

4. 2 仙台地域の熱電供給システム事業性の検討

4. 2. 1 エネルギー供給範囲

仙台地域における熱電供給システムの検討条件として、エネルギー需要が集中する仙台港周辺の事業所への熱電供給を想定した試算を行った。熱電供給システムの立地場所として、地域の熱需要と土地条件から、次の2パターンを想定した。各モデルケースの立地イメージを図表4-3に示す。

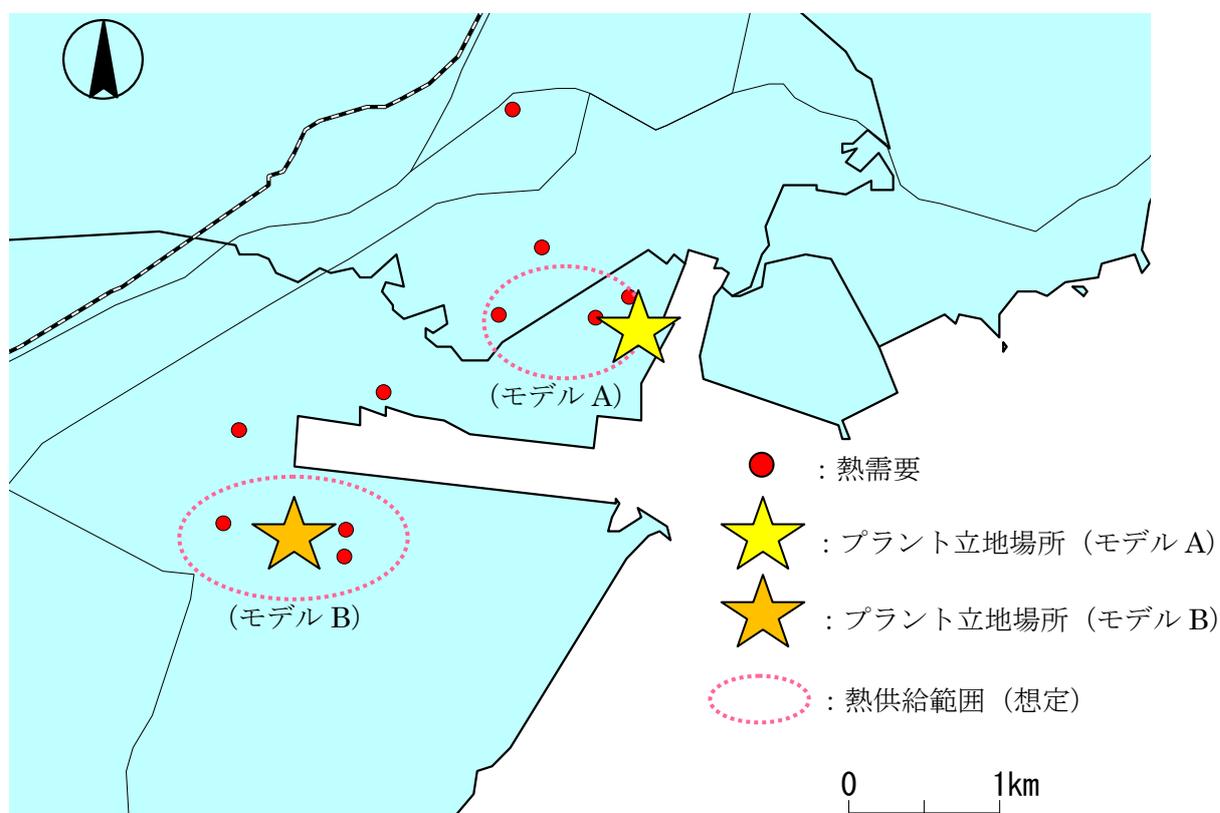
【モデルA】 : 被災した工場土地の有効利用モデル

【モデルB】 : 熱需要が集積している場所に供給システムを設置するモデル

もともと熱需要の多い被災工場で、復旧復興に向けて土地の最適利用を計画するケースとして、被災した土地が遊休地となっている製油所内に立地するパターンをモデルAとした。これは、東北の被災沿岸地域の工場のモデルとなりうるケースであると想定される。

モデルBは、熱需要が複数集積している場所に熱電供給プラントを建設する一般的な土地利用モデルである。

図表 4-3 仙台港周辺地域のボイラ利用事業所所在地とプラント立地場所のモデルケース



出所：森のエネルギー研究所作成

4. 2. 2 設備条件

(1) 設備規模とボイラ条件

5,000kW級、1万kW級の2つの規模で熱電併給プラントの事業性について検討を行う。設備条件として、木質チップを主燃料とすることから、循環流動層ボイラを想定し、メーカーヒアリングより、図表 4-4 の設備条件で試算することとした。

図表 4-4 設備規模とボイラ条件

規模	5,000kW 級	10,000kW 級
ボイラ	循環流動層	循環流動層
ボイラ最大蒸発量	25t/h	50t/h

(2) 稼働条件

年間の稼働日は、年間定期修理及び点検日を除き、340日（8,160時間）とした。

本来熱エネルギーの供給については、一定の熱エネルギーを供給することが効率的でありコスト低減につながる。従って、供給先の熱エネルギー需要に関するデマンドカーブ（日中、週、季節等における需要の増減）を考慮する必要があるが、今回の試算では24時間一定の熱供給を行うことができるものと仮定して推計することとした（24時間×340日＝8,160時間）。

(3) 熱電供給量

プラントの熱および電力の供給比率については、地域のエネルギー需要状況と、熱電それぞれの供給価格によって採算性が異なるため、それらを考慮した最適な比率を設定することが望ましい。ここでは、各工場の詳細な熱需要変動までは把握することができなかつたため、24時間一定の熱供給を行うことができるものと仮定して、熱需要の総量から時間当たりの蒸気使用量を想定した規模をモデルケースとして設定した。

モデルAの熱供給先は近隣事業所と製油所を想定した。製油所についてはエネルギー需要アンケートでは対象外としたが、大規模な熱需要施設のひとつである。モデルBは近隣の3つの事業所への熱供給を想定して試算を行った。

モデルA、モデルBの熱需要量と現在使用している燃料をもとに推計した時間当たりの蒸気量想定を図表 4-5 に示す。各モデルの熱需要をもとに熱および電力の供給量を図表 4-6 の通り想定した。抽気復水タービンにより一部蒸気を抽気する方式とし、抽気量の上限はボイラ最大蒸気量の半分として試算した。

モデルAについては、製油所での大規模な熱需要があるため、今回想定するプラントからの最大抽気量を供給することを想定した。モデルBについては、3工場合わせた蒸気使用量の推計が約9万t/年であり、年間稼働時間で均した消費量としては11.5t/hとなったため、11.5t/hを蒸気供給量の最大値として設定し、試算を行った。

また、需要家アンケートによる蒸気条件を満たすように、抽気する蒸気条件は 260℃、2.1MPa とした。

図表 4-5 モデル A における熱供給先の使用燃料と需要規模設定

	使用燃料	年間燃料消費量	蒸気使用量想定		備考
			(t/年)	(t/h)	
モデル A	LPG	292,800m ³ /年	9,828	1.2	製油所は大規模熱需要施設であり、現在 C 重油を使用。
	C 重油	—	—	—	
モデル B	A 重油	593,530 L/年	7,864	1.0	
	都市ガス	5,927,337m ³ /年	85,354	10.5	

※蒸気使用量は蒸気熱量を約 2,800MJ/t と想定し、試算した。また、時間あたりの蒸気使用量は、年間の蒸気使用量推計をもとに 340 日、24 時間稼働で平均化した想定値である。

図表 4-6 設備条件と熱電供給量

立地場所	モデル A		モデル B	
	設備規模 (kW)	5,000	10,000	5,000
ボイラ最大蒸発量 (t/h)	25	50	25	50
蒸気供給@送気端 (t/h)	12.5	25	11.5	11.5
年間供給量 (t/年)	102,000	204,000	93,840	93,840
電力供給@送電端 (kW)	2,450	5,280	2,634	7,764
年間供給量 (kWh/年)	19,992,000	43,084,800	21,493,440	63,354,240

4. 2. 3 使用バイオマス燃料

(1) 種類

資源量調査の結果より、プラント建設後 1 年間は木質系震災廃棄物を利用できる可能性がある。2 年目以降は震災廃棄物の利用は難しいと考えられるため、森林バイオマスを主として、不足分については建築発生木材や輸入バイオマス等を使用することを想定する。ただし、建築発生木材については既にほとんど利用されているため、ここでは燃料の不足分の補填として輸入ペレットを使用することを想定した。補填する資源については他の木質以外の廃棄物を利用することも考えられるが、本プラントでは将来的には森林バイオマス 100%を目指すため、木質資源を燃料として想定したプラント設計をすることが望ましいと考え、移行期間の不足分の補填として輸入バイオマスを利用することとした。

なお、震災廃棄物および森林バイオマスの発熱量はスギの分析数値を用いて含水率ごとに換算し、輸入ペレットについては想定値とした。用いる燃料の含水率と発熱量の想定を図表 4-7 に示す。

図表 4-7 用いる燃料の含水率と発熱量の想定

	投入時の含水率 %WB	投入時の発熱量	
		MJ/kg	kcal/kg
震災廃棄物	20	14.8	3,532
森林バイオマス	50	8.3	1,982
輸入ペレット	10	16.7	4,000

(2) 使用量

メーカーヒアリングより、木質バイオマス燃料の消費量は、含水率 35%WB を基準とすると、設備規模 5,000kW 級の場合に 6.9t/h、10,000kW 級の場合に 13.8t/h となる。年間で必要となる燃料の量は 5,000kW 級の場合に約 5.6 万 t/年 (35%WB)、10,000kW 級の場合に約 11.2 万 t/年 (35%WB) となる。含水率 50%WB 換算すると、5,000kW 級の場合に 9.6t/h、10,000kW 級の場合に 19.2t/h となる。年間で必要となる燃料の量は、5,000kW 級の場合に約 8 万 t/年 (50%WB)、10,000kW 級の場合に約 16 万 t/年 (50%WB) となる。プラント建設後 1 年目は木質系震災廃棄物を利用するが、利用可能量の想定は難しい。ここでは 5,000kW 級の場合には 1 年目に必要な燃料のほぼ全量を、10,000kW 級の場合には 1 年目に必要な燃料の半分程度の量を見込む計画とした。2 年目以降は森林バイオマスを主として不足分については輸入ペレットを使用することを想定し、図表 4-8、図表 4-10 の割合で利用計画をたてることとした。供給割合は発熱量比率である。供給量の計画を図表 4-9、図表 4-11 に示す。

図表 4-8 5,000kW 級の場合の各種バイオマスの供給割合（熱量割合）

	1年目 (2013)	2年目 (2014)	3年目 (2015)	4年目 (2016)	5年目 (2017)	6年目以降 (2018～)
震災廃棄物 (%)	100	0	0	0	0	0
森林バイオマス (%)	0	35	50	70	90	100
輸入ペレット (%)	0	65	50	30	15	0
合計	100	100	100	100	100	100

図表 4-9 5,000kW 級の場合の各種バイオマスの供給量（投入時の含水率の場合）

	1年目 (2013)	2年目 (2014)	3年目 (2015)	4年目 (2016)	5年目 (2017)	6年目以降 (2018～)
震災廃棄物 (t/年 20%WB)	43,953	0	0	0	0	0
森林バイオマス (t/年 50%WB)	0	27,408	39,154	54,816	70,477	78,308
輸入ペレット (t/年 10%WB)	0	25,227	19,405	11,643	3,881	0
合計(t/年 50%WB換算)	78,308	78,308	78,308	78,308	78,308	78,308

※震災廃棄物 14.8MJ/kg、森林バイオマス 8.3MJ/kg、輸入ペレット 16.7MJ/kg

図表 4-10 10,000kW 級の場合の各種バイオマスの供給割合（熱量割合）

	1年目 (2013)	2年目 (2014)	3年目 (2015)	4年目 (2016)	5年目 (2017)	6年目以降 (2018～)
震災廃棄物 (%)	50	0	0	0	0	0
森林バイオマス (%)	20	35	50	70	90	100
輸入ペレット (%)	30	65	50	30	15	0
合計	100	100	100	100	100	100

図表 4-11 10,000kW 級の場合の各種バイオマスの供給量（投入時の含水率の場合）

	1年目 (2013)	2年目 (2014)	3年目 (2015)	4年目 (2016)	5年目 (2017)	6年目以降 (2018～)
震災廃棄物 (t/年 20%WB)	43,953	0	0	0	0	0
森林バイオマス (t/年 50%WB)	31,323	54,816	78,308	109,632	140,955	156,617
輸入ペレット (t/年 10%WB)	23,286	50,453	38,810	23,286	7,762	0
合計 (t/年 50%WB)	156,617	156,617	156,617	156,617	156,617	156,617

※震災廃棄物 14.8MJ/kg、森林バイオマス 8.3MJ/kg、輸入ペレット 16.7MJ/kg

(3) 価格

木質系震災廃棄物の価格はヒアリング等より輸送費込みで 5 円/kg (含水率 20%WB 想定) とした。ただし、今後の処理状況や処理業者によって金額には幅があると考えられる。

森林バイオマスについては、既存のチップ工場から製紙用チップ価格と同等程度の価格で購入する場合と、林業事業者が熱電併給プラントまで C,D 材または枝葉を運搬し、プラント側でチップ化を行う場合の 2 パターンを想定した。製紙用チップ価格と同等価格の設定については、資源量調査より輸送費込みで 10.5 円/kg (含水率 50%WB 想定) とした。プラント側でチップ化を行う場合の価格設定については、資源量調査より、生産コストを低減化した場合の価格として 7.8 円/kg (含水率 50%WB 想定) を用いることとした。

輸入ペレットについては、貿易統計より 2011 年の平均単価 20.8 円/kg (水分量 10%想定) を用いることとした。

以上の価格はそれぞれの資源の含水率での価格であるため、熱量単価をもとに同一の含水率に換算した場合は図表 4-1 2 の通りとなる。

図表 4-1 2 各バイオマスの価格設定

		各資源の含水率での価格 価格	含水率	含水率 50%WB 換 算した場合
震災廃棄物		5 円/kg	20%WB	2.8 円/kg
森林バイオマス	i)	10.5 円/kg	50%WB	10.5 円/kg
	ii)	7.8 円/kg	50%WB	7.8 円/kg
輸入ペレット		20.8 円/kg	10%WB	10.3 円/kg

※含水率 50%WB 換算した場合の価格は熱量あたりの単価をもとに推計。

※輸送費含む

4. 2. 4 プラント建設・運営に係る費用条件

設備建設のための初期投資項目および費用は図表 4-13 の通りである。

図表 4-13 各パターンの初期投資費用

(単位：千円)

パターン		モデル A		モデル B	
規模 (kW 級)		5,000	10,000	5,000	10,000
設備費用	ボイラー・発電施設	1,900,000	3,800,000	1,900,000	3,800,000
	蒸気配管	849,600	849,600	240,000	240,000
	変電設備	300,000	300,000	825,000	825,000
	その他施設	102,000	155,000	102,000	155,000
	合計	3,151,600	5,104,600	3,057,000	5,020,000
土地関連費用	土地代	60,000	60,000	223,200	446,400
	土地造成代費用	750,000	1,500,000	750,000	1,500,000
	合計	810,000	1,560,000	973,200	1,946,400
初期投資費用合計		3,961,600	6,664,600	4,030,200	6,966,400
補助金 (費用合計－土地代) ÷2		1,950,800	3,302,300	1,903,500	3,260,000
初期投資 (費用合計－補助金)		2,010,800	3,362,300	2,126,700	3,706,400

それぞれの項目の設定条件については以下の通り設定した。

(1) 初期投資費用

1) ボイラー・発電施設整備費用

メーカーヒアリングより、ボイラー及び発電施設一式を 5,000kW 級の場合 19 億円、10,000kW 級の場合 38 億円と設定した。

2) 土地代

メーカーヒアリングより、熱電併給プラントの立地条件として、必要面積を 5,000kW 級の場合 6,000m²、10,000kW 級の場合 12,000m²と想定した。

モデル A については、事業者ヒアリングより、現在遊休地となっている場所であるため土地整備代 6,000 万円を費用として計上した。モデル B については、仙台港背後地単価 (37,200～87,700 円/m²) から、単価を 37,200 円/m²と設定した。

また、土地造成費用として 125,000 円/m²を想定した。

3) 蒸気配管費用

事業者ヒアリング等より、蒸気配管の埋設単価（人件費・材料費含む）を 240,000 円/m と設定する。立地場所と蒸気供給先の場所によって配管距離は異なるため、本調査での試算条件としては図表 4-14 の通り想定した。

図表 4-14 蒸気配管距離に関する設定条件

立地場所	モデル A	モデル B
熱供給先	事業所 3 箇所	事業所 3 箇所
蒸気配管距離想定 計	1,770m	500m

4) その他

事業者ヒアリングより、変電設備の設置費用とユーティリティ設備等の費用を図表 4-15 の通り設定した。変電設備については、他の事例より送電コストを 150,000 円/m とし、各立地場所から東仙台変電所までの距離から推計した。

