

3. 4 事例調査

3. 4. 1 調査対象事例

本調査対象地域に導入する木質バイオマス熱電併給システムに関する前提条件、プラント建設にあたっての留意点等の検討のため、国内外先行事例を調査した。事例調査は、実際にプラントを稼動している事例に対し、建設の際に注意する点、運用上の課題の調査を行うとともに、可能であれば建設時および運用時の経費等について調査を行った。調査対象事例は以下のとおり選定した。

図表 3-134 調査対象事例

事例名	選定理由	調査の視点
川崎バイオマス発電所	国内最大級の木質バイオマス専焼発電施設であること	建設時の留意点 燃料調達方法 人員数、経費等 運用上の課題
能代バイオマス発電所	木材関連事業者の共同発電施設であること	組合形式となった経緯 燃料調達方法 人員数、経費等 運用上の課題
Vattenfall 社の木質バイオマス発電事業	木質バイオマス活用の先進地である北欧において、大規模木質バイオマス発電事業を実施していること	施設の概要 燃料の調達方法

3. 4. 2 川崎バイオマス発電所

建設等廃材を中心とした木質バイオマス燃料を使用した、出力 33,000kW で国内最大の木質バイオマス専焼発電施設である（図表 3-135）。一般的に、木質バイオマス発電施設は製材所等、木材加工施設の近隣に建設されることが多いが、当発電所は主に建築発生木材を燃料として利用するため、住宅需要の多い都市部（川崎市）に建設されている。

使用燃料は年間約 18 万 t であり、調達先としては、3 分の 1 が隣接する産業廃棄物処理施設でチップ化された木質系廃棄物で、3 分の 2 が近隣のチップ工場から購入している。

近年の住宅着工件数の減少に伴い、建築発生木材の量も減少傾向にある。燃料用チップの購入は、コスト引き上げ要因となるため、近年では食品加工会社と提携をし、液体調味料の製造過程で生成される脱脂大豆の残渣を燃料として利用している。

建設にあたっては、川崎市の厳しい環境規制をクリアするため、排煙脱硫装置や排煙脱硝装置、バグフィルターなどの設備を設置するなどの対応が必要になった。また、都市計画法に基づく開発許可が必要であったが、許可承認のための議会開催のタイミングが 3 ヶ月ごとであったため、工期に影響を及ぼした。都市型のバイオマス発電施設建設にあたっては、建

設予定地自治体の環境基準や開発許可承認のプロセスなどを十分確認しておく必要がある。

図表 3-135 国内先行事例（川崎バイオマス発電所）

施設名称	川崎バイオマス発電所
所在地	神奈川県川崎市川崎区扇町 12 番 6 号
施設設置体制	発電所：川崎バイオマス発電株式会社 (住友共同電力株式会社、住友林業株式会社、フルハシ EPO 株式会社の共同出資会社)
稼働開始年	2011 年 2 月（設立 2008 年 4 月）
総工費	100 億円（うち新エネ導入加速化事業補助金約 23 億円）
プラント設備	ボイラ：住友 F W-循環流動層ボイラ（自然循環単胴形屋外式） タービン：軸流式抽気復水タービン
最大連続蒸発量	137 t/h
最大使用温度	521℃
発電出力	33,000kW
稼働率	80%
発電効率	平均 35%
使用燃料	木質チップ（年間約 18 万 t） 主な原料：解体材、製材工場等残材、廃パレット、剪定枝など（生木は一部）
燃料含水率	受入基準：建築発生木材 35%WB、生木（支障木含む）50%WB その他、サイズ（50mm 以下）、異物・CCA 等の混入がないこと等を受入基準としている
燃料調達先	ジャパンバイオエナジー（チップ製造目標：6 万 t/年）、 30 数社の近隣チップ工場（12 万 t/年）
特徴	国内最大の専焼発電所。 発電した電気を PPS 事業者売却。 チップヤードは最大 6,000t 貯蔵可能。（10 日分） 廃木材の破砕処理施設であるジャパンバイオエナジーが同敷地内にあり、破砕処理したチップを燃料として 100%発電所に供給。木質系廃棄物の受け入れは 24 時間可能。 灰の発生量は 2%程度で、産業廃棄物として処理。 大気汚染対策として、環境設備の設置に加え、排ガスは法律に従い 2 ヶ月に 1 回の測定、SO _x 、NO _x は連続測定を実施。ばいじんは定期的に検査を実施。
  	

