

山口市木質バイオマス利活用計画 に係る基礎調査等業務

概 要 報 告 書

平成 29 年 1 月 20 日



第1章 業務概要.....	1
1.1 業務の目的	1
1.2 業務項目	1
第2章 賦存量及び利用可能量調査	2
2.1 木質バイオマス賦存量調査.....	2
2.1.1 航空写真による林相判読.....	3
2.1.2 現地調査	5
2.1.3 賦存量の算出	7
2.2 木質バイオマス利用可能量調査.....	18
2.2.1 20年間の森林成長量の予測と伐採可能量の推定.....	18
2.2.2 現状の生産システムによる利用可能量の算出.....	20
2.2.3 地域関係者・関係事業者等への聞取調査	23
2.3 木質バイオマス利用に関する目標の設定	24
2.3.1 持続可能な森林資源の供給に向けた木質バイオマス利用可能量の算出.....	24
2.3.2 木質バイオマス利用に関する目標量.....	25
2.4 実施体制の確立	28
2.4.1 木質バイオマス利活用事業の実施体制イメージ	28
2.4.2 事業実施時の要件.....	29
第3章 木質バイオマス資源の利活用に対する業務提案.....	30
3.1.1 生チップボイラー導入調査	30
3.1.2 報告書の作成について.....	30
3.2 願成就温泉施設への木質チップボイラーの導入	31
3.2.1 既存施設の現状	31
3.2.2 温泉施設の負荷調査（簡易診断）	31
3.2.3 熱負荷計算とボイラー能力算定	31
3.2.4 燃料使用量.....	32
3.2.5 生チップボイラーのメーカー比較	33
3.2.6 機器設置場所	33
3.2.7 システムの特徴	33
3.2.8 イニシャルコスト.....	33
3.2.9 ランニングコスト	34
3.2.10 経済的評価.....	35
3.3 徳地総合支所.....	35
3.3.1 新徳地総合支所の規模.....	35
3.3.2 空調負荷の条件	35
3.3.3 熱計算と機種選定.....	36
3.3.4 年間生チップ使用量の試算	37
3.3.5 木質バイオマスボイラーのメーカー比較	38

3.3.6 木質バイオマスボイラーおよび吸収式冷温水機の設置場所	38
3.3.7 システムの特徴	38
3.3.8 イニシャルコスト	38
3.3.9 ランニングコスト	39
3.3.10 経済性評価	39
3.4 阿東老人ホーム	41
3.4.1 施設の現状	41
3.4.2 施設の負荷調査	41
3.4.3 熱計算とボイラー能力算定	41
3.4.4 生チップ必要量	42
3.4.5 生チップボイラーのメーカー比較	43
3.4.6 ボイラー室の配置	43
3.4.7 システムの特徴	44
3.4.8 イニシャルコスト	44
3.4.9 ランニングコスト	44
3.4.10 経済性評価	44
3.5 トマトハウス	44
3.5.1 ハウスの規模の想定	45
3.5.2 ハウスの負荷	45
3.5.3 熱負荷計算	45
3.5.4 生チップ使用量の試算	46
3.5.5 ハウス加温機メーカーの比較	46
3.5.6 生チップボイラー等の配置	46
3.5.7 システムの特徴	46
3.5.8 イニシャルコスト	47
3.5.9 ランニングコスト	47
3.5.10 経済性評価	47
3.6 経済性評価のまとめ	48
第4章 各施設の生チップ導入への考察	50
4.1 生チップボイラーの導入適正	50
4.1.1 願成就温泉	50
4.1.2 新徳地総合支所・阿東老人ホームおよびトマトハウス	50
4.2 木質バイオマスの比較	50

第1章 業務概要

1.1 業務の目的

山口市の豊富な森林資源を木質バイオマスとして有効利用することで、化石燃料の使用量を抑制し、森林の保全・再生活動を通じた地球温暖化対策、素材生産の規模拡大や林地残材搬出などによる雇用創出等の地域活性化を推進するため、木質バイオマスの賦存量及び利用可能量の実態調査、利用量の実態調査、利用のためのコスト検証等を実施し、循環型木質バイオマスエネルギーの利用体系の構築を目的とする。

1.2 業務項目

(1) 賦存量及び利用可能量調査等業務

- ① 木質バイオマス賦存量及び利用可能量調査
- ② 木質バイオマス活用の現状把握
- ③ 木質バイオマス活用に関する目標の設定
- ④ 木質バイオマスに関する取組方針の検討
- ⑤ 実施体制の確立

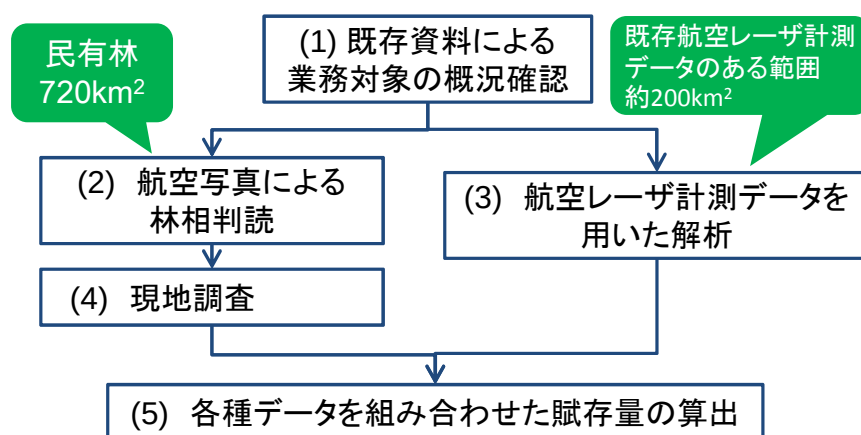
(2) 木質バイオマス資源の活用に対する提案業務

- ① 願成就温泉施設への木質チップ炊きボイラー
- ② バイオマス発電施設への木質チップ供給
- ③ 公共施設等への導入
- ④ 上記①～③を踏まえた効果的な活用方策及び新たな活用方策の提案

第2章 賦存量及び利用可能量調査

2.1 木質バイオマス賦存量調査

本調査では、木質バイオマス利用可能量を推定する際の基礎データとして、現存する森林簿の精度向上を図り、できる限り正確な木質バイオマス賦存量を推定することが求められている。そこで、最新の航空写真判読、航空レーザ計測データの解析等、既存データから得られる情報の特性に応じた調査を実施し、これらと現地検証データを組み合わせた解析を行うことで、可能な限り精度の高い賦存量を算出することとした。賦存量調査のフローを以下に示す。



図表 2-1 賦存量調査のフロー

2.1.1 航空写真による林相判読

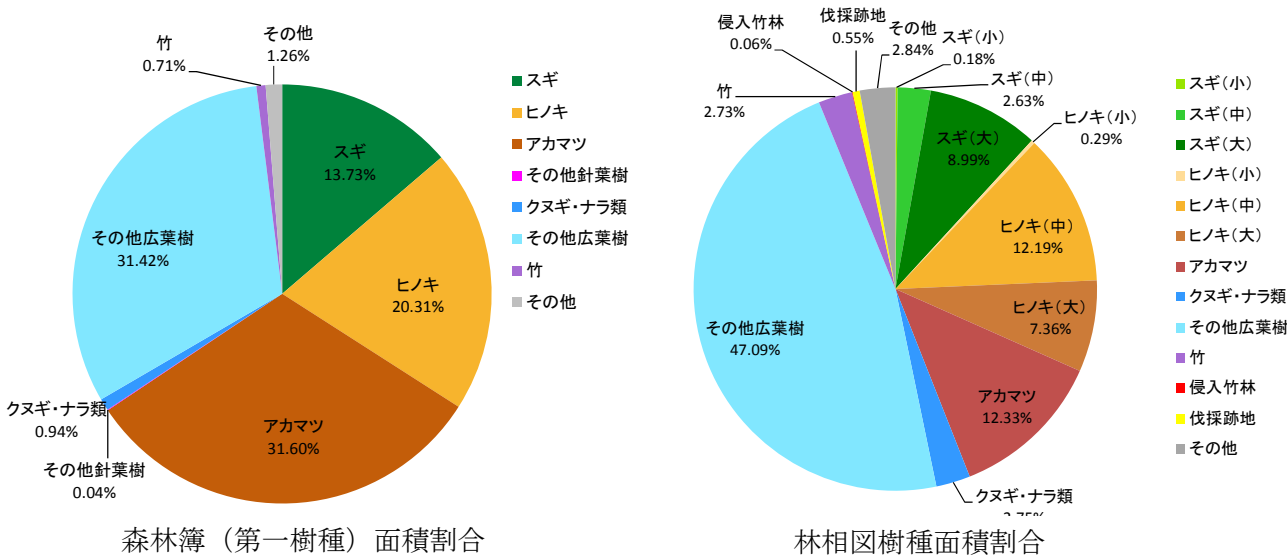
賦存量調査の基礎データとして、対象範囲で航空写真(平成 26 年度 2 月撮影)を用いて目視判読を行い、林相区分図を作成した。判読にあたっては縮尺 1/5,000 の地図上で 0.5cm×0.5cm(実尺 25m×25m)を最小判読単位とした。

判読した林相区分図から算出した林相別面積集計一覧を図表 2-2 に、林相別面積割合グラフを図表 2-3 に示した。また、林相区分図を図表 2-4 に示した。

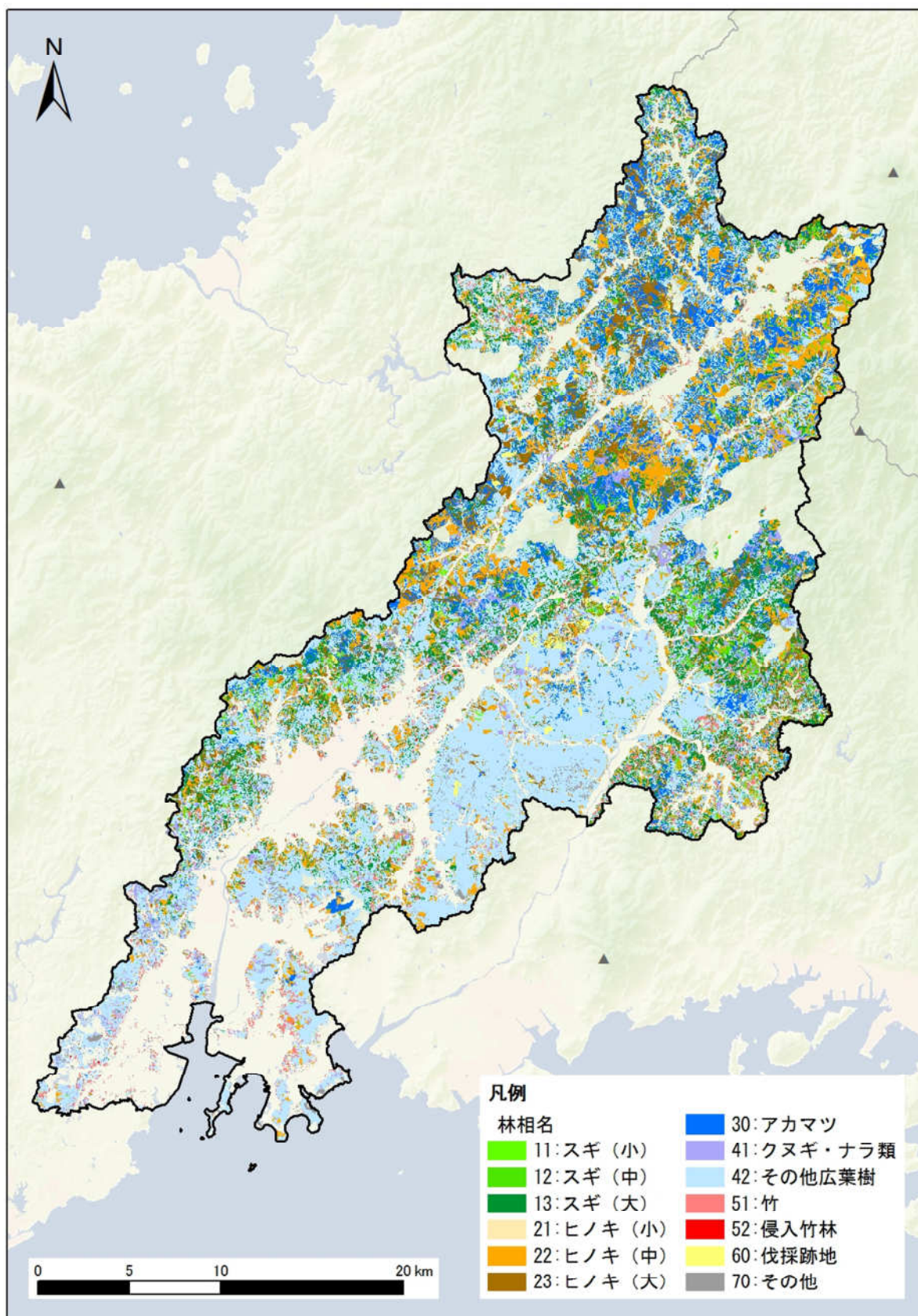
調査地に最も広範囲に分布している樹種は広葉樹で、クスギ・ナラ類とその他広葉樹あわせて 36,079.07ha(49.75%)を占めた。次いで、ヒノキが 14,369.97ha(19.85%)、アカマツが 8,926.49ha(12.33%)、スギが 8,551.58ha(11.81%)であった。

図表 2-2 林相別面積集計一覧

林相ID	林相名	森林簿面積 (ha)	林相面積 (ha)	林相面積 割合(%)
11	スギ(小)	—	133.01	0.18
12	スギ(中)	—	1906.97	2.63
13	スギ(大)	—	6511.61	8.99
	小計	9938.68	8551.58	11.81
21	ヒノキ(小)	—	211.52	0.29
22	ヒノキ(中)	—	8829.07	12.19
23	ヒノキ(大)	—	5329.38	7.36
	小計	14707.63	14369.97	19.85
30	アカマツ	22875.3	8926.49	12.33
—	その他針葉樹	25.5	—	—
41	クスギ・ナラ類	681.56	1988.67	2.75
42	その他広葉樹	22744.37	34090.40	47.09
51	竹	517.11	1976.45	2.73
52	侵入竹林	—	40.75	0.06
60	伐採跡地	—	399.10	0.55
70	その他	909.17	2055.90	2.84
	統計	72399.32	72399.32	100



図表 2-3 面積割合



図表 2-4 林相区分図（航空写真判読）

2.1.2 現地調査

現地調査は、航空写真判読による林相区分の精度向上を図るため、判読した主要な林相に対し、現地概況調査によって実際の森林分布状況を確認し、林相区分図に反映させた。また、前項の林相区分図の結果から、林相単位の花積推定に資する基礎データを取得するために、各林相の標準地調査を実施した。

