

---

原著論文

---

中国地方における未利用木質バイオマス発電の事例と  
そのCO<sub>2</sub>排出量削減効果

大島 弘 昌<sup>a,b</sup> 平塚 基 志<sup>c,d</sup> 森川 靖<sup>c</sup>

**Use of unutilized woody biomass for electric power generation and its potential effects on reducing CO<sub>2</sub> emissions in the Chugoku District of Japan**

Hiromasa Ohshima<sup>a,b</sup>, Motoshi Hiratsuka<sup>c,d</sup>, Yasushi Morikawa<sup>c</sup>

(<sup>a</sup> School of Human Sciences, Waseda University,

<sup>b</sup> Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University,

<sup>c</sup> Faculty of Human Sciences, Waseda University,

<sup>d</sup> Mitsubishi UFJ Research & Consulting)

(Received : August 7, 2007 ; Accepted : December 5, 2007 )

**Abstract**

The use of unutilized woody biomass for electric power generation was simulated in the Chugoku District of Japan. Initially, the reduction of CO<sub>2</sub> emissions for relevant power generation was theoretically evaluated for the biomass boilers of Oji Paper Co., Ltd. and Chugoku Lumber Co., Ltd. Subsequently, we calculated the potential unutilized woody biomass supply for the boilers in the Chugoku District. Woody biomass was defined as industrial wooden waste, wood-processing wastes (e.g. sawdust and bark), and cut or thinned wood from the forests of the Chugoku District. Using these power function and material supply estimates, we predicted that it is possible to reduce electric power generation by fossil fuel by approximately 1% in the Chugoku District. These results suggested that biomass utilization for electricity generation is a poor option for reducing CO<sub>2</sub> emission from fossil fuel. However, as we are committed to a 6% reduction in CO<sub>2</sub> emissions according to the Kyoto Protocol, the use of woody biomass might represent an important starting point for reducing fossil fuel consumption in Japan.

**Key Words** : Chugoku District, biomass power generation, woody biomass, CO<sub>2</sub>

---

<sup>a</sup> 早稲田大学人間科学部 (School of Human Sciences, Waseda University)

<sup>b</sup> 広島大学大学院総合科学研究科 (Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University)

<sup>c</sup> 早稲田大学人間科学学術院 (Faculty of Human Sciences, Waseda University)

<sup>d</sup> 三菱UFJリサーチ&コンサルティング (Mitsubishi UFJ Research & Consulting)

## 1. はじめに

1992年の国連環境開発会議では、地球環境問題の中でも早急な解決を要するものとして地球温暖化が取り上げられ (United Nations, 1992)、地球温暖化問題は人類生存への大きな警鐘となった。地球温暖化は主として二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) やメタン (CH<sub>4</sub>) などの温室効果ガスの増加影響によるものであり、これらの温室効果ガスのうち、人為による排出量を削減することが地球温暖化抑制につながっていくと言われている (IPCC, 2001)。温室効果の最大の要因とされるCO<sub>2</sub>は、産業革命以降の人為影響により大気中の濃度上昇が続いている。この主な原因が化石資源の燃焼によることから、その代替となる資源の有効活用が大きな意味を持つ。

化石資源の代替未利用資源の1つに木質バイオマスが挙げられている。木質バイオマスは、植物の光合成による有機物より生成されることから、太陽エネルギーが続く限り再生可能であり、温室効果への寄与度もない (カーボン・オフセット) ことが特徴である。我が国でもバイオマスを総合的・最大限に利活用し、持続的に発展可能な社会を早期に実現することを目的として、2002年に「バイオマス・ニッポン総合戦略」の推進施策が閣議決定された。バイオマスが地域に分散して存在することから、地域・企業等がその資源の分布と資源の性質を活かし、創意工夫により地域システムづくりに取り組むことが謳われている。

この木質バイオマスの有効活用の1つとして、バイオマス発電がある (e.g. 熊崎, 2001)。バイオマス発電は先進国を中心に導入が進んでおり、我が国でも1970年代のオイル・ショック以降に検討されてきた (芋生, 2006)。近年では、例えば吉田 & 今田 (2001) による、木質バイオマスの生産ラインおよび消費流通経路に関する事例研究や、Makino et al. (2007) による木質バイオマス利用によるCO<sub>2</sub>排出削減効果の評価研究がある。