3. 4. 3 能代バイオマス発電所

能代バイオマス発電所の概要を図表 3－136 に示す。

2010 年 10 月に、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）が一部改正され、従来製材工場の焼却炉で焼却処理されていた樹皮、製材工場等残材が、ダイオキシン類特別措置法の排出基準をクリアする焼却炉で処理することが求められた。

そこで、能代市を中心とする米代川中下流域の森林組合、製材組合、木材関連企業が能代森林資源利用協同組合を設立し、共同の焼却・発電施設を整備することとした。発電施設は組合員であるボード企業の自家発電施設として同社の構内に建設し、発生する蒸気および電力の一部はボード製造に利用され、余剰電力は電気事業者に売電している。稼働時間はボード企業の操業に合わせているため、月曜日から金曜日までの終日運転を 6 名 2 交代制の計 12 名で運用している。

組合員から排出される樹皮、製材工場等残材は産業廃棄物扱いのため、敷地内にある産業廃棄物処理事業者（組合員）が受け入れチップ化している。

出力規模は 3,000kW、使用燃料は 53,000t/年。燃料の調達先は組合員が排出する製材工場等残材のため、当初は安定した燃料供給体制が確保されていたが、近年では組合員の減少や木材加工業の業績不振などから、予定していた木質燃料の確保が困難になり、組合員から供給される燃料は現状では使用燃料全体の 30%にとどまっている。そのため、秋田県の補助による林地残材の運搬、公共工事によって発生した伐根の受け入れなど、多方面に対し燃料確保の努力をしている。

図表 3-136 国内先行事例（能代バイオマス発電施設）

施設名称	能代バイオマス発電施設
所在地	秋田県能代市鰺沢字亥の台 2-6
施設設置体制	発電所：能代森林資源利用協同組合 (能代製材協会、秋田県銘木センター、新秋木運輸株式会社、株式会社鈴光、アキモクボード株式会社、白神森林組合)
稼働開始年	2003 年 2 月（設立 2001 年 5 月）
総工費	14.6 億円（林野庁補助 7.3 億円、秋田県補助 1.4 億円、能代市補助 1 億円）
プラント設備	ボイラ：N-1000 型タクマ木質系燃料ボイラー（ストーカー炉） タービン：単気筒抽気復水タービン
最大連続蒸発量	34 t /h
最大使用温度	425℃
発電出力	3,000kW
稼働率	71.4%
使用燃料	木質チップ（年間約 5.4 万 t） 主な原料：スギ樹皮、製材工場等残材、伐根、破碎チップ
燃料含水率	夏期は 20～35%、冬期は約 40%
燃料調達先	能代森林資源利用共同組合員（30%）、国土交通省河川改修事業（30%） チップ購入（秋田県、青森県、岩手県）（40%）
特徴	林業関係の事業者が組合を作り運営。 発電した電気と熱は隣接するボード工場で使用し、余剰分は売電。