標準地1箇所の規模は、半径5.64m、水平投影面積で100m²とし、調査項目は、胸高直径、樹高、枝下高とした。花積の推定には、立木幹花積表西日本編(日本林業調査会 1970)を用いた。なお、竹林については、奥田ら(2006)の推定式をもとに、胸高直径から地上部現存量(t)を算出した。

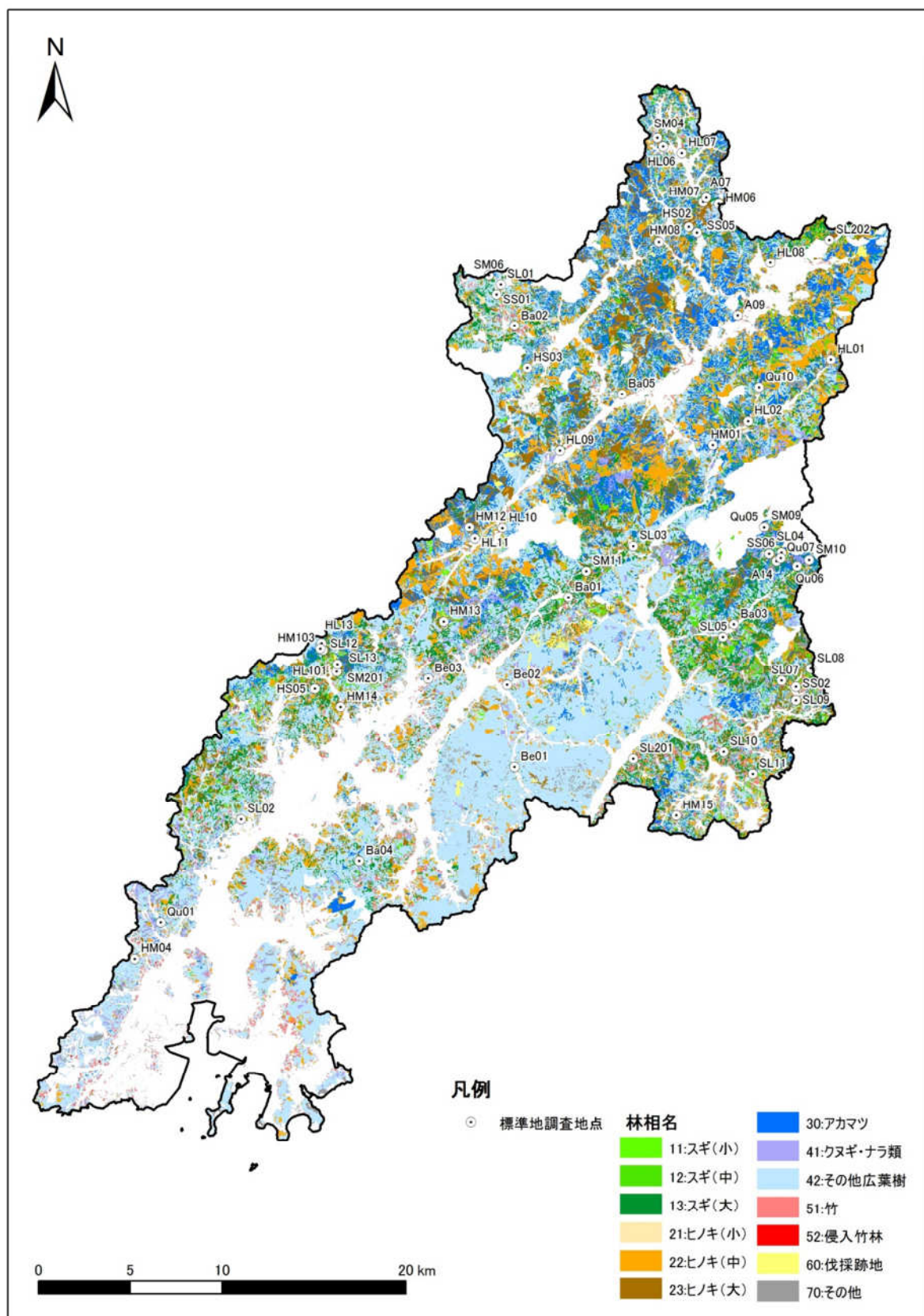
各林相における標準地調査結果一覧を図表 2-5 に、調査地点位置図を図表 2-6 に示す。

標準地調査は、スギ(小)で4地点、スギ(中)で6地点、スギ(大)で14地点、ヒノキ(小)で3地点、ヒノキ(中)で10地点、ヒノキ(大)で10地点、アカマツで3地点、クヌギ・ナラで5地点、その他広葉樹で3地点、竹林で5地点、計63地点で実施した。

図表 2-5 標準地調査結果一覧表

調査番号	林相	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	本数密度 (本/ha)	haあたり花積 (m ³ /ha)	調査番号	林相	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	本数密度 (本/ha)	haあたり花積 (m ³ /ha)
SS01	スギ(小)	15.8	8.4	2,300	195	HM12	ヒノキ(中)	28.7	18.2	1,100	643
SS02	スギ(小)	7.5	5.4	3,300	46	HM13	ヒノキ(中)	19.7	12.1	1,000	188
SS05	スギ(小)	14.2	10.1	3,100	255	HM14	ヒノキ(中)	26.0	15.6	1,400	629
SS06	スギ(小)	10.1	6.2	2,100	61	HM15	ヒノキ(中)	24.8	19.1	1,100	521
SM201	スギ(中)	14.6	12.1	2,500	270	HM103	ヒノキ(中)	22.7	17.7	1,400	518
SM04	スギ(中)	21.9	16.2	1,500	434	HL01	ヒノキ(大)	38.4	24.8	500	699
SM06	スギ(中)	29.5	17.3	1,300	712	HL02	ヒノキ(大)	27.7	21.4	1,400	944
SM09	スギ(中)	18.4	17.8	2,500	595	HL06	ヒノキ(大)	26.5	21.4	1,600	1,080
SM10	スギ(中)	26.7	21.4	1,000	580	HL07	ヒノキ(大)	35.0	24.5	800	950
SM11	スギ(中)	24.9	17.2	1,200	480	HL08	ヒノキ(大)	52.2	26.8	500	1,334
SL201	スギ(大)	34.4	24.3	900	950	HL09	ヒノキ(大)	35.7	22.6	600	670
SL202	スギ(大)	29.8	20.1	1,000	639	HL10	ヒノキ(大)	37.2	25.8	800	1,131
SL01	スギ(大)	34.7	21.9	1,100	1,031	HL11	ヒノキ(大)	31.0	21.6	800	659
SL02	スギ(大)	25.2	15.1	1,300	493	HL13	ヒノキ(大)	31.8	22.7	1,000	941
SL03	スギ(大)	33.5	29.6	1,300	1,576	HL101	ヒノキ(大)	29.5	22.2	1,300	1,007
SL04	スギ(大)	45.9	31.5	700	1,618	A07	アカマツ	27.1	19.7	900	474
SL05	スギ(大)	41.7	36.1	600	1,337	A09	アカマツ	14.5	10.3	1,500	164
SL07	スギ(大)	31.6	24.1	900	818	A14	アカマツ	29.9	24.5	1,200	970
SL08	スギ(大)	49.7	28.2	700	1,675	Qu01	クヌギ	19.1	14.3	900	167
SL09	スギ(大)	35.7	31.2	700	1,001	Qu05	クヌギ	13.8	7.1	1,000	51
SL10	スギ(大)	27.4	25.3	1,500	1,082	Qu06	クヌギ	29.7	23.3	900	735
SL11	スギ(大)	32.0	25.3	700	647	Qu07	クヌギ	28.6	16.9	1,000	490
SL12	スギ(大)	34.3	23.7	1,000	1,105	Qu10	コナラ	14.0	8.5	1,500	97
SL13	スギ(大)	35.6	25.0	1,200	1,418	Be01	広葉樹	12.2	12.2	1,200	88
HS02	ヒノキ(小)	8.0	5.9	3,000	56	Be02	広葉樹	17.8	13.7	1,300	266
HS03	ヒノキ(小)	11.8	6.4	1,600	57	Be03	広葉樹	17.6	12.2	1,200	193
HS05	ヒノキ(小)	13.3	7.0	2,300	118	Ba01	タケ	13.0	-	5,400	139
HM01	ヒノキ(中)	22.4	18.7	1,300	495	Ba02	タケ	5.8	-	6,500	28
HM04	ヒノキ(中)	23.6	15.5	1,100	378	Ba03	タケ	11.4	-	5,300	104
HM06	ヒノキ(中)	27.7	15.8	900	416	Ba04	タケ	9.6	-	6,300	86
HM07	ヒノキ(中)	28.5	14.9	1,100	500	Ba05	タケ	10.9	-	6,200	110
HM08	ヒノキ(中)	24.1	14.3	1,100	359						

※タケは地上部現存量の推定値として、ha あたり t で算出した



図表 2-6 標準地調査地点位置図

2.1.3 賦存量の算出

市域の木質バイオマス賦存量を推定するため、前項の現地調査で取得したデータに基づき、各林相の ha あたりの材積(m3)の平均値を算出した。これを林相区分の面積に掛け合わせることで、各林相の立木材積を算出し、立木材積に対して、以下の式と拡大係数(国立環境研究所,2015)に基づいて、枝葉を含む地上部現存量を推定した。

各林相の賦存量推定基礎データを図表 2-7 に、算出した木質バイオマス賦存量に係る各推定値の一覧表を図表 2-8 に示す。ここでは、スギ、ヒノキの林冠サイズ(小)を林齢 20 年生以下、林冠サイズ(中)以上を林齢 21 年生以上と想定して拡大係数を取り扱った。

$$\text{地上部現存量(t)} = \text{立木材積(m3)} \times \text{容積密度(t/m3)} \times \text{拡大係数}$$

図表 2-7 賦存量推定基礎データ

林相区分	容積密度 (t/m3)	拡大係数	
		林齢 20 年生以下	林齢 21 年生以上
スギ	0.314	1.57	1.23
ヒノキ	0.407	1.55	1.24
アカマツ	0.416	1.63	1.23
クヌギ・ナラ	0.619	1.40	1.26
その他広葉樹	0.619	1.40	1.26

(国立環境研究所「日本国温室効果ガスインベントリ報告書(2015)より改変)

図表 2-8 各林相のバイオマス賦存量に係る推定値

林相名	ha あたり材積 (m3/ha)	林相面積 (ha)	立木材積 (m3)	地上部現存量 (t)	バイオマス 賦存量(t)*2
スギ(小)	139.25	133.01	18,522	9,131	2,739
スギ(中)	511.83	1906.97	976,044	376,968	113,090
スギ(大)	1099.28	6511.61	7,158,083	2,764,595	829,378
スギ小計		8551.59	8,152,649	3,150,693	945,208
ヒノキ(小)	77.00	211.52	16,287	10,275	3,082
ヒノキ(中)	464.70	8829.07	4,102,869	2,070,636	621,191
ヒノキ(大)	941.50	5329.38	5,017,611	2,532,288	759,686
ヒノキ小計		14369.97	9,136,767	4,613,199	1,383,960
アカマツ	536.00	8926.49	4,784,599	2,448,183	734,455
クヌギ・ナラ	308.00	1988.67	612,510	477,721	143,316
その他広葉樹	182.30	34090.4	6,214,680	4,847,077	1,454,123
竹*1	93.39	1976.45	184,581	184,581	55,374
計		69903.57	29,085,785	23,485,347	7,045,604

*1:竹林は ha あたり t で計算した

*2:バイオマス賦存量は後述するヒアリング結果に基づき、地上部現存量に対する最大利用率である 30%とした。

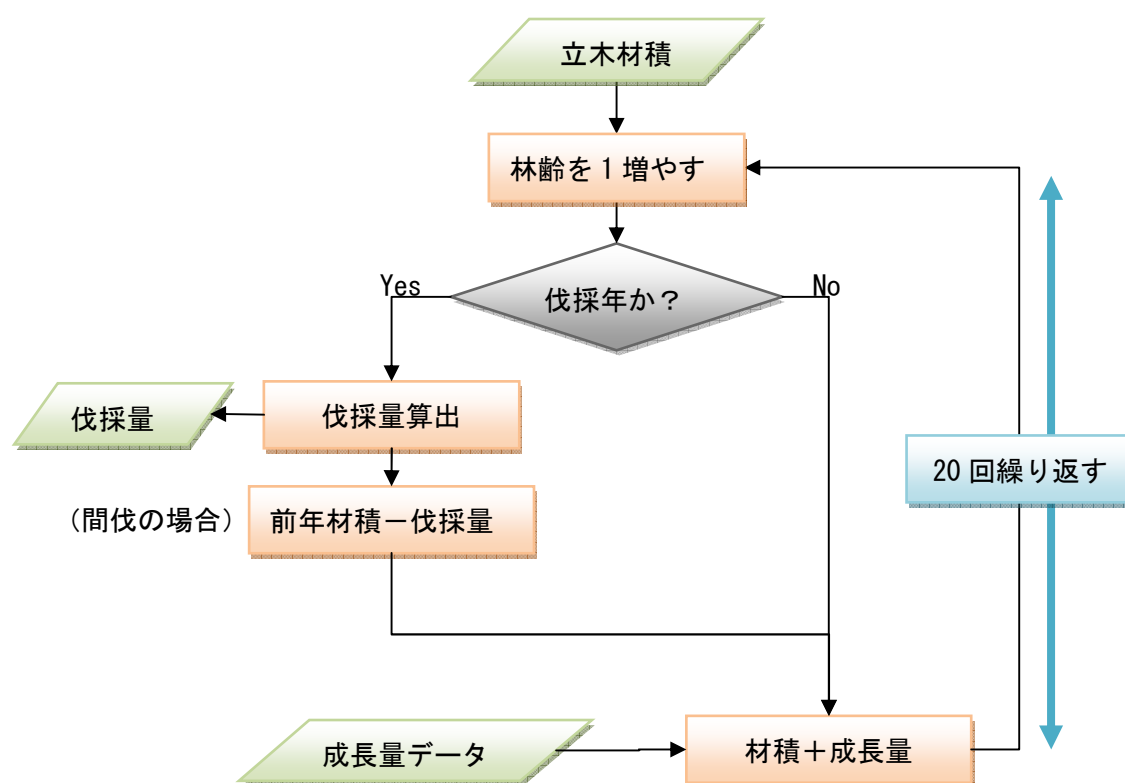
2.2 木質バイオマス利用可能量調査

2.2.1 20年間の森林成長量の予測と伐採可能量の推定

(1) 伐採可能量推定の方法

算出した材積データをもとに、各樹種の収穫表を利用して、間伐及び主伐による収穫予測を試みた。再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT)による調達期間が20年間であることから、今後20年間の伐採可能量を推定した。

