

## 2-3 木質バイオマスの熱利用

### (1) 熱利用事業の考え方

#### (木質バイオマス発電に適切に取り組める地域は限られる)

前項で見たように、木質バイオマス発電を成功させるには、製材用等用材の需要確保、素材生産作業のシステム化と木材流通の低コスト化とともに、長期的な森づくりビジョンの共有により、関係事業者が連携し強固な体制で取り組む必要があります。未利用材を主に燃料とする場合、森林資源の適正管理を考えれば、設置できる地域や発電規模は限られます。

#### (熱利用であれば、地域の実情にあわせて導入が可能)

地域活性化を推進する観点からは、小規模でも利活用可能な熱利用について検討する価値があります。熱利用は規模や燃料の種類にも幅があり、投資コストも発電ほど大きくはなく、地域の実情にあわせて導入することが可能です。

山村での熱利用は、需要を考えると、燃料消費量が発電ほど大規模でないため、急激に森林環境を変えるほどの影響を及ぼすことにはなりません。地域の燃料供給能力と需要状況にあわせて段階的に推進することが可能です。

#### (需要から供給までの一体的な設計と体制構築により波及効果を生み出す)

発電との基本的な違いとして、発電はFIT制度により最終的なエネルギー需要先(売電先)が価格・期間を含め決定しているのに対し、熱利用は、需要先の創出から供給、価格等を含めて自ら作り出す必要があります。熱利用では由来に関係なく木質バイオマス全般を利用対象にできますが、森林資源、未利用資源の有効活用の観点から、需要から供給までを地域内で完結させ、地域の資源と経済の循環等を生み出すことも可能です。

地域活性化の観点で木質バイオマスの熱利用を地域に取り入れる場合、単に施設等の燃料を化石燃料から木質バイオマスに転換するというだけでなく、需要から供給まで一体となった設計と体制構築が必要です。そのため、自治体の役割が大変重要になります。

## (2) 熱需要と利用形態の概要

### (施設における熱利用)

木質バイオマスは、かつては薪炭として暖房、調理、風呂等に使われ、生活や産業に欠かせない熱源でした。現在は、薪、チップ、ペレットでの利用が主流で、家庭でのストーブ利用のほか、木質バイオマスボイラーによる施設の暖房・冷房・加温給湯、産業用では木材乾燥、農業用ハウスの加温、クリーニング、食品加工、製紙工場等で利用されています。

ボイラーには蒸気ボイラーと温水ボイラーがあり、蒸気ボイラーは、高温高圧の熱を必要とする場合(木材加工、木材乾燥、食品加工等)に用いられます。

自治体で導入する場合は、庁舎や福祉施設等の公共施設、学校、公営の温浴施設や集合住宅等が考えられます。また農業ハウス等への産業用利用を支援し産業創出を促進することもできます【事例11(下川)】。