施設全景



ボイラー

写真中央が木質チップボイラー。写真左側中央を上部に伸びているのが燃料サイロからのコンベアー。

出所：能代森林資源利用共同組合資料（2011 年 6 月）等をもとに日本総合研究所作成

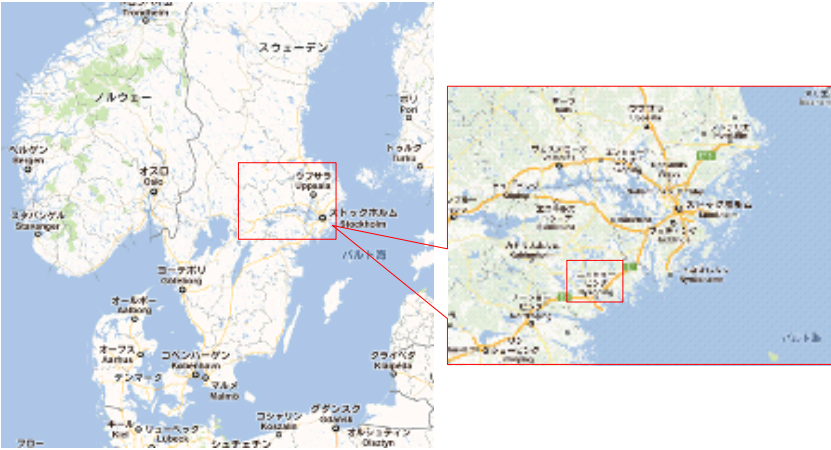
3. 4. 4 Idbcksverket（イヴァクスベルケ）発電所

Idbcksverket（イヴァクスベルケ）発電所は、スウェーデンの首都ストックホルムより南西に約100kmに位置するニュヒューピングに位置するヴァッテンフォール社（スウェーデンに本社を置くヨーロッパ有数のエネルギー企業）のバイオマス発電プラントである（図表 3-137）。1997年に試運転を開始した熱電併給システムであり、人口約50,000人の都市ニュヒューピングの約95%に電力と熱を供給している。プラントの発電規模は35,000kW、年間の平均発電量は125GWh、熱供給規模は268,000kWで、年間の平均熱供給量は355GWhである。建設前段階で、地域の未利用間伐材等の供給のみでは燃料が賄いきれないことが明らか

となったため、木質チップの輸入を見据えてニュヒューピング港から近い場所に発電所が建設されている。

燃料の種類は、未利用間伐材、製材工場等残材、輸入木質チップである。燃料の調達は、ニュヒューピング市及び周辺地域の森林からの未利用間伐材及び製材メーカーから排出される製材工場等残材が主であるが、それだけでは燃料が不足するため、エストニア、ラトビア、リトアニア、ノルウェー、ドイツ、オランダ等から安価な木質チップを輸入している。特に木質チップ価格の安価なエストニア、ラトビア、リトアニアのバルト三国からの輸入が多い。

図表 3-137 海外先行事例（Idbcksverket 発電施設）

施設名称	Idbcksverket（イヴァクスベルケ）発電所
所在地	ニュヒューピング（ストックホルムより南西に約100km）
施設設置体制	ヴァッテンホール社（スウェーデンの大手電力会社）
稼働開始年	1997年
総工費	不明
プラント設備	ボイラ：シーメンス バブリング流動床
発電規模	35MWe
年間発電量	125GWh
発熱規模	268MWth
年間供給熱量	358GWh
使用燃料	未利用間伐材、製材工場等残材、木質チップ（割合は不明）
燃料調達先	未利用間伐材、製材工場等残材については地域内で調達。木質チップについてはエストニア、ラトビア、リトアニア、ノルウェー、ドイツ、オランダ等から輸入している。
立地場所  施設全景 	

出所：ヴァッテンホール社（2012年）、WORLD BIO ENERGY2012 press

3. 4. 5 まとめ

国内先進事例調査の結果、仙台および石巻地域に木質バイオマス発電施設を整備する際に参考となる点、留意すべき点を記載する。

（１）自治体との事前調整の必要性

木質バイオマス熱電併給システムを建設するにあたっては、電気事業法、熱供給事業法、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）などの法律が関係するが、自治体独自の条例の制定や、自治体固有の問題に起因する各種規制の存在が、自治体によって異なることが予想される。したがって、法律や条例を公開情報だけで理解したり、他地域での経験から推察したりするのではなく、自治体担当者に早めに相談することが重要である。