本研究では、我が国において多量の木材製品を取り扱っている大手木材加工メーカー (王子製紙株式会社および中国木材株式会社) に着目し、木材加工の過程でのバイオマス発電の評価を行った。加えて、こうした事例研究の結果から、中国地方における未利用木質バイオマスを燃料として全て投入した際の発電効果をシミュレートし、木質バイオマスエネル

ギーの供給ポテンシャルを試算した。また、我が国でバイオマス発電を実施するにあたり課題となる点を、大手木材加工メーカーからの視点で考察した。

## 2. バイオマス発電の導入事例

### 2-1. 王子製紙株式会社米子工場でのバイオマス発電事例

洋紙を支える紙パルプ産業は、エネルギーの多消費産業と言われている。それは製造過程で木材チップを溶解するのに大量のエネルギーを必要とするからである。また、木材チップの運搬ではチップ自体がかさばる重量物であるため、多くの運搬エネルギーを必要とし、他にも完成した紙製品を巨大な鉄製ローラーで巻き取る過程においても多くのエネルギーを必要とする。したがって、溶解のための熱源と諸設備を稼働させる電力を得るための発電用ボイラーが必需設備となり、その主な燃料が化石燃料である。ただし、パルプ製造工程で発生する蒸解廃液 (i.e. 黒液) を燃料あるいは自家発電用燃料として一部使用しているため、早くからバイオマス資源を導入している発電とも言える。

本研究では王子製紙の協力を得て、2005年にバイオマス発電設備を導入している鳥取県の米子工場で、計画段階での資料データを入手することができた。この設備は化石燃料の代替燃料を主燃料とする高効率発電ボイラー設備である。燃料として使用するものは、再生紙としてリサイクルできない古紙、プラスチック廃棄物から製造される燃料 (RPF: Refuse Paper & Plastic Fuel)、木質燃料や製紙スラッジを主体とするバイオマス系燃料のほか、タイヤチップなどであり、その発電規模は40, 100kWである。

当該ボイラーより発生する蒸気 (240t/hr×515°C×10.8MPa) は3台の蒸気タービン発電機に送られ、発電に使用される。紙パルプ産業の場合、紙の製造工程で電気の他に紙を乾燥させる工程での熱源として大量の蒸気も使用するため、発電余力を有する蒸気をタービン駆動の途中で抜き出し (抽気)、乾燥工程のプロセスに送っている。したがって、発生する蒸気が全て電気に転換されているわけではない。

当該設備に投入している全ての発電燃料となるものを表1に示す。この数値はあくまでも計画値であり、実際には各燃料の集荷状況により、多少の変動があると思われる。

表1. 米子工場のバイオマス発電の燃料と種類 (王子製紙, 未発表)

使用燃料	RPF	タイヤ燃料	木質燃料 <sup>*1</sup>	製紙スラッジ	合計
使用量(t/hr)	19	5	8	7	-
単位発熱量(kJ/kg)	23,300	31,700	10,500	2,100	-
発熱量(GJ/kℓ)	443	159	84	15	700

<sup>\*1</sup> 木質燃料の発熱量は含水率50%における発熱量(林業試験場木材部, 1973)

燃料となるものが全て代替燃料であることを前提にすると、まず木質燃料と製紙スラッジについてはカーボン・オフセットである再生可能エネルギーである。

次に、RPFおよびタイヤ燃料などの廃棄物由来燃料については、最終的に焼却処分される物であるという前提に立つと、当該設備の発電燃料として投入されることにより、同程度の化石燃料の代替となり、間接的な化石燃料由来のCO<sub>2</sub>削減につながり、追加的なCO<sub>2</sub>排出は無いと考えられる。以上のことから、当該発電では代替燃料を投下することにより、化石燃料由来のCO<sub>2</sub>が削減されていることになる。こうしたことを踏まえ、実際にCO<sub>2</sub>の削減効果がどの程度か予測した。表1のデータをもとに、当該工場における発電熱量が化石燃料(C重油)によるものの場合に発生するCO<sub>2</sub>量と仮定し、当該工場におけるCO<sub>2</sub>削減効果を算出した。予測過程は、バイオマス発電の発熱量を重油発電でまかなった場合の重油消費量を求め、次に重油消費量と重油のCO<sub>2</sub>発生量原単位から、CO<sub>2</sub>削減量を求める方法とした。

