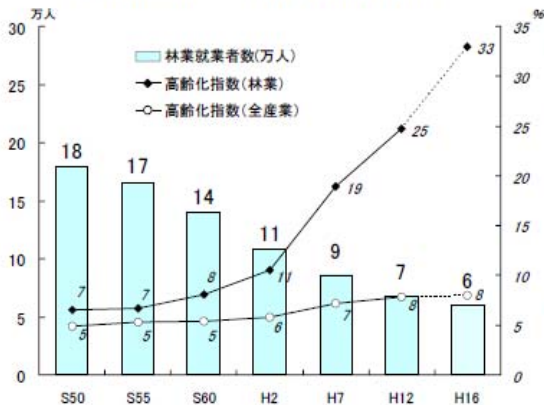


図4-10 日本の齢級別人工林面積の現状と将来

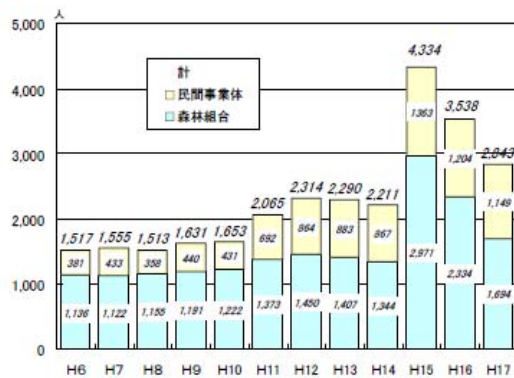
したがって、国内の森林資源をいかに有効に利活用していくかが大きな課題である。将来の持続可能な森林管理の姿を明確に描くことが必要であるが、その際、日本の人工林が戦後の積極的な人工林造成により未だ若齢級の森林が多く、現在育成段階であり、10年後以降では利用可能な高齢級の森林資源が急激に拡大することも念頭におき、戦略づくりを行うことが必要である（図4-10参照）。

○ 林業就業者数及び高齢化の推移



資料：総務省「国勢調査」(H16以外)、  
 総務省「労働力調査」(H16)  
 注：高齢化指数は65歳以上の割合

○ 林業の新規就業者数の推移



資料：林野庁業務資料

図4-11 日本の林業就業者数の推移

しかし一方では、林業を支える人的資源の育成・確保は深刻な問題である。林業就業者数の減少とともに高齢化が進んでいる。林業への新規就業者数は若干増加の兆しをみせて

いるが、国レベルでの緊急的な対応が必要なことに変わりはない（図 4-11 参照）。

競争力のある林業の基盤づくりには、効率的で高度な技術システムの普及も必須である。日本は他の先進国に比較して林内路網密度が低く、効率的な伐採及び伐採材の搬出が非効率になっている。急峻な地形であることも影響しているが、早急に路網整備を図り、高性能な林業機械の導入により作業システムの改善を図り（図 4-12 参照）、林業生産コストの低減を一層図る必要がある。

