

平成26年度地域材利用活用倍増戦略プロジェクト事業のうち地域材利用
促進のうち木質バイオマスの利用拡大
「木質バイオマス加工・利用システム開発事業」

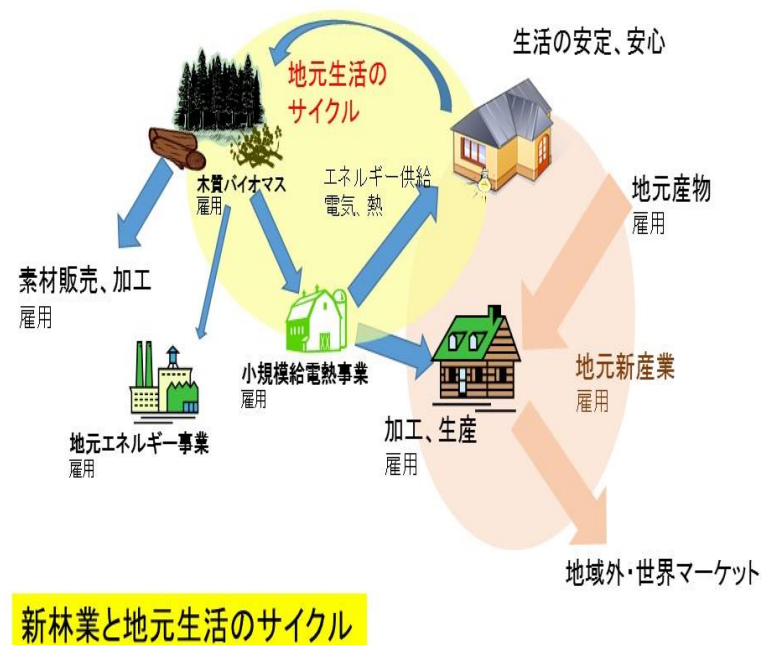
熱分解処理による森林資源の高エネルギー加工
・検査およびシステムの事業化の検証事業

株式会社日本プラント建設

1. 当事業の目的・理念

我が国では年間約800万トンの未利用森林資源が発生します。この森林資源から高付加価値製品を開発することは大きな経済効果を生み、地域経済の活性化のみならず地域社会の創生に繋がります。

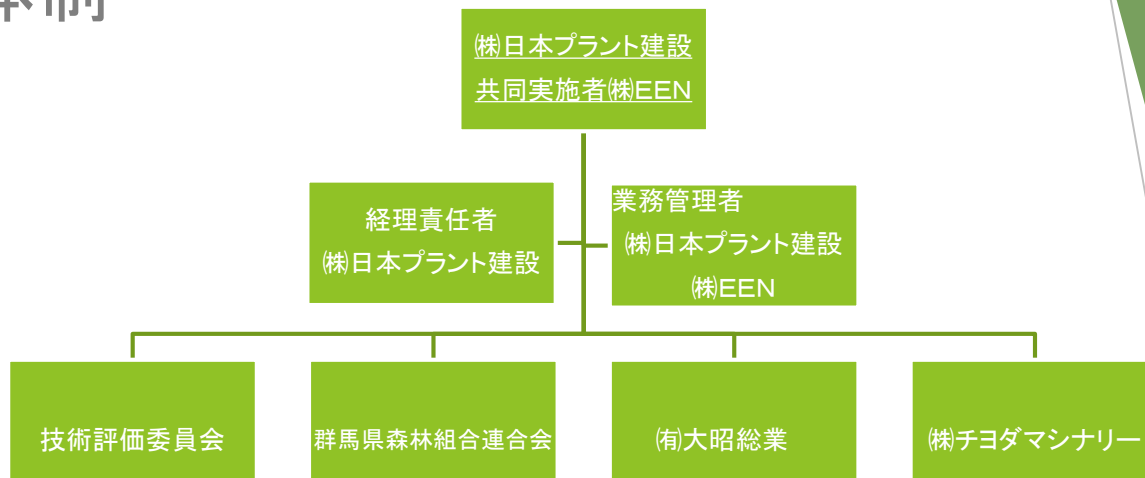
本事業では、全国の森林に広く存在する林地残材を、単に燃焼させて熱エネルギーを地域への発電、熱供給に利用するのではなく、**熱分解処理することにより炭素化**させることで、発熱量及び燃焼効率の向上、収集運搬効率及び利用の際の効率の向上、さらに経済性及び供給の安定性を実現させ、木質バイオマス加工・利用システムを開発することにより、その事業化を目指し、地域経済の活性化・地域社会の創生に寄与することを目標・理念といたします。