今回の調査で算出した材積データと森林簿における林齢データから今後20年分の伐採可能量をMSAccess上で推定した。伐採量推定のフローを図表2-9に示す。



まず、森林簿林齢データを用いて、一年ごとに林齢を1増やす。林齢が伐採年であるかを判定し、伐採年であった場合は伐採量を算出した。伐採を行った小班は前年度材積から伐採量の差分を取り、その年の成長量を加算している。また、伐採年でない小班については成長量を加算した。上記の処理を終了後、次年度の計算に進み、同じ処理を20回繰り返すことで20年分の伐採量を計算した。成長量の計算方法、伐採年の詳細については以下に記載する。

<成長量の計算根拠>

各樹種の成長量は、下記の資料を参考に算出した。なお、後述するヒアリング調査結果に基づき、スギ・ヒノキの本数間伐率は **30%**とした。木質バイオマスの利用の中心であるスギ・ヒノキの集計を本文中にまとめ、アカマツと広葉樹の集計は資料編に示す。

- ・スギ： 山口県林業指導センター(2004)「山口県スギ・ヒノキ人工林林分収穫表」
樹種スギ、地位級 2、植栽本数 3,000 本、除伐本数 15%、間伐本数率 30%と仮定
- ・ヒノキ：山口県林業指導センター(2004)「山口県スギ・ヒノキ人工林林分収穫表」
樹種ヒノキ、地位級 2、植栽本数 3,000 本、除伐本数 15%、間伐本数率 30%と仮定
- ・アカマツ：林野庁(1956) 中国内海地方アカマツ林林分収穫表調整説明書
- ・広葉樹：岐阜県林政部(1992) 広葉樹林分収穫表

<計算手順例>

- 1) Excel で林齢、目安本数、平均樹高、平均胸高直径値を入力
- 2) 林齢と平均樹高、林齢と平均胸高直径の散布図を作成し、近似曲線を作成
- 3) 近似式を平均樹高、平均胸高直径に適用
- 4) 幹材積表の式により平均幹材積を計算
- 5) ha あたり幹材積(施業体系の目安本数×平均幹材積)を計算
- 6) ha あたり幹材積の今年値-前年値により成長量を計算

<伐採年の根拠>

広葉樹を除いて、各樹種の成長量の計算根拠に既に間伐年が設定された上での成長量であるため、間伐年は上記資料に基づいて設定した。主伐年については、後述するヒアリング調査結果に基づき、各樹種で 54 年に設定した。

(スギ)

- ・保育間伐:10 年
- ・利用間伐:16 年、21 年、31 年
- ・主伐:54 年

(ヒノキ)

- ・保育間伐:10 年
- ・利用間伐:31 年
- ・主伐:54 年

(アカマツ)

- ・利用間伐:30 年、40 年
- ・主伐:54 年

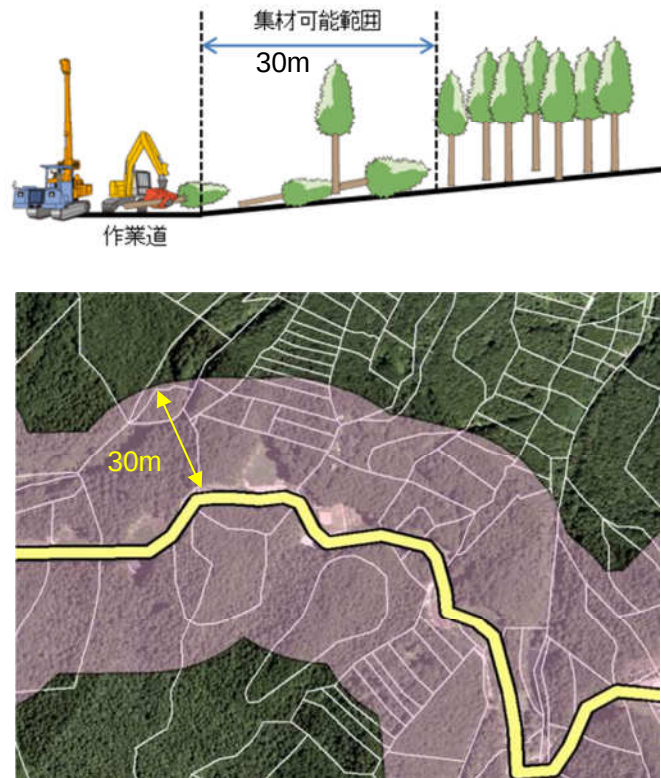
(広葉樹)

- ・主伐:54 年

2.2.2 現状の生産システムによる利用可能量の算出

山口市内における現状の生産システムでは、作業道からの集材可能範囲は片幅 30m であり、立木の地上部現存量に対するバイオマス量(チップ利用率)は少なくとも 25%であった。

そこで集材の可否については、GIS データ上の作業道から発生させた 30m バッファに含まれる小班を集材可能範囲とし、この小班を対象に伐採可能量を算出した。作業道データは収集資料のうち、森林 GIS データを用いた。



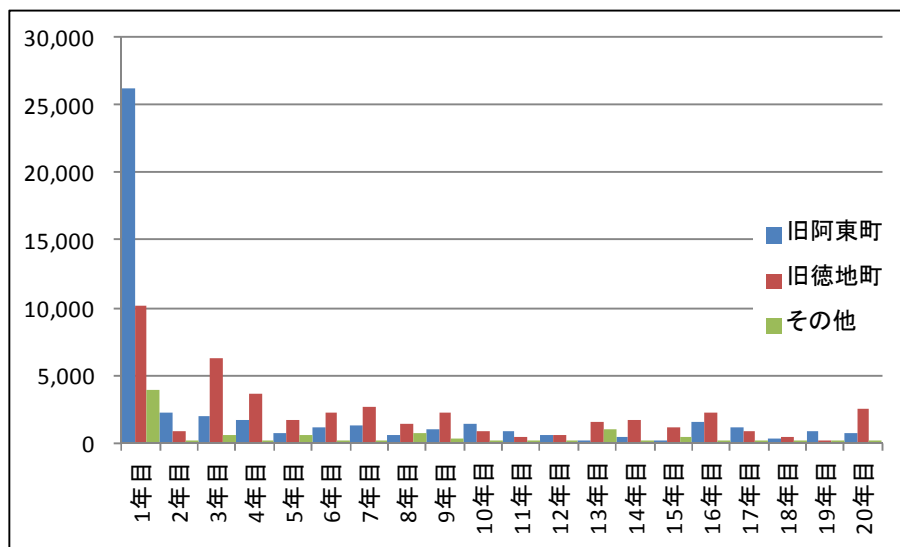
図表 2-10 集材可能範囲の概念図

(1) 市有林の木質バイオマス利用可能量

市有林の旧市町村の3区分における今後20年間における木質バイオマスとしての利用可能量を算出した結果を図表2-11～図表2-12に示す。

$$\text{木質バイオマス量(t)} = \text{立木材積(m}^3\text{)} \times \text{容積密度(t/m}^3\text{)} \times \text{拡大係数} \times \text{利用率 25\%}$$

市有林における木質バイオマス利用可能量は1年目に4万tを超え、2年目以降はいずれも1万tを下回り、1年目を除けば年間平均3,000t程度であった。現況では林齢構成に偏りがあり、伐期を迎えている林分が多く存在するため、単純に計算すると木質バイオマス利用可能量が旧阿東町の1年目に集中する結果となっている。これを平準化していくことが課題と考えられるが、仮に20年間の木質バイオマス利用可能量を平均すると年間4,000t以上を生産できるポテンシャルを有している。



図表 2-11 市有林の集材可能範囲（30m）における今後20年間の木質バイオマス利用可能量（t）

図表 2-12 市有林の集材可能範囲（30m）における今後20年間の木質バイオマス利用可能量（t）

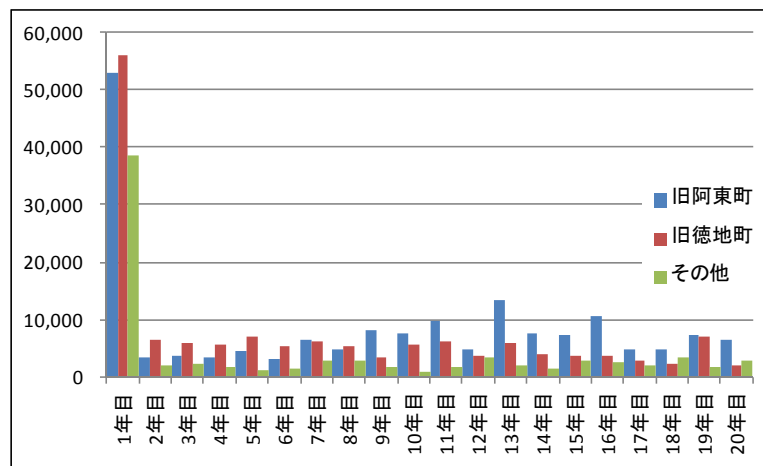
年次	旧阿東町			旧徳地町			その他			計		総計
	スギ	ヒノキ	小計	スギ	ヒノキ	小計	スギ	ヒノキ	小計	スギ	ヒノキ	
1年目	8,286	17,896	26,182	7,694	2,513	10,208	2,506	1,404	3,910	18,486	21,813	40,300
2年目	349	1,964	2,312	369	452	822	190	35	225	908	2,451	3,359
3年目	183	1,795	1,978	2,152	4,156	6,307	530	76	606	2,865	6,027	8,891
4年目	67	1,671	1,738	828	2,808	3,636	11	10	21	906	4,489	5,395
5年目	7	748	754	919	859	1,778	309	358	667	1,235	1,964	3,199
6年目	351	825	1,175	556	1,703	2,259	88	159	247	994	2,687	3,681
7年目	637	633	1,270	1,330	1,301	2,631	1	31	32	1,967	1,965	3,933
8年目	266	384	650	674	703	1,377	610	203	813	1,549	1,290	2,840
9年目	224	823	1,047	700	1,605	2,304	34	363	396	957	2,790	3,747
10年目	375	1,084	1,459	328	623	950	8	118	126	711	1,825	2,536
11年目	67	790	856	159	303	462	71	41	111	296	1,134	1,430
12年目	71	542	614	235	440	674	11	12	23	317	994	1,311
13年目	58	73	131	508	1,017	1,525	585	421	1,006	1,151	1,511	2,662
14年目	22	386	408	405	1,288	1,693	21	87	108	448	1,760	2,208
15年目	9	130	139	213	1,001	1,214	26	392	418	248	1,524	1,771
16年目	38	1,563	1,601	1,233	1,101	2,334	3	4	7	1,274	2,668	3,942
17年目	253	861	1,114	498	394	892	38	23	61	789	1,278	2,067
18年目	25	292	317	73	391	464	14	0	14	111	684	795
19年目	191	661	853	56	111	166	8	221	228	255	993	1,247
20年目	55	659	714	895	1,655	2,550	15	5	21	965	2,319	3,284
年平均	577	1,689	2,266	991	1,221	2,212	254	198	452	1,822	3,108	4,930

(2) その他の民有林の木質バイオマス利用可能量

その他の民有林における今後 20 年間における木質バイオマスとしての利用可能量を算出した結果を図表 2-13～図表 2-14 に示す。

$$\text{木質バイオマス量(t)} = \text{立木材積(m}^3\text{)} \times \text{容積密度(t/m}^3\text{)} \times \text{拡大係数} \times \text{利用率 25\%}$$

その他の民有林における木質バイオマス利用可能量は 1 年目に 14 万 t を超え、2 年目以降は年間 1 万 t 程度であった。現況では林齢構成に著しく偏りがあり、伐期を迎えている林分が多く存在するため、単純に計算すると木質バイオマス利用可能量が 1 年目に集中する結果となっている。これを平準化していくことが課題と考えられるが、仮に 20 年間の木質バイオマス利用可能量を平均すると年間 2 万 t 以上を生産できるポテンシャルを有している。



図表 2-13 民有林（市有林除く）の集材可能範囲（30m）における
今後 20 年間の木質バイオマス利用可能量（t）

図表 2-14 民有林（市有林除く）の集材可能範囲（30m）における
今後 20 年間の木質バイオマス利用可能量（t）

年次	旧阿東町			旧徳地町			その他			計		総計
	スギ	ヒノキ	小計	スギ	ヒノキ	小計	スギ	ヒノキ	小計	スギ	ヒノキ	
1年目	26,552	26,486	53,038	36,228	19,778	56,006	22,789	15,735	38,524	85,569	61,999	147,569
2年目	956	2,353	3,308	3,711	2,744	6,455	1,195	930	2,125	5,862	6,027	11,888
3年目	1,457	2,359	3,816	3,016	2,913	5,929	1,402	1,019	2,422	5,876	6,291	12,167
4年目	1,322	2,059	3,381	2,897	2,876	5,773	1,215	619	1,834	5,435	5,554	10,988
5年目	1,369	3,042	4,411	3,523	3,442	6,965	417	748	1,165	5,309	7,232	12,541
6年目	668	2,468	3,136	2,887	2,594	5,481	738	690	1,428	4,293	5,752	10,045
7年目	836	5,569	6,405	2,811	3,258	6,069	1,554	1,269	2,823	5,201	10,096	15,298
8年目	870	3,826	4,696	2,264	3,047	5,311	1,335	1,639	2,974	4,469	8,512	12,980
9年目	946	7,226	8,172	707	2,601	3,308	593	1,092	1,685	2,246	10,918	13,164
10年目	935	6,725	7,660	2,996	2,627	5,624	436	634	1,069	4,367	9,986	14,352
11年目	1,444	8,315	9,759	3,115	3,108	6,223	879	867	1,746	5,438	12,290	17,728
12年目	875	4,033	4,908	1,373	2,213	3,586	1,386	2,079	3,466	3,634	8,326	11,960
13年目	838	12,626	13,465	1,868	4,005	5,873	1,109	975	2,084	3,814	17,607	21,421
14年目	815	6,634	7,448	1,454	2,421	3,876	146	1,374	1,520	2,415	10,429	12,844
15年目	2,269	4,963	7,232	1,763	2,084	3,847	243	2,714	2,958	4,275	9,761	14,037
16年目	894	9,848	10,743	1,149	2,528	3,677	215	2,393	2,608	2,258	14,769	17,027
17年目	1,030	3,775	4,804	1,588	1,432	3,019	917	1,167	2,084	3,535	6,373	9,907
18年目	979	3,748	4,727	929	1,266	2,194	821	2,543	3,363	2,728	7,557	10,285
19年目	735	6,522	7,258	1,726	5,315	7,040	508	1,309	1,817	2,969	13,146	16,115
20年目	858	5,517	6,375	548	1,494	2,042	832	2,051	2,883	2,239	9,061	11,300
年平均	2,332	6,405	8,737	3,828	3,587	7,415	1,936	2,092	4,029	8,097	12,084	20,181

