

平成 23 年度 木質系震災廃棄物等の
活用可能性調査（青森県域調査）
報告書

平成 24 年 3 月



みずほ情報総研株式会社

はじめに

2011年（平成23年）3月11日、太平洋三陸沖を震源として発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴って発生した津波や余震により引き起こされた東日本大震災が発生した。日本における観測史上最大の規模のマグニチュード9.0を記録し、死者1万5,841人、行方不明者3,490人（2011.12.12）に上っている。

また、津波により東京電力福島第一原子力発電所やその他の火力発電所は甚大な被害を受け、東北、関東地方においては深刻な電力不足となり電力供給制限を実施するに至った。地震と津波により建築物の全壊・半壊は35万戸以上、これに伴い発生したいわゆる震災廃棄物は、岩手、宮城、福島だけで22百万トンと推計されている。

震災により発生した我々の社会における様々な課題のうち、エネルギー源の分散化、震災廃棄物の処理、被災地における雇用促進という課題への対応策として再生可能エネルギーの1つであるバイオマスエネルギーの利用といった対応方法がある。バイオマスエネルギーは、生物資源を燃料として電力や熱を利用する技術の1つである。バイオマスエネルギーは森林資源、農産物残さの生物資源を原料とすることから農林業への雇用などの波及効果を期待することが出来る。また、震災廃棄物に含まれる木くずについても原料とすることが可能であることから、それらを処理しつつエネルギー生産を実施することも可能であり、バイオマスエネルギーの導入による様々なメリットがあるものと考えられる。

本調査では、青森県、岩手県、宮城県、福島県の被災4県のうち、青森県を対象として、バイオマスエネルギーなど再生可能エネルギーの利用可能性を把握、地域のニーズに合ったエネルギー利用の在り方を検討する。また、その実行可能性を評価することを目的として実施した。

<目次>

1. 木質系災害廃棄物及び未利用間伐材等のエネルギー利用可能量	- 1 -
1.1 木質災害廃棄物利用可能量調査.....	- 1 -
1.1.1 木質災害廃棄物発生量.....	- 1 -
1.1.2 木質災害廃棄物処理計画.....	- 1 -
1.1.3 木質災害廃棄物利用可能量.....	- 2 -
1.2 未利用間伐材等利用可能量調査.....	- 3 -
1.2.1 青森県全域.....	- 5 -
1.2.2 三八上北森林計画区.....	- 16 -
1.2.3 将来推計.....	- 25 -
1.3 製材廃材利用可能量調査.....	- 38 -
1.3.1 製材工場の現状.....	- 38 -
1.3.2 製材廃材利用可能量.....	- 38 -
1.4 バイオマス原料供給の将来推計.....	- 40 -
1.4.1 短期における原料供給の可能性.....	- 40 -
1.4.2 長期における原料供給の可能性.....	- 40 -
2. 地域のエネルギー需要量の把握	- 43 -
2.1 八戸市のエネルギー需要.....	- 43 -
2.2 既存バイオマス利用設備調査.....	- 44 -
2.2.1 セメント工場.....	- 44 -
2.2.2 製紙工場.....	- 45 -
2.2.3 その他バイオマス利用施設.....	- 45 -
2.3 新たなバイオマス利用設備調査.....	- 47 -
2.3.1 エネルギー多消費施設.....	- 47 -
2.3.2 工業団地.....	- 48 -
3. システム構築に向けた基礎調査	- 51 -
3.1 木質バイオマス利用技術概要.....	- 51 -
3.1.1 全体概要.....	- 51 -
3.1.2 炉形式による分類整理.....	- 52 -
3.1.3 発電システム.....	- 56 -
3.1.4 コージェネレーションシステム.....	- 62 -
3.1.5 熱供給ボイラーシステム.....	- 65 -
3.2 その他先進事例調査.....	- 77 -
3.2.1 熱利用を中心とした先進事例.....	- 77 -
3.2.2 発電を中心とした先進事例.....	- 82 -
3.3 エネルギー・原料価格調査.....	- 85 -
3.3.1 化石燃料価格.....	- 85 -

3.3.2 原料価格調査	- 85 -
3.4 バイオマス発電の経済性分析	- 86 -
3.4.1 経済性概算	- 86 -
3.5 バイオマス熱利用の経済性分析	- 87 -
3.5.1 経済性概算	- 87 -
3.5.2 ケーススタディ	- 89 -
4. 地域のニーズをふまえたバイオマス利活用システム評価	- 93 -
4.1 地域ニーズの把握	- 93 -
4.1.1 周知方法	- 93 -
4.1.2 実施内容	- 93 -
4.2 直接燃焼発電事業	- 94 -
4.2.1 提案を受けた内容	- 94 -
4.2.2 提案内容の実現性の評価	- 94 -
4.2.3 導入が想定される設備	- 95 -
4.2.4 事業採算性の検討	- 99 -
4.2.5 関連法規制の検討	- 105 -
4.2.6 まとめ	- 105 -
4.3 ガス化発電事業	- 106 -
4.3.1 提案を受けた内容	- 106 -
4.3.2 提案内容の実現性の評価	- 106 -
4.3.3 導入が想定される設備	- 106 -
4.3.4 事業採算性の検討	- 111 -
4.3.5 ファイナンス計画	- 113 -
4.3.6 関連法規制の検討	- 113 -
4.3.7 まとめ	- 113 -
4.4 提案事業に対する委員会としての評価結果	- 114 -
4.4.1 項目別評価結果	- 114 -
4.4.2 青森県において実施する事業としての適正評価	- 115 -
5. 追加的な提案について	- 117 -
5.1 提案を受けた内容	- 117 -
5.2 提案内容の実現性の評価	- 117 -
5.2.1 事業実施主体	- 117 -
5.2.2 原料調達	- 117 -
5.2.3 エネルギー生産および利用	- 117 -
5.2.4 副産物処理	- 117 -
5.3 導入が想定される設備	- 118 -
5.3.1 設備概要	- 118 -
5.3.2 副産物の処理・利用	- 118 -

5.3.3	設備設置までの予想されるスケジュール	- 118 -
5.3.4	設備向け補助金導入可能性	- 118 -
5.4	事業採算性に関する情報の整理	- 119 -
5.4.1A	重油ボイラー利用とバイオマスボイラー利用の比較	- 119 -
5.5	関連法規制	- 119 -
5.5.1	まとめ	- 119 -
6.	木質バイオマスエネルギーの本格活用に向けた青森県における原料供給のあり方についての検討	- 121 -
6.1	現状整理	- 121 -
6.1.1	林道整備状況	- 121 -
6.1.2	林業機械の導入状況	- 121 -
6.1.3	青森県の素材生産費	- 122 -
6.1.4	青森県における低コスト林業の先進事例	- 123 -
6.1.5	林地の傾斜度	- 135 -
6.1.6	エネルギー源としての供給の可能性のある樹種	- 137 -
6.1.7	森林組合の現状	- 138 -
6.2	新たな施業方法の紹介	- 139 -
6.2.1	森林育成	- 139 -
6.2.2	生産方法	- 139 -
6.2.3	バイオマス資源輸送システム	- 143 -
6.2.4	取組行程表	- 145 -
	<参考資料>	- 147 -

1. 木質系災害廃棄物及び未利用間伐材等のエネルギー利用可能量

ここでは、木質系災害廃棄物及び未利用間伐材等の資源のうちエネルギー利用可能量について調査した結果を報告する。

1.1 木質災害廃棄物利用可能量調査

1.1.1 木質災害廃棄物発生量

八戸市における木質系災害廃棄物発生量の推計値について以下に示す。(表 1.1-1) 仮置場に既に収集されているものとしては、4,825 トンと推計される。津波により海水の影響を受けた家屋等の解体に伴い発生する可能性のある可燃系解体がれきの今後の発生見込みは11,485 トンと推計され、合計で16,310 トン発生すると見込まれる。しかし、平成 23 年 (2011 年) 12 月現在、市により募集した家屋解体申請件数は予定より大幅に下回る見込みとなっており、従って可燃系解体がれきの数量も大幅に減少する見込みとなっている。

表 1.1-1 木質系災害廃棄物発生量 (平成 23 年 9 月末現在)

品目	仮置場 (t)	今後の見込み (t)	未処分 (t)	処分済み (t)	総量 (t)
木くず (角材)	1,165.85	—	1,165.85	—	1,165.85
木くず	3,659.21	—	3,659.21	—	3,659.21
可燃系解体がれき	—	11,485.00	11,485.00	—	11,485.00
合計	4,825.06	11,485.00	16,310.06	—	16,310.06

(出典) 八戸市 (2011), 八戸市災害廃棄物処理方針別紙 1 災害廃棄物の内訳

1.1.2 木質災害廃棄物処理計画

平成 23 年 (2011 年) 11 月時点における木質災害廃棄物処理計画を以下に示す (図 1.1-1)。木くずの処理は平成 24 年 (2012 年) 6 月までに完了予定となっている。また、解体がれき可燃系についても平成 24 年 (2012 年) 12 月までに完了する計画となっている。

品目	平成 23 年度 処理 期間												平成 24 年度 処理 期間												
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
木くず (角材)																									
木くず																									
解体がれき可燃系																									

図 1.1-1 八戸市における災害ごみ処理計画

(出典) 八戸市 (2011.11), 東日本大震災による災害ごみ処理計画表

1.1.3 木質災害廃棄物利用可能量

平成 23 年（2011 年）9 月～平成 25 年（2013 年）1 月の期間における木質災害廃棄物の月別の処理量イメージを以下に示す（図 1.1-2）。八戸市においては既に処理に十分な見込みがあること、また、解体がれきについては計画よりも減少する可能性が高いことなどから、平成 25 年（2013 年）時点で、木質系災害廃棄物は処理されている状況と見込まれる。

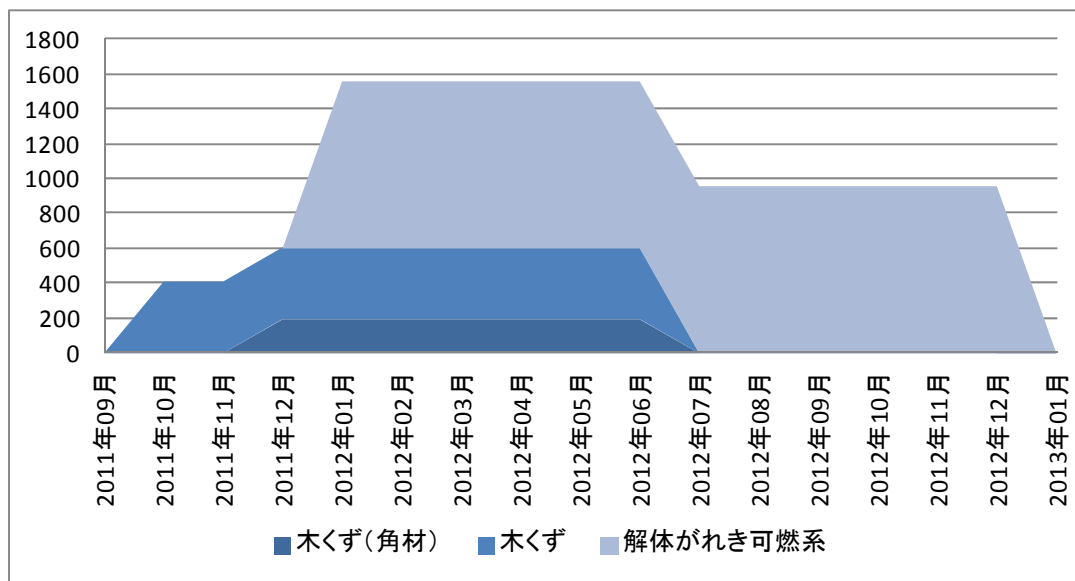


図 1.1-2 八戸市における木質災害廃棄物処理量（トン）

（出典）みずほ情報総研作成

注：各廃棄物の発生量を処理期間で按分し作成した図のため実際の処理とは異なる

1.2 未利用間伐材等利用可能量調査

ここでは、未利用間伐材等の森林バイオマスの利用可能量に関する調査結果を記載する。利用可能量調査にあたって、青森県の森林や林業の現状について調査を実施、また、長期的な資源の確保について検討するため資源量の将来推計も実施した。

調査対象は、青森県全域、三八上北森林計画区とした。

まず、現状および推計の結果を一覧にして提示する。それぞれの値に関する説明は以降の項で説明する。

表 1.2-1 調査結果（現状維持ケース）

年度	地域	蓄積量 (1,000m ³)	素材生産量 (1,000m ³)	林地残材量(1,000m ³)			利用可能量 (1,000m ³)
				未利用 間伐材	末木枝条	合計	
現状	青森県 全域	112,923	537	207	424	631	316
	三八上 北森林 計画区	34,843	224 (推計値)	54	122	176	88
平成 26(2014) 年度	青森県 全域	66,120	537 (同現状)	449	562	1,011	506
	三八上 北森林 計画区	20,402	224 (同現状)	134	168	302	151

表 1.2-2 調査結果一覧（最大収穫ケース）

年度	地域	蓄積量 (1,000m3)	素材生産量 (1,000m3)	ポテンシャル(1,000m3)			利用可能量 (1,000m3)
				幹	末木枝条	合計	
平成 26(2014) 年度	青森県 全域	66,120	380 (検討中)	2,525	1,212	3,736	1,868
	三八上 北森林 計画区	20,402	—	771	370	1,141	571
平成 41(2029) 年度	青森県 全域	92,997	100 (検討中)	9,536	4,577	14,113	7,057
	三八上 北森林 計画区	28,695	—	2,912	1,398	4,311	2,156

1.2.1 青森県全域

ここでは、青森県における森林・林業・森林バイオマスの現状について記載する。

(1) 森林の現状

①森林計画区

青森県の森林管内図を示す(図 1.2-1)。県内は 4 つの森林計画区に区分される。青森市周辺が東青森林計画区、弘前市周辺が津軽森林計画区、下北半島先端が下北森林計画区、八戸市周辺から十和田湖東岸までが三八上北森林計画区と区分される。国有林・民有林いずれも、これらの計画区ごとに国有林・民有林それぞれの森林計画が立てられている。

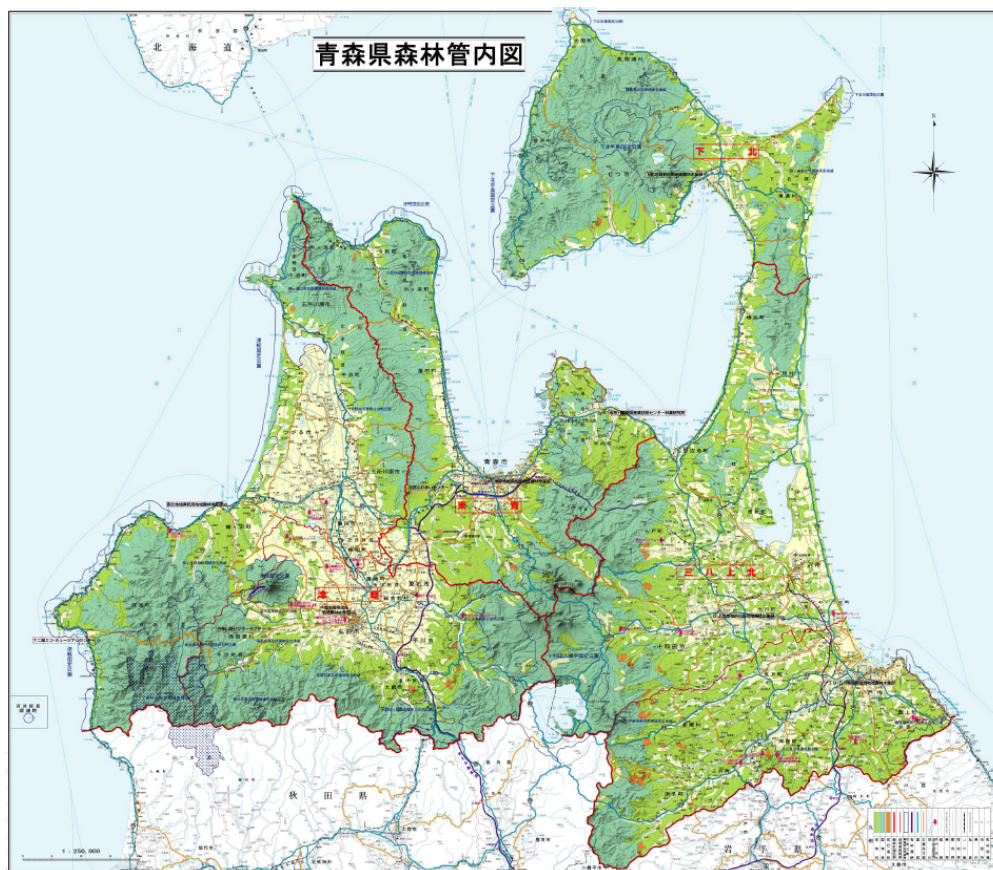


図 1.2-1 青森県森林管内図(濃緑：国有林、淡緑：民有林)

(出典) 青森県(2010) 青森県の森林・林業(概要)

②面積・蓄積の現状

青森県における蓄積の分布を示す(図 1.2-2)。青森県の平成 23 年度(2011 年度)版森林資源統計書によると、県全域での森林面積は約 64 万 ha、森林蓄積は約 113 百万 m³である(表 1.2-3)。

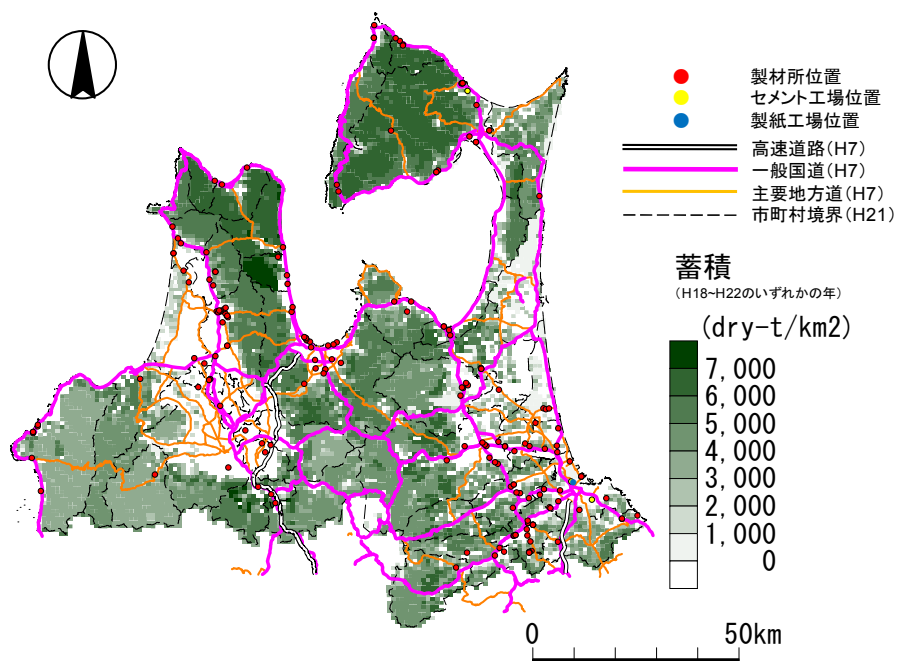


図 1.2-2 蓄積分布

(出典) みずほ情報総研作成

表 1.2-3 青森県全域での森林面積・蓄積

	面積 (ha)	蓄積 (1,000m3)
森林総数	635,748	112,923

(出典) 青森県 (2011) 森林資源統計書

③国有林・民有林の現状

青森県の平成 23 年度（2011 年度）版森林資源統計書によると、森林面積のうち、国有林は約 40 万 ha、民有林は約 24 万 ha である。また、森林蓄積のうち、国有林は約 66 百万 m³、民有林は約 47 百万 m³ である（表 1.2-4）。

青森県の国有林は主として下北および津軽半島、秋田県境付近に広く分布し、特に下北半島および津軽半島の先端部において蓄積量が多い（図 1.2-3）。一方、民有林は主として三八上北地域に分布し、特に三八上北地域と津軽地域の一部において蓄積量が多い（図 1.2-4）。

表 1.2-4 青森県全域での国有林・民有林別森林面積・蓄積

		面積 (ha)	蓄積 (1,000m ³)
	国有林	396,463	65,962
	民有林	239,284	46,961
森林総数		635,748	112,923

（出典）青森県（2011）森林資源統計書

（注）官行造林は国有林に含めた

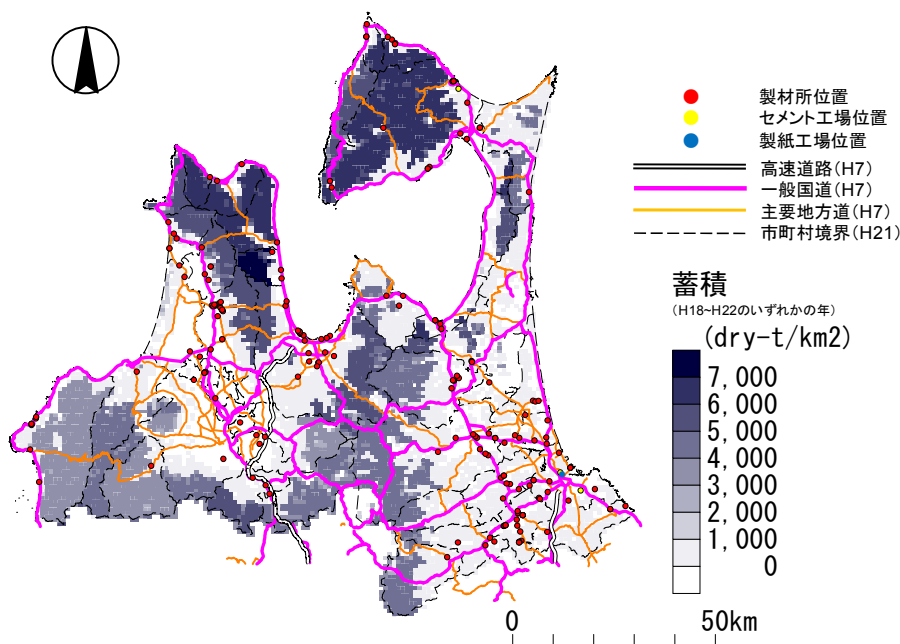


図 1.2-3 国有林蓄積分布

（出典）みずほ情報総研作成

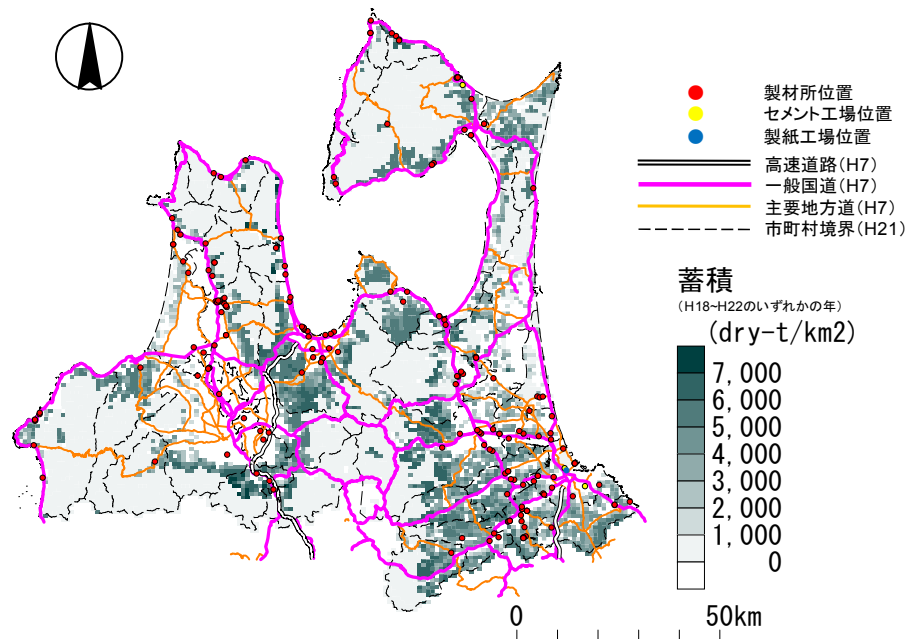


図 1.2-4 私有林蓄積分布

(出典) みずほ情報総研作成

④ 齢級構成

青森県の平成 23 年度（2011 年度）版森林資源統計書を元に、青森県の森林の齢級構成を示す（図 1.2-5、図 1.2-6）。現在、面積・蓄積が最も多いのが 10 齢級の樹木であり、面積は約 3.6 万 ha、蓄積は約 8 百万 m³ に達する。次に多い 11 齢級の樹木がそれぞれ約 3.5 万 ha、約 7.5 百万 m³ である。

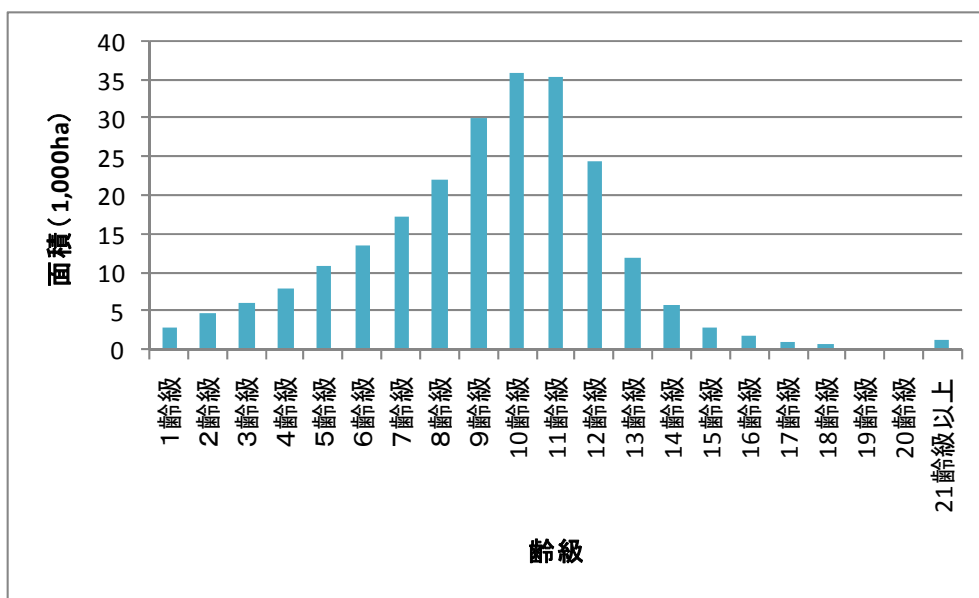


図 1.2-5 齢級構成（面積）

（出典）みずほ情報総研作成

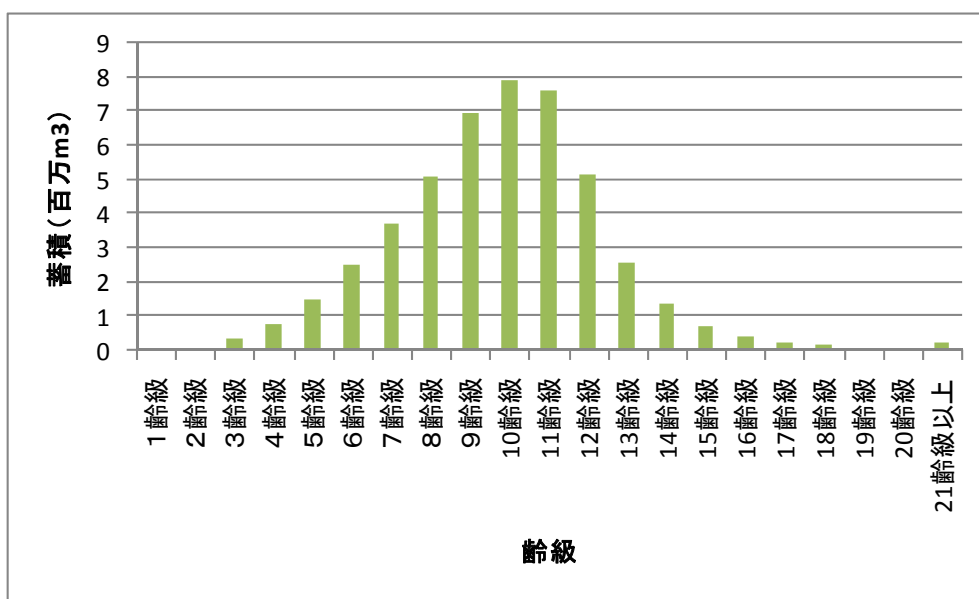


図 1.2-6 齢級構成（蓄積）

（出典）みずほ情報総研作成

青森県の平成 23 年度（2011 年度）版森林資源統計書を元に、青森県の人工林の齢級構成を示す（図 1.2-7、図 1.2-8）。現在、面積・蓄積が最も多いのが 9 齢級の樹木であり、面積は約 2 万 ha、蓄積は約 5.7 百万 m³ に達する。次に多い 10 齢級の樹木がそれぞれ約 1.9 万 ha、約 5.6 百万 m³ である。

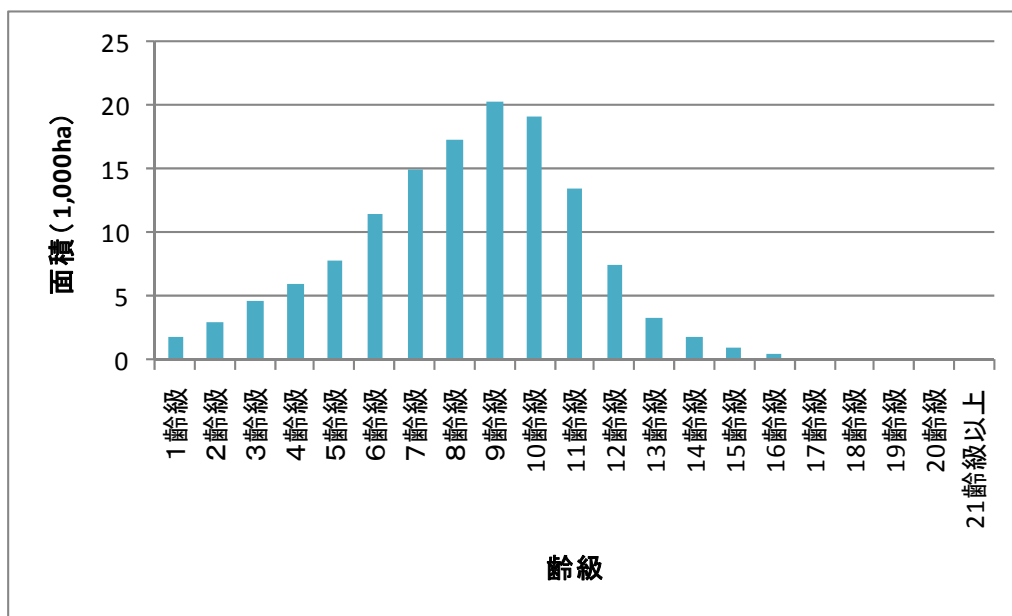


図 1.2-7 人工林齢級構成（面積）

（出典）みずほ情報総研作成

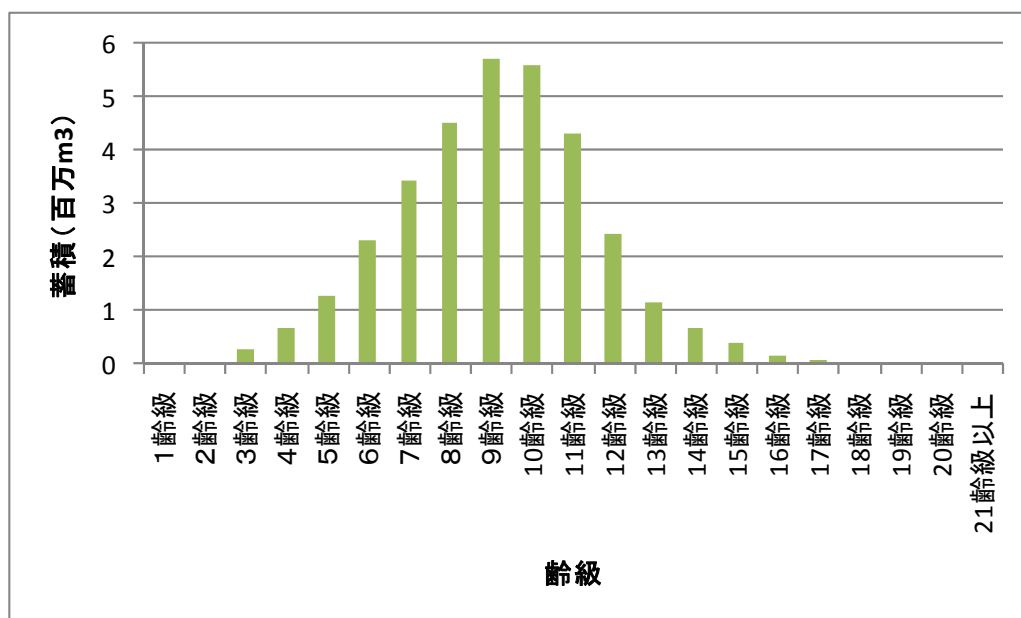


図 1.2-8 人工林齢級構成（蓄積）

（出典）みずほ情報総研作成

(2) 林業の現状

①素材需給

「平成 22 年度 青森県の森林・林業（概要）」によると、平成 21 年度（2009 年度）の県産材由来の素材生産量は 53.7 万 m³ である（図 1.2-9）。また、同資料によると、平成 21 年度（2009 年度）の県産材由来の素材の需要量は 43 万 m³ である。

過去 20 年間で、素材供給量および素材需要量は減少しており、平成 2 年（1990 年）には 150 万 m³ の需給があったものが平成 21 年（2009 年）には 62 万 m³ の需給量になった。県産材の需給量だけでなく、外材の入荷量も 45 万 m³ から 1.8 万 m³ に減少している。一方、国産材（他県からの移入材）は過去 5 年で 3.7 万 m³ から 6.5 万 m³ に増加している。また、県産材の移出量は過去 5 年で 18 万 m³ から 19 万 m³ に微増している。移出と移入を比べると、青森県では木材の移出量が移入量を上回っている。

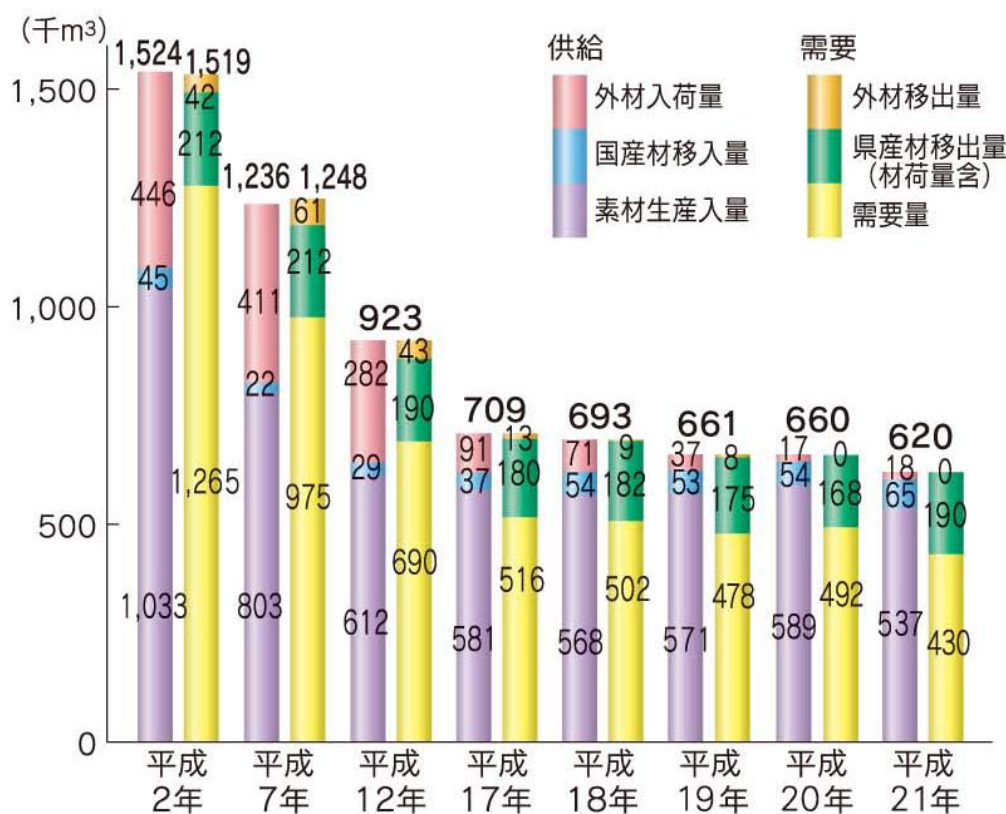


図 1.2-9 青森県の素材需給推移

(出典) 青森県 (2010) 青森県の森林・林業 (概要)

次に、青森県内での素材生産量および県内での素材需要量のみに着目する。「青森県の森林・林業（本編）」を参考に、平成 8 年度（1996 年度）から平成 21 年度（2009 年度）までの推移を示した（図 1.2-10）。これによると、平成 14 年度（2002 年度）までは生産・需要とも一律に減少している。それ以降、需要量は緩やかに減少を続けており、平成 21 年度（2009 年度）までに 64 万 m³ から 43 万 m³ に減少した。一方、生産量は平成 20 年度（2008 年度）まで微増しており、平成 21 年度（2009 年度）に