2.実施概要

1. 木質バイオマス原料である林地残材の幹・根株・枝葉・木皮・竹のチップ及びオガクズを熱分解処理装置システム(特願2002-129364)に投入する。
2. 大気から窒素を抽出し、毎分20~50ℓの窒素を熱分解室に供給し、室内を99%の窒素雰囲気下において、窒素濃度及び装置の昇温速度をコントロールしながら、木質バイオマス原料の含水率を調整し、150℃・350℃・450℃と段階的に温度を上昇させて、低温による熱分解処理により炭素化させることで、高付加価値な木質バイオマス燃料を製造する。
3. 熱分解処理前と熱分解処理後の重量の測定及び含水量・発熱量・元素分析等を外部の検査機関に依頼して実施する。
4. 熱分解処理により製造した木質バイオマス燃料の燃焼実証を実施する。
5. 燃焼実証は、処理前、木質バイオマス原料の燃焼温度及び増燃材としての処理後の粉末炭素の燃焼温度を測定する。
6. 木質バイオマス燃料のヒートバランス・マスバランスを測定する。
7. 燃焼実証の結果に基づき、経済性及び供給の安定性を検証する。

3.実施体制



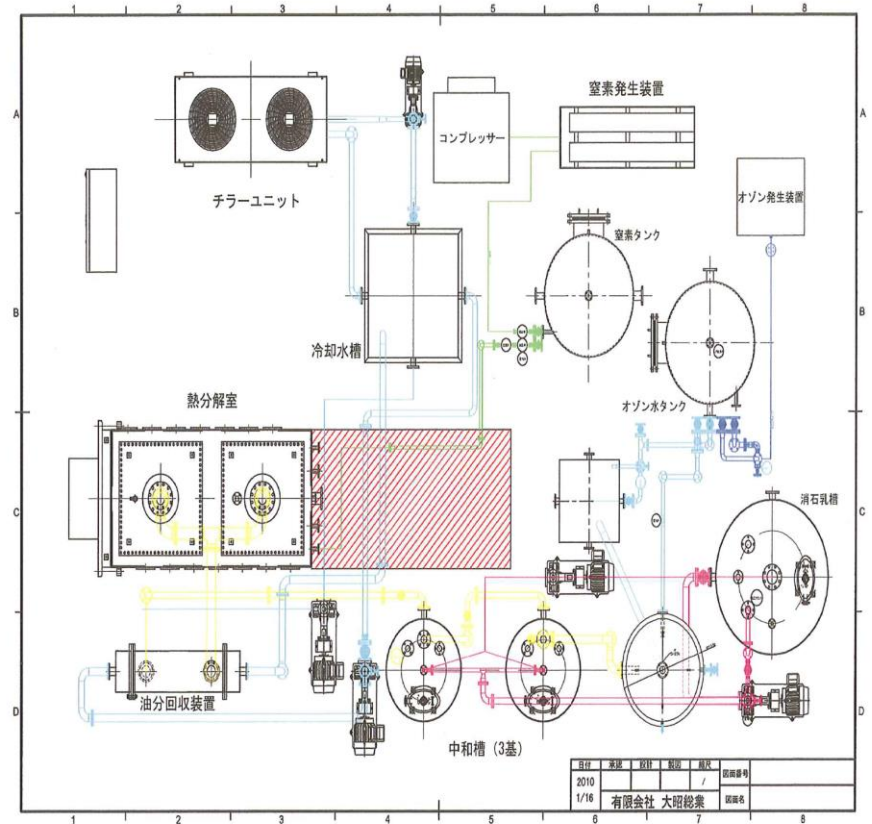
団体名	責任者	担当者
(株)日本プラント建設	代表取締役 間部敏夫	業務管理担当 坂下知行 主担当者 // 経理担当者 //
(株)EEN	代表取締役 佐藤邦道	業務担当 倉石淳 ①業務担当②報告書作成
群馬県森林組合連合会	代表理事会長 星野己喜雄	試験試料の提供
(有)大昭総業	代表取締役 大塚昭人	業務担当 ①装置操作②運搬等
(株)チヨダマシナリー	代表取締役 山下則夫	業務担当 ペレット化技術の提供