暖房利用が主の場合、夏期の需要が減少しますが、吸収式冷凍機を併用することにより、ボイラーで生産した温水を10度以下の冷水に換え、冷房利用することもできます。

各熱利用施設における熱利用の特徴

利用先	用途	利用温度〔℃〕	熱源の温度範囲〔℃〕	備考
水産	陸上養殖	水温 20~30	45~20	季節的に需要大
	海面養殖	水温 10~30	30~10	季節的に需要大
	水産加工	温度 50~100	60以上	年間を通して需要大
	市場暖房	室温 15~25	40以上	季節的に需要大
	冷房・低温水槽 給湯	温度 5~8 水温 50~80	80以上 90~70	二重効用吸収冷凍機用 175℃以上, 季節的に需要大 季節的に需要大
農林・畜産	施設園芸暖房	室温 10~25	40以上	季節的に需要大
	土壌加温	土温 15~20	40以上	季節的に需要大
	灌水加温	水温 15~20	40~20	季節的に需要大
	冷温室・低温貯蔵	温度 5~8	80以上	二重効用吸収冷凍機用 175℃以上, 季節的に需要大
	畜舎暖房	室温 10~25	40以上	季節的に需要大
	農産物乾燥 木材乾燥	空気温 70以上 空気温 80以上	90以上 100以上	季節的に需要大 年間を通して需要大
工業	合板・木材加工	温度 80以上	100以上	年間を通して需要大
	容器殺菌・乾燥	温度 80~100	90以上	年間を通して需要大
	食品加工	温度 100~200	120以上	年間を通して需要大
	発酵	温度 20~50	60~30	季節的に需要大
	給湯	水温 50~80	90~70	季節的に需要大
	冷房・冷却	温度 5~8	80以上	二重効用吸収冷凍機用 175℃以上, 季節的に需要大
	プロセス用途	温度 100以上	120以上	年間を通して需要大
冷暖房・給湯・地域熱供給など民生利用	暖房	室温 15~25	40以上	季節的に需要大
	給湯	水温 50~80	90~70	季節的に需要大 地域熱供給
	冷房	温度 5~8	80以上	二重効用吸収冷凍機用 175℃以上, 季節的に需要大
	融雪(埋設式) 融雪(散水式)	水温 40~ 水温 20~	75~35 40~15	季節的に需要大 季節的に需要大
観光・レジャー利用	熱帯植物温室	室温 20~25	40以上	季節的に需要大
	暖房	室温 15~25	40以上	季節的に需要大
	冷房	温度 5~8	80以上	二重効用吸収冷凍機用 175℃以上, 季節的に需要大
	給湯	水温 50~80	90~70	季節的に需要大
	温泉施設・クアハウス 温水プール・水族館	水温 45 水温 20~30	60以上 60~40	年間を通して需要大 年間を通して需要大

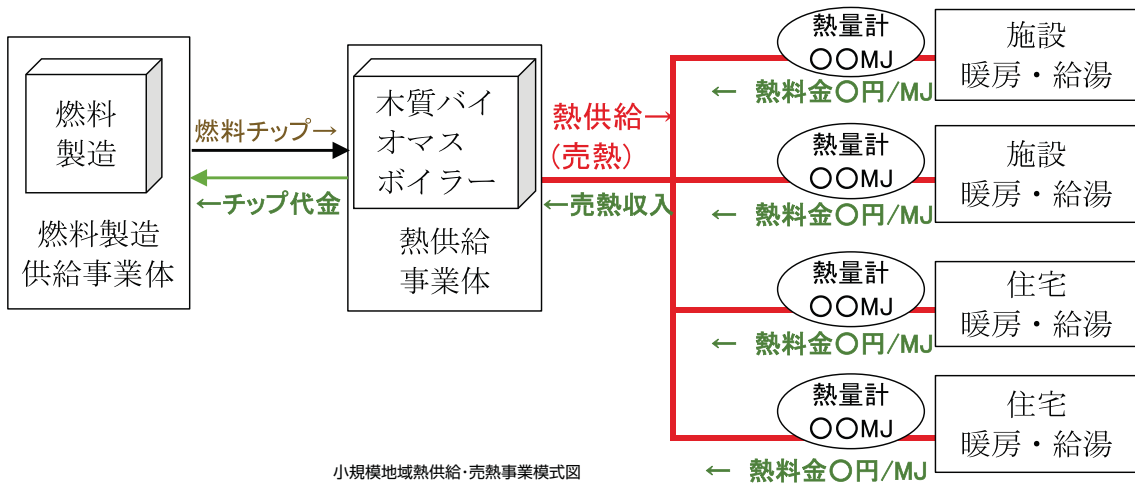
(「バイオマス技術ハンドブック 導入と事業化のノウハウ」 H20(財)新エネルギー財団、(社)日本エネルギー学会より)