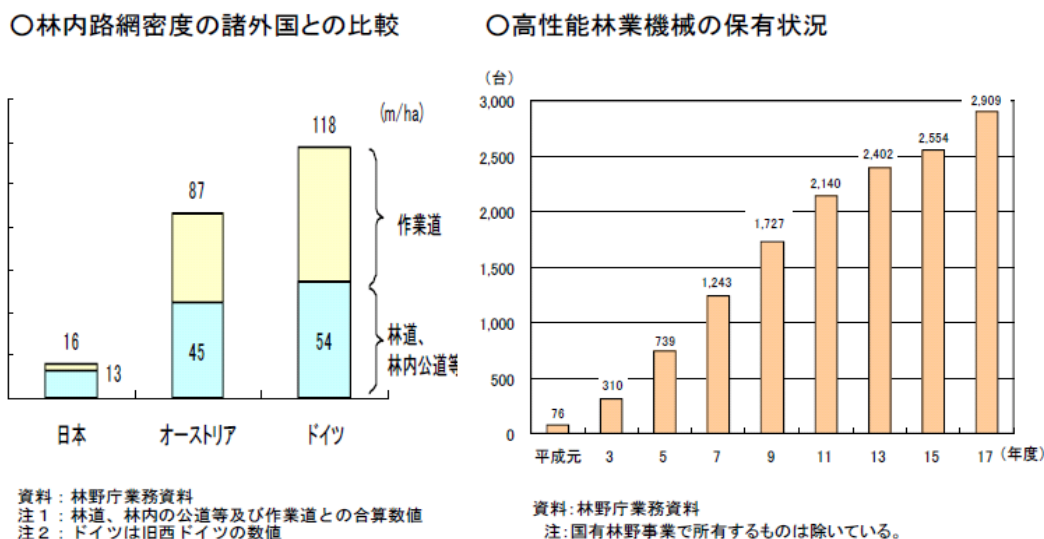


図 4-12 日本の林内路網と高性能林業機械保有の状況

以上のような林業の将来に向けた課題を解決していく上では、いくつか注視すべき社会動向の文脈がある。

まず、森林所有者の森林保全、林業経営への意識を高め、管理者との役割関係を適正化して効率的な林業経営を確立する必要がある。補助金依存体質から脱却しうるような人的、経済的資源の基盤強化のための企業経営の導入についても検討する必要があるだろう。

つぎに、温暖化対策の今後の行方も大きな論点である。本年（2008年）5月16日に公布・施行された「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」は、京都議定書の第一約束期間における森林吸収目標の達成に向け、2012年度までの間における森林の間伐等（特定間伐等）を促進するため、特別の措置を講ずることを内容とする法律であるが、法に基づいて国から特定間伐等の実施促進に関する基本方針が示され、さらに都道府県における基本方針の作成、市町村における特定間伐促進計画づくりが進められている。実効性を担保するためのスキームとして、森林整備事業における優遇措置、市町村への新たな交付金の交付、追加的に実施される間伐等に対する地方債の特例などの対応がなされることになり、今後の動向について注目しておく必要がある。

その他温暖化対策関連では、排出権取引に絡むビジネススキームづくりはいろいろな可能性を秘めている。また、京都議定書の第二約束期間における伐採木材製品の蓄積分評価

にどのような方法が採用されるかで、国産材の競争力や需要への影響が大きく左右される可能性がある<sup>2)</sup>。さらに、「ウッドマイレージ」等のLCA的な評価指標のグリーン調達等への採用が、優先的な国産材製品の需要拡大につながる可能性もある。

その他、WTO等の貿易ルールの動向や生物多様性保全、花粉症対策との関係なども、国内の林業システムの将来を考える上では議論しておくべき事項であろう。

#### 4.4 循環利用システム

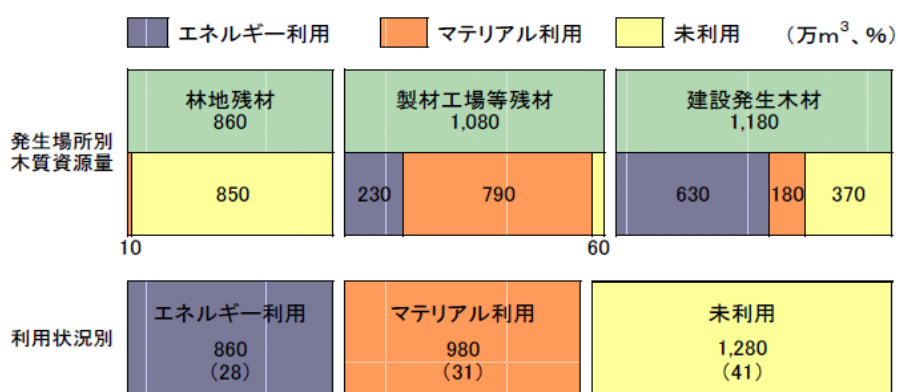
##### (1) 将来のあり方

未利用資源や廃棄物等の循環資源については、マテリアル利用を優先すれば、膨大なエネルギー需要への供給量は一層小さくなる。持続可能な森林保全を前提にすれば、マテリアル利用におけるヴァージン材とリサイクル材のバランスの考え方を明確にすべきである。そのうえで、マテリアル利用に供することが出来ない循環資源の化石代替としてのエネルギー利用を進めるべきである。木質系の循環資源のエネルギー需要は、電力、熱、自動車燃料としての用途において、エネルギー源としての石油、石炭、天然ガスの化石資源を代替できる。用途ごとに求められるエネルギーの品質や時空間的な特性が異なることから、その需要特性に応じた技術システムづくりがなされるべきである。