2.2.3 地域関係者・関係事業者等への聞き取り調査

山口市内の林業事業体に対し、バイオマス利用の現状についてヒアリングを実施した。

ヒアリング対象及び内容は以下のとおりである。主要な素材生産業者である山口中央森林組合、山口阿東森林組合、大林産業㈱へのヒアリング結果の概要を以下に示す。

図表 2-15 主要な素材生産業者へのヒアリング結果概要

ヒアリング対象	山口市中央森林組合	山口市阿東森林組合	大林産業㈱
作業システム	・ 作業システムは車両系 ・ 全木集材主体	・ 作業システムは車両系 ・ D 材搬出なし	・ 作業システムは車両系 ・ 全木集材主体
木質バイオマス 生産量、利用率	944m3 利用率は 30%程度	97 m3 利用率は 7%	発電所向けに県森連へ 年間 6,000t (原木) 供給、 利用率は 26% (15,000m3/年程度は供給可能)

※木質バイオマス利用率：伐倒木全体量に対する木質バイオマスの発生割合。

図表 2-16 木質バイオマスの利用に係る既存資料及び地域関係者・関係事業者等の聞き取り調査結果

木質バイオマス 利用量	山口中央森林組合			山口阿東森林組合			大林産業
	H25 年度	H26 年度	H27 年度	H25 年度	H26 年度	H27 年度	H27 年度
総生産量(m3)	3,025	2,349	2,891	1,825	959	1,314	58,000
うち バイオマス(m3)	938	610	944	66	26	97	15,000
利用率(%)	31	26	32	3	3	7	26

また、山口県森林組合連合会へのヒアリング結果によると山口市内(山口阿東森林組合の近く)にバイオマス発電用の木材チップ集積場及びチップ製造施設を新規に計画しており、バイオマス生産量が増産される予定になっている。その際、市有林から原木供給することで願成就温泉へのチップ供給も可能であろうと想定されている。

2.3 木質バイオマス利用に関する目標の設定

2.3.1 持続可能な森林資源の供給に向けた木質バイオマス利用可能量の算出

これまでの検討で整理したとおり、伐採可能量と木質バイオマス利用可能量は1年目に集中する結果となっている。そこで、現状の作業システム(車両系:集材可能範囲は作業道より片幅 30m、木質バイオマス利用量 25%)による毎年の伐採量をできるかぎり一定量となるようにしてバイオマス利用量を平準化した場合の毎年の利用可能量を推定した。

(1) 推定方法

1年目に集中している伐採量を次年度以降に繰り越し、今後20年間で毎年の木質バイオマス利用可能量が一定量となるように伐採可能量を平準化した。その際、1年目に集中している伐採可能量は54年生以上の林分からなるため、スギ・ヒノキの成長量を山口県林業指導センター(2004)「山口県スギ・ヒノキ人工林林分収穫表」より算出し、伐採年を翌年に繰り越した場合はその成長量を見込んだ材積を加算した。

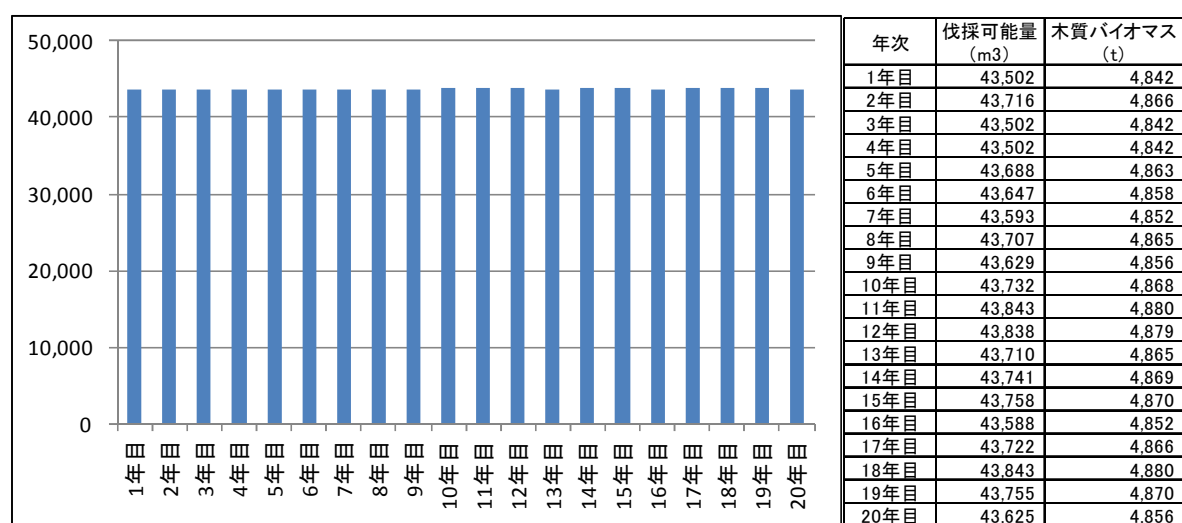
(2) 平準化した場合の木質バイオマス利用可能量

① 市有林

現状の作業システム(車両系:集材可能範囲は作業道より片幅 30m、木質バイオマス利用量 25%)において木質バイオマス利用可能量が毎年一定量となるように伐採可能量を平準化した。

平準化した場合の市有林における今後20年間の伐採可能量及びバイオマス利用量を図表 65 に示す。

その結果、市有林においては年間約 4,800t の木質バイオマスが今後20年間で利用可能と推定された。



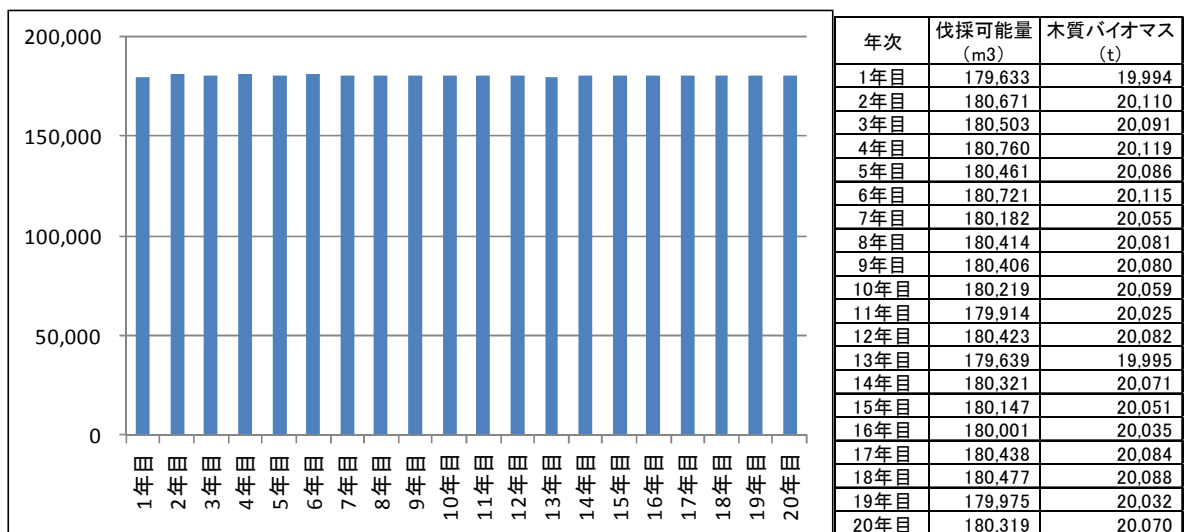
図表 2-17 平準化した市有林における今後20年間における伐採可能量とバイオマス利用可能量

② その他の民有林

現状の作業システム(車両系:集材可能範囲は作業道より片幅 30m、木質バイオマス利用量 25%)による木質バイオマス利用可能量が毎年一定量となるように伐採可能量を平準化した。

平準化した場合のその他の民有林における今後 20 年間の伐採可能量及びバイオマス利用量を図表 2-18 に示す。

その結果、その他の民有林においては年間 20,000t 程度の木質バイオマスが今後 20 年間で利用可能と推定された。



図表 2-18 その他の民有林における今後 20 年間における伐採可能量とバイオマス利用可能量

2.3.2 木質バイオマス利用に関する目標量

(1) 市有林からの木質バイオマスの目標量

市有林では、現状の作業システムにおける木質バイオマス利用可能量を推計した結果、年間約 4,800t の木質バイオマスが今後 20 年間で利用可能と推定された。

次章で検討している 4 つの施設における生チップボイラーが必要とする燃料を合計すると、合計 590t/年(願成就温泉施設約 371t/年、徳地総合支所約 100t/年、阿東老人ホーム約 42t/年、トマトハウス約 77t/年)となる。また、山口県森林組合連合会によって木材チップ集積場及びチップ製造施設が整備される予定となっており、これらの施設の利用に際して、山口県内のバイオマス混焼発電施設にも一定量のチップ燃料を供給することが求められている。

以上より、市有林からの木質バイオマス利用量の目標は、ボイラー施設等の熱利用に関しては今後の需要増加も加味し、木質バイオマス目標量を 800t とし、そのほか山口県内のバイオマス混焼発電施設に年間 4,000t、合計して年間 4,800t を目標量として設定する。

(2) 木質バイオマス利用率※の目標設定(利用率を 25%から 30%へ増加)

市内の主要な林業事業体の現状における集材システムは、多くが全木集材となっているが、一部では短幹集材となっており、未利用材が搬出されていない林業事業体もあった。

そこで、木質バイオマスの供給量拡大に向けて短幹集材を全木集材に集材システムを変更し、**木質バイオマスの利用率を山口市内全体で 25%から 30%へ増加すること**を目標とする。

なお、全木集材を採用している山口中央森林組合では現状でも 30%以上の利用率を達成しており、木質バイオマス利用率 30%は目標の達成が可能な数値と考えられる。

※木質バイオマス利用率：伐倒木全体量に対する木質バイオマスの収集割合。

(3) 市有林における施業面積の目標

市有林において木質バイオマス利用量 4,800t/年の目標を達成するための施業面積の目安を推定することとした。前項の出材可能量をもとに、今後 20 年間の主伐、間伐ごとに施業が必要となる面積の目安を推定した。

① 主伐面積の目安：41.1ha/年

主伐は、平準化した年間の主伐可能量に対して、現地調査によるスギ・ヒノキの林冠サイズ(大)についての ha あたり材積を割り戻すことで年間の主伐面積の目安を推定した。

各林相の ha あたり材積はそれぞれ、スギ(大)は 1,099.28m³、ヒノキ(大)は 941.50m³ であるため、スギ(大)、ヒノキ(大)の ha あたり材積を平均した値である 1,020 m³/ha を目安に必要な主伐面積を推定すると、年平均面積は 41.1ha となる。

② 間伐面積の目安：10.5ha/年

間伐は、平準化した出材可能量からの主伐可能量の差分を間伐量とし、間伐率 30%と、現地調査によるスギ、ヒノキにおける林冠サイズ(中)の ha あたり材積を割り戻すことで間伐面積の目安を推定した。

各林相の ha あたり材積はそれぞれ、スギ(中)は 511.83m³、ヒノキ(中)は 464.70m³ であるため、スギ(中)、ヒノキ(中)の ha あたり材積を平均した値である 488 m³/ha を目安に必要な搬出間伐面積を推定すると、年平均面積は 10.5ha となる。

図表 2-19 木質バイオマス目標達成のために必要な施業面積の目安

年次	主伐可能量 (m3)	間伐可能量 (m3)	主伐による 木質バイオマス 利用可能量(t)	間伐による 木質バイオマス 利用可能量(t)	主伐面積目安(ha)		間伐面積目安(ha)	
					1020m3/haの場合		488 m3/haの場合	
1年目	42,053	1,449	4,681	161	41.23		10.55	
2年目	42,264	1,453	4,704	162	41.43		10.52	
3年目	42,053	1,449	4,681	161	41.23		10.55	
4年目	42,053	1,449	4,681	161	41.23		10.55	
5年目	42,233	1,455	4,701	162	41.40		10.54	
6年目	42,194	1,453	4,696	162	41.37		10.54	
7年目	42,142	1,451	4,691	161	41.32		10.53	
8年目	42,263	1,444	4,704	161	41.43		10.45	
9年目	42,180	1,449	4,695	161	41.35		10.51	
10年目	42,285	1,447	4,707	161	41.46		10.47	
11年目	42,402	1,442	4,719	160	41.57		10.40	
12年目	42,383	1,455	4,717	162	41.55		10.51	
13年目	42,255	1,456	4,703	162	41.43		10.54	
14年目	42,292	1,448	4,707	161	41.46		10.48	
15年目	42,308	1,450	4,709	161	41.48		10.49	
16年目	42,138	1,451	4,690	161	41.31		10.53	
17年目	42,295	1,427	4,708	159	41.47		10.32	
18年目	42,382	1,460	4,717	163	41.55		10.54	
19年目	42,306	1,449	4,709	161	41.48		10.48	
20年目	42,171	1,454	4,694	162	41.34		10.55	
年平均	42,233	1,450	4,701	161	41.40		10.50	

2.4 実施体制の確立

2.4.1 木質バイオマス利活用事業の実施体制イメージ

山口市内の林業を発展させながら木質バイオマス事業を持続的に成り立たせるためには、伐採・搬出、流通、加工、利用拡大へ至る川上から川下までが一体となって取り組み、森林資源のカスケード利用を推進することが求められている。そのため、素材生産業者（山口中央森林組合、山口阿東森林組合等）、素材加工業者（チップ製造を担う山口森林組合連合会等）、熱利用・発電事業者といった各主体が連携した実施体制（図表 2-20）を構築する。

(1) 森林所有者、素材生産業者

山口市や市内の森林組合等の林業事業体は、持続可能な森林経営計画に基づき計画的に主伐と再植林を実施し、木質チップ利用率 30% を目標に素材加工業者へ C・D 材を供給する。

① 素材加工業者

木質チップ燃料の品質によるトラブルが発生しないように、木質バイオマス発電所向けの生チップのほか、熱利用施設（木質バイオマスボイラー）に適したチップ加工にも取り組む。

② 熱利用・発電事業者

山口市内の熱利用施設において木質バイオマスボイラーの導入を順次拡大していく。山口市は利用拡大のための推進・調整役を担うこととする。



図表 2-20 川上から川下までが一体となった実施体制の確立

2.4.2 事業実施時の要件

(1) 山口県森林組合連合会

- ・ チップの形状は、50mm×50mm×20mm(厚み)程度となる。篩いは一度のみであるため、多少規格外の物も混ざる。
- ・ チップの含水率は50～55%(WB)程度となる。
- ・ 運搬はスライドデッキ 30t 車で計画している。
- ・ チップコストは 11～12 円/kg にする予定であるが、原木の買取金額により変わる。

(2) 熱設備での生(高水分)チップ使用条件

- ・ 県森連のチップ供給体制における搬送・含水率等の条件は発電所対応であるため、小口の熱利用では正常な燃料確保ができない。
- ・ 搬送にスライドデッキ 30t 車を用いた納入では、大きなサイロが必要になるため、搬送方法の検討も必要になる。
- ・ 含水率が 50～55%では低燃焼時に火が消える事が想定される。