技術評価委員氏名	専門分野	略歴
委員長 中原伸之	エネルギー・経済	元東燃(株)代表取締役社長 元日本銀行政策委員会審議委員、元金融庁顧問
委員 仁多見俊夫	農林バイオマス	東京大学大学院農学生命科学研究科森林利用学研究室 准教授 前福島県二本松市市長
委員 三保恵一	新エネルギー	
委員 本名均	バイオマス発電	イーレックス(株)代表取締役副社長

4.木質バイオマス熱分解処理装置システム (埼玉県(株)EEN入間工場)

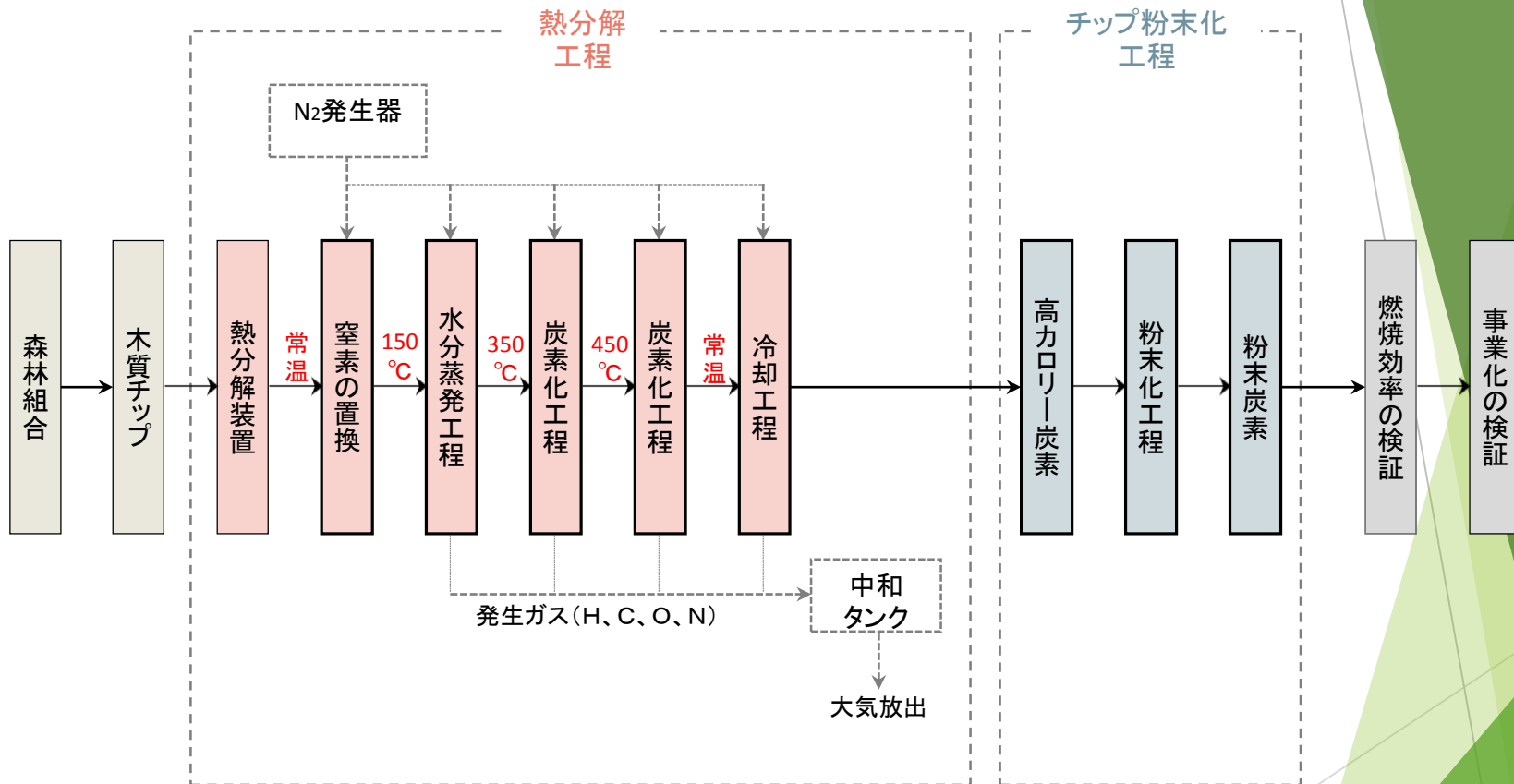


熱分解装置外観





熱分解装置設置図面

5.熱分解処理システムの工程





6-1. 熱分解処理による木質バイオマス燃料の製造結果(重量)