図表 4-15 その他費用に関する設定条件

設備規模 (kW 級)	5,000	10,000	5,000	10,000
変電設備 (万円)	30,000	30,000	82,500	82,500
ユーティリティ設備等 (万円)	10,200	15,500	10,200	15,500

5) 補助金

設備投資額の 2 分の 1 とした。

6) 減価償却費

初期投資費用は、耐用年数 15 年間定額の減価償却費として毎年の支出額に計上した。

(2) 運営費用

運営費用に関する費用項目および費用は図表 4-16 の通りである。

図表 4-16 各パターンの運営費用

(単位：千円)

立地場所 規模 (kW 級)	モデル A		モデル B	
	5,000	10,000	5,000	10,000
人件費	75,150	75,150	75,150	75,150
メンテナンス費	63,032	102,092	61,340	100,400
ユーティリティ費	76,000	152,000	76,000	152,000
焼却灰処理費用	15,662	31,323	15,662	31,323
保険料	12,606	20,418	12,268	20,080
合計	242,450	380,983	240,420	378,953

それぞれの項目の設定条件については以下の通り設定した。

1) 人件費

プラントは 24 時間稼働のため、運転員は 3 名 3 交代として、要員を 9 名とした。その他の要員として、ボイラータービン主任技術者 1 名、電気主任技術者 1 名、事務員 1 名を配置することとし、合計 12 名とした。人件費は、年収総額と法定福利費総額（年収総額の 15%）の合計額とした。人件費の内訳を図表 4-17 に示す。

図表 4-17 人件費内訳

要員	年収 (万円)	人件費 (万円)
ボイラータービン主任技術者	500	575
電気主任技術者	480	552
運転員	420	483
事務員	250	288

※法定福利費を年収総額の 15% とする。

2) メンテナンス費用

メーカーヒアリングより設備投資額（ボイラー・発電施設費用、蒸気配管費用、変電設備費用、その他施設費用）の 2% をメンテナンス費用と設定した。

3) ユーティリティ費用

工業用水や薬剤、砂等の費用として、メーカーヒアリングより発電所建設費の4%をユーティリティ費用として設定した。

4) 焼却灰処理費用

燃料の灰分を2%（無水ベース）とすると、5,000kW級の場合約783t/年、10,000kW級の場合約1,566t/年の灰が発生すると想定される。処理費用単価を20,000円/tとすると、焼却灰処理費用は、5,000kW級の場合、約1,600万円/年、10,000kW級の場合、約3,100万円/年となった。

5) その他

電気事業税として売上の1.3%、保険料として設備費用（ボイラー・発電施設費用、蒸気配管費用、変電施設費用、その他施設費用）の0.4%を計上した。

法人税率は30%、住民税については図表4-18の通りとなっているため、市町については均等割160,000円、税割14.7%を用いることとした。

図表 4-18 県および各市町の法人住民税

	均等割	法人税割
宮城県	143,000	5.8%
仙台市	160,000	14.7%
多賀城市	160,000	14.7%
七ヶ浜町	160,000	12.3%

4. 2. 5 収入額

(1) 売電収入

発電した電力は、電気事業者または特定規模電気事業者（PPS事業者）へ全量販売することを想定した。

販売価格は再生可能エネルギーの固定価格買取制度により設定される価格が基本となるが、現時点で価格を想定することは難しい。ここでは、仮に廃棄物系（木質系震災廃棄物、建築発生木材）20円/kWh、輸入バイオマス18円/kWh、森林系（森林バイオマス）については20円/kWhまたは25円/kWhの2パターンを想定した場合について試算を行った。

(2) 蒸気販売収入

蒸気の販売単価については、事業所ごとに使用している燃料が異なるため、それぞれの燃料単価をもとに熱量換算した蒸気換算価格を推計した。各燃料の燃料単価から求めた蒸気換算価格を図表4-19に示す。なお、蒸気販売価格については、複数の事業所を対象

とするため、モデルケースごとに蒸気使用量の割合で蒸気換算価格を按分した。蒸気販売価格設定を図表 4-20 に示す。

図表 4-19 燃料単価から求めた蒸気換算価格

	燃料単価	蒸気換算価格	備考
LPG 代替の場合	244 円/m ³	8,432 円/蒸気 t	※対象事業者平均値（アンケート調査結果より）
C 重油代替の場合	70 円/L	5,569 円/蒸気 t	※石油会社ヒアリング
A 重油代替の場合	74.3 円/L	6,509 円/蒸気 t	※A 重油単価：石油情報センター（大型ローリー2011.4～12 平均）
都市ガス代替の場合	44 円/m ³	3,578 円/蒸気 t	※アンケート回答事業者平均値（アンケート調査結果より）

※発熱量：A 重油 37,100kJ/L、C 重油 40,853kJ/L、LPG 46,990kJ/kg（1m³=2kg）、蒸気 2,925kJ/kg

※ボイラ効率を考慮した蒸気販売単価を推計した。ボイラ効率は 0.9 と想定した。

※蒸気配管放熱ロスは割合が小さいため考慮しないものとした。

図表 4-20 蒸気販売価格設定

	蒸気販売価格設定
モデル A	5,700（円/蒸気 t）
モデル B	3,800（円/蒸気 t）

4. 2. 6 試算条件のまとめ

立地場所、規模、森林バイオマス燃料価格、電力販売価格に関してはそれぞれ 2 パターンずつの条件設定としたため、図表 4-21 の条件の組合せで 16 パターンの試算を行った。試算パターンを図表 4-22、試算条件を図表 4-23 に示す。

図表 4-21 各項目の試算条件

【立地場所】 ・モデル A ・モデル B	【規模】 ・5,000kW ・10,000kW	【燃料価格】 ・森林バイオマス 10.5 円/kg ・森林バイオマス 7.8 円/kg	【電力販売価格】 ・20 円/kWh ・25 円/kWh
-----------------------------------	--------------------------------------	--	---

図表 4-2 2 仙台地域における熱電併給プラント事業性試算パターン

No.	立地場所	規模 (kW 級)	燃料価格 (森林バイオマス) (円/kg)	電力販売価格 (森林バイオマス) (円/kWh)
1	モデル A	5,000	10.5	20
2		5,000	10.5	25
3		5,000	7.8	20
4		5,000	7.8	25
5		10,000	10.5	20
6		10,000	10.5	25
7		10,000	7.8	20
8		10,000	7.8	25
9	モデル B	5,000	10.5	20
10		5,000	10.5	25
11		5,000	7.8	20
12		5,000	7.8	25
13		10,000	10.5	20
14		10,000	10.5	25
15		10,000	7.8	20
16		10,000	7.8	25

図表 4-23 各パターンの事業性試算条件

立地場所	モデル A	モデル A	モデル B	モデル B
規模 (kW)	5,000	10,000	5,000	10,000
設備費 計 (千円)	3,961,600	6,664,600	4,040,200	6,966,400
発電設備 (工事費込)	1,900,000	3,800,000	1,900,000	3,800,000
蒸気配管	849,600	849,600	240,000	240,000
その他設備	102,000	155,000	102,000	155,000
土地代	60,000	60,000	223,200	446,400
土地造成費用	750,000	1,500,000	750,000	1,500,000
変電設備	300,000	300,000	825,000	825,000
電力@送電端 (kW)	2,450	5,280	2,634	7,764
蒸気@送気端(t/h)	12.5	25	11.5	11.5
稼働日数 (日/年)	340	340	340	340
稼働時間 (時間/日)	24	24	24	24
(時間/年)	8,160	8,160	8,160	8,160
設備補助率	50%	50%	50%	50%
燃料消費量 (t/時間)	6.9	13.8	6.9	13.8
※水分 35%WB				
燃料消費量 (t/年) ※	78,308	156,617	78,308	156,617
水分 50%WB 換算				
耐用年数 (年)	15	15	15	15
燃料単価 ※到着ベースの水分量のときの単価 (円/kg)				
震災廃棄物	5	5	5	5
森林バイオマス	10.5 または 7.8	10.5 または 7.8	10.5 または 7.8	10.5 または 7.8
輸入ペレット	20.8	20.8	20.8	20.8
電力販売価格 (円/kWh)				
震災廃棄物	20	20	20	20
森林バイオマス	20 または 25	20 または 25	20 または 25	20 または 25
輸入ペレット	18	18	18	18
蒸気販売価格 (円/蒸気 t)	5,700	5,700	3,800	3,800
灰処理費 (千円)	15,662	31,323	15,662	31,323
灰発生量 (t/年)	783	1,566	783	1,566
ユーティリティ費 (千円)	76,000	152,000	76,000	152,000
人件費 (千円/年)	57,615	57,615	57,615	57,615
メンテナンス費 (千円/年)	63,032	102,092	61,340	100,400

4. 2. 7 仙台地域の熱電併給システム事業性検討のまとめ

(1) 各パターンの試算結果

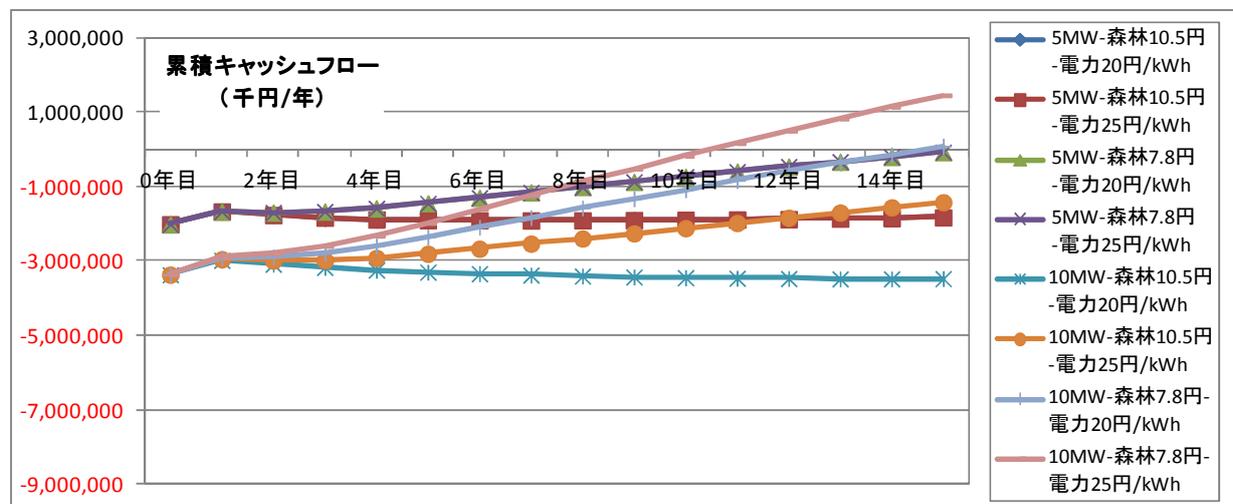
キャッシュフローの累積値を割引率 3%で 2012 年現在価値に換算し、投資回収年数の試算を行った結果を図表 4-24 に示す。最も条件の良いパターンはモデル A の立地場所にて 10,000kW 規模、森林バイオマス燃料価格が 7.8 円/kg、電力販売価格が森林バイオマスの場合に 25 円/kWh の場合であった。規模については、10,000kW 規模の方が結果が良く、森林バイオマス燃料価格が 7.8 円/kg の場合であれば採算の取れる可能性があることが分かる。燃料価格が 10.5 円/kg の場合は採算性が厳しい結果となっており、山側でのコスト低減化が望まれる。

モデル A、モデル B それぞれのパターンの営業利益の累積推移を図表 4-25、図表 4-26 に示す。

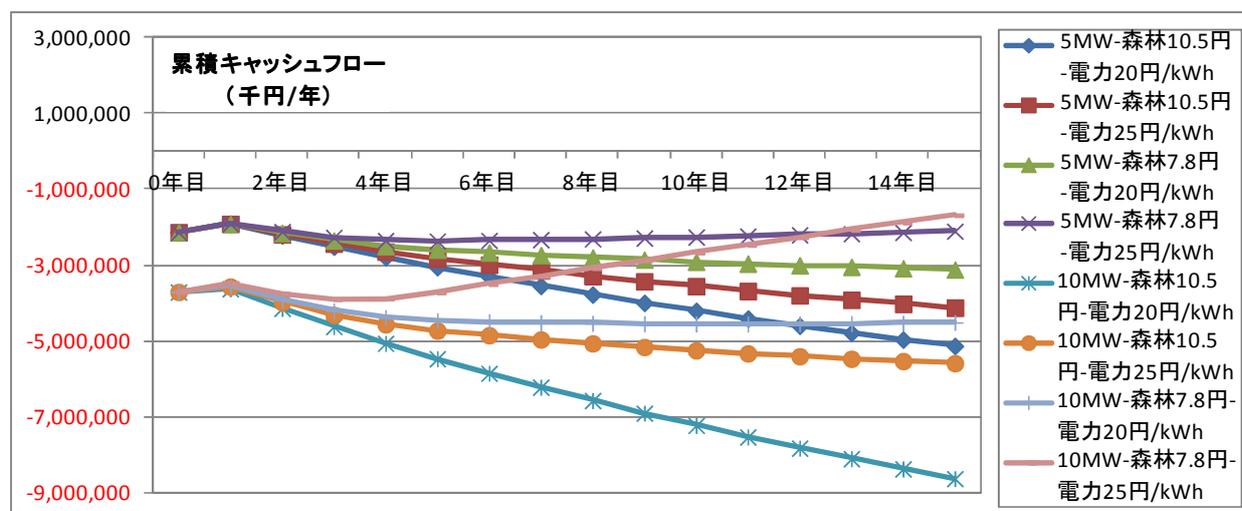
図表 4-24 各パターンの試算結果（投資回収年数）

No.	立地場所	規模 (kW 級)	燃料価格 (森林バイオマス) (円/kg)	電力販売価格 (森林バイオマス) (円/kWh)	投資回収 年数 (年)
1	モデル A	5,000	10.5	20	15 年以上
2		5,000	10.5	25	15 年以上
3		5,000	7.8	20	15 年以上
4		5,000	7.8	25	15 年以上
5		10,000	10.5	20	15 年以上
6		10,000	10.5	25	15 年以上
7		10,000	7.8	20	15
8		10,000	7.8	25	11
9	モデル B	5,000	10.5	20	15 年以上
10		5,000	10.5	25	15 年以上
11		5,000	7.8	20	15 年以上
12		5,000	7.8	25	15 年以上
13		10,000	10.5	20	15 年以上
14		10,000	10.5	25	15 年以上
15		10,000	7.8	20	15 年以上
16		10,000	7.8	25	15 年以上

図表 4-25 モデル A の場合の各パターン試算結果（累積キャッシュフローと投資回収年数）



図表 4-26 モデル B の場合の各パターン試算結果（累積キャッシュフローと投資回収年数）



(2) 事業採算性を左右する主な変動要因について

事業採算性を左右する要因として、森林バイオマス燃料価格、電力販売価格、熱供給量の3点が主なものであると考えられる。

1) 森林バイオマス燃料価格

森林バイオマス燃料価格については、7.8円/kgと10.5円/kgの2パターンで試算をしたが、本検討の条件では10.5円/kgで15年以内に投資回収可能な条件はなく、7.8円/kgであれば事業性がある程度確保できることが示唆された。

既存のチップ業者から購入する場合として設定した現在の製紙用チップ価格と同等とな

る 10.5 円/kg では事業性を確保することが難しいことから、皮付きのままチップ化を行うなど、コストを抑える方策が必要である。

また、7.8 円/kg であれば事業性はある程度確保されることがわかったが、この価格で燃料調達するためには山側でのコスト低減化が必要となる。価格設定は林業事業者へのアンケート調査をもとにしているため、実現可能な範囲であると考えられるが、機械の所有状況や施業地の条件等によってはコストが大きく異なる。現状では低コストで搬出・運搬できる条件となる場合は多くないと考えられるため、今後、燃料用資源供給を前提とした施業を行うことや、低コストで燃料用資源を供給する方法を確立するなどの方策が必要である。

2) 電力販売価格

電力販売単価については、森林バイオマスの場合について 20 円/kWh、25 円/kWh の 2 パターンで試算をしたが、販売価格が 20 円/kWh の場合の方が採算が悪い結果となったため、採算性向上のためには高い価格設定が望ましい。

3) 熱供給量

モデル A、モデル B の比較として、蒸気供給量に関しては、モデル B の方が熱供給先に隣接する場所での立地という想定であったが、現状での燃料消費量から推計した熱需要量は少なく、また現在使用している化石燃料と同等価格程度の蒸気販売単価設定としたため、燃料単価の安い都市ガスを多く使うモデル B の方が条件が悪く、モデル A の方が採算性が良いという結果であった。

熱供給量の評価については、モデル A、モデル B の比較だけでなく、熱供給を想定しない場合についても比較を行うため、最も試算結果の良かったパターン（モデル A、10,000kW 規模、森林バイオマス燃料価格 7.8 円/kg、電力販売価格 25 円/kWh）において、電力のみ供給する場合についても試算を行った。