減少したものの、平成 14 年度（2002 年度）の生産量より多い水準を保っている。

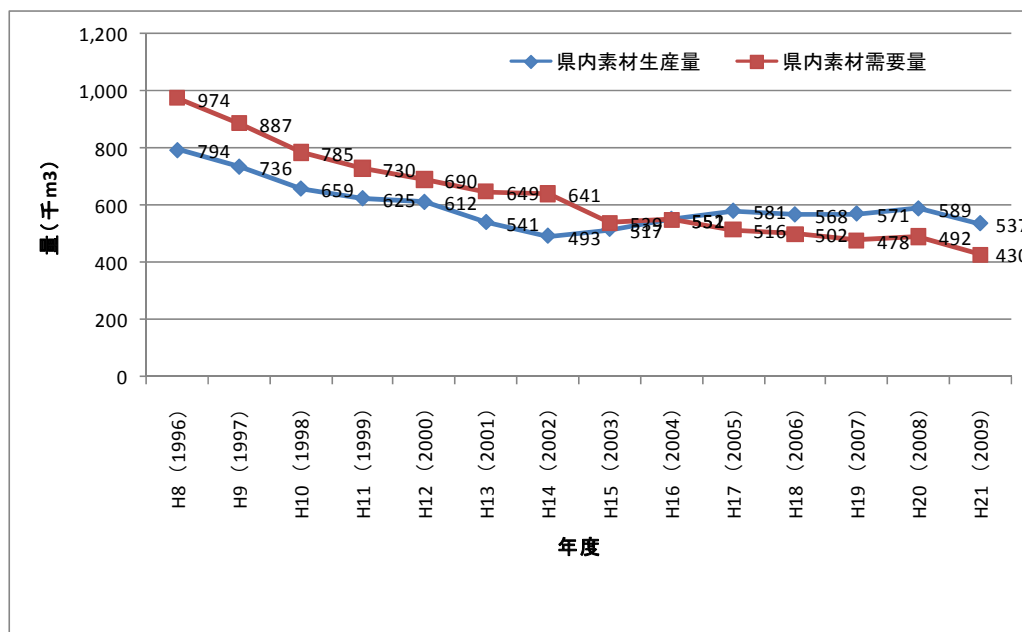


図 1.2-10 青森県内の素材生産・需要量推移

(出典) みずほ情報総研作成

②間伐

東北森林管理局 平成 22 年度事業統計書（平成 21 年度版）によると、青森県における平成 21 年度（2009 年度）の国有林の間伐面積は合計約 0.2 万 ha、伐採量は約 22 万 m³である（表 1.2-5）。

表 1.2-5 国有林における間伐面積、伐採量の実績値（平成 21 年度（2009 年度））

	面積 (ha)	伐採量 (m ³)
津軽	500	54,630
東青	475	48,097
下北	759	73,933
三八上北	491	47,635
合計	2,225	224,295

(出典) 東北森林管理局（2010）事業統計書

東北森林管理局管内では、2010 年度より 5 カ年の新たな森林計画に則って現在間伐が行われている。現在施行中の計画では、前計画よりも間伐量を倍増させるような内容となっている（表 1.2-6）。京都議定書目標達成計画の中では、「森林吸収源対策」として追加的な間伐等の森林整備が挙げられており、温室効果ガスの吸収源としての役割にも注目が集まっているため、この傾向は今後も続くものと考えられる。

表 1.2-6 国有林における今後数年間の間伐量計画値（参考：主伐量）

	間伐量 (m3)	主伐量 (m3)
津軽	131,805	66,168
東青	81,200	81,200
下北	110,794	86,926
三八上北	138,200	27,100
合計	461,999	261,394

(出典) 各森林計画区の国有林野施業実施計画書よりみずほ情報総研作成

一方、青森県における平成 22 年度（2010 年度）の民有林の間伐面積は 0.6 万 ha である。また、過去 20 年も 0.4～0.6 万 ha 前後で推移している（図 1.2-11）。

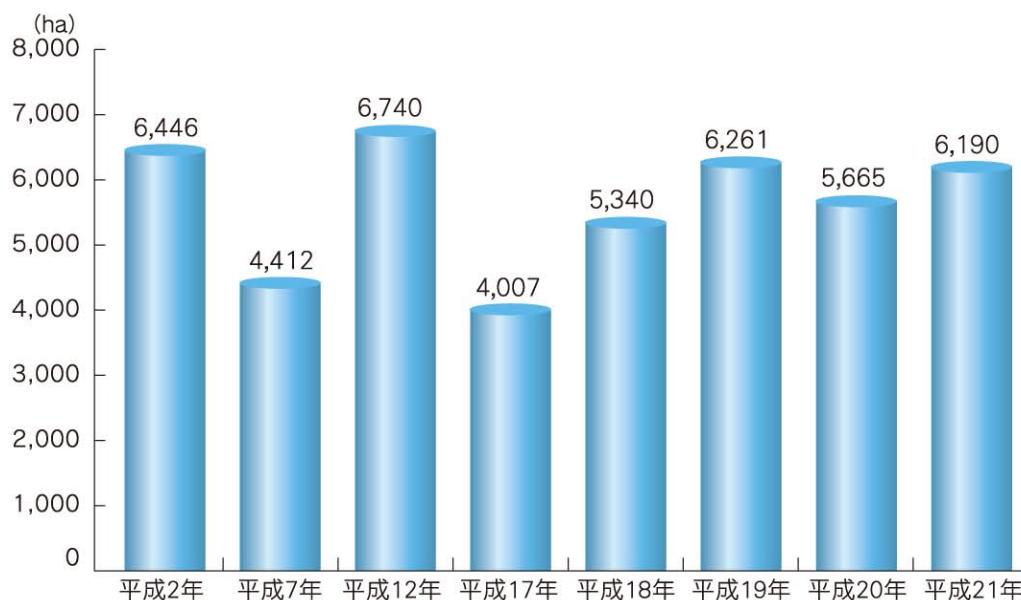


図 1.2-11 除間伐面積の推移

(出典) 青森県（2010）青森県の森林・林業（概要）

民有林については、青森県での伐採量の実績が無い場合、以下に示す過去の全国の間伐実績値を基に推計を行う（表 1.2-7）。全国における間伐面積と間伐材積の実績から、平成 5 年度（1993 年度）から平成 9 年度（1997 年度）までの民有林における伐採量原単位の平均は 19.0m³/ha であると計算される。

表 1.2-7 間伐面積、材積と利用状況の推移（民有林）

	平成 5年度	平成 6年度	平成 7年度	平成 8年度	平成 9年度	平均値	
間伐面積(千ha)	235	196	215	215	209	214	
間伐材積(万m3)	395	348	405	431	453	406	
利用されたもの	計	202	172	183	185	193	187
	製材	142	124	125	130	132	131
	丸太	40	33	34	33	32	34
	原材料	20	15	24	22	29	22
未利用のもの	193	176	222	246	260	219	
利用間伐材積率	51%	49%	45%	43%	43%	46%	
未利用間伐材積率	49%	51%	55%	57%	57%	54%	

(出典) 林野庁業務資料

(注 1) 間伐材積は丸太材積に換算した量である

(注 2) 丸太とは、足場丸太、杭、支柱等である

(注 3) 原材料とは、チップ、おがくず等である

以上より、平成 22 年度(2010 年度)の伐採量は約 12 万 m³ と推計される(表 1.2-8)。

表 1.2-8 民有林における間伐面積実績値および伐採量推計値（平成 22 年度（2010 年度））

	面積 (ha)	伐採量 (m ³)
民有林間伐面積	6,328	120,055

(出典) みずほ情報総研作成

(3) 森林バイオマスの現状

① 林地残材

素材生産時に発生する末木枝条および未利用間伐材とその末木枝条の合計値が現状の林地残材の量にあたる。前項において、素材生産量は把握済みであるので、ここではまず未利用間伐材の量を前項の値を用いて再整理し、県全体での林地残材発生量を把握する。すべての情報がそろっている平成 21 年度(2009 年度)値を用いた推計結果は 11.2 万 dry-t であった(表 1.2-9)。これらの林地残材は、山林に放置されている場合が大半であり、運搬が難しいものや可能であっても高いコストがかかる可能性がある。こうした状況を考慮すると、三八上北森林管理署におけるヒアリング結果によれば、利用率は最大で 50%程度ほどとのことである。ただし、許容可能なコストの上限により利用率は変動することに留意する必要がある。

表 1.2-9 林地残材発生量・利用可能量推計（平成 21 年度（2009 年度））

	林地残材 (m3)		
	幹	末木枝条	合計
素材	含まず	306,090	306,090
未利用間伐材（国有林）	143,798	81,965	225,763
未利用間伐材（民有林）	63,413	36,145	99,558
		林地残材発生量	631,411
		林地残材利用可能量	315,706

（出典）みずほ情報総研作成

以上の推計結果を元に、青森県内での林地残材の分布状況を以下に示した（図 1.2-12）。

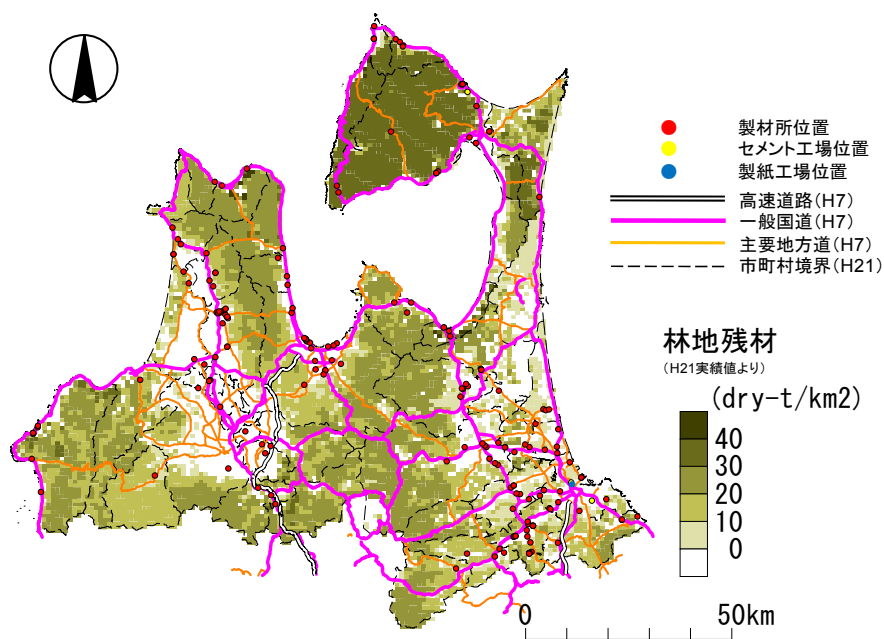


図 1.2-12 林地残材分布（平成 21 年度（2009 年度））

（出典）みずほ情報総研作成

1.2.2 三八上北森林計画区

ここでは、本調査におけるバイオマス利用の対象地域である八戸エリアが含まれる、三八上北森林計画区における森林・林業・森林バイオマスの現状について記載する。

(1) 森林の現状

①森林計画区

三八上北森林計画区の管内図を示す（図 1.2-13）。最も内陸寄りの奥羽山脈に国有林、それより沿岸よりの比較的なだらかな地域に民有林が分布する。

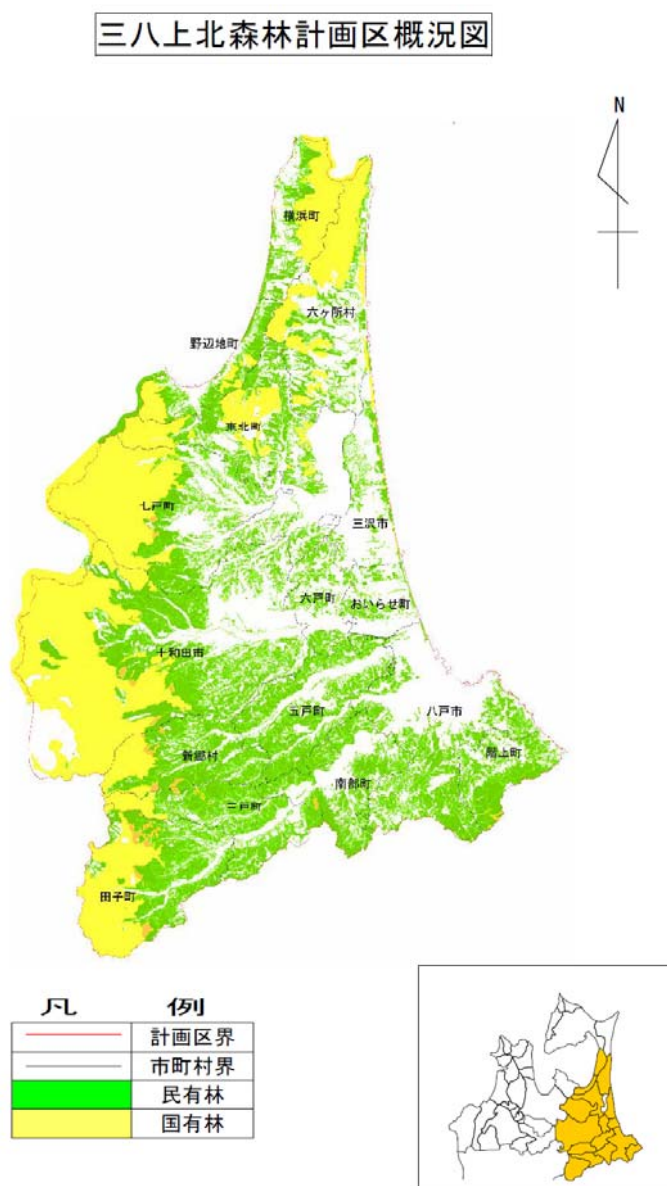


図 1.2-13 三八上北森林計画区管内図

(出典) 青森県 (2009) 三八上北地域森林計画書

②面積・蓄積の現状

青森県の平成 23 年度（2011 年度）版森林資源統計書の記載に基づき、三八上北地域に区分される市町村ごとに、森林面積および蓄積を示す（表 1.2-10）。面積・蓄積共に十和田市が非常に大きく（それぞれ 4.7 万 ha、8.7 百万 m³）、次いで七戸町が大きい（それぞれ 2.3 万 ha、3.9 百万 m³）。

表 1.2-10 三八上北地域における森林面積・蓄積

		面積 (ha)	蓄積 (1,000m ³)
	八戸市	10,211	1,676
	三戸町	9,749	1,703
	五戸町	9,290	1,930
	南部町	7,643	1,426
	田子町	19,313	3,485
	階上町	5,379	950
	新郷村	11,373	2,117
	十和田市	47,434	8,707
	三沢市	2,079	359
	七戸町	22,560	3,900
	東北町	13,879	2,871
	野辺地町	5,313	1,070
	六戸町	11,319	2,154
	横浜町	8,189	1,488
	おいらせ町	1,299	314
	六ヶ所村	4,312	693
総数		189,341	34,843

(出典) 青森県 (2011) 森林資源統計書よりみずほ情報総研作成

③国有林・民有林の現状

青森県の平成 23 年度（2011 年度）版森林資源統計書の記載に基づき、三八上北地域に区分される市町村ごとに、森林面積および蓄積を示す（表 1.2-11）。面積・蓄積共に十和田市が非常に大きく（それぞれ 4.7 万 ha、8.7 百万 m³）、次いで七戸町が大きい（それぞれ 2.3 万 ha、3.9 百万 m³）。

表 1.2-11 三八上北地域における国有林・民有林分布

	国有林		民有林	
	面積 (ha)	蓄積 (1,000m ³)	面積 (ha)	蓄積 (1,000m ³)
八戸市	0	0	10,211	1,676
三戸町	1,541	209	8,208	1,494
五戸町	0	0	9,290	1,930
南部町	0	0	7,643	1,426
田子町	9,676	1,519	9,637	1,966
階上町	0	0	5,379	950
新郷村	2,927	439	8,446	1,677
十和田市	27,852	4,495	19,582	4,212
三沢市	266	12	1,812	347
七戸町	14,839	2,205	7,721	1,695
東北町	6,132	1,132	7,747	1,739
野辺地町	1,995	410	3,318	659
六戸町	8,757	1,550	2,562	603
横浜町	5,160	987	3,029	501
おいらせ町	0	0	1,299	314
六ヶ所村	0	0	4,312	693
総数	79,146	12,960	110,195	21,882

（出典）青森県（2011）森林資源統計書よりみずほ情報総研作成

④ 齢級構成

青森県の平成 23 年度（2011 年度）版森林資源統計書を元に、三八上北地域の森林の齢級構成を示す（図 1.2-14、図 1.2-15）。現在、面積・蓄積が最も多いのが 10 齢級の樹木であり、面積は約 1.9 万 ha、蓄積は 4.2 百万 m³ に達する。次に多い 11 齢級の樹木がそれぞれ約 1.6 万 ha、3.6 百万 m³ である。

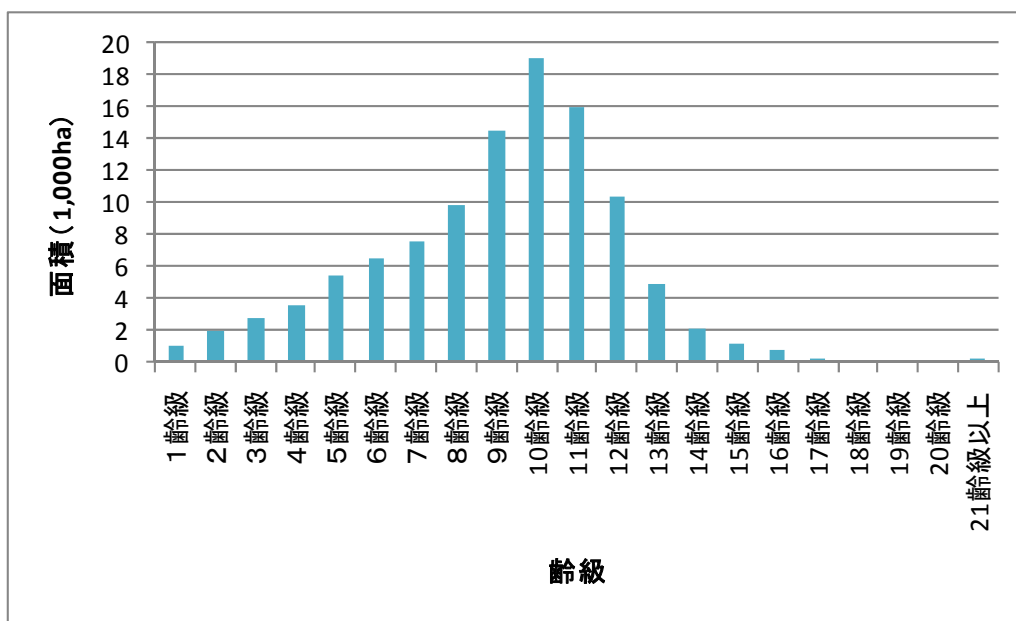


図 1.2-14 三八上北森林計画区の森林齢級構成（面積）

（出典）みずほ情報総研作成

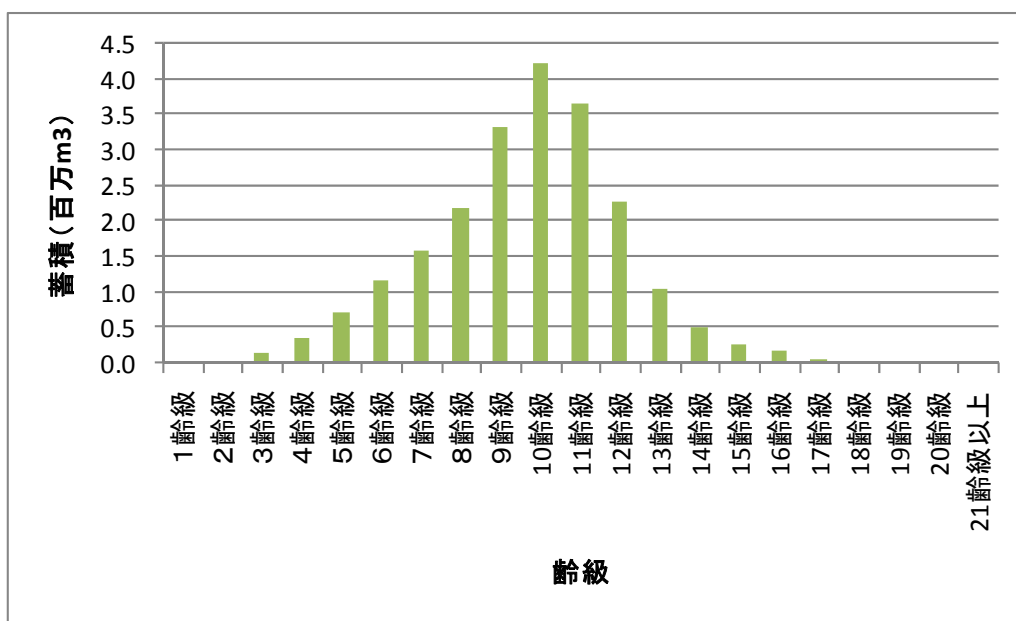


図 1.2-15 三八上北森林計画区の新林齢級構成（蓄積）

（出典）みずほ情報総研作成

三八上北森林計画区における人工林の齢級構成を以下に示す（図 1.2-16、図 1.2-17）。県全域での構成と同じく、10 齢級の樹木が最も多く、面積 1 万 ha 以上、蓄積 3 百万に達する。次いで多いのは 9 齢級の樹木であり、面積 1 万 ha、蓄積 2.8 百万 m³ に達する。樹種はスギが最も多く、次いでマツ類が多い。若い樹木では他の齢級に比べヒバが多い構成となっている。

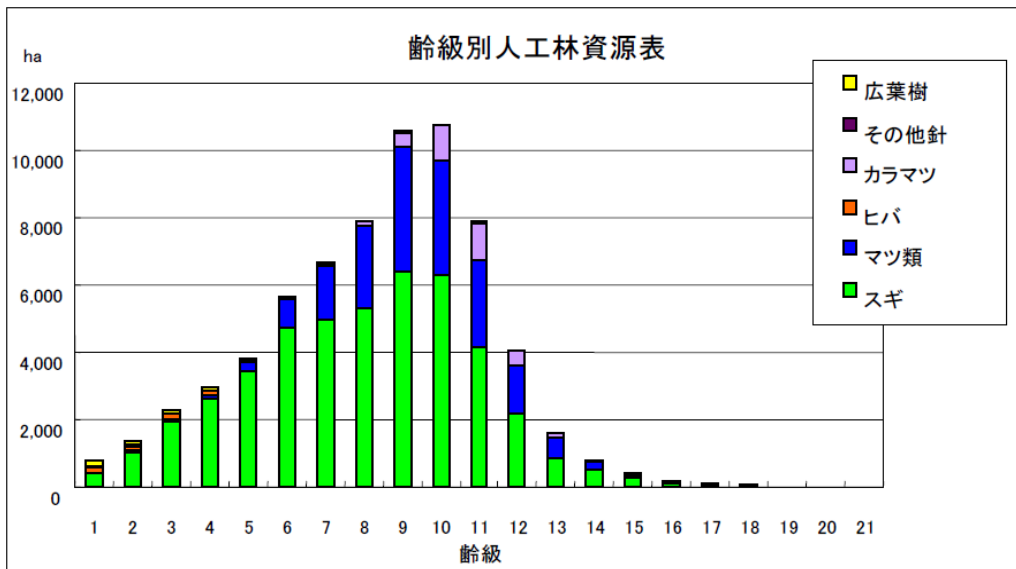


図 1.2-16 三八上北森林計画区の人工林齢級構成 (面積)

(出典) 青森県 (2009) 三八上北地域森林計画書

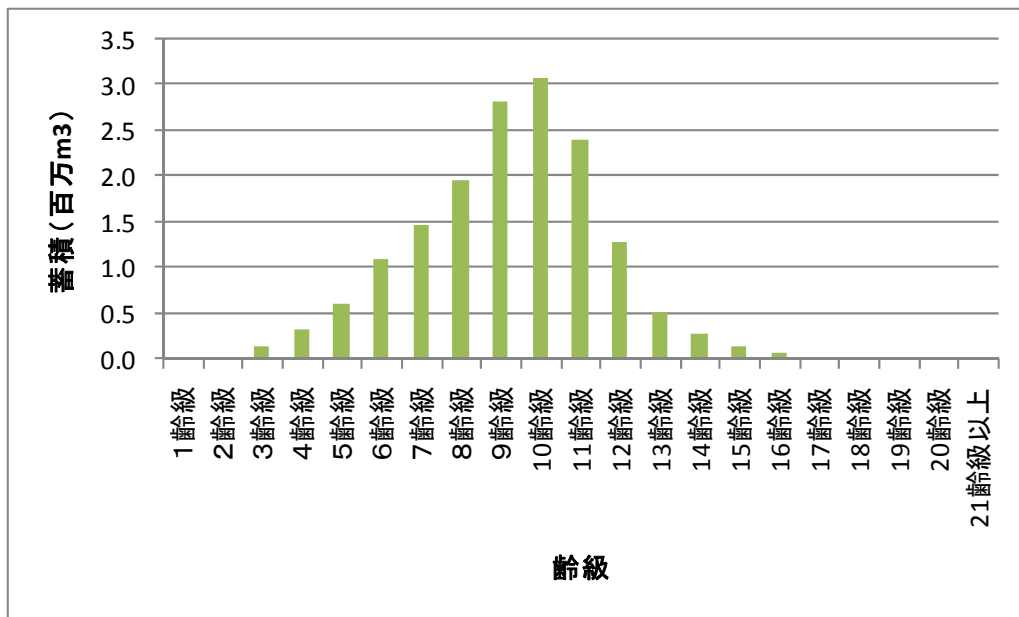


図 1.2-17 三八上北森林計画区の人工林齢級構成 (蓄積)

(出典) みずほ情報総研作成

(2) 林業の現状

①素材生産

三八上北森林計画区内の国有林における素材生産量は平成 22 年度実績で（2010 年度）4 万 m³ である。これは青森県全体での素材生産量 53.7 万 m³ の 7%にあたる。

三八上北地域の民有林における素材生産量については、統計データを今後入手するため、ここでは、推計値を示す。

三八上北地域森林計画書によれば、平成 21 年度（2009 年度）までの 5 年間での伐採立木材積は主伐が 77 万 m³、間伐が 76 万 m³ であることから、年平均でそれぞれ 15.4 万 m³、15.2 万 m³ が伐採されたことがわかる（表 1.2-12）。これらに、主伐・間伐それぞれの利用率をかけることで、素材生産量を推計した。このとき、間伐材利用率は過去の全国調査の結果から引用した（表 1.2-13）。以上から、民有林からの素材生産量は 22.4 万 m³ と推計された。これは青森県全体での素材生産量の 40%程度にあたる。

表 1.2-12 三八上北地域における民有林での素材生産量（平成 21 年度（2009 年度））

	主伐 (1,000m ³)	間伐 (1,000m ³)	合計
5 年間計	773	764	1,537
年平均	154	152	306
利用率	100%	46%	-
年間素材生産量	154	70	224

（出典）みずほ情報総研作成

表 1.2-13 間伐面積、材積と利用状況の推移（民有林）

	平成 5年度	平成 6年度	平成 7年度	平成 8年度	平成 9年度	平均値	
間伐面積(千ha)	235	196	215	215	209	214	
間伐材積(万m ³)	395	348	405	431	453	406	
利用されたもの	計	202	172	183	185	193	187
	製材	142	124	125	130	132	131
	丸太	40	33	34	33	32	34
	原材料	20	15	24	22	29	22
未利用のもの	193	176	222	246	260	219	
利用間伐材積率	51%	49%	45%	43%	43%	46%	
未利用間伐材積率	49%	51%	55%	57%	57%	54%	

（出典）林野庁業務資料

（注 1）間伐材積は丸太材積に換算した量である

（注 2）丸太とは、足場丸太、杭、支柱等である

（注 3）原材料とは、チップ、おがくず等である

②間伐

三八上北森林計画区の国有林での平成 22 年度（2010 年度）の間伐計画は約 0.2 万 ha、約 13.8 万 m³ であり、これをほぼ達成している（表 1.2-14）。このうち、素材生産量が 4 万 m³ であることを考慮すると、伐採された樹木の大半が林地に残されたままであると考えられる。

表 1.2-14 三八上北森林計画区における間伐計画値

	面積 (ha)	伐採量 (m ³)
5 年間計	10,352	691,000
年平均	2,070	138,200

（出典）三八上北森林管理署業務資料

三八上北地域の民有林間伐面積は平成 22 年度（2010 年度）の実績値で 0.3 万 ha である。この値および伐採量原単位を用いて推計すると、5 万 m³ の伐採量がある。利用率を過去の全国調査の結果を用いるとすると、半数以上が林地に残されている推計結果となる（表 1.2-15）。

表 1.2-15 三八上北森林計画区における民有林間伐実績と利用量推計

		間伐面積 ha	伐採量 m3	利用量 m3	未利用量 m3
	八戸市	188	3,574	1,644	1,930
	三戸町	159	3,009	1,384	1,625
	五戸町	116	2,202	1,013	1,189
	南部町	155	2,937	1,351	1,586
	田子町	384	7,292	3,354	3,938
	階上町	173	3,277	1,507	1,769
	新郷村	335	6,364	2,928	3,437
	十和田市	421	7,978	3,670	4,308
	三沢市	38	727	335	393
	七戸町	189	3,592	1,652	1,940
	東北町	291	5,515	2,537	2,978
	野辺地町	77	1,454	669	785
	六戸町	17	331	152	179
	横浜町	35	668	307	361
	おいらせ町	16	301	138	163
	六ヶ所村	69	1,310	603	708
民有林合計（平成 22 年度）		2,663	50,530	23,244	27,286
国有林（平成 22 年度）		2,070	138,200	12,900	125,300
合計		4,733	188,730	26,144	152,586

(出典) 青森県庁業務資料よりみずほ情報総研作成

(3) 森林バイオマスの現状

① 林地残材

未利用間伐材量および素材量から次の3つの値を推計した—「国有林における未利用間伐材とそれに付随する末木枝条」、「民有林における未利用間伐材とそれに付随する末木枝条」、「素材に付随していたものが運搬時に林地に残された末木枝条」。国有林の未利用間伐材と素材については市町村ごとの発生量内訳が明らかになっていないため、各市町村における国有林面積あるいは森林面積で按分した。

表 1.2-16 林地残材発生量推計結果

		国有林 未利用間伐材 m3	民有林 未利用間伐材 m3	素材由来 末木枝条 m3	林地残材 合計 m3
	八戸市	0	1,751	2,467	4,218
	三戸町	519	1,482	2,356	4,356
	五戸町	0	724	2,245	2,969
	南部町	0	2,395	1,847	4,242
	田子町	3,260	2,130	4,666	10,057
	階上町	0	2,391	1,300	3,691
	新郷村	986	2,755	2,748	6,489
	十和田市	9,385	4,449	11,461	25,295
	三沢市	90	392	502	984
	七戸町	5,000	2,269	5,451	12,720
	東北町	2,066	2,701	3,353	8,121
	野辺地町	672	1,748	1,284	3,704
	六戸町	2,951	221	2,735	5,906
	横浜町	1,739	308	1,979	4,025
	おいらせ町	0	107	314	421
	六ヶ所村	0	1,167	1,042	2,209
総数（発生量）		26,669	26,989	45,749	99,406
利用可能量		13,335	13,495	22,875	49,703

(出典) みずほ情報総研作成

1.2.3 将来推計

ここでは、上述の情報等に基づき実施した未利用間伐材等に係る将来推計結果について記載する。

(1) 蓄積

ここでは、森林資源の将来推計を記載する。ここまでは県内の全森林を対象に現状の記述を行ってきたが、森林バイオマスのエネルギー利用を考えた場合、また林業の施業を考えた場合、人工林の利用が中心になると推察される。人工林は主に針葉樹から構成される。したがって、本項で利用可能量を推計するにあたっては、針葉樹のうち特にスギ・ヒノキ・マツ類を対象とした。

推計の起点となる蓄積・面積量として平成 21 年（2009 年）値を使用したため、そこから 5 年後、20 年後の推計値を示す（図 1.2-18、図 1.2-19）。

なおこの推計は、4 齢級から 5 齢級にかけての 20%強度での間伐および 15 齢級での皆伐を行うとの条件に基づき実施している。

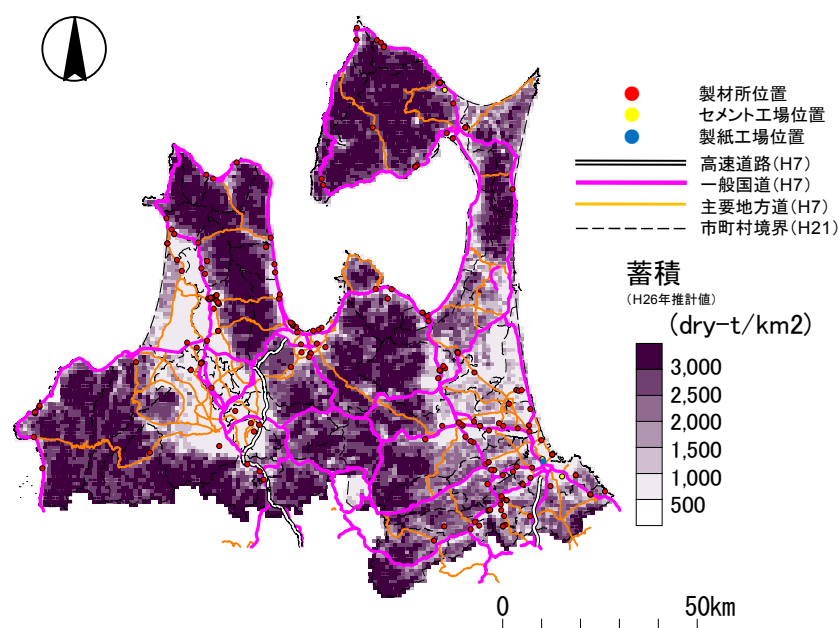


図 1.2-18 針葉樹林蓄積推計（平成 26 年度（2014 年度））

（出典）みずほ情報総研作成

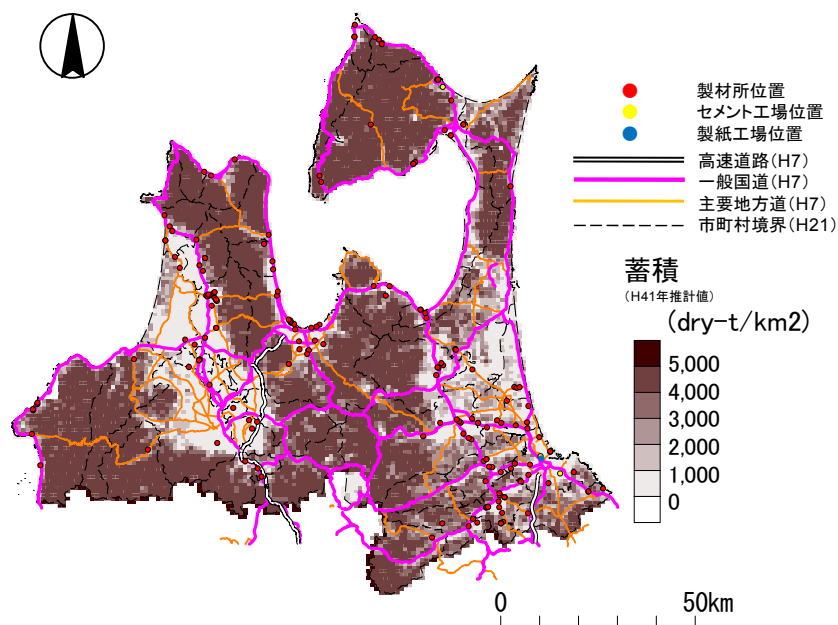


図 1.2-19 針葉樹林蓄積推計（平成 41 年度（2029 年度））

（出典）みずほ情報総研作成

次に、推計結果として、平成 21 年から平成 41 年までの針葉樹林の蓄積の推移を以下に示す（図 1.2-20）。

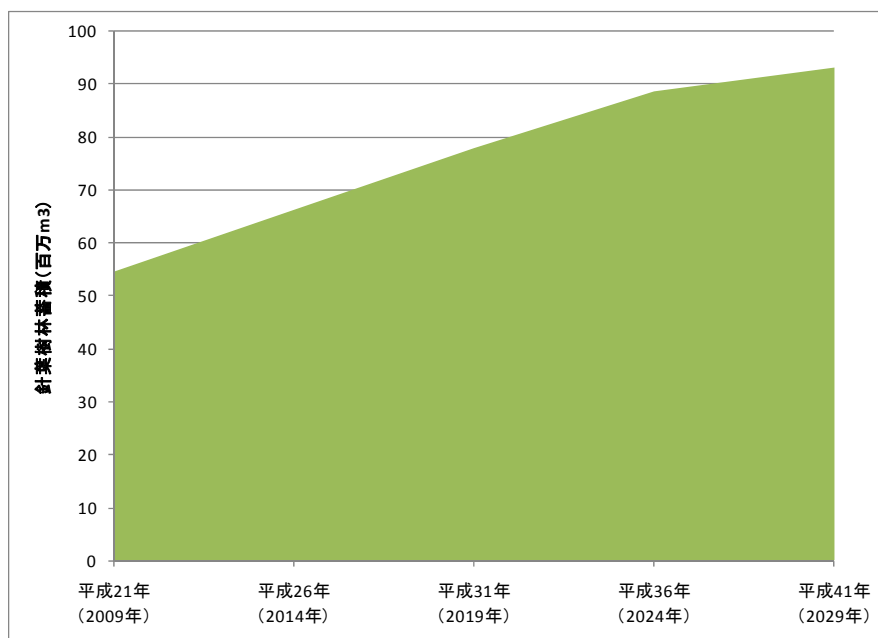


図 1.2-20 青森県の針葉樹蓄積推移

（出典）みずほ情報総研作成

(2) 素材需要量

平成 14 年度（2002 年度）以降の需要量推移と青森県の人口の推移は高い正の相関を示している。青森県の人口推計値から推計した県内需要量推移は以下の通りである（図 1.2-21）。人口減少に伴い需要量も平成 41 年度（2029 年度）10 万 m³ 程度にまで減少し続ける推計結果となった。県内での生産量もこれに伴い減少していくことが予測される。