根 株	
熱処理前	熱処理後
	
重量(kg) 10.00	重量(kg) 1.92

根株 減量化率80.8%

枝 葉	
熱処理前	熱処理後
	
重量(kg) 10.00	重量(kg) 2.70

枝葉 減量化率73.0%



木 皮	
熱処理前	熱処理後
	
重量(kg) 10.00	重量(kg) 2.48

木皮 減量化率75.2%



幹	
熱処理前	熱処理後
	
重量(kg) 10.00	重量(kg) 2.24

幹 減量化率77.6%

6-1. 熱分解処理による木質バイオマス燃料の製造結果(重量)

オガクズ	
熱処理前	熱処理後
	
重量(kg) 6.00	重量(kg) 1.24

オガクズ 減量化率79.3%

竹	
熱処理前	熱処理後
	
重量(kg) 6.00	重量(kg) 1.38

竹 減量化率77.0%



熱分解処理後



処理後取り出し

6-2. 熱分解処理による木質バイオマス燃料の製造結果(発熱量等)

原材料	検査項目	熱処理前	熱処理後 (EEN Aカーボン)
幹材チップ	水分 wt%	37.85	0.00
	水素 wt%	3.97	3.31
	低位発熱量 cal/g	2,740	7,380
	低位発熱量 kJ/kg	11,460	30,880
根株チップ	水分 wt%	42.83	1.10
	水素 wt%	3.62	2.92
	低位発熱量 cal/g	2,320	7,500
	低位発熱量 kJ/kg	9,710	31,380
枝葉チップ	水分 wt%	16.11	1.15
	水素 wt%	5.43	2.96
	低位発熱量 cal/g	3,680	7,260
	低位発熱量 kJ/kg	15,400	30,380
木皮チップ	水分 wt%	39.85	1.89
	水素 wt%	3.46	2.77
	低位発熱量 cal/g	2,570	6,460
	低位発熱量 kJ/kg	10,750	27,030
オガクズ	水分 wt%	51.77	0.93
	水素 wt%	3.07	3.53
	低位発熱量 cal/g	1,990	7,030
	低位発熱量 kJ/kg	8,330	29,410

オガクズペレット	水分 wt%	14.57	
	水素 wt%	5.60	
	低位発熱量 cal/g	3,860	
	低位発熱量 kJ/kg	16,150	
竹チップ	水分 wt%	38.21	2.38
	水素 wt%	3.82	2.76
	低位発熱量 cal/g	2,580	7,180
	低位発熱量 kJ/kg	10,790	30,040
混合チップ(幹材・根株・枝葉・木皮・竹及びオガクズの同率混合)	水分 wt%	38.13	0.94
	水素 wt%	4.06	3.10
	低位発熱量 cal/g	2,680	7,000
	低位発熱量 kJ/kg	11,210	29,290
石炭	水分 wt%	11.48	
	水素 wt%	4.36	
	低位発熱量 cal/g	4,880	
	低位発熱量 kJ/kg	20,420	
褐炭	水分 wt%	14.34	
	水素 wt%	3.64	
	低位発熱量 cal/g	4,710	
	低位発熱量 kJ/kg	19,710	

6-3.熱分解処理による木質バイオマス燃料 の製造結果(ヒートバランス)

木質チップ450kgを処理した場合

総使用電力量, 電力料金(1炉処理あたり)

222.7kwh, 5,568円

内訳

窒素発生装置(コンプレッサー+窒素発生器)消費電力、料金

$9.32\text{kW}/0.8 (= 11.65\text{kW}) \times 8\text{hr}(1\text{サイクル分}) = 93.2\text{kWh}, 2,330\text{円}$