（２）木質バイオマス燃料調達の難しさ

両事例ともに、大都市から大量に発生する木質系廃棄物の利用や、木材加工事業者などから構成される組合を通じて樹皮、製材工場等残材を入手するなど、木質バイオマスを確実に調達するための仕組みを構築し事業を開始している。しかし、建設発生木材の減少や、木材関連業の不振などから期待した量の燃料確保が困難になっているのが現状である。木質バイオマス燃料は、化石燃料などと違い、素材生産、製品製造などの副産物や、廃棄物として産出されるものであるため、供給量の確保が難しいものである。したがって、林地残材などの収穫率の向上、木材需要の向上策とともに、供給量が減少したときの代替燃料の確保なども検討しておく必要がある。

（３）地域に波及する効果

両発電施設とも、施設運営に従事する職員数は10名ほどであり、地域に対する雇用創出という観点ではそれほど大きな効果はないものと思える。しかし、木質バイオマス燃料の活用は、燃料の生産から処理までを地域内で完結させることが可能であり、同量のエネルギーを化石燃料から生成することと比べて、関連する産業へ波及する雇用創出（所得増）効果は大きいと考えられる。特に能代の事例では、製材工場等残材を排出する木材加工業者、木材の運搬およびチップ化を行う廃棄物処理業、熱および電力を利用するボード製造業など、地域内の企業で木質バイオマス燃料のバリューチェーンを構築している。地方において、木質バイオマス発電事業を計画する際には、燃料の調達、プラントの維持管理などなるべく地域内で完結するようなスキームを描くことが重要である。

（４）大規模発電施設の可能性

イヴァクスベルケ発電所は、人口約50,000人の都市ニュヒューピングのほとんどの電力および熱エネルギーを木質バイオマスエネルギーにより供給しているが、大規模発電施設の運営を可能にしているのは、安価な木質チップの輸入が可能であるからである。

一般的に、発電施設もしくはボイラーは、規模が大きくなるにしたがって効率性が上がる。しかし、燃料不足などにより稼働率が低下すると、初期投資に見合った発電・熱供給ができなくなり、事業として成立しなくなる可能性がある。したがって、燃料調達量に見合った規模の設定が必要である。

本調査で検討するバイオマス熱電併給システムの燃料は、震災廃棄物の処理終了後は、未利用間伐材等の地域森林資源を活用することが基本である。したがって、地域資源を活用して持続的な運営ができる規模の発電施設を検討することが重要である。ただし、プラント稼働の初期において未利用間伐材等の森林資源の収集量が不足することが予測される場合、一時的に木質チップ等の購入による稼働も検討する必要がある。