##### (2) 現状と課題

木質系資源の循環利用を考える場合、温暖化対策との関係からカーボンニュートラルとしての特長を生かしたバイオマス利用の意義が強調される。現状では、製材工場等残材、建設発生木材については、マテリアル利用、エネルギー利用が進んでいるが、林地残材はその搬出コストの高さから未利用のまま残されている(図4-13参照)。

○残材の資源量とその利用状況



(資料) 林野庁「木材需給表」  
農林水産省「農林水産統計(木質バイオマス利用実態調査(平成17年))」  
国土交通省「平成17年度建設副産物実態調査」、(財)日本住宅・木材技術センター報告書  
等により林野庁で推計。

図4-13 木質系循環資源の量と利用状況

前章でも述べたが、間伐材も含めて林地残材等の搬出技術システムの確立と低コスト化を図る必要がある。また、国産ヴァージン材(間伐材含む)の供給量が増加すれば、エネ

ルギー利用の拡大が図られるであろう。現状でも、建設発生木材（解体木屑）由来のチップを燃料とした専焼発電施設や製紙工場でのボイラー燃料（発電・熱利用）利用が多くなっており、燃料用チップの確保自体が全国的に難しくなっており、有償で取引されているケースも多くなっている。

このような動きの背景には、建設リサイクル法によるリサイクルの推進や、RPS法による電力事業者への一定割合以上の新エネルギーによる電気利用の義務化が大きく影響している。同時に、石油、石炭等の資源価格の高騰（原油についてはこの数カ月で急落）も事業性成立の大きな要因となっている。

今後、上記のような未利用資源や廃棄物等の循環資源の利用、特にエネルギー利用を考えていく上で重要なことは、将来の需要と供給のエネルギーポートフォリオのビジョンを明確にすることである。どのようなエネルギー資源を供給源として、どのような需要先にどのような形態でエネルギーを供給、利用していくかの国家ビジョンがまず必要である。

そのうえで、具体的にはまず、現在利用されていない間伐材や林地残材などの未利用資源を効率的に活用していく必要がある。また、長い目でみれば、国産材の利用拡大による製材残材の増加が期待されるとともに、住宅等あらゆる製品に木材が利用されれば、（長寿命化の影響が明確でないが）それらの廃棄物としての木質系循環資源も供給量が増大する可能性がある。しかし、それらの木質系循環資源の賦存は地域偏在性が存在し、当然需要側にも空間的な地域偏在性、また時間的偏在性が存在することから、需給バランスを考慮したシステムの構築が検討されなければならない。

さらに、需給の間をつなぐエネルギー転換技術の進展にも注視すべきである。ガス化発電技術やガス化/液体燃料化技術などの熱化学的変換技術や、バイオエタノール化等の生物化学的変換技術の進展が注目される場所である。エネルギー利用の主な出口を電力利用と考えれば、解体木屑を対象としたような大規模集約型の技術としては単純な専焼発電が有利である。しかし、地域での時間的にも変動する電力・熱の小口需要を満たす上では、製材くずなどの少量・分散型で存在する木質循環資源を用いたガス化発電・熱供給のコージェネレーション技術も優位性をもつと考えられる<sup>3)</sup>。一方、燃焼発電に若干不向きな含水率の高い間伐材、林地残材は、バイオエタノール化技術の適用性が高まれば魅力ある技術システムになる。その他、都市・地域でのエネルギーシステムを設計する場合は、需給の時空間的マッチングを形成するためのエネルギー輸送技術や貯蔵技術の進展も欠かせない。