シースヒータ使用電力、料金

ヒーター: $3.7\text{kW} \times 12\text{本} = 51.8\text{kW}$, 駆動時間 2.5hr(1サイクル分)

$51.8\text{kW} \times 2.5\text{hr} = 129.5\text{kWh}, 3,238\text{円}$

※電力料金は、25円/kwにて算出

6-4.熱分解処理による木質バイオマス燃料 の製造結果(マスバランス)

処理木質バイオマス量 1.5m³

気乾木質バイオマス質量 450kg

熱処理後 EEN Aカーボン質量135kg

	熱分解処理前	熱分解処理後
含水量	39.58wt%	0.00wt%
炭素	30.04wt%	82.20wt%
水素	4.11wt%	3.14wt%
酸素	24.68wt%	8.67wt%
窒素	0.01wt%	0.28wt%
硫黄	0.01wt%	0.01wt%
塩素	0.05wt%	0.13wt%
珪素	0.24wt%	1.14wt%
リン	0.01wt%	0.05wt%

6-5.熱分解処理による木質バイオマス燃料 の製造結果(生産コスト)

- ▶ 1炉処理生産EEN Aカーボン質量 135kg
- ▶ EEN Aカーボンtあたり電気使用量, 電気料金
 - ▶ $222.7\text{kwh}/0.135\text{t} = 1,649.63 \text{ kwh/t}$
 - ▶ $1,649.63\text{kwh/t} \times 25\text{円/kwh} = 41,241\text{円/t}$
- ▶ 施設コスト 2億円(1日10tの木質チップを処理した場合)、10年償却
- ▶ 運営費 人件費@300万円/人年×3人、修繕消耗品率10%
- ▶ 炉稼働 2回/日 × 300日/年、
 - ▶ 年間生産EEN Aカーボン 81t
 - ▶ 年間運営経費 1,434.1万円/年
- ▶ 事業生産コスト 17.7万円/t (施設償却含まず)

7-1.木質バイオマス燃料の燃焼実証状況

燃焼装置



粉末炭素吹き入れ器



粉末化炭素混合器



粉末化装置



7-1.木質バイオマス燃料の燃焼実証状況

木質チップ 1kg



粉末炭素 100g



燃焼試験



温度計



7-1.木質バイオマス燃料の燃焼実証状況

チップのみ燃焼時 543.2℃



粉末炭素吹き込み時 729.2℃



粉末炭素吹き入れ後、約34%の温度が上昇

8.製造結果と燃焼実証の考察

熱分解処理前の木質バイオマス原料(林地残材)の発熱量は $2,000\text{cal/g} \sim 4,000\text{cal/g}$ であったが、熱分解処理後の木質バイオマス燃料の発熱量は $6,000\text{cal/g} \sim 7,500\text{cal/g}$ に増加した。なお、既存のエネルギー原料の発熱量はオガクズペレット $3,860\text{cal/g}$ 、石炭 $4,880\text{cal/g}$ 、褐炭 $4,710\text{cal/g}$ であった。以上の結果から、林地残材を熱分解処理することにより約2～3倍に発熱量が増加させることが可能となった。

また、燃焼実証により林地残材のみを燃焼させているところに林地残材を熱分解処理した木質バイオマス燃料を粉末化して吹き入れることにより燃焼温度を 543.2°C から 729.2°C (約34%上昇率)に上昇させることが出来た。この結果から、林地残材を熱分解処理することにより製造した燃料は、燃焼温度を上昇させる増熱添加剤としての可能性が実証できた。

9-1.事業化の検証

(表1モデル地域における森林木質バイオマスプラントと収集可能性)

EEN21減質量率	0.6
EEN21減容率	0.1
木質チップ比重	0.3
EEN21加工電カコスト 円/m3	1,670
施設需要量 木質バイオマス t	1,000