試算条件を図表 4-27 に示す。蒸気配管コスト分の設備費が削減され、熱供給量を 0 とするためその分電力供給量が増える。

試算の結果、電力のみ供給する場合には投資回収年数が 15 年以上となった。この条件で試算した場合には、電力のみ供給するよりも、熱供給も併せて行う方が、事業性が高いことがわかった。また、エネルギー効率を比較すると、電力のみ供給する場合にはエネルギー効率が 2 割程度、熱電併給の場合には 6 割程度となっており、資源の有効利用という観点からも熱電併給の方にメリットがあることがわかる。試算結果を図表 4-28、図表 4-29 に示す。

図表 4-27 設備条件と熱電供給量

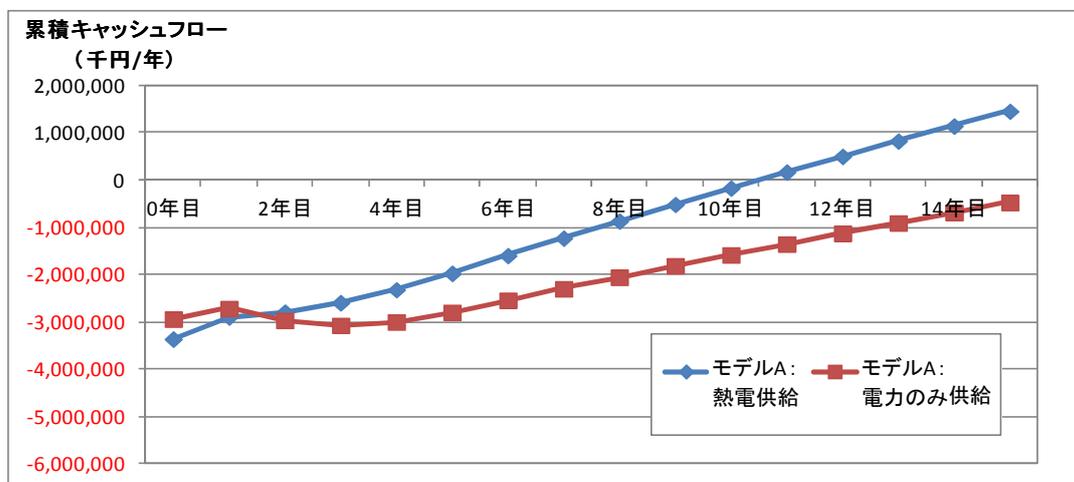
立地場所	モデル A (熱電併給)	モデル A (電力のみ)
設備規模 (kW)	10,000	10,000
設備費用※	7,911,800,000	7,415,000,000
ボイラ最大蒸発量 (t/h)	25	50
熱供給先	あり	なし
蒸気供給@送気端 (t/h)	25	0
年間供給量 (t/年)	204,000	0
電力供給@送電端 (kW)	5,280	9,880
年間供給量 (kWh/年)	43,084,800	80,620,800

※蒸気供給に関する費用を除外。設備費用の変更によりメンテナンス費等も変更となるが、ここでは割愛する。

図表 4-28 熱電併給システムと電力のみ発電する場合の比較 (試算結果)

	モデル A (熱電併給)	モデル A (電力のみ)
投資回収年数	10 年	15 年以上
エネルギー効率	57.8%	22.3%
電力	11.9%	22.3%
熱	46%	0%

図表 4-29 熱電併給システムと電力のみ発電する場合の比較 (累積キャッシュフロー)



4. 3 石巻地域の熱電供給システム事業性の検討

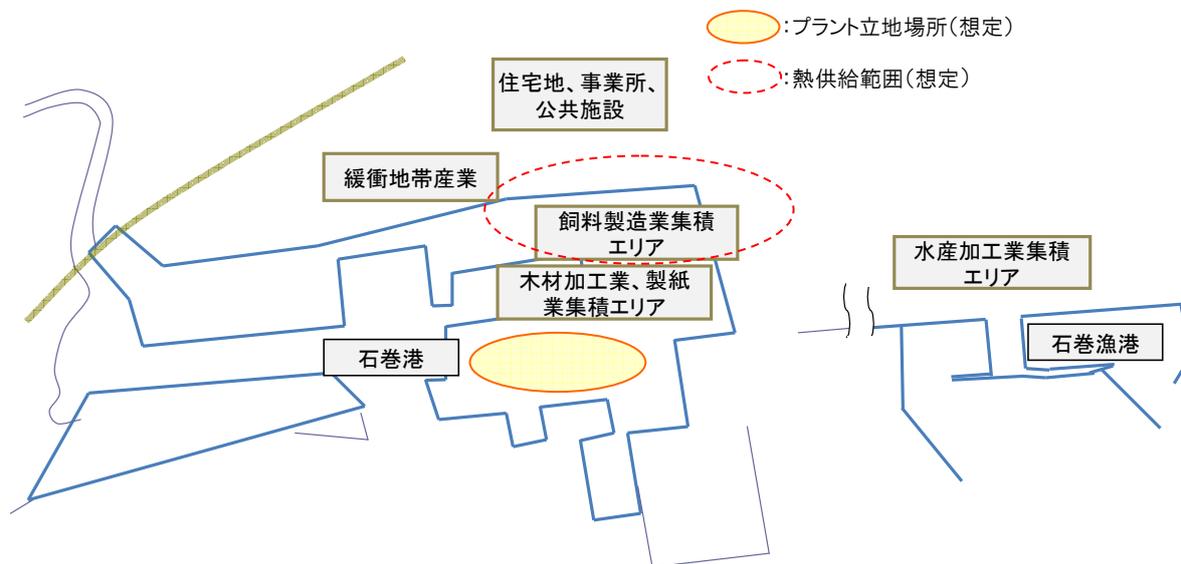
4. 3. 1 エネルギー供給範囲

3. 3. 2における検討結果より、石巻地域における熱エネルギーの供給の対象は、飼料製造工場に設定した。

「未利用エネルギー面的活用熱供給の実態と次世代に向けた方向性」（資源エネルギー庁、2008年）によると、熱供給配管の断熱性能には限界があり、供給エリアは高温排熱において半径2km以内が目安となっている。

飼料製造業の集積エリアは、木材加工団地周辺に位置し（図表4-30参照）、供給範囲内（半径2km以内）に位置しているため、高圧蒸気の供給先として適切である。

図表 4-30 飼料製造業とプラント立地場所（想定）



4. 3. 2 設備条件

(1) 設備規模とボイラ条件

5,000kW級、10,000kW級の2つの規模で熱電併給プラントの事業性について検討を行った。設備条件として、木質チップを主燃料とすることから、循環流動層ボイラを想定し、メーカーヒアリングより、以下の設備条件で試算することとした（図表4-31）。

図表 4-31 設備規模とボイラ条件

規模	5,000kW級	10,000kW級
ボイラ	循環流動層	循環流動層
ボイラ最大蒸発量	25t/h	50t/h

(2) 稼働条件

年間の稼働日は、年間定期修理及び点検日を除き、340日(8,160時間)とした。

本来熱エネルギーの供給については、一定の熱エネルギーを供給することが効率的でありコスト低減につながる。したがって多くの場合、需要家側に作業時間の調整等を働きかけ、デマンドカーブ(日中、週、季節等における需要の増減)の平準化を図ることが一般的である。今回の試算では、需要家による調整がなされ、24時間一定の熱供給を行うことができるものと仮定して試算することとした(24時間×340日=8,160時間)。

(3) 蒸気供給の有無の設定

熱エネルギーの供給先としては飼料製造工場を想定した。需要量調査より、飼料製造業における熱エネルギー需要量は、28,992t/年であった。

蒸気供給の有無によって、初期投資費用のうち蒸気配管設置の有無によるコストインパクトは大きいため(約9億6,000万円)、事業採算性の検討にあたっては蒸気供給の有無の2パターンを設定し、試算を行った(図表4-32)。

図表 4-3 2 設備条件と熱電供給量

蒸気供給の有無	蒸気供給無し		蒸気供給有り	
設備規模(kW)	5,000	10,000	5,000	10,000
ボイラ最大蒸発量(t/h)	25	50	25	50
蒸気供給@送気端(t/h)	-	-	3.6	3.6
年間供給量(t/年)	-	-	28,992	28,992
電力供給@送気端(kW)	5,000	10,000	4,255	9,255
年間供給量(kWh/年)	40,800,000	81,600,000	34,721,000	75,521,000

4. 3. 3 使用バイオマス燃料

(1) 種類

資源量調査の結果より、プラント建設後1年間は木質系震災廃棄物を利用できる可能性がある。2年目以降は震災廃棄物の利用は難しいと考えられるため、森林バイオマスを中心として、不足分については建築発生木材や輸入バイオマス等を使用することを想定した。ただし、建築発生木材については既にほとんどが既存事業用に利用されているため、ここでは燃料の不足分の補填として一時的に輸入ペレットで対応することを想定した。輸入ペレットを使用することは、国産材の活用という観点から逸脱するように思えるが、プラント稼働6年目には燃料の全量を森林バイオマスとすることが可能である見込みがあることから、ボイラーを木質バイオマス専焼とし、国内資源の供給が困難な一時期を輸入ペレットで対応することとした。

なお、震災廃棄物および森林バイオマスの発熱量は本調査でサンプリングを行ったスギの分析数値（平均値）を用いて含水率ごとに換算し、輸入ペレットについては想定値とした（図表4-33）。

図表 4-33 燃料の含水率と発熱量の想定

	投入時の含水率(%WB)	投入時の発熱量	
		MJ/kg	kcal/kg
震災廃棄物	20	14.8	3,532
森林バイオマス	50	8.3	1,982
輸入ペレット	10	16.7	4,000

(2) 使用量

メーカーヒアリングより、木質バイオマス燃料の消費量は、含水率35%WBを基準とすると、設備規模5,000kW級の場合に6.9t/h、10,000kW級の場合に13.8t/hとなる。年間で必要となる燃料の量は5,000kW級の場合に約5.6万t/年(35%WB)、10,000kW級の場合に約11.2万t/年(35%WB)となる。含水率50%WB換算すると、5,000kW級の場合に9.6t/h、10,000kW級の場合に19.2t/hとなる。年間で必要となる燃料の量は、5,000kW級の場合に約8万t/年(50%WB)、10,000kW級の場合に約16万t/年(50%WB)となる。

プラント稼働後1年目は木質系震災廃棄物を利用するが、利用可能量の想定は難しい。ここでは5,000kWの場合には1年目に必要な燃料の全量を、10,000kWの場合には1年目に必要な燃料の半分程度(熱量比)の量を見込む計画とした。2年目以降は森林バイオマスを主として、不足分については輸入ペレットを使用することを想定し、以下の割合で利用計画をたてることとした。供給割合は発熱量比率である(図表4-34~37)。

図表 4-34 5,000kWの場合の各種バイオマスの供給割合(熱量割合)

	1年目 2013年	2年目 2014年	3年目 2015年	4年目 2016年	5年目 2017年	6年目以降 2018年～
震災廃棄物(%)	100	0	0	0	0	0
森林バイオマス(%)	0	35	50	70	90	100
輸入ペレット(%)	0	65	50	30	15	0

図表 4-35 5,000kW の場合の各種バイオマスの供給量（投入時の含水率の場合）

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目以降
	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年～
震災廃棄物 (t/年)	43,953	0	0	0	0	0
森林バイオマス (t/年)	0	27,408	39,154	54,816	70,477	78,308
輸入ペレット (t/年)	0	25,227	19,405	11,643	3,881	0

※震災廃棄物 14.8MJ/kg、森林バイオマス 8.3MJ/kg、輸入ペレット 16.7MJ/kg

図表 4-36 10,000kW の場合の各種バイオマスの供給割合（熱量割合）

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目以降
	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年～
震災廃棄物 (%)	50	0	0	0	0	0
森林バイオマス (%)	20	35	50	70	90	100
輸入ペレット (%)	30	65	50	30	15	0

図表 4-37 10,000kW の場合の各種バイオマスの供給量（投入時の含水率の場合）

	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目以降
	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年～
震災廃棄物 (t/年)	43,953	0	0	0	0	0
森林バイオマス (t/年)	31,323	54,816	78,308	109,632	140,955	156,617
輸入ペレット (t/年)	23,286	50,453	38,810	23,286	7,762	0

※震災廃棄物 14.8MJ/kg、森林バイオマス 8.3MJ/kg、輸入ペレット 16.7MJ/kg

(3) 価格

木質系震災廃棄物の価格はヒアリング等より輸送費込みで 5 円/kg（含水率 20%WB 想定）とした。ただし、今後の処理状況や処理業者によって金額には幅があると考えられる。

森林バイオマスについては、既存のチップ工場から製紙用チップ価格と同等程度の価格で購入する場合と、林業事業者が熱電併給プラントまで C,D 材または枝葉を運搬し、プラント側でチップ化を行う場合の 2 パターンを想定した。製紙用チップ価格と同等価格の設定については、資源量調査より輸送費込みで 10.5 円/kg（含水率 50%WB 想定）とした。プラント側でチップ化を行う場合の価格設定については、資源量調査より、生産コストを低減化した場合の価格として 7.8 円/kg（含水率 50%WB 想定）を用いることとした。

輸入ペレットについては、貿易統計より 2011 年の平均単価 20.8 円/kg（水分量 10%想

定)を用いることとすした。

以上の価格はそれぞれの資源の含水率での価格であるため、熱量単価で同一の含水率に換算した場合は図表4-38の通りとなる。

図表 4-38 各バイオマスの価格設定

	各資源の含水率での価格		含水率50%WB換算した場合	
	価格	含水率		
震災廃棄物	5 円/kg	20%WB	2.8 円/kg	
森林バイオマス	i)	10.5 円/kg	50%WB	10.5 円/kg
	ii)	7.8 円/kg	50%WB	7.8 円/kg
輸入ペレット	20.8 円/kg	10%WB	10.3 円/kg	

※含水率50%WB換算した場合の価格は熱量あたりの単価をもとに推計。

※輸送費含む

4. 3. 4 プラント建設・運営に係る費用条件

(1) 初期投資費用

設備建設のための初期投資項目および費用は以下の通りである(図表4-39)。

図表 4-39 設備規模別・蒸気供給の有無別 初期投資費用

(単位:千円)

規模	5,000kW		10,000kW	
	有り	無し	有り	無し
蒸気供給の有無				
設備費用				
ボイラー・発電施設	1,900,000	1,900,000	3,800,000	3,800,000
蒸気配管	960,000	-	960,000	-
変電設備	215,000	215,000	267,440	267,440
その他施設	100,000	100,000	100,000	100,000
合計	3,175,000	2,215,000	5,127,440	4,167,440
土地関連費用				
土地代	46,900	46,900	70,350	70,350
土地造成代費用	625,000	625,000	937,500	937,500
合計	671,900	671,900	1,007,850	1,007,850
初期投資費用合計	3,846,900	2,886,900	6,135,290	2,175,290
補助金(費用合計-土地代)÷2	1,900,000	1,420,000	3,032,470	2,552,470
初期投資(費用合計-補助金)	1,946,900	1,466,900	3,102,820	2,622,820

それぞれの項目の設定条件については以下の通り設定した。

1) ボイラー・発電施設整備費用

メーカーヒアリング等より、ボイラー及び発電施設一式の整備費用を 5,000kW の場合、19 億円、10,000kW の場合、38 億円と設定した。

2) 土地代及び土地造成費用

プラント設置面積は、事業者ヒアリング等により、5,000kW では 5,000 m²、10,000kW では 7,500 m²と設定した。

土地代については、石巻工業団地の公表単価（9,380～13,800 円/m²）から 9,380 円/m²と設定した。したがって、土地代は、5,000kW では 4,690 万円、10,000kW のでは 7,035 万円となる。

基礎工事等にかかる土地造成単価は、事業者ヒアリングにより 125,000 円/m²と設定した。土地造成費用は、5,000kW では 62,500 万円、10,000kW では 93,750 万円となる。

3) 蒸気配管費用（蒸気供給を行う場合）

想定される供給エリアの範囲から、高圧蒸気導管距離を 2km（往復 4km）とした。埋設単価は事業者ヒアリング等から 240,000 円/m（材料費、道路占用料含む）と設定した。したがって、蒸気配管にかかる費用は 9 億 6,000 万円となる。

4) その他

変電設備費用（特別高圧変圧器及び送電線費用）は、事業者ヒアリング等により、5,000kW では 2 億 1,500 万円、10,000kW では 2 億 6,744 万円と設定した。

また、貯蔵庫、管理棟などのその他施設費用を 1 億円と設定した。

5) 補助金

土地代を除く初期投資額の 2 分の 1 とした。

6) 減価償却費

初期投資費用は、耐用年数 15 年間定額の減価償却費として毎年の支出額に計上した。

(2) 運営費用

運営費用に関する費用項目および費用は以下の通りである（図表4-40）。

図表 4-40 設備規模別・蒸気供給の有無別 運営費用

（単位：千円）

規模	5,000kW		10,000kW	
	有り	無し	有り	無し
蒸気供給の有無				
人件費	57,615	57,615	57,615	57,615
メンテナンス費	63,500	44,300	102,549	83,349
ユーティリティ費	76,000	76,000	152,000	152,000
焼却灰処理費用	15,660	15,660	31,320	31,320
保険料	12,700	8,860	20,510	16,670
合計	225,475	202,435	363,994	340,954