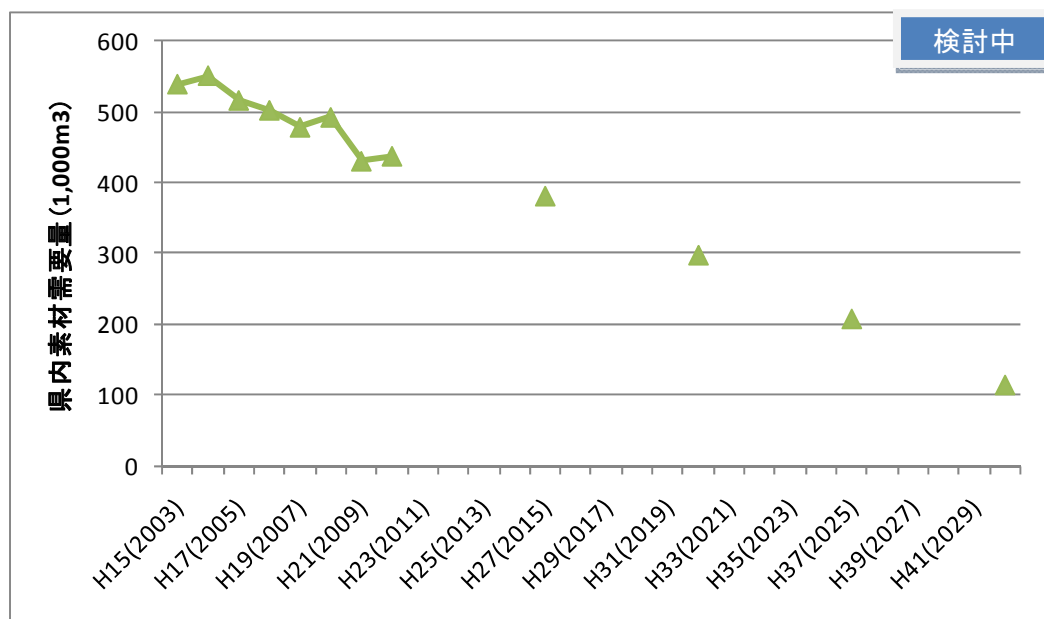


図 1.2-21 県内素材需要量推計

(出典) みずほ情報総研作成

(3) 素材収穫量

ここでは、青森県における間伐量の計画値および推計結果を記載する。

①主伐および間伐を最大限実施した場合

蓄積の項で示した、「4 齢級から 5 齢級にかけての 20%強度での間伐、7 齢級での間伐、および 15 齢級での皆伐を行う」との条件で伐採が行われた場合の素材収穫量を示す。現在 10 齢級前後の樹木が伐採期を迎える平成 36 年以降、収穫量は大きく増加するものと推計される（図 1.2-22）。この推計によると、平成 26 年（2014 年）には 2.5 百万 m³ の収穫、平成 41 年（2029 年）には約 9.5 百万 m³ の収穫が得られる。

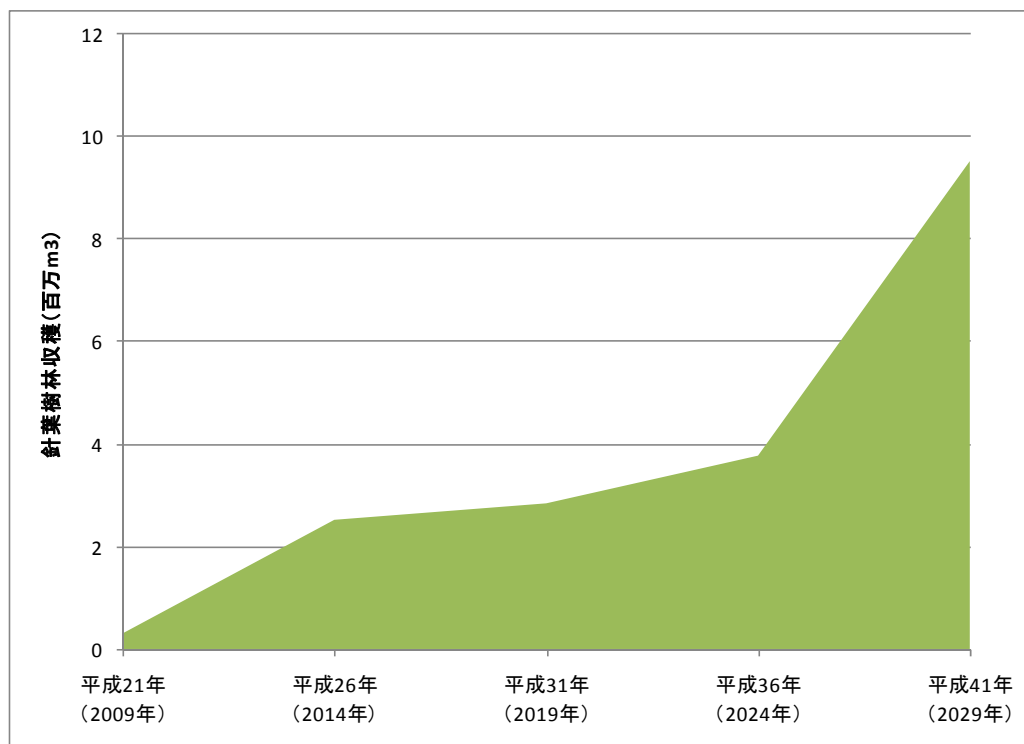


図 1.2-22 青森県の針葉樹林収穫量の推移

(出典) みずほ情報総研作成

②現状の計画がそのまま遂行された場合

国有林においては伐採にかかる計画が5年単位で立てられており、その通りに達成された場合の年平均収穫量を以下に示す(表 1.2-17)。それぞれの計画終了年度は異なっており、津軽森林計画区においては平成23年度(2011年度)まで、東青森林計画区においては平成27年度(2015年度)まで、下北森林計画区においては平成25年度(2013年度)まで、三八上北森林計画区においては平成26年度(2014年度)までの計画となっている。

計画が無い年については最終年の数値をそのまま踏襲すると仮定すると、平成27年度までの伐採量は毎年72万m³となる。

表 1.2-17 各森林計画区における国有林伐採量

	主伐 (1,000m ³)	間伐 (1,000m ³)	合計
津軽	66	132	198
東青	81	81	162
下北	87	111	198
三八上北	27	138	165
合計	261	462	723

(出典) 各森林計画区地域管理経営計画書よりみずほ情報総研作成

民有林においては、青森県が伐採にかかる計画が10年単位で立てており、中でも伐採量については前期と後期と5年ごとの総量が計画されている。び計画期間およその通りに達成された場合の年平均収穫量を以下に示す（表 1.2-18）。それぞれの計画終了年度は異なっており、津軽地域において平成28年度（2016年度）まで、東青地域において平成27年度（2015年度）まで、下北地域において平成26年度（2014年度）まで、三八上北地域において平成31年度（2019年度）までの計画である。

伐採計画は前期・後期（各5年）で値が定まっているため、それらの数値を元に、年平均の伐採計画量を算出した（表 1.2-19）。計画が無い年については最終年の数値をそのまま踏襲すると仮定して平成27年度までの伐採量を推計した（赤文字の箇所）。

表 1.2-18 各地域における民有林伐採量の計画期間・量（年度、1,000m³）

地域	前期		後期	
	期間	伐採量	期間	伐採量
津軽	H19-H23	455	H24-H28	439
東青	H18-H22	446	H23-H27	406
下北	H22-H26	1,432	H27-H31	1,339
三八上北	H16-H20	309	H21-H25	343

（出典）各地域における森林計画よりみずほ情報総研作成

表 1.2-19 各地域における民有林伐採量の年次変化（1,000m³）

年度	H23	H24	H25	H26	H27
津軽	91	87.8	87.8	87.8	87.8
東青	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2
下北	68.6	68.6	68.6	68.6	68.6
三八上北	286.4	286.4	286.4	286.4	267.8
合計	527.2	524	524	524	505.4

（出典）各地域における森林計画よりみずほ情報総研作成

以上から、国有林および民有林の平成27年度までの短期の収穫量推移を以下に示す（図 1.2-23）。計画通りに伐採が進めば、120万 m³ 程度の収穫が毎年得られる計算となる。

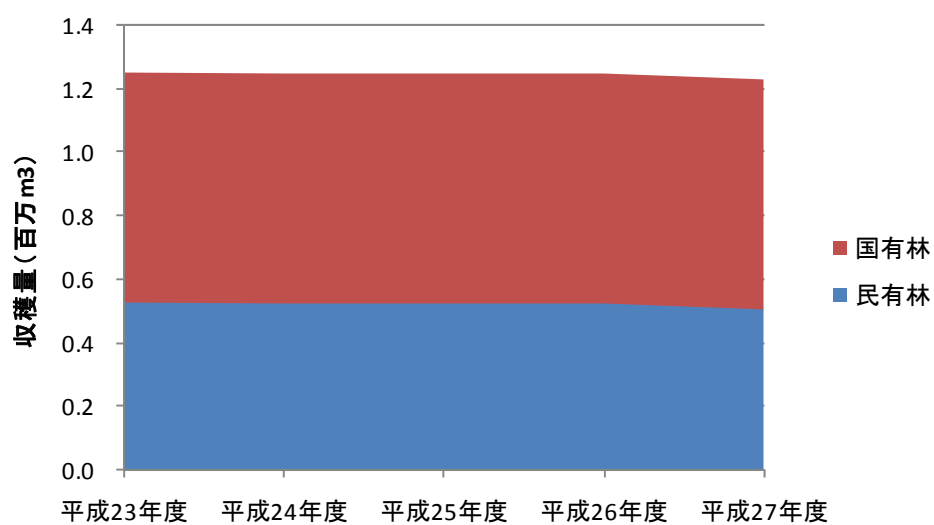


図 1.2-23 国有林および民有林の収穫量推移

(出典) みずほ情報総研作成

(4) 森林バイオマス

ここでは、森林バイオマスの将来推計を記載する。推計方法は次の2パターン実施した。森林バイオマスから最大限利用した場合と現行計画をそのまま遂行した場合（最小限利用した場合）である。

①主伐および間伐を最大限実施した場合

蓄積量の推計にあたって、平成21年（2009年）の蓄積量および面積を使用したため、そこから5年後、20年後の推計値を示す。なおこの推計は、4齢級から5齢級にかけての20%強度での間伐および15齢級での皆伐を行うとの条件に基づき実施している。

上記条件で伐採を行った場合、平成26年度（2014年度）に年間で得られる素材量および末木枝条の量は青森県内合計で約253万m³である。この分布状況を図に示す（図1.2-24）。

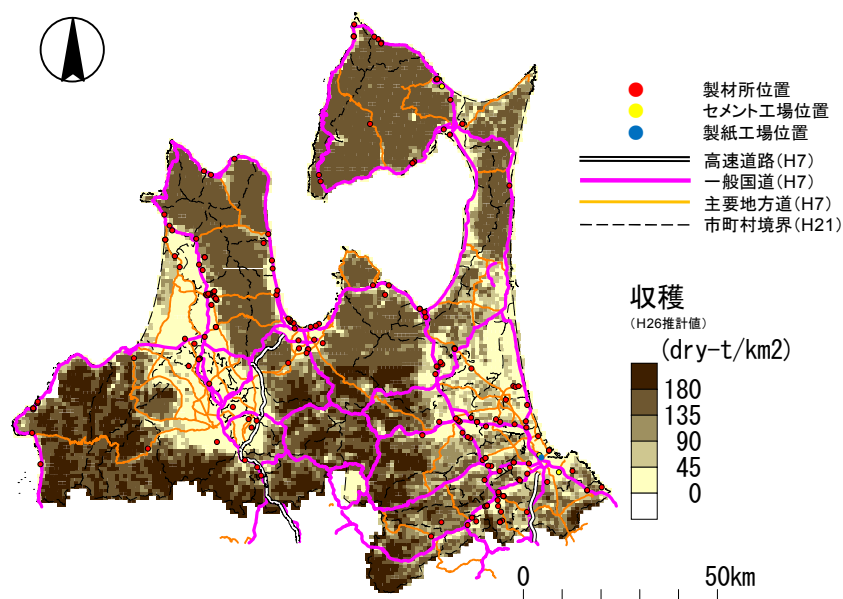


図 1.2-24 針葉樹林収穫推計（平成26年度（2014年度））

（出典）みずほ情報総研作成

次に、平成41年度（2029年度）に年間で得られる素材量および末木枝条の量は青森県内合計で約954万m³である。この分布状況を図に示す（図1.2-25）。

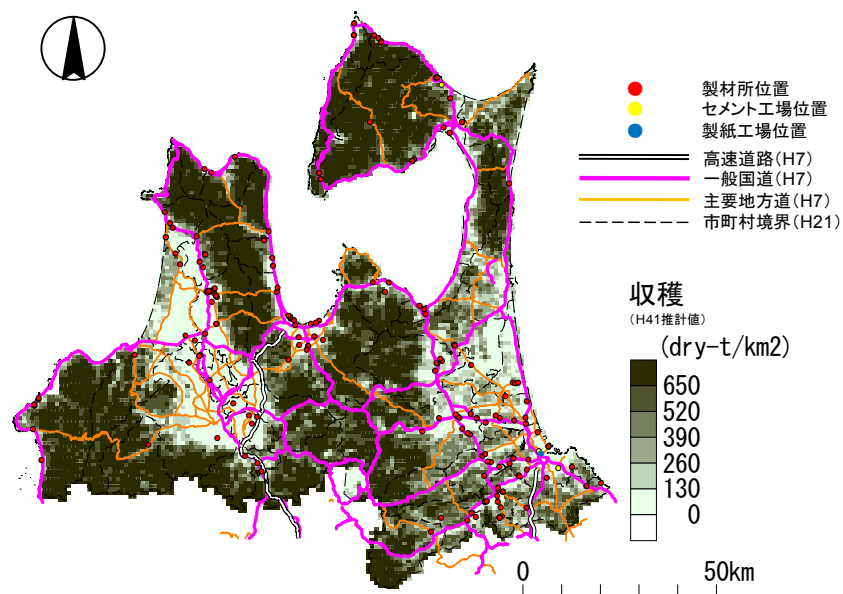


図 1.2-25 針葉樹林収穫推計（平成 41 年度（2029 年度））

（出典）みずほ情報総研作成

次に、上記条件で伐採を行った場合の、三八上北森林計画区内の各市町村における年間で得られる素材量および末木枝条の量を示す（表 1.2-20）。2014 年度には計画区内全体で約 114 万 m³ の収穫と推計されたが、2029 年度にはそれが 431 万 m³ にまで増加する、という推計結果となった。

表 1.2-20 三八上北森林計画区における針葉樹林収穫推計結果

年度	平成 26 年 (2014 年)	平成 31 年 (2019 年)	平成 36 年 (2024 年)	平成 41 年 (2029 年)
市町村	m3	m3	m3	m3
八戸市	69,132	78,013	103,529	261,117
三戸町	61,975	69,936	92,811	234,083
五戸町	56,817	64,115	85,086	214,599
南部町	49,097	55,405	73,526	185,444
田子町	117,196	132,251	175,508	442,657
階上町	35,970	40,590	53,867	135,860
新郷村	67,939	76,666	101,742	256,608
十和田市	278,387	314,149	416,899	1,051,483
三沢市	13,453	15,181	20,146	50,811
七戸町	133,097	150,195	199,320	502,716
東北町	82,402	92,987	123,401	311,237
野辺地町	29,153	32,898	43,658	110,113
六戸町	16,475	18,592	24,673	62,228
横浜町	45,543	51,393	68,203	172,018
おいらせ町	9,308	10,504	13,939	35,157
六ヶ所村	75,395	85,080	112,907	284,770
総数	1,141,339	1,287,956	1,709,215	4,310,899

(出典) みずほ情報総研作成

最後に、平成 26 年度（2014 年度）における森林バイオマスの利用可能量（最大の推計結果を示す。収穫量のうち、実際に山から下ろしてきてエネルギー利用に回すことができる割合を 50%とした場合の推計結果を占めず。なお、前項における素材需給の推計結果より、県産材の需給量は収穫量の推計結果に比べ非常に小さいため、ここでは考慮しなかった。今後、エネルギー利用以外の需要を考慮した推計を行う必要がある。利用可能量の推計結果は、青森県内合計で約 127 万 m³ である。この分布状況を図に示す（図 1.2-26）。またこの図で、八戸エリアに 1 万 wet-t 集めてくる場合に必要とされる範囲を円で示した。この推計の場合、八戸エリアを中心に 10km の距離からバイオマスを集めることで 1 万 wet-t 収集することが可能、との結果になった。

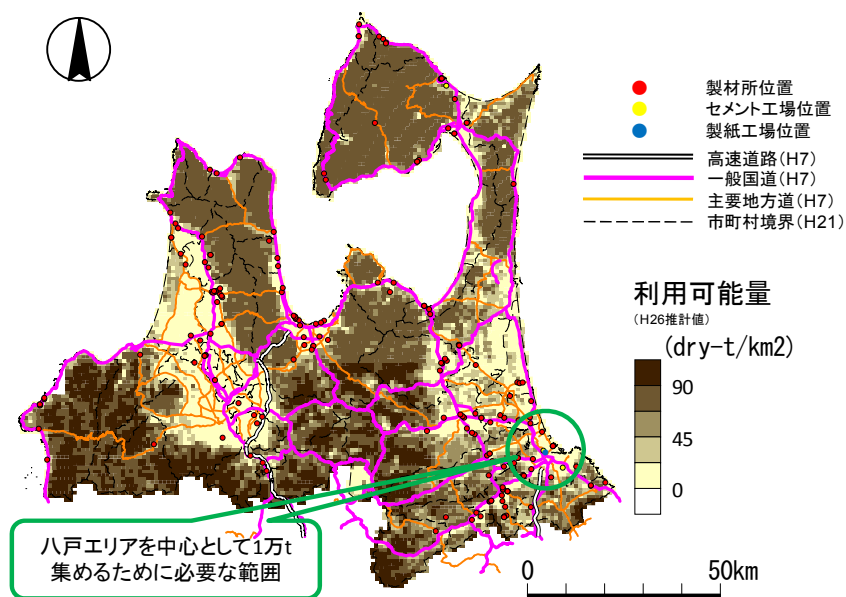


図 1.2-26 発電所用バイオマスの収集に要する範囲

(出典) みずほ情報総研作成

また、三八上北森林計画区内の各市町村における利用可能量は以下の通りである (表 1.2-21)。2014 年度には計画区内全体で約 57 万 m³ の収穫と推計され、2029 年度にはそれが約 216 万 m³ にまで増加する、という推計結果となった。

表 1.2-21 三八上北森林計画区における針葉樹林利用可能量推計結果

年度	平成 26 年 (2014 年)	平成 31 年 (2019 年)	平成 36 年 (2024 年)	平成 41 年 (2029 年)
市町村	m3	m3	m3	m3
八戸市	34,566	39,007	51,765	130,558
三戸町	30,988	34,968	46,405	117,041
五戸町	28,408	32,058	42,543	107,300
南部町	24,549	27,702	36,763	92,722
田子町	58,598	66,126	87,754	221,329
階上町	17,985	20,295	26,933	67,930
新郷村	33,969	38,333	50,871	128,304
十和田市	139,194	157,074	208,450	525,741
三沢市	6,726	7,590	10,073	25,406
七戸町	66,549	75,098	99,660	251,358
東北町	41,201	46,494	61,701	155,618
野辺地町	14,577	16,449	21,829	55,056
六戸町	8,238	9,296	12,336	31,114
横浜町	22,771	25,697	34,101	86,009
おいらせ町	4,654	5,252	6,970	17,578
六ヶ所村	37,697	42,540	56,454	142,385
総数	570,670	643,978	854,607	2,155,450

(出典) みずほ情報総研作成

②現状の計画がそのまま遂行された場合

前項で述べたとおり、国有林および民有林それぞれで間伐・主伐量の計画が立てられている。この値がその通りに遂行され、それ以上の伐採が行われなかった場合の推計を行った。このとき、伐採量と末木枝条の合計から、県産材の需要量 53.7 万 m³（仮に平成 21 年度（2009 年度）の値を用いる）を除いた。

上記条件で推計を行った場合、平成 26 年度（2014 年度）に年間で得られる林地残材量は青森県内合計で約 22 万 m³ である。この分布状況を図に示す（図 1.2-27）。

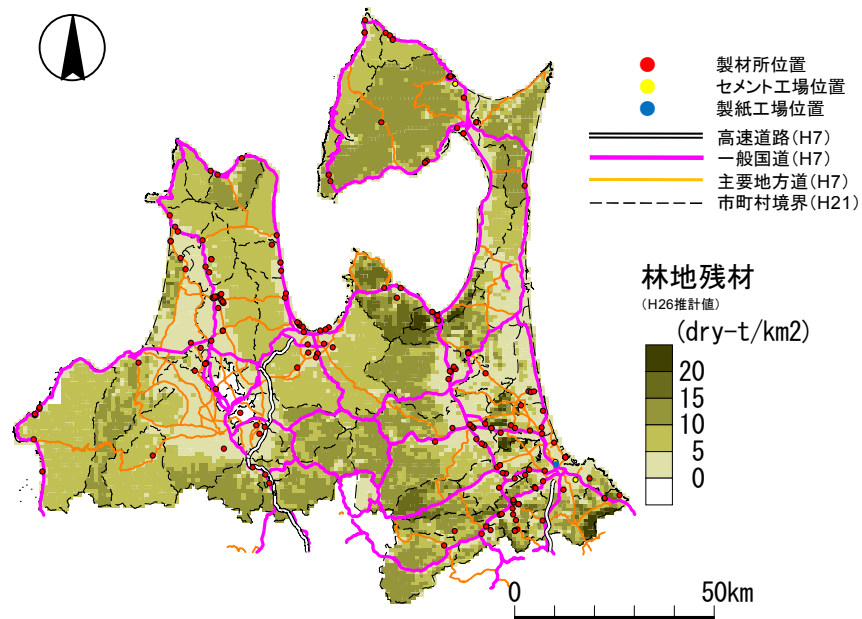


図 1.2-27 林地残材発生量推計（平成 26 年度（2014 年度））

（出典）みずほ情報総研作成

次に、平成 26 年度（2014 年度）における森林バイオマスの利用可能量（最小）の推計結果を示す。収穫量のうち、実際に山から下ろしてきてエネルギー利用に回すことができる割合を 50%とした場合の推計結果を占めず。利用可能量の推計結果は、青森県内合計で約 11 万 m³ である。この分布状況を図に示す（図 1.2-28）。またこの図で、八戸エリアに 1 万 wet-t 集めてくる場合に必要とされる範囲を円で示した。この推計の場合、八戸エリアを中心に 40km の距離からバイオマスを集めることで 1 万 wet-t 収集することが可能、との結果になった。

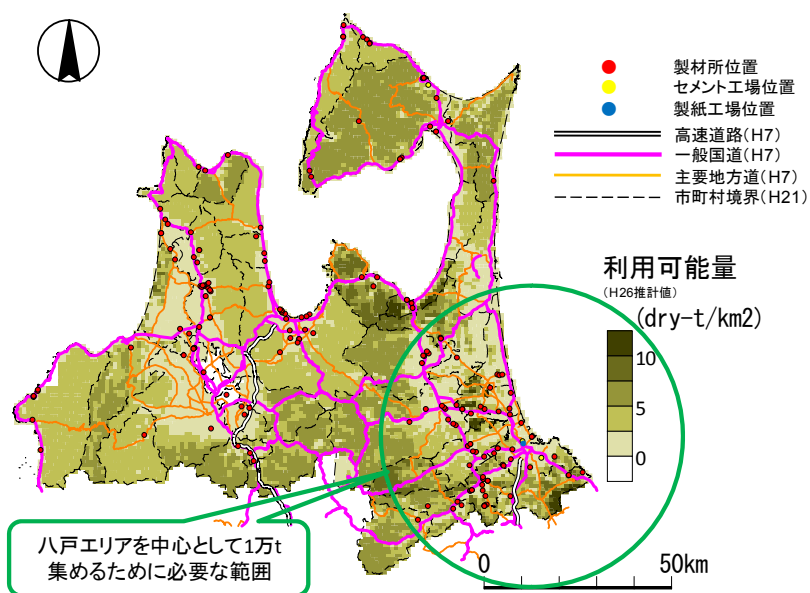


図 1.2-28 発電所用バイオマスの収集に要する範囲

(出典) みずほ情報総研作成

表 1.2-22 三八上北森林計画区における林地残材発生・利用可能量推計結果

平成 26 年度		林地残材発生量 (m3)	利用可能量 (m3)
	八戸市	6,739	3,369
	三戸町	6,238	3,119
	五戸町	5,236	2,618
	南部町	6,162	3,081
	田子町	11,528	5,764
	階上町	5,063	2,532
	新郷村	8,335	4,167
	十和田市	27,506	13,753
	三沢市	1,408	704
	七戸町	13,240	6,620
	東北町	9,490	4,745
	野辺地町	4,369	2,184
	六戸町	5,697	2,849
	横浜町	4,274	2,137
	おいらせ町	738	369
	六ヶ所村	3,286	1,643
総数		119,308	59,654

(出典) みずほ情報総研作成

1.3 製材廃材利用可能量調査

1.3.1 製材工場の現状

青森県の製材工場数および動力階層別工場数を以下に示す（図 1.3-1）。は、平成 2 年（1990 年）には 348 件であったが平成 21 年（2009 年）には 132 件となっており 1990 年比で 40%を割るまでに減少している。素材消費量が 90 万 m³ から 17 万 m³ まで減少しており 1990 年比で 20%を下回っている。

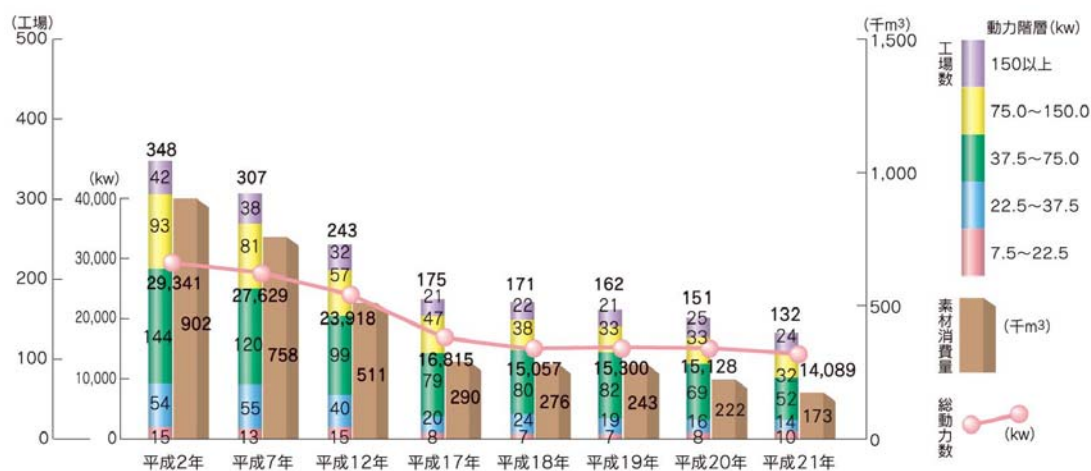


図 1.3-1 青森県の製材工場数

(出典) 青森県 (2010), 青森県の森林・林業 (概要)

1.3.2 製材廃材利用可能量

平成 21 年（2009 年）に、弊社により青森県内の製材工場に対して、バイオマス資源の利活用状況についてアンケートを実施した。アンケート配布数は住所の確認できる製材工場等木材関連施設 159 件。そのうち 15%の 24 件から得た回答を集計したものを以下に示す。

アンケート結果からは、十和田市における製材廃材の利用可能量が最も多いと考えられ、約 4 万 m³ (2 万トン) 程度は利用可能と想定される。

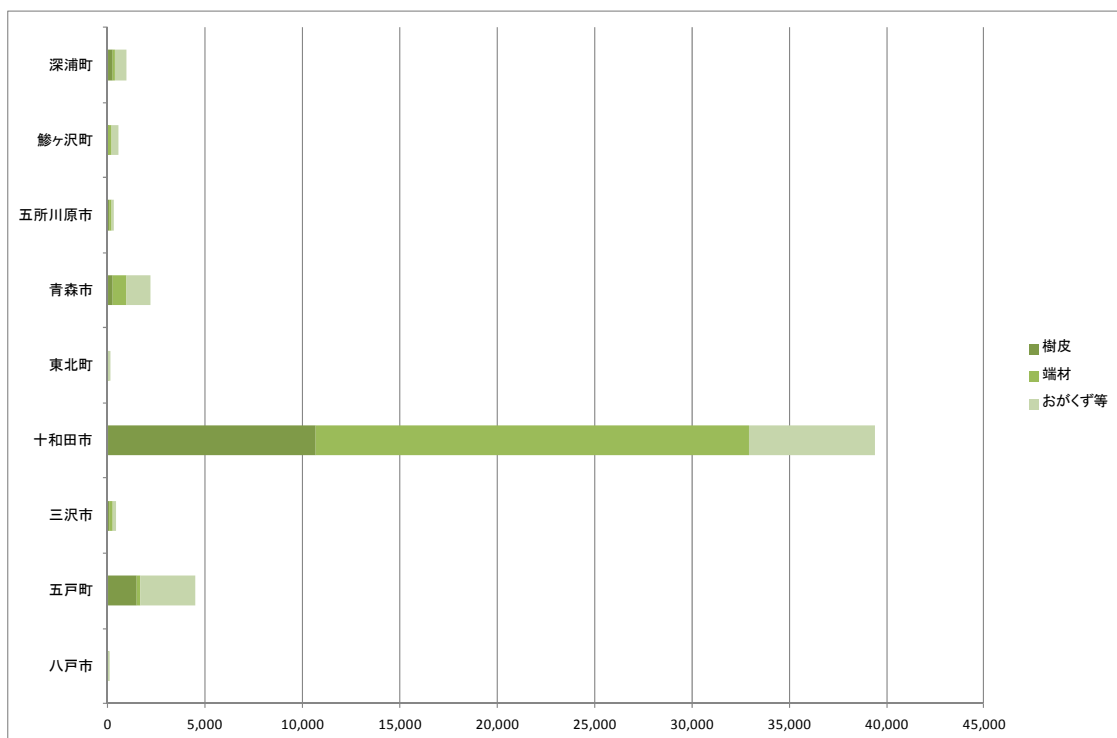


図 1.3-2 製材廃材利用可能量の最小値 (m³)

1.4 バイオマス原料供給の将来推計

バイオマス資源量の調査の結果をとりまとめたものを以下に示す。

1.4.1 短期における原料供給の可能性

2014 年までの直近の 3 年間における青森県における資源量を以下に示す。(図 1.4-1)

2012 年には木質系震災廃棄物があるものと考えられるが、2013 年までに処理は終了し、製材廃材や未利用間伐材のみを利用した取組を実施する必要がある。県内での資源量は約 9 万トン程度と見込まれる。

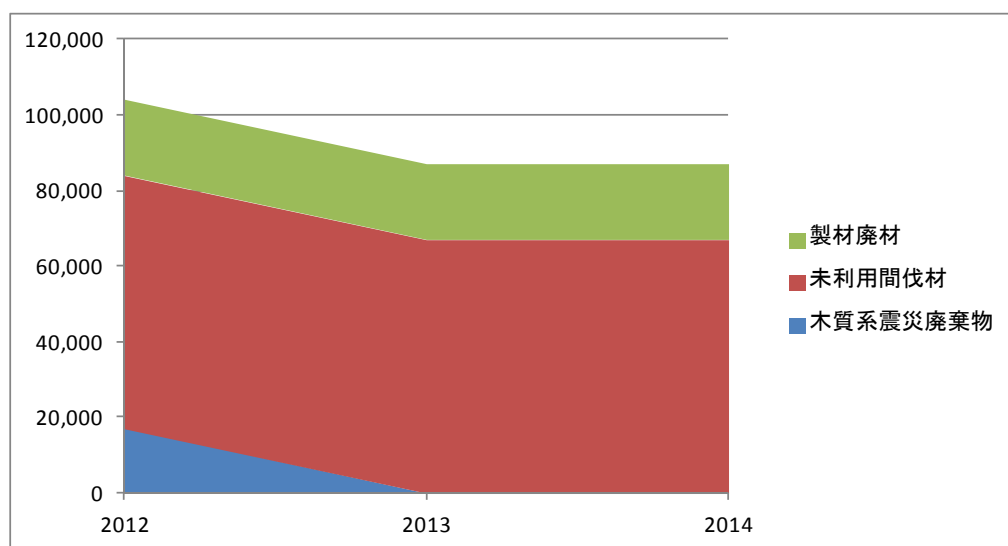


図 1.4-1 短期における原料供給量の推移 (トン/年)

1.4.2 長期における原料供給の可能性

2029 年までの長期での青森県の資源の供給ポテンシャルを以下に示す。(図 1.4-2)

2025 年までで考えると約 30 万トンの供給力があるものと考えられる。2025 年以降は伐期を迎えた森林が多く発生し、70 万トンまで膨れ上がる。しかし、その後は徐々に供給ポテンシャルは減少するものと考えられたため、現時点から新規植林をする必要が高い。

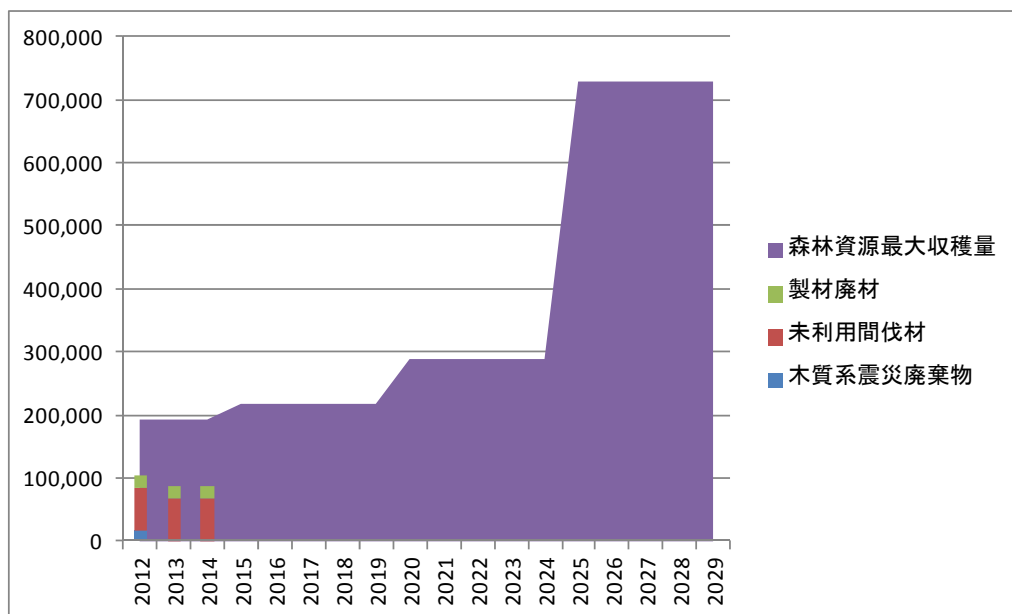


図 1.4-2 長期における原料供給可能量の推移 (トン/年)

2. 地域のエネルギー需要量の把握

2.1 八戸市のエネルギー需要

(1) 製造業

八戸市は、製紙産業や基礎素材型産業等製造業の産業集積が進み、北東北を代表する工業都市である。八戸市を代表する企業は、エネルギー多消費産業が多く、それら産業を中心に、大規模なエネルギー需要家が存在している地域となっている。

八戸市の製造業におけるエネルギー消費量は、以下のように推計される。

表 2.1-1 製造業における主なエネルギー種別消費量

(単位：TJ)

		石炭	石炭 製品	石油製品			都市 ガス
				軽質油製品	重質油製品	石油ガス	
化学・化繊・紙パ	青森県	0.0	0.0	0.0	663.0	7.5	0.0
	八戸市	0.0	0.0	0.0	476.2	5.4	0.0
鉄鋼・非鉄・窯業土石	青森県	9,406.8	3,067.6	92.9	4,075.4	1.1	0.0
	八戸市	2,283.1	744.5	22.6	989.2	0.3	0.0
他業種・中小製造業	青森県	3.4	0.0	56.6	369.5	60.3	192.0
	八戸市	1.3	0.0	21.9	142.9	23.3	74.2

(出典) RIETI「都道府県別エネルギー消費統計」より推計

(注) 八戸市の値は、製造品出荷額等で案分して推計した

表 2.1-2 製造業における電力消費量

(1,000kWh)

	青森県	八戸市
食料品	215,440	65,957
繊維	21,017	733
パルプ・紙	59,509	50,174
化学	12,062	3,374
セメント	131,823	47,431
鉄鋼	819,785	754,748
非鉄一次	49,759	2,911
窯業土石金属	6,802	2,821
その他	375,443	128,155
総計	1,691,630	1,056,303

(出典) 青森県「青森県統計年鑑」より推計

(注) 八戸市の値は、製造品出荷額等で案分して推計した

(2) 非製造業

八戸市における農業は、都市近郊型農業が展開されており、施設園芸野菜や果樹・畜産等、集団的な生産が展開されている。エネルギー消費自体は多くないと予想されるものの、養鶏なども盛んな地域であり、相応のエネルギー消費があるものと考えられる。水産業の拠点である八戸港では、平成 21 年の水揚げ高は、数量が 139,275 トンで全国第 3 位、金額が 216 億 9411 万円で全国第 7 位と、全国でも有数の漁港であり、漁船に使用される重油や水産加工等で多くのエネルギーが消費されている。

表 2.1-3 非製造業における主なエネルギー種別消費量

(単位：TJ)

		石炭	石炭製品	石油製品			都市ガス
				軽質油製品	重質油製品	石油ガス	
農林水産業	青森県	0.0	0.1	868.0	6,195.4	26.2	9.6
建設業・鉱業	青森県	1.5	4.7	1,513.9	408.3	2.5	387.3
	八戸市	0.3	0.8	252.4	68.1	0.4	64.6

(出典) RIETI「都道府県別エネルギー消費統計」より推計

(注)「建設業・鉱業」は鉱業に供するエネルギーは少ないと仮定し、建築着工面積で案分して推計。「農林水産業」は農林水産に渡る適当な指標がないため、青森県の値のみ掲載した

(3) 家庭

北東北随一の工業都市である八戸市は、平成 23 年 2 月現在で、104,117 世帯、241,256 人の人口を有している。また寒冷的な気候であり、灯油等の暖房エネルギー需要が多く存在する。

表 2.1-4 家庭におけるエネルギー種別消費量

(単位：TJ)

	電気	都市ガス	LPG	灯油
青森県	11,147	2,370	3,796	15,366
八戸市	1,997	425	680	2,753

(出典) 住環境計画研究所「家庭用エネルギー統計年報」より推計

(注) 東北地域のエネルギー種別消費原単位に世帯数を乗じて推計した

2.2 既存バイオマス利用設備調査

青森県八戸市周辺において、現在木質バイオマスエネルギーがどの程度利用されているかの把握を行う。ここでは、セメント工場、製紙工場、その他利用施設について把握を行う。

2.2.1 セメント工場

社団法人セメント協会によると、青森県においてセメント工場は、三菱マテリアル青森

工場（下北郡東通村）と八戸セメント八戸工場（八戸市）の2つの工場が操業している。

セメント協会では、セメント業界における廃棄物・副産物使用量をまとめており、木質バイオマスとしては、「木くず」という項目が挙げられている。木質バイオマス利用量の推計にはこの数値を利用することとし、これをセメント協会加盟事業者のクリンカ製造能力で案分することで推計値とした。