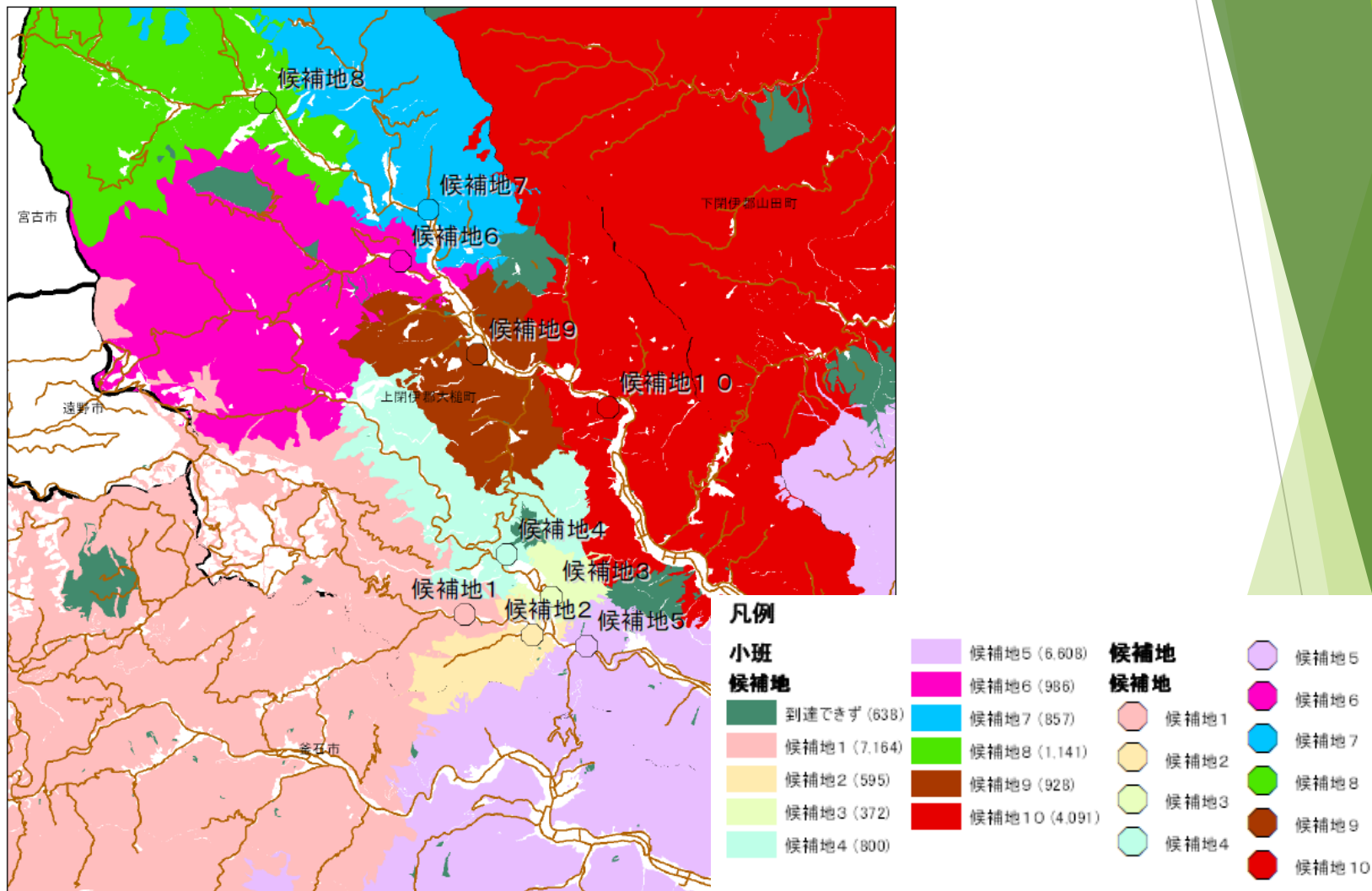
	発熱量kcal/kg	質量 t	総発熱量 kcal	体積 m3	単価 円/kg	価格 円	加工経費
木質チップ	2,680	0.6	1608000	2	10.00	6000	
EEN Aカーボン運搬未考慮	7,000	0.36	2520000	0.2	7.39	2660	3340