当該工場で投入利用される1時間あたりの全体の発熱量は表1に示すRPF、タイヤ燃料、木材燃料、製紙スラッジの合計となり、1時間あたりの発熱量は700GJであることが分かった。次に、C重油における発熱量原単位が、41.7GJ/kℓ(資源エネルギー庁, 2004)であることから、1時間あたりの発熱量として700GJをC重油の発熱量原単位(41.7GJ/kℓ)で除した16.79kℓの化石燃料(C重油換算)が代替される結果となった。C重油のCO<sub>2</sub>排出量原単位は2.9kg-CO<sub>2</sub>/kℓ(環境省, 2002)なので、この値に1時間あたりのC重油換算使用量16.8kℓを乗ずることにより、当該設備におけるCO<sub>2</sub>削減効果は49.4t-CO<sub>2</sub>/hrとなった。

上記の結果から、当該バイオマス発電における

CO<sub>2</sub>削減効果はC重油換算比較で、1時間当たり約50t、年間に換算すると約420ktものCO<sub>2</sub>が削減されることが分かった。

王子製紙グループにおける主要4社の化石燃料削減に向けた努力は1990年以来続けられており、バイオマス発電を導入すれば2010年には化石燃料消費の原単位を大幅に削減できるという。

## 2-2. 中国木材株式会社でのバイオマス発電事例

中国木材では、新事業として2005年からバイオマス事業を始めた。自社工場から排出される樹皮、オガ屑などを大型自家発電付きボイラーの燃料として活用し、乾燥に必要な蒸気と電力を得ている。他の木材産業でも近年バイオマス発電に取り組む例が増えているが、上述した王子製紙の事例とは異なり、投入燃料の全てが木質バイオマス資源であるということに特色がある。本研究では中国木材の協力を得て、2005年に稼働した最新の木質バイオマス燃料のみのバイオマス発電を設置している広島県呉工場での資料データを入手することができた。

呉工場では、木質バイオマス焚き流動層燃焼ボイラーを使用しており、蒸発量39,000Mg/hr、稼働率95%(定期点検時を除き年間350日24時間稼働)、発電規模5,300kWの能力を有している。燃料として使用するものは、全て木質バイオマス燃料である。

上記の設備によって、木材からのオガ屑と樹皮などの全てがバイオマス発電の燃料となり自家発電ボイラーで使用され、木材乾燥に必要な蒸気と工場稼働に必要な電気エネルギーを得るなど、原木と副産物も含め余すことなく活用している。

当該設備に投入している全ての発電燃料となるものの種類を表2に示す。この数値はあくまでも計画値であり、実際には各燃料の集荷状況により、多少の変動があると思われる。

表2. 呉工場のバイオマス発電の燃料と種類 (中国木材, 未発表)

使用燃料	バーク <sup>*1</sup>	オガ屑 <sup>*1</sup>	合計
使用量(t/hr)	6	3	-
単位発熱量(kJ/kg)	11,500	10,500	-
発熱量(GJ/kℓ)	69	34	103

<sup>\*1</sup> 木質燃料の発熱量は含水率50%における発熱量(林業試験場木材部, 1973)