八戸市におけるセメント工場の木質バイオマスの推計利用量は以下のような値となる。

表 2.2-1 セメント工場における木質バイオマス推計利用量

	木くず (千 t)
八戸市におけるセメント工場の推計利用量	9.9

(出典)セメント協会「セメントハンドブック」より推計

(注)セメント製造において木質バイオマスは、熱エネルギーだけではなく原料としても利用されるが、ここでは全量熱エネルギーとして回収されていると仮定して推計している。

2.2.2 製紙工場

日本製紙連合会によると青森県において製紙工場は、三菱製紙八戸工場の1工場が操業している。

日本製紙連合会では、「環境に関する自主行動計画（温暖化対策）」フォローアップにおいて、燃料転換投資計画によるバイオマス燃料、廃棄物燃料使用量をまとめており、木質バイオマスとしては、「廃材、バーク」が項目として挙げられている。木質バイオマス利用量の推計にはこの数値を利用することとし、これを製紙連合会加盟事業者の紙・板紙生産量で案分し事業者ごとの使用量を求め、さらに八戸市に立地している工場の生産量で案分することで推計値とした。

八戸市における製紙工場の木質バイオマスエネルギーの推計利用量は以下のような値である。

表 2.2-2 製紙工場における木質バイオマス推計利用量

	廃材、バーク (BD-千 t)
八戸市における製紙工場の推計利用量	52.2

(出典)日本製紙連合会「紙・板紙統計年報」、日本製紙連合会「環境に関する自主行動計画（温暖化対策）」フォローアップ調査結果」より推計

2.2.3 その他バイオマス利用施設

その他木質バイオマス利用施設として、ペレット燃料、チップ製造施設がある。青森県内には、以下の製造工場が存在する。

表 2.2-3 製材工場における木質バイオマス推計利用量

	木質受入量 (t)	備考
津軽開発協同組合	2,437	—
有限会社白神バイオエネルギー	650	2007 年度チップ製造量 790m ³ より推計
有限会社横浜製材所	200	—

(出典) 青森県「バイオマスあおもり事例集」

2.3 新たなバイオマス利用設備調査

現在木質バイオマスエネルギーが利用されている既存利用設備以外に、今後新たにバイオマスエネルギー利用の可能性のあるかの把握をここでは行った。

2.3.1 エネルギー多消費施設

バイオマスエネルギーの利用、導入を検討する事業者には、その事業活動において、熱の需要が存在すること、あるいは、電力需要が相応にあり自家発電により利用することが考えられる。いずれのケースにおいても、エネルギー消費量が大きい施設、工場においては、バイオマスエネルギー利用の検討余地があるといえる。

八戸市内における主要なエネルギー消費施設は、例えば以下のような施設・工場が挙げられる

表 2.3-1 主なエネルギー多消費施設（エネルギー指定管理工場）

指定区分	事業者	工場名	細分類名
1種	八戸製錬株式会社	八戸製錬所	亜鉛第1次製錬・精製業
1種	大平洋金属株式会社		高炉によらない製鉄業
1種	東北電力株式会社	八戸火力発電所	発電所
1種	三菱製紙株式会社	八戸工場	洋紙製造業
1種	八戸セメント株式会社	八戸工場	セメント製造業
1種	株式会社大平洋ガスセンター		圧縮ガス・液化ガス製造業
1種	北日本くみあい飼料株式会社	八戸工場	配合飼料製造業
1種	陸上自衛隊	八戸駐屯地	行政機関
1種	青森県	八戸工業用水道管理事務所	工業用水道業
1種	中部飼料株式会社	八戸工場	配合飼料製造業
1種	海上自衛隊	八戸航空基地	行政機関
1種	八戸市	八戸市民病院	一般病院
1種	住金鉱業株式会社	八戸鉱業所	石灰石鉱業
1種	東京製鋼株式会社	東北棒鋼事業部八戸工場	製鋼・製鋼圧延業
1種	高周波鑄造株式会社		鋳鉄鑄物製造業(鑄鉄管、可鍛鑄鉄を除く)
1種	エプソントミックス株式会社		高炉によらない製鉄業
1種	株式会社大平洋エネルギーセンター	北沼発電所	発電所
1種	イーアイエス株式会社		その他の電子部品・デバイス・電子回路製造業
1種	八戸東洋株式会社		めん類製造業
1種	アンデス電気株式会社	オプトエレクトロニクス	液晶パネル・フラットパネル製造業
1種	株式会社ハチカン	本社冷食工場	冷凍調理食品製造業
1種	八戸ショッピングセンター開発株式会社	八戸ショッピングセンター ラビア	貸事務所業
2種	東北グリーンターミナル株式会社		倉庫業(冷蔵倉庫業を除く)
2種	シチズンセイミツ八戸株式会社		液晶パネル・フラットパネル製造業
2種	コープケミカル株式会社	八戸工場	複合肥料製造業
2種	株式会社中合	三春屋店	百貨店、総合スーパー
2種	ホクト化学工業株式会社	八戸工場	発泡・強化プラスチック製品加工業
2種	合同酒造株式会社	八戸工場	清酒製造業
2種	さくら野東北株式会社	さくら野百貨店八戸店	百貨店、総合スーパー
2種	八戸地域広域市町村圏事務組合	八戸清掃工場	ごみ処分業
2種	日和産業株式会社	八戸工場	配合飼料製造業
2種	東北森紙業株式会社	八戸事業所	段ボール製造業
2種	エムオールシーユニテック株式会社	本社工場	その他の有機化学工業製品製造業
2種	プライフーズ株式会社	第一プロイラーカンパニー細谷工場	部分肉・冷凍肉製造業
2種	八戸圏域水道企業団	川中島ポンプ場	上水道業
2種	日本赤十字社	青森県支部八戸赤十字病院	一般病院
2種	アルバック東北株式会社		フラットパネルディスプレイ製造装置製造業
2種	株式会社ハチカン	本社常温工場	水産缶詰・瓶詰製造業

(出典) 資源エネルギー庁「エネルギー管理指定工場名簿」平成22年3月31日現在

このうち、バイオマスエネルギー設備の導入ということについて事業者として現実的な観点から考慮すると、バイオマス発電による発電利用よりも、バイオマス熱利用の方が現実的と考えられる。また、バイオマス熱利用を検討する事業者は、現在の事業活動において「熱需要が存在し、ボイラを所有している」ということが想定される。

そこで、現在ボイラを保有している八戸市内の事業者に対して、バイオマスエネルギー利用に関しての意向を電話および FAX にての聞き取りを行った。

食料品製造業をはじめとして、計 10 社にバイオマスエネルギー利用の意向の聞き取りを行ったが、上記に示すとおり、新たにバイオマスエネルギーの利用について考えるには、「現在利用している設備の更新時期」あるいは、「新規熱需要の創出（事業の拡大、既存設備の喪失など）」ということがない限り、事業者にとっては検討の俎上に乗らないものであった。

表 2.3-2 バイオマスエネルギー利用に関する意向結果

業種	方法	状況
飲料・たばこ・飼料製造工場 A	FAX	・設備導入計画が全くない。
飲料・たばこ・飼料製造工場 B	FAX	・震災により、新規ガスボイラを導入した ・当面バイオマスボイラ導入の予定がない。
飲料・たばこ・飼料製造工場 C	FAX	・天然ガス導入に合わせ更新計画中 ・バイオマスは考えていな
化学工業工場 A	FAX	・バイオマスエネルギー導入予定がない。
窯業・土石製品製造工場 A	FAX	・既にバイオマスボイラ運転中。
食料品製造業工場 A	TEL	・すでに温暖化対策は実施済 ・バイオマスボイラ導入は考えていない
食料品製造業工場 B	TEL	・バイオマスの導入は検討していない
食料品製造業工場 C	TEL	・バイオマスの導入は検討していない
食料品製造業工場 D	TEL	・バイオマスの導入は検討していない
食料品製造業工場 E	TEL	・バイオマスの導入は検討していない

2.3.2 工業団地

青森県には工業団地が 23 か所存在し、そのうち八戸市には、桔梗野工業団地と八戸北インター工業団地の 2 つ立地している。

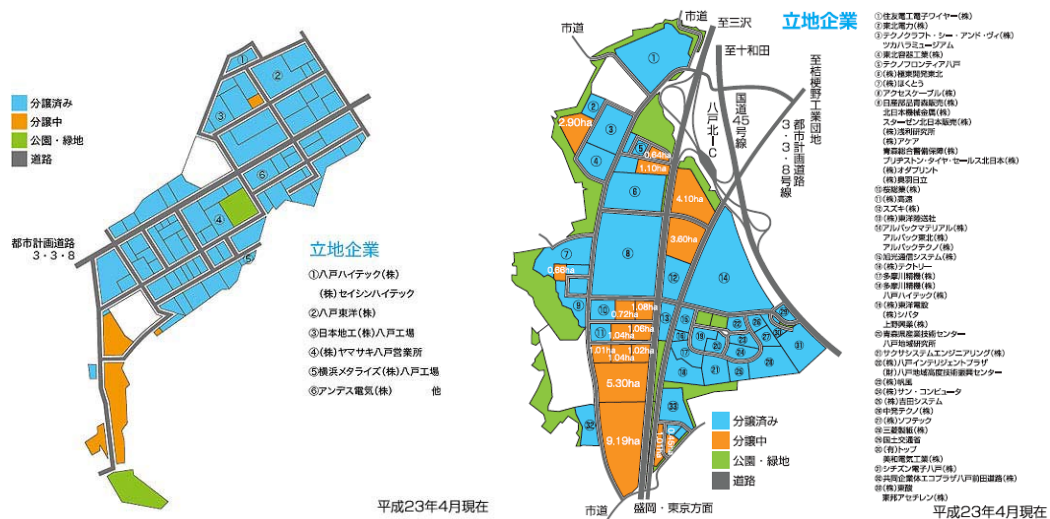


図 2.3-1 桔梗野工業団地（左）と八戸北インター工業団地（右）

立地している企業の業種は多岐にわたるものの、下北地域では、八戸を中心に鉄鋼・非鉄金属、製紙、化学などの基礎素材型産業、半導体製造装置、情報通信機器、自動車・航空機、ソフトウェア産業などが集積しており、桔梗野工業団地と八戸北インター工業団地においても、基礎素材型産業、半導体製造装置、情報通信機器が立地している。

桔梗野工業団地へのバイオマスエネルギー利用設備の導入意向を電話にて確認を行ったところ、特に工業団地担当として発電施設の導入意向は現在のところもっておらず、バイオマス熱利用についても、現在立地している事業者の意向によるところが大きいため、回答は難しいということであり、ただし、用水・用地の確保ができるという点では、立地を否定するものではなく、事業者有意向があれば可能性はあるのではないかという回答であった。

今後、新たに工業団地内に工場の立地進出を検討している事業者が存在する場合に、温暖化対策や CSR としてバイオマスエネルギーの導入を検討することはあると思われるが、既に操業している工場に対して新たなバイオマスエネルギー導入は、設備更新等のタイミングが合わない限り、壁が高いものである。

3. システム構築に向けた基礎調査

ここでは、地域ニーズを踏まえて選定した事業を検討するために参考となる基礎情報を整理した。

3.1 木質バイオマス利用技術概要

3.1.1 全体概要

国内で使用されている木質バイオマス専焼エネルギーの技術および利用については、

- ① エネルギーの一次転換方式(バイオマスが自己保有するエネルギーを取出すために、燃焼等の酸化あるいは熱分解など化学的変換を行う)、
- ② 発電方式(発電機の回転動力を得るためのエネルギーから動力への変換方式—タービンなど)、
- ③ 回収エネルギーの用途(利用)別

に大きく分類される。それぞれとの関連・システムあるいは用途の構成例を下に示す。

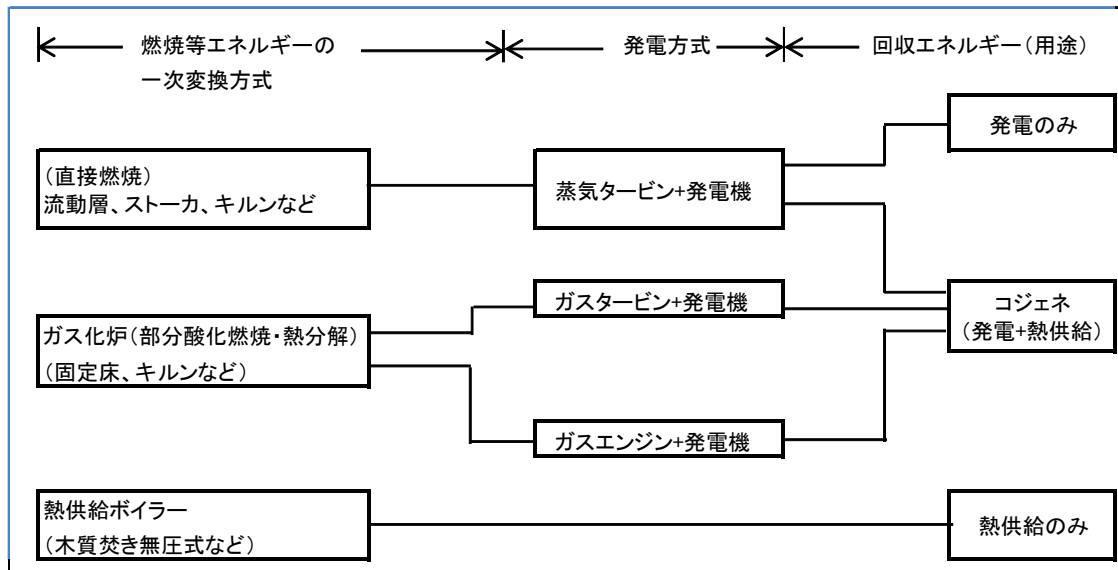


図 3.1-1 システム構成イメージ

なお、ガス化炉の生成ガスを利用する発電方式はガスエンジン発電によるものがほとんどであり、ガスタービンによる発電の事例は少ない。

「発電のみ」を行う場合は、木質バイオマスエネルギー保有量に対し通常 15%程度、大規模設備でも最大 25%程度が発電(エネルギー)利用されるにとどまる。

コージェネレーション（コジェネとも略記する）は電気・熱を併せて利用することから、総合熱効率が 85～90%に達する設備もある。

「熱利用のみ」を行う場合は、一般的に商品（温水等）の価格は低いがその生産コストも低いことから、燃料価格が高くなっても対応できる加熱設備として需要が増してきている。

しかし利用面・経済面からは、電気・熱ともに得失があり、立地や目的別にエネルギー供給・利用事業が行われている。

以下、バイオマスエネルギーの変換技の要となる燃焼炉等、発電・コージェネ・熱供給技術と課題、経済性、導入事例について述べる。

3.1.2 炉形式による分類整理

(1) 燃焼炉

①固定床型燃焼炉（ストーカ型）

木質燃料は破碎された形状で搬入され、貯槽、原料投入機(ホッパー、フィーダー)を経て燃焼炉内に投入される。この際にハンドリングや燃焼特性のために、投入原料の形状や物性については均一なものが好ましい。

炉内燃焼については燃焼速度は緩やかで、その分、燃料形状や物性の不均一があっても対応可能である。木端や背板など大きな形状のものが混入しても投入ホッパーやフィーダーに問題なければ燃焼そのものには影響はない。含水率の変動についても対応可能で高含水率の原料が入ってきても炉内燃焼域の区分特性により完全燃焼が可能である。これは一般廃棄物焼却の技術であり、燃えやすい紙類やプラスチック類などと同時に投入される厨芥類や難燃性の物質なども同じ炉内で完全燃焼できるように開発されたものである。

下記に示す図において、ストーカ（火格子）は三つのエリアに分かれそれぞれに機能を分担させる構造となっている。すなわち最前段の「乾燥ストーカ」上に燃料がされ、ストーカ下部から加熱された空気が吹き込まれて燃料の乾燥を行う。含水率の小さい物や燃焼しやすい紙やプラスチックはここで燃焼を始めることもある。ストーカは機械的に揺動しており、この動きによって中段の燃焼ストーカに移動していく。ここでも加熱された空気が下部から吹き込まれ本格的な燃焼が始まる。燃焼灰はストーカを通過して下部に落ちるが、燃え残った物、含水率の高い物や難燃性の物、形状が大きくて燃焼時間の足りなかった物などはさらに下段の後燃焼ストーカに移動する。ここでも下部からの加熱空気により燃焼を続ける。

多様な燃料、形状に対応できる特徴をもっており、炉内投入用のフィーダーもそれに対応できる構造となっている。従ってある程度の大きさの金属や土砂などの不燃物が混入しても支障なく運転が可能である。

木質バイオマスは乾燥の進んだ製材木くずとともに高含水率の林地残材や間伐材、さらには土砂なども付着して投入される可能性があり、このような多様な物性に対応する機能も有効となる。

②流動床型燃焼炉

前述のストーカ型燃焼炉のように火格子はなく、珪砂を中心とした流動媒体を燃焼炉の底部に充填した構造である。運転時は充填した流動媒体層の底部から酸化剤（空気）を吹き込み、珪砂を流動化させた状態にする。この上に原料を投入する訳であるが、燃えやすいものあるいは揮発した成分は流動層上部のフリーボード部で燃焼する。燃えにくい物や炭化物などは流動層の内部に巻き込まれ、珪砂に蓄熱された高温熱によりガス化される。この生成ガスはフリーボード部で燃焼する。

燃焼速度は速く、炉内投入後数秒で燃焼してしまう。その分炉内投入用のフィーダーに供給定量性が求められ、上記のように原料の形状や含水率の定常性が求められることとなる。投入された燃料は流動床より上部のフリーボード部で高温熱と酸化剤（一般には空気）に晒され短時間で燃焼してしまう。燃え残った含水率の多い部分や、炭化して残った部分は流動床内部に巻き込まれ、流動媒体（珪砂など）に蓄熱された高温熱によってガス化される。この生成ガスは再びフリーボード部で酸化剤と接触して燃焼する。この時の燃焼熱の一部は珪砂を加熱し、蓄熱媒体としての機能を発現させる。流動層は投入原料を攪拌して燃焼促進するだけでなく、難燃性の燃料や生成物を加熱してガス化する機能も兼ね備えている。

大型炉で連続運転をする場合は遠隔自動運転制御が必須であり、特に原料の貯槽・ハンドリング・払い出しに係る機器類の自動化が重要な課題である。原料投入ホッパーの閉塞回避、およびフィーダーの閉塞、定量移送確保のため、木質原料は決められたサイズのピンチップまたは切削チップに前処理して置く必要がある。通常、ピンチップであれば100mmアンダーのサイズにまで破碎してあることが望ましく、多くの実績を持って安定的な運転がされている。切削チップであれば（パルプチップ用の25mmアンダーのものが主流）ハンドリングはより確実性が増すが、切削に係るエネルギーやカッターの保守コストが増加してしまう恐れがある。

このような燃焼メカニズムやハンドリングに支障ないような燃料形状や含水率条件が整えば燃焼制御性に優れた運転が可能となり、発電制御はしやすいこととなる。北欧のチップボイラーはほとんどこのタイプであり、もっぱら燃焼の制御性のよさを利点として採用している。運転制御性を維持するため、原料の均一性確保、定量供給運転には配慮されているようである。その代わりに運転員は極端に少なく、原料貯留ヤードにトラックやトレーラー運転手がいる程度でボイラーや発電機周辺にはほとんど作業員はいない。中央操作室に数人いる程度で3交代で24時間運転をするのが基本である。

また、前述のように流動床炉は珪砂を流動媒体として使っており、これは熱媒体でもあり大きな容量の蓄熱材ともなり得る機能を持っている。デイリーで起動停止をするような操業の場合、この砂の蓄熱機能により朝の起動が速やかに実施できるという利点もある。

③キルン型燃焼炉

前述の固定床型燃焼炉の項で、ストーカの構造や機能について述べたが、平面的な火格子形状から円筒形の火格子にしたものをキルン型と称し、このキルンを回転させ

ることによって燃料を移動させるという機能を発揮する。ストーカ型の燃焼方式に比べ更に動きが大きいので大形状で不定形の燃料が入ってきても円滑な燃焼が可能である。

木質の燃料を扱う場合、搬入される燃料が均一に破碎されたチップだけでない場合もある。製材木くずでは不定形の端材、背板などが混入し、場合によっては長尺のバークなどの混入もありうる。林地残材では形状の大きい枝条の部分や、タンコロと言われる根株の部分などが入ってくる場合も考えられる。そのような場合にはこの形式の燃焼炉であれば問題なく燃焼できる。

下に示す概略図にはキルン炉の下部に更にストーカを備えているが、廃棄物焼却の場合は難燃性の物が混入してくる場合がありこれを完全に燃焼(後燃焼あるいは熾火燃焼と称す)させるために設けたものである。

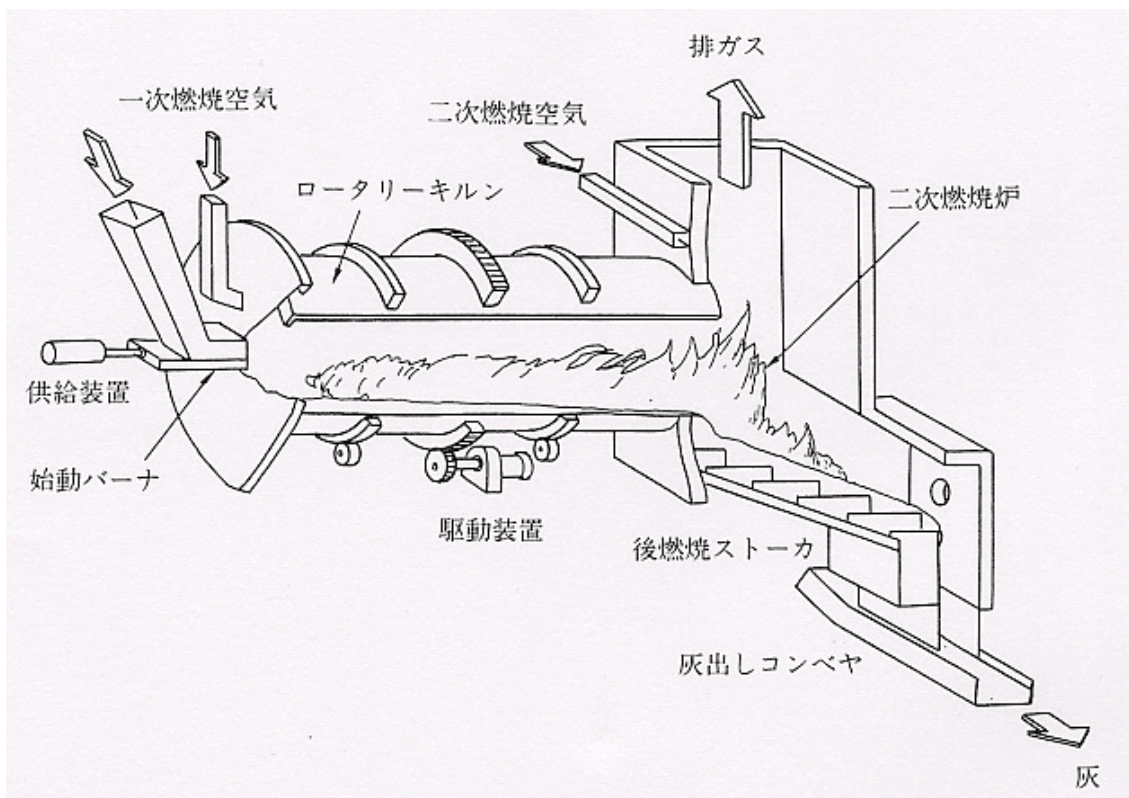


図 3.1-2 キルン型燃焼炉

(出典) 環境省中央環境審議会資料

(2) ガス化炉

①固定床型ガス化炉

- ・ダウンドラフト型固定床炉

構造は可動部のない単純な構造であり、炉内構造は簡単で安価なコストで建設できる。反面、積み上げたバイオマス燃料がブリッジなどを起こしやすく、連続投入、自動運転には配慮を要する。投入原料の形状は均一性を求められる。しかし、バッチ運転などの場合はこのような配慮は不要であり、固定床型の燃焼炉と同様に燃焼速度は

遅いので、原料形状や含水率などの物性がばらついていても問題ないと言うような特徴を持っている。

空気は積み上げた燃料の上部から吹き込む方式をとる。最下部が高温の酸化ゾーンで上部ほど低温の還元や熱分解のゾーンとなっている。生成ガスの流れは逆となって、熱分解ゾーン、還元ゾーン、酸化ゾーンの順に流れることになって、低温の熱分解ゾーンで発生するタールやチャーが、高温の還元ゾーン、酸化ゾーンでガス化されることになりガス精製も同時に行える炉形式である。

・アップドラフト型固定床炉

構造はダウンドラフト炉と同様で、可動部のない単純な構造である。昔からある炭焼き炉のイメージで、燃料を上部から投入して積み上げ、下部から空気を吹き込んで部分酸化ガス化を行うものである。酸化ガスが保有する高温熱により上部に投入された原料の熱分解や乾燥が行えるのでダウンドラフト炉よりは熱効率はよい。ただし、低温での熱分解時に発生するタールなどが生成ガスと混合されて炉外に出て行くのでガス精製の負荷が多くなる。

建設コスト、原料ハンドリングなどに関する特徴はダウンドラフト炉と同様である。

②流動床型ガス化炉

流動床型ガス化炉は、ガス流速の違いにより流動床型と噴流床型に分類される。

流動床は、珪砂と言われる砂状のものが充填される。これを下部から吹き込む酸化剤（一般には空気）で流動化させ、燃料である木質チップなどを巻き込んでガス化する。ガス化メカニズムは流動床型燃焼炉と同様であるが、酸化剤は少なくして（空気過剰率を1.0以下にするという表現を用いる）熱分解に必要な高温熱が得られる程度に部分酸化させるにとどめておくという運転方法となる。フリーボード部や流動床内部でガス化した生成ガスは一部が燃焼しながらその熱で後から投入される燃料の熱分解を進行させる。流動媒体である珪砂にも蓄熱され未燃分や炭化したもの、あるいは大きな形状のガス化進行しにくいもの等もこの流動床内部でガス化を促進させるというような特徴を有する。

噴流床ガス化はガス流速が更に大きく、蓄熱媒体となっている流動床が形成されない。珪砂は蓄熱材となつては燃料のガス化を促進するが、生成ガスと一緒に炉外へ運ばれ後段のサイクロンなどで分離回収されて炉内へ戻ってくる。原料は微粉碎されたものがよく、ガス化速度も速く高効率がガス化が進行する。ガス化炉の特長を活かすためには酸化剤は空気よりも酸素を用いたほうがよい。空気を酸化剤に用いれば生成ガスに大量に窒素が含まれることになり、発熱量の低下を招くことになる。酸素を酸化剤にすれば高発熱量の生成ガスが得られ、後段の発電設備の効率を上げることになる。高発熱量であるが故にそのまま発電燃料とするよりも、改質して合成燃料や化学品原料に変換できると言った付加価値の大きな合成ガス生成が可能である。

③キルン型ガス化炉

キルン型ガス化炉も燃焼炉と形状は同様である。ただし、熱分解の熱源はガス化炉

内で部分酸化させて発生させるのではなく、ロータリーキルンの外側から加熱して与える。ただしこの外部加熱用の熱源はロータリーキルンから排出された残渣や炭化物を燃焼させて得ている。流動床型ガス化炉のように投入原料の一部を酸化させてそれを熱源にして熱分解を進行させると言うメカニズムであるが、ロータリーキルン内部に酸化剤を吹き込まないので、生成ガスが希釈されることはなく高発熱量のガスが得られる。

ロータリーキルンはどうしても大型となり、ガス化の場合は外部からの加熱となるので熱伝達効率が重要である。そのため、燃焼炉のように単純な円筒型ではなく、キルンを多筒型とし更にそれを一本の円筒型加熱チャンバーで覆った形状にしてガス化効率を高めてものもある。

3.1.3 発電システム

(1) 発電専焼技術の概要

発電システムは、燃焼炉を用いる場合は火力発電設備と同様の蒸気タービン発電方式となる。構成は、貯留槽（貯留ヤード）、移送コンベヤ、ホッパー、燃焼炉（蒸気ボイラー付き）、蒸気ドラム、蒸気タービン、発電機と言ったところが主要機器となる。

一方、ガス化炉を用いる場合はガスエンジンやガスタービン駆動の発電方式となる。システムはホッパーまでは燃焼発電と同様であり、その後にはガス化炉、ガス精製機器、ガスホルダー、ガスコンプレッサー、ガスエンジン（又はガスタービン）、発電機という機器が構成される。

(2) 技術課題

①投入原料含水率の見込み

間伐材、林地残材など伐採直後の生木は伐採季節や樹種などにもよるが、含水率 50%（*1）を超える場合もあり、この時の発熱量は 1,800kcal/kg 程度で発電用燃料として不十分な状態である。伐採現場の土場や作業道脇などでの野積みなどである程度の天日乾燥が期待できるが、数週間おいても 40%前後までしか低下しない可能性がある。全木伐採したものを葉付き乾燥することによってもう少し乾燥を促進することも考えられるが、伐採作業効率を優先的に考えると乾燥を待つて集積と言った工程管理は困難であろう。

チップ化した後、ストックヤードなどでの天日乾燥、機械乾燥などにより含水率 30%程度までは下げたいところである。

製材工場に搬入される原木（丸太）はある程度乾燥が進んでおり、角材やラミナーに加工する際に発生する木くずなどは 30～40%程度の含水率に低下している。さらにこれらを乾燥炉によって規格内の含水率にまで低減された物が建材や集成材に加工され、この段階での製材木くずが比較的大量に発生する。従って製材工場で発生する木くずはさらに乾燥が進んでおり 20～30%程度になっていると思われる。以上のようなことから製材工場から排出されるソーダスト、プレナー屑等は 30%前後（発

熱量は約 3,000kcal/kg) に乾燥されていると考えて良い。

各種の原料はそれぞれの供給元から個別に搬入されてくるものの、形状や含水率は様々であることが予想される。プラントのストックヤードの前後で破砕、乾燥などの前処理段階で均質に混合されるような工夫が必要である。ストックヤードの先のコンベヤー、投入ホッパー、炉入りロフィーダーでは自動化される必要もあり閉塞などを起こさないような物性にする必要がある。

投入する燃料の発熱量はなるべく変動しないことが望ましい。炉内での燃焼が変動するということはボイラーの蒸気発生が変動することとなり発電制御に影響がでることになってしまう。

***1 含水率についての定義**

一般に工業の分野では含水率とは重量基準含水率を指し、湿潤基準（水の重量を、水と固体の重量との和で除したもの）の含水率が用いられる。ただし土木・建築分野では木材の含水率は乾量基準（水の重量を固体の重量で除したもの）を用いることが JIS（JIS Z2101）で定められている。

②発電規模と発電効率

燃焼炉にボイラーを設置した蒸気タービン発電を想定すると、様々な条件から最低 5MW の規模が望まれる。この時の発電効率は 25%程度であり、規模が小さくなると発電効率は低下する。

ガス化炉の場合は、後段の発電機はガスエンジンかガスタービンとすることになるがガスタービンによる発電実施例はわずかである。ガスエンジンは都市ガス用のガスエンジンを転用して使うことになる。発電規模はガスエンジンが小型のものまで標準化されており数 kW の小型から数 MW までの規模が可能である。ただし大型のものは蒸気タービン発電に比べて初期費用も保守費用も高額になるので十分な経済性検討を要する。標準化されているガスエンジン発電機の効率は 30%～40%といった高効率のものが市販されている。ただし都市ガスの発熱量基準であり、ガス化炉による生成ガスの発熱量は都市ガスに比べて小さいので定格発電出力よりは小さくなる。

(3) 技術課題の解決策

①燃焼発電技術に関する課題と技術開発動向

燃焼炉および発電技術に関する技術的な課題はほとんどないと言って良い状況である。燃焼炉については廃棄物焼却技術、あるいはそれに続く廃棄物発電技術の研究開発は進展してきており、マテリアルハンドリング、燃焼技術、灰処理技術、排ガス処理技術などの様々な課題抽出、解決が実施され既に実用に供されている。ここで扱うべき課題は、エネルギー回収や発電を目的とする技術であるので、木質燃料の含水率の低下、および形状の均一化技術が課題と言う部分が燃焼制御の安定性を確保する点で最も重要な課題であり、これは他のガス化発電等にも共通した課題である。

また、燃料入手コストの問題が事業経済性を左右することになり、強いて言えば収集・輸送技術の低コスト化が課題ということになる。しかしながらこの課題は原料生産現場や物流システムの分野であるので別の機会に委ねることとする。

②ガス化発電技術に関する課題と技術開発動向

ガス化発電技術については、後段のガスエンジンや発電機などは既存の技術であるのでほとんど課題はないが、強いて挙げれば燃料混合器（キャブレター）の部分であろう。生成ガスが C1、C2 主体で発熱量が低い上に、窒素ガスや部分酸化した燃焼ガスなどで希釈されており都市ガスより発熱量が低いのでそれに応じた空気量が必要であるが、場合によっては圧縮機で生成ガスを圧縮する必要がある。この技術は既に実施例もあり、ガス化炉や生成ガスの状況に応じて設計・検討することになる。

また、前段の木質燃料前処理については前述の燃焼炉と同様である。

ガス化技術の課題は、ガス化効率の向上と、生成ガスの精製という点に多くの課題がある。

・冷ガス効率の向上

冷ガス効率の定義は下記の式による。

$$\text{冷ガス効率} = \frac{\text{システムから出力された生成ガスの総発熱量}}{\text{システムに投入された燃料の総発熱量} + \text{付帯設備駆動のための外部エネルギー}}$$

炉内で生成された合成ガスは、炉の加熱用に消費されたり、ガス精製課程で凝縮して減量してしまう。この工程を経て実際にシステムから出力されて発電システムに送られる正味分を分子とする。分母には投入される燃料の保有エネルギー総量と、ユーティリティとして外部から供給されるエネルギー（酸化剤として酸素や蒸気を使う場合の製造エネルギーやガス精製時のエネルギーも含む）の総和を入れる。システム全体で投入エネルギーと得られるエネルギーの比率を見ることが重要で、ガス化反応の部分だけを見たカーボン転換率で評価してしまうと過大になってしまうので注意を要する。

・ガス精製

ガス化プロセスで後段に亘って支障となる生成物はタールやチャーであり、従来からある簡便な方法はスクラバーによって洗い落とすという方法である。しかしながらこの方法は合成ガス中の高分子ガス（凝縮性ガス）まで洗い落とすことになり、冷ガス効率の低下につながる。

これらを生成させない、あるいは熱分解するためには高温のガス化環境が必要である。高温加熱源を得るためには生成ガスを燃やすとか、酸化剤に酸素を用いるという方法があるが、外部エネルギーを増加させることになり冷ガス効率を低下させる要因である。生成ガスの顕熱を回収してガス化促進を行うようなプロセスもあるが研究段階である。

触媒によってクラッキングする方法も様々研究されているが、低温域での反応や触媒の低コスト化が課題である。

(4) 事業運用面における課題

「発電のみ」に用いられている直接燃焼方式は、古くからの廃棄物あるいは石炭などの燃料を対象とした燃焼方式をベースに、メーカーごとに木質バイオマス燃焼に向け改良を加えてきており、技術的にも確立され実用段階にある。

また、木質バイオマス専焼「発電」事業は、売電のみを目的とし、おもに木質系建設廃棄物のチップを手当てして発電に供する場合と、製材や合板・集成材製造など林業関連企業・組合や（木質系）リサイクル取扱い事業者などが、それぞれの工程から排出される、いわゆる廃棄物の有効利用を兼ねて事業をおり、使用原料（チップ燃料）の水分が小さいものを利用している。

しかし木質バイオマス需要の拡大にともない、製材過程で発生する端材などの廃材や建築系廃材等の均質で含水率の低いチップが不足してきており、当初計画時点で燃焼対象とした木屑チップなどに加えて、新たに食品工程から排出するバイオマス燃料として使う事例もみられる。関連内容として、代替バイオマス原料にふれた記事を掲げる。

建築廃材から木質チップを加工し、全国の木質バイオマス発電施設に納入する「木材開発」（大阪市）は昨年6月、ヤシ殻をインドネシアから輸入し始めた。大阪湾岸の保管場所に、高さ約8メートルの黒い山がそびえる。親指のつめの大きさ程度のヤシ殻が約1万トン。材料不足で木質チップの出荷量が落ち込み、代替品として扱う。「林地残材を使いたい、今はこれで乗り切るしかない」と担当者は話した。

（出典）よみうりオンライン 2009.6.29 一部抜粋、

<http://www.yomiuri.co.jp/eco/kankyo/20090629-OYT8T00574.htm>

規模の大きい「発電」や「コジェネ」を行う事業について、経済産業省の「再生可能エネルギーに関するヒヤリング（2009年12月）」で特定規模電気事業者（PPS）が「現状と課題」と題して話した中から、資料の内容を抜粋・簡略化して参考に示す。

資料内容は、『RPSやCO2排出削減のため特に2007年以降、製紙、セメント、電力などの企業が、木質チップを補助燃料とした混焼を拡大し木質チップの需要超過を生んだことから、購入価格を上げて量を確保する動きとなり、価格上昇（2006年後半1,000円/トンが2009年半ば以降は3,000～4,000円）を招いた。燃料（木質チップ）不足に因る設備稼働率の低下と価格の高騰により、事業収支の赤字が継続している。木質バイオマス専焼の商業用発電であり、また再生可能エネルギーでは数少ない「有価燃料」を使用する事業である。このため、事業継続中の燃料価格リスクをヘッジする手段としても、全量固定価格固定買取り制度の導入を希望する。』としている。

「発電のみ」を行う施設では、水分の少ないチップあるいは高熱量のバイオマス燃料を対象とした計画が行いがちであるが、長期・安定的な事業を進めるためには、輸送コストや林業保全の面からも林地残材や間伐材、バーク等水分の多い木質バイオマスを燃料として事業に取り込めるよう、水分の高いものに対しても燃焼効率を維持、向上させるための乾燥等の前処理システムの採用またその技術開発も必要となる。

また、林業、製材、建設などで構成する事業組合（小規模施設）における課題とし

て、

- ・ 月々で生産する木材チップ量にバラツキがあり、絶対量の確保が難しい状況。
- ・ また、発電に伴い大量に発生する温水や温熱の再利用。

を掲げ、燃料の絶対量を確保するため木材チップ以外のバイオマス燃料の利用や、発電のみにとどまっているエネルギー利用を、周辺の社会福祉施設などでの温水や温熱の有効利用の検討を行う、として熱利用すなわちコージェネ化を図っている。