以上のような、エネルギー転換技術を介した需給システムの将来像の描出は、まさに都市・地域の物質・エネルギー代謝のシステム像を描くことに他ならない。

最後に、ここまでは技術的観点を中心に述べたが、将来の循環利用システムづくりに影響する要因として、排出権取引制度、環境税（炭素税）、RFS（RPS法の燃料版）などの政策的動向も注視すべきであることを付け加えたい。

#### 4.5 おわりに

木質系資源を取り巻く背景と課題について、資源利用の最初の推進力としての需要システム、需要を満たすための供給側である林業システム、それらの需給システムから生成す

る循環資源の利用システム、の三つの範囲に分け、まず将来のあり方を論じ、つぎに、それに向けての現状確認と将来に向けての課題を整理した。

将来課題については、現段階では大きな論点のみを挙げ、方向性のみ論じているが、将来のあり方に近づくための具体的な戦略を提示するためには、個別の論点をさらに詳細に掘り下げて、定量的な解釈、判断を含めて分析を進める必要がある。今後の調査研究の課題としたい。

#### 参考資料

- 1) 内閣府：「森林と生活に関する世論調査」（2007.5）
- 2) 2008年度廃棄物学会リサイクルシステム研究部会定期会合（2008.8.28）における講演者であった（独）産業技術総合研究所バイオマス研究センター小木知子氏との議論に基づく
- 3) 2008年度廃棄物学会リサイクルシステム研究部会定期会合（2008.10.24）における講演者であった(株)DCMC 中村裕幸氏との議論に基づく

## 5 LCA 事例の整理

### 5.1 はじめに

バイオマス（生物資源）は、石油などの化石資源を代替する再生可能資源として、また、カーボンニュートラルな資源として注目されている。バイオマスのエネルギーや素材への変換技術も盛んに研究開発されている。

ここで注意しなければならないのは、それらバイオマス変換技術のみならず、前後処理や残さ・排水・排ガスの処理等の付帯技術を含めたシステム全体の性能である。中核となるバイオマス変換技術やその付帯技術の導入・運用に追加的な資源・エネルギー投入が必要な場合、バイオマス変換技術を導入しない場合よりも資源消費、環境負荷排出およびコストが増加する可能性もある。また、このようなバイオマス変換施設内のプロセスのみならず、バイオマスの栽培・採取・輸送やバイオマス製品の流通・販売・消費・廃棄・再資源化などの前後のプロセスも加えた、さらに大きなシステムの性能にも留意しなければならない。

このような理由から、バイオマス変換を中核とする全体システムでの資源消費、環境負荷排出およびコストの評価が盛んに議論されるようになり、ライフサイクルアセスメント（Life Cycle Assessment: LCA）等を適用した研究・調査がこれまで数多く実施されている。本章では、木質バイオマス資源のエネルギー利用システムに関する LCA 事例をいくつか抽出・整理して紹介する。

### 5.2 木質バイオマス資源のエネルギー利用に関する LCA 事例

木質バイオマス資源のエネルギー利用に関する LCA 事例として、学術雑誌に掲載された学術論文を検索し、5 誌の国内雑誌と 5 誌の国際雑誌に掲載された 24 件の学術論文を抽出した。国内会議や国際会議での報告を含めると事例数はさらに膨大になるが、ここでは査読を経た原著論文に限定して紹介する。

抽出にあたっては、独自に学術雑誌を検索したほか、既存の論文レビュー<sup>1,3)</sup>および学会誌の総目次<sup>2)</sup>も参考にした。同レビューは東京大学の松野によるもので、非常に広範な学術論文を網羅的に検索し、その中から LCA に関連する論文を膨大に抽出している。検索した雑誌数および抽出した論文数に関して現時点での決定版であるといつても良いが、2005 年までに発表された論文に限られる。なお、国際雑誌の論文は、同レビューに掲載されたものしか調査していないため、2006 年以降については未調査である。また、抽出にあたっては、可能な限り本文もしくは概要を確認したが、それが困難な論文は松野氏による分類名や題目で判断したことをご了承いただきたい。