### (小規模地域熱供給)

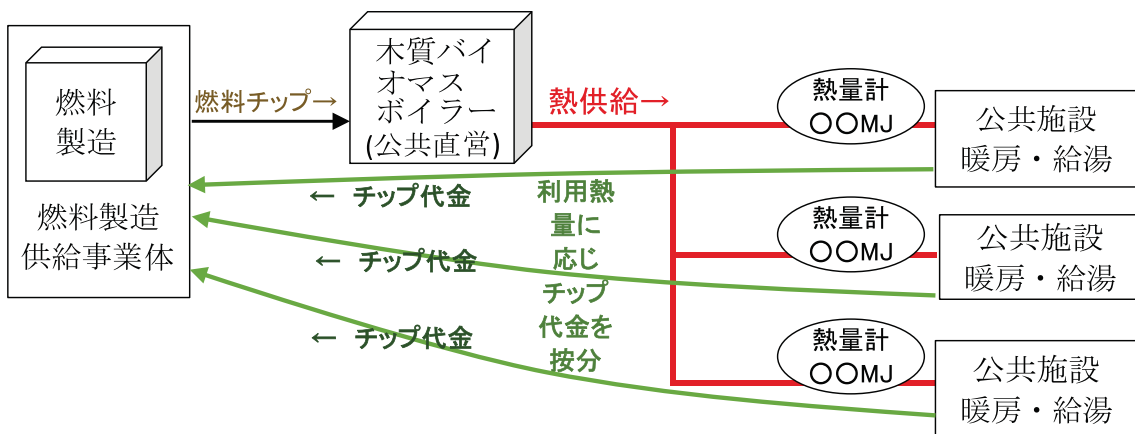
熱需要のある施設等が複数近接する場合、効率化のため熱生産設備(ボイラー)を集約し、生産した熱を分岐して供給する方法があります。欧州などでは「地域熱供給」として普及しているものの、日本では社会条件等から導入が難しいとされています。しかし、熱需要施設が集中しており熱導管の敷設が可能な条件がそろえば、小規模な地域熱供給が可能です。

一例として、北海道下川町では、既存の公共施設3ヶ所に一つのボイラーから熱(温水)を分岐供給しています。熱導管を地下2m・距離100m以内で敷設し、熱量計で各施設の熱消費量を計測し、チップ代金を按分して精算しています。

また、下川町一の橋地区や岩手県紫波町では、新たに街区を開発し施設や住宅地を建設する際に、その一角に木質バイオマスボイラーによる熱生産施設を建設し、熱導管により各施設・住宅に熱(温水)供給を行っています【事例11(下川)】【事例12(紫波)】。熱量計で熱消費量を計測し、MJあたりの「熱料金」で精算します。岩手県紫波町の場合、熱供給を業務とする民間会社が、燃料チップを購入して木質チップボイラーで生産した熱を売熱するという新たなビジネスモデルを構築しています。水道やガスのように、ライフラインの一つとして熱供給を事業化する取り組みが始まっています。



小規模地域熱供給・売熱事業模式図



小規模地域熱供給・公共施設等分岐模式図

## (3) 木質バイオマスボイラー導入の概要

### (燃料・装置の種類と特徴)

木質バイオマス燃料は、薪・チップ・ペレットの順で加工度が高くなります。加工度が低いほど製造に要するエネルギーとコストを低減でき、供給側(山側)の収入や経済的なメリットを生みやすくなります。一方で、薪・チップ・ペレットの順で自動投入など、需要側の使い勝手が良くなります。

燃焼装置は薪ボイラー、チップボイラー、ペレットボイラーがあり、薪ボイラー以外は運転がほぼ自動化されています。温水ボイラーは通常、蓄熱槽(貯湯タンク)と組み合わせて使用します。

#### ・薪ボイラー

**(装置の特徴)**高効率薪ボイラーでも出力100kW程度です。燃料供給は手動です。複数導入で中規模施設にも対応可能ですが、単独で規模の大きいものではありません。温浴施設等で加温・給湯・暖房用とラインを分けて複数併用している例があります。熱効率の低いものもあり、導入時には熱効率にも注意が必要です。