それぞれの項目の設定条件については以下の通り設定した。

1) 人件費

プラントは24時間稼動のため、運転員は3名3交代として、要員を9名とした。その他要員として、ボイラータービン主任技術者1名、電気主任技術者1名、事務員1名を配置することとし、合計12名とした。

人件費は、年収総額と法定福利費総額（年収総額の15%）の合計額とした（図表4-41）。

図表 4-41 人件費

要員	年収（万円）	人件費（万円）
ボイラータービン主任技術者	500	575
電気主任技術者	480	552
運転員	420	483
事務員	250	288

※法定福利費を年収総額の15%とした。

出所：事業者ヒアリング、求人情報等を参考に日本総研作成

2) メンテナンス費用

既存事例等より補助金を含めた設備費用（ボイラー・発電施設費用、蒸気配管費用（供給する場合のみ含む）、変電設備費用、その他施設費用）の2%をメンテナンス費用と設定した。

3) ユーティリティ費用

メーカーヒアリング等より工業用水や薬剤、砂等の費用として、ボイラー・発電設備費用の4%をユーティリティ費用と設定した。

4) 焼却灰処理費用

燃料の灰分を2%（無水ベース）とし、5,000kWの場合約783t/年、10,000kWの場合約1,566t/年の灰が発生すると想定した。

処理費用単価をメーカーヒアリング等により20,000円/tとすると、焼却灰処理費用は、5,000kWの場合、約1,560万円/年、10,000kWの場合、約3,130万円/年となる。

5) その他

電気事業税として売上の1.3%、保険料として設備費用（ボイラー・発電施設費用、蒸気配管費用（蒸気供給を行う場合のみ含む）、変電施設費用、その他施設費用）の0.4%を計上した。

法人税率は30%、住民税については宮城県が5.8%、石巻市が13.7%とした。

4. 3. 5 収入額

(1) 売電収入

発電した電力は、電気事業者またはPPS事業者へ全量販売することを想定した。

販売価格は再生可能エネルギーの固定価格買取制度により設定される価格が基本となるが、現時点ではエネルギー源別の買取価格が決定していないため、廃棄物系（木質系震災廃棄物、建築発生木材）を20円/kWh、輸入バイオマスを18円/kWhと仮に設定し、森林バイオマスについては20円/kWhまたは25円/kWhの2パターンを設定した。

(2) 蒸気販売収入

蒸気販売単価は、既存事業者からのヒアリング等により6,000円/tと設定した。飼料製造工場の年間の高圧蒸気の需要量は28,993t/年であることから、蒸気販売収入は、約1億7,400万円/年となる。

4. 3. 6 試算条件のまとめ

各パターンにおける主な試算条件を以下にまとめる（図表4-42）。

図表 4-4 2 各パターンの事業性試算条件

パターン	規模	5MW	5MW	5MW	5MW	10MW	10MW	10MW	10MW
売電価格		20円	25円	20円	25円	20円	25円	20円	25円
蒸気供給		無し	無し	有り	有り	無し	無し	有り	有り
電力販売価格（円/kWh）									
震災廃棄物		20	20	20	20	20	20	20	20
森林バイオマス		20	25	20	25	20	25	20	25
輸入ペレット		18	18	18	18	18	18	18	18
蒸気販売価格（円/t）			6,000		6,000		6,000		6,000
規模（kW）			5,000		5,000		10,000		10,000
蒸気供給			無し		有り		無し		有り
設備費 計（千円）			2,215,000		3,175,000		4,167,440		5,127,440
発電設備 （工事費込）（千円）			1,900,000		1,900,000		3,800,000		3,800,000
蒸気配管（千円）			-		960,000		-		960,000
その他設備（千円）			100,000		100,000		100,000		100,000
変電設備（千円）			215,000		215,000		267,440		267,440
土地造成費用（千円）			625,000		625,000		937,500		937,500
土地代（千円）			46,900		46,900		70,350		70,350
稼働日数（日/年）			340		340		340		340
稼働時間（時間/日）			24		24		24		24
（時間/年）			8,040		8,040		8,040		8,040
設備補助率			50%		50%		50%		50%
燃料消費量（t/時間）			6.9		6.9		13.8		13.8
※水分 35%WB									
燃料消費量（t/年）			78,308		78,308		156,617		156,617
※水分 50%WB 換算									
耐用年数（年）			15		15		15		15
燃料単価 ※到着ベースの水分量のときの単価（円/kg）									
震災廃棄物			5		5		5		5
森林バイオマス			10.5 または 7.8		10.5 または 7.8		10.5 または 7.8		10.5 または 7.8
輸入ペレット			20.8		20.8		20.8		20.8
灰処理費（千円）			15,660		15,660		31,320		31,320
灰発生量（t/年）			783		783		1,566		1,566
ユーティリティ費（千円）			76,000		76,000		152,000		152,000
人件費（千円/年）			57,615		57,615		57,615		57,615
メンテナンス費 （千円/年）			44,300		63,500		83,349		102,549

4. 3. 7 石巻地域の熱電併給システム事業性検討のまとめ

(1) 各パターンの試算結果

各パターンの試算結果として、投資回収年数を以下にまとめる。

投資回収年数は、毎年の営業利益の累積により、初期投資を回収するために必要な年数とした。

事業可能性の評価において、最も条件の良いパターンは森林バイオマス単価が 7.8 円/kg、電力販売価格が 25 円/kWh、蒸気供給をしない 10,000kW 規模の場合であった（図表 4-43）。

燃料単価が 10.5 円/kg の場合における事業可能性の結果は厳しく、山側でのコスト低減化など、森林バイオマス燃料の価格低減が望まれる。

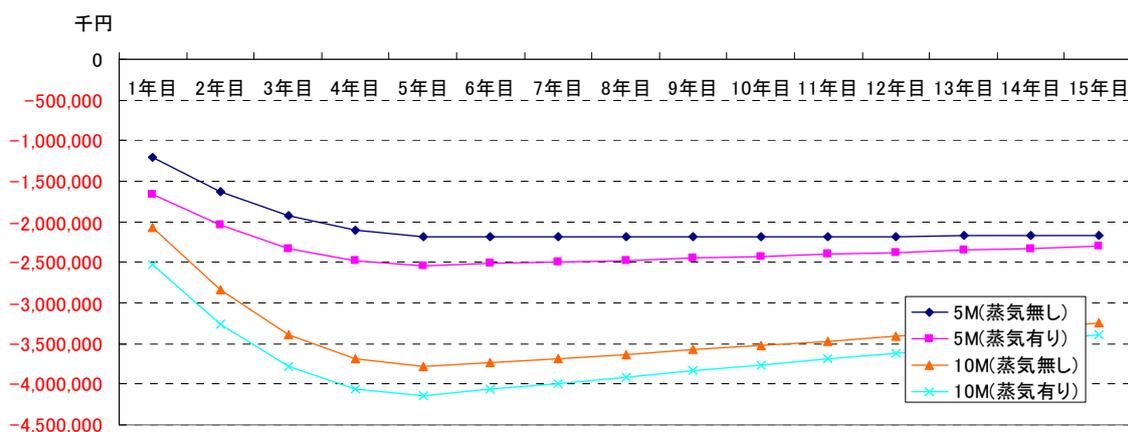
図表 4-43 各パターンの試算結果（投資回収年数）

No.	森林バイオマス単価	電力販売価格	蒸気供給 有/無	規模	投資回収年数
1	10.5 円/kg	20 円/kWh	無し	5,000kW	15 年以上
2			無し	10,000kW	15 年以上
3			有り	5,000kW	15 年以上
4			有り	10,000kW	15 年以上
5	7.8 円/kg	25 円/kWh	無し	5,000kW	15 年以上
6			無し	10,000kW	15 年以上
7			有り	5,000kW	15 年以上
8			有り	10,000kW	15 年以上
9		20 円/kWh	無し	5,000kW	15 年以上
10			無し	10,000kW	15 年以上
11			有り	5,000kW	15 年以上
12			有り	10,000kW	15 年以上
13	25 円/kWh	無し	5,000kW	13 年	
14		無し	10,000kW	11 年	
15		有り	5,000kW	15 年	
16		有り	10,000kW	12 年	

1) 森林バイオマス単価：10.5 円/kg の場合

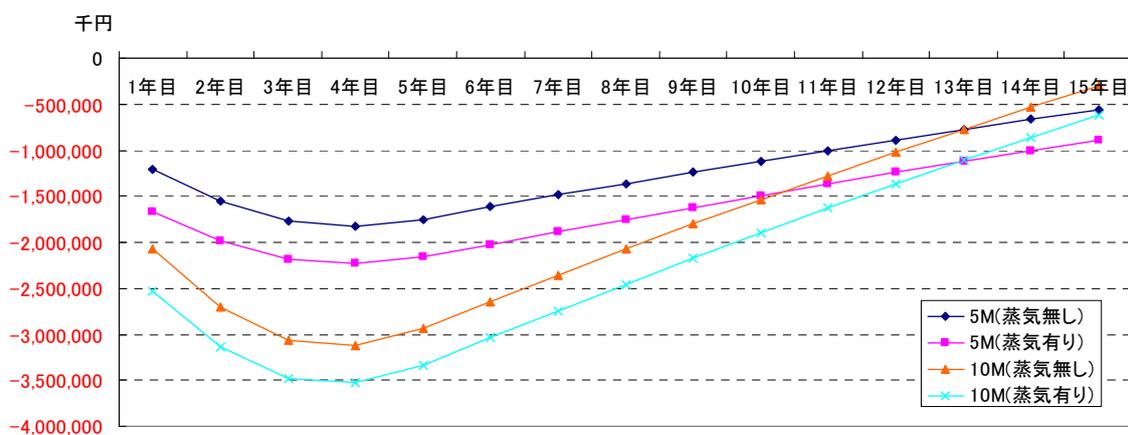
図表 4-4 4 森林バイオマスの電力販売価格が 20 円/kWh の場合

パターン	5,000kW 蒸気販売：無	10,000kW 蒸気販売：無	5,000kW 蒸気販売：有	10,000kW 蒸気販売有
投資回収年数	15 年以上	15 年以上	15 年以上	15 年以上



図表 4-4 5 森林バイオマスの電力販売価格が 25 円/kWh の場合

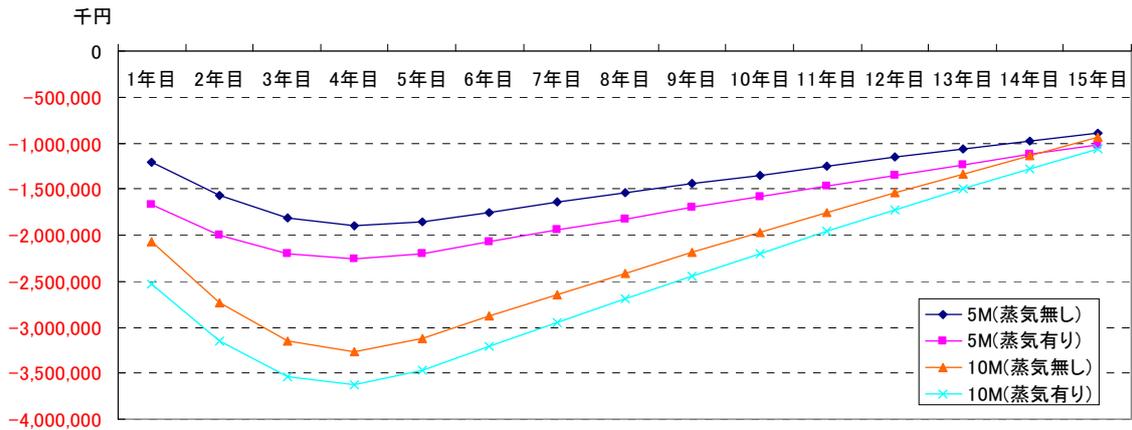
パターン	5,000kW 蒸気販売：無	10,000kW 蒸気販売：無	5,000kW 蒸気販売：有	10,000kW 蒸気販売有
投資回収年数	15 年以上	15 年以上	15 年以上	15 年以上



2) 森林バイオマス単価：7.8 円/kg の場合

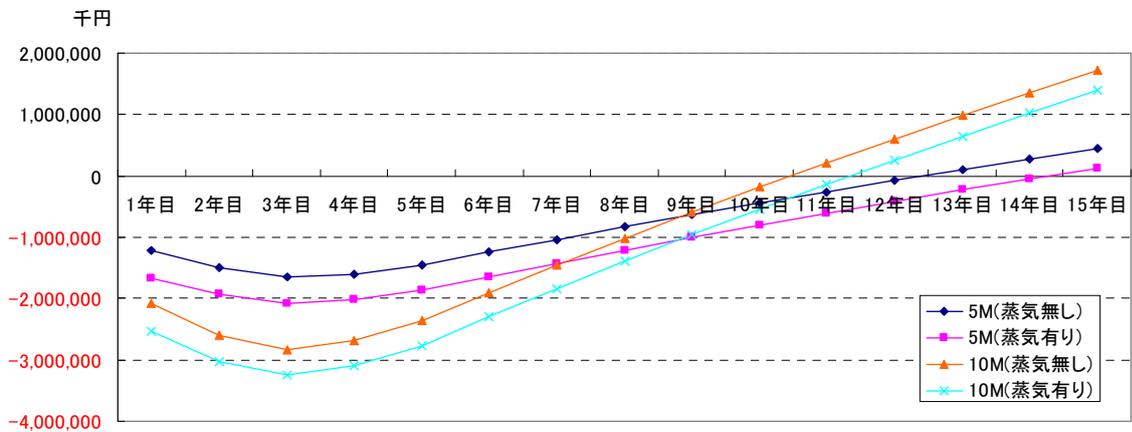
図表 4-4 6 森林バイオマスの電力販売価格が 20 円/kWh の場合合

パターン	5,000kW 蒸気販売：無	10,000kW 蒸気販売：無	5,000kW 蒸気販売：有	10,000kW 蒸気販売有
投資回収年数	15 年以上	15 年以上	15 年以上	15 年以上



図表 4-4 7 森林バイオマスの電力販売価格が 25 円/kWh の場合合

パターン	5,000kW 蒸気販売：無	10,000kW 蒸気販売：無	5,000kW 蒸気販売：有	10,000kW 蒸気販売有
投資回収年数	13 年目	11 年目	15 年目	12 年目



(2) 事業採算性を左右する主な変動要因

事業採算性を左右する主な要因として、森林バイオマス燃料単価、電力販売単価、熱供給量が挙げられる。

しかし、事業を成立させるためにそれぞれの条件が単独で、森林バイオマス燃料単価の過度な低減や、電力販売単価を法外に高い設定にする等を志向するものではなく、組み合わせによって現実性がありバランスのとれた条件を志向するものが望ましいと考えられる。

1) 森林バイオマス燃料単価

森林バイオマス燃料価格については、7.8 円/kg と 10.5 円/kg の 2 パターンで試算をしたが、本検討の条件では 10.5 円/kg で 15 年以内に投資回収可能な条件はなく、7.8 円/kg であれば事業性がある程度確保できることが示唆された。

既存のチップ業者から購入する場合として設定した現在の製紙用チップ価格と同等となる 10.5 円/kg では事業性を確保することが難しいことから、皮付きのままチップ化を行うなど、コストを抑える方策が必要である。

また、7.8 円/kg であれば事業性はある程度確保されることがわかったが、この価格で燃料調達するためには山側でのコスト低減化が必要となる。価格設定は林業事業者へのアンケート調査をもとにしているため、実現可能な範囲であると考えられるが、機械の所有状況や施業地の条件等によってはコストが大きく異なる。現状では低コストで搬出・運搬できる条件となる場合は多くないと考えられるため、今後、燃料用資源供給を前提とした施業を行うことや、低コストで燃料用資源を供給する方法を確立するなどの方策が必要である。

2) 電力販売単価

電力販売単価については、森林バイオマスの場合について 20 円/kWh、25 円/kWh の 2 パターンで試算を行った。販売価格が 20 円/kWh の場合は、森林バイオマス燃料単価が安価のケース 7.8 円/kg でも投資回収年数が 15 年以上になると試算された。電力販売価格 20 円/kWh では事業採算性が厳しいことが分かった。

3) 熱供給量

熱供給量による事業採算性への影響については、エネルギー単位 (J) の電気と蒸気単価を比較し、売電と蒸気の販売の収益性の観点から見ることにした。エネルギー単位別に比較すると、20 円/kWh の場合、およそ電気は 0.05 円/J (25 円/kWh の場合は 0.06 円/J)、蒸気は 2,174 円/J となり、蒸気を販売する方が売電より収益性を高めることが分かった。

しかし、蒸気配管コストの負担により、現在想定した熱供給量 (28,993 t/年間) では、熱供給をしないケースの方が採算性が良いことが分かった。

仮に仙台地域における 5,000kW 規模における蒸気供給と同程度の熱エネルギーの供給 (102,000t/年) を行った場合に、事業採算性にどのような影響を与えるかについて試算を行った (図表 4-48)。

試算に用いるパターンは、前述の事業採算性の検討のうち、事業可能性が困難と評価されているものの、比較的事業採算性が向上すると思われる、森林バイオマス燃料単価が 10.5 円/kg、電力販売単価 25 円/kWh と、森林バイオマス燃料単価が 7.8 円/kg、電力販売単価 20 円/kWh を取り上げることとした。