※EEN Aカーボンとは 特許を取得した新物質

	シナリオ 1	シナリオ 2 : 先山近傍で全てAC化運搬	シナリオ 3 : シナリオ2 + 先山→5 km地点バンドル運搬	シナリオ 4 : バンドル運搬+プラントチップ化+AC加工→混焼
運搬トラック積載量 t	11	11	11	11
枝条残材運搬距離a	30	0	5	30
枝条残材運搬コスト 円/t	7,665	7,665	4,144	4,894
EEN Aカーボン運搬距離b	0	30	25	0
EEN Aカーボン運搬コスト 円/t	0	0	0	0
施設需要量 木質バイオマス t	1,000	0	1,000	1,000
施設需要量 EEN Aカーボン t	0	383	383	
混焼ケース				
木質バイオマスt 熱量50%				500
EEN AC t 熱量50%				191
運搬コスト 枝条残材 円	7,664,762	0	0	0
運搬コスト バンドル 円	0	0	4,144,090	4,894,090
運搬コスト EEN Aカーボン 円	0	0	0	0
総運搬コスト 円	7,664,762	0	4,144,090	4,894,090
EEN Aカーボンコスト 円	5,566,667	5,566,667	5,566,667	2,783,333
総事業コスト 円	13,231,429	5,566,667	9,710,757	7,677,424

9-2.事業化の検証

(図1モデル地域における森林木質バイオマスプラントと収集可能性)



9-3.事業化の検証

(表2森林木質バイオマスプラントの規模シナリオによる可能性)

候補地	樹種種別	発電所規模		必要バイオマス量	1,000トン/年	パターン				稼働年数	考察
		100kw				パターン1		パターン2			
		面積	立木材積			用材	バイオマス	箱車使用コスト	単価		
広さ (ha)	量 (m3)	コスト (円)	量 (トン)	(円)	(トン/円)	(円)	(トン/円)				
1	針葉樹	4,890.57	1,312,990	6,127,473,011	9,378	120,332,739	12,831	46,363,246	4,944	22	
	広葉樹	3,047.81	492,701	2,363,215,021	12,318	280,191,078	22,747	180,382,543	14,644		
	合計	7,938	1,805,691	8,490,688,032	21,696	400,523,818	17,789	226,745,790	9,794		
2	針葉樹	171.50	78,188	353,783,814	558	6,387,916	11,438	2,501,629	4,479	1	候補地1、3、4、5と近い ため集まらない
	広葉樹	95.95	17,605	77,588,006	440	8,945,092	20,324	5,861,381	13,318		
	合計	267	95,793	431,371,820	999	15,333,009	15,881	8,363,010	8,898		
3	針葉樹	64.75	30,354	132,446,341	217	2,455,675	11,326	963,101	4,442	1	候補地1、2、4、5と近い ため集まらない
	広葉樹	86.96	14,377	64,128,255	359	7,282,544	20,262	4,804,740	13,368		
	合計	152	44,731	196,574,596	576	9,738,218	15,794	5,767,841	8,905		
4	針葉樹	442.80	94,810	541,099,620	677	7,927,829	11,707	3,094,086	4,569	2	候補地1、2、4、5と近い ため集まらない
	広葉樹	380.59	57,670	249,779,883	1,442	29,538,527	20,488	19,133,338	13,271		
	合計	823	152,480	790,879,503	2,119	37,466,356	16,097	22,227,424	8,920		
5	針葉樹	3,855.78	1,372,947	6,686,481,405	9,807	123,362,294	12,579	47,658,607	4,860	21	
	広葉樹	2,847.54	464,091	2,343,548,057	11,602	261,430,384	22,533	172,996,580	14,911		
	合計	6,703	1,837,038	9,030,029,462	21,409	384,792,678	17,556	220,655,187	9,885		
6	針葉樹	1,626.19	277,788	1,238,363,974	1,984	23,754,480	11,972	9,240,960	4,657	5	候補地6、7、8、10と近い ため集まらない
	広葉樹	709.22	104,724	481,408,621	2,618	55,803,963	21,315	36,393,675	13,901		
	合計	2,335	382,512	1,719,772,595	4,602	79,558,443	16,643	45,634,635	9,279		
7	針葉樹	965.23	162,815	892,095,685	1,163	14,010,793	12,047	5,445,574	4,682	5	候補地6、7、8、10と近い ため集まらない
	広葉樹	1,289.57	155,231	671,377,680	3,881	82,042,496	21,141	52,313,938	13,480		
	合計	2,255	318,046	1,563,473,365	5,044	96,053,289	16,594	57,759,512	9,081		
8	針葉樹	936.48	187,582	808,892,714	1,340	15,845,176	11,826	6,174,973	4,609	5	候補地6、7、8、10と近い ため集まらない
	広葉樹	976.82	137,033	585,022,257	3,426	69,550,498	20,302	44,968,125	13,126		
	合計	1,913	324,615	1,393,914,971	4,766	85,395,674	16,064	51,143,098	8,867		
9	針葉樹	512.11	120,357	565,972,598	860	9,946,419	11,570	3,888,602	4,523	2	候補地6、7、8、10と近い ため集まらない
	広葉樹	390.40	55,201	253,211,585	1,380	28,567,028	20,700	18,882,746	13,683		
	合計	903	175,558	819,184,183	2,240	38,513,447	16,135	22,771,347	9,103		
10	針葉樹	7,737.70	1,737,576	8,364,367,744	12,411	175,390,862	14,132	66,737,792	5,377	24	
	広葉樹	2,784.07	463,036	2,039,660,906	11,576	260,424,844	22,497	162,514,245	14,039		
	合計	10,522	2,200,612	10,404,028,650	23,987	435,815,706	18,314	229,252,037	9,708		