4. 地域ニーズに合った熱電併給システム

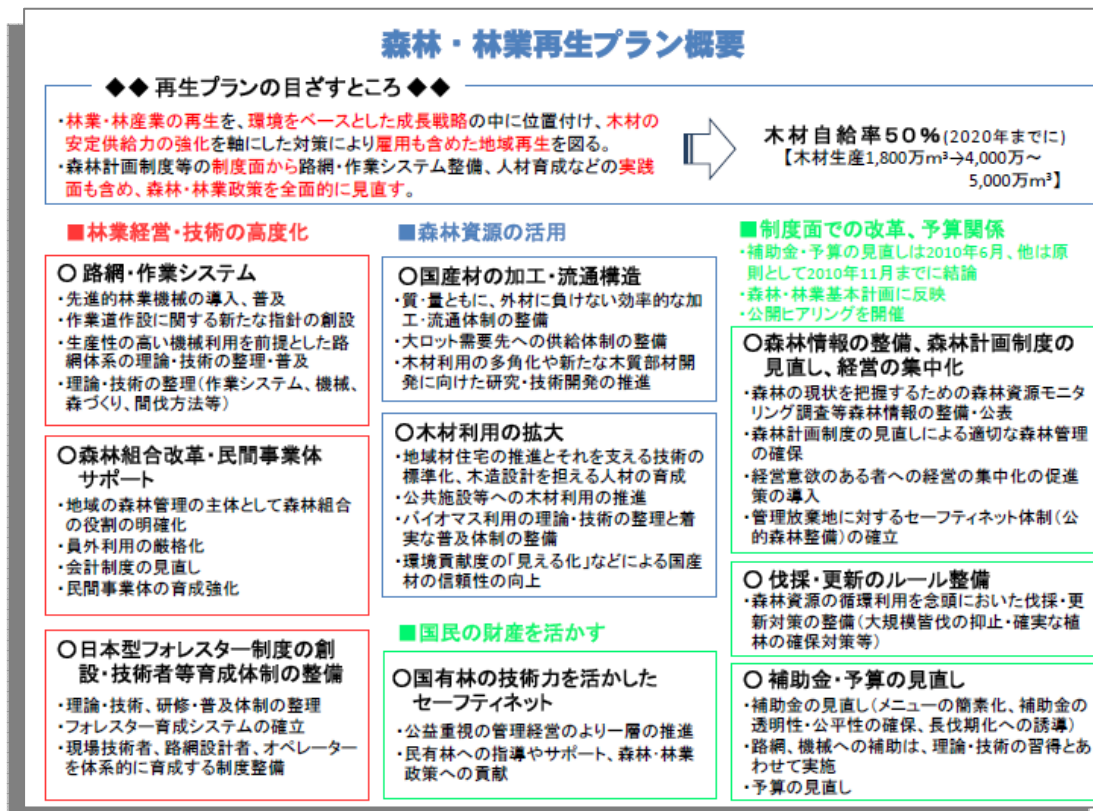
4. 1 システム規模の検討

3. 1. 1 で検討したとおり、木質バイオマス燃料の利用可能量は、初年度に震災廃棄物を利用することを想定した場合、含水率 20%WB 程度で約 50,000t の利用可能量が推計されることから、含水率 50%WB 換算した場合に約 80,000t となるため、熱電併給システムの規模としては 5,000kW 程度が想定される。

また、森林バイオマスについては、3. 1. 2 の結果より利用可能量の最大値として未利用 C 材、D 材および枝葉の合計で約 15 万 t/年（生）となっている。利用可能量は素材生産にともなって発生する材（最も利用可能性のある状態）の最大値だが、このうち、A～C 材とは形状が異なる D 材や枝葉については経済面・技術面の問題からすべてをすぐに使える状態ではなく、段階的に収穫率を高める利用計画を立てる必要がある。

一方、「森林・林業再生プラン」では、木材自給率を平成 32 年（2020 年）までに 50%まで引き上げ、素材生産量でみると現在の 1,800 万 m³ から 4,000 万～5,000 万 m³ を搬出・利用することを目標として掲げている（図表 4-1）。

図表 4-1 森林・林業再生プラン概要



出所：林野庁（2009 年）、森林・産業再生プラン

森林・林業再生プランでは、木材自給率を 2020 年までに 50%まで引き上げ、素材生産量でみると現在の 1,800 万 m³から 4,000 万～5,000 万 m³を搬出・利用することを目標として掲げている。つまり、素材生産量を約 2.5 倍まで引き上げることになる。素材生産量自体を底上げすることで C,D 材、枝葉の発生量も増加することから、素材生産量の増加を進めることは今後見込まれるバイオマス需要増への対応として、大変重要な要素となる。

「森林・林業再生プラン」に従って、2020 年時点での宮城県の素材生産量を現状の約 2 倍に増産した場合、素材生産は約 102 万 m³/年となる。内訳として、A～C 材は収穫率 100%、D 材については収穫率 80%を目標に段階的に収穫率を向上させることを前提とした素材生産量の増加計画を図表 4-2 に示す。また、素材生産量増加に伴って燃料用として利用できる資源も増やしていくことを前提とした燃料の調達計画（燃料向け供給可能量）についてもあわせて図表 4-2 に示す。森林資源のみを燃料とした場合の発電規模は 3 年目で 5,000kW、6 年目で 10,000kW、最大で約 14,000kW が達成される計画である。