着火時には細い乾燥した薪、ゆっくり燃焼させるには太い薪など、同じ装置でもいくつかの形状の薪を組み合わせることで、使用目的に応じた燃焼が可能です。

**(燃料の特徴)**薪は、一般のストーブ用では長さ30cmまたは45cmですが、ボイラー用では90cmなど丸太や半割で投入可能なものがあります。

基本的には水分15~20%の乾燥品ですが、装置や運用条件によっては、水分40%程度の薪を使用することもあります。針葉樹、広葉樹による薪ボイラーの燃焼の違いはありません。

薪は、原木を伐採し、薪割りして露天または雨よけをして乾燥させます。薪割りには、動力付き薪割り機が普及しています。運送は、バラ、束、カゴ車、フレコンなど、需要量、供給方法は様々です。薪ボイラー利用の場合、燃料の安定供給の面から、地域内で生産、供給されるのが一般的です。



#### ・チップボイラー

**(装置の特徴)**チップボイラーは、小規模から大規模まで幅広く実用化されています。燃料供給を含めて運転はほぼ自動化されています。ボイラーの性能と燃料供給(送り込み装置)の性能で、チップ水分、形状等が決まります。

**(燃料の特徴)**発電事業の項を参照。破碎チップ、切削チップがあり、原料も、原木、製材端材、リサイクル材等が使われます。主にトラック積みで運送(P30)、供給されます。なお、原料によっては燃焼後の灰の処理に注意が必要です。

#### ・ペレットボイラー

**(装置の特徴)**ペレットボイラーは、小~中規模で実用化されています。燃料供給を含めてほぼ自動化されています。

**(燃料の特徴)**ペレットは、圧力と熱により木の成分だけで結着します。カンナくずから作られるホワイトペレット、樹皮から作られるバークペレット、樹皮を含む原木から作



られる全木ペレットがあります。水分は概ね10%未満(原料樹種により異なる)で、粒状のため取扱い易く、国内外ともに広域流通されており、価格競争力がある程度必要です。また、製造にエネルギーとコストがかかることから採算面で量産体制が必要になります。安価で良質なペレットが流通していることから、乾燥したカンナくすのでのる集成材工場等がある場合を除き、水分の多い背板や原木は製造コスト上不利になります。運送、供給は、大口ではフレコンが一般的です。

### (運用:ベース熱源としての活用)

木質バイオマスボイラーは、化石燃料系のボイラーと違い、急な出力の変動には対応できません。停止すれば立ちあげまでに時間がかかります。チップボイラーでは、停止せず種火状態で最小限の燃料を燃やし続けることも可能ですが、燃料に無駄が生じ効率が低下します。24時間稼働の産業用等では安定稼働できますが、温浴施設での加温給湯等では日変動が大きくなります。変動の大きい施設に導入する際は、年間及び1日の熱消費量を分析した上で、蓄熱槽を使うことでベースラインの安定した熱需要を木質バイオマスボイラーでまかない、変動部分は化石燃料系ボイラーを利用するといった併用型にすることで、コストバランスのとれた運用を行うこともできます。



### (経済性 化石燃料ボイラーとの比較)

大量生産されている化石燃料系ボイラーに比べ、オーダーメイドに近い木質バイオマスボイラーは導入コストが高くなります。今後、導入が進めばコストは下がっていくと考えられますが、化石燃料系ほどの低コスト化は難しいと考えられます。また、木質バイオマスボイラーは燃料サイロ等も必要なため、設置面積が広がります。

一方、ランニングコストは、地域内で燃料供給体制と価格を決めれば、価格変動が小さく、安定します。化石燃料は、原油価格および為替相場により価格の変動が激しく、今後、長期的には高くなっていくと考えられています。木質バイオマスボイラー導入は、適切な規模の設備投資と木質バイオマス燃料価格設定によって、導入コストとランニングコストの累計で、化石燃料系ボイラーに比べてコスト削減がはかれる可能性があります。