試算の結果、5,000kW 規模における林バイオマス燃料単価が 10.5 円/kg、電力販売単価 25 円/kWh のケース以外において、投資回収年数が 15 年未満となった (図表 4-49, 50)。

これらから、事業採算性の向上には、森林バイオマス燃料単価の低減や、電力販売単価の高設定だけでなく、熱供給量の拡大もまた重要なポイントであることが分かった。

現在想定している蒸気供給量は 28,993t/年であり、施設規模に対応する蒸気供給可能量 (5,000kW で 204,000t/年) に比べごく一部の利用にとどまる。

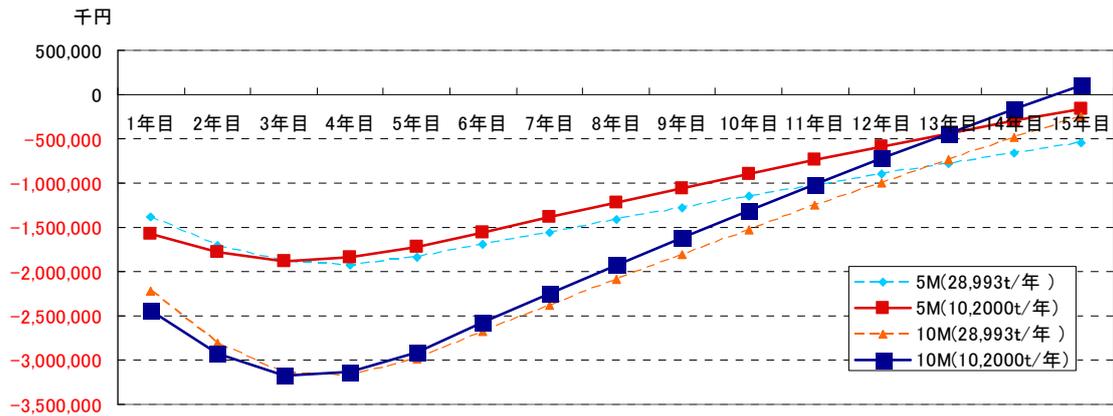
本調査では、飼料製造工場に対してのみの供給を想定しているが、今後の復興住宅の整備やかさ上げ道路南側への緩衝地帯に新たな産業施設の立地が具体化した場合、それら施設への熱エネルギー供給も視野に入れることが望ましい。

図表 4-48 設備条件と熱電供給量

蒸気供給量 (t/年)	28,993	28,993	102,000	102,000
設備規模 (kW)	5,000	10,000	5,000	10,000
ボイラ最大蒸発量 (t/h)	25	50	25	50
蒸気供給@送気端 (t/h)	3.6	3.6	12.5	12.5
年間供給量 (t/年)	28,992	28,992	102,000	102,000
電力供給@送気端 (kW)	4,255	9,255	2,380	7,380
年間供給量 (kWh/年)	34,721,000	75,521,000	19,413,000	60,213,000

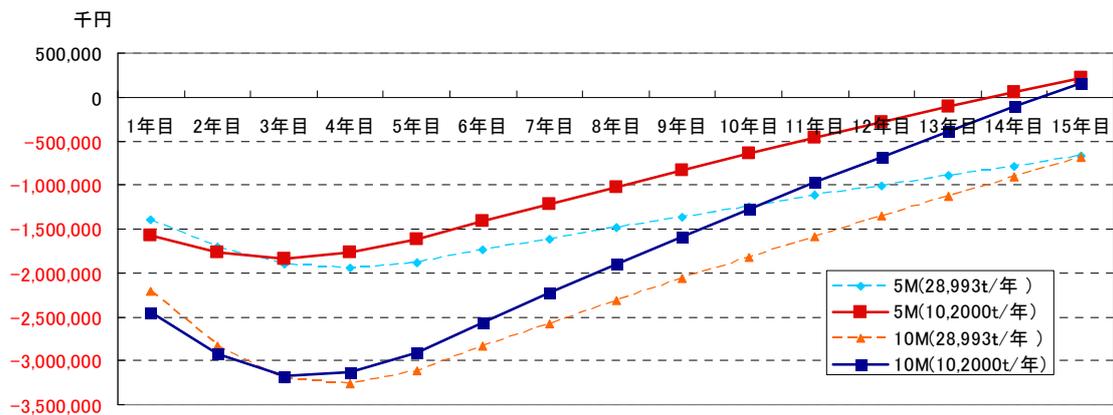
図表 4-4 9 森林バイオマス燃料単価 10.5 円/kg、電力販売価格 25 円/kWh の場合

蒸気供給量 (t/年)	28,993	102,000	28,993	102,000
設備規模 (kW)	5,000	5,000	10,000	10,000
投資回収年数	15 年以上	15 年以上	15 年以上	⇒15 年目



図表 4-5 0 森林バイオマス燃料単価 7.8 円/kg、電力販売価格 20 円/kWh の場合

蒸気供給量 (t/年)	28,993	102,000	28,993	102,000
設備規模 (kW)	5,000	5,000	10,000	10,000
投資回収年数	15 年以上	⇒14 年目	15 年以上	⇒15 年目



4. 4 熱電併給システム整備に係る課題

4. 4. 1 木質バイオマス燃料の供給量の確保

本調査では、木質バイオマス燃料のうち、森林資源については、「森林・林業再生プラン」をもとに、2020年度の素材生産量を2009年比で約2倍（102万m³/年）となるよう目標設定し、素材生産量を増やしていくことを前提として事業性評価を行っている。

上記の前提においては、宮城県の期待可採量（成長量）を考慮して試算をしているが、この目標を達成するためには、未利用資源の利用率の向上、素材生産力の向上とともに、素材生産に見合う木材需要の創出が求められている。

木質バイオマス燃料の安定的な供給のためには、木材流通の川上から川下までの整備と効率化が必要となるが、この課題については5. であらためて検討を行う。

4. 4. 2 熱需要の平準化

エネルギー供給事業を行うにあたっては、需要家のエネルギー需要がなるべく一定であることが望ましい。本調査における事業可能性検討では、事業者の熱需要を年間通じて一定であるとの前提で試算をしているが、複数事業者にエネルギー供給を行う事業を実施する際には、事業者のエネルギー需要が一定になるように調整を行うことが事業実施上の課題となる。

例えば、複数の工場に供給する場合、工場の稼働日や稼働時間を互いにずらすことにより、需要の平準化を実現することが想定される。その場合、勤務者の労働条件変更の可能性、深夜労働に対する手当が発生することによるコスト増、系統電力を使用している場合の契約条件の変更によるコスト変動、工場の稼働時間等、事業実施条件が変更される。それら条件の変更ともなう経営へのリスクと、安定した価格で一定のエネルギーが供給されることのメリットを比べ、メリットが上回ると事業者が判断した場合に初めて需要平準化に対する協力が得られる。このように、エネルギー需要の調整はさまざまな要因が関係する事項であるため、エネルギー供給事業者と事業者との間で緊密な連絡を取りつつ行うことが必要となる。

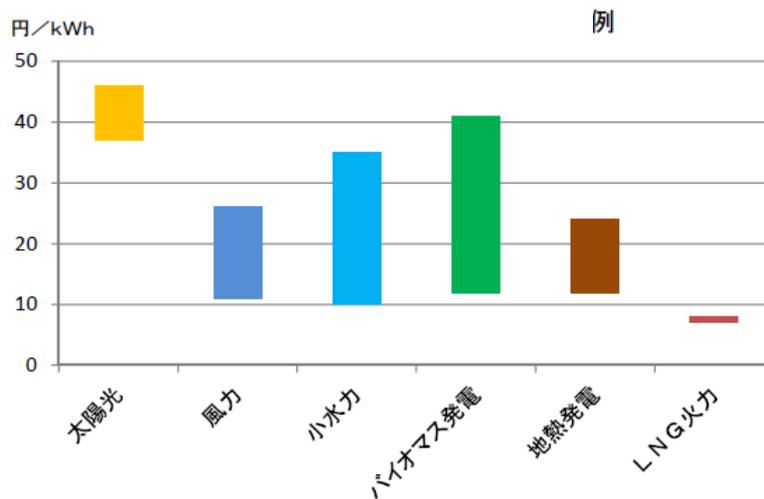
4. 4. 3 電力買取価格

工場等の大規模電力需要家は、電気事業者と特別な契約を締結することにより安価な価格で電力を購入することが可能である。今回の検討対象である5,000～10,000kW級の木質バイオマス発電施設では、電気事業者が工場等に提供する価格以下では発電コストに見合わないことが想定されるため、2011年8月に成立した「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法案」（再生可能エネルギー固定価格買取制度）に基づく、電気事業者への売電を行うことを想定している。

同制度は、太陽光、風力、バイオマスなどの再生可能エネルギーで作った電力を地域電力会社の系統網に送電し、電力会社は送電量に応じて決められた価格で買い取ることが義務付けられるものである（図表4-51）。木質バイオマスは、製紙等既存産業に影響がないことを条件として買取対象の再生可能エネルギーとして認定されるが、買取価格については国会の同意を受けた委員で構成される「調達価格等選定委員会」の意見に基づき、経済産業大臣が決定することとなっている。

現時点で、木質バイオマス発電の買取価格と買取期間は、既存報道や識者の見解などから15～25 円/kWh で15～20 年間になるものと考えられているため、本調査では買取期間15年、買取価格はいくつかのパターンを設定して試算をしている。

図表 4-5 1 エネルギー別発電コストの比較例



(出典)
 地熱: 地熱発電に関する研究会(平成21年6月)
 LNG: 電気事業分科会コスト等検討小委員会(平成16年1月)

出所: 資源エネルギー庁(2011年10月)、再生可能エネルギーの固定買取価格制度について

事業採算性評価でも明らかになったとおり、買取価格が20 円/kWh では事業採算性が厳しいが、25 円/kWh では燃料調達コストの低減努力などを行えば、15 年以内での投資回収の可能性はある。

再生可能エネルギーの買取りによって生じる、電力会社のエネルギー調達コストの増加分は、電気料金に転嫁され、最終的には利用者すなわち多くの国民が負担するものとなる。したがって、単純に高額な買取価格を期待することが妥当でないが、数円の違いが事業採算性に大きく影響するため、買取価格決定以前に事業実施の決断を下すことは非常に難しいといえる。

4. 5 事業効果

4. 5. 1 本調査で対象とする効果

木質バイオマスを用いた新たな熱電併給システムを整備することによる効果は、システム建設時の雇用創出や資材購入などによる経済効果（建設効果）、熱電併給事業運営に伴う雇用創出または既存従業員の所得増、燃料等の資材購入などによる経済効果（運用効果）などの直接経済効果がある。また、重油やLPG利用より安価な熱エネルギーを調達できることによる、周辺事業者のコスト削減効果。さらに、化石燃料から再生可能エネルギー利用に転換することによる環境負荷低減効果などがある。したがって発生する効果を大きく2つに分類すると、経済効果と環境負荷低減効果となる（図表4-52）。

図表 4-5 2 本調査で対象とする効果

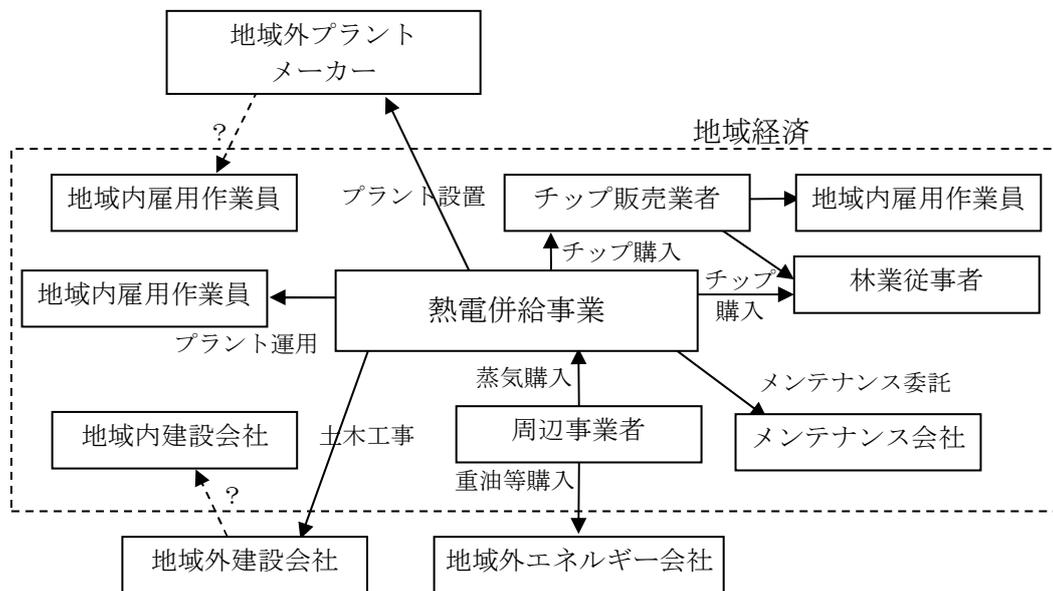
効果の項目	効果推定対象	効果推定方法
運用効果	<ul style="list-style-type: none"> ・システム運用に伴う新たな雇用（所得増） ・木質燃料調達に伴う新たな雇用（チップ化、搬出） ・森林資源の増産に伴う新たな雇用 	給与額×人員数
	<ul style="list-style-type: none"> ・システム維持管理のための経費 	委託費
事業者コスト削減効果	<ul style="list-style-type: none"> ・安価な熱エネルギー調達による削減費用 	燃料費－蒸気購入費
環境負荷低減効果	<ul style="list-style-type: none"> ・再生可能エネルギー活用によるCO2削減 	燃料使用量×燃料排係数 発電量×排出係数

（1）経済効果

今回調査対象とする熱電併給システムの目的は、木質系震災廃棄物の処理、木質バイオマス利用による環境影響負荷低減のほかに、システムの持続的運用による地域経済の活性化という側面もある。したがって、本調査で推定対象とする経済効果は、地域（市民、企業）に還元される資金によって推定することとした（図表4-53）。

なお、システム建設時に発生する、基礎工事等の土木工事、発電プラントの製造および設置については、地域外の企業への発注が予想され、また地域へ還元される資金額の推定が困難であることに加え、一時的な経済効果であることから、今回の推定対象からは除外した。

図表 4-53 熱電併給システム整備による資金の流れ



(2) 環境負荷低減効果

木質バイオマスを利用したエネルギー製造による、環境負荷低減効果は CO₂ 排出量の削減量によって推定することとした。

(3) 効果の算出

仙台地域、石巻地域それぞれの地域における熱電併給システムによる効果を推定するが、プラント規模 10,000kW のケースでは、どちらか一方の地域のみを設置することを想定しているため、それぞれの地域において 5,000kW のプラントを設置した場合の効果を推定し、その合計を本事業における効果とした。

4. 5. 2 効果の推定

(1) 熱電供給システムの運用効果

新たなプラントが建設されることで発生する、システム運用に伴う雇用創出、木質バイオマス燃料調達に伴う雇用創出、森林資源増産に伴う雇用創出、メンテナンス費用を地域へ還流される資金として推定した。

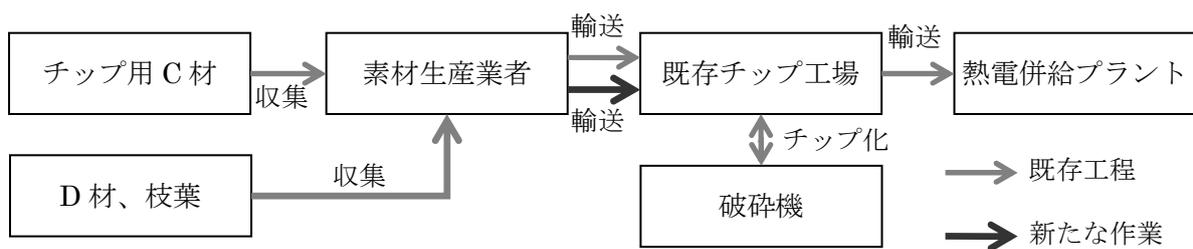
1) 木質バイオマス燃料調達に伴う雇用創出効果

素材生産者からの燃料調達方法は、以下の①、②の2パターンである。

それぞれのパターンで発生する雇用創出効果を、新たな作業プロセスの追加、新たな雇用の発生と定義する。なお、既存プロセス内における作業量増加（例えば既存チップ工場における増産）については、従業員の所得増加が推定困難なためカウントしないこととした。