中国木材の発電施設では、燃料となるものが全て木質バイオマスとなる。これも所謂カーボン・オフセットである。以上のことから、当該発電においても石油燃料由来のCO<sub>2</sub>が削減されたことになる。こうしたことを踏まえた上で、実際にCO<sub>2</sub>削減効果を、王子製紙と同様の計算過程で予測した。表2のデータをもとに当該工場で投入利用される1時間あたりの全体の熱量はバークとおが屑の熱量の合計となり、発熱量は102.6GJであることが分かった。次に、C重油における発熱量原単位が41.7GJ/kℓ(資源エネルギー庁, 2004)であることから、1時間あたりの発熱量として102.6GJをC重油の発熱量原単位(41.7GJ/kℓ)で除すことから、代替された化石燃料(C重油換算)は2.5kℓであることが分かった。さらに、1時間あたりのC重油換算使用量にC重油におけるCO<sub>2</sub>排出量原単位2.9kg-CO<sub>2</sub>/ℓ(環境省, 2002)を乗ずることにより、当該設備におけるCO<sub>2</sub>削減効果はC重油換算比較で、1時間当たり約7t、年換算では、約60ktものCO<sub>2</sub>が削減されていることが分かった。

中国木材の将来展望として、2008年には茨城県鹿島工場でも同様のバイオマス発電を稼働する予定である。その際、これまでのノウハウを活かした、より効率的な設備として、企業としてのバイオマス依存度を高めることが挙げられているようだ。

### 3. 中国地方における潜在的バイオマスエネルギーの供給量

上記の事例研究の結果を元に、中国地方における未利用木質バイオマスを燃料として全て投入した際の発電効果をシミュレートするため、まずは中国地方における木質バイオマスエネルギーの供給ポテンシャルを試算した。

中国地方におけるバイオマス発電にエネルギー利

用されうる主な木質系バイオマスは大きく以下の3つに分けられる。

【1】木質系産業廃棄物：建築物の建造過程や解体過程において建築廃材として発生する木質系バイオマス

【2】製材残材廃棄物：木材加工業から産出される背板、端材、バーク(樹皮)、オガ屑、鉋屑などの残材

【3】林地残材：除伐による未利用残材

中国地方における、それぞれの木質系バイオマス供給量について試算した結果を以下に示す。

#### 3-1. 中国地方各県における木質系産業廃棄物の供給量

中国地方各県における木質系産業廃棄物の供給量について、排出量と再利用率を表3に示す。中国地方においては、年間627kt/yrにもものぼるバイオマス資源が発生している中、未利用バイオマス資源は年間230kt/yrとなっている。今後はこうした未利用バイオマス資源をエネルギーとして最大限に活用していく必要がある。

#### 3-2. 中国地方各県における木材加工業から産出される製材残材廃棄物の供給量

木材加工業から産出される製材残材においては、木材チップが製紙会社へ原料として納入されている。また、オガ屑などは畜産業における敷料として利活用されている。今回対象にしているのは、すでにマテリアル利用されているものではなく、木材加工業から産出される全残材の廃棄物である。

中国地方各県における木材加工業から産出される製材残材廃棄物の供給量において、その排出量と再利用率についてまとめたものを表4に示す。これによると、中国地方の木材加工業においては、年間1,080kt/yrにもものぼるバイオマス資源が発生してい

表3. 中国地方の木質系産業廃棄物の排出量と利用率 (kt/yr)

都道府県	木質産業廃棄物系バイオマス(kt/yr)		総排出量に対する 再利用率(%)
	総排出量	未利用分	
岡山県 <sup>*1</sup>	110	70	36.4
広島県 <sup>*2</sup>	147	46	68.7
鳥取県 <sup>*3</sup>	35	28	20.0
島根県 <sup>*4</sup>	60	36	40.0
山口県 <sup>*5</sup>	275	50	81.8
中国地方合計	627	230	63.3

<sup>\*1</sup> 岡山県 2004、<sup>\*2</sup> 広島県 2004、<sup>\*3</sup> 鳥取県 2003、<sup>\*4</sup> 島根県 2004、<sup>\*5</sup> 山口県 2003

表4. 地方の木材加工業から産出される製材残材廃棄物の排出量と利用率

都道府県	木材加工業系廃棄バイオマス(kt/yr)		総排出量に対する 再利用率(%)
	総排出量	未利用分	
岡山県 <sup>*1</sup>	195	45	76.9
広島県 <sup>*2</sup>	769	75	90.2
鳥取県 <sup>*3</sup>	74	8	89.2
島根県 <sup>*4</sup>	32	23	28.1
山口県 <sup>*5</sup>	10	2	80.0
中国地方合計	1,080	153	85.8