(いづな お山の発電所)

http://www.maff.go.jp/kanto/to_jyo/jyouhou/senshin/biomass/baio20-17.pdf

経済産業省の「再生可能エネルギーに関するヒヤリング (2009 年 12 月)」資料
(再生可能エネルギーの全量買取に関する資料)「木質バイオマス発電の現状と課題」

[問題点]

チップ価格の高騰・燃料 (チップ) の量的不足 = 稼働率の低下 → 事業収支の悪化
燃料費高騰 : 2006 年後半の燃料チップ購入単価はトン平均 1000 円 ⇒ 2008 年 ~ 2009 年は 3000 ~ 4000 円平均の水準。

[燃料問題の原因]

燃料不足 : 特に 07 年以降、製紙、セメント、電力などの企業が、CO2 排出低減のために、木質チップの混焼を拡大 ⇒ 従来の需給バランスが大幅に需要超過の状態。

燃料価格高騰 : 需要の大幅な伸びにより、供給が不足する状態が継続 ⇒ 購入価格を引き上げて量を確保する動き。

規模の優劣 : 微粉炭炊きの混焼発電所の発電効率は 40% 以上。チップ 1 トンからの回収電気量には大きな開き ⇒ 単位当りウッドチップから得られる、電気・RPS は、専焼事業者が混焼大規模事業者に大きく劣後。

[採算性向上への課題と見通し]

の合理性の欠如などから、価格裁定が働きにくい状況。

[全量固定価格買取りの是非]

「全量固定価格買取り制度」の導入を希望する。

再生可能エネルギーにおいては数少ない「有価燃料」を使用する事業。事業継続中の燃料価格リスクを負った事業であり、この価格リスクをヘッジする手段が無い。

(出典) 燃料問題 : 全国統計の未整備、品質と価格再生可能エネルギーの全量買い取りに関するプロジェクトチーム 第 4 回ヒヤリング資料 (2009.12.10) をもとに作成

<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g91210a05j.pdf>

(5) 導入事例（発電のみ）

木質バイオマス発電機は、2009年までに144基が導入されている（森林・林業白書－平成21年度）。

「発電のみ」を行う木質バイオマス専焼の施設については、最大規模である川崎バイオマス発電所（33MW－2012年3月現在）の他は、10MW以上の大規模施設は数例をかぞえるに過ぎない。

また事業者は、電気事業者や商社などの大手資本（10MW以上）、メーカー（大手企業＝大手資本）とリサイクル事業者（地元企業＝地域資本）が共同事業として実施（5MW規模）、合板製造業－地域資本・地元企業（3MW）、林業関係者の組合－地域資本（1MW規模）、と様々である。

5MW以上の施設の燃焼・発電方式は、一様に流動層ボイラーと復水タービンシステムで構成されている。

木質バイオマスを燃料主体とする石炭や廃古紙・プラスチック燃料（Refuse Paper & Plastic Fuel＝RPF）との混焼施設は50MW、18MW規模も存在する（下表参照）。さらには電力会社の微粉炭焚き発電（400～1,000MW規模）にも木質チップを混焼使用されているが、その割合は数%にとどまる。

木質バイオマスでの発電事例を示す。ここでは岩国バイオマス発電所のみが専焼施設であり、混焼と記した2施設は木チップの投入が主体（いずれも木屑割合が70%以上）である。

表 3.1-1 木質バイオマス発電事例

事業所・発電所名称	事業者	出力 (kW)	メーカー名	方式等	備考
岩国バイオマス 発電所（専焼）	KK岩国 ウッドパワー	10,000 2006.1運開	JFEエンジ ニアリング	循環流動層 ボイラー	(ミツウロコグリーン エネルギーKK)
糸魚川バイオマス 発電所（混焼）	サミット明星 パワーKK	50,000 2005.1運開	住友重機械	循環流動層 ボイラー	70%木チップ、石炭 混焼
兵庫パルプ工業 バイオマス発電施設 (混焼)	兵庫パルプ工業 KK	18,000 2004.10		気泡型流動床ボ イラー&抽気復 水タービン	木屑を熱量比で 80%投入。残りは RPF

注) 岩国ウッドパワーは 2011 年 1 月よりミツウロコグループの資本下となっている。

サミット明星パワーは住友商事、明星セメント（太平洋セメント子会社）の出資会社

兵庫パルプ工業は、前項課題として記した内容に関して、「燃料の木屑チップが値上がりしたことや、設備維持費が高くついていることなどから、収益はあまり上がっていない」、また、政府が検討中の再生エネルギー電力の全量買い取り制度については「燃料としている木屑が手に入りにくくなる可能性があると思う」とやや懸念を示しており（丹波新聞 2011.7.8）、チップ価格の高騰による収益低下については前項ヒアリングでの説明者（専焼発電事業者）と類似発言内容となっているが、全量買い取り制度についてはむしろ反対の発言を行っている。

3.1.4 コージェネレーションシステム

(1) コージェネレーションシステムの概要

燃焼ボイラーで発生した蒸気は蒸気タービンを駆動するのと併行して更に低温熱を利用して温水を利用することができる。蒸気タービンが背圧タービンの場合はまだ高温の蒸気や温水が得られ、北欧での地域熱供給プラントではこの発電方式が主流である。熱供給は 120℃程度の加圧高温水で送水している。復水タービンで発電する場合は、復水器で低温まで冷却した方がタービン効率が良くなるので、復水は 40～60℃近辺にまで冷却される。この場合は熱供給用の熱源としては利用が難しい。

ガス化発電設備の場合は、ガスエンジンの高温排ガスから熱回収ボイラーで蒸気又は高温水を発生して利用する方式である。

いずれにしても発電システムから排出された高温の排水や排ガスを利用することでシステム全体の熱効率は向上し、採算性もよくなる。

(2) 技術課題

機器要素の技術的な課題はほとんどなく、もっぱら発電容量と熱供給量とのバランスをとって総合エネルギー効率を上げることが重要な課題である。コージェネレーションシステムは以前から導入・運用してきた例はあり、都市ガスを燃料にしたガスエン

ジンコジェネや、石油ボイラーによるコジェネが一般的である。計画上、あるいは机上検討では総合効率が 70～90%という数値もはじき出せるが、実際の運用では熱需要がうまく確保できず、低効率の運用を余儀なくされているようである。

北欧の木質ボイラーは、むしろ熱供給を主体に計画されており、発電は付随的に運営されている傾向にある。発電容量は 15MW 程度（フィンランド）が最小であり、この場合も 60MW 程度の熱供給を行っている。最大では 40MW 発電+100MW 熱供給と言うものもある（スウェーデン）。熱供給専用では 3.5MW（オーストリア）というものもある。

住宅や公共施設など、熱需要先の容量に合わせて熱供給量やボイラー規模が設定される。ボイラーで発生した蒸気は高温であるので蒸気タービンを駆動し発電した後、温水や蒸気の形で熱供給導管で配送するという形式である。熱需要の負荷変動によってボイラーの出力を調整して運営するが、発電については常時発電しているわけではなく、熱供給に余力のある時に、更に電力価格の市場変動を見ながら系統に送電するという運営方式をとっている。

(3) 技術課題の解決策

プラント運営の経済性を確保する上でも、全体のエネルギー利用率を上げるためにも発電と合わせて熱供給をすることが望まれる。この場合は、定常的な熱需要を近隣に確保することが必要となる。発電事業主体で計画する場合は電力を系統線に接続する設備さえ考慮すれば可能であるが、熱供給の場合は供給先の距離制限があるので供給体制さえできればいつでも売れるというわけにはいかない。定常的な量と継続的な需要が近傍に存在することが必須条件である。原料（木質燃料）の入手可能量から規模を決めて計画するという「発電事業」とは異なる計画手順を踏むことが必要である。

熱需要は年間通した供給が可能なことはもちろんであるが、24 時間あるいは日中 10 時間程度の需要があることが望ましい。

熱供給事業も併せて実施するには、前述のように導管の敷設コスト、道路埋設の許認可など新たな課題が発生するが、経済性検討を十分行った計画が必要となる。

24 時間運転する場合についても、連続であればプラント運転の安定性、機器類の耐久性などの点から有利ではあるが、運転作業員が三交代となってコストアップの要因となるのでこの点も十分検討を要する。

(4) 事業運用面における課題

「コジェネレーション」には直接燃焼方式のほか、ガス化方式も用いられている。最大発電能力を施設規模基準とした場合は、概ね 3MW 以上と規模の大きい施設は流動層ボイラー（直接燃焼）、それ以下の規模ではストーカ炉（直接燃焼）あるいはガス化炉と、「発電のみ」に比べ多様化している。

直接燃焼は古くからある技術をもとに木質バイオマス燃焼に向けた改良を加えてきており、技術的にも確立されている。

ガス化炉は直接燃焼と比べると実用化された時期はやや新しいが、開発当時から長い期間を経て、改良工夫も進み、現状ではガスエンジンと組み合わせた発電方式が

多く採用されている。しかしガス化炉方式は、とりわけ木質系を燃焼に用いた場合、生成ガス中に含まれるタール（付着・閉塞の原因となる）の発生により、タール除去システム・エンジン部でのトラブルも散見される。タール生成量の、より少ないガス化技術、より効率的で安定したタール除去システムの開発が求められる。また、生成ガスをガスタービン燃焼機で燃焼させてタールによるトラブルを回避する方式も実証運転されている。

「コジェネ」施設においても「発電」施設と類似した課題が見え、木屑チップの需給ひっ迫、原油価格の上昇による化石燃料から木屑他代替燃料への転換が促進される動きと相まって、さらに木屑の需給が厳しくなることを懸念する意見がみられる（関東通産局 「いっとじゅっけん 2006.6」『バイオパワー勝田による木質バイオマス発電』）。

林野庁の「資源循環型林業構想改善事業第 1 号」として、2003 年に本格稼働を開始した協同組合事業として初めての施設でも、操業後すぐにスギ樹皮・製材端材など原料の確保難（計画量の 5～6 割程度の入手にとどまる）に直面した。原因は製材業が低迷を続け、製材量（原木使用量）を減らしたため、組合員から持ち込まれる木質原料が計画量の半分程度となったことがその要因であった。また施設までの運搬距離が 50 km を超えると、運搬コストが高くなりすぎて端材・樹皮等の持ち込みがなかったことも影響した。原料の確保不足によってエネルギーの製造・販売量も計画を大きく下回る結果を生じ、発電コスト等についても収支の逆転現象が起きた。（計画では、発電－7 円/kWh、売電－7.5 円/kWh。なお、2010.12 時点の売電単価は 10 円/kWh となっている）。種々の課題はあるものの最大の問題は、利用可能な木質バイオマスの減少であり、確保が難しくなっている原因は県域での木材産業の低迷にある（伊藤維年「秋田県の間伐問題と間伐材の地産地消」熊本学園大学経済論集 vol17,2011.3）。

長期・安定的な事業を進めるためには、建築廃棄物や製材端材だけでなく、林地残材や間伐材、バーク等水分の多い森林系資源を燃料として事業に取り込めるよう、技術・運営面双方から検討を行う必要がある。

他方でガス化炉を使用した例では、燃料用チップの水分が当初計画より高いなどのために必要とするエネルギー量が回収できず、供給施設への熱・電気エネルギー利用に支障が出た例などもみられる。

経済性の面からは、小さい規模で自治体が主体に実験実証事業として行ってきたガス化施設（0.2MW 規模）では発電構成機器の機能要素の改善などの他、経済性に難があること（発電コスト kWh あたり約 20 円、39 円、77 円などの事例あり）が報告されており、施設規模を大きくする（スケールメリット）ほか、収集・運搬などのプロセスでのさらなる効率化・最適化が必要である。

(5) 導入事例

コジェネレーションを行う木質バイオマス専焼施設は、発電規模比較では「発電のみ」施設よりも小さくなり、現状「コジェネ」の最大発電規模施設である神之池バイオマス発電所（21MW－2012 年 3 月現在）の他、5MW 級以上の施設は数例をかぞえるに過ぎない。

直接燃焼による「コジェネ」事業を行う民間事業者は、製材・木材加工・あるいは合板工場などを運営する事業者が、単独あるいは共同出資などで直接経営に関与する形態となっており、施設に隣接する工場などで熱・電気ともに自家消費を優先し、余剰エネルギーを外部に販売する状況が多い。

ガス化による「コジェネ」は、発電能力 1MW 以上（最大 2.5MW）が 3 施設、他はいずれも 0.3MW 以下と、相対的に小規模施設が多い。

「コジェネ」木質バイオマス専焼施設のうち比較的規模の大きい事例を以下に例示する（注：廃タイヤや RPF などと混焼するコジェネ施設も、茨城県・高砂製紙 KK（11,400kW、2008.4 運開）や日本製紙など製紙会社工場各地に存在するが、ここでは専焼施設のみを示す）。

表 3.1-2 コジェネ事例

事業所・発電所名称	事業者	出力	メーカー名	方式等	備考
バイオマスエネルギープラント	セイホクKK	2300kW 2006.1運開	タクマ	流動床炉+蒸気タービン	電気・熱は工場で消費。余剰電気は外部へ販売
木質バイオマスコージェネレーション施設	前田道路KK	1500kW 熱18.9GJ/h 供給 2007.9	三菱重工	間接加熱式キルン式ガス化+抽気復水タービン	高温空気熱(炭化物熱源)をアスファルト合材プラントで利用
三重中央開発ガス化発電施設	三重中央開発KK (大栄環境G)	1400kW 2005.4運開	三菱重工	間接加熱式キルン式+抽気復水タービン	電気と炭化物利用(還元剤など)
石川グリーンパワー発電所	石川グリーンパワーKK	2500kW 2008.5運開	JFEエンジニアリング	アップドラフト式ガス化炉+ガスエンジン発電	電気と副産物(木酢液、タール)の利用

3.1.5 熱供給ボイラーシステム

(1) 熱供給ボイラーシステムの概要

ボイラーとして熱供給単独で運用する場合は、製材工場や温浴施設など中規模以上の用途が中心になる。一般に普及している石油ボイラーと比較すると初期コストが大きく、また外形寸法も大きくなってしまっていて経済面では不利である。将来の普及促進の要因となりそうな要素としては環境性はもちろんであるが、地元生産が可能な燃料を使うという付加価値が大きな意味を含んでいると期待できる。すなわち、近年の原油価格乱高下によって石油ボイラーを利用している中小企業や、地域の事業者は経営が圧迫され撤退や縮小を招くと言ったような事態になった。1年前後のうちに2～3倍に高騰するような燃料では生産計画もできず、赤字経営になっても回避手段もないと言ったような状況であったとのことである。バイオマスボイラーはその燃料を近距離地域から入手することが前提となり、地元から産出される林地残材や間伐材を燃料にすることになる。これらは今後の林業再整備計画によって排出量が倍増し、さらには林地環境保全のためにも定常的に排出が期待される資源である。価格について

も原油のように投機対象にはならないので乱高下することのない安定的な燃料である。このように価格安定性、供給持続性のある地元産バイオマス燃料は、地域産業の持続性を確保するためには適した物であるといえる。

地域の産業界や事業者にこのような資源安全保障、産業安全保障のような概念が生まれ、付加価値を顕在化した産業経済ができることが期待される。

(2) 技術課題

北欧などでは地域熱供給用として大規模のものが多く運用されているが、国内では冷暖房の不要な春秋の端境期が長く経済的な運営ができないかもしれない。また、地域熱供給という事業自体が国内社会システムでは普及しにくい側面もあり、このあたりは技術以外の課題であるが大きな問題である。

従って熱供給ボイラーに関しては、比較的小型で個別利用のものを対象に検討することになり、需要先も小規模産業用、公共施設、住宅用となって専門技能や資格を要しない操作性、保守性が望まれる。特に燃料（木質チップやペレット）の貯槽、移送などのハンドリングに関しては石油ボイラー並みの無人自動運転が望まれる。前述の大型の発電用ボイラーでも同様なことを述べたが、物性変動に対応でき高機能設備は価格高騰の要因となって導入普及しにくい。中小事業体や一般家庭にも普及促進させるためには、このような負担を軽減するため燃料側の物性について規格化するなどして機器の機能簡素化を図るべきである。ペレット化はその一つの解決手段であるが、扱う原料（林地残材や間伐材など含水率が高くバーク除去されていないもの等）によっては製造コストが高くなってしまうので生産が限定される。破砕機などで処理されたピンチップや、切削チップなどあまり中間処理コストをかけない燃料が望ましいが、含水率、寸法制限など規格化されることが望ましい。

(3) 技術課題の解決方策

成型されたペレット燃料を燃料とする燃焼ボイラーについては上記の問題は解決しやすく、比較的簡単な機構でも問題なく運転できる構造のものが販売されている。

チップ状に破砕された燃料については貯槽内でブリッジを起しやすく閉塞の原因となり、フィーダー部では噛み込みや閉塞を起しやすくトラブルになりやすい。噛み込みや閉塞を防止するような機構も種々考えられるが高価な設備になりやすく、小型ボイラーには付設しにくいと思われる。

このあたりの技術的な解決方策は論理的にできる部分が少なく、経験的な技術やノウハウに負うところが多い。国内では小型木質ボイラーの普及が進まず経験的な蓄積が少ない状況であるが、欧州のボイラーメーカーではこのあたりの機構や運転技術に関する技術蓄積が多く、かなり小型の機器でも自動運転が可能である。また燃料の含水率や形状などの物性についても規格化についても進んでいるようで、機器類の簡素化、自動化を可能としているようであって参考にするべきところが大きい。

(4) 技術開発動向

中小規模の燃焼ボイラーが近年急速に普及し始めた欧州各国では、様々なボイラー

メーカーが生産を拡大し、その生産技術も見るべきものが多い。技術開発と言うより現場に即した生産技術の進展ともいえるが、その一例を紹介する。

①欧州の普及状況（Polytechnik 社／オーストリア）

この会社が生産しているボイラーのラインアップは、300kW～20,000kW の中・大型で、産業用を中心に扱っている。家庭用、集合住宅用に当たる 10～300kW の機種は扱っていない。生産体制は後述の標準化大量生産ではなく、受注生産である。生産工場脇には試験設備のような装置もあり、供給フィーダーの試作・機能試験を中心に実施していた。納入先で入手できるバイオマス種によって物性が異なるようで、それに合わせた機能・性能確認は欠かせないようである。

北欧を中心に東北ヨーロッパでは木質ボイラーによる地域熱供給の普及が進んでいるが、そのキーポイント（あるいは日本に事情と大きく異なるのは）埋設配管工事のコストにあるようだ。熱供給導管を道路脇に敷設する工法は日本と大きく異なり、埋設深さが浅い、導管敷設の際に埋設用の溝を掘っていくのではなく、硬質のフレキシブルパイプを地中に挿入していくというような簡便な方法で低コストを実現している。また、ロシア、ポーランドなどは熱供給導管が既設である（以前は石油ボイラーによる熱供給が中心であった）のでチップボイラーへの転換は比較的容易に促進したとの事情もある。

需要家は燃料をチップ供給専業会社から購入しており、輸送コストの点から 100km 以内の配送が基本となっている。

熱供給用ボイラーとしては 200kw が最小で、20 戸程度の需要をまかなえる。負荷変動に対しては小さな温水タンクを設置して対応している。

ほとんどのプラントが無人運転、または遠隔監視を行うのみで運転上の問題はなさそうである。強いて言えば投入燃料に対しての品質管理（形状や含水率など）に配慮している程度と思われる。また、ユーザーも持ち込み燃料や、自社で調達する燃料についても規格化して購入契約をしているようである。

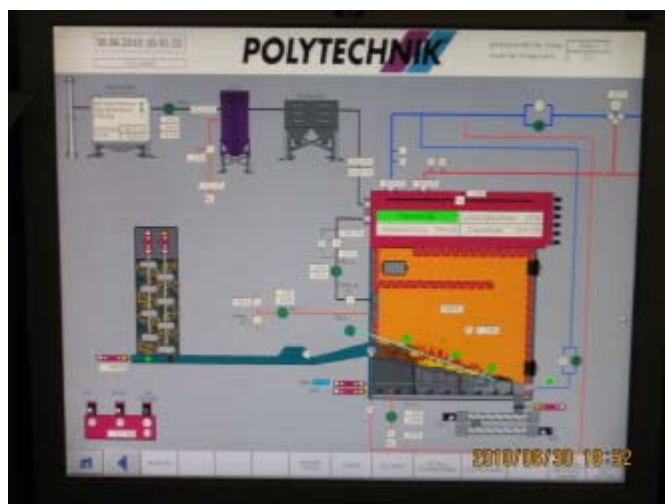


図 3.1-3 CHP プラントフロー



図 3.1-4 チップボイラー

この会社のボイラーは日本の製材工場や温浴施設にも数件導入されており、製材木くずや間伐材をピンチップ状に破砕した物を燃料に稼働している。

②欧州の普及状況（ETA Heiztechnik GmbH）

この会社は、丸太、ペレットと木質チップボイラーの大手メーカー社で 1998 年に設立された。主要製品は小型チップボイラーで、ここ 10 年で売上は 100 倍以上に伸びたとのことである。

製品のラインアップはペレットボイラーが、7、15、25kW といった小型の物で主な用途は個別住宅のセントラルヒーティング用である。チップボイラーは 20、25、35、50、70、90、130 と最大のものが 200kW といった容量で、こちらは個人住宅用と集合住宅、公共施設用と言ったところである。

2000 年の年間売り上げは 150 台だったが、2008 年度の年間売り上げは 14,000 台まで拡大、更に 2009 年も売り上げは好調とのことである。このような生産実績や普及・運転実績の蓄積によるところが大きいと思われるが、製品の生産技術には参考となる点が多い。

原料フィーダーはスクリータイプであり、標準品として生産され部品棚にストックされている。すなわち、投入原料はピンチップという不定形なものでありながら重要部品であるフィーダーを標準化しているのは技術的な蓄積と経験度が高いと見られた。

スクリーフィーダーの投入口には供給ホッパーが接続される構造だが、ここにはせん断機能を持つロックホッパーのような部品が設置され、これだけで閉塞やブリッジを防止している。投入可能な原料は 5cm から長さ 13cm 未満までが可能ということである。



図 3.1-5 スクリューフィーダ



図 3.1-6 標準化生産されたスクリュー



図 3.1-7 カッター付ロックホッパー

複雑になりやすいボイラー部分についても特徴があり、伝熱管の束というより 3 inch ほどのパイプを数本設置した感じの簡単な構造で、5～10kW 程度のボイラーにこのパイプを 4～6 本設置した形のボイラーとなっている。高温の燃焼ガスはこのパイプの内側を通り、外側の水を加温する。パイプ（伝熱管）内側にはリボン状のクリーナーを設置している。これを定期的に上下に動かしダストやスラッジ除去をしている。

運転操作は搭載されたミニコンピューターにプログラムを組み込み、自動制御されて運転される。これによって通常運転だけでなく、保守点検や伝熱管の清掃、焼却灰の排出までほとんど自動で運転できるとのことである。



図 3.1-8 ボイラーに搭載された制御ボード

10 年足らずのうちに、売り上げが 100 倍になるという市場の変化、すなわちバイオマスボイラー普及の要因となったのは近年の石油価格乱高下や消費者の環境への

配慮が強くなったということであったが、それを支えた技術力も大きい。大量に販売し、稼働している小規模ボイラーを大きなトラブルもなく運転継続させてこそ短期間に 100 倍もの売り上げを達成できたのではないかと思われる。画期的、先進的な技術でなく、確実に稼働し手間のいらぬ保守が可能になってこそ消費者の信頼が得られ、大量に販売できたのだらうと思われる。

(5) 事業運用面における課題

製紙などの熱エネルギー多消費産業が既設重油ボイラー燃料の代替として木質バイオマス設備を導入する例があるが、多くは石炭や RPF などとの混焼を行っている。

「発電」「コジェネ」と同じく、大型施設では燃料となる木質チップの需給バランスが危ぶまれようが、「熱利用のみ」は比較的小規模で、いわゆる地産地消システムを重視した施設設置が多くみられることから、経済性や施設のハード面からは、とくに間伐材など燃焼物の含水率を、プロセスや発電効率の面から課題と捉える施設が多くみられる。

降雨・積雪の影響など、あるいは伐採時期により含水率が高くなる一伐採直後で含水率（乾量基準 120%以上）一で含水率の低下を図るためと燃料ストックのため、貯留場所・方法を改良し、あわせてチップ化施設の横に「屋根付き」の貯木場を整備した例が複数ある。



図 3.1-9 燃料用の木質バイオマス貯木場

(出典) NEDO バイオマスエネルギー導入ガイドブック p123

チップについても、燃焼炉（ボイラー）への投入プロセスや燃焼方式によって支障となる場合がある。特に小型ボイラーでは水分の高い時に生じやすい針（ピン）状チップはブリッジを生じやすいことから一般に忌避される。また、バークチップは細断されにくく長尺のままになって貯層内でブリッジを起こしやすいばかりでなく、フィーダーなどの回転部に巻き付いて閉塞の原因となる。このような物の除去は必須である。写真は、最上町に設置された破砕機でチップ加工した時の形状例である。

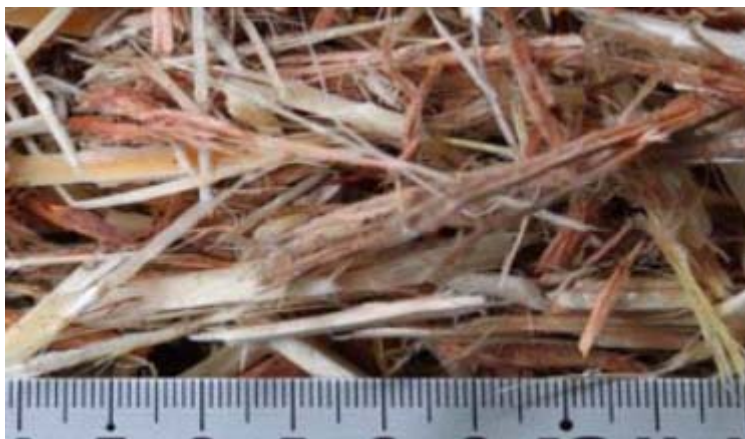


図 3.1-10 チップ形状（含水率 60%以上）

（出典）NEDO バイオマスエネルギー地域システム実験事業成果報告会予稿集
(<http://www.nedo.go.jp/content/100086278.pdf>)



図 3.1-11 チップ形状（含水率 40%以下）

（出典）NEDO バイオマスエネルギー地域システム実験事業成果報告会予稿集
(<http://www.nedo.go.jp/content/100086278.pdf>)



図 3.1-12 切削チップ（メーカー希望形状）

（出典）NEDO バイオマスエネルギー地域システム実験事業成果報告会予稿集
(<http://www.nedo.go.jp/content/100086278.pdf>)

上段のチップ形状が、町に設置された破砕機でチップ加工を行った形状である。含水率 60%を超えると針状になる。また 40%を下回ると図のように小さなブロック状になる。町のマテリアルハンドリングシステムではこの形状が安定して総合が出来る。

下段写真は参考にボイラメーカーが希望するチップ形状を示したものである。ただし上段の写真のように破砕チップではなく、切削チップを推奨しているようである。ホッパーやフィーダーでの閉塞を懸念してのことと思われるが、最上町では破砕チップを投入して問題なく運転しているものと思われる。

(6) 導入事例

熱利用のみの、木質バイオマス（チップ）の「専焼」による事業は、製紙などの熱エネルギー多消費産業が既設重油ボイラー燃料の代替として木質バイオマス設備を導入する他は大手資本（企業）による設置は少なく、地域資本（地元企業）、森林資源が豊富な自治体による導入が多くみられる。さらに NPO などの地域事業体が推進する＝市民参加（ファンドに出資）型の新しい取組みも始まっている。ここでは、後出の事例一覧の中から特徴点などを補完する。

①岩手県営屋内温水プール（愛称 ホットスイム）

ホットスイムは、雫石地域地熱熱水供給事業実証調査の一環として、熱水供給の実用化を図り、地域振興、住民の福祉等に活用することを目的に1993年（平成5年）度に供用開始した施設で、50m公認プールやファミリープール、トレーニングルームなどがある。



図 3.1-13 ホットスイム概観

ホットスイムの熱源となっていた地熱熱水は、2005年（平成17年）度末で実証調査が終了し、熱水供給廃止となったことから、ホットスイムを既設の太陽光発電設備（20kW）と合わせて、新エネルギーのモデル施設することになった。

新たな熱源として、地域特性に合う方式として、木質バイオマスを燃料とする「いわて型チップボイラー」と、「地下水利用型ヒートポンプ」を組合せた複合設備が導入された。

(設備と概略フロー)

いわて型チップボイラー：従来、欧州製品が多く導入されていたが、高含水率チップでも対応できるボイラーとして、岩手県工業技術センター、岩手県林業技術センターが民間企業と共同で開発した。



図 3.1-14 いわて型チップボイラー

地下水利用型ヒートポンプ：熱水実証事業で使用していた深井戸から自噴する地下水を熱源として継続利用。温度が安定している地下水を熱源とするため、年間を通じて安定した熱効率が得られる。熱源としている地下水はホットスィムから約 8km 上流にあり、配管は熱水実証事業の既設管を利用し、無動力で引き込まれている。



図 3.1-15 地下水利用型ヒートポンプ

水熱の流れフロー：ホットスイムでは複数の熱交換器を用い、熱（熱水）を①暖房（パネルヒーター）、②給湯・シャワー、③床暖房、④プール加熱とカスケード式に利用する。利用を終え40℃前後に下降した湯は、ヒートポンプで45℃程度に加熱後、再び貯湯槽に返され、更にチップボイラーで加熱され、施設で利用するために必要な70℃程度まで加熱される。

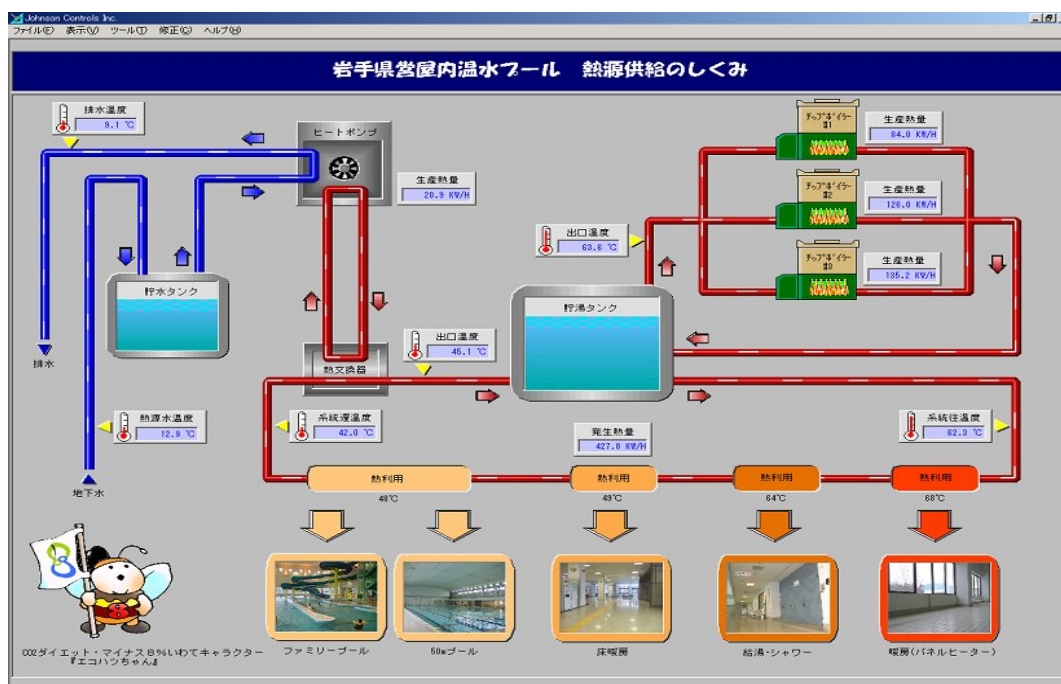


図 3.1-16 熱源供給フロー

最近の石油価格の高騰により、燃料費も重油ボイラーと比較して2割から3割程度安価となる試算が示されている。

(以上出典:岩手県庁ホームページ http://www.pref.iwate.jp/~hp0208/01ene/new_ene/hotswim/new_ene_hotswim.htm)

②最上町ウェルネスプラザ

ウェルネスプラザ最上では、木質チップボイラーを設置し、そこから得られるエネルギーを冷暖房と給湯に利用しているほか、（高齢者生きがい）園芸ハウスの暖房としても活用している。

ボイラーは出力が550kWと700kWの2系統に分かれ、550kWのシステムの方は、木質燃料のみで、園芸ハウスに暖房を福祉センターに暖房と冷房を供給する。

出力700kWのシステムの方は、既設重油ボイラーから供給する熱と混合して、老人保健施設、健康センター、病院に、冷暖房、給湯の熱源として供給している。

一方、出力700kWのシステムの方では、24時間必要となるベース熱量を木質バイオマス燃料で賄い、朝方などに増加するピーク需要を重油で賄っている。

木質バイオマスエネルギー転換システムの導入前後での化石燃料の削減割合は

44%の効果があつた。

表 3.1-3 削減効果

単位:L

年度 \ 対象機種	重油ボイラ	冷温水発生機	消費合計
設置前の平均消費量 1999~2005	226,407	213,586	439,993
設置後の消費量 2009	128,679	118,227	246,906
削減慮	97,728	95,359	193,087

化石燃料の削減額は、施設に一部で使用の給湯用LPガス分共で約1,840万円（重油を85円/Lとして算出）。灰は、畑の土壌改良材や、地場の菓子製造で「とちもち」のアク抜きにも利用されている。ボイラー以降の熱転換システムの熱収支（最終利用エネルギーの割合）は、計画数値の58%に対し、熱出力550kWが60%、700kWが40%、総合で45%であった。最上町ではさらに幼保一元施設や特別養護老人ホームにバイオマスボイラの設置計画が進行中であり、環境負荷軽減と地域経済の活性化を狙っている。しかし、伐採、チップ化、エネルギー転換の総合事業としてみた場合は、今のシステム規模と条件では、経済的に厳しい結果—削減された重油代で、バイオマス利用システムの運用経費（特に供給側）を賄うには改善計画試算でも100万円程度不足—の結果となった。

3.2 その他先進事例調査

ここでは、その他参考となる事例について熱利用、発電利用の観点から整理した結果を示す。

3.2.1 熱利用を中心とした先進事例

ここでは、熱利用を中心とした先進事例の紹介を行う。

表 3.2-1 熱利用事例（1）



国	オーストリア共和国 ウアバースドルフ村
事業者	住民による組合
事業概要	1996年より太陽温水器と木質ボイラーを組み合わせた熱供給施設。 住民53世帯の出資組合
原料に関する情報	木質チップ消費量：2,000m ³ /年
エネルギーに関する情報	木質チップボイラー650kW 地域配管長2.6km
収益に関する情報	投資額：98万ユーロ（補助金45%） 熱供給単価：3.5セント/kWh 加入時負担金：8,000ユーロ
写真	 
出典	神崎（2009），オーストリア・ギュッシング地域の100%自然エネルギーの取り組み

表 3.2-2 熱利用事例 (2)

国	オーストリア共和国 Weissenbach
事業者	Polytecnik 社
事業概要	プラントメーカーである Polytecnik 社による、福祉施設等への熱供給事業
原料に関する情報	0.2dry-t/h 原料は二カ月分ストック
エネルギーに関する情報	出力 (熱) : 0.8MW
収益に関する情報	—
写真	 <p>The '写真' (Photos) section contains three images. The top-left image shows the exterior of a grey building with a dark door and a white trash bin. The top-right image shows a large pile of brown wood chips in a storage area with a metal railing. The bottom image shows a green industrial boiler or furnace with various pipes and components.</p>
出典	みずほ情報総研 (2010), エネルギー利用可能な木質バイオマスに関する最新動向調査調査報告書

表 3.2-3 熱利用事例 (3)

国	オーストリア共和国 Rastenfeld
事業者	製材工場
事業概要	製材工場に隣接し、製材工場の廃材および燃料用チップを原料として製材工場、ペレットミルに熱供給を実施する事業
原料に関する情報	製材廃材、燃料用チップ
エネルギーに関する情報	20MW (10MW×2基) コージェネレーション 熱：15MW、電力：5M
収益に関する情報	販売先に年間 8,000 時間の稼働保証
写真	   
出典	みずほ情報総研 (2010), エネルギー利用可能な木質バイオマスに関する最新動向調査調査報告書

表 3.2-4 熱利用事例 (4)

国	オーストリア共和国 アッパーオーストリア州
事業者	Peasant Bioenergy Fröling Grieskirchen Ltd
事業概要	農家が中心となって共同出資を行っている地域熱供給プラント。 近隣の農家の共同出資 (26 名) で会社を設立し地域熱暖房システムを立ち上げた。プラントは 2004 年に稼働
原料に関する情報	8,000~10,000m ³ /年 農家が持ち込んだチップ : 80 ユーロ/t
エネルギーに関する情報	3MW ボイラー、0.5MW ボイラー、メタン発酵 (0.2MWe+0.2MWth) 3MW ボイラーは 10 月~翌 4 月までの期間稼働 それ以外の期間は、バイオガスシステム (メタン発酵) を稼働 バイオガスでエネルギーが不足した場合 0.5MW システムを稼働
収益に関する情報	【投資額内訳】 建屋 : 100 万ユーロ ボイラー : 100 万ユーロ パイプライン : 100 万ユーロ 【出資内訳】 農家 (76%) + ボイラーメーカー (24%) : 80~90 万ユーロ 補助金 (EU・州) : 100 万ユーロ 銀行からの融資 : 100 万ユーロ 【参加費用】 パイプライン敷設費用 : 5,000 ユーロ
写真	   
出典	みずほ情報総研 (2010), エネルギー利用可能な木質バイオマスに関する最新動向調査調査報告書

表 3.2-5 熱利用事例

国	フィンランド共和国 ヨエンスー
事業者	The Alakya Heating Plant
事業概要	2004 年稼働、地域熱供給事業
原料に関する情報	燃料貯蔵：300m ³
エネルギーに関する情報	ボイラー：1.2MW+0.8MW 熱供給パイプ：3,000m
収益に関する情報	原料費：37～50 ユーロ/m ³
写真	 <p>設備概観</p>  <p>ボイラー</p>
出典	みずほ情報総研（2010）、エネルギー利用可能な木質バイオマスに関する最新動向調査調査報告書