以上で述べた木質バイオマス資源のエネルギー利用に関する LCA 事例を抽出・整理した結果を表 5-1 に示す。国際論文が 9 件、国内論文が 15 件である。評価対象としては、半数弱の論文で廃木材とその循環利用システムが着目されている。また、林業や木材住宅などを長期のサイクルを有するシステムを総合的に評価している事例もみられる。その他、欧州では特定樹種に関する評価事例もいくつか存在する。



表 5-1 木質バイオマス資源の利用に関する LCA 事例（学術論文）

番号	対象	著者	題目	雑誌名	巻	号	頁	年	参考
1	木材	Ralph E. H. Sims	Electricity generation from woody biomass fuels compared with other renewable energy options	Renewable energy	5	5-8	852-856	1994	1
2	ポプラ、ヤナギ	DJ Royle et al.	Disease and pest control in the bioenergy crops poplar and willow	Biomass and Bioenergy	9	1-5	69-79	1995	1
3	木材	田原聖隆ら	持続的な植林によるバイオマス発電のCO2排出削減量の評価 -LCA的検討-	日本エネルギー学会誌	77	5	403-409	1998	2
4	木造住宅	岡崎泰男ら	炭素ストック、CO2放出の観点から見た木造住宅建設の評価	木材工業	53	4	161-165	1998	2
5	ポプラ	Angelantonio Rafaschieri et al.	Life Cycle Assessment of electricity production from poplar energy crops compared with conventional fossil fuels	Energy Conversion and Management	40	14	1477-1493	1999	1
6	廃木材	橋本征二ら	解体木くずリサイクルの環境面からの評価	土木学会論文集	643	VII-14	37-48	2000	*
7	木材	Jungmeier, Gerfried et al.	Allocation in LCA of Wood-based Products - Experiences of Cost Action E9 - Part I. Methodology	The International Journal of Life Cycle Assessment	7	5	290-294	2002	1
8	製材残さ?	堂脇清志ら	製材工場におけるバイオマスエネルギーシステムのシステム分析	エネルギー・資源	24	3		2003	3
9	ヤナギ	Martin C. Heller et al.	Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system	Biomass and Bioenergy	25	2	147-165	2003	1
10	木材	Jungmeier, Gerfried et al.	Energy Aspects in LCA of Forest Products: Guidelines from Cost Action E9	The International Journal of Life Cycle Assessment	8	2	99-105	2003	1
11	製材残さ	Helena Malkki et al.	Selected emissions and efficiencies of energy systems based on logging and sawmill residues	Biomass and Bioenergy	24	4-5	321-327	2003	1
12	木材	橋本征二ら	防腐処理木材のライフサイクルアセスメント ～木橋のケーススタディー	土木学会論文集	755	VII-30	45-46	2004	*
13	ヤナギ	Martin C. Heller et al.	Life cycle energy and environmental benefits of generating electricity from willow	Renewable energy	29	7	1023-1042	2004	1
14	廃木材	G. Skodras et al.	Evaluation of the environmental impact of waste wood co-utilisation for energy production	Energy	29	12-15	2181-2193	2004	1
15	木材	天野耕二ら	マテリアルフロー分析に基づいた建築分野における木材の炭素収支について	環境システム研究論文集	32		57-63	2004	*
16	木材	山田興一ら	乾燥地植林による炭素固定システム構築 -土壌構造改良による炭素固定促進-	エネルギー・資源	26	6		2005	3
17	廃木材	村野昭人ら	木質系建設資材の循環利用システムの構築とその評価-埼玉県におけるケーススタディー	環境システム研究論文集	33		249-258	2005	*
18	木材	福田哲久ら	木質系バイオマスからのエネルギー物質を作り出すシステムの効率と経済性の検討	エネルギー・資源	27	4		2006	3
19	廃木材	村野昭人ら	木造住宅の部材特性を考慮した循環利用技術の評価	環境システム研究論文集	34		455-462	2006	*
20	木材	八木賢治郎ら	資源分布と技術特性を考慮した森林バイオマス小規模ガス化システムの経済性評価	日本エネルギー学会誌	86	2	109-118	2007	*
21	木質残さ	山本博巳ら	中四国の木質バイオマス残さの収集・発電利用のシステム分析	エネルギー・資源	28	4		2007	3
22	木質ペレット	石坂和明	ペレットストーブのライフサイクル影響評価	日本LCA学会誌	3	1	45-51	2007	*
23	廃木材	横井隆志ら	小地域内で廃棄物・バイオマス由来の電力・熱を融通する地域エネルギー供給による効果の算定システムの構築	環境システム研究論文集	35		109-119	2007	*
24	木造住宅	柿田秀人ら	木造戸建住宅のインベントリ分析	日本LCA学会誌	4	1	51-58	2008	*