<sup>\*1</sup> 岡山県 2004、<sup>\*2</sup> 広島県 2004、<sup>\*3</sup> 鳥取県 2004、<sup>\*4</sup> 島根県 2005、<sup>\*5</sup> 山口県 2002

る中、未利用バイオマス資源は年間約153kt/yrと  
なっている。

これについては収集面、運搬面、各種助成金などを  
検討することでコスト削減方策を実施し、利用促進  
を図ることが重要となる。

### 3-3. 各県における林地残材（除伐材）の供給量

林地残材はその性格上、地域に分散しているため、  
現状において収集コストが高く利用が困難である。

中国地方各県における林地残材（除伐材）の供給  
量と利用率についてまとめたものを表5に示す。中  
国地方の除伐材においては、年間354kt/yrにもものば

表5. 中国地方の除伐材の供給量と利用率 (kt/yr)

都道府県	中国地方の除伐材の可能量(kt/yr)		可能量に対する 利用率(%)
	可能量	未利用分	
岡山県 <sup>*1</sup>	130	130	0.0
広島県 <sup>*2</sup>	24	19	20.8
鳥取県 <sup>*3</sup>	101	76	24.8
島根県 <sup>*4</sup>	34	26	23.5
山口県 <sup>*5</sup>	65	63	2.0
中国地方合計	354	314	11.1

<sup>\*1</sup> 岡山県 2004、<sup>\*2</sup> 広島県 2004、<sup>\*3</sup> 鳥取県 2004、<sup>\*4</sup> 島根県 2004、<sup>\*5</sup> 山口県 2002

るバイオマス資源が発生している中、未利用バイオマス資源は年間314kt/yrとなっている。今後はこうしたバイオマス資源をエネルギーとして最大限に活用する余地が残されている。

#### 4. 中国地方における発電可能量

事例研究の結果と、中国地方における未利用木質バイオマス量を元に、中国地方における木質バイオマス発電の可能量について試算した。その結果を以下に示す。

##### 4-1. 未利用のバイオマス資源を使ったエネルギー変換

表3、4、5をまとめた中国地方のバイオマス資源の供給ポテンシャル量とその利用率を表6に示す。

表6の結果から、中国地方には未利用バイオマス資源が約700kt/yr程度あることが分かった。今後、このような未利用バイオマスをいかに有効にエネルギー変換していくかが重要である。本研究では、こうした未利用バイオマス資源を使ったエネルギー変換において最も利便性があり、かつCO<sub>2</sub>削減にも有効であるバイオマス発電に焦点を置いた。

##### 4-2. 未利用のバイオマス資源を使った発電量

投入する燃料の全てが木質資源であることから、中国木材のバイオマス発電施設の「木質バイオマス焚き流動層燃焼ボイラー」を使った発電方式での未利用のバイオマス資源による発電量を求めた。発電効率は以下の表7の流動燃焼炉の値を採用した。

表6で求めた未利用バイオマスの供給可能量の全量(697kt/yr)を木質バイオマス焚き流動層燃焼ボイラーを使って発電した場合のエネルギー供給可能量(発電量)を予測した。予測過程は、表6で求めた年間原料供給可能量に原料発熱量原単位と発電効率を乗じ、J単位(J=3,600Wh)で除することにより、電力単位であるWhにそろえて求める方法とした。年間発電可能量(MWh)は年間原料供給可能量(t/yr)、原料発熱量原単位(kJ/kg)、および発電効率(%)の積をJ単位で除することから算出される。表6の値を代入すると、未利用バイオマスを全て投入した場合の年間発電可能量は約680GWhであることが分かった。

次に、こうして得られる発電量が中国地方全体でどの程度のものであるかを検証してみた。総務省による2003年の地域別電力消費量の資料を表8に示す。表8によると、中国地方での電力消費量は

表6. 中国地方のバイオマス供給量と利用率 (kt/yr)