(3) 市の対応

- ・ チップ搬送は市が手配し 4t ダンプにコンパネを立てて運ぶ。
- ・ チップの含水率は45%程度になるように伐採方法を変更する。または、伐採してからある期間で乾燥させた物をチップにする。

第3章 木質バイオマス資源の利活用に対する業務提案

3.1.1 生チップボイラー導入調査

生チップボイラー導入調査を行うに当たり、次の手順で取り組むことにした。

- ① 生チップボイラーの導入に適切な施設のリストアップ
- ② 該当施設へのアンケート調査
- ③ 現地調査ヒアリング
- ④ 報告書（基本設計）作成

アンケート調査は、施設の運用・施設規模・源泉温度・市水の月別温度・入浴者の人数等を調査するためにアンケート調査表を作成し、お客様に説明し記入して頂く方法で実施した。アンケート調査表は、資料編に添付する。

3.1.2 報告書の作成について

報告書は、市の要望である生チップを燃料とすることを前提条件としてまとめている。また、各施設の導入検討は次の項目に沿って実施した。

- ① 現状把握
- ② 熱負荷調査（簡易診断）
- ③ 熱計算とボイラーの能力選定
- ④ 燃料使用量
- ⑤ メーカー比較
- ⑥ ボイラー設置場所
- ⑦ システムの特徴
- ⑧ イニシャルコスト
- ⑨ ランニングコスト
- ⑩ 経済性評価

3.2 願成就温泉施設への木質チップボイラーの導入

3.2.1 既存施設の現状

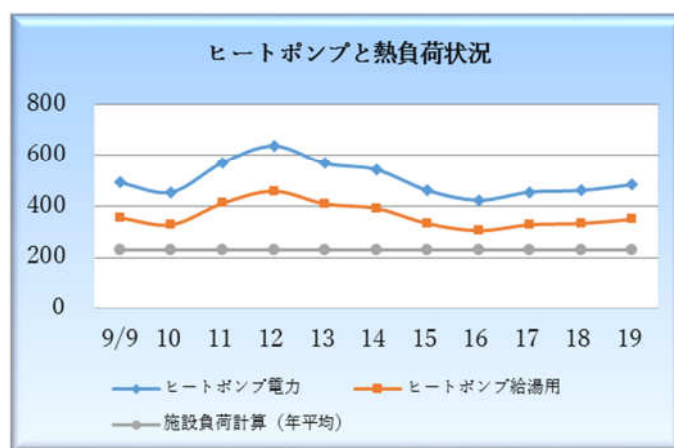
当温泉施設の熱源は、ヒートポンプを採用し冷温水熱源として夜間電力を使用している。温水側の負荷は、源泉の加温、浴槽お湯の温度維持、給湯(シャワー、蛇口)等を加温している。冷水側は居間、大広間、脱衣場等をファンコイル(空気調和機)を使用し冷房している。

ヒートポンプに関連する機器の稼働状況を把握するため、計測機器(データーロガ)を持ち込み9月9日～19日(データは中間期として使用)まで電流値を計測した。

測定結果に対し、温泉施設簡易診断により施設規模・運用方法等を加味し施設負荷を試算すると、年間平均で 220kW/日になり、機器・断熱材等の老朽化により無駄な電力が使用されている事が図表 3-1 から推測された。

3.2.2 温泉施設の負荷調査(簡易診断)

温泉施設の加温及び貯湯用(蛇口・シャワー)、床暖房、厨房等で使用している。実際に使用している状況を計測器(データーロガ)で測定した。また簡易診断で温泉施設の大きさ、入浴者数等から必要熱量を算出した。結果、年間平均(kW/日)で約 40% (図表 3-1) のロスがある事が判明した。



図表 3-1 熱負荷状況

3.2.3 熱負荷計算とボイラー能力算定

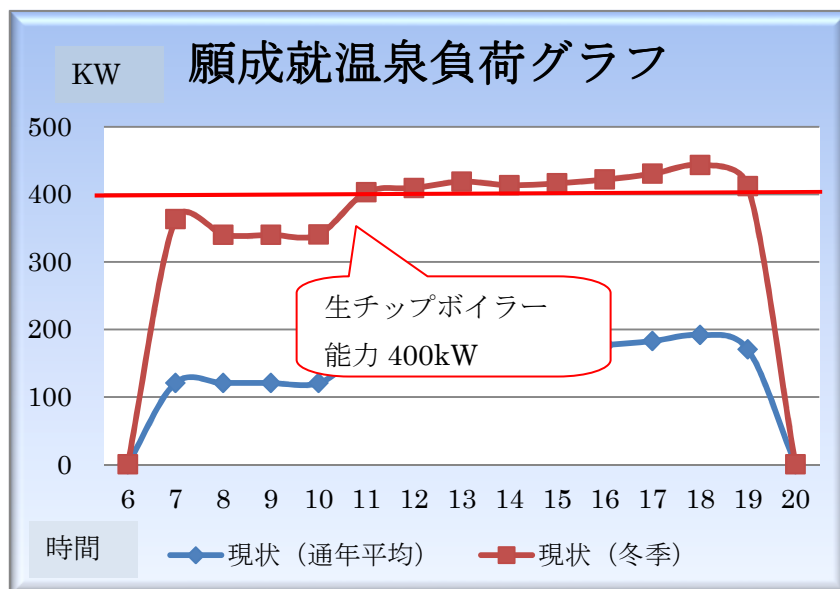
生チップボイラー能力は、お風呂の大きさ、入浴者数等を冬季の条件で計算して必要熱量を計算しボイラー能力を決定する。

化石燃料ボイラーと生チップボイラーを選定する時の大きな違いは、計算で出たボイラー能力に対し化石燃料ボイラーは、制御性が良いので少し大きめのボイラーを選定する。一方、生チップボイラーは、高負荷を掛けて運転することでボイラー効率を上げ燃料使用量を減らす事でランニングコストを下げるができるため、安全率を見ないで計算数値のボイラーを選定する。。

冬季や観光シーズンなど、生チップボイラーだけでは熱供給が不足する場合のため、バックアップボイラー(灯油ボイラー)を立上げ使用する。

願成就温泉の場合、生チップボイラー能力は、設備規模及び運用上検討を加えて計算した、グラフ

(図表 3-2)からも分かるように 400kW 程度が妥当と考えられる。バックアップとして使用する灯油ボイラーは、生チップボイラーに 20%の安全率を見て 480kW 程度が適当である。



図表 3-2 ポイラー能力選定

3.2.4 燃料使用量

簡易診断により、年間 1 日平均熱量を計算し、その熱量に稼働日数を掛け年間必要熱量を出す。施設の稼働状況等を踏まえ、この年間必要熱量の 80%を生チップボイラーによる代替率とし、残りの 20%を灯油ボイラーにより熱供給する設定とした。この熱量に燃料の低位発熱量及びボイラー効率で除して燃料必要量を算出した。

年間の生チップ使用量(図表 3-3)は、約 371t、CO₂ 削減量は 175t-CO₂/年(既存設備(218T-CO₂/年) - 新設設備(42.8t-CO₂/年)であった。灯油使用量は17KL/年で CO₂排出量は約 43t-CO₂/年となる。

生チップを使用する場合、点火及びバックアップの灯油が必要になる。

図表 3-3 年間燃料使用量

項 目	単位	既存設備	新設設備	
			生チップ	灯油
年間平均 1 日熱使用量	kWh/日	2,054	2,054	
稼働日	日/年	365	365	
年間必要熱量	kwh/年	749,628	749,628	
年間使用電力量	kwh/年	299,851	0	0
燃料比率	%	100%	80%	20%
低位発熱量	kwh/kg(l)		2.02	9.69
機器効率	%	2.5	80%	90%
年間使用量	kg(l)/年		371,103	17,191
CO ₂ 発生量	t-CO ₂ /年	218	192.6	42.8

3.2.5 生チップボイラーのメーカー比較

生チップボイラーは、海外及び国内で稼働実績のある 3 社の比較をした。

O 社の生チップボイラーは 500KW で能力が過大であったことから不適とした。D 社、T 社を比較したところ、ボイラー本体及び燃料サイロの形状、大きさに若干の違いはあるものの機能的には、甲乙付けがたい同等である。2 社の違いは納期であり、T 社は受注生産によるため 6 ヶ月の納期が必要である。一方 D 社は工場でボイラー製造し製品として保管、輸入しているため約 3 か月で対応可能である。また、一般的に、実際の入札価格は約 30~40%値引きの期待ができるので、実際の導入においては、見積もりを取得し、経済性を再検証することが必要である。

3.2.6 機器設置場所

機器設置場所は、既存の機械室(10m×10m)に設置予定でしたが機械室下部に水槽が設置されているため、生チップボイラーを設置するための床荷重が問題となり、他の場所に生チップボイラーとサイロの設置を検討する事になる。

3.2.7 システムの特徴

木質チップは品質管理が難しく、製造時に規格外チップ(長尺チップ)が発生し易いため、サイロ搬送装置で詰まりやすく、運転が停止してしまう場合があるこのような場合に備えて、バックアップボイラーとして灯油ボイラーを設ける。バックアップボイラーの能力は、能力選定でも説明した通り、480KW 程度のボイラーが適当である。

今回初めて、蓄熱タンク内に熱交換器を複数台(5 台)設置する方法を採用し、省エネ、省スペース化を行う新しい仕組みを取り入れた。

その際、注意する事として次の事が挙げられる。

- ① 熱交換器は、蓄熱タンク内に化石燃料ボイラー用、源泉加温用、男女温泉循環用(2 台)、床暖房用の 5 台を設ける。
- ② 貯湯用は別に貯湯タンク内に熱交換器を設ける。
- ③ 独立の熱交換器を設けないため機械室がシンプルで、省スペース化、ポンプ台数減少を実現。また、省エネの観点からは、熱交換器の放熱削減、配管の短縮、ポンプの台数が減少により熱ロスの減少が可能。

3.2.8 イニシャルコスト

イニシャルコスト(図表 3-4)は、ボイラー設置図に示した仕様(機器や台数等)の範囲で、ボイラー本体及び燃料サイロ及び化石燃料ボイラーの購入価額は 45,000,000 円程度。実際の運用においては、付帯施設として蓄熱タンク、熱交換器および貯湯タンク等も仕様に加える事が必要で有り、実際に工事を進める場合は仕様を明確にしてメーカーから概要図、見積書を取って進めることが必要である。

図表 3-4 イニシャルコスト

項 目	仕様	数量	単位	単価	金額
生チップボイラー	3 社の中から選ぶ	1	台	25,000,000	25,000,000
灯油ボイラー	400KW、サービスタンク含む	1	台	4,000,000	4,000,000
生チップサイロ	土工事及び搬送装置含む	1	台	16,000,000	16,000,000
蓄熱タンク	SAS 12m ³ 、パネル方式及び熱交換器含む	1	式	7,500,000	7,500,000
貯湯タンク	2m ³ ・(株)ベルテクノ、熱交換器付き、第二種圧力タンク	1	基	2,000,000	2,000,000
基礎工事	ボイラー、タンク基礎工事	1	式	700000	700,000
ポンプ	2.2 kw、80×700 L/min、荏原ラインポンプ	5	台	130,000	650,000
ポンプ	0.25 kw、32×45 L/min、荏原ラインポンプ	1	台	76,000	76,000
三方弁	熱交換器の前に設置し二次側温水のコントロールを行う	6	台	120,000	720,000
濾過器・	ヘアーキャッチャー含む	2	基	4,000,000	8,000,000
配管工事	参考図の場合	1	式	4,000,000	4,000,000
電気工事		1	式	600,000	600,000
制御盤・計装工事	既存ボイラーとバイオボイラーの一括制御が必要な場合	1	面	1,000,000	1,000,000
煙突工事		1	基	1,500,000	1,500,000
試運転	ボイラー、サイロ、搬送装置	1	式	900,000	900,000
運搬(4t平)	ボイラー、サイロ、搬送装置	3	台	50,000	150,000
小計 1(設備費＋運転費)					72,796,000
仮設工事				10%	7,279,600
小計 2(設備費＋工事費＋運転費)					80,075,600
諸経費				10%	8,007,560
合計(税抜)(設備費＋工事費＋運転費＋諸経費)					88,083,160
消費税				8%	7,687,258
合計(税込)					95,770,418

3.2.9 ランニングコスト

木質バイオマスボイラーの場合、ランニングコストに占めるメンテナンスコストは、運用管理者の対応によって大きく変わる。化石燃料設備と同様に考えメーカーに依頼すると、年間約 50 万円が掛かる。一方で、こまめに灰の掃除等管理すれば、従来のヒートポンプ設備と同様に費用は殆んど掛からない。不具合発生の対応、部品交換のみメーカーに依頼する事により、メンテナンス費用は大幅に削減できる。

なお、木質バイオマスボイラーの場合、排ガス分析は県条例により年 2 回の測定が義務付けられており、費用を見込んでおく必要がある。

3.2.10 経済的評価

既存のヒートポンプを更新した場合と木質バイオマスボイラーに更新した場合を比較する。現在のヒートポンプメーカーに更新をする場合の概算見積りを依頼したが、既存のヒートポンプは製造中止しており同様な設備に更新する事は不可能であり、新タイプのヒートポンプ 5～6 台の設置が必要となることが判明した。

一方、木質バイオマスボイラーは、重量が 7t 近くあり、既存の機械室には設置出来ず新たにボイラー室の新設が必要となることから、単純な設備ごとの経済性評価(イニシャルコスト、ランニングコスト含む)の比較は困難であるが、既存の設備をユニモヒートポンプに置き換える事にして経済評価を比較すると、お湯を作るための電力費は約 750 万円/年となる。これに対し木質バイオマスボイラーとバックアップの灯油ボイラーの燃料費を加えると 520 万円/年掛かる。仮にイニシャルコストは国の補助金を利用し、残りを市で負担したと仮定して減価償却に加えないで、ランニングコストだけ比較すると 230 万円/年のコストダウンにつながる。

また、行政の役割としては、目先の収支だけではなく、木質バイオマスの導入により、①温暖化防止への貢献、②地域の雇用創出、③地域内での経済循環の仕組み構築等、子孫のために対策を講じることを考えると今回の計画を積極的に進める事が必要である。

木質バイオマスに燃料を置換えるだけで CO2 削減量は、約 175t-CO2/年になる。また灰の量はチップの質量により変わるが 1t/年程度で有り現状では畑等に肥料として撒いている。