資料:木質バイオマスボイラー導入の手引き等 → [【資料111】](#) [【資料112】](#) [【資料113】](#) [【資料115】](#)

## コラム 北海道下川町五味温泉における木質バイオマスボイラーの導入と経済効果

下川町は、公共温泉施設である五味温泉で、施設の暖房・給湯及び温泉水の加温に重油ボイラー2台を利用していました。平成16年度に2台のうち1台を180kW(15.5万Kcal)の木質チップボイラーに転換し、消費熱量のベース部分を賅っています。この結果、重油使用量は約50%削減、燃料代(重油代+木質チップ購入代)は、導入前と比較して平均350万円/年の削減となっています。



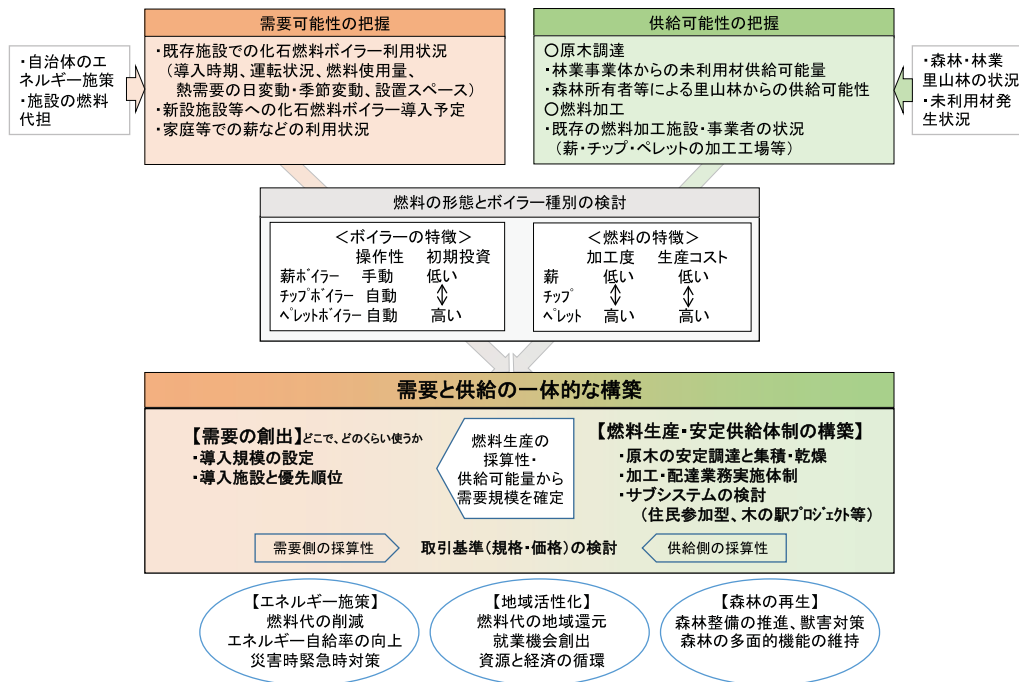
五味温泉のチップサイロ



燃料となる未利用材(下川町木質原料製造施設)

## (4) 地域における需要創出と供給体制の構築

以上の概要をふまえ、ここでは、地域で実際に導入する際の手順に沿って留意点を整理します。



### (熱需要の探索と創出)

木質バイオマス熱利用の導入を検討するには、まず、地域内での熱需要を探索します。具体的な導入先や燃料形態・供給方法、地域の供給能力の見立て等によってボイラー種別が変わってきます。検討時点では可能性のある施設についてなるべく多く情報を集め、選択や優先順位の検討ができるようにしておきます。