都道府県	中国地方のバイオマス供給量(kt/yr)		可能量に対する利用率(%)
	可能量	未利用分	
岡山県	435	245	43.7
広島県	940	140	85.1
鳥取県	210	112	46.7
島根県	126	85	32.5
山口県	350	115	67.1
中国地方合計	2,061	697	66.2

表7. 変換技術別の発電効率と排熱回収(供給)効率(山口県, 2002)

分類	エネルギー変換技術	発電効率(%)
直接燃焼	ストーカー燃焼炉	12.5
	流動燃焼炉	22.5
熱化学変換	循環型流動床ガス化炉(IGCC)	31.0
	循環型流動床ガス化炉(コージェネ方式)	22.1

表8. 2003年における地域別発電電力量 (GWh) (総務省, 2003)

地域	電気事業用(GWh)				自家用(GWh)				総量 (GWh)
	水力	火力	原子力	計	水力	火力	原子力	計	
日本全国	96,054	580,810	240,013	920,134	8,083	164,678	-	173,822	1,093,956
中国地域	4,725	47,555	7,705	59,985	24	26,862	-	26,897	86,882

86,882GWhとなり、そのうち火力に発電を依存しているものが約74,417GWh（電気事業用と家庭用の和）である。したがって、未利用バイオマスを全てバイオマス発電に有効利用した場合には、火力による発電の約0.92%がまかなえるという結果となった。

## 5. 考察

現在、世界的に本格的な原油高時代を迎えている。我が国でも原油価格の高騰により、国内の水産業、運送業などに影響が出始めている。こうした背景もあり、自然エネルギーを中心とする代替エネルギー資源が脚光を浴びており、バイオマスエネルギーの火力発電利用は、そうした方策の1つである。我が国では現在利用されているバイオマスエネルギーは廃棄物の焼却による熱エネルギーの取得が主であり、その中身は製紙業などの製造過程で排出される黒液やチップ廃材、農林・畜産業の過程で排出される木屑やバガス、家庭や事務所などからのゴミ、廃食油などをボイラーで燃焼させることによって得られる熱エネルギーである。本研究では、これらバイオマスエネルギー利用のうち、2つの企業の事例を挙げて、木質バイオマス発電を例にとって調査したが、各企業ともにバイオマス発電におけるCO<sub>2</sub>削減が十分な効果を示すことが分かった。しかし、今回の調査を通して多くの未利用の木質残渣があることも改めて明らかになった。こうした木質残渣が有効利用されていないのは、大きく分けて以下の3つの問題があるためである。

第一に、発電に使用可能な木質残渣とは、基本的に塩分を含まないものを前提としている。なぜなら、塩分を含んでいる木質残渣は、ボイラーの金属の腐食を助ける働きがあり、そうしたメンテナンスを考えると使用しない方が得策であるという認識があるからである。また、塩分を含む素材の燃焼はダイオキシン発生が危惧されており、取り扱いも慎重にな

らざるを得ないのが現状である。集荷・輸送コストを考慮すれば、木質残渣を大量に供給可能なのは大手木材加工メーカーである。しかし、こうしたメーカーは材料を輸入丸太に頼っているケースが多い。そのため、供給される木質残渣は海面貯木によって生じる塩分を多量に含んでおり、発電燃料としては適さない。

第二に木質残渣の価格の問題がある。現状、木質残渣はパルプ材としてパルプ工場に集荷・搬送されていることが多いが、これはパルプ用チップとして販売した方が発電用燃料料として使用するよりもコスト対効果が高いことによる。こうした背景からも、木質残渣のバイオマス発電への転用は進んでいない。

第三にバイオマス発電への公的資金援助の問題がある。すなわち川下（発電施設所有者）の方では、バイオマス発電施設を建設することにより、建設費用がいくらか国から助成されているが、川上（木質資源提供者）には何の助成もないことにある。CO<sub>2</sub>削減に向けて急務の問題は、すでに述べてきたようなただ眠っていてエネルギーも取り出せず、かつ有効利用できないままCO<sub>2</sub>を排出しているのが現状である。木質系廃棄物に関しては、今後も燃料としての利用が促進されるものと考えられるが、木質バイオマスからのエネルギー回収や林地残材（除伐材）の利用促進を含め、木質バイオマスの導入促進に際しては、当面は何らかの支援措置が必要であると思われる。