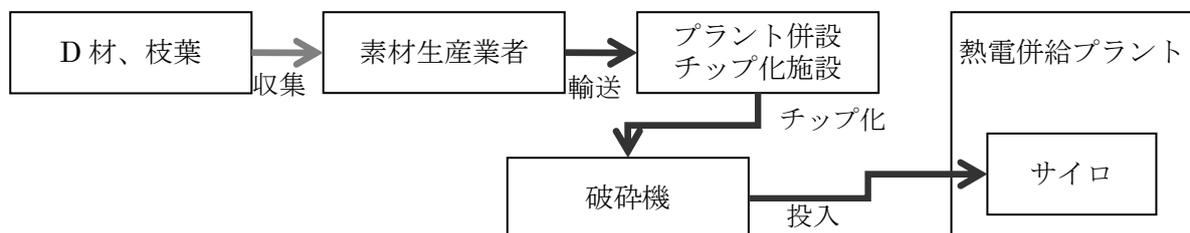
それぞれのパターンにおいて推定対象とする作業プロセスは以下の通りである。

①既存チップ工場から燃料用チップを調達



- ・ D材、枝葉等、森林資源を収集する作業。
- ・ 上記燃料用森林資源を既存チップ工場に輸送する作業。

②新規チップ化設備をプラントに併設



- ・ D材、枝葉等、森林資源を収集する作業。
- ・ 上記燃料用森林資源をプラント内チップ化施設に輸送する作業。
- ・ 森林資源をチップ化する作業。
- ・ チップをサイロに投入する作業。

以下、新たな作業プロセスが発生したときの雇用創出効果を推計した。

a) 木質バイオマスの輸送

1日に必要な森林バイオマス：80,000t/年÷年間稼働340日＝約235t/日

※燃料の割合が森林バイオマス100%となった時点における5,000kWレベルの調達量。

輸送トラック積載可能量を8tと仮定すると、1日当たり29台分の輸送が必要となる。

1日1台あたり輸送を3往復と仮定すると、トラック稼働台数は、10台（29台分÷3往復）となる。

トラック1台あたり1人工とすると、10人工の雇用創出効果が発生する。1人工を15,000円と設定すると、輸送における雇用創出効果は以下の通りとなる。

輸送における雇用創出効果＝15,000円/人×10人×年間稼働340日＝5,100万円/年

上記の効果が、仙台地域及び石巻地域の新たなプラント2ヶ所で発生する。

b) 木質バイオマスのチップ化

チップ化施設を新たにプラントに併設した場合にのみ発生する。

木質バイオマスの破砕には、グラップル2人分の作業員が必要となるため、雇用創出効果は以下の通りとなる。

破砕工程における雇用創出効果＝15,000円/人×2人×稼働日数340日＝1,020万円/年
--

上記の効果が、仙台地域及び石巻地域の新たなプラント2ヶ所で発生する。

c) スtockヤードからサイロへのチップの投入

チップをストックヤードからサイロに投入する作業員1人分の新たな雇用が創出される。

サイロ投入に係る雇用創出効果 ＝ 15,000円/人×1人×稼働日数340日＝510万円/年

上記の効果が、仙台地域及び石巻地域の新たなプラント2ヶ所で発生する。

d) 燃料調達に係る雇用創出効果

燃料の調達パターン別の雇用創出効果をまとめると以下の通りである（図表 4-5 4）。

図表 4-5 4 燃料調達パターン別雇用創出効果（1 地域）

調達パターン	雇用が創出されるプロセス	雇用創出効果 (万円/年)
既存チップ工場から燃料用チップを調達	収集	6,679
	輸送	5,100
	合計	11,779
新規チップ化設備をプラントに併設	収集	6,679
	輸送	5,100
	チップ化	1,020
	投入	510
	合計	13,309

2) 素材生産量増加による雇用創出

プラント稼動初期においては、木質系震災廃棄物、森林バイオマス、その他が混合されて利用されることとなる。その後は、森林バイオマス 100%による燃料によって稼働させることを目指すが、そのためには燃料となる木質チップの流通を現在より増加させる必要がある。

木質チップの増加には素材生産量の増加が必要となるため、前述「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」から、毎年の素材生産の増加分に必要な人件費を新たな雇用創出効果とする。

林業白書によると 1 人・日当たり素材生産量は、図表 4-5 5 に示す通りである。

なお、宮城県においては既に高性能林業機械の導入が進んでいることから、高性能林業機械を用いた主伐および間伐生産量の平均値を用いることとした。

図表 4-5 5 素材生産量

(単位：m³/人日)

	生産量
主伐（全体平均）	4.00
主伐（高性能林業機械を用いた場合）A	5.00
間伐（全体平均）	3.45
間伐（高性能林業機械を用いた場合）B	4.35
今回用いる生産量（A、B の平均値）	4.68

出所：森林・林業白書（平成 22 年度版）を元に株式会社日本総合研究所作成

1 人・日当たり素材生産量から素材生産量の増加分の生産を担う人数（人日）を算出すると以下の通りである（図表 4-5 6、5 7）。

図表 4-5 6 素材生産量の増加分の生産を担う人数

	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
素材生産量 (m ³ /年)	589,513	650,242	712,159	775,266	839,562
増加分 (単年度)	-	60,729	61,917	63,107	64,296
増加分 (2013 年比)	-	60,729	122,646	185,753	250,049
雇用創出 (人日)		12,976	26,206	39,691	53,429

	2018 年	2019 年	2020 年	~2027 年	合計
素材生産量 (m ³ /年)	905,048	971,722	1,028,036	1,028,036	
増加分 (単年度)	65,486	66,674	56,314	56,314	
増加分 (2013 年比)	315,535	382,209	438,523	438,523	
雇用創出 (人日)	67,422	81,669	93,701	93,701	881,915

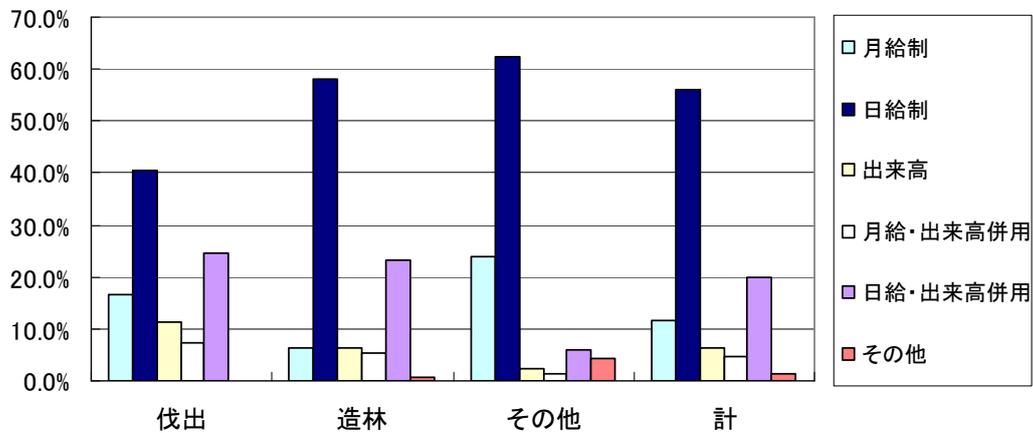
図表 4-5 7 効果推定に用いる日給

項目	日給 (円/日)
その他	10,000
伐出	12,000

出所：林野庁（2010 年）森林組合統計 雇用労働者の標準的賃金（日額）

林業従事者への賃金の支払方法は、全従業者の 6 割が日給制であることから、日給の金額を設定して算出する。日給は、「森林組合統計（林野庁）」の雇用労働者の標準的賃金（日額）の項目のうち、「その他」の金額分布の中間値 10,000 円/日を用いた（図表 4-5 8、5 9）。

図表 4-58 賃金の支払方法の割合



出所：林野庁（2010年）、森林組合統計 賃金支給制度別雇用労働者数

図表 4-59 効果推定に用いる日給

項目	日給（円/日）
その他	10,000
(参考) 伐出	12,000

出所：林野庁（2010年）、森林組合統計 雇用労働者の標準的賃金（日額）

素材生産量増加による雇用創出効果は、2014年から2027年までの14年間では以下の通りである。

素材生産量増加による雇用創出効果 = 12,000円 × 881,915人日 = 105億8,298万円

年平均に換算すると以下のとおりである。

素材生産量増加による雇用創出効果 = 105億8,298万円 ÷ 14年間 = 7,553万円/年

上記の効果が宮城県域全体で発生する。

3) プラント運用に伴う雇用創出効果

プラントは24時間稼動のため、運転員は3名3交代として、要員を9名とした。その他要員として、ボイラータービン主任技術者1名、電気主任技術者1名、事務員1名を配置することとした結果、合計12名の雇用が新たに創出される（図表4-60）。

図表 4-60 新たな雇用創出者の設定年収

要員	年収（万円）
ボイラータービン主任技術者	500
電気主任技術者	480
運転員	420
事務員	250

出所：事業者ヒアリング、求人情報等を参考に日本総研作成

したがって、システム運用に伴う雇用創出効果は以下の通りとなる。

$$(500 \text{ 万円} \times 1 \text{ 人}) + (480 \text{ 万円} \times 1 \text{ 人}) + (420 \text{ 万円} \times 9 \text{ 人}) + (250 \text{ 万円} \times 1 \text{ 人}) \\ = 5,010 \text{ 万円/年}$$

上記の効果が、仙台地域及び石巻地域の新たなプラント 2 ヶ所で発生する。

4) プラント維持管理費用の地域還元

プラントの維持管理のために発生するメンテナンスについて、メンテナンスの委託先が地元企業である場合には、メンテナンス費用が地元へ還元される。

仙台地域と石巻地域のメンテナンス費用の差は、蒸気配管の距離の設定が異なるためである。

a) 仙台地域

事業採算性検討において設定した金額をメンテナンス費用とするが、立地場所により以下の通り異なる。

モデル A におけるメンテナンス費用：8,800 万円/年
 モデル B におけるメンテナンス費用：7,900 万円/年

b) 石巻地域

事業採算性検討において設定した金額をメンテナンス費用とするが、蒸気供給の有無により以下の通り異なる。

蒸気供給有り：メンテナンス費用：4,560 万円/年
 蒸気供給無し：メンテナンス費用：3,600 万円/年

なお、木質バイオマス熱電併給プラントのメンテナンスに関しては、地域外のメンテナンス企業が担当する可能性もある。今後の地域分散型木質バイオマスエネルギー利用の普及のためには、システムの維持管理も地域内で完結するよう、メンテナンス要員を地域内で育成することが必要である。

(2) 燃料費節減効果

熱エネルギーを供給することにより、重油やガス等の蒸気以外の燃料から、プラントから供給される蒸気へ転換することによって得られる燃料費の節減効果を試算した。

$$\text{燃料費節減効果} = (\text{化石燃料利用費}) - (\text{蒸気購入費用})$$

1) 仙台地域

蒸気販売価格を既存の化石燃料価格と同等程度で設定したため、既存の化石燃料購入費と木質バイオマス導入による燃料節減効果を比較することはできない。

2) 石巻地域

石巻地域における熱エネルギーの供給想定先は、石巻港工業団地内の飼料製造工場であり、現在 A 重油を燃料として自社ボイラーで蒸気を発生させていた。燃料単価と上記販売価格の設定は以下の通りである（図表 4-6 1）。

図表 4-6 1 燃料単価と蒸気販売価格設定

燃料	燃料単価	蒸気販売価格	備考
A 重油代替	74.3 円/L	6,000 円/蒸気 t	※A 重油単価：石油情報センター (大型ローリー2011.4~12 平均)

年間に使用する燃料および蒸気量はヒアリング調査から以下の通り設定した（図表 4-6 2）。

図表 4-6 2 年間の燃料費

燃料	費用	備考
A 重油を利用した総燃料費	1 億 7,850 万円/年	A 重油の総利用量：240 万 L/年
蒸気購入による費用	1 億 7,400 万円/年	総蒸気量：28,992t/年

出所：ヒアリング情報を基に株式会社日本総合研究所作成

よって、蒸気購入により A 重油と代替することによって、以下の燃料費の節減効果が得られた。

$$\text{燃料費の節減効果} = 1 \text{ 億 } 7,850 \text{ 万円} - 1 \text{ 億 } 7,400 \text{ 万円} = 450 \text{ 万円/年}$$

(3) 地産エネルギー使用による地域への資金還元

上記で推定した効果は、燃料費が削減されることによる需要家企業の節減効果である。一方、地域への資金還元という視点では、従来 A 重油という地域外資源を利用していたものが、木質バイオマスという地産エネルギーを利用することにより、エネルギー調達費用が地域に還元されるという効果も存在する。

したがって、仙台地域、石巻地域ともに蒸気販売量を地域への資金還元として推定した。

1) 仙台地域

エネルギー調達費用の地域還元額

モデルA : $9,800\text{t/年} \times 5,700 \text{円/t} = 5,600 \text{万円/年}$

モデルB : $93,200\text{t/年} \times 3,800 \text{円/t} = 3 \text{億 } 5,400 \text{万円/年}$

2) 石巻地域

エネルギー調達費用の地域還元額 $28,993\text{t/年} \times 6,000 \text{円/t} = 17,396 \text{万円/年}$

(4) 環境負荷低減効果

1) 木質バイオマス発電による CO₂ 排出量削減効果

本調査では、発電量全量を電気事業者に売電することを想定した。木質バイオマスによる発電時の CO₂ 排出量は、カーボンニュートラルの考えによりゼロであるため、電気事業者に電力を供給（売電）することで、電気事業者が同量の電力発電時に排出する CO₂ 量を減少させる効果がある。

(算出式)

CO₂ 排出量削減効果（発電） = 発電量（kWh）×電気事業者の排出係数（注 1）

（注 1） 0.326kg-CO₂/kWh 電気事業者発表による 2010 年度調整後排出係数

2) 木質バイオマス熱エネルギー供給による CO₂ 排出量削減効果

需要者が重油やガス等化石燃料から製造した蒸気を利用している際に発生していた CO₂ 排出量を削減することができる。

(算出式)

CO₂ 排出量削減効果（蒸気） = 燃料消費量×燃料別排出係数（注 2）

（注 2） 燃料別 CO₂ 排出係数は以下のとおり（図表 4-63）。

図表 4-6 3 CO₂排出係数

項目	単位	高位発熱量	CO ₂ 排出係数
A 重油	L	39.1MJ/L	0.0693kg- CO ₂ /MJ
C 重油	L	41.7MJ/L	0.0716kg- CO ₂ /MJ
LPG	Kg	50.2MJ/kg	0.0598kg- CO ₂ /MJ
都市ガス	N m ³	41.1MJ/N m ³	0.0513kg CO ₂ /MJ

出所：環境省、CO₂排出量算定方法ガイドライン

仙台、石巻地域の環境負荷低減効果は以下の通りである（図表 4-6 4、6 5）。

図表 4-6 4 環境負荷低減効果（仙台地域）

種別	指標	数値	CO ₂ 削減量(t- CO ₂)
発電	発電量	19,992,000kWh/年	6,517
蒸気	A 重油使用量	593,600L/年	1,608
	C 重油使用量	1,577,500L/年	4,710
	LPG 使用量	292,800 m ³ /年	879
	都市ガス使用量	5,927,400 m ³ /年	12,680
合計			26,394

図表 4-6 5 環境負荷低減効果（石巻地域）

ケース	種別	指標	数値	CO ₂ 削減量(t- CO ₂)
蒸気あり	発電	発電量	34,721,000kWh/年	11,319
	蒸気	A 重油使用量	2,400,000L/年	6,510
	合計			17,829
蒸気なし	発電	発電量	40,800,000kWh/年	13,301

4. 5. 3 効果の推定結果

熱電併給システムを整備することによる事業効果は以下の通りであった（図表4-66、67）。

図表 4-66 環境負荷低減効果（仙台地域）

効果の項目		効果（万円/年）	
運用効果	雇用創出 (a)+(b)+(c)	22,096	
	(a) システム運用	5,010	
	(1)輸送	5,100	
	(b) 燃料調達パターン① (1)	10,110	
	(2)チップ化	1,020	
	(3)投入	510	
	(b) 燃料調達パターン② (1)~(3)	11,640	
	(c) 素材生産量増 (※)	3,777	
	維持管理	モデル A	8,800
		モデル B	7,900
(エネルギー費用の地域還元)	モデル A	5,500	
	モデル B	35,400	
環境負荷低減効果		10,977 t-CO ₂	

※ 県全体で発生する効果の半分

図表 4-67 環境負荷低減効果（石巻地域）

効果の項目		効果（万円/年）	
運用効果	雇用創出 (a)+(b)+(c)	22,096	
	(a) システム運用	5,010	
	(1)輸送	5,100	
	(b) 燃料調達パターン① (1)	10,110	
	(2)チップ化	1,020	
	(3)投入	510	
	(b) 燃料調達パターン② (1)~(3)	11,640	
	(c) 素材生産量増 (※)	3,777	
	維持管理	蒸気供給あり	5,360
		蒸気供給なし	4,400
(エネルギー費用の地域還元)		17,396	
環境負荷低減効果	蒸気供給あり	17,829 t-CO ₂	
	蒸気供給なし	13,301 t-CO ₂	

※ 県全体で発生する効果の半分

4. 6 放射能汚染

福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質が震災廃棄物や森林バイオマスに付着しているため、燃料として使用する場合には排気による拡散や灰への濃縮が懸念される。本調査で検討している熱電併給システムや地域でボイラ等の燃料として森林バイオマスを使用する際にも、放射性物質が付着した資源を使用する可能性があるため、事業化を検討する際の留意点や放射能汚染対策に関する現在の状況をまとめる。