9-4補足資料 トラックマウントバンドラー

■ 車両搭載型バンドリングマシン

- ◆ 低質材をバンドルすることで、輸送効率が向上
- ◆ 高い機動性により、より自由度の高い集材が可能に



9-5.事業化の検証 (地域森林資源利用の可能性)

- ▶ 年間に1000tの木質バイオマス、2000m³、等量の素材生産事業によって発生する林地残材量。
- ▶ 60年輪伐期の針葉樹人工林施業、年間に2haの皆伐1000m³、同6haの高齢級間伐600m³、同6haの若中齢級間伐400m³。
- ▶ 施業が循環するまとまり面積、1200ha。針葉樹人工林の面積率を0.5、施業可能森林の面積率を0.5として、地域の約1100haごとに100kwクラスの木質バイオマス発電供熱プラント。地域集落規模として自治200戸程度がまとまり単位。
- ▶ 平均的な山間地域体1つに100kwクラスの木質バイオマスプラントを世帯数に応じて設置。運転経費と人件費、年間の戸あたりの電熱利用負担額は11万円程度。
- ▶ 発電時の余熱を地域へ供給。
- ▶ 施設経費は5億円、各戸の年間負担額を2万円として、半額補助がある場合には10年で償却される。

10. 熱分解処理による木質バイオマス加工・利用システムの開発及びその事業化の検証結果

1. 熱分解処理による木質バイオマス加工・利用システム

- ・林地残材の収集は全木集材で行う。
- ・路側造材後、先山近傍で熱分解処理し、運搬するのが最善。
- ・次善は先山でバンドル化し運材、発電熱プラント隣接地で熱分解処理する。
- ・EEN Aカーボンは木質バイオマスとの混焼利用する。

2. 事業化の検証

① 経済性 (9-1表1 P16ページ)

- ・先山近傍で木質バイオマスをEEN Aカーボン化処理することが得策。可搬式の処理炉装置が有用である。EEN Aカーボンの運搬は通勤車で行う。シナリオ2。
- ・事業経費は、木質バイオマスそのものを扱う場合の1/2、バンドル化して運搬効率を上げる場合より軽減される。
- ・EEN Aカーボン化処理コストを考慮しても事業採算がある。

② 供給の安定性(9-2図1P 17ページ、9-3表2 P18ページ)

- ・モデルエリアにおいて、発電規模100kwの施設を分散配置させると、近傍の5施設ほどを統合化すると想定ビジネスモデルを表現できる。まとまりエリアの間隔は、数kmから十数km。
- ・1100ha程度を1まとまりとして、森林を持続的に循環利用することによって、発電規模100kwの施設を地域に配置することができる。
- ・収集は、タワーヤーダ作業を主集材作業方式とし、プロセッサ造材とのシステムで、生産作業単価3,000円を想定する。この素材生産作業によって、木質バイオマスを路側で無負担で得る。ビジネスモデルはその時点以降の工程についてのものである。

3. 考察

- ・アトミックカーボンの生産加工処理を組み込んだ、地域森林木質バイオマス事業の構築は、地域にとって極めて有用である。
- ・地域の集落配置、規模に応じて小規模分散型の施設配置を行うことが適切である。
- ・林地残材(剪定枝などを含む)の減容効果は大きく、バンドラーの適用も有効である。