#### ・既存施設(化石燃料ボイラーからの転換)

導入を検討しやすいのが、既存の化石燃料ボイラーからの転換です。

既存の中～大規模の公共施設・温浴・福祉施設等の化石燃料ボイラーについて下記を確認します。

- ・導入時期(15～20年程度で耐用年数を迎え更新の可能性があるため)
- ・熱の用途、稼働状況、熱消費量(日変動、季節変動)、燃料使用量
- ・設置スペース(木質バイオマスボイラーは本体が大きく、燃料置き場が必要)

#### ・新築施設(公共施設や開発住宅地等での小規模地域熱供給の可能性)

公共施設が複数近接している場合や、公共施設・住宅地等の新規開発計画がある場合に、木質バイオマスボイラーの導入や熱導管の敷設等について検討することができます。

高齢化、人口減少などにともない、公共施設や公共サービスアクセス改善のための施設整備、住宅整備等のインフラ整備などを検討する際、電力、熱、ガス等を含めたエネルギー自給、防災対策を検討し、その中に、木質バイオマスの熱供給を組み入れたスマートシティやスマートタウンを形成できる可能性があります。自治体の総合計画や各種エネルギー計画、防災計画等を検討する際のひとつの検討要素にしておくことも必要です。

## (安定供給体制の構築)

需要側が安心して木質バイオマスボイラーを導入できるよう、しっかりした安定供給体制をつくる必要があります。

燃料供給の基本工程は発電と同様ですが、前提条件として異なるのは、熱利用では燃料形態及びボイラー種別の選択が必要であること、トレーサビリティが不要であること等です。導入施設側の熱需要の状況や使い勝手、活用可能な既存の木材加工設備や木質資源の集積状況、森林施業状況等をふまえ、総合的に検討する必要があります。様々な要素が相互に関係するため、複数の可能性を念頭に、供給・加工・需要側の関係各者が一緒に検討することで地域に最適な方法が絞られ、実施体制の構築につながりやすくなります。

## (原料調達方法の検討)

燃料の原料となる木質バイオマスは、林業事業体等から未利用材を安定的に確保することを前提に、支障木の有効活用や住民参加等の仕組みを検討します。

地域としての供給可能性を把握するには、下記のような点を確認します。

- ・森林や里山の管理状況
- ・入手可能な木質バイオマスの状況(自治体の「バイオマスタウン構想」等を活用)
- ・地域の林業事業体の素材生産状況、集材方式と林地残材発生状況  
搬出供給に必要な条件(価格、機械利用、林道状況等)と供給可能性(ヒアリング)
- ・森林所有者等へのヒアリングやアンケートを通じた森林・里山整備への意向確認  
(整備の必要性を感じるか、境界はわかるか、整備を委託または自ら搬出するための条件等)
- ・近隣の土木支障木等の収集・処理状況

住民参加型の収集は、施業集約化や作業システムの効率化がしにくい場合や、農地まわりの小規模な里山林整備等が課題である場合などに、現実的な手法として機能する可能性をもっています。

## (ボイラー種別・燃料形態の検討)

ボイラー種別は、需要先候補施設での熱利用状況、燃料加工体制(薪・チップ・ペレット)の可能性等から検討します。以下のような要素について、燃料・ボイラーの特徴をふまえ検討します。

- ・需要先候補における熱需要と利用形態
- ・現況の地域内木質燃料利用実態(既存で木質ボイラーを入れている製材所や施設等)
- ・既存の燃料化施設(チップ工場等)の有無と活用可能性

これらから燃料形態を絞り込み、燃料生産のコストや採算性について検討します。

- ・燃料生産コストの検討(既存施設の利用可否も含む)
- ・原木調達～加工～価格及び販売量のシミュレーションと採算性の検討を行います。

\*燃料(チップ、ペレット、薪)の生産規模と生産コスト試算例・・・[【資料109】](#)[【資料110】](#)