4. 6. 1 放射能汚染の可能性のある木材を使用する際の留意点

放射能汚染の可能性のある木材を使用する場合の焼却灰の処理方法や薪等の使用可否を判断する指標値が各省により示されている。

(1) 焼却灰の処理方針（環境省）

環境省では、焼却灰の取扱いについて図表 4-6 8 の通り処理方針を定めている。

図表 4-6 8 焼却灰の処理方針内容（環境省）

- ・放射性セシウム濃度 8,000Bq/kg 以下であれば、一般廃棄物最終処分場における埋立処分が可能。
- ・放射性セシウムの濃度が8,000Bq/kg を超え100,000Bq/kg 以下の焼却灰等については、処分の安全性が確認されるまでの間、一時保管とすることが適当。
- ・放射性セシウム濃度が100,000Bq/kg を超える焼却灰については、有害な重金属等を含む廃棄物を埋め立てるための遮断型最終処分場での埋立処分が技術的に可能と考えられるが、埋め立てる焼却灰の放射性セシウムの濃度に応じ放射線の遮蔽のために必要となるコンクリート壁の厚さを確保するとともに、長期的な安全性の確保といった観点にも配慮して、適切な埋立処分の方法を検討すべきと考えられる。

出所：環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部、（平成23 年8月31 日）、
8,000Bq/kgを超え100,000Bq/kg 以下の焼却灰等の処分方法に関する方針について

(2) 薪の放射性物質指標値 (林野庁)

林野庁では、薪に関して図表 4-6 9 の指標を定めている。

図表 4-6 9 薪の放射性物質指標値の設定について (林野庁)

- ・ 燃焼灰が一般廃棄物最終処分場における埋立処分が可能となる 8,000 Bq/kg 以下となるよう、調理加熱用の薪の放射性物質の指標値を 40Bq/kg (乾重量) と設定。
- ・ 薪ストーブなどの小規模な家庭用暖房器具において薪及び木炭を使用した場合の燃焼灰の放射性セシウム濃度は、調理加熱用に使用した薪及び木炭の灰の場合と同程度に高いと考えられるため、今回の指標値を適用する。

出所：林野庁 (2011 年 11 月 2 日)、調理加熱用の薪及び木炭の当面の指標値の設定について
林野庁ホームページ (<http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/tokuyou/111222.html>)

(3) きのこと原木の放射性物質指標値 (林野庁)

林野庁では、きのこと原木及び菌床用培地の当面の指標値 (放射性セシウムの濃度の最大値) を 150Bq/kg (乾重量) と定めている。(出所：林野庁 (2011 年 10 月 6 日)、きのこと原木及び菌床用培地の当面の指標値の設定について)

4. 6. 2 放射線濃度測定状況（宮城県内）

（1）震災廃棄物

宮城県内における震災廃棄物の放射線濃度測定調査結果を図表 4-70 に示す。亶理町や山元町の数値が他の地域よりも高く、特に山元町では木質で 340Bq/kg が検出されており、燃焼により 24 倍以上濃縮された場合、燃焼灰は 8,000 Bq/kg を超える可能性がある。

図表 4-70 組成ごとの放射性セシウム濃度（単位:Bq/kg）（再掲）

市町名等		木質	紙類	繊維類	プラスチック	わら	細じん (<5mm)	その他不燃物
気仙沼ブロック	気仙沼市	48	40	260	155	199	310	30
	南三陸町	40	46	171	147	101	188	39
石巻ブロック	石巻市	35	72	209	126	51	207	20
	石巻市(牡原中島部)	84	102	1140	134	149	360	50
	東松島市	36	70	510	450	400	146	30
	女川町	69	77	440	100	220	139	-
宮城東部ブロック	塩竈市	31	97	192	134	46	250	63
	多賀城市	46	104	540	181	47	390	109
	七ヶ浜町	56	165	450	450	96	230	44
亶理名取ブロック	名取市	66	135	340	134	61	260	86
	岩沼市	41	106	1330	660	78	310	62
	亶理町	176	192	1310	400	133	930	240
	山元町	340	320	2500	1990	520	1150	96

出所：宮城県記者発表資料抜粋（2012年11月25日）

（2）森林資源

2012年2月に環境省から宮城県の仙南地域における薪および薪ストーブ灰の放射性セシウム濃度測定結果が公表された。公表値を図表 4-71～図表 4-73 に示す。また、きのこの原木に関しては昨年度秋より県で調査が進められている。

本調査で検討している熱電併給システムや地域でボイラ等の燃料として森林バイオマスを使用する際にも、放射性物質が付着した資源を使用する可能性がある。特に、幹部よりも枝葉や樹皮に放射性物質が多く付着していることが予想される。

図表 4-7 1 環境省による仙南地域の薪の放射性セシウム濃度測定結果

単位：Bq/kg(wet)

No.	試料名	試料採取日時	試料測定日時	項目	測定結果	検出下限値	含水率(%)	
1	柴田町 (薪)	2012/1/26 9:40	2012/1/31 18:04	放射性セシウム	Cs-134	不検出	24	9.7
					Cs-137	不検出	20	
					合計	不検出	—	
2	村田町 (薪)	2012/1/26 11:00	2012/1/31 18:22	放射性セシウム	Cs-134	310	34	12.1
					Cs-137	420	26	
					合計	730	—	
3	川崎町 (薪)	2012/1/26 13:15	2012/1/31 18:42	放射性セシウム	Cs-134	不検出	22	12.1
					Cs-137	不検出	21	
					合計	不検出	—	
4	大河原町 (薪)	2012/1/26 15:10	2012/1/31 19:01	放射性セシウム	Cs-134	不検出	29	12.7
					Cs-137	不検出	21	
					合計	不検出	—	
5	角田市 (薪)	2012/1/26 16:50	2012/1/31 19:19	放射性セシウム	Cs-134	32	25	15
					Cs-137	40	23	
					合計	72	—	
6	七ヶ宿町 (薪)	2012/1/27 9:25	2012/1/31 19:37	放射性セシウム	Cs-134	28	21	18.9
					Cs-137	44	17	
					合計	72	—	
7	白石市 (薪)	2012/1/27 11:20	2012/1/31 19:56	放射性セシウム	Cs-134	300	28	15.8
					Cs-137	370	21	
					合計	670	—	
8	丸森町 (薪)	2012/1/27 13:10	2012/1/31 20:14	放射性セシウム	Cs-134	210	36	14.2
					Cs-137	250	25	
					合計	460	—	
9	蔵王町 (薪)	2012/1/27 16:30	2012/1/31 20:32	放射性セシウム	Cs-134	49	27	25.3
					Cs-137	56	25	
					合計	105	—	

※「不検出」とは検出下限値未満のこと。測定結果は試料採取日の濃度に補正した値である。

出所：環境省ホームページをもとに森のエネルギー研究所作成

図表 4-7 2 環境省による仙南地域の薪ストーブ灰の放射性セシウム濃度測定結果

単位：Bq/kg(wet)

No.	試料名	試料採取日時	試料測定日時	項目	測定結果	検出下限値	含水率(%)	
1	柴田町(灰)	2012/1/26 9:40	2012/2/1 8:38	放射性セシウム	Cs-134	1300	45	1.7
					Cs-137	1600	34	
					合計	2900	—	
2	村田町(灰)	2012/1/26 11:00	2012/2/1 8:57	放射性セシウム	Cs-134	2200	70	0.8
					Cs-137	2900	51	
					合計	5100	—	
3	川崎町(灰)	2012/1/26 13:15	2012/2/1 9:44	放射性セシウム	Cs-134	550	33	<0.1
					Cs-137	770	27	
					合計	1320	—	
4	大河原町(灰)	2012/1/26 15:10	2012/2/1 10:03	放射性セシウム	Cs-134	3400	68	2.2
					Cs-137	4400	48	
					合計	7800	—	
5	角田市(灰)	2012/1/26 16:50	2012/2/1 9:22	放射性セシウム	Cs-134	500	36	1.3
					Cs-137	680	33	
					合計	1180	—	
6	七ヶ宿町(灰)	2012/1/27 9:25	2012/2/1 16:15	放射性セシウム	Cs-134	4800	68	0.3
					Cs-137	6400	57	
					合計	11200	—	
7	白石市(灰)	2012/1/27 11:20	2012/2/1 16:34	放射性セシウム	Cs-134	12000	91	0.6
					Cs-137	16000	75	
					合計	28000	—	
8	丸森町(灰)	2012/1/27 13:10	2012/2/11 6:54	放射性セシウム	Cs-134	25000	130	<0.1
					Cs-137	34000	97	
					合計	59000	—	
9	蔵王町(灰)	2012/1/27 16:30	2012/2/11 7:14	放射性セシウム	Cs-134	4000	61	0.4
					Cs-137	5300	49	
					合計	9300	—	

※「不検出」とは検出下限値未満のこと。測定結果は試料採取日の濃度に補正した値である。

出所：環境省ホームページをもとに森のエネルギー研究所作成

図表 4-7 3 きのこ原木の放射性セシウム濃度測定結果

(単位 : Bq/kg)

No.	事務所名	市町村名	採取日	測定日	検査結果
1	大河原	白石市	H23.11.9	H23.11.15	348
2	大河原	白石市	H23.11.9	H23.11.15	398
3	大河原	川崎町	H23.11.11	H23.11.15	<50
4	大河原	川崎町	H23.11.11	H23.11.15	<50
5	大河原	川崎町	H23.11.11	H23.11.15	51
6	大河原	丸森町	H23.11.16	H23.11.22	2,492
7	大河原	丸森町	H23.11.16	H23.11.22	1,256
8	大河原	丸森町	H23.11.16	H23.11.22	1,058
9	大河原	丸森町	H23.11.16	H23.11.22	655
10	大河原	丸森町	H23.11.16	H23.11.22	1,207
11	大河原	丸森町	H23.11.16	H23.11.22	634
12	大河原	蔵王町	H23.11.17	H23.11.22	100
13	大河原	白石市	H23.11.17	H23.11.22	680
14	大河原	白石市	H23.11.17	H23.11.22	167
15	大河原	白石市	H23.11.9	H23.11.22	108
16	大河原	村田町	H23.11.11	H23.11.22	168
17	大河原	丸森町	H23.11.9	H23.11.22	723
18	仙台	岩沼市	H23.11.10	H23.11.15	73
19	仙台	仙台市	H23.11.14	H23.11.22	<50
20	仙台	名取市	H23.11.18	H23.11.22	<50
21	仙台	仙台市	H23.11.12	H23.11.22	63
22	仙台	岩沼市	H23.11.18	H23.11.22	210
23	北部	加美町	H23.11.15	H23.11.22	88
24	北部	加美町	H23.11.15	H23.11.22	224
25	北部	加美町	H23.11.15	H23.11.22	159
26	北部	加美町	H23.11.15	H23.11.22	118
27	北部	加美町	H23.11.15	H23.11.22	<50
28	北部	加美町	H23.11.15	H23.11.22	<50
29	北部	加美町	H23.11.26	H23.11.29	<50
30	北部	加美町	H23.11.26	H23.11.29	100
31	北部	加美町	H23.11.26	H23.11.29	66
32	登米	登米市	H23.10.21	H23.11.24	53

33	登米	登米市	H23.10.21	H23.11.24	<50
34	登米	登米市	H23.10.21	H23.11.24	76
35	登米	登米市	H23.10.21	H23.11.24	<50
36	登米	登米市	H23.10.28	H23.11.4	115
37	登米	登米市	H23.10.28	H23.11.17	93
38	登米	登米市	H23.10.28	H23.11.7	284
39	登米	登米市	H23.10.28	H23.11.7	68
40	登米	登米市	H23.10.28	H23.11.7	134
41	登米	登米市	H23.11.1	H23.11.17	<50
42	大河原	白石市	H23.11.21	H23.11.29	483
43	大河原	白石市	H23.11.22	H23.11.29	159
44	大河原	白石市	H23.11.25	H23.11.29	229
45	大河原	白石市	H23.11.25	H23.11.29	257
46	大河原	村田町	H23.11.24	H23.11.29	157
47	大河原	角田市	H23.11.24	H23.11.29	486
48	大河原	角田市	H23.11.24	H23.11.29	275
49	大河原	角田市	H23.11.30	H23.12.6	505
50	大河原	丸森町	H23.12.1	H23.12.6	582
51	大河原	柴田町	H23.11.27	H23.12.6	194
52	大河原	白石市	H23.12.1	H23.12.6	277
53	大河原	村田町	H23.12.5	H23.12.13	87
54	大河原	村田町	H23.12.5	H23.12.13	73
55	大河原	白石市	H23.12.8	H23.12.13	499
56	大河原	蔵王町	H23.12.12	H23.12.20	200
57	大河原	蔵王町	H23.12.12	H23.12.20	189
58	大河原	蔵王町	H23.12.12	H23.12.20	80
59	大河原	丸森町	H23.12.13	H23.12.20	206
60	大河原	丸森町	H23.12.13	H23.12.20	123
61	大河原	白石市	H23.12.16	H23.12.20	689
62	大河原	大河原町	H23.12.13	H23.12.20	1,067
63	大河原	村田町	H23.12.15	H23.12.20	112
64	大河原	蔵王町	H23.12.16	H23.12.20	86
65	大河原	川崎町	H23.12.16	H23.12.20	<50
66	仙台	岩沼市	H23.11.18	H23.11.29	<50
67	仙台	名取市	H23.11.18	H23.11.29	<50
68	仙台	大衡村	H23.11.24	H23.11.29	104
69	仙台	大衡村	H23.11.24	H23.11.29	86

70	仙台	仙台市	H23.11.22	H23.11.29	125
71	仙台	仙台市	H23.11.28	H23.12.6	<50
72	仙台	亘理町	H23.12.13	H23.12.20	534
73	栗原	栗原市	H23.11.8	H23.11.17	753
74	栗原	栗原市	H23.11.13	H23.11.17	178
75	栗原	栗原市	H23.11.30	H23.12.2	84
76	栗原	栗原市	H23.12.5	H23.12.7	73
77	栗原	栗原市	H23.12.5	H23.12.7	188
78	栗原	栗原市	H23.12.8	H23.12.14	159
79	栗原	栗原市	H23.12.15	H23.12.16	544
80	東部	石巻市	H23.12.15	H23.12.20	95
81	東部	石巻市	H23.12.19	H23.12.22	113
82	登米	登米市	H23.11.29	H23.12.1	77
83	登米	登米市	H23.12.5	H23.12.8	139
84	登米	登米市	H23.12.5	H23.12.8	<50
85	気仙沼	気仙沼市	H23.12.8	H23.12.13	186
86	気仙沼	気仙沼市	H23.12.8	H23.12.13	198
87	気仙沼	南三陸町	H23.12.8	H23.12.13	165
88	気仙沼	南三陸町	H23.12.8	H23.12.13	354
89	気仙沼	気仙沼市	H23.12.20	H23.12.22	55
90	気仙沼	気仙沼市	H23.12.20	H23.12.22	129
91	気仙沼	気仙沼市	H23.12.20	H23.12.22	173
92	気仙沼	気仙沼市	H23.12.20	H23.12.22	176

出所：宮城県ホームページをもとに森のエネルギー研究所作成

4. 6. 3 まとめ

環境省や宮城県の放射能濃度測定結果から、県内の各地域で指標値を超えるセシウム濃度が検出されており、特に福島県に近い宮城県南部では濃度が高い傾向があることがわかった。木質資源を利用する場合、特に樹皮や枝葉など、放射能濃度が高いことが予想されるものを燃料等として利用する際には、適切な排ガス処理装置の設置や灰の処分方法など、対策を検討する必要がある。しかしながら、放射能汚染の対策が必要な場合でも個別の民間企業が単独で全額費用負担できるものではないと考えられる。林業事業者へのアンケートやヒアリングから、現状では汚染状態の把握のための分析費用は各事業者で負担しており、これまで収益を得ていたきのこ原木や樹皮の販売ができなくなってしまったことで、大きな経営負担を強いられている事業者も少なくない状況であることがわかった。

熱電併給プラントでそれらの資源を燃料利用できれば、放射能汚染の問題から他の用途では利用できない資源を受け入れることで、上記の問題回避となり、また1箇所汚染物質を

集めることで地域全体の汚染状況は改善される可能性もある。ただし、適切な排ガス処理装置の設置や灰の適切な処理または管理をすることが前提であること、汚染の可能性のある資源を大量に使用する場合には汚染物質がより高濃度となる可能性があるため熱電併給プラントで働く作業者の安全性を確保することが大きな課題となることなど、クリアすべき課題は多い。受入時に受入基準を設け、樹皮等汚染の可能性が高いものは使用しない、受入時に汚染状態を測定するなどの対処方法も考えられる。

今後、森林資源の利用を進めるにあたり、放射能汚染の問題は大きな障壁となることから、関係研究機関等との連携により技術開発や適切な対応方法（利用方法、処分方法、保管方法等）を確立させる必要がある。

5. 木質バイオマス燃料安定供給のための課題

5. 1 木質バイオマス燃料の安定供給に必要な施策

燃料用木質バイオマスの供給量の安定供給のためには、製紙用チップを含めた製品利用の供給量を安定化し増加することが必要である。また、バイオマスのエネルギー利用に際しては、紙パルプなど他の用途で利用する事業に著しい影響がないこととするとともに、カスケード利用（品位の高い順に多段階の利用をする）事が必要である。したがって、林地残材等の未利用バイオマスの利用率の増加と、製品供給量の増加による製材端材の増加をともに実現させることが重要である。そのためには、供給可能量の増加（川上の対応）、需要量の増加（川下の対応）、さらに川上と川下を結ぶ流通システムの改善が必要となる。