3.3 徳地総合支所

山口市の森林面積は市全体の 75%を占めており、徳地総合支所は、森林資源が豊富な地域に立地しており、林業・木材産業が比較的盛んな町である。

徳地総合支所は長年の使用で老朽化が進み、建て替え時期を迎えている。建築に合せ地域交流センター、保健センターを 1ヶ所に集め市民の利便性や森林資源の利活用、環境(CO2 削減)等を検討に加えて新徳地総合支所の計画を進める事になっている。

この建屋の冷暖房は木質バイオマス燃料を利用したシステムを採用できないか検討を進めており、地域起こしの 1つの事業としてPR 啓蒙を図ることも期待されている。

3.3.1 新徳地総合支所の規模

市では推進協議会において、設置場所、入所施設、人員、規模、用途及び空調システム等の検討を行っている。現在は、具体的な建設予定地、仕様が明確になっていなかったため、関係者へのヒアリングを基に、建屋規模約 2,000 m²(20m×50m×2 階)程度と推測し、生チップの利用可能性、年間使用量について検討を行った。

建屋の大きさ 50m(横幅)×20m(奥行き)×2階を想定し空調エリアの内空調エリアとして通路・階段・コア一部分は空調をしない事で検討を進める。

3.3.2 空調負荷の条件

空調負荷は、建屋面積(2,000 m²)の内、通路・階段及びコア一部分を除く約 1,400 m²(70%)を空調エリアとする。

- ・ 空調面積 1,400 m² (建屋の 70%)
- ・ 負荷 冷房 93W/m² h、 暖房 69W/m² h
(都市環境エネルギー協会発行の地域冷暖房技術手引き書より)
- ・ 空調稼働率 (冷暖房共) 70% (弊社の経験値)
- ・ 吸収式冷温水機の COP (メーカー値)
冷房時 1.05 暖房時 0.83 (メーカーのカタログ値)

3.3.3 熱計算と機種選定

上記条件で負荷計算(図表 3-5)すると、冷房負荷 152,343W/空調エリア、暖房負荷 142,988W/空調エリアになる。

これを機種選定するために冷凍トン(冷凍機能力を示す単位で RT で表す)に換算すると

- ・冷房能力 152,343W/3,859W(日本冷凍トン) $\div$ 39RT
- ・暖房能力 142,988W/3,859W(日本冷凍トン) $\div$ 37RT

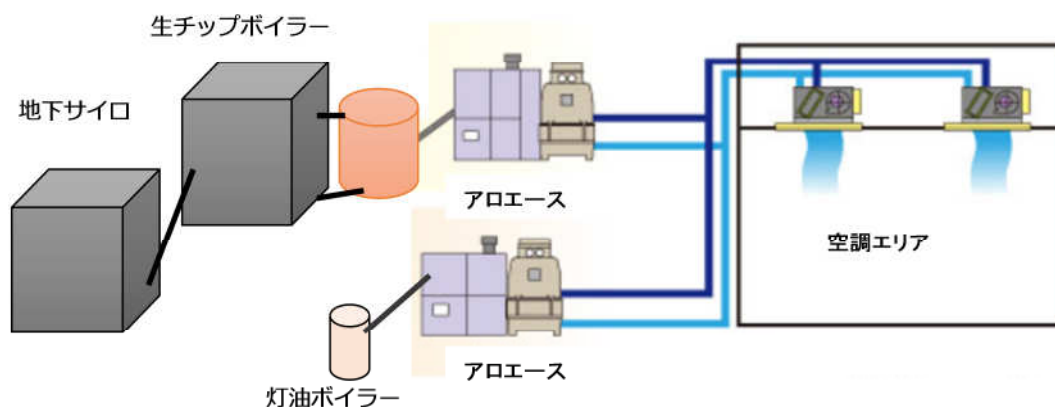
図表 3-5 熱負荷計算

項目	単位	冷房	暖房	備 考
建屋面積	m ²	2,000		
空調エリア	m ²	1,400		
負荷	w/m ² h	93	69	都市環境エネルギー協会 地域冷暖房技術所引用
空調稼働率		70%	70%	
建屋負荷	kw/空調エリア	186	138	
COP		1.05	0.83	
設備負荷	kw/空調エリア	152	143	
RTに換算	RT	39	37	日本冷凍トン 1RT=3.86kw
吸収式冷凍機	RT	30×2	30×2	

以上の結果から吸収式冷温水機は、木質バイオマスにによる冷暖房機としては、10RT (35kW) と 30RT (105kW) がある。

今回は、木質バイオマスボイラーから高温(85℃以上)のお湯を供給し冷暖房機 30RT(105kW) と組合せる方式を提案する。また、バックアップ機として灯油ボイラーで動かす冷暖房機 30RT (105kW) (図表 3-6) を選定する。

木質バイオマスボイラーに不具合が発生した場合は、灯油ボイラーでバックアップする。



図表 3-6 生チップボイラーと一体化したシステム

3.3.4 年間生チップ使用量の試算

年間の生チップ使用量については、既述した以下の条件で試算した。

- ・ 空調負荷は冷房負荷 152kW/空調エリア、暖房負荷 143kW/空調エリアをベースにする
- ・ 月別負荷率は一日の温度変化及び月間の温度変化を想定して決める
- ・ 月間熱量は、日熱量×月別比率×稼働日数で算出する
- ・ 暖房負荷も同様に算出する

以上の結果（図表 3-7）となり、この結果から年間生チップ必要量を求めると約 61t/年（202 m³/年）になる。

なお、条件設定の参考とした阿知須総合支所は、瀬戸内海の近く温暖な場所に設置され冬場の暖房時期・時間も短い、夏場は冷房を必要とする期間・時間も長い。一方、新徳地総合支所が建設される場所は中間山地で冬場の暖房期間・一日に運短時間長い、また、夏場の冷房は期間・時間も短い等の違いがあることを考慮する必要は有るが、阿知須総合支所のペレット使用実績から、年間必要熱量を算出した。また、灯油は着火用として使用しているので、有効熱としては計算しなかった。比較をするには若干無理もあるが、一つの目安として検討を進める資料としては有用と考える。

建物の面積、燃料の種類・低位発熱量等も異なるので比例計算を行い燃料使用量、CO₂削減量を算出した。

図表 3-7 月別冷暖房負荷

項目	単位	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
冷房負荷	kw/日					716,011								
月別負荷率	%					10%	30%	85%	85%	85%	10%			
稼働日数	日/月	21	21	20	21	21	22	21	20	22	21	21	21	
月間熱量	Mw/月	0	0	0	0	1,504	4,726	12,781	12,172	13,389	1,504	0	0	46,075
生チップ効率	%	80%												
必要チップ量	t/月	0	0	0	0	0.9	2.9	7.9	7.5	8.3	0.9	0	0	29
	m3/月	0	0	0	0	3	10	26	25	28	3	0	0	95
暖房負荷	m3/日	660,604												
月別負荷率	%	85%	85%	50%	20%							50%	85%	375%
稼働日数	日/月	21	21	20	21	21	22	21	20	22	21	21	21	252
月間熱量	Mw/月	11,792	11,792	6,606	2,775	0	0	0	0	0	0	6,936	11,792	51,692
生チップ効率	%	80%												
必要チップ量	t/月	7	7	4	2	0	0	0	0	0	0	4	7	32
	m3/月	24	24	14	6	0	0	0	0	0	0	14	24	107
冷暖必要チップ量	t/月	7	7	4	2	1	3	8	8	8	1	4	7	61
	m3/月	24	24	14	6	3	10	26	25	28	3	14	24	202

3.3.5 木質バイオマスボイラーのメーカー比較

先にも述べた様に、化石燃料を使用した冷暖房温水機は数社あるが、木質バイオマスで運用出来る冷暖房温水機は Y 社の吸収式冷温水機のみである。実績も有り、安定稼働していることによって Y 社の吸収式冷温水機をお勧めする。

3.3.6 木質バイオマスボイラーおよび吸収式冷温水機の設置場所

機器の設置場所は、現在では決める事が出来ないが、先に述べたペレットによる吸収式冷温水機は屋内外問わず、スペースがあれば設置可能である。

3.3.7 システムの特徴

現在、生チップ燃料で対応出来る冷暖房機は発売されていない。生チップボイラーと組み合わせた空調システムを Y 社へお願いする事になる。

吸収式冷温水機で冷温水を作り、室内のファンコイルで冷暖房を行う事になる。

山口市が計画している生チップを燃料として使用している所は、現状では実績が無く、新たに試行することに当っては、Y 社と詳細な仕様の詰めが必要である。ペレットボイラーを取外し、その代りに生チップボイラーを設置することになる。イニシャルコストは 35 百万円程度高くなることが予想される。

生チップの場合チップに規格外（長尺チップ）が混入し易くトラブルの発生に繋がるのが考えられるので、安定的に稼働させるためには、バックアップ機を設置する事が必要となる。

3.3.8 イニシャルコスト

現在、生チップを燃料として利用できる吸収式冷暖房システムは無いため、Y 社と調整を行う必要がある。そこで現在、販売されているペレット炊き吸収式冷温水機と生チップを比較しながら検討を進める。

ペレット式吸収式冷温水機は、Y社で汎用品として発売しており、この設備を利用するとイニシャルコストは 38.2 百万円程度。生チップボイラーを吸収式冷温水機と組み合わせると 77.5 百万円(図表 3-8)程度となり約 40 百万円程度高くなると推測される。

資料編で説明する、生チップを乾燥させた乾燥チップ方式に変更すれば、ペレットと同様に乾燥チップと吸収式冷温水機で対応できコストも安く制御性も優れる。

図表 3-8 コスト比較

単位 千円

	生チップボイラー対応	灯油ボイラー対応
方式	生チップ吸収式冷温水機	灯油吸収式冷温水機
燃料	生チップ	灯油
燃料サイロ	地下式 生チップ搬送を 4t ダンプ	サービスタンク
蓄熱タンク	必要(3m3 程度) 制御性追従の遅れ	無し
仕様	特別注文	汎用品
ボイラー・サイロ	38,500	6,000
吸収式冷温水機	38,000	38,000
機器の設置・配管	上記に含む	上記に含む
合 計	76,500	42,000

3.3.9 ランニングコスト

ランニングコストは、設備運用管理者の取組みによって大きく変わる。何もしないでメーカーに依頼すれば、約 70 万円/年掛かる。こまめな灰清掃等を実施することにより、摩耗機器の交換で済ますことが可能となる。なお、これもメーカー教育を受講することにより自前での実施も可能と考える。

排ガス測定は、専門会社へ委託する事を勧める。

3.3.10 経済性評価

生チップボイラーと灯油ボイラーを比較検討した。イニシャルコストは灯油ボイラー・吸収式冷温水機方式約 42.0 百万円、生チップボイラー・吸収式冷温水機方式は 76.5 百万円になる(図表 3-9)。また、ランニングコストは、生チップボイラーは、灰の清掃等約 33 万円/年掛かる。

行政の役割としては、目先の収支だけでは無く、木質バイオマスの導入により、①温暖化防止への貢献、②地域の雇用創出、③地域内での経済循環の仕組み構築等、子孫のために対策を講じることが考えられる。

また、CO₂削減量は、約 46t-CO₂/年になる。なお、灰の量はチップの質量により変わるが 1t/年前後と思われる。

図表 3-9 経済性評価表

項 目	単位	灯油ボイラー		生チップボイラー			
		数値	コメント	数値	コメント	数値	コメント
設備名	-	灯油ボイラー サービスタンク		生チップボイラー サイロ		灯油ボイラー サービスタンク	
設置費用	千円	6,000	2台	37,000	ボイラー・ サイロ	3,500	ボイラー・ 燃料タンク
アロエース	千円	36,000	2台	18,000	1台	18,000	1台
イニシャルコスト	千円	42,000		55,000		21,500	
燃料の比率	%	100%	-	80%	全体熱量	20%	全体熱量
燃料単価	円/L・(kg)	65	灯油	11	生チップ	65	灯油
燃料低位発熱量	kWh/kg・(L)	9.69	-	2.02	-	9.69	-
必要熱量	kWh/年	202,000		202,000			
ボイラー効率	%	90%	-	80%	-	90%	-
年間使用量	t・(kl)/日	23.2	-	100	-	4.6	-
年間燃料費	千円/年	1,506	-	1,100	-	301	-
年間燃料費合計	千円/年	1,506		1,401			
メンテナンス	千円/年	0	-	328	メンテナンス 1h/日 単価＝900 円/h		
機器定期メンテ費	千円/年	1,400	ボイラー 400 アロエース 900 分析費用 100	1,400	ボイラー 400 アロエース 900 分析費 100(50×2)		
灰処理費	t/年	-	-	1	畑へ肥料として撒く		
ランニングコスト	千円/年	1,400		1,728			
CO2 発生量	kg-CO2/年	57,675		-51,907		11,535	

3.4 阿東老人ホーム

阿東老人ホームは、周辺は小高い山々に囲まれ季節の流れが手に取る様に感じられ、春は新緑に、夏は小鳥や蝉の声に、秋は紅葉に、冬は白い雪に包まれ、地震・豪雨等の自然災害も発生し難い立地条件の場所に造られている、また、火災対応も建屋全体にスプリングクーラーを配置し停電時でもスプリングクーラー圧力タンクから多量の水が噴射される装置、停電に対しては大きな自家発電機を設置し入居者の方が安心して暮らせる施設となっている。

3.4.1 施設の現状

山口市が森林資源の活用、地域の活性化及び環境問題(CO₂の削減)に取り組んでいる事を説明し施設の協力の元、木質バイオマス(生チップ)をこの施設で利用する検討を進める許可を得て、運用状況、水、電力、灯油の使用量等の光熱費(図表 3-10)のデータの提供を受けた。また、ヒアリングや現地調査を進めるための協力を頂いた。

図表 3-10 施設の光熱費

H27 年	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
水道														
使用量	t/月		1.16	0.00	1.15	0.00	1.20	0.00	1.27	0.00	1.26	0.00	1.09	7.12
金額	千円/月		191		191		198		209		208		181	1,178
電気														
使用量	MW/月	23	15	12	13	18	13	13	18	27	39	45	33	268
金額	千円/月	532	431	379	392	473	396	381	446	574	726	811	653	6,194
灯油														
使用量	kL/月	0.70	1.18	0.76	0.43	0.71	0.77	0.44	0.87	1.37	1.33	1.73	1.47	11.7
金額	千円/月	60	105	68	38	59	61	35	69	104	89	106	91	885

3.4.2 施設の負荷調査

施設の負荷調査は次の手順で行った。最初にお風呂の大きさ、使用時間、曜日等からお湯の使用量、市水の温度冬季は 5℃、夏季は 23℃としてお風呂での使用温度を 42℃とし熱量計算を行い、お風呂のお湯の使用量、熱量を把握した。