3.2.2 発電を中心とした先進事例

ここでは、発電を中心とした先進事例を示す。

表 3.2-6 発電事例 (1)



国	スウェーデン王国 ウメオ市
事業者	Umeå Energy 社
事業概要	ウメア市が経営する企業 従業員：300 名 事業内容：発電事業、再生可能エネルギー関連事業（太陽光、水力、風力：18 基）地域熱供給事業、ブロードバンド事業
原料に関する情報	バイオマス（ピート 3～6%添加）：57% ゴミ：39% 製材工場残さ：3% オイル（寒冷期用）：1% スウェーデンではピートを再生可能エネルギーとして認めているが、EU では認められていない
エネルギーに関する情報	バイオマス専用プラント（電力：35MW、熱：70MW） ゴミ（電気：50MW、熱：12MW）
収益に関する情報	【建設コスト】 1号機：1.5 億ユーロ、2号機：1 億ユーロ 【原料コスト】 詳細非公表、根株のみ開示：40 ユーロ/m ³ +輸送費 【エネルギー販売】 夏場は熱需要が少ないためゴミプラント 1 基のみ稼働 夏場は地域冷熱供給を実施。大学、病院へ。 電力：0.05～0.1 ユーロ/kWh スウェーデンにおけるエネルギー価格は、暖房、スチーム、電気 の順で安くなる。
写真	 
出典	みずほ情報総研（2010），エネルギー利用可能な木質バイオマスに関する最新動向調査調査報告書

表 3.2-7 発電事例 (2)

国	神奈川県川崎市
事業者	川崎バイオマス発電株式会社
事業概要	木質燃料を使用したバイオマス発電、電力の販売 【出資比率】 住友共同電力株式会社 53%、住友林業株式会社 34%、フルハシEPO 13%
原料に関する情報	建設発生木材：18万トン/年
エネルギーに関する情報	発電規模：33,000kW
収益に関する情報	—
写真	
出典	住友林業 (2011), ニュースリリース

3.3 エネルギー・原料価格調査

3.3.1 化石燃料価格

石油製品価格は、原油価格動向に連動する。直近においては、既に東北地域で 80 円/L を超えている。原油価格は、長期的に上昇傾向が予想される。

油焚きボイラーで利用される重油をバイオマスエネルギーによって代替することを想定する場合、重油価格を 70 円/L 以上とする必要がある。また、将来、原油価格が 120 ドル/バレルまで上昇する場合、重油価格は過去のトレンドから 90 円/L 程度と試算される

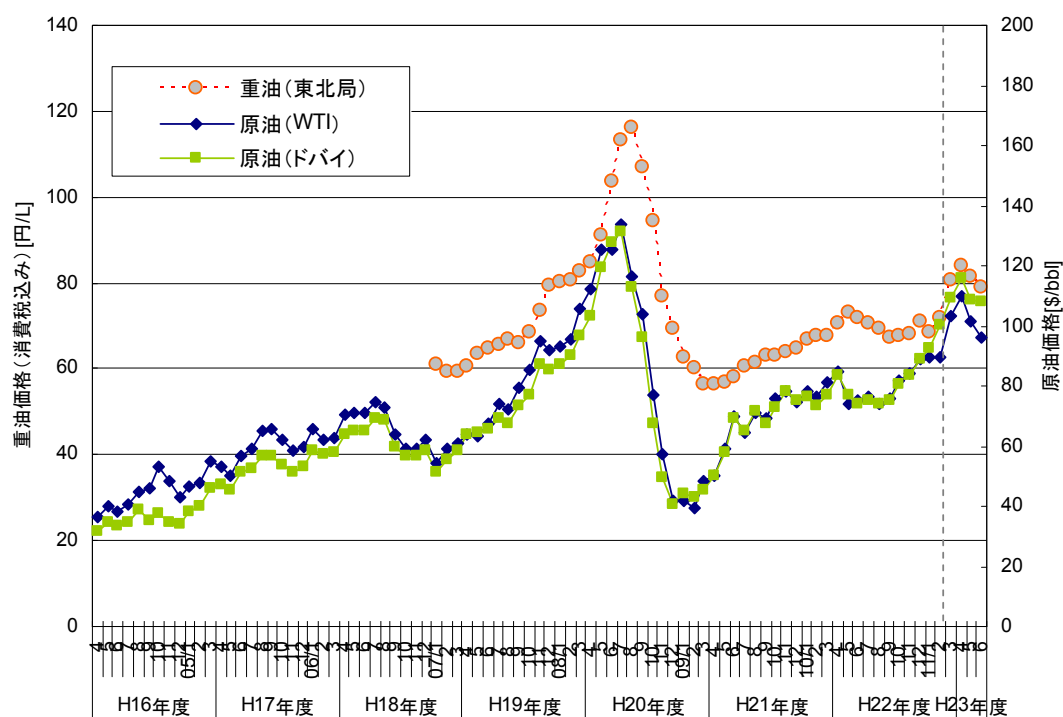


図 3.3-1 原油価格・重油価格の推移

(出典) 石油情報センター、財務省貿易統計に基づきみずほ情報総研作成

3.3.2 原料価格調査

調査中

3.4 バイオマス発電の経済性分析

3.4.1 経済性概算

バイオマス発電の経済性について概算を実施した結果を以下に示す（図 3.4-1）。国内でのバイオマス発電最大規模は 10MW クラスである。この規模における、必要となる原料は 515t/日（約 16 万トン/年）で、この規模での損益分岐は、半額補助が得られると考えられる売電価格（8 円/kWh）の場合には、原料価格が 1,000 円/t で入手する必要がある。しかし、全量買取制度導入により売電価格が 20 円/kWh となる可能性があり、この場合 7,500 円/t 程度まで受入可能と考えられる。

C 級材であれば、5,000 円/t 程度と考えられるが、16 万トン分の C 級材確保は簡単ではない経済性の観点から、10MW 規模の未利用バイオマス等の利活用による単純な発電事業は、現状の枠組み（エネルギー・林業）では困難であると考えられる。

原料を収集可能な規模として 5MW クラスが適切規模と考えられる。このクラスにおける必要原料は約 250t/日（約 8 万トン/年）となり、青森県においても供給可能性はあると考えられる。しかし、このクラスの場合では、4 千円/トン以下に抑える必要があるため、この金額における供給可能性がどの程度あるのか検証が必要である。

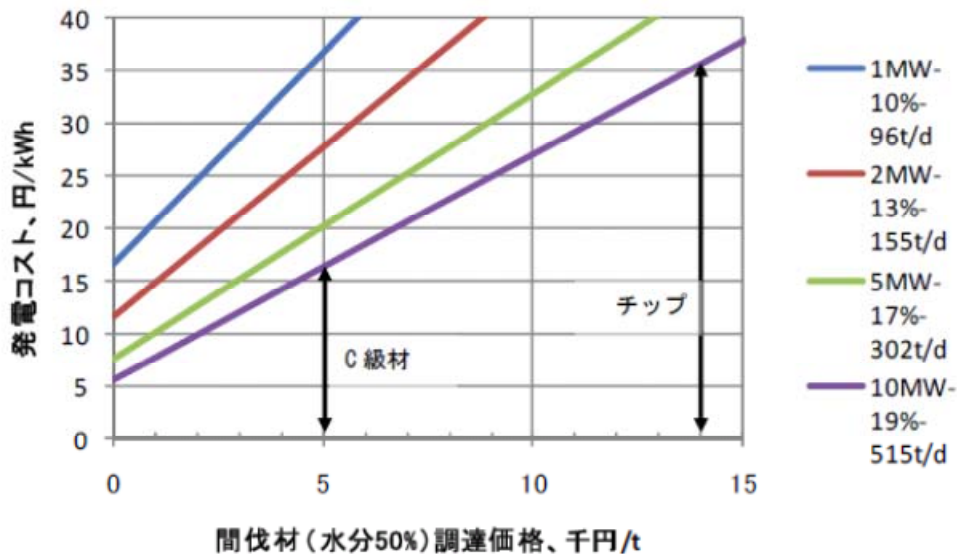


図 3.4-1 損益分岐点における間伐材価格と発電コスト

(出典) みずほ情報総研 (2010), エネルギー利用可能な木質バイオマスに関する動向調査

3.5 バイオマス熱利用の経済性分析

3.5.1 経済性概算

バイオマスボイラーとして、スチーム発生量約 100~1,800kg/h の規模で、多数商業利用されている油焚きボイラーと比較を実施した。バイオマス投入量として 25~500kg/h に相当する。

重油価格は原油価格上昇に伴い、長期的に上昇傾向が見込まれており、直近の東北地域での価格は 80 円/L を超えている。

バイオマスボイラーと油焚きボイラーによるスチームコストの構造は大きく異なり、前者は初期コストが高く燃料価格が比較的低いのに対し、後者は初期コストが非常に低く燃料価格が高い。そのため、油焚きボイラーによるスチームコストは規模および稼動時間に依存しにくい、バイオマスボイラーは規模および稼動時間に大きく依存する。

適切な規模、稼動時間での熱需要があれば、バイオマスの小規模分散利用は経済的に魅力がある。ただし、熱需要は変動する上、終日需要がある需要先は少ないことが予想されるため、コージェネレーション利用も含め、青森県内での適切な導入先の見極めが重要と考えられる。

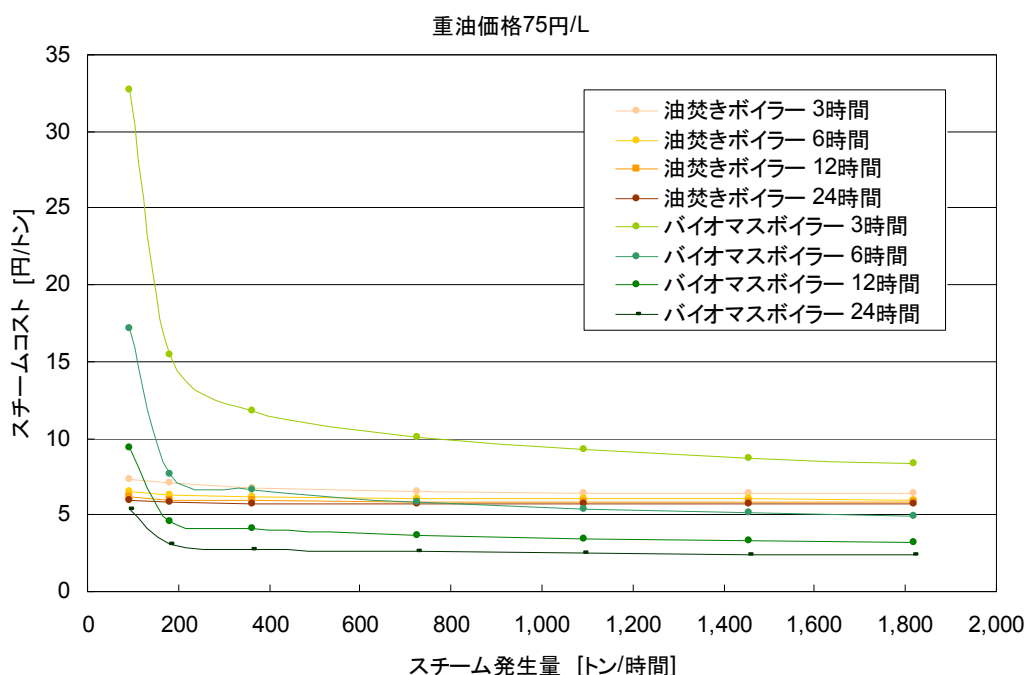


図 3.5-1 油焚きボイラーとバイオマスボイラーの経済性の比較（重油価格 75 円/L）

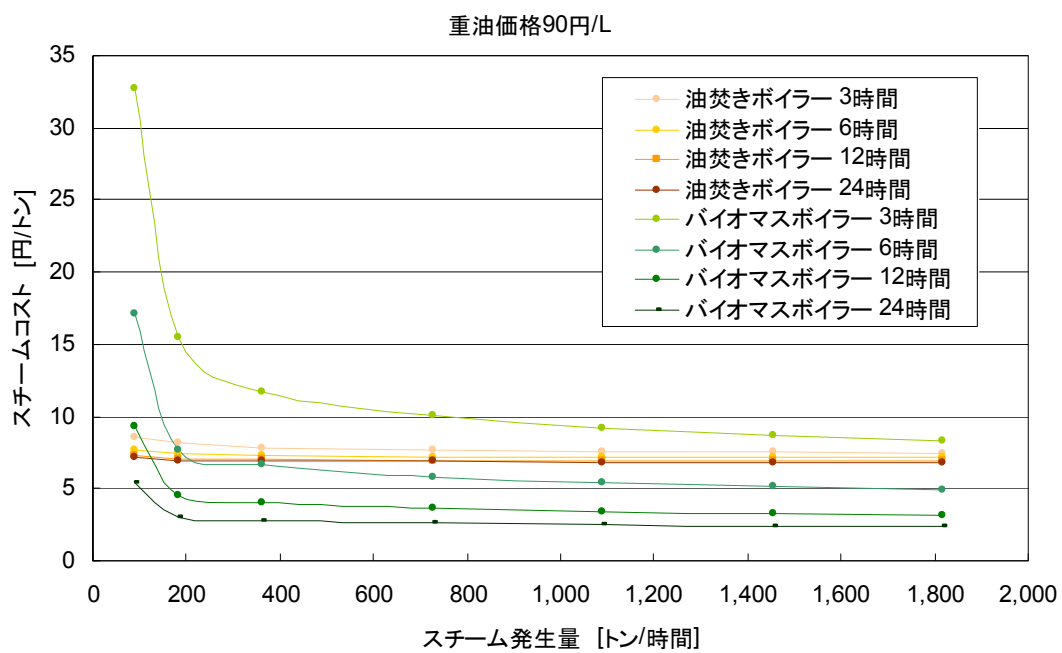


図 3.5-2 油焚きボイラーとバイオマスボイラーの経済性の比較（重油価格 90 円/L）

3.5.2 ケーススタディ

(1) 稼働時間の変動による経済性の変化

表 3.5-1 試算条件（稼働率 8 時間/日）

項目	単位	設定値
バイオマス熱量	MJ/kg	9
バイオマスボイラー効率		85%
バイオマス単価	千円/トン	10
灰処理単価	千円/トン	10
灰発生率		5%
A重油ボイラー効率		90%
稼働日数	日/年	300
稼働時間	時間/日	8

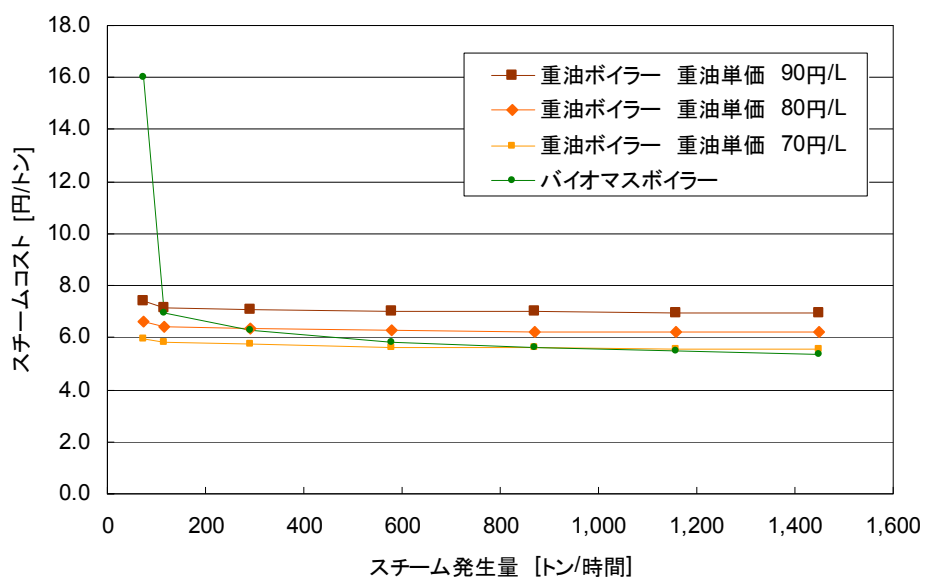


図 3.5-3 経済性分析結果（稼働率 8 時間/日）

表 3.5-2 試算条件（稼働率 12 時間/日）

項目	単位	設定値
バイオマス熱量	MJ/kg	9
バイオマスボイラー効率		85%
バイオマス単価	千円/トン	10
灰処理単価	千円/トン	10
灰発生率		5%
A重油ボイラー効率		90%
稼働日数	日/年	300
稼働時間	時間/日	12

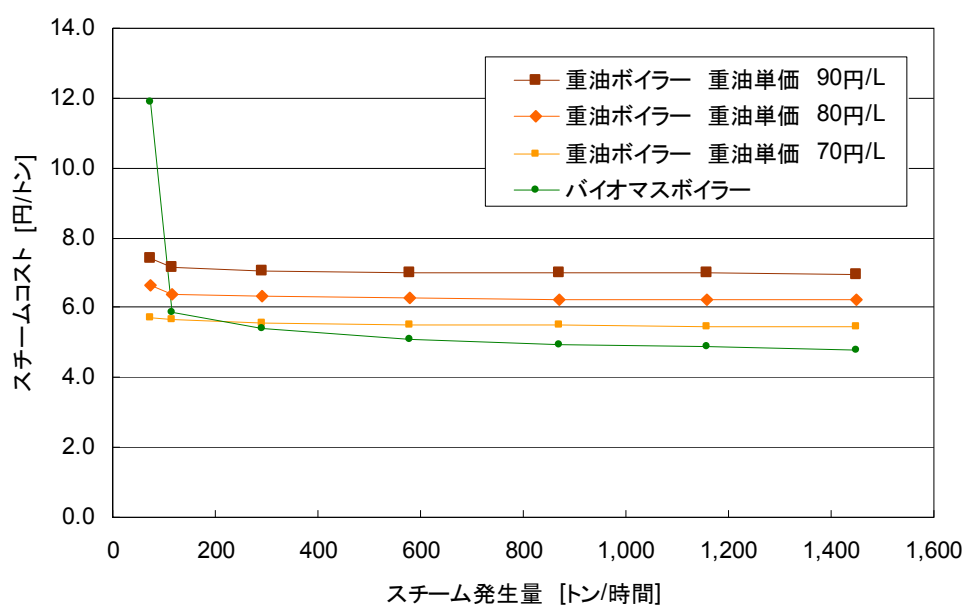


図 3.5-4 経済性分析結果（稼働率 12 時間/日）

(2) バイオマス価格の変動による経済性の変化

表 3.5-3 試算条件（稼働率 15 千円/トン）

項目	単位	設定値
バイオマス熱量	MJ/kg	9
バイオマスボイラー効率		85%
バイオマス単価	千円/トン	15
灰処理単価	千円/トン	10
灰発生率		5%
A重油ボイラー効率		90%
稼働日数	日/年	300
稼働時間	時間/日	12

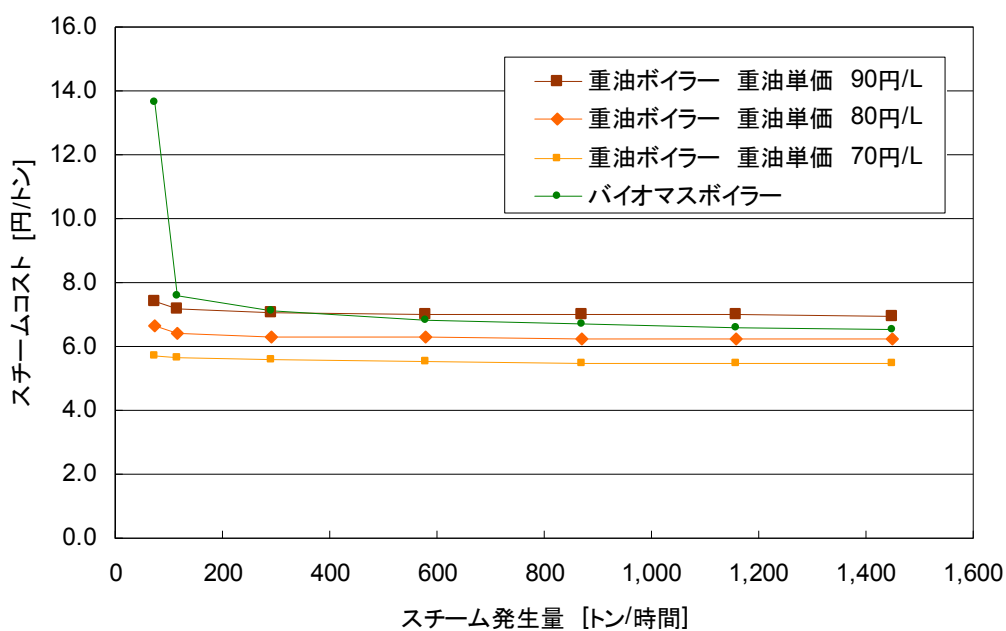


図 3.5-5 経済性分析結果（稼働率 15 千円/トン）

表 3.5-4 試算条件（稼働率 20 千円/トン）

項目	単位	設定値
バイオマス熱量	MJ/kg	9
バイオマスボイラー効率		85%
バイオマス単価	千円/トン	20
灰処理単価	千円/トン	10
灰発生率		5%
A重油ボイラー効率		90%
稼働日数	日/年	300
稼働時間	時間/日	12

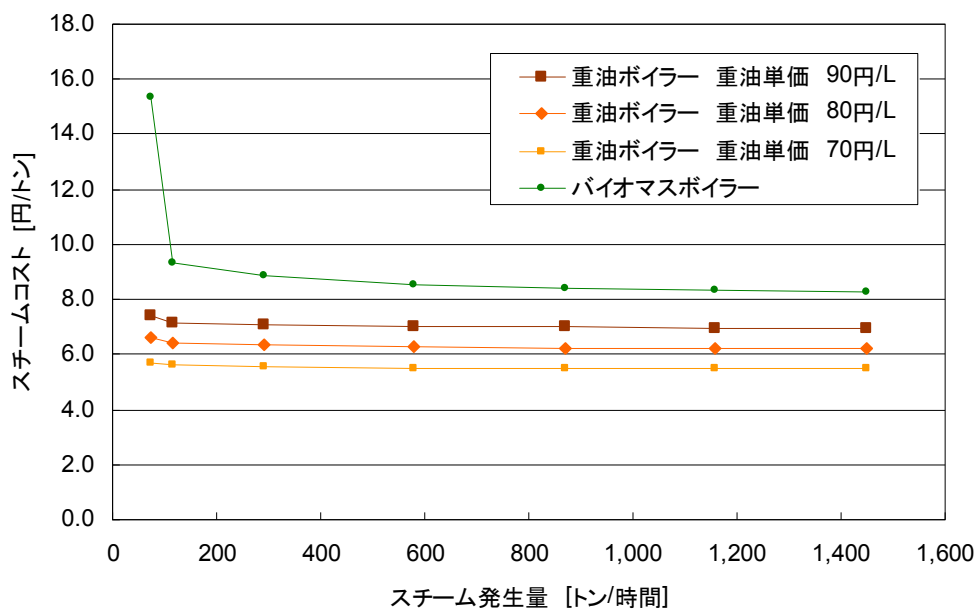


図 3.5-6 経済性分析結果（稼働率 20 千円/トン）

4. 地域のニーズをふまえたバイオマス利活用システム評価

事業案公募へ申し込みした事業のうち2件を評価対象として、その事業の実現性等の評価を実施した結果を示す。

なお、事業案公募は具体的な内容が公表されないことを前提に実施されたため、本報告書においては、具体的な事業内容について一切記載していない。

4.1 地域ニーズの把握

本事業では、地域ニーズに対応してバイオマスを利活用することに重点を置いている。そこで事業の検討は公募を実施し、その公募への応募があった事業について評価を実施した。

4.1.1 周知方法

事業公募の説明会を八戸市で実施、青森県庁の協力を得て青森県内のテレビ局等マスコミへ取材依頼を実施し、説明会についてテレビ3局より報道された。

4.1.2 実施内容

- | | | | |
|-----------|-------|--------------|-------------|
| ①説明会 | 八戸市 | 11月4日 | 14:00~15:00 |
| ②公募期間 | | 11月21日~12月5日 | |
| ③選定会議 | 12月6日 | 応募3件中2件選定 | |
| ④現地ヒアリング | 八戸市 | 12月9日(金) | |
| ⑤その他ヒアリング | 東京 | 12月15日(木) | |

上記の内容を実施することにより地域のニーズを反映した事業を実施した。

4.2 直接燃焼発電事業

4.2.1 提案を受けた内容

- 5,000kW の発電事業
- 電力は PPS 事業者へ販売
- 震災廃棄物等のチップ化を担う企業、その他バイオマスの調達を担う企業、PPS 事業を担う企業が、それぞれの役割を担った上で、共同でバイオマス発電所を設立する
- 熱については、提案時点において、技術的に可能な範囲で生産の上、所内利用して余剰分は販売することを検討中

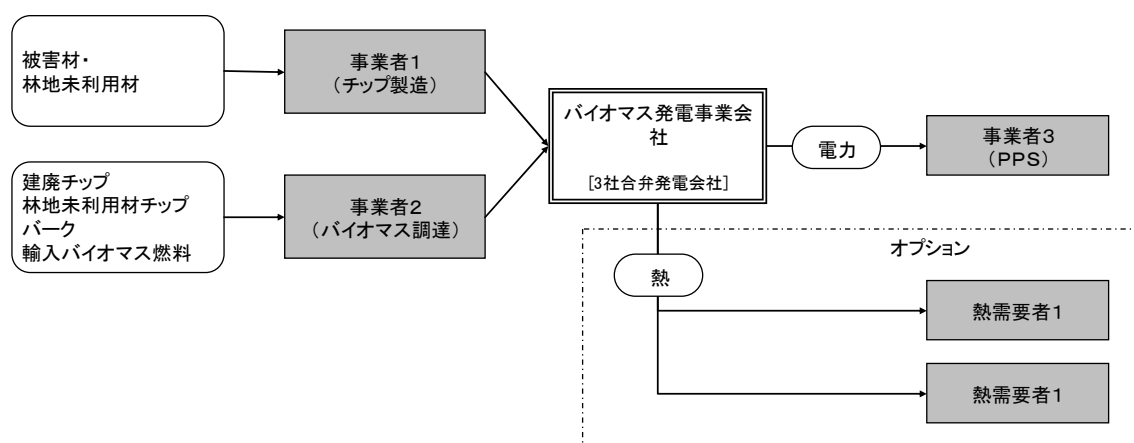


図 4.2-1 提案スキーム

4.2.2 提案内容の実現性の評価

(1) 事業実施主体

- 本共同事業に参加する事業者は、関連する事業について実績がある、もしくは、既存事業内容を考慮すると実現できる可能性があるとして評価される。
- ただし、熱利用については、需要者となる事業者が明確ではない。

(2) 原料確保

- 青森県、岩手県北部からパークおよび間伐材等森林資源を確保する計画となっており、青森県の森林資源の供給力を考慮すると十分に供給可能な量と考えられる。
- また、補助燃料として輸入バイオマスの利活用を実施する準備をしておき、発電設備の稼働率を高めるための工夫がなされている。
- 原料価格については、事業実施上の大きな課題であるが、現在想定している価格については実現可能性があると考えられる金額を想定しているものと考えられる。

(3) エネルギー生産および利用

- 事業者が想定する電力販売価格
 - 電力価格として 15～20 円/kWh を想定
 - 現在のところ、バイオマスに関する全量買取制度については、15～20 円/kWh、買取期間は 15～20 年をベースに検討が進められているところである。
 - 全量買取制度は、2012 年 7 月から開始することが決定している。

- 販売予定先での継続的な購入可能性の整理
 - 全量買取制度が開始すると、本事業での電力は設定された価格、期間で電力会社に買い取ってもらえると想定可能である。
 - 現在想定される熱需要先で熱利用を実現するには、熱供給導管の公道横断が可能か検討の必要がある。
 - 熱供給事業においては、複数の熱需要家が必須とされ、この条件により熱供給事業が成立し、公道等に地域導管が埋設される（公道利用の許可）。
 - ただし、現状の供給先候補が 1 件であること、また供給量が未定であり、供給導管計画も不明であることから、熱供給事業については詳細検討に含めないこととする。

 - （参考）熱供給においては、熱供給導管敷設方法及び敷設ルートにより異なるが、熱供給導管建設費用が高く（5 億～10 億円を想定）、1 件の需要家だけでは設備負担が大きすぎると想定される。
 - 蒸気単価は、自家用熱源（A 重油焚きボイラ）の燃料費に影響を受けるが、自家用熱源による蒸気単価は、東北局・小型ローリー・2011 年 10 月 A 重油価格 78.5 円で、8.85 円/Mcal、大型ローリー・2011 年 10 月 A 重油価格 72.0 円で、8.11 円/Mcal となり、この価格に蒸気ボイラ及び工事費の要素が加算される。

4.2.3 導入が想定される設備

(1) 設備概要

- 計画設備概要
 - 計画設備は、流動層ボイラ、廃熱回収ボイラ、バグフィルター、蒸気タービン、復水器、発電機、主変圧器、チップ化設備、ストックヤード（燃料 2～3 日分をストック）、中央操作室等から構成されている。

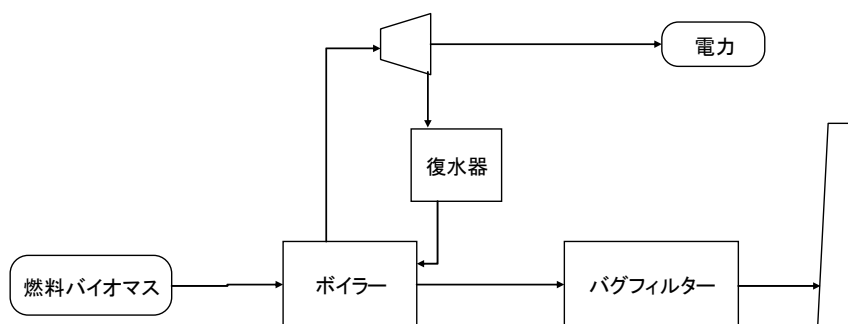


図 4.2-2 提案技術の設備構成イメージ

(2) 設置場所と留意すべき法制度

- 設置に向けた具体的な許認可
 - 今回の計画施設規模で設置に向けて必要となる主な許認可事項を表 4.2-1 に示す。

表 4.2-1 今回の計画施設規模で設置に向けて必要となる主な許認可事項

No	法規名称	施設の種類	許可／届出	許可届出の必要な規模等
1	廃棄物の処理及び清掃に関する法律	産業廃棄物の焼却施設*	許可	焼却能力 200kg/h以上、または火格子面積 2 m ² 以上(廃棄物処理施設扱い対象時適用)
2	大気汚染防止法	ばい煙発生施設(ボイラー例)	届出	伝熱面積 10 m ² 以上、またはバーナー燃焼能力重油換算 50L/h 以上(県条例-5 m ² 以上)
3	ダイオキシン類対策特別措置法	産業廃棄物の焼却施設*	届出	焼却能力 50kg/h以上、または火格子面積 0.5 m ² 以上
5	騒音規制法	コンプレッサー・送風機など	届出	原動機の定格出力 7.5kW 以上(別途県条例による指定 j 条件有)
6	振動規制法	コンプレッサー・送風機など	届出	原動機の定格出力 7.5kW 以上
7	消防法	火気使用設備 貯留倉庫	届出	ボイラー設置、 木屑等(指定可燃物)貯留 10 m ³ 以上
8	労働安全衛生法	ボイラー設置	届出	一定規模のボイラーについて、届出・落成検査・取扱資格者が必要
9	電気事業法	発電設備	届出	規模により、使用前検査、主任技術者(有資格者)が必要。

- 木質バイオマス等利用の発電施設設置について、「廃棄物の処理および清掃に関する法律(廃掃法)」の産業廃棄物処理施設に該当するか否かにより、環境影響評価の実施(施設建設許可が出るまで影響調査期間を含め二年程度を要す)の要否が事業面で大きな比重を占める。
- 環境省・林野庁連名で出された「木くずの燃料利用に係る取り扱いについて」の通知(-環廃産発 050812003 号課長通知 H17.8.12 付)により、完全に有償である(常に有償=商品性がある)ことなど、一定の要件を満たす燃料として利用される木質バイオマス発電施設は、産業廃棄物の焼却施設には当たらないものとして取り扱われる。
- 今回は対象原料に震災廃棄物を利用するが、中間処理されたものを購入して利用する予定としているため、環境影響調査は不要ではないかと考えられるが、県の環境政策課と十分な協議を行う必要がある。

(3) 現在想定されている技術の信頼性

- 本提案で想定されている技術
 - 本計画の炉形式は流動層型で、国内外において複数の導入実績を有するメーカーの技術である。

- 提案技術の設計の前提
 - 燃料計画は、震災廃棄物、森林バイオマス(未利用間伐材、バーク材)、輸入バイオマスを利用する計画となっている。
 - 震災廃棄物は CCA (クロム・銅・ヒ素化合物系木材防腐剤) が含まれていないことを前提としている。
 - 震災廃棄物は塩分が含まれている可能性があるため、チューブ材質として SUS 適用するなどの対策がなされている。
 - 環境対策として、排ガスに対しては活性炭・消石灰拭き込みで対応し、焼却灰の重金属対策はキレート固化処理が計画されている。
 - 3 年間は腐食無しを想定した設計となっている。
 - 設計寿命は 25 年とし、大規模メンテナンスは 5 年毎に実施する。年平均のメンテナンス費用は建設費の 2%を見込んでいる。
 - 年間 60,000 トン程度の燃料確保のため、震災廃棄物、森林バイオマスのほか、輸入バイオマスを適用するのは事業性の観点から望ましいが、複数の原料を随時異なる利用率で運用するため、発熱量管理や燃焼管理など十分に行うとともに、メンテナンスを随時行うことが重要と考えられる。

- 導入想定技術の商業利用可能性
 - 運転実績及び想定されているプラントメーカーの技術力、総合力を評価すれば、商業利用可能性は十分に高いと言える。

- 人員配置
 - 運転は 24 時間連続、年間 340 日以上、メンテナンス期間約 3 週間／年弱と計画されている。
 - 運転員は、3 交代シフトで 10 人と計画されている。
 - 以上、人員計画について十分であると評価する。

(4) 副産物の処理・利用

- 想定される性状と処理・利用方法の検討
 - 木質バイオマス燃焼による焼却灰は約 5 トン／日発生するが、セメント業者に引き取ってもらう計画となっている。
 - ただし、現時点において、セメントでの受け入れが長期的に可能かどうかについて確認はとれていない

(5) 設備設置までの予想されるスケジュール

- 上記項目を考慮したスケジュール
 - プラントメーカーの納期は 14 カ月
 - 工場でプレハブ化して現地での溶接作業を減らすことで、最短 12 カ月を可能にしている。

- ただし、これらは、土木工事、外構工事を除いた納期である。(土木工事、外構工事は1~2か月程度必要と考えられる)

表 4.2-2 想定されるスケジュール

月数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
基礎工事	設計	■													
	工事		■	■	■										
ストックヤード工事				■	■										
構内道路外構工事					■	■	■	■							■
上下水工事					■	■	■	■							
プラント工事 (電気工事含む)	詳細設計	■	■												
	工場製作		■	■	■	■	■	■	■						
	現地工事						■	■	■	■	■	■	■	■	■
	試運転調整													■	■
破砕設備 (チップパー)	仕様決定・設計	■	■												
	工場製作							■	■	■					
	現地組立工事										■	■	■		
	試運転調整												■	■	■
送電線工事 (東北電力)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
総合試運転 (系統接続)															■

(6) 設備向け補助金導入可能性

- 上記内容での補助金導入可能性の検討
 - 第3次補正予算を利用する場合には、設備補助率 1/2 かつ固定買取制度の対象になると想定される
 - 固定買取制度の適用条件は現時点で不明であるが、利用バイオマスが未利用であること、新設導入数増加を促進する施策であることから、本提案は新設であるため、未利用バイオマスをエネルギー利用する設備として固定買取制度の対象施設になるものと考えられる。
 - ただし、設備補助を受けた場合も固定買取制度の対象になるかどうかは不確定である。

4.2.4 事業採算性の検討

(1) 各種想定条件

- 初期コストは 25 億円と想定
 - 想定されているプラントメーカーの一般的な設備仕様に対する初期コストをベースとして、震災廃棄物を投入することによるボイラのコストアップ、チップ化設備、地盤等が不明な点を考慮した土木工事上

のコストアップ、系統接続のための送電線負担分等を考慮して想定した。

- 補助金導入率
 - 第3次補正予算を利用する（設備補助 1/2）場合を想定
 - その他設備補助を受ける場合の想定として設備補助 1/3 も想定
 - 固定買取制度を利用するとして、設備補助率 0（ゼロ）の場合も想定

- 設備償却年
 - 設備利用期間として 25 年を想定
 - 事業採算性評価では、法定償却年数（汽力発電設備）の 15 年と想定
 - また、全量買取制度の買取期間が 15～20 年であることから評価期間として 15 年を想定