川上での対応（森林資源の供給量拡大）は大きく以下の2点と考えられる。

- 素材供給力（必要な時期、量、質）の向上。
- 素材および林地残材等未利用資源の収穫率の向上。

川下の対応（木材流通量の拡大）は大きく以下の2点と考えられる。

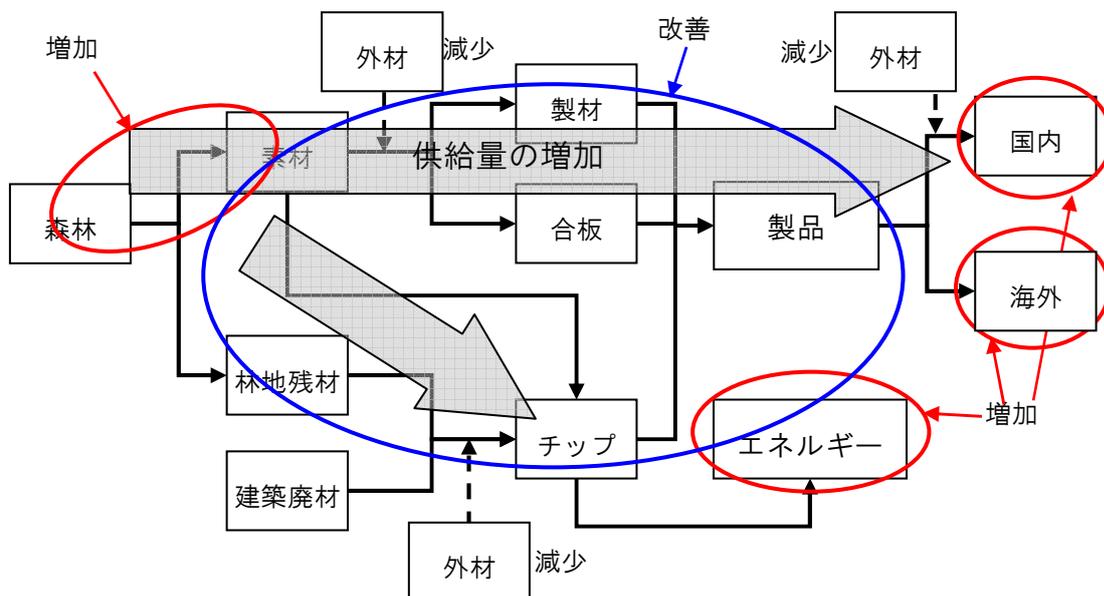
- 国内（県内）の木材需要（国産材需要）の拡大。
- 海外輸出量の拡大。

流通システムの改善については以下の点についての検討が必要となる。

- 木材流通の特徴と必要な機能
- 上記を勘案した上でのより効率的な流通システム

以下これらの項目について検討を加える。

図表 5-1 森林資源の流れ



5. 2 森林資源の供給量拡大

森林資源の供給量拡大のために、現状で未利用となっている資源の収穫率向上が挙げられるが、切捨て間伐等によって残置されている資源を改めて収集することはコスト面から現実的ではない。素材生産に伴って発生するバイオマスを A 材や B 材の収集とともに収集する方法が現実的であると考えられるため、資源の供給量拡大のためには素材生産量の増加とそれに伴い発生するバイオマスをより多く収穫することが重要である。

ここでは、未利用資源の収穫率向上に関する課題と、素材生産量の増大、つまり、素材供給力の向上に関する課題について整理する。

5. 2. 1 未利用資源の収穫率の向上に関する課題

(1) D 材、枝葉等の収穫システムの確立

新たに安定したエネルギー需要が創出されることを踏まえ、D 材や枝葉の収穫システムを確立して収穫率を向上させる必要がある。現在は、プロセッサ造材を前提とした全木集材による作業システムの普及により、集材・造材能率の向上とコストの低減化が図られている。それと同時に、森林作業道や林業専用道で造材端材が集中的に発生しているが、未収穫のまま道脇や林内適地に集積し残置することが多い。造材時に発生する端材部位は、根元部、梢端部の樹幹部と枝葉であるが、収集運搬するには素材丸太と比べ性状が不均一であり積込能率が低く、容積比重が低いことから費用増になる。D 材や枝葉の収穫率を向上させるためには、それらの特性を踏まえた収穫システムの検討が必要である。

(2) 広葉樹の活用

宮城県の森林資源構成として、民有林では広葉樹が約 4 割を占めているが、薪炭利用が減り、手入れ不足のまま高林齢化している状況にある。未利用資源の活用として、素材生産に伴って発生するバイオマス以外に、広葉樹の活用が挙げられる。

5. 2. 2 素材供給力の向上

(1) 素材生産の効率化

収穫伐期を迎える林分が増大しているなか、成長量の範囲内で素材生産を拡大することで、森林のもつ公益的機能を増幅させ、長期的な利用計画と再生林（更新）を行うことが必要である。

外材原木と比較して生産性の向上と低コスト化が求められるなか、価格競争力を持たせるためには、素材生産そのものの効率化が必要である。

また、生産効率が上がりにくい背景として小規模な森林所有形態が挙げられ、団地化による施業集約化が必要である。しかし、所有価値の減退や不在林の増加もあり、森林所有者個々に対する合意形成は、団地化による具体的メリット等を提示し現地調査や分析、施業事務作

業等で膨大な労力と費用が必要となり、林業事業体経営にも大きな負担となっていることが推測される。

また、高性能林業機械の導入が進んでいるが、機械稼働率を高めるために安定的な事業量の確保が必要であるのと、生産性の向上と低コスト化、収穫率の向上に対応する為には、地形等の林分条件に応じた適切な作業システムの棲み分けと路網整備計画が必要である。

(2) 地域独自の木材供給システムの確立

木材の生産性向上や低コスト化のために木材生産の大規模化や集約化、広域的に大面積の森林管理を高度な機械化による高い生産性をもって運用することが推進されている。一方、機械化や集約化のみが推進されてしまった場合に、地域独自の小単位での細やかな森林管理や、農家林家等に見られるような副業としての林業の雇用機会が失われる作用もあり、地域性や多様性のある木材供給システムの確保が困難になる場合もある。そのため、大規模需要に対応するための方策だけでなく、地域独自の木材供給システムの確立も重要な要素となる。

(3) 再造林の実施

素材生産量を増やすことを目指す一方で、伐採後の再造林が行われていないことが問題として認識されている。本調査のヒアリング調査でも、多くの事業者から再造林の問題が指摘された。針葉樹林の場合、持続可能な資源供給のためには再造林は必ず行われる必要があるが、現状の施業システムの中ではその費用捻出が難しい状況にある。再造林の実施のためには、再造林費用の捻出が可能となるような長期的、総合的な計画をたてることや、機械化等による再造林費用の低コスト化が必要である。

5. 3 木材流通量の拡大

5. 3. 1 木材需要の拡大

(1) 国内の木材需要の現状と課題

わが国の木材需要の約4割は建築用材である(2009年時点)。また、2007年の内閣府の調査では8割以上の方が、今後は木造住宅に住みたいと希望しており、日本における木造住宅の需要は高い。しかしその一方、木造住宅における国産材率は約3割と低く、特に、横荷重がかかる構造材である横架材は9割以上が輸入材で占められている。木造住宅における国産材利用率を向上させることが、国産材の需要向上につながる。

(2) 木材製品に対するニーズ

1) 品質に関するニーズ

「住宅の品質確保の促進等に関する法律」(品確法)施行(2000年4月)以降、住宅用製材品の品質に対する要求が高くなっている。多くの工務店やハウスメーカーは、寸法安定性に優れ強度が明確な材を求めている。曲がりや狂い、割れが起りにくい乾燥材や、

寸法安定性に優れた集成材はそのニーズに沿ったものとなっているが、現在宮城県内には集成材工場が存在しない。

2) デザイン等に関するニーズ

生活様式の変化に伴い、近年では木造住宅においても内装の洋室化が進んでいる。大手ハウスメーカーの木造住宅でも、洋室（フローリング貼りの床）が主で、畳・床の間などがある和室は1室以下であることが多い。伝統的な和室では、真壁工法のため構造材である柱にデザイン性が要求され、無垢で節のない柱に価値が置かれたが、現在では木造住宅でも大壁工法が主流であるため、構造材である柱が壁に隠れ、柱材に求められる機能はデザイン性より構造的な性能に重点が置かれている。その一方、床、壁など利用者から見える素材には、デザイン性が重視されている。

5. 3. 2 海外輸出量の拡大

日本全体の木材輸出額は、2001年以降増加傾向であるが2009年は金融危機の影響で減少している。主な輸出先である中国は、長江大洪水（1998年）後、天然林の伐採禁止をした影響で、2000年より丸太、製材の輸入量が増加している。今後の中国の木材需要を考えると、主要な海外輸出先として中国を想定することが妥当であると考えられる。

近い将来中国が木材輸出国となった場合でも、経済成長と住宅建設需要の急増を考えた場合、中国への製品輸出は有望であると考えられる。その場合、中国国内材にない特長（強度、規格）を持つ付加価値の高い木材製品の輸出が必要であり、かつ中国の建築ニーズにあったものである必要がある。

5. 3. 3 流通システムの改善

(1) わが国の木材流通システムの課題

木材の流通は、森林所有者から最終消費者の間に、市場や問屋などのさまざまな流通業者が関わっている。多段階で複雑な流通システムは、コスト高の原因とも言われているが、市場や問屋には「仕分け機能」や「金融機能」という重要な機能があり、ただ単に「中抜き」をただけでは、小規模森林所有者からの材の供給に支障が生じる恐れがある。しかし、材の流通に係る事業者・団体が多い場合、手数料によるコスト増のほかに、ユーザーニーズなどの情報が山側に届かないといった弊害や、流通システム全体での在庫量が増加するという問題が存在する。

(2) 材の供給に関する課題

国産材を使用しない理由の一つとして、材の安定的な確保が難しいということがいわれている（例えば前述（社）日本木造住宅産業協会調査など）。石油、鉄鉱石、天然ガスなど、原料や燃料を安定的に確保する必要がある多くの産業では、産出国や資源会社と長期的に一定

量を購入する契約を締結することにより、計画的な製品製造を行うことを可能にしている。

また、計画的かつ大量の製品製造を行うことで、製品のコスト削減が可能になるため、一般的な製造業では顧客のニーズを常に把握し、ニーズの変化に対応して製造ラインや商品のラインナップを変更している。

以上のことは木材産業においても同様であり、素材生産事業者と製材業者間での取引を長期的にすることで、山側にとっては安定的な収入の確保、製材業者にとっては安定的な供給量の確保が可能になる。そのためには、供給量、需要量、流通量などの量的情報の把握、求められる木材製品情報などの質的情報の把握を行う仕組みを構築することが必要である。

6. 本調査のまとめ

本調査では、仙台地域および石巻地域を対象として、木質系震災廃棄物の処理、林地残材等未利用森林資源の活用を実現し、持続的に地域にエネルギーを供給するための熱電併給システムの整備の可能性について検討を行った。

調査を通じ、熱電併給システム整備を実現するためには、さまざまな課題が存在し、それら課題の解決を行うことによってのみ、計画が実現へと向かうことが分かった。以下、本調査によって明らかになった課題、発電事業実施に際し留意しておくべき事項をとりまとめ記載する。

6. 1 震災廃棄物の処理に関する課題

今回の震災で発生した廃棄物の処理については、本調査の対象地域では遅くとも2013年度中には終了（二次仮置き場における処理の終了）する見込みとなっている。しかし、現時点においても震災廃棄物の存在量を正確に把握することは困難である。その理由として、現在仮置き場等に山積みになっている廃棄物の量を実際に推定することは不可能であり、何らかの仮定をおいたうえで推計を行うしかないことと、さまざまな廃棄物が混在している場合には、処理可能量の予測が困難であることなどからである。

木質系震災廃棄物は、安価な燃料として期待できるため、事業採算性の観点からは、プラント稼働後できるだけ長期間利用することが有利であるが、そもそもの震災復興の観点からはできるだけ早く処理されることが望ましい。したがって、木質系震災廃棄物の活用は、自治体の処理計画を加速させるものとする必要がある。

しかし、処理を早期に行うことは本事業に利用可能な木質系震災廃棄物が早期に調達できなくなることを意味しており、このことは森林由来のバイオマス調達体制を早期に整備すべきことを示している。

6. 2 木質バイオマス燃料供給に関する課題

現時点で燃料として利用が期待される木質バイオマスの量は、統計データから推計すると約15万t（生）/年である。しかし、この量は現在搬出されていないC材、D材、枝葉の量であり、搬出にかかるコストを勘案した場合、燃料として経済的に妥当な価格で供給されるかは不明である。

そういった状況下では、木質バイオマス燃料の調達を第一の目的とし、C材、D材、枝葉を高コストで搬出し、高価格（コストに見合う価格）で買い取るということも考えられるが、それによって、既存流通チップの価格高騰を招き、製紙業等の既存産業へ悪影響を及ぼすだけでなく、燃料用木材の供給を目的とした無計画な伐採を誘発させる恐れがある。木質バイオマスの燃料利用は、あくまで、製品利用を目的とした素材生産に伴って発生する未利用C材、D材、枝葉を利用することが必要である。

現在森林に残置されている未利用森林資源を有効活用するためには、作業道沿いに残置さ

れた未利用 C 材、D 材、枝葉の収集システムの確立、NPO 法人土佐の森救援隊の取り組みに見られるような、自伐林家やボランティアによる活動などの、さまざまなレベルの取り組みを同時並行して行うことが必要である。

6. 3 エネルギー供給事業に関する課題

本調査では、周辺事業者、住宅へのエネルギー供給の可能性について検討を行った。

電力供給に関しては、電気事業者への売電を想定したが、事業性評価で試算したとおり、買取価格 20 円/kWh では投資回収が困難になる可能性がある。発電事業にとっては、買取価格が高くなればなるだけ望ましいが、電気事業者が買取に要した費用は最終的には消費者が負担することになるため、あまりにも高い買取価格を期待することは望ましくない。

仙台地域の事業採算性検討の項で試算したとおり、一定以上の熱エネルギーの需要がある場合は、熱エネルギー供給を行うことにより、発電単独に比べ事業採算性が大きく向上することが分かった。自社で蒸気を生成している事業者の多くは、重油や LPG を使用しているケースが多く、木質バイオマス燃料を使用した場合でもコスト競争力があるためである。したがって、熱電併給システムの熱供給の比率を高くすることにより、再生可能エネルギー全量買取制度に頼らないエネルギー事業が成り立つ可能性がある。

しかし、石巻地域では、多くの熱需要が見込める木材関連事業者は既に自社の木質バイオマス熱電供給システムを整備しているため、産業施設の熱需要は飼料会社となり、需要量としては供給可能量のごく一部にとどまっている。現在石巻市で建設制限区域となっている工業団地北側の整備計画が具体化し、新規産業や復興住宅が建設されれば、それらへの熱供給も考えられる。今後とも、復興計画と連携した事業計画の推進が必要である。

6. 4 木質バイオマスエネルギーによる地域活性化

木質バイオマス熱電併給事業は、単なるエネルギー供給事業ではなく、地域活性化のための事業としてとらえることができる。それは、地域産のエネルギーである森林資源を活用することで、従来であれば化石燃料の購入により地域外に流出していた資金を地域内で還流することが可能となるからである（たとえ、石油やガスを地元企業から購入をしたとしても、元の燃料は海外から輸入したものがほとんどである）。

また、木質バイオマス燃料の搬出、破碎、輸送などを地域の林家や木材関係事業者が行うため、地域への経済波及効果は高く持続可能である。本調査の結果をもとに建設される熱電併給システムも、事業者だけが運営し利益を産み出すものとしてではなく、材の供給やエネルギーの利用を通じて、森林を含む総合的なシステムを地域全体で維持していくものとしてとらえることが重要である。

このことにより、森林の持つ多面的価値の創出、さらには地域再生につながることになる。

6. 5 林業活性化の必要性

熱電併給システムの持続的な運営のため、木質バイオマス燃料の効率的な収集を進めるとともに、木材流通量の向上、国産材（県産材）需要の拡大を進める必要がある。

宮城県および県内の素材生産事業者、関連団体、木材加工事業者は、林業の活性化のために、国が策定された「新流通・加工システム」に取組み、その結果国産材を利用した合板等の効率的な生産システムが確立され、石巻地域で生産される合板の国産材率を6割以上とするという成果をあげた。現在は、「森林・林業再生プラン」が策定され、10年後の国産材率50%を目指している。その目標を実現するためには、施業の集約化、機械化、路網整備など山側への施策も重要であるが、川下、特に消費者ニーズの把握と、ニーズに合った材の供給を可能にする体制作りも必要となってくる。特に、木材需要の4割を占める建築用材の国産化率向上のための取組みが重要である。そのためには、合板の国産材率向上を実現したときのような、民間、関連団体、自治体が一体となった取組みが必要である。