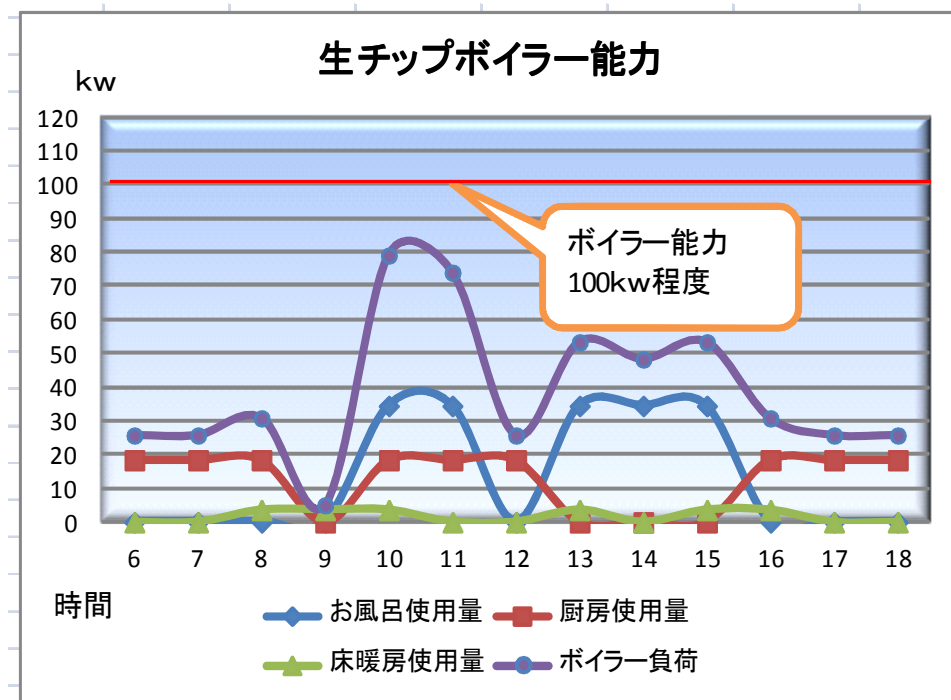
次に中間期(4 月～11 月)の灯油使用量から熱量を計算し、その熱量からお風呂の熱量を引いて厨房で使用する熱量(お湯量)とした。また、12 月～3 月は灯油熱量からお風呂と厨房で使用了熱量を引いた残りを床暖房で使用了熱量とする。

灯油使用量は、毎月の灯油購入量で有り、使用量と事なるので季節ごとに平均値を求めた。

3.4.3 熱計算とボイラー能力算定

冬季(1 月)の外気温度が低い時期が燃料使用量が多い、日/月平均を求め、その量を 1 日の使用時間別に分け計算してボイラー能力(図表 3-11)を算出した。

施設で必要最大熱量は約 85kWh である。これにボイラー効率と機器・配管等の放熱ロスを加え 120kWh となった。これを生チップボイラー能力としボイラーメーカーを選択する。



図表 3-11 生チップボイラー能力

3.4.4 生チップ必要量

生チップ必要量は前年度の灯油使用量から熱量換算して生チップ必要量を算出した。現在の(株)ノースの瞬間湯沸かし器は長年使用し老朽化も進み、メンテナンスもされていない。また、1台は水漏れで電氣的に故障している状況であり機械効率は 60%まで落ちていると考えられる。

また新設を予定する木質バイオマスボイラーは、メーカーの効率は 80%前後であるが、設置後の負荷の状況から低負荷運転となる可能性が高く、更に効率は低くなり瞬間湯沸かし器と同程度の効率 60%と見なした。

生チップ使用量は、現在の灯油使用量から熱量換算し必要量を算出すると、年間約 42.6t (図表 3-12)になる。

また、CO₂ 削減量は、現在約 28t-CO₂/年排出している。生チップを燃料として使用する事で約 21t-CO₂/年削減出来るが、瞬間湯沸かし器をバックアップとして使用する事で約 5t-CO₂/年排出する。差し引き約 16t-CO₂/年削減に繋がる。

サイロの大きさは、サイロの底に残るチップもあり、2~3 週間の備蓄が出来る 8~10 m³程度が適当と考える。

図表 3-12 生チップ必要量と CO2 削減量

項 目		現状(瞬間湯沸かし器)	生チップ導入後	
施設で必要熱量	MWh/年	85.1	85.1	
燃料の種類		灯油	生チップ (主燃料)	灯油 (着火・バックアップ)
低位発熱量	kWh/L(kg)	9.7	2.0	9.7
使用比率	%	100%	80%	20%
ボイラー効率	%	75%	80%	85%
燃料使用量	t(kL)/年	11.7	42.6	2.1
CO2 排出量	t-CO2/年	27.8	21	4.9
CO2 削減量	t-CO2/年	16.1		

3.4.5 生チップボイラーのメーカー比較

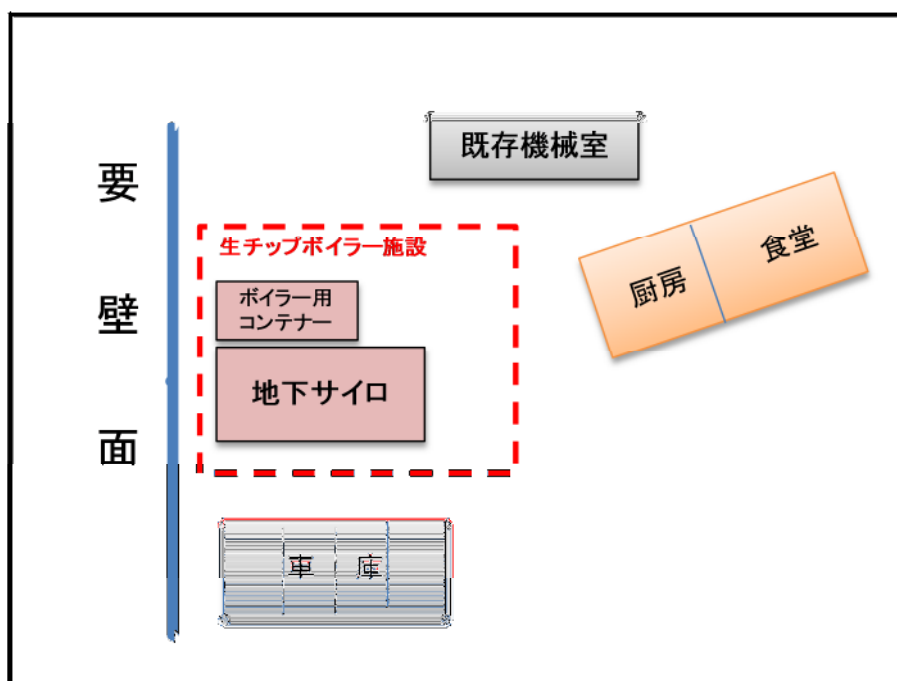
生チップボイラー選定は、安全率を見過ぎると実際の運用の際、ボイラーが低負荷燃焼で効率の悪い運用になるため、必要熱量相当の能力のボイラーを選定する。

化石燃料ボイラーの場合、燃焼制御が自由にでき若干大きめのボイラーを選定しても問題はないが、木質バイオマスボイラーは、制御性が悪く、生チップは低位発熱量が小さい等負荷への追従性も悪いため、これをカバーするために蓄熱タンクが必要となる。

生チップボイラーの機種選定時には、先程述べた様に能力は余力を持たない物にすることが必要となる。

3.4.6 ボイラー室の配置

ボイラー室と地下サイロは既存の車庫の前に設置(図表 3-13)する。ボイラーはコンテナを改造しボイラーを設置する。生チップの搬入が 4t ダンプ車なのでサイロは地下式とする。



図表 3-13 ボイラーとサイロ配置図

3.4.7 システムの特徴

生チップボイラーは、制御性・追従性が化石燃料より劣るので、これをカバーするため 蓄熱タンクを設けお湯の安定供給を行うことで、熱需要への追従性を確保する。蓄熱タンクの大きさは、時間当たり最大お湯使用量の 120%程度の容量を選定する必要がある。

燃料サイロは、生チップの運搬方法により 4t ダンプカーで運ぶ方法であればサイロは地下式となる。

3.4.8 イニシャルコスト

当施設の瞬間湯沸かし器も設置して約 10 年が経過しており、先日施設の視察時も、タンクの下部から水漏れを起こし電気盤に水が掛かり、使用でしていない状況にあり、更新時期に来ている。

木質バイオマスボイラーに更新するイニシャルコストはボイラー本体、地下サイロ及び蓄熱タンク等が必要で約 50,000 千円になる。

3.4.9 ランニングコスト

木質バイオマスボイラーの場合、ランニングコストに占めるメンテナンスコストは、運用管理者の対応によって大きく変わり、何もしないでメーカーに頼ると費用が掛かる。設備を自分の持ち物と思い、こまめに管理すれば既存の灯油式瞬間湯沸かし器と同様に費用は掛からない。トラブル時にメーカーに連絡して処置をお願いする事になる。また、排ガス分析は県条例により年 2 回の測定が義務付けられている。

3.4.10 経済性評価

既存の灯油炊き瞬間湯沸かし器を更新して利用する場合と、新たに木質バイオマスボイラーを設置し施設へお湯を供給した場合を比較する。

経済性評価の結果、木質バイオマスボイラーはイニシャルコストが非常に高く、ランニングコストについても割高となった。

行政の役割としては、目先の収支だけでは無く、木質バイオマスの導入により、①温暖化防止への貢献、②地域の雇用創出、③地域内での経済循環の仕組み構築等、子孫のために対策を講じることが考えられる。

イニシャルコストは、国の補助金及び市の補助を行うことを想定すれば、燃料費のみで比較すると木質バイオマスボイラーを利用の方が、約 16 万円/年コストダウンにつながる。

CO₂ 削減は、24t－CO₂/年の削減につながる。

3.5 トマトハウス

山口市では、ハウス農家が多くあると聞いている。現在、ハウスの加温燃料は化石燃料を使用し、ハウス加温してトマト・キュウリ・ナス・イチゴ等の栽培が盛んに行われている。この化石燃料に替えて生チップ燃料を使用出来ないか検討した。

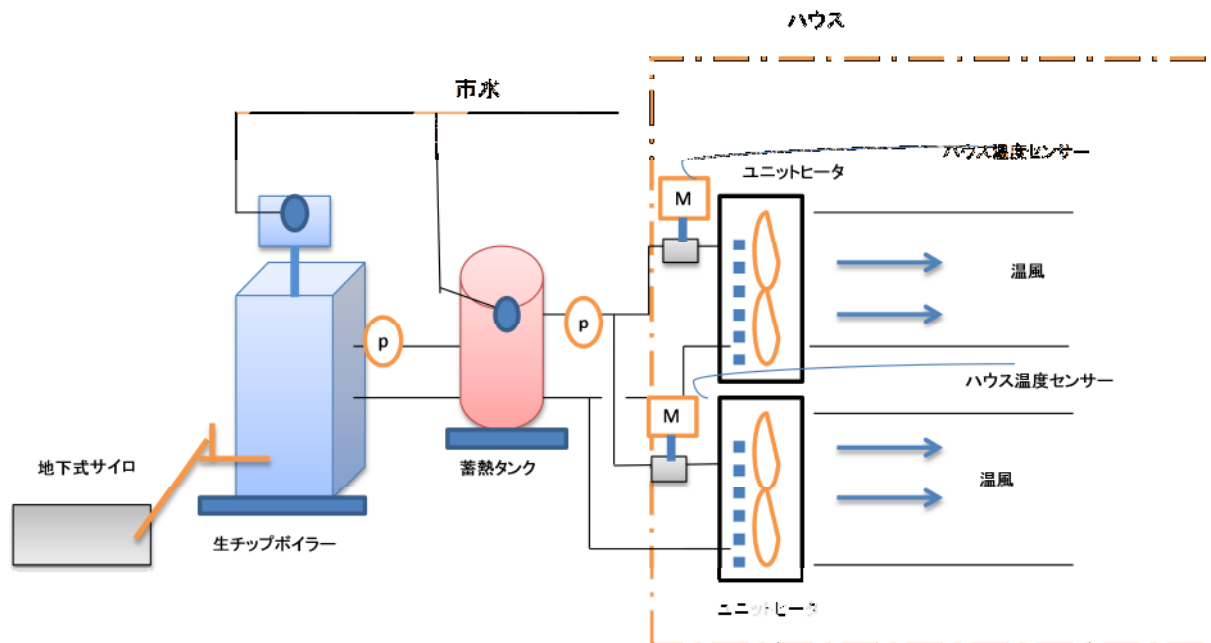
生チップを燃料とする場合は、木質バイオマスボイラーでお湯を作り、一度蓄熱タンクにお湯をため、各ハウスにお湯を送り、ハウス内のファンコイルでハウス内の温度を指定温度で管理する。また、最近は土の中に配管を通し、植物の根を暖めて植物の成長を早め収穫を行う方法も研究されている。

3.5.1 ハウスの規模の想定

今回は、大規模ハウス(図表 3-14)で作物(トマト等)育成する事をイメージして検討を進めた。

3.5.2 ハウスの負荷

大規模ハウスのイメージ図の木質バイオマスボイラーは、能力を 180kWh に設定した。180kWh に設定した理由は、木質バイオマスボイラーの最小規模の物を選定した。また、この木質バイオマスボイラーでどの程度の規模までのハウスが加温できるか検討した。

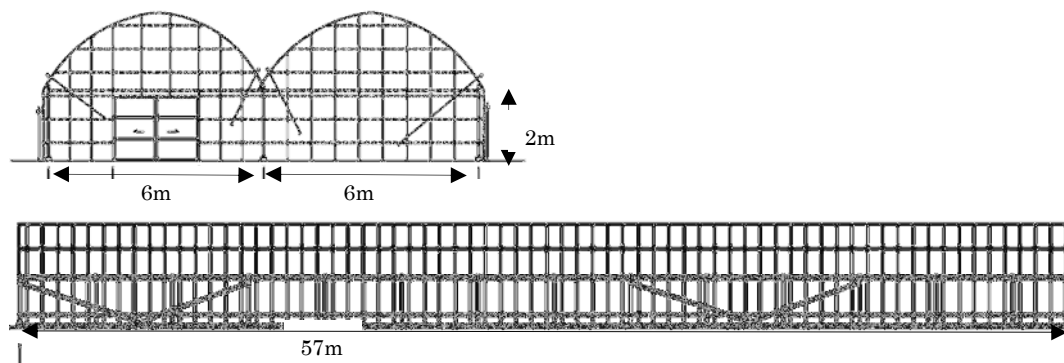


図表 3-14 大規模ハウスのイメージ図

3.5.3 熱負荷計算

山口市の冬季の外気温度は約 0℃まで下がり、この外気を温めハウス内でトマトを育成するためには、ハウス内を 15℃に保つ必要があるので、ハウス内温度を 15℃と設定した。