そこで、宮城県の 2 地域に整備を検討する熱電併給システムの規模を、5,000kW 級 2 基のケースと、10,000kW 級 1 基のケースの 2 パターンについて想定し、事業性について試算することとする。

図表 4-2 素材生産量増加目標に伴う燃料用バイオマスの供給可能量推移

	(H21)	1年目 (H25)	2年目 (H26)	3年目 (H27)	4年目 (H28)	5年目 (H29)	6年目 (H30)	7年目 (H31)	8年目 (H32)	9年目 (H33)	10年目 (H34)	11年目 (H35)	12年目 (H36)	13年目 (H37)	14年目 (H38)	15年目 (H39)
<素材生産に係る伐採目標>																
素材生産に係る伐採量の伸び【目標】		100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	178%	178%	178%	178%	178%	178%	178%
素材生産に係る伐採量【目標】	m3/年	589,441	648,386	707,330	766,274	825,218	884,162	943,106	1,002,050	1,049,206	1,049,206	1,049,206	1,049,206	1,049,206	1,049,206	1,049,206
<利用率>																
A		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
C		91%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
D		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
<素材生産量 計>																
A(製材)	m3/年	514,000	589,513	650,242	712,159	775,266	839,562	905,048	971,722	1,028,036	1,028,036	1,028,036	1,028,036	1,028,036	1,028,036	1,028,036
B(合板)	m3/年	170,000	187,000	204,000	221,000	238,000	255,000	272,000	289,000	302,600	302,600	302,600	302,600	302,600	302,600	302,600
C(製紙)	m3/年	169,000	169,000	169,000	169,000	169,000	169,000	169,000	169,000	169,000	169,000	169,000	169,000	169,000	169,000	169,000
D(燃料)	m3/年	0	34,472	52,970	71,467	89,965	108,462	126,959	145,457	160,255	160,255	160,255	160,255	160,255	160,255	160,255
D(燃料)	m3/年	0	6,541	14,272	23,192	33,301	44,600	57,088	70,765	84,681	84,681	84,681	84,681	84,681	84,681	84,681
<未利用分>																
A(未利用)	m3/年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B(未利用)	m3/年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C(未利用)	m3/年	15,975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D(未利用)	m3/年	59,467	58,872	57,088	54,115	49,952	44,600	38,059	30,328	21,170	21,170	21,170	21,170	21,170	21,170	21,170
<枝葉>																
枝葉発生量	生t/年	94,900	104,390	113,880	123,370	132,860	142,350	151,840	161,330	168,922	168,922	168,922	168,922	168,922	168,922	168,922
利用率【目標】	%	0	5%	10%	15%	20%	25%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
枝葉供給可能量	生t/年	0	5,220	11,388	18,506	26,572	35,588	45,552	48,399	50,677	50,677	50,677	50,677	50,677	50,677	50,677
<燃料向け供給可能量 計>																
燃料向け供給可能量 計	生t/年	0	33,929	58,457	84,767	112,858	142,731	174,385	199,755	222,132	222,132	222,132	222,132	222,132	222,132	222,132
C(燃料)	生t/年	0	24,131	37,079	50,027	62,975	75,923	88,872	101,820	112,178	112,178	112,178	112,178	112,178	112,178	112,178
D(燃料)	生t/年	0	4,579	9,990	16,234	23,311	31,220	39,962	49,536	59,276	59,276	59,276	59,276	59,276	59,276	59,276
枝葉(燃料)	生t/年	0	5,220	11,388	18,506	26,572	35,588	45,552	48,399	50,677	50,677	50,677	50,677	50,677	50,677	50,677
<発電可能量 ※5,000kWで8万t/年使用すると想定した場合>																
発電可能量	kW	0	2,121	3,654	5,298	7,054	8,921	10,899	12,485	13,883	13,883	13,883	13,883	13,883	13,883	13,883