- その他条件については、表 4.2-3 に示すとおり想定した。

(2) 事業性試算結果

- 事業採算性に大きな影響を与える要素として「全量買取価格」と「バイオマス価格」と考え、これらについてケーススタディを実施した。

表 4.2-3 単年での事業収支の試算結果

項目	単位	ケース1	ケース2	ケース3	
設定条件	固定買取価格	円/kWh	15	20	25
	バイオマス単価	円/トン	4,000	4,000	4,000
	発電規模	kW	5,000	5,000	5,000
	発電効率		26%	26%	26%
	バイオマス量	kg/日	161,102	161,102	161,102
		トン/年	54,775	54,775	54,775
	バイオマス発熱量	kcal/kg	2,464	2,464	2,464
		MJ/kg	10.3	10.3	10.3
	バイオマス含水率		40%	40%	40%
	年間稼働日数	日/年	340	340	340
	稼働時間	時間/日	24	24	24
		時間/年	8160	8160	8160
	発電量	kWh/日	120,000	120,000	120,000
		kWh/年	40,800,000	40,800,000	40,800,000
初期投資	土地購入費		0	0	0
	発電設備費		2,500,000,000	2,500,000,000	2,500,000,000
	設備償却年数	年	15	15	15
	残存価値	% of 設備費	10	10	10
	設備補助率		0.50	0.50	0.50
	金利	%	4.00	4.00	4.00
	法人税率	%	30	30	30
運用コスト	運転員	人	10	10	10
	その他要員	人	10	10	10
	運転員単価	円/人	6,000,000	6,000,000	6,000,000
	その他要員単価	円/人	3,000,000	3,000,000	3,000,000
	上水・下水	トン/月	1,000	1,000	1,000
	上水・下水単価	円/トン	500	500	500
	メンテナンス費	% of 建設費	2	2	2
	灰発生量	トン/年	5,000	5,000	5,000
		% of バイオマス	9.1%	9.1%	9.1%
	灰処理費	円/トン	30,000	30,000	30,000
収入	電力販売		612,000,000	816,000,000	1,020,000,000
支出	バイオマス購入費		219,098,172	219,098,172	219,098,172
	人件費	運転員	60,000,000	60,000,000	60,000,000
		その他要員	30,000,000	30,000,000	30,000,000
	上水・下水費		6,000,000	6,000,000	6,000,000
	メンテナンス費		50,000,000	50,000,000	50,000,000
	灰処理費		150,000,000	150,000,000	150,000,000
	減価償却費		75,000,000	75,000,000	75,000,000
	金利支払		50,000,000	50,000,000	50,000,000
合計			640,098,172	640,098,172	640,098,172
税引き前収支			-28,098,172	175,901,828	379,901,828
	法人税		0	52,770,548	113,970,548
税引き後収支			-28,098,172	123,131,280	265,931,280

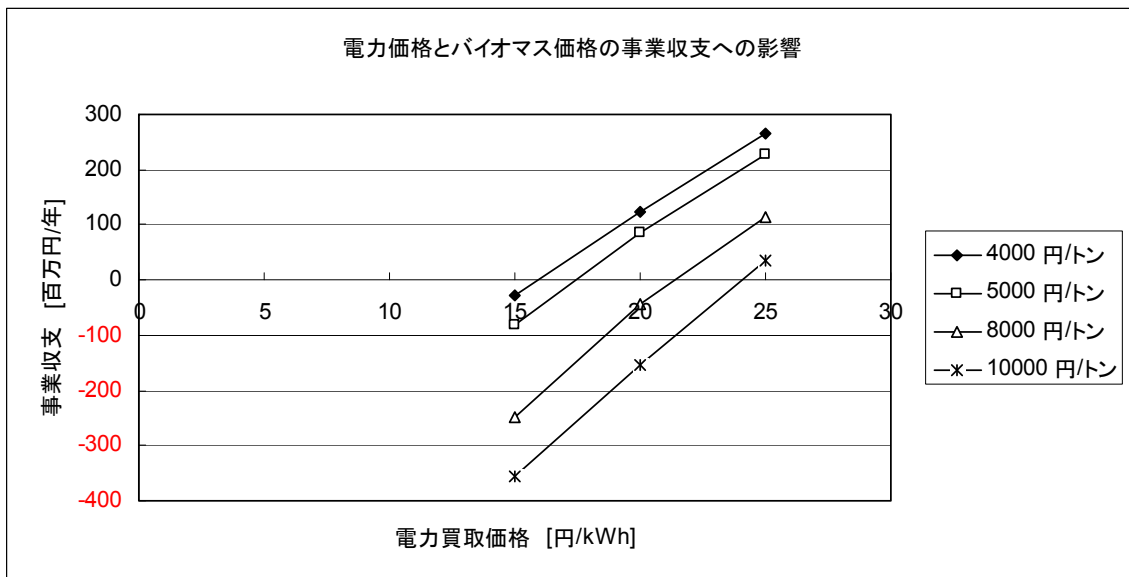


図 4.2-3 電力買取価格とバイオマス価格の事業収支に与える影響（設備補助率 1/2）

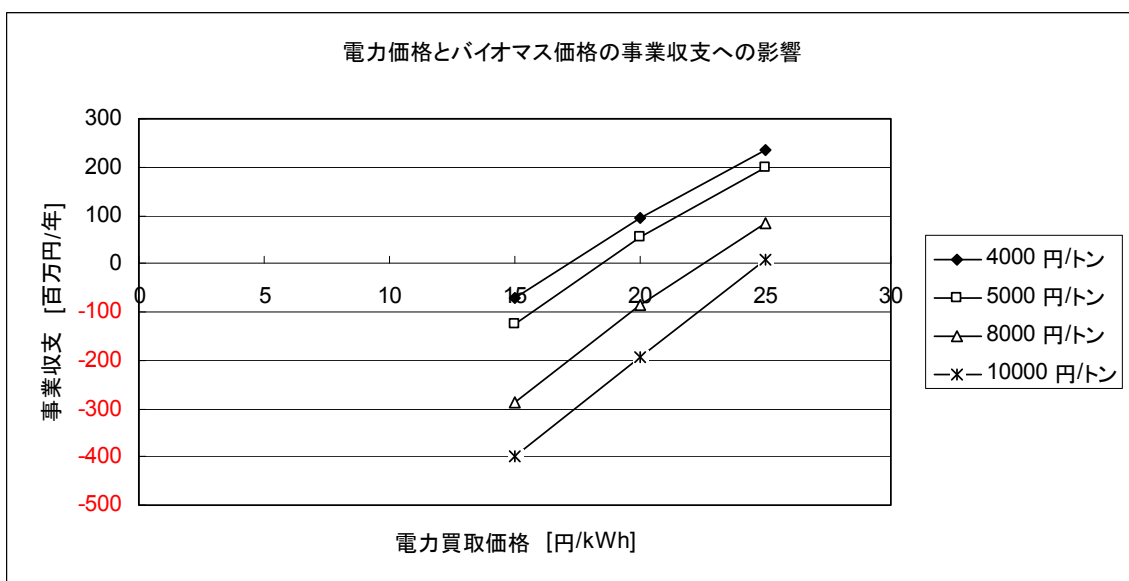


図 4.2-4 電力買取価格とバイオマス価格の事業収支に与える影響（設備補助率 1/3）

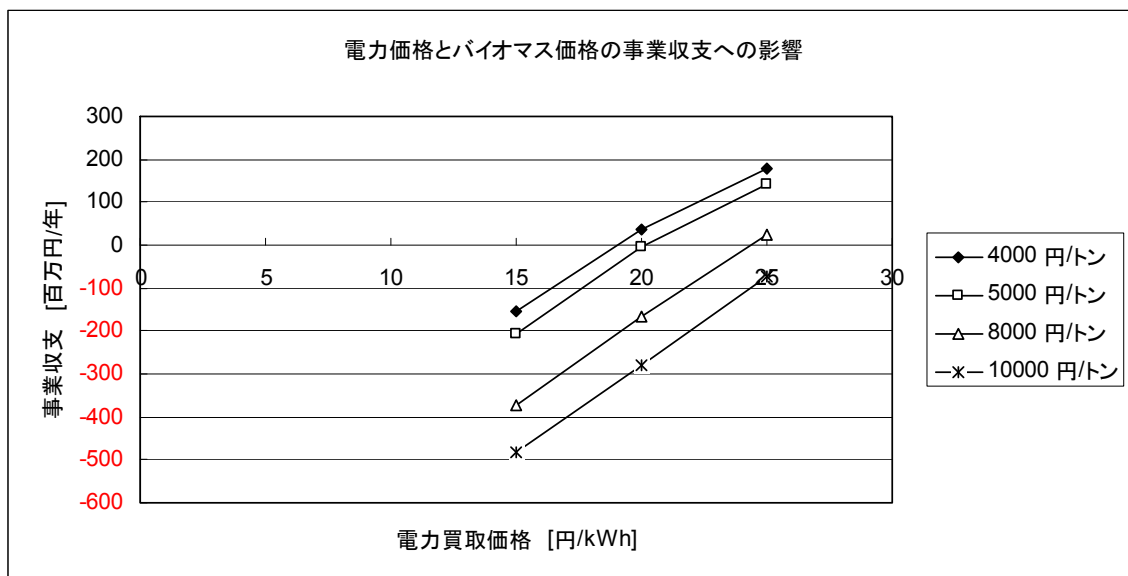


図 4.2-5 電力買取価格とバイオマス価格の事業収支に与える影響（設備補助率ゼロ）

(3) 事業収支と継続性の評価

- 現在、全量買取制度の詳細が検討されているところであるが、第3次補正予算を利用して設備補助がある場合、バイオマス価格が5,000円/トン以内で調達できれば、15～20円/kWhの間に事業成立の分岐点がある
- ただし、森林バイオマスを一定量利用しようとした場合、バイオマス価格は最低でも8,000円/トン程度になると考えられ、その場合には固定買取価格が22円/kWh程度以上でないと事業として成立しない
- 第3次補正以外の補助金（設備補助率1/3）を利用する場合には、23円/kWh程度以上でないと事業として成立しない
- 設備補助がない場合には、25円/kWh程度でも事業は成立ラインすれすれである

(4) キャッシュフロー

- 事業性評価で設定した条件を利用して、キャッシュフローを試算
- バイオマス価格が変化しないと想定した場合には、固定買取価格が 25 円/kWh において内部収益率は 15 年間で 6%となる

固定買取価格 [円/kWh]	25
IRR	6%

事業年度	0年度 2012	1年度 2013	2年度 2014	3年度 2015	4年度 2016	5年度 2017	6年度 2018	7年度 2019	8年度 2020	9年度 2021	10年度 2022	11年度 2023	12年度 2024	13年度 2025	14年度 2026	15年度 2027
初期投資 借入 補助金 設備投資 収入	1,250 1,250 -2,500	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020
支出																
バイオマス購入費		438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438
人件費		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
上水・下水費		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
メンテナンス費		25	25	25	25	150	25	25	25	25	150	25	25	25	25	150
灰処理費		150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
借入返済		111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
支出合計		820	820	820	820	945	820	820	820	820	945	820	820	820	820	945
バイオマス量	トン/年	54,775	54,775	54,775	54,775	54,775	54,775	54,775	54,775	54,775	54,775	54,775	54,775	54,775	54,775	54,775
バイオマス単価	円/トン	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
事業収支		200	200	200	200	75	200	200	200	200	75	200	200	200	200	75
税引き後収益		140	140	140	140	52	140	140	140	140	52	140	140	140	140	52
累積収益		200	400	600	799	874	1,074	1,274	1,474	1,674	1,749	1,948	2,148	2,348	2,548	3,568
現価係数		1	0.939	0.882	0.829	0.779	0.731	0.687	0.645	0.606	0.570	0.535	0.503	0.472	0.443	0.417
現在価値(正味キャッシュフロー)		140	131	123	116	41	102	96	90	85	30	75	70	66	62	22

4.2.5 関連法規制の検討

施設設置地域は「準工業地域」であることを踏まえ、地域に該当する騒音・振動の規制基準値に準拠する必要がある。

- 表 4.2-1 の一覧表に示す他に建築基準法（工場建築物対象）に拠る必要がある。
- ただし、これらは事業実現に大きく影響を及ぼす要素ではないと考えられる。

4.2.6 まとめ

(1) 事業実施主体

- 提案段階でのフォーメーションに大きな問題はないと判断される。
- ただし、実際に実施するにあたっては、より強固な連携が必要である。

(2) 導入が想定される技術

- 実績も多く、震災廃棄物受け入れに対する対策も考慮されているため、想定条件通りのバイオマス燃料が入手でき、かつ、十分なメンテナンスを随時実施すれば大きな問題はないと考えられる。

(3) 事業性評価

- 固定買取制度の内容に事業性が大きく影響を受けるため、制度の全貌が明らかにならないと事業成立の判断は難しいと言わざるを得ない。

4.3 ガス化発電事業

4.3.1 提案を受けた内容

- 既存の産業廃棄物処理業者、エンジニアリング会社や機器メーカー等を含めた事業者による発電事業である。
- 過熱水蒸気・炭化ガス化発電技術を利用した、電力と熱のコージェネレーション事業である。

4.3.2 提案内容の実現性の評価

(1) 事業実施主体

- 産業廃棄物処理業者は、長年、産業廃棄物処理事業を継続してきた実績を有している。
- バイオマス供給の役割の一部を担う事業者が含まれているが、関連する事業の実績を有している。
- 想定されるガス化発電技術は複数の機器メーカーで構成されている。

(2) 原料確保

- 原料の収集体制については、50%を既に収集済みの資源を利用する計画となっており、森林資源についても比較的少量であることから確保に特段の問題はないと考えられる。

(3) エネルギー生産および利用

- エネルギーについては、2,600 時間／年稼動時に発生する全エネルギーのうち、電気・熱エネルギー(熱ガス)はすべて今回設備を含む中間処理施設場内でオンサイト利用する。なお、電気・エネルギーについては自己消費を行うことから、販売代替価格(電気-14.74 円/kWh、熱ガスエネルギー-6,990 円/Gcal)を事業収入相当としている。
- なお、外部に対し販売・利用を期待するものは副生物として生産される炭化物のみである。事業者は¥40 円/kg を事業収支数値として試算している。
- 副生物として発生し、唯一外部に対し販売利用を期待する炭化物についてまだ具体的な交渉は行われていないが、ごみ焼却炉での助燃剤(兼ダイオキシン緩衝材)として利用されることを期待している。

4.3.3 導入が想定される設備

(1) 設備概要

- 本事業で想定される技術の基本要素フローを図 4.3-1 に示す。
- 森林バイオマスと震災木質系廃棄物から製造したチップを、過熱水蒸気を利用した炭化・ガス化炉に投入し、生成した乾留ガスをスクラバーで洗浄

し軽油と混焼させるタイプのデュアルフューエルディーゼル発電機で発電を行うとしている(図 4.3-1)。

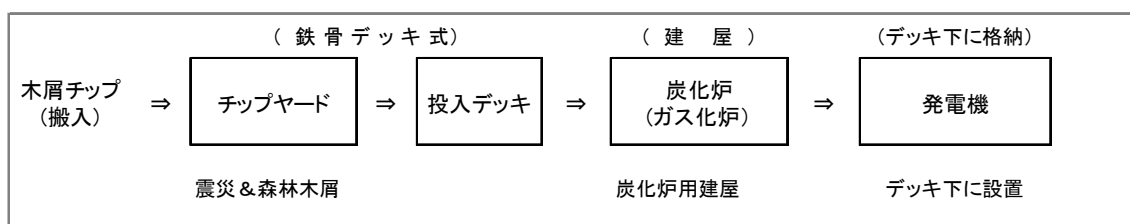


図 4.3-1 提案技術のブロックフロー

(2) 設置場所と留意すべき法制度

- 設置場所は中間処理施設敷地内が想定されている。
- 得られるエネルギー（電力・熱）については、すべて設置事業者の場内消費となるため、販売面での課題はない。
- しかし、炭化物については継続的な販売先が整った場合も、需給のタイムラグなどを考慮し、ストック用スペースを予め検討しておく必要があると考えられる。
- 設置に向けた具体的な許認可が必要となる項目は以下のとおりであるが、設備設置にあたって環境アセスメントが必要かどうかは、検討が必要である。

表 4.3-1 具体的な許認可が必要となる項目

大気汚染防止法	焼却炉として捉えた場合 県条例－100kg/h 以上が対象
ダイオキシン類対策特別措置法	2t/h 未満の焼却炉において 5ng/m ³ 以下
騒音	出力 7.5kW 以上のディーゼルエンジン－県公害防止条例
消防法	ボイラー設置－能力を問わない、燃料チップ 10 m ³ 以上保管時
電気事業法	(電気工作物対象)規定に準じた届出

(3) 現在想定されている技術の信頼性

- 提案技術の概要
 - 本提案で事業者が導入を予定している要素技術は過熱水蒸気炭化・ガス化炉と軽油と乾留ガスの混焼型発電機である。
 - 炭化・ガス化炉は全国で複数の実績を有するとのことであるが、本事業で提案されている混焼型発電機との組み合わせでの商業利用の実績はない。
- (参考) 小規模ガス化コージェネレーション技術の導入状況

- 国内外において開発が進められ、実証試験としての導入事例は多いが、商業利用されている技術が非常に少ないのが現状である。
- ガス化コージェネレーション技術として、ガス化炉と発電機の組み合わせで長時間運転を実現するにはノウハウの蓄積がなければ難しく、商業運転をしている設備は、複数年にわたる運転を経て、ノウハウを蓄積済みの技術であるといえる。

表 4.3-2 国内の小規模ガス化コージェネレーション技術の主な事例

メーカー名	導入主体	立地場所	ガス化炉形式	原料バイオマス	発電規模 [MW]	商業運転中	備考
JFE	やまがたグリーンパワー	山形県	UD	サクランボ剪定枝等	2.00		
JFE	いしかわグリーンパワー	石川県	UD	木質系	2.50		
宇部テクノエンジニア		山口県	DD	木質系	0.02		
川崎重工業	川崎重工業	兵庫県	DD	木質系	0.07		
川崎重工業	積水ハウス	滋賀県	DD	木質系	0.18	○	
川崎重工業	越井木材工業	大阪府	DD	木質系	0.18	○	
川崎重工業	キタジマ食品	福岡県	DD	木質系	0.07		
カワサキプラントシステムズ	川崎重工業	兵庫県	FB	木質系	0.02		
カワサキプラントシステムズ	仁淀川町	高知県	FB	木質系	0.15		
月島機械	葛巻町	岩手県	DD	木質系	0.12		
月島機械	秩父市	埼玉県	DD	木質系	0.12	○	
月島機械	仙北市	秋田県	DD	木質系	0.30		
ヤンマー	トリスミ集成材	奈良県	DD	おがくず	0.30	○	デュアルフェューエルエンジン
ヤンマー	奥州市	岩手県	DD	木質系	0.03	○	デュアルフェューエルエンジン
ヤンマー	ふるや	山梨県	DD	木質系	0.29	○	デュアルフェューエルエンジン
日立造船	奥州市	岩手県	DD	木質系	0.02		
西島製作所	庄内町	山形県	DD	木質系	0.05		
大幸テック	小国町	山形県		木質系	0.03		
明電舎	明電舎	石川県		木質系	0.04		
三菱重工業	三重中央開発	三重県	間接加熱式ロータリーキルン		1.40		
中外炉工業	岩国市	山口県	外熱式多筒型ロータリーキルン	木質系	0.18		

メーカー名	導入主体	立地場所	ガス化炉形式	原料バイオマス	発電規模 [MW]	商業運転中	備考
中外炉工業	阿蘇市	熊本県	外熱式多筒型ロータリーキルン	草本系	0.18		
長崎総合科学大	清水建設	東京都	浮遊外熱式高カロリーガス化	紙ゴミ	0.03		

UD：アップドラフト、DD：ダウンドラフト、FB：流動床
「商業運転中」は、2010年に確認したもの。

- 提案技術の評価
 - 今回導入想定技術の要となる炭化・ガス化炉は、ベンチャー企業が過熱蒸気利用（乾燥）技術をもとに展開する技術で、現時点においてはまだ規模・実績面からまだ開発途上に有り、商業利用の観点から年間を通じた安定稼動に対しては不安が残る。
 - 混焼型発電機は、安定運転面でトラブルの生じやすいバイオガスを対象にした実績もあり、適用は可能な技術と考える。ただし、提案のガス化炉と発電機の組み合わせによる長期運転実績はない。プロセスの数値解析などが、ベンチスケール以下の小さなモデル結果に基づいており、実用適用には不安が多い。
 - 実用機として世に出る前の開発段階あるいはテスト段階のものであるため、商用設備として利用するには課題が多いと考えられる。
 - ガスホルダーは25分間分の容量を提案しているが、小さなトラブル対応も考慮すると、少なくとも3時間分程度の容量を見しておく必要がある。
 - 震災廃棄物は塩分が高い恐れもあり、運び込まれる震災系木質の性状把握に常に努める必要がある。
 - スタートアップ時のみに必要とされる電気ボイラーの電気容量と設置場所の契約電力を確認する必要がある。

(4) 人員配置の妥当性

- 事業者による計画では人員配置が不明だが、設備規模と運転時間をもとに考慮すると、専任者1名が配置されることが望ましいと考えられる。
- また、担当者休暇不在日などの交代要員として、設備に精通した他施設からの応援要員を養成し確保しておくことも必要である。

(5) 副産物の処理・利用

- 副産物として回収される炭化物(炭)の性状については、これまでの実験により得られたデータとして、約5,000kcal/kg-炭が示されている。
- この副産物については、前述のとおり、ごみ焼却炉での助燃剤として利用されることが望ましいが、焼却炉や発電所で混焼利用する場合には、既存燃料との比較となる。

- 事業者は 40 円/kg を想定しているが、「平成 22 年度森林・林業白書 (2011. 4.26 公表)」の「木質バイオマスと化石燃料の単位熱量あたり価格の比較」では、木質ペレットは 4,000kcal/kg, 34.8 円/kg にて試算されており、木質ペレットとの比較では若干価格が高いといえる。
- 事業者は、本炭化物をダイオキシン緩衝剤としても効果があるとしているため、このような価値も含めた助燃剤としてニーズがあれば販売できる可能性があるかもしれない。ただし、現時点においては、ダイオキシン緩衝剤としての効果が不明確であるため、確実に販売できるかどうかは不明である。
- なお、助燃剤以外の用途としては土壌改良剤も考えられるが、この場合には、堆肥などの値段を考慮すると 20 円/kg 以下が目安と考えられる。

(6) 設備設置までの予想されるスケジュール

- 応募者は設備の設置期間を半年以内としている。
- 公害防止条例については 90 日、建築基準法は 35 日から 2 ヶ月が審査期間として一般に必要とされる。
- また、事業実施の決定から申請と同時に主要機器の製作にかかり、許可後現地工事実施が出来、かつ理想的な短工期を実現できると想定した最短のスケジュールを下表に示す。
- ことや、設備設置に伴う審査等に必要な期間を考慮すると、設置までのスケジュールは下表のとおりとなる。
- 許可を待つ機器製作に取り掛かる場合には、さらに 3~4 ヶ月、合計 1 年を要する見込みとなる。

表 4.3-3 設置に必要な最短期間

月数		1	2	3	4	5	6	7	8	
施設設計 (事業者・メーカー)	基本仕様	[Bar]								
	詳細設計 機器等製作 据付	[Bar]								
建築設計	設計 建設	(機本)	(詳細)	[Bar]						建設
		設計		許可				許可		
自治体審査 (必要期間)	建築基準法	(35~60日)		許可				許可		
	公害審査	(90日)		許可				許可		

(7) 設備向け補助金導入可能性

- 上記内容での補助金導入可能性の検討
 - 第3次補正予算を利用する場合には、設備補助率 1/2 かつ固定買取制度の対象になると想定される。
 - 固定買取制度の適用条件は不明であるが、利用バイオマスが未利用であること、新設導入数増加を促進する施策であることから、今回原料とするバイオマスが未利用バイオマスであると認定されれば固定買取の対象となる。

4.3.4 事業採算性の検討

(1) 各種想定条件

- 初期投資額
 - 2億8千万円と想定した。
 - その他ガス化炉の初期コスト事例として、176kW 発電－220万円/kW（商用機レベルで132万円/kW）、スイスの事例で55kW 発電－94万円/kWなどが類似規模事例として挙げられる（電中研報告 W03042「固定床バイオマスガス化発電の調査」）。

- その他条件については、表 4.3-4 に示す。

表 4.3-4 ガス化コージェネレーション事業の事業性試算結果

項目	単位	ケース1	ケース2	ケース3	
設定条件	固定買取価格	円/kWh	15	20	25
	バイオマス単価	円/トン	3,000	3,000	3,000
	震災廃棄物受入価格	円/トン	20,000	20,000	20,000
	震災廃棄物受入比率		50%	50%	
	発電規模	kW	135	135	135
	発電効率(発電端)		18%	18%	18%
	バイオマス量	kg/日	2,562	2,562	2,562
		トン/年	666	666	666
	バイオマス発熱量	kcal/kg	2,464	2,464	2,464
		MJ/kg	10.3	10.3	10.3
	バイオマス含水率		40%	40%	40%
	年間稼働日数	日/年	260	260	260
	稼働時間	時間/日	10	10	10
		時間/年	2600	2600	2600
	発電量	kWh/日	1,350	1,350	1,350
		kWh/年	351,000	351,000	351,000
	熱利用量	% of 投入熱量	61	61	61
		MJ/日	16,134	16,134	16,134
		MJ/年	4,194,923	4,194,923	4,194,923
	炭化物	kg/時間	29	29	29
		トン/年	75	75	75
初期投資	土地購入費		0	0	0
	発電設備費		280,000,000	280,000,000	280,000,000
	設備償却年数	年	15	15	15
	残存価値	% of 設備費	10	10	10
	設備補助率		0.50	0.50	0.50
	金利	%	4.00	4.00	4.00
	法人税率	%	30	30	30
運用コスト	運転員	人	0	0	0
	その他要員	人	0	0	0
	運転員単価	円/人	6,000,000	6,000,000	6,000,000
	その他要員単価	円/人	3,000,000	3,000,000	3,000,000
	上水・下水	トン/月	447	447	447
	上水・下水単価	円/トン	150	150	150
	メンテナンス費	% of 建設費	3	3	3
	灰発生量	トン/年	0	0	0
		% of バイオマス	0.0%	0.0%	0.0%
	灰処理費	円/トン	30,000	30,000	30,000
	熱利用単価	円/L-重油	75	75	75
		MJ/L-重油	39	39	39
		円/MJ-重油	1.9	1.9	1.9
	炭化物販売単価	円/トン	20,000	20,000	20,000
	軽油	L/時間	4.7	4.7	4.7
	軽油単価	円/L	103	103	103
収入	電力販売		5,265,000	7,020,000	8,775,000
	熱利用		8,046,528	8,046,528	8,046,528
	炭化物販売		1,508,000	1,508,000	1,508,000
	震災廃棄物処理費		6,660,000	6,660,000	6,660,000
合計		21,479,528	23,234,528	24,989,528	
支出	バイオマス購入費		999,000	999,000	999,000
	人件費	運転員	0	0	0
		その他要員	0	0	0
	上水・下水費		804,960	804,960	804,960
	軽油		1,258,660	1,258,660	1,258,660
	メンテナンス費		8,400,000	8,400,000	8,400,000
	灰処理費		0	0	0
	減価償却費		8,400,000	8,400,000	8,400,000
	金利支払		5,600,000	5,600,000	5,600,000
	合計		25,462,620	25,462,620	25,462,620
税引き前収支		-3,983,092	-2,228,092	-473,092	
	法人税	0	0	0	
税引き後収支		-3,983,092	-2,228,092	-473,092	

(2) 事業収支と継続性の評価

- 今回の第3次補正予算により設備費の50%を導入し、さらに固定買取制度の適用を見込んでも、事業性を確保することは困難である。
- 特に、震災廃棄物処理収入が全体収入の約30%と比率が高く、震災廃棄物の全体量から考えて、事業開始後それほど長く受け入れすることはないため、15年という長期にわたって事業を成立させるのは困難である。

4.3.5 ファイナンス計画

(1) キャッシュフロー

- 事業性確保が困難であるため、キャッシュフロー検討は行わない。

4.3.6 関連法規制の検討

- 5.2.3(2)で述べた設備にかかる法規制の他に、鉄骨デッキおよび建屋などについては建築基準法（工場建築物対象）に、また排水が生じる場合は水質汚濁防止法や同法に関連する県条例に拠る必要がある。

4.3.7 まとめ

- 提案者は、長期にわたって、青森県で産業廃棄物処理事業を継続的に実施している点は信頼性が高いと考えられる。
- 一方、提案しているガス化技術は、提案する発電機との組み合わせによる長期運転実績がないため、商業利用することはリスクが高いと考えられる。
- 特に、提案技術は、他の同類の技術に比較して設備費が高いと考えられ、事業性にあたる負担が大きいことも課題の一つとして挙げられる。
- 今後は、提案技術の長期運転実績によるノウハウを蓄積するか、もしくは、その他の同類のガス化コージェネレーション技術の導入を前提に事業性検討をすることが望ましいと考えられる。

4.4 提案事業に対する委員会としての評価結果

事業者から提案がなされた事業について、委員会として評価を実施した結果を以下に示す。

4.4.1 項目別評価結果

評価項目別に評価した結果について以下に示す。(表 4.4-1)

表 4.4-1 提案事業項目評価結果

提案	提案 1 直接燃焼発電事業	提案 2 ガス化発電事業
事業体制	○	○
地域への配慮	○	○
原料調達	○	○
エネルギー利用先	○	○
導入技術	○	×
事業採算性	△ FIT 制度により採算性が大きく変動	自家消費のため評価対象外
ファイナンス	○	○
法規制		○
課題・対応策	事業採算性については、全量買取制度に依存するところが大きく、提案者自身も事業実施の判断も買取制度次第としている。	信頼性のある技術を導入すれば、事業実施体制、原料調達など問題はない
総評	政策リスクが存在するものの、全量買取制度が実施されることは確実であるため取り組むに値すると判断。しかし、政策リスクを少しでも低減するために安価な原料供給が確約できる状況にすることが望ましい。	導入技術が実証試験の域を出ないため、計画どおり稼働し、必要なエネルギー確保が可能かどうか不安あり。事業実施の体制や原料確保については全く問題ない。

4.4.2 青森県において実施する事業としての適正評価

委員会事務局および委員会として、対象事業を評価した結果、提案1の直接燃焼発電事業について、青森県において実施するに値する事業として評価した。(表 4.4-2)

表 4.4-2 事業総評

提案	提案1 直接燃焼発電事業	提案2 ガス化発電事業
委員会事務局	○	×
委員会	○	×

5. 追加的な提案について

本事業委員会において検討した事業候補以外の事業として、弊社の公募期間以外にバイオマスボイラーを用いた事業についての提案があった。バイオマスボイラーについては、技術的、経済的な制約というよりも、導入に伴う設備投資を事業者自身が負担しても良いか否か事業者自身の判断によるところが大きい。本事業は事業者自身が導入意向を示していることから、事業者自身が提示してきた提案を示す。

5.1 提案を受けた内容

- 病院の施設で給湯・暖房のため蒸気利用している重油焚きボイラを木質チップボイラに切り替える事業を実施する。

5.2 提案内容の実現性の評価

5.2.1 事業実施主体

- 実施主体である病院は、既設 A 重油焚きボイラの老朽化に伴ってメンテナンス及び交換部品費用が増加傾向にあるため、ボイラの更新計画を行っていた。
- 震災時に A 重油が 3 日間供給を受けられなかったことや、A 重油価格が上昇傾向にあることを受け、地域のバイオマス資源を利用したエネルギーへ転換を図る計画としている。
- ボイラー燃料であるチップ（推定年間消費量 500 トン）は、県内の林地残材を供給する事業者から供給してもらうことが想定されている。

5.2.2 原料調達

- 提案者はチップ調達価格を 6 円/kg と想定している。

5.2.3 エネルギー生産および利用

- 現在は重油焚きボイラーで、A 重油を年間 20 万 L 程度消費している。
- 現在のエネルギーをチップに置き換えた場合、年間 500 トン程度のチップを消費すると考えられる。
- 提案者による資料によると、発生蒸気は全量、病院内の給湯需要向けに利用されると推定され、エネルギーの販売はない。

5.2.4 副産物処理

- 焼却灰が発生する。将来的には土壌改良材として活用する方向で検討予定だが、当面は産業廃棄物として処分を依頼する計画となっている。

5.3 導入が想定される設備

5.3.1 設備概要

- 導入が計画されている設備は小型貫流蒸気ボイラーである。
- 購入した木質チップを燃料として投入する計画となっている。
- 計画設備の基本要素フローを下図に示す。

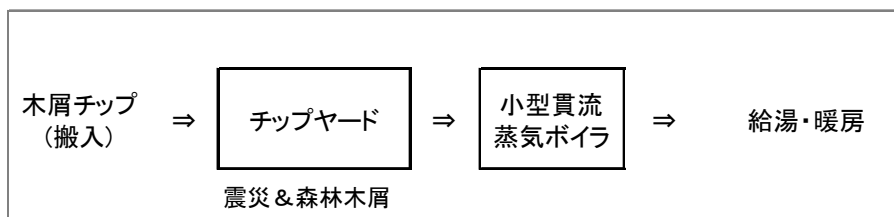


図 5.3-1 提案技術のブロックフロー

5.3.2 副産物の処理・利用

- 副産物として回収される焼却灰の性状についての調査が必要である。
- 処理・利用方法は、土壌改良剤としての活用が事業性の観点からも最も望ましいが、改良剤の供給先を確保できるまでは産業廃棄物としての処理が必要となる。

5.3.3 設備設置までの予想されるスケジュール

- 応募者は設備の設置期間を本年3月から8月の6ヶ月としている。ただし、関連する法制度・条例の審査期間なども考慮する必要があるため、今後の精査が必要である。一般に、たとえば公害防止条例については 90 日、建築基準法は 35 日から 2 ヶ月が必要とされる。

5.3.4 設備向け補助金導入可能性

- 上記内容での補助金導入可能性の検討
 - 第3次補正予算を利用する場合には、設備補助率 1/2 と想定される。
 - 提出資料では、補助金 3,500 万円に加え、自己資金 960 万円、借入金 2,890 万円との資金計画を立てている。

5.4 事業採算性に関する情報の整理

5.4.1 A 重油ボイラー利用とバイオマスボイラー利用の比較

- 事業者が想定する条件を考慮して、推定される現在の A 重油コストとの比較を下表に示す。

支出	現在		木質ボイラー	
	項目	金額(千円/年)	項目	金額(千円/年)
	A 重油(推定額)	13,600	林地残材	4,630
			バックアップ燃料	960
	減価償却費	(古いため考慮しない)	減価償却費	2,200
			金利負担	240
			税金	280
	合計	13,600	合計	8,310

- 計画では 7,350 万円と想定されている（基礎・配管・電気工事・調査事務費を含む）。

5.5 関連法規制

- 下表に示す設備にかかる法規制の他、ヤードおよび建屋などについては建築基準法（工場建築物対象）に、また排水が生じる場合は水質汚濁防止法や同法に関連する県条例に拠る必要がある。

図 5.5-1 ボイラー設置に伴う主な関連法規制

No	法規名称	施設の種類の	許可/届出	許可届出の必要な規模等
1	大気汚染防止法	ばい煙発生施設 (ボイラー例)	届出	伝熱面積 10 m ² 以上、またはバーナー燃焼能力重油換算 50L/h 以上(県条例では 5 m ² 以上)
2	騒音規制法	コンプレッサー・ 送風機など	届出	原動機の定格出力 7.5kW 以上 (別途県条例による指定 j 条件有)
3	振動規制法	コンプレッサー・ 送風機など	届出	原動機の定格出力 7.5kW 以上
4	消防法	火気使用設備 貯留倉庫	届出	ボイラー設置、 木屑等(指定可燃物)貯留 10 m ³ 以上

5.5.1 まとめ

- 提案者である病院は、病院内で利用している重油焚きボイラーの更新にあ

たつて、震災後に A 重油の供給が 3 日間途絶えたことや、A 重油価格が上昇していることを考慮して、バイオマスボイラーを新たに採用することを検討している。

- 想定されている小型貫流蒸気ボイラーは、数多くの利用実績がある技術である。
- 現状のコストとバイオマスボイラー導入に伴うコストを比較すると、コスト低減の余地があるのではないかと考えられる。

6. 木質バイオマスエネルギーの本格活用に向けた青森県における原料供給のあり方についての検討

青森県において、木質バイオマスエネルギーを低コスト、持続的に利用するためには、従来の素材生産を目的とした林業を中心とした取組から、エネルギー利用も考慮した山作り、生産方法を検討することが必要となる。ここでは、将来どのような林業生産が考えられるか今後検討するための参考となる情報提供を実施する。

6.1 現状整理

ここでは、エネルギー利用を意識した取組を実施する上で必要となる情報として、林道などのインフラ情報および機械導入状況、林地の傾斜度について整理を行う。

6.1.1 林道整備状況

青森県において森林の総合的な管理、経営を行うために必要な目標道路密度は 23.6m/ha（内、目標林道密度は 12.8m/ha）であり、平成 21 年度末現在の林道延長は 1,212km、林道密度は 5.1m/ha となっている。

6.1.2 林業機械の導入状況

青森県における林業機械の導入状況を以下に示す。（表 6.1-1）

表 6.1-1 林業機械の導入状況（H22）

	地方公共団体	会社	森林組合	その他組合等	個人	合計
索道重量式		4				4
索道動力式		4			1	5
小型集材機（動力 10ps 未満）		3				3
大型集材機（動力 10ps 以上）		27			1	28
リモコンウインチ		7			1	8
自走式搬機		8				8
小型運材車（動力 20ps 未満）		15	1		4	20
小型運材車（動力 21ps 以上）		51	6	1	16	74
トラクタ（ホイールタイプ）		37	3		27	67
トラクタ（クローラタイプ）		76	11		26	113
育林用トラクタ		4				4
フォークリフト		23	3		2	28
フォークローダ		15	2		7	24
クレーン（集材機能なし）		1				1
クレーン（集材機能あり）		33	4		8	45

	地方公 共団体	会社	森林組 合	その他 組合等	個人	合計
グラップル（集材機能なし）		150	23	2	31	206
グラップル（集材機能あり）		34	4		8	46
トラックショベル		10	1			11
ショベル系掘削機械		41	2		4	47
チェーンソー	27	788	143		308	1266
チェーンソーリモコン装置		3			3	6
刈払機	65	583	141		267	1056
植穴掘機	5	9	4		2	20
動力枝打機（自動木登り式）	2	15	28		4	49
動力枝打機		16	18		3	37
苗畑用トラクタ		9	9		4	22
樹木粉碎機		4				4
フェラーバンチャー						0
スキッダ			1			1
プロセッサ		26	3	1	1	31
ハーベスタ		11	6		1	18
フォワーダ		16	8		1	25
タワーヤーダ		1				1
スイングヤーダ		5	4			9
その他の高性能林業機械			1			1
グラップルソー		13				13

（出典）青森県の森林・林業（2010）

6.1.3 青森県の素材生産費

青森県における素材生産費を以下に示す。（表 6.1-2）

表 6.1-2 青森県の素材生産費（円/m³）

	スギ 主伐	マツ 主伐	カラマツ 主伐	スギ 間伐	マツ 間伐	カラマツ 間伐
素材換算立木価格	2,577	2,837	3,499	4,988	1,336	9,313
素材生産費	4,487	2,978	3,563	8,289	6,042	7,395
運材費	1,803	1,210	1,709	1,845	1,576	1,838
素材価格	8,867	7,025	8,771	15,122	8,954	18,546