1) 松野泰也, 2005a, 日本の学術雑誌に掲載されたLCA研究の論文, 日本LCA学会誌, Vol.1, No.1, pp.51-62

2) 松野泰也, 2005b, 国際学術雑誌に掲載されたLCA研究の論文1 エネルギー分野, 日本LCA学会誌, Vol.1, No.2, pp.149-157

3) エネルギー・資源学会, 研究論文, 会誌「エネルギー・資源」総目次, エネルギー・資源学会ウェブサイト ([http://www.jses.gr.jp/activity/activity\\_04-1.html](http://www.jses.gr.jp/activity/activity_04-1.html))

\*) 稲葉検索

### 5.3 木質バイオマス資源の利用に関する LCA 事例の簡単な内容整理

表 5-1 に掲載した学術論文のうち、国内雑誌に掲載された学術論文を一部抜粋し、その内容を簡単に整理した。これを表 5-2 に示す。

表 5-2 木質バイオマス資源の利用に関する LCA 事例の簡単な内容整理 (抜粋)

番号	対象	著者	題目	概要	利用技術	評価システム	評価項目	評価結果
6	廃木材	橋本征二ら	解体木くずリサイクルの環境面からの評価	解体木くずの燃料用、ボード用としてのリサイクルを対象としてLCA的な評価を行うとともに、CO2削減策を適切に評価する手法について検討した。	チップ製造・燃焼	解体→チップ製造→チップ使用→廃棄	CO2など	削減。チップ製造効率化でさらに削減。
12	木材	橋本征二ら	防腐処理木材のライフサイクルアセスメント～木橋のケーススタディー～	CCA処理木材などを用いた木橋を対象としてLCAを実施し、コンクリート橋や鉄橋と比較しながら、防腐処理木材の環境パフォーマンスについて検討した。	チップ生産・合板生産	資源生産→建材生産→橋梁建設→維持→解体→廃棄物処理、再資源化	環境影響	気候変動: 鉄橋等にくらべて影響小。人間毒性等: 鉄橋等にくらべて影響大。
15	木材	天野耕二ら	マテリアルフロー分析に基づいた建築分野における木材の炭素収支について	日本の建築分野における木材フローに基づいて、建築木材に関わる炭素収支評価を試みた。	(建築物蓄積まで)	素材輸入/素材生産→合板生産→建築分野投入→建築物蓄積	炭素収支	輸入材輸送時の放出大きい。伐採後植林の効果大きく、相殺も期待可能。
17	廃木材	村野昭人ら	木質系建設資材の循環利用システムの構築とその評価～埼玉県におけるケーススタディー～	埼玉県内の住宅ストックを対象として、木材の循環利用を促進する技術の開発、多段階活用による環境改善効果およびコストを算定する。	部材リユース/チップ化・ウッド化/チップ化・燃料利用	森林伐採→製材加工→施工→解体→再資源化→最終処分	CO2, コスト	CO2: 燃料利用は削減最大。コスト: 燃料利用は全量焼却等と差は無い。
19	廃木材	村野昭人ら	木造住宅の部材特性を考慮した循環利用技術の評価	木造住宅の解体に伴って発生する廃木材を対象として、部材特性を考慮した循環利用技術の評価を行った。さらに、埼玉県における地域内の木材循環の可能性について検討した。	燃料用チップ化	設計→建築→利用→解体→廃棄	CO2, 環境効率(付加価値)	CO2: 燃料化がほとんど排出ゼロ。環境効率: 燃料化は建材化、製紙原料化とほぼ同等。
20	木材	八木賢治郎ら	資源分布と技術特性を考慮した森林バイオマス小規模ガス化システムの経済性評価	森林バイオマスを燃料とした小規模ガス化発電に焦点を当て、対象地域の資源分布等に基づいて、最小発電コスト等を解析するツールを開発した。ケーススタディーでは技術の経済性、システムの導入可能性を検討した。	ガス化発電	輸送→小規模ガス化発電/広域直接焼却	発電コスト	小規模ガス化発電の方が小さい。
22	木質ペレット	石坂和明	ペレットストーブのライフサイクル影響評価	ペレットストーブ(PS)を評価対象として、ライフサイクルにおける環境影響を分析評価した。評価対象と同程度の暖房出力を有する石油ファンヒータとの比較評価も行った。	ペレット化	原料生産→部材生産→ストーブ生産→輸送→使用(ペレット投入(+ペレット生産)→廃棄)	環境影響	人間健康, 社会資産: PSが小さい。一次生産, 生物多様性: PSが大きい。統合化指標: PSが小さい。
23	廃木材	横井隆志ら	小地域内で廃棄物・バイオマス由来の電力・熱を融通する地域エネルギー供給による効果の算定システムの構築	横浜市金沢地区でのマイクログリッド型のエネルギー供給システム構築を支援する方法を提案した。GISを用いて対象地域におけるエネルギー需給分布を算定し、エネルギー供給先の違いによる省エネルギー効果の変化を明らかにした。	ごみ焼却発電	収集→エネルギー回収→エネルギー利用	CO2	産業部門への熱供給割合の増加で削減量が増加。
24	木造住宅	柿田秀人ら	木造戸建住宅のインベントリ分析	実際に建設された戸建て木造住宅の見積データおよび建設過程における現地調査に基づく重機の使用状況、電力・水使用量等から積上げ方式による戸建て木造住宅のLCAを行った。	リサイクル	資源(採取?)→部材製造→建設→運用→修繕・更新→解体→廃棄/リサイクル	GHG	リサイクルの控除効果でGHG削減。