地域の熱需要量とのバランスを考え、燃料の価格・ボイラーの熱効率と燃料としての経済価値・燃料の生産量と販売量(地域内外)、等の諸条件を勘案し、燃料形態とボイラー種別を検討します。



## (燃料加工・供給体制の検討)

木質バイオマス燃料の生産供給は、原木調達・加工・運送という一連の作業を含み、原木購入から加工・販売までが一つの事業として成り立ちます。集積・保管乾燥・加工を行う場所を検討するとともに、産業創出・就業機会創出の観点から、その実施体制(実施主体)について検討します。

木質バイオマス燃料の加工供給体制の例

地域	集積加工場所		燃料加工供給体制
	新設	既設利用	
下川町 事例 11	木質原料製造施設		【下川エネルギー供給協同組合】 木質燃料製造業務のため新たに設立。構成は域内の化石燃料供給事業者。町が設立を支援。 燃料用木質チップ製造販売事業。
紫波町 事例 12		既存チップ工場の遊休地を活用 加工機械は新規導入	【(社)紫波町農林公社】 町が農林業の経営支援と人材育成等を目的に設立した社団法人。 木質燃料製造販売業務委託を町からうけ、原木の調達、集積、チップ加工、配達を実施。 原木調達は森林組合及び町民参加の「間伐材運び隊」から買い取り。松枯れ被害木や里山林からの伐採木、土木支障木の有効活用。
三好市 事例 10		既設土場を活用 加工機械は新規導入	【(株)山城もくもく】 三好市の第3セクターの林業事業体。森林整備部門と加工部門をもつ。町の熱利用開始にあわせ、薪ボイラー用の薪生産業務を開始。
雲南市 事例 9		複数の既設土場を活用 加工は既存チップ工場	【合同会社グリーンパワーうんなん】 熱利用事業の検討・計画に関わった事業者が設立した民間会社。構成は、森林組合等林業事業体、チップ事業者、建設会社、ボイラー製造事業者等。原木調達から燃料加工、供給販売、ボイラー保守点検まで熱利用事業の中核を担う。 原木調達は森林組合の他「市民参加型集材」により市民から買い取り。

## (需要の確定)

最初に可能性を調査した需要施設の中から、燃料の利用形態や供給方法の検討をふまえ、地域からの燃料供給能力を勘案して需要規模(導入ヶ所数・燃料利用量)を決定します。

燃料製造・供給業務の事業化や、段階的導入、将来的な見通し、地域で取組む意義等をふまえ、供給能力規模等にあわせて優先度や選択ができるように情報を整えておくことが、計画的な熱利用事業構築を進める上で有効です。【事例12(紫波)】【資料114】

例えば、5ヶ所への一斉導入と薪1,300tの需要を確定した例【事例10(三好)】、数年かけて5ヶ所への導入とチップ年2,000tの需要を確定した例【事例9(雲南)】などがあります。

## (5) 持続可能な森林資源管理にむけて

### (持続可能な森林資源管理)

熱利用での木材消費量は発電と比べ少ない量ですが、未利用材活用により森林再生と森林資源の総合的利用を進めなくてはならない点は同じです。山村地域では、針葉樹人工林の荒廃という問題だけでなく、農産物への獣害被害や生活環境への土砂災害など生活に直結する山の課題が存在しています。そのような課題をふまえ、将来的な森林の姿と整備・活用のビジョンを描き共有することが重要です。

事例では、森林経営計画策定や素材生産がほとんどない中で松枯れ材活用を中心に熱利用に取り組み、その一方で、将来的な木材産業構築と森林再生のため、素材生産業者や製材加工業者・工務店等が連携組織をつくり、オリジナルの町産材住宅建設を推進している例があります。**【事例12(紫波)】**

### (森林所有者・市民参加による新たな展開)

施業の集約化・効率化がしにくい森林や小規模な里山林では、森林の放置、荒廃が課題となることがあります。森林所有者が森林組合等に整備を委託すると負担が大きくなるため放置せざるを得なかったり、不在所有者となっている例もあります。そこで、森林所有者や市民参加による木質バイオマスの収集システムをつくることで、整備がすすむ可能性があります。