（出典）林野庁（2010），素材生産費調査

6.1.4 青森県における低コスト林業の先進事例

青森県内において、現状の技術を用いどの程度の低コスト化が可能な把握するため、県内の既存の低コスト林業の実施に向けて取り組んでいる事例について以下に示す。

表 6.1-3 優良事例（1）

1.林業事業体名	野辺地林業（有）
2.林業事業体の概要	①年間素材生産量9,600m（うち間伐の占める割合20%）3 ②生産する主な樹種スギ ③素材生産に関わる作業員数11名（1セット概ね5名で大方2セットで作業）
3.活動の特徴	・グラップル集材ができるだけ可能となるような作業手順と作業路の作設を基本とし、できるだけハーベスタによる枝払い、玉切りができるような作業システムとしている。
4.高性能林業機械等を活用した作業内容	①素材生産用保有機械 ハーベスタ1台、グラップル3台、クローラ1台、トラクタ（ホイール）2台、トラクタ（クローラ）2台 ②主に取り入れている作業システム等 作業路の作設：グラップル集材が可能となる作業路とし、路網密度は150～200m/ha程度。 伐倒：チェーンソーによる先行伐倒。 集材：グラップルによる集材。急傾斜はグラップルのウィンチまたはトラクタ集材。 造材：ハーベスタによる造材。 運材：クローラにグラップルで積み込み土場まで運材。 特徴：できるだけグラップル集材ができるような伐倒を心がける。 ③労働生産性 皆伐：12～18m ³ /人・日、間伐6～8m ³ /人・日 〔参考〕旧作業システム（チェーンソー造材＋トラクタ集材） 皆伐：4～6m ³ /人・日、間伐2～3m ³ /人・日 ④素材生産コスト（原木市場等までのトラック運材費を除く） 皆伐：4,500円/m ³ 間伐5,800円/m ³ 〔参考〕旧作業システム 皆伐：6,000円/m ³ 間伐8,000円/m ³
5.素材生産の低コスト化による成果と可能性	・野辺地林業では、素材生産の効率化と安全を確保するため、作業員自らが常に次の作業の段取りを考えながら作業を進めることを周知徹底している。 ・ハーベスタによる造材作業の他に、グラップル集材がコスト削減におおきく左右することから、特に先行伐採においては作業路までの距離、方向等に注意を払っている。 ・緑の雇用事業を終了した若手作業員の雇用を行い、作業員の高齢化に対応する

	<p>とともに、県が行っているグリーンマイスター研修にも参加させ、作業員の技術向上に努めている。</p> <ul style="list-style-type: none">・今後はスイングヤーダの導入を検討し、更なる生産性の追求と環境に配慮した作業を実施したいと考えている。
6. 作業システム写真	 <p>作業路と先行伐倒</p>  <p>グラップルによる伐倒木の送り状況</p>



ハーベスタによる造材状況

(出典) 林野庁ホームページ, 林業を支える高性能林業機械
(<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/>)

表 6.1-4 優良事例（2）

1.林業事業体名	三八地方森林組合
2.林業事業体の概要	<p>①年間素材生産量 45,700 m（うち間伐の占める割合 60%程度） 3</p> <p>②生産する主な樹種スギ、アカマツ（割合は 80:20）</p> <p>③素材生産に関わる作業員数 8 名（1 セット概ね 4 名で常に 2 セットで作業）</p> <p>※必要に応じて、作業班の増員や素材生産業者へ下請けに出すなどにより対応。</p>
3.活動の特徴	<p>・三八地方森林組合は、平成 14 年に三八管内の 6 組合が広域合併し誕生した。また、平成 17 年にはさらに 2 組合が合併していることから、その合併効果を最大限に活かした事業量の確保や計画的な機械の利用などにより、稼働率を高めるなど生産コストの低減を図っている。</p> <p>・管内は地形が緩やかな現場が多く、特に意識して作業道を作設しなくてもほとんどの現場で林業機械が走行可能であり、機械を導入しやすい条件に恵まれている。</p> <p>・素材生産の実施割合は、皆伐が 40%、間伐が 60%となっており、間伐作業を高性能林業機械の活用により作業の効率化を図るとともに、現地の作業条件に応じて伐木、集材、造材の各作業工程のバランスを考慮した作業計画や機械配置を工夫することにより機械の稼働率を高めている。</p> <p>・初めてグラップル付き油圧ショベルを導入した合併前の平成 6 年当時は、間伐が 8 割以上を占めていたが、木材価格の下落による収益性の低下に加え、グラップルのみでは他の作業工程との連携がうまくいかなかったため、平成 9 年にハーベスタ、平成 10 年にフォワーダを導入して作業の効率化と生産性の向上に努めた。平成 14 年の広域合併により、高性能林業機械台数も増加したことから、間伐に積極的な取組をしているほか、ハーベスタとフォワーダを用いた間伐作業システムを導入するなど、更なる生産性の向上に取り組み、旧作業システム使用当時の 3 分の 2 程度まで素材生産コストを低減させ林業収益を確保している。</p>
4.高性能林業機械等を活用した作業内容	<p>①素材生産用保有機械</p> <p>ハーベスタ 1 台、トラクタ（クローラ） 1 台、フォワーダ 3 台 グラップル 2 台、トラクタ（ホイール） 4 台</p> <p>②主に取り入れている作業システム等</p> <p>伐倒：チェーンソーによる先行伐倒（傾斜等作業条件の良い箇所はハーベスタによる伐倒も実施）。</p> <p>集材：グラップル又はトラクタによる全幹集材。</p> <p>造材：ハーベスタによる造材。なお造材木は道端に整理。</p> <p>運材：作業路端に並べられた造材木をフォワーダあるいはグラップル+運搬車により土場まで運材。</p> <p>特徴：それぞれの作業は重機を作業路上に並べて同時に行っており、作業ポイントは設置せず、作業路全体を山土場として機能させ効率的な作業を実施。</p>

	<p>③労働生産性：皆伐10～15 m³ /人・日、間伐5～10 m³ /人・日</p> <p>④素材生産コスト（トラック運材費を除く）：皆伐4,200円/m³、間伐5,000円/m³</p>
<p>5. 素材生産の低コスト化による成果と可能性</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・広域合併効果を最大限に活かし、事業量の確保と稼働率の向上が図られたと同時に間伐実施箇所が目に見えるようになったことから、周辺の森林所有者の間伐意欲の向上など波及効果が見られるようになり、間伐の団地化が促進された。 ・このことにより、さらに素材生産コストの低減が図られ、森林所有者への利益が還元されるなど林業の経営意欲の向上につながっており、ひいては地域全体が活性化していくことを目指している。 ・今年度中にはグラップル付き油圧ショベルを追加導入する予定となっており、効率的な作業システムを検討しながら、増加傾向にある間伐の需要に応じていくこととしている。ハーベスタとグラップルを活用した間伐フォワーダでの運材作業皆伐箇所でのチェーンソーによる先行伐採ハーベスタ、グラップル、フォワーダが連携
<p>6. 作業システム写真</p>	<div style="text-align: center;">  <p>ハーベスタとグラップルを活用した間伐</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>

フォワーダでの運材作業



皆伐箇所でのチェーンソーによる先行伐採



ハーベスタ、グラップル、フォワーダの連携

(出典) 林野庁ホームページ, 林業を支える高性能林業機械
(<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatsu/kikai/>)

表 6.1-5 優良事例（3）

1.林業事業体名	（有）泉山林業
2.林業事業体の概要	①年間素材生産量 18,000 m ³ （うち間伐の占める割合 20%程度） 3 ②生産する主な樹種スギ、カラマツ、アカマツ、広葉樹（割合は 50:10:20:20） ③素材生産に関わる作業員数 8 名（1 セット概ね 3～5 名で常に 2 セット）
3.活動の特徴	①平成 12 年にプロセッサを初めて導入、平成 17 年にも 2 台目のプロセッサを導入した。平成 19 年には最初に導入したプロセッサを更新した。 ②作業路を高密度に開設し、グラップル、プロセッサ、クローラ運搬車による一連の作業により生産性を向上させている。 ③作業路の開設にあたっては、クローラ運搬車がスムーズに運材できる勾配と切り土高が 2 m を超えない線形となるよう現地踏査を徹底している。 ④作業は針葉樹の皆伐 1 セット（3 名）、間伐と広葉樹の皆伐を主体とする 1 セット（5 名）に分け、それぞれの現場の作業条件にあわせ作業システムを使い分けている。 ⑤全ての機械を作業員が操作できるよう、バックアップ体制を強化している。 ⑥森林組合や地元業者と連携した情報収集により作業現場を確保している。
4.高性能林業機械等を活用した作業内容	①素材生産用保有機械 プロセッサ 2 台、スイングヤーダ 1 台、グラップル 6 台、クローラ運搬車 2 台、トラクタ（ホイール式）1 台 ②主に取り入れている作業システム等 伐倒：チェーンソーによる先行伐倒。 集材：グラップルによる集材。 造材：プロセッサによる造材。 運材：グラップルにより積み込み、クローラ運材車による運材。 特徴：・皆伐現場においては、プロセッサの能力に合わせ、1 人のチェーンソーマンが先行伐採、グラップル集材、作業路の開設を行う。 ・作業路は、150～250 m/ha でスイッチバックも多用する。 ・グラップルは 1 現場あたり、集材用、クローラ運材車への積み込み用、積み卸し用の 3 台を配置。 ③労働生産性： 現システム：皆伐 15～20 m ³ /人・日、間伐 5～7 /人・日 m ³ 旧システム：皆伐 4～6 m ³ /人・日、間伐 2～3 /人・日 m ³ （旧作業システム＝チェーンソー造材＋トラクタ集材） ④素材生産コスト：（トラック運材費を除く） 現システム：皆伐 4,500 円/m ³ 、間伐 5,800 円/m ³ 旧システム：皆伐 6,000 円/m ³ 、間伐 8,000 円/m ³
5.素材生産の低コスト化による成果と可能性	①地域の山の傾斜が比較的緩くグラップル集材が可能であり、プロセッサをフル稼働させることができること、及び高密度の作業路開設が低コスト化を実現。

	<p>② 今後は、さらに間伐等のグラップル集材の効率性を高めるため、ロングアームグラップルの導入を検討する。</p> <p>③ スイングヤーダは導入したものの、あまり使う機会がなかった。今後は、さらなる低コスト化を図るため、スイングヤーダを活用した間伐等の研究を重ねたい。</p>
<p>6. 作業システム写真</p>	 <p>グラップルによる集材</p>  <p>グラップル集材とプロセッサ造材</p>



グラップルによる積み込み

(出典) 林野庁ホームページ, 林業を支える高性能林業機械
(<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/>)

表 6.1-6 優良事例（４）

1.林業事業体名	有限会社白川林産
2.林業事業体の概要	①年間素材生産量 9, 000m ³ （うち 間伐の占める割合 60%程度） ②生産する主な樹種 スギ、カラマツ、広葉樹（割合 7：2：1） ③素材生産に関わる作業員数 6名（1セット）
3.活動の特徴	①平成 18 年のプロセッサ導入を機に、高密度に作業路を開設し、トラクタ集材からグラップル集材に切り替えることにより集材能力をアップさせ生産性を向上させている。 ②作業路開設にあたっては、グラップル集材が可能となるよう概ね 200m/ha の密度と切土高が 2m を超えないことを考慮し、線形を決定している。 ③平成 21 年にザウルスロボ（グラップルバケット）を導入するとともに、路面保護のため枝条等を活用し、作業路開設のコスト削減に努めている。 ④生産性に大きく影響するプロセッサは特定の作業員が操作し、その他の機械はバックアップできるよう全ての作業員がローテーションを組み操作している。
4.高性能林業機械等を活用した作業内容	①保有機械 プロセッサ 1 台、グラップル 4 台（内ザウルスロボ 1 台） クローラ運搬車 2 台、トラクタ 1 台、グラップル付大型トラック 2 台 ②作業システム 高密度に作業路を開設し、作業路上でグラップルによる集材を実施、現場によっては 2 台のグラップルで集材し、プロセッサの能力に対応している。 伐倒 集材 造材 運材 現：チェーンソー → グラップル → プロセッサ → グラップル・クローラ運搬車 旧：チェーンソー → トラクタ → チェンソー → グラップル・クローラ運搬車 ③路網密度 現：約 200m/ha、旧：約 100m/ha ④労働生産性 現：皆伐 13～17m ³ /人・日、間伐 5～7m ³ /人・日 旧：皆伐 6～8m ³ /人・日、間伐 2～3m ³ /人・日 ⑤素材生産コスト 現：皆伐 4,000円/m ³ 、間伐 5,400円/m ³ 旧：皆伐 5,000円/m ³ 、間伐 7,000円/m ³
5.素材生産の低コスト化による成果と可能性	①素材生産の内訳は、現在、民有林が 3～4 割、国有林が 6～7 割であるが、今後、施業の集約化に取組み民有林の素材生産を増やしていく。 ②ザウルスロボを導入するなど作業路開設のコスト削減に努めているが、当地域に適した壊れにくい低コスト路網について検討し取り組む。

6. 作業システム写真



ザウルスロボによる作業路解説



グラップル集材後、プロセッサ造材



グラップルによる積込

(出典) 林野庁ホームページ, 林業を支える高性能林業機械
(<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/>)

6.1.5 林地の傾斜度

低コスト化の実現のためには林地の傾斜も十分に考慮する必要がある。傾斜が 15 度未満の林地では、高性能林業機械を用いずとも、トラクターやチェーンソーを用いて施業が可能であり、コストを安く抑えることが可能である。一方、傾斜が 15 度以上の林地では、フォワーダやスイングヤード、タワーヤードなどの高性能林業機械を使用する必要があり、コスト高になりがちである。

ここでは、青森県内の傾斜分布を明らかにする（図 6.1-1）。八戸・三本木原周辺地域と下北半島の一部に 15 度未満の森林が広がり、その他は 15 度以上の傾斜の急な森林となる。

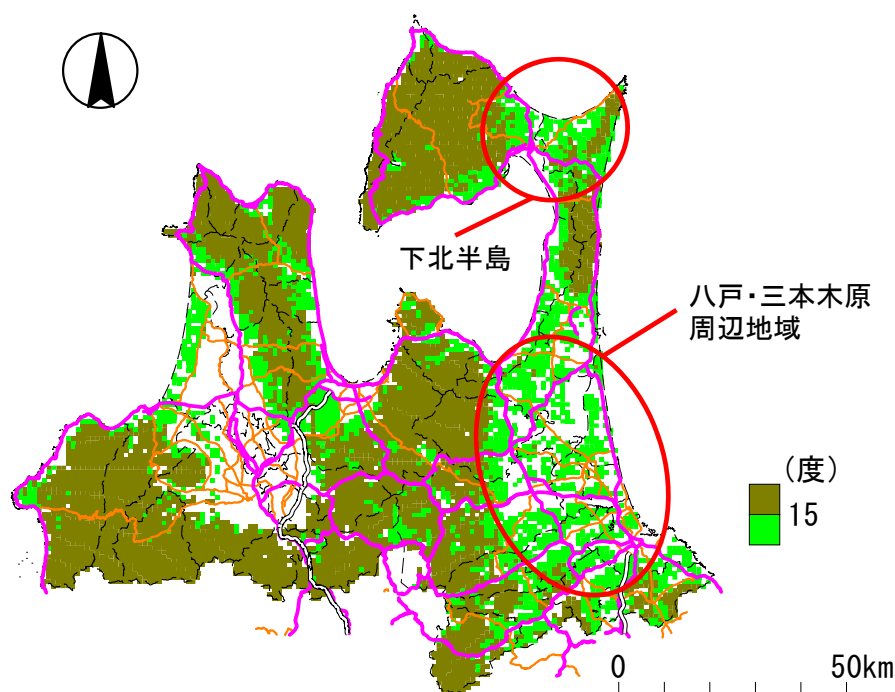


図 6.1-1 青森県の森林傾斜分布

(出典) みずほ情報総研作成

次に、県内市町村ごとに、傾斜 15 度未満の森林と傾斜 15 度以上の森林それぞれの面積を示す（図 6.1-2）。むつ市、青森市、十和田市にそれぞれ、約 800ha、約 700ha、約 500ha の傾斜 15 度未満の森林が広がる。既存の木材供給に影響を及ぼさないという前提を踏まえつつも、これら 3 市は大きなポテンシャルを持つことが明らかとなった。実際の利用の際には、木材の県内輸送距離を考慮する必要がある。

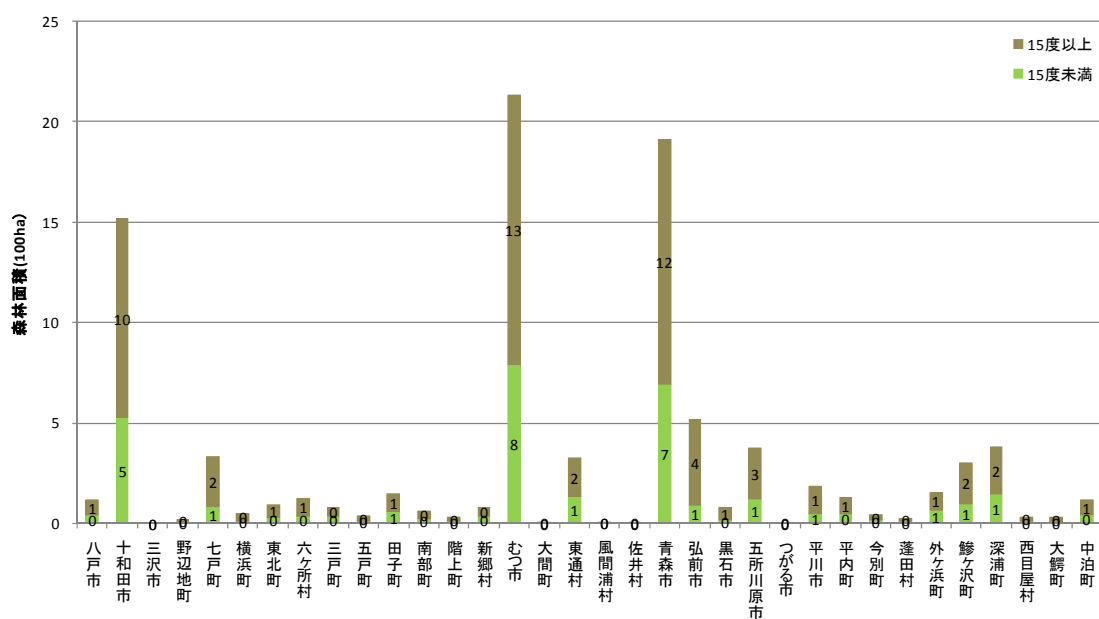


図 6.1-2 市町村別森林傾斜比較

(出典) みずほ情報総研作成

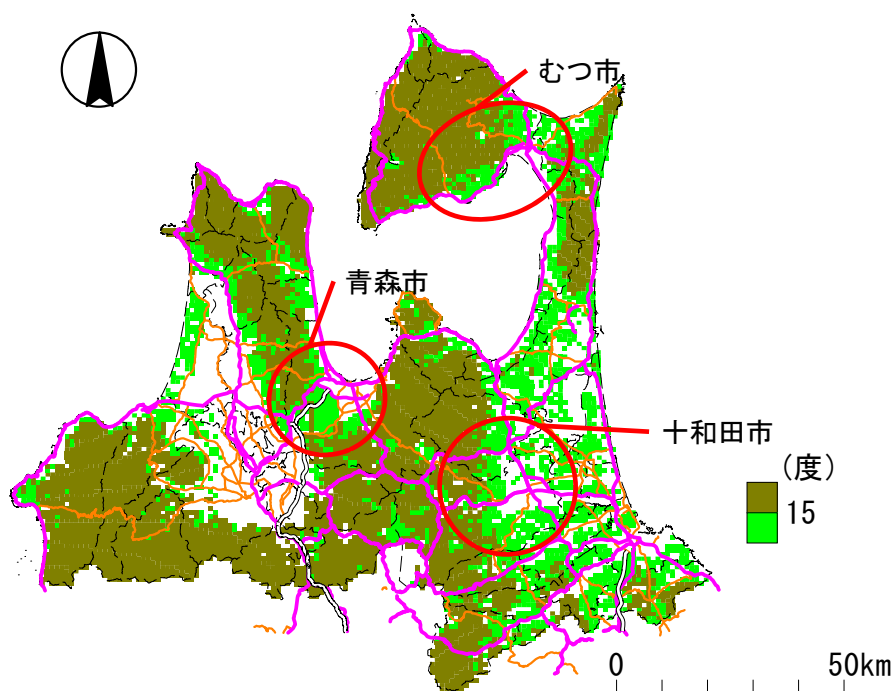


図 6.1-3 15度未満の傾斜の森林が多い市町村

(出典) みずほ情報総研作成

6.1.6 エネルギー源としての供給の可能性のある樹種

エネルギー源として利用可能な山作りをするためには、従来取り組まれてきた薪炭林などのように、スギ、ヒノキ、ヒバなどの樹種以外に広葉樹による混交林などに取り組むことにより対応することも可能である。ここでは、青森県内においてエネルギー源として利用可能な樹種について検討を行った。

(1) 樹種選定の考え方

エネルギー源として適していても、青森県で栽培するにあたって不向きな樹種を除外する方向で検討を行う。

(2) 条件

より具体的な選定にあたって、以下の条件を考慮する。

- 成長が早いこと
- 材質が密なこと（密なほど適する）
- 在来種で、かつ適地適木であること
- 陽樹であること

(3) 検討対象

前述の条件を考慮した結果、青森県でエネルギー源として供給の可能性のあるのは以下の樹種であると考えられる。

- ヤナギ類：一般的には湿地向きだが乾燥地で育つ種類もある
- ハンノキ類：ヤマハンノキ、ハンノキ、ツノハシバミなど
- ミズキ：こけしの原木のほか、野鳥の食用でもある
- ホオノキ：材質は柔らかく、版画の版木になる
- オニグルミ：食料、材質は柔らか
- シラカバ：成長は早い
- ニセアカシヤ：在来種ではないが、いたる所に繁茂しており成長が早い割には材質が硬いうえ、蜜源植物でもある

ニセアカシヤは繁殖力が旺盛で周辺に自然増殖していくため、賛同を得にくい可能性があることに留意する必要がある。

6.1.7 森林組合の現状

エネルギー源としての利用を考慮した施業を実施するためにはその主体についても検討が必要となる。ここでは、その主体として可能性のある県内各地域で活動する森林組合を以下に整理する（表 6.1-7）。各地域で 2~5 の森林組合が活動しており、今後の森林・林業のあり方を検討・実行する際には、これら森林組合の役割が重要となる。一部の市町村の森林は、複数の森林組合の管理に分割されているが、多くの市町村の森林は、全域が一つの組合に管理されている。

表 6.1-7 青森県森林組合一覧

地区	森林組合名	森林組合の地区の範囲
東青	あおもり	青森市、東津軽郡
中南	弘前地方	弘前市、黒石市、早川市、青森市の一部、中津軽郡、南津軽郡
三八	八戸市	八戸市、南部町の一部
	三八地方	八戸市、三戸郡
西北	北津軽	五所川原市、北津軽郡
	つがる	つがる市、西津軽郡
上北	上十三地区	十和田市、三沢市、七戸町、六戸町、おいらせ町、東北町
	大平	十和田市の一部
	上北	十和田市、野辺地町、六ヶ所村、七戸町
	東北町	東北町。六ヶ所村大字倉内、横浜町
	横浜町	横浜町
下北	下北地方	むつ市、下北郡
	東通村	東通村

（出典）青森県林政課（2010）青森県の森林・林業

6.2 新たな施業方法の紹介

ここでは、国内で研究が進められている新たな施業方法について紹介する。

6.2.1 森林育成

現状の植林では比較的傾斜度の低い林地では従来型の重機を用いた地拵えを実施しており、手作業での植え付けを実施している。将来的に、これらの方法からスーパーロングリーチアームなどを用いて急斜面においても1名で地拵えを行える体制に出来る可能性がある。また、植え付け作業はGIS等の技術を用いてICタグ付コンテナ苗で機械によって行うことが可能となる。

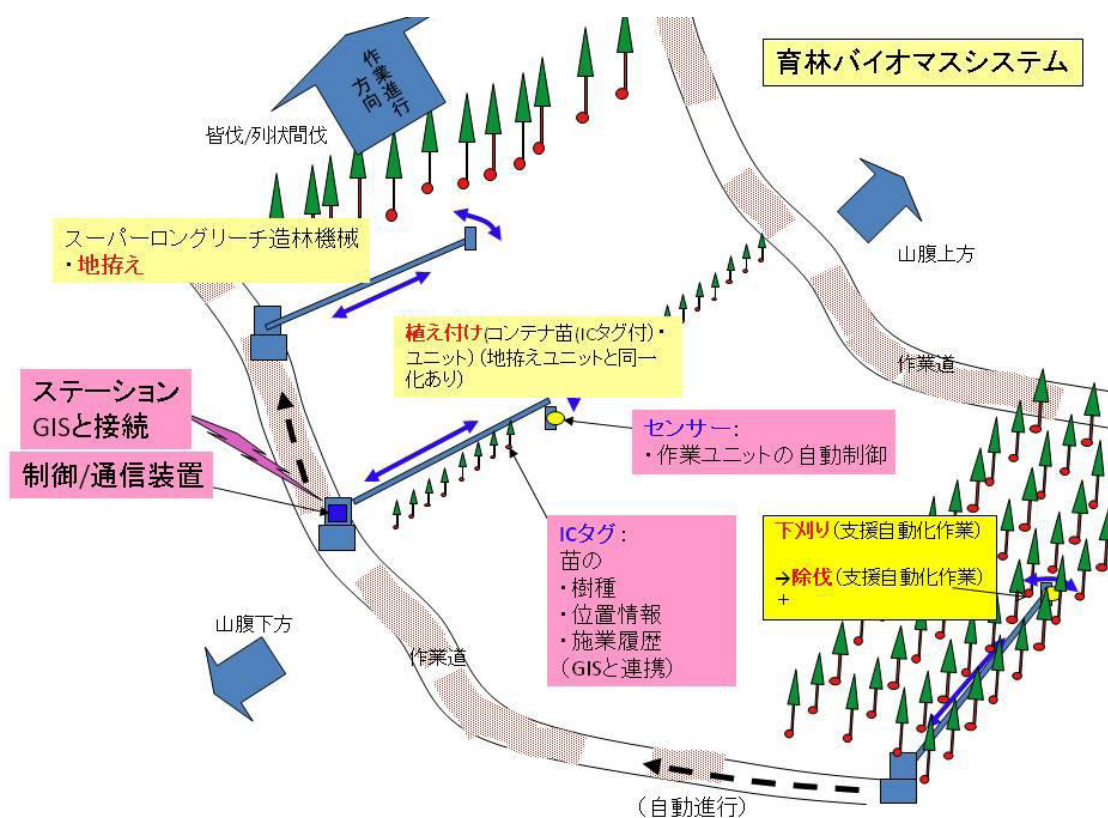


図 6.2-1 IC タグなどの利用を想定した森林育成イメージ

(出典) 仁多見委員提供資料

6.2.2 生産方法

(1) 諸条件に応じた生産方法の選択

現状の林業において、傾斜度や林道密度に応じた細かい生産システムを選択することは出来ておらず、生産システムと機械類の選択のミスマッチにより高い生産を得ることが出来ていない状況がある。条件に応じた適切なシステムの選択の組み合わせに

ついて以下に示す。(表 6.2-1)

表 6.2-1 傾斜度、道路密度との組み合わせによる作業システムの最適組み合わせ

路網定数 k		1.7						
傾斜	走行路密度 m/ha	(最大到達距離 m)	道路密度 m/ha	(最大到達距離 m)	道路密度 m/ha	(最大到達距離 m)	道路密度 m/ha	(最大到達距離 m)
	(林内走行)	10.0	210	40.5	120	70.8	17	500.0
0 - 5°	林内走行系	20						
5° - 15°			作業道一車両系	15		12		20
15° - 30°				8	作業道一架線系			15
30° -						10	架線系	12

(出典) 仁多見委員提供資料

(2) 作業道一車両系による組み合わせ

作業道と車両を用いた生産システムの例を以下に示す。(表 6.2-2) 作業道に沿って、スーパーロングリーチ (図 6.2-2) を展開、人力伐倒の後、その収集範囲の広さ (片側約 40m) を生かし作業道まで木寄せを行う。

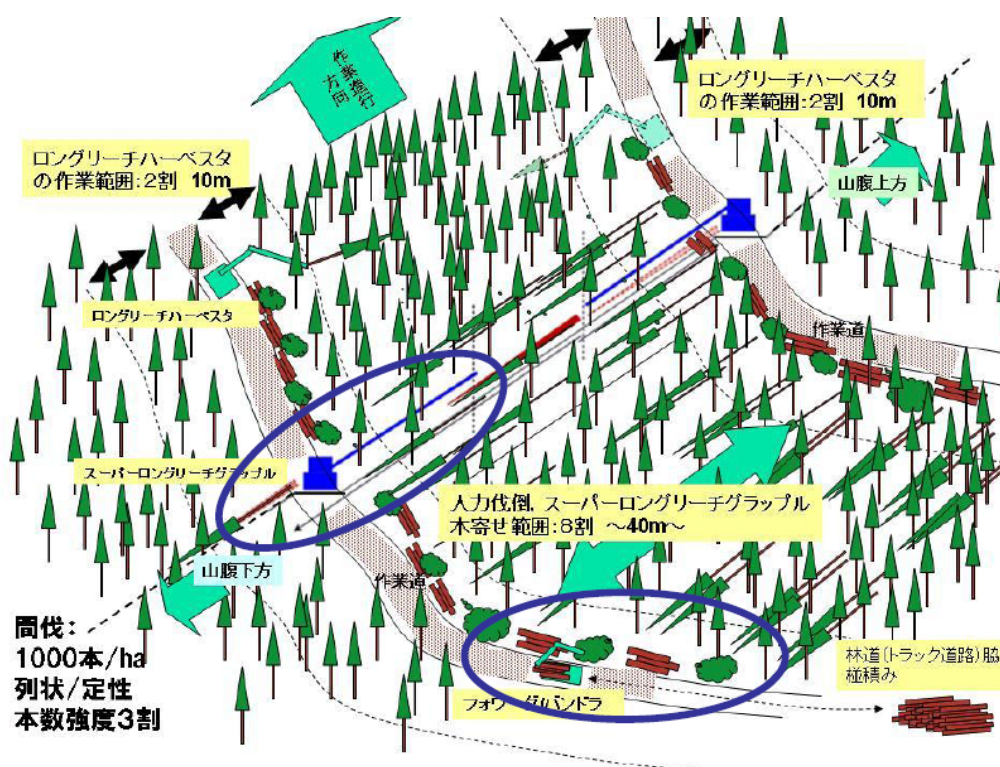


表 6.2-2 車両系システムによる新たな生産方法

(出典) 仁多見委員提供資料



図 6.2-2 スーパーロングリーチ

(出典) 仁多見委員提供資料

(3) 作業道—架線系による組み合わせ

作業道—架線系により導入されるシステムイメージを以下に示す。(図 6.2-3) 移動が比較的容易なタワーヤーダー(図 6.2-4)を活用し、広い範囲から収材を行う。材は作業道を使い搬出する。

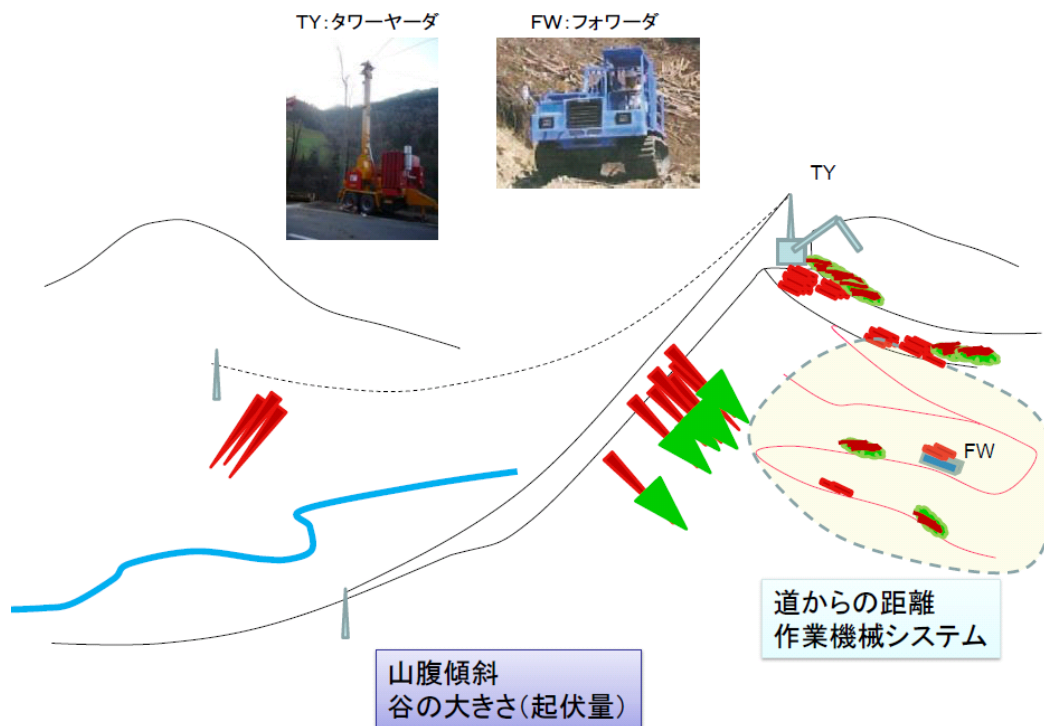


図 6.2-3 作業道—架線系システム

(出典) 仁多見委員提供資料



図 6.2-4 トラックタワーヤーダー

(出典) 仁多見委員提供資料

6.2.3 バイオマス資源輸送システム

(1) 枝葉などの林地残材収集システム

既存の林業より発生する枝葉などのバイオマス資源は、素材に対して 15%程度の重量があるといわれており、それらを低コストで回収することが出来ればバイオマスの利用可能な量が増加する。それを可能にする機械としてトラックマウントバンドラーがある。(図 6.2-5) この機械は、枝葉を圧縮、結束し丸太状にし輸送効率を大幅に高める効果がある。



図 6.2-5 トラックマウントバンドラー

(出典) 仁多見委員提供資料

(2) 小径木の収集システム

欧州で導入が進められているロードサイドチップングシステムについて以下に示す(図 6.2-6)。欧州ではこのような車両系システム(図 6.2-7)で間伐を実施し、チップ化した上でエネルギー利用設備にダイレクトに輸送するシステムを導入している。国内でも傾斜度の低い地域ではどのようなシステムを導入することが可能であり、青森県も傾斜度の低い山林が多いことから利用可能性を検討する価値はあるものと考えられる。

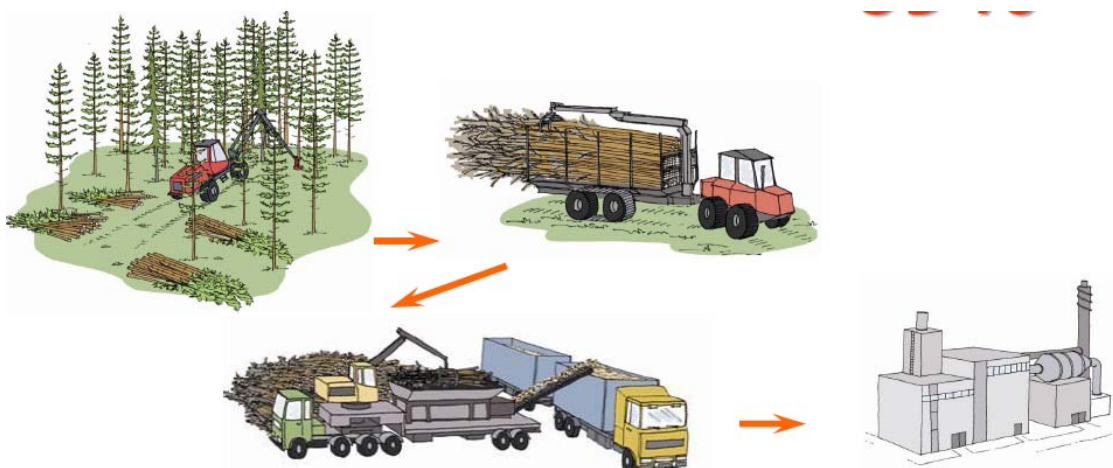


図 6.2-6 ロードサイドチッピングシステム

(出典) 仁多見委員提供資料



図 6.2-7 コンビマシーン

(出典) 仁多見委員提供資料

6.2.4 取組行程表

ここでは、青森県の現状や新たに導入が期待されるシステムをふまえたエネルギー利用拡大に向けた取組行程法を整理した。ここで示した工程表はあくま方向性を示しているものであり、実施にはより詳細に地域の実態やポテンシャルをふまえた工程を作成することが望ましい。

表 6.2-3 フェーズ別取組工定評

	育林		生産		インフラ		体制／人材
	素材向け	エネルギー向け	素材向け	エネルギー向け	路網	情報	
フェーズ 1 (～2015) 既存の森林・林業の効率化	従来型重機、手作業	新たな樹種の選定、育苗	既存、林内走行系、作業道一車両系、作業道一軽架線系の効率化	トラックバンドラーによる林地残材の収集効率向上	作業道開設、路網設置計画を再検討	機能化森林GISによる事業コスト評価と管理の高度化	森林組合体制の利用、生産事業企画設計サービスの事業化。 基幹事業体による作業研修。 研究・情報企業による機能化森林GIS研修。
フェーズ 2 (～2020) 次世代システムの導入開始	林内走行小型車両による、伐倒、地拵え、植栽作業。 スーパーロングリーチ車両＋作業ユニットによる、地拵え、植栽作業。	エネルギーフォレスト導入に向けた育林開始 20 年輪伐期での広葉樹の皆伐作業を担う	林内走行系、作業道一車両系、作業道一軽架線系、架線系（新世代）の機械作業システムの様子分けによる、生産性の向上	スーパーロングリーチ車両＋集積ハーベスタユニットによる、除伐木、小径間伐木のエネルギー収穫。	効率的配置を目指した林道設置		
フェーズ 3 (～2030) 素材・エネルギー向けそれぞれの生産	架線育林作業システム。	同上	高度造材情報把握作業ユニット（プロセッサ、ハーベスタ）。	、林内走行型および林道作業型車両機械作業システム。	新設など		