本研究によって、未利用の木質バイオマスを発電燃料として投入することで、中国地方の火力発電の約1%をまかなうことが可能であるという結果が得られた。この結果は木質バイオマス発電というものが、期待される新エネルギーとして積極的に政策として推進させていくにふさわしいものであるのか疑問が残る。しかし、木質バイオマスはカーボン・オフセットな発電方法であり、地球温暖化の抑制に効果ある資源の利用方法であることは間違いない。た

とえ木質バイオマスによる発電ポテンシャルが化石資源による発電と比較して小さくとも、それに相当する化石燃料の需要を削減でき、地球温暖化を助長するCO<sub>2</sub>の排出量を大幅に削減できることになる。また、カーボン・オフセットな自然エネルギー利用という考え方が普及すれば、国民運動の一環として地球温暖化への問題意識が高まることも考えられる。同時に管理が行き届かずに放置された森林への関心も大きくなるだろう。木質バイオマスによる発電は、地球温暖化対策だけではなく、広く環境問題を解決していく方策として有効であろう。

## 6. 引用文献

- 広島県. 2004. 資源循環システム構築事業（木質資源）報告書. p12.
- 広島県. 2004. 森林、林業の施策と予算. p16.
- 芋生 憲司. 2006. バイオマス発電の現状と課題. ベース設計資料 No. 130土木編 Available from [http://www.kenkocho.co.jp/pdf/130\\_07ik.pdf](http://www.kenkocho.co.jp/pdf/130_07ik.pdf)
- IPCC. 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report. Available from [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/) Accessed 30 June 2007.
- 環境省. 2002. 環境活動評価プログラム（エコアクション21）とは. p2. Available from <http://www.env.go.jp/policy/j-hiroba/ecoaction21/honbun.pdf>
- 熊崎 実. 2001. 森林をどのように変えるか. 科学. Vol. 71, p466-468.
- Makino Y, Kato T & Suzuoki Y. 2007. Potential of Reduction in CO<sub>2</sub> Emission by Biomass Power Generation with Thinning Residues. IEEJ Trans. PE, Vol. 127, p201-207.
- 岡山県. 2004. 岡山県における木質バイオマス研究開発の推進について. p9.
- 林業試験場木材部. 1973. 木材工業ハンドブック・含水率による各種材の発熱量. p965.
- 資源エネルギー庁. 2001. エネルギー源別発熱量表の改訂について. p2.
- 総務省. 2003. 平成15年度電力調査統計月報（年度報） p2-4.
- 島根県. 2004. 島根県間伐推進基本方針平成16年度実績概要. p3.
- 島根県. 2005. 島根木質バイオマスエネルギープラン. p132.
- 鳥取県. 2003. 鳥取県産業廃棄物実態調査報告書. p75.
- 鳥取県. 2004. 木質バイオマス利用検討委員会報告書. p8, p9.
- 鳥取県. 2004. 鳥取県産業廃棄物実態調査報告書. p75.
- United Nations. 1992. Agenda 21. Available from <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/> Accessed 30 June 2007.
- 山口県. 2002. やまぐち森林バイオマスエネルギープラン. p5, p11, p83.
- 山口県. 2003. 山口県循環型社会形成推進基本計画. p37.
- 吉田 茂二郎, 今田 盛生. 2001. 木質バイオマス燃料の有効利用に関する研究（I） - 日本における木質バイオマス燃料の生産と利用 -. 日林九支研論文集. Vol. 54, p23-26.

## 7. 謝辞

本研究に当たっては、王子製紙株式会社本社技術部の野間様、中国木材株式会社本社経営企画部の野田様、ならびに中国地方各県（岡山県、広島県、鳥取県、島根県、山口県）の担当者様各位に多大なご協力を賜りました。また、本論文の審査過程において審査員の方々から貴重な意見を賜りました。ここに感謝の意を表します。