ハウスの大きさは、一般的な大きさで間口 12m (6m×2 台)、奥行き 57m 高さ 2m 屋根の高さ 2.5m (図表 3-15)として計算をした。



図表 3-15 ハウスの概要

ハウスは、軽量鉄骨と金属パイプで骨組みを建て全面をポリオレフィン系フィルムで囲って仕上げる。外気温度は山口市の最低温度からトマトを栽培するに必要な温度 15℃を設定し、次の様に計算した。

(ア) ハウスの大きさ

$$\begin{aligned} \text{前面面積} & (12\text{MW} \times 2\text{mh}) + \text{屋根側面の面積} (6.0\text{m} \times 2.5\text{m} \times 3.14) / 2 \times 2 \text{ 面} = (24 + 23.6) \times 2 \\ & = 95.1 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{側面面積} \quad 57\text{m} \times 2\text{m} \times 2 \text{ 面} = 228 \text{ m}^2$$

$$\text{屋根面積} \quad 57\text{m} \times \text{円錐} (6\text{m} \times 2.5\text{m} / 2 =) 13.9\text{m} = 792.3$$

$$\text{全面積} \quad 95.1 + 228 + 792.3 = 1115.4 \text{ m}^2$$

(イ) 熱伝達率

全面をポリオレフィン系フィルムで囲って有り暖房負荷係数 3.9(k_t.W/(m²・℃))

係数は出典一般社団法人日本施設園芸協会のデータを使用

(ウ) 加温温度

ハウス内温度 (15℃) - 外気温度 (0℃)

外気温度は山口市のデータを引用 (気象庁)

(エ) 加温必要熱量

$$1115.4 \text{ m}^2 \times 3.9\text{k(k_t.W/(m²・℃))} \times 15^\circ\text{C} = 65259\text{W} \div 66\text{kWh}$$

(オ) 地面への放熱量

$$57\text{m} \times 12\text{m} \times 12\text{W/m}^2 = 8200\text{W} \div 8.2\text{kWh}$$

(カ) 加温機的能力

$$(66\text{kW} + 8.2\text{kW}) \times \text{安全率 } 20\% = 89.0 \div 90\text{kWh}$$

上記の条件で約 90kWh/ハウスであり、180kWh の生チップボイラーで対応できるのはハウス 2 棟である。

3.5.4 生チップ使用量の試算

ハウスの加温は、11 月中旬～4 月末日まで必要である。ハウス規模を間口 6m、奥行 57m、2 棟、軒高 2m + 屋根の高さを加え熱負荷計算を「温室暖房燃料消費試算ツール 提供(野菜茶業研究所)」で試算する。ハウスの温度を維持するに必要な熱量は、約 194MWh/シーズン、灯油換算 19.1kL/シーズンまた、生チップ換算 91.6t/シーズン必要となる。1 ヶ月平均で 18t/月となる。

3.5.5 ハウス加温機メーカーの比較

ハウス加温を温水で行う方法は、イニシャルコストも掛かるが、大規模ハウスでの実績はある。今回は、生チップボイラーの実績がある 2 社について比較した。また、燃料を乾燥チップで行う事例も合わせて紹介する(報告書本編参照)。

3.5.6 生チップボイラー等の配置

ハウスの場合は、ハウスの端に簡単な基礎を打ち設置する事が多い。

3.5.7 システムの特徴

ハウスの加温に生チップ燃料を利用するシステムは、研究開発的な取組みである。生チップボイラ

一能力 180kW でハウスの加温は、1 棟(57m×12m=684 m²)×2 棟になる。

3.5.8 イニシャルコスト

ハウス加温で生チップ燃料を使用する事は初めての事であり、サイロも地下式にすると湧き水等がある等、設置条件も変わることが予測される。イニシャルコストは、約 3,900 万円となる、一つの目安程度として利用して頂きたい。

3.5.9 ランニングコスト

運転時間も短い、運用開始(11 月末日頃)までに、メーカーと契約して整備を行うことを勧める。年間メンテナンス費用は 20 万円程度である。管理者が手入れをすれば、メンテナンス費用は大幅に下げることが出来る。

3.5.10 経済性評価

生チップボイラーの特徴は、燃料コストが安い、発電事業等の高負荷燃焼で負荷が安定している時は、魅力的な木質バイオマスである。今回のトマトハウスは、一日の負荷変動が大きく、木質バイオマスボイラーでは燃焼制御が追従できないため適さない。一方、乾燥チップは、トマトハウスの様に一日の負荷変動が大きく燃料制御が必要な場合に適しているが、燃料コストが灯油より高く(灯油熱量換算で 73 円/L)なる。

経済性評価表(図表 3-16)で示すように、生チップボイラーは、乾燥チップボイラーに比較しイニシャルコストは、約 11 百万円高くなるが、ランニングコストは、約 58 万円安くなる。

生チップボイラーは、CO₂ 削減は、約 62t- CO₂ 削減出来る。

図表 3-16 トマトハウス経済性評価

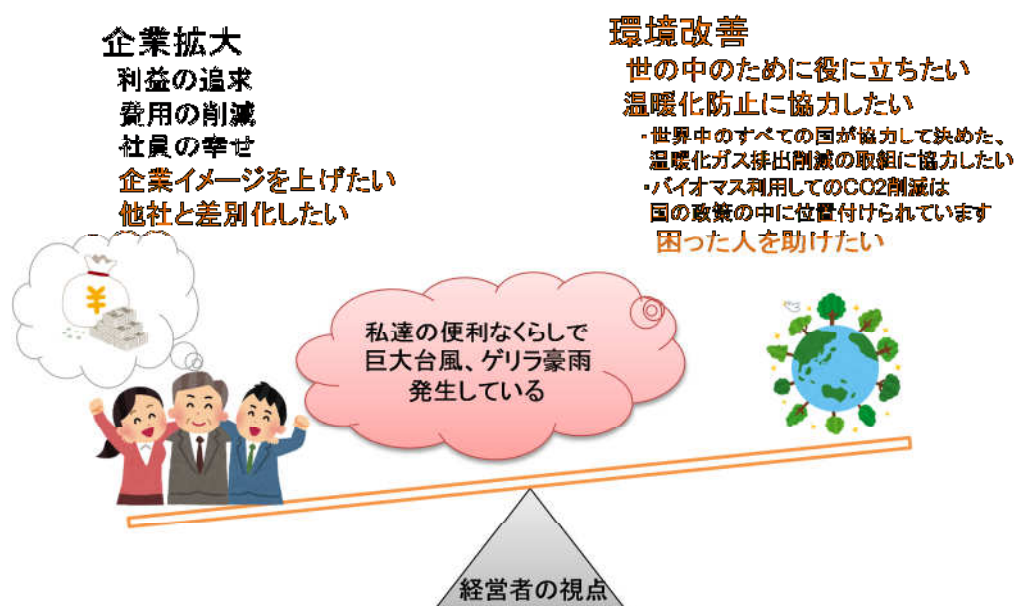
項 目	単位	生チップボイラー 対応	乾燥チップボイラー (ペレット兼用)
		数値	数値
ハウス規模	m ²	12m×57m×2 棟 684 m ² ×2	12m×57m×2 棟 684 m ² ×2
能力	kW	180kw×1 台	100kw×2 台
ボイラー本体価格	千円	28,000	17,760
燃料		生チップ	乾燥チップ
必要熱量	kWh/年	194,003	194,003
燃料低位発熱量	kWh/kg	2.02	3.6
燃料使用量	kg/年	96,041	54,495
ボイラー効率		0.80	0.85
燃料単価	円/kg	11	30
燃料費	円/年	1,056,452	1,634,857
機器定期メンテ 費	千円/年	500 メーカー 400 分析費 50×2	500 メーカー 400 分析費 50×2
灰処理費	t/年	0.5 畑に撒く	0.3 畑に撒く
CO ₂ 発生量	kg-CO ₂ /年	-62,315	-58,650

3.6 経済性評価のまとめ

今回は 4 施設について経済性評価をまとめて見ると、行政・経営者としてどのような視点で考え、どのような行動を取るかは、不特定多数の方が利用する願成就温泉、新徳地総合支所は行政の視点、また、願成就温泉、阿東老人ホーム、トマトハウスは経営者の視点で考え事業展開を行う必要がある。したがって事業主体によって目的が異なり、採用するシステムも異なる。

多少不便で、コストが高くて、地球環境の改善(温暖化ガス排出削減)、人類が地球を何時までも使い続け、子孫にこの素晴らしい地球をプレゼントするため、環境改善(図表 3-17)に視点を置いて、4 施設の一取り組みを検討してもらえたいことを期待する。

木質バイオマスの利用は、企業拡大と環境改善につながります



図表 3-17 行政・経営者の視点

また、4 施設の現状と生チップ導入後の具体的な比較をしてみると(図表 3-18)、イニシャルコストは 4 施設全体で 2.5 億円となった。また、CO2 削減量は、約 307t-CO2 削減となる。

木質バイオマスは、化石燃料に比べ手間もコストも掛かるが、経済性のみの判断でなく、子供や未来人のためにも木質バイオマスを利用し、使い勝手の改善、コストダウンに挑戦し、何時かは化石燃料以上の燃料にする覚悟で取り組むことを期待する。

図表 3-18 経済性評価のまとめ

項目	単位	願成就温泉			新徳地総合支所			阿東老人ホーム			トマトハウス	
		現状	生チップ導入後		現状	生チップ導入後		現状	生チップ導入後		生チップ導入後	
燃料		電力	生チップ 水分 45%	灯油	灯油	生チップ 水分 45%	灯油	灯油	生チップ 水分 45%	灯油	生チップ 水分 45%	乾燥チッ プ 水分 30%
機種		ユニモ				アロエース30RT		瞬間湯 沸かし器				
設備能力		6 台	400	480	300	200	200	230	120	150	180	100×2
機器単価	千円		88,030			77,300			50,400		36,230	
必要熱量	kWh /年	749,620	749,620	749,620	202,000	202,000	202,000	85,108	85,108	85,108	194,003	194,003
設備効率 (COP)		2.5	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.9	0.8	0.85
燃料比率	%	100%	80%	20%	100%	80%	20% ²	100%	80%	20%	100%	100%
燃料低位 発熱量	kWh/kWh・ L・kg	1	2.02	9.69	9.69	2.02	9.69	9.69	2.02	9.69	2.02	3.56
燃料使用量	kWh(kg) /年	299,851	371,099	17,191	23,162	100,000	4,632	11,711	42,133	2,067	96,041	64,112
燃料単価	円/kWh kg、L	25	11	65	65	11	65	65	11	65	11	30
燃料費	千円/年	7,496	4,082	1,117	1,506	1,100	301	761	463	134	845	1,923
CO2 発生量	t-CO2/年	218	-193	43	58	-52	12	29	-22	5	-62	-59
CO2 削減量	t-CO2/年	175			46,			24			62	

第4章 各施設の生チップ導入への考察

山口市は、木質バイオマス等資源の活用と林業事業の活性化を推進し、年々事業拡大を行って行く取組みを計画している。

今回、検討を行った願成就温泉では県森連から発電用の生チップの一部を購入し供給する計画であり、その他利用拡大していく施設(新徳地総合支所、阿東老人ホーム、トマトハウス)についても生チップ導入に際しての考察を行った。

4.1 生チップボイラーの導入適正

4.1.1 願成就温泉

生チップ供給側の品質管理(水分(45%)と形状を規定内に入れる)をしっかりと行えば安定燃焼出来る。

生チップの水分を 45%までの乾燥は、木材の伐採時期、材木を広場に置いておく期間で決まる。45%前後が維持できれば問題ない。形状を規定内に納めるのは難しく、長尺チップや分厚いチップが混ざり、サイロからボイラーへの搬送装置で詰まる(1~3 回/月)ことがある。メーカーでは、詰まった時のトラブル対応として事務所等に警報を出す仕組みを取っている。

4.1.2 新徳地総合支所・阿東老人ホームおよびトマトハウス

新徳地総合支所の冷暖房は、生チップを燃料として運転出来る冷暖房装置が無い。イニシャルコストも汎用品の物に比較し、4 千万円程度は高くなるためメーカーは販売していない。

また、阿東老人ホームおよびトマトハウスボイラー能力は、100kW 程度が適正と考えるが、メーカーは負荷が小さすぎ安定運転が出来ない 180kW 以下の生チップボイラーは勧めていない。それは、過去に設置実績もあるが運用で問題が発生したためであり、現在はボイラーの生産を中止している。今回、トマトハウスのボイラー能力を 180kW で検討をおこなったのは、最小のボイラーに合せてハウスの規模を検討したためである。

この 3 施設は、生チップより他の燃料を勧める。

4.2 木質バイオマスの比較

ペレットは、品質は安定しているがコストが 45 円/kg(灯油熱量換算で 92 円/L)と高い。

生チップは前述の通り、安定燃焼、小規模施設への適用に向かない。そこで乾燥チップをの利用検討を提案する。

乾燥チップコストは、30 円/kg(灯油熱量換算で 86 円/L)程度で品質も安定している。乾燥チップボイラーは、生チップで対応が難しい小規模設備、負荷変動のある施設に適している。

乾燥方法は、まだまだ確立されておらず研究開発の段階であるが、現在開発中(実証実験済み)の乾燥は機械式乾燥装置で安定した乾燥が可能となっている。

それ以外にも乾燥チップを作っている所はあり、更に乾燥方法を検討し、コストダウンの取組みが必要である。

山口市が乾燥チップ事業でもモデル都市として事業に取り組むことを提案する。

提案する機械式乾燥機は、コンテナに納めて納品できる。乾燥チップ製造量は約 500t／年以上生産するとコストが下がる、今回の 4 施設が賄える量である。ただし、乾燥用熱源に灯油を使用(14.4kL/年)することとなる。

願成就温泉で生チップを使用した場合、代替率 80%としている、この理由は冬場、入浴者が多い時のバックアップとして灯油ボイラーを使用しているが、この灯油使用量は(17kL／年)必要となり、乾燥チップの製造に必要な灯油の量と同等であり、他の 3 施設への乾燥チップの供給も賄えることとなる。

生チップの付加価値も高め、乾燥作業および運搬作業等で雇用(1～2 名)も生れる。環境に優しく乾燥チップモデル都市として PR も出来る。(詳細は資料編を参照)

下表の燃料比較表(図表 4-1)は、燃料の種類とコスト・低位発熱量から kW 当り何円になるかを示したものである。燃料製造事例は国内での実績の有無を示したものである。灯油は現在の価格 65 円/L で計算している。

図表 4-1 燃料の比較

項目	単位	生チップ	ペレット	乾燥チップ	灯油
燃料水分	%	45%	10%	30%	
燃料コスト	円/kg	11	45	30	65
灯油 65 円/L に換算	円/灯油(65 円/L)	55	96	86	65
低位発熱量	kwh/kg	2.02	4.78	3.56	10.2
kwh当りの円	円/kwh	5.4	9.4	8.4	6.4
燃料製造事例	-	○	○	△	○