表 1-2 で紹介した LCA 事例が対象とした木質バイオマス資源の利用技術は、チップ化・燃料化がほとんどである。また、紹介事例の多くで実施されたのが CO<sub>2</sub> のインベントリ分析だが、他の環境負荷項目も分析した事例や、影響評価まで実施した事例もいくつかみられる。紹介事例における評価結果では、木質バイオマス資源のチップ化・燃料化などはおむね CO<sub>2</sub> を削減することが可能で、他のリサイクル技術と比較しても優位となる場合がある。しかしながら、村野らが指摘するように、再生製品の付加価値なども考慮した環境効率指標で比較するとそれほど優位でなくなる可能性もある。

CO<sub>2</sub> のみで議論されることが多い木質バイオマス資源の利用であるが、橋本らが忠告しているように、防腐処理木材などは、他の環境負荷を排出して健康影響や生態毒性などにも寄与する可能性があり、出来る限り包括的に LCA を実施する必要がある。

今回抽出・整理した LCA 事例では、木質バイオマス資源のエネルギー利用技術として対象とされたのはチップ化・燃焼などが多かったが、近年ではより多様な技術が開発・導入されており、それらを含めた比較 LCA の実施が必要である。

#### 参考文献

- 1) 松野泰也, 2005a, 日本の学術雑誌に掲載された LCA 研究の論文, 日本 LCA 学会誌, Vol. 1, No. 1, pp. 51-62
- 2) 松野泰也, 2005b, 国際学術雑誌に掲載された LCA 研究の論文 1 エネルギー分野, 日本 LCA 学会誌, Vol. 1, No. 2, pp. 149-157
- 3) エネルギー・資源学会, 研究論文, 会誌「エネルギー・資源」総目次, エネルギー・資源学会ウェブサイト ([http://www.jser.gr.jp/activity/activity\\_04-1.html](http://www.jser.gr.jp/activity/activity_04-1.html))