自治体などが、荒廃林を持つ森林所有者や、自然とのふれあいなど森林に関心を持つ地域住民、周辺都市部住民等に呼びかけて参加者を募り、安全研修等を行います。参加者は、チェーンソウと軽トラなどで未利用材を伐採・搬出し、それを燃料化を担う事業体等が買い取ります。

この買い取り対価の一部(全部)に地域振興券や地域通貨等のしくみを取り入れることで、地域の商店等での利用など地域経済とのつながりや経済循環をつくりだすこともできます。このとき、地域通貨の原資を地域の荒廃林等の森林整備費用として位置づけ、自治体が支出することで、燃料化する事業体が安定して購入できる体制を整え、かつ、買い取り価格の下支えにより、森林所有者等に整備・搬出の動機をつくることができます。**【事例9(雲南)】【事例12(紫波)】**。

このようなしくみをつくることで、荒廃林の問題、エネルギー自給の問題、多様な主体の森林への関わり、資源と経済の循環といった複数の要素を、連鎖的に動かせる可能性がもたらされます。

また、これらをきっかけに森林に人が多く入る環境を作ることで、所有界や不在所有者の問題等の解決の糸口に繋がる可能性もあります。森林所有者が再び自身の山に入るようになれば、山菜やきのこの活用等、里山林の多様な利活用へと展開する可能性もあります。

## (広葉樹林・里山林の活用と再生)

広葉樹林や里山林では、森林所有者や住民参加による整備・搬出活動が有効に機能する可能性があります。搬出等に手間がかかるため、木材のエネルギー価値をできるだけ有効に利用できるよう、なるべく搬出後の加工度を抑え、高効率の燃焼装置での利用が求められます。近年は高効率の薪ボイラー・薪ストーブが普及しはじめ、災害時の備えとしても薪燃料が見直されてきていることから、地域内外に薪として販売する方法も考えられます。

かつてのように萌芽更新による持続的な管理手法の再生が求められますが、すでに大径木化して地域住民には伐採が困難な状況になっているところも見られます。そのような場合は、初期整備を森林組合等との協働により行い、萌芽更新のサイクルを取り戻し、以降は森林所有者や地域住民が主体となり整備活用を推進する等の方法が考えられます。なお、ナラ類は樹齢が50～60年生以上になると萌芽能力が衰えることが知られています。また、小面積皆伐等を行った場合は、外来のパイオニア種や竹が入り、ナラ類が育つ前に優占種となってしまうことがあります。そのため伐採後も経過を観察し、場合によっては、実生からの天然更新、あるいはその場の種子から苗木を育て植樹する等の方法により更新がなされるよう、下刈り等の管理を数年継続する必要があります。

里山林は集落に身近な森林であり、山菜・きのこ等の林床副産物や落ち葉などの活用、子どもたちの自然体験の場、都市住民や企業等を対象とした保健休養の場等としての活用が考えられます。薪作りや苗木の育成などが体験活動の一つにもなり、それを通じて里山林活用の知恵を継承できる機会にもなります。

エネルギー利用に加え多様な利活用を現代社会にあったかたちで蘇らせ、森と人のつながりを再生する視点が重要です。**【資料601】**

### コラム 森林・山村多面的機能発揮対策の活用

林野庁は、平成25年度から、森林・山村多面的機能発揮対策事業を実施し、森林所有者と森林資源を活用して取り組む人たちをつなぎ、多くの方が森林に関わる取り組みを応援しています。この事業を活用して、岩手県紫波町では、「間伐材運び隊」をエリアごとに組織し、林内に放置された間伐材、松枯れ木などを運び出し、薪やチップとして活用し、木質バイオマスの熱利用を推進するとともに、森林再生をめざす取り組みを行っています。