



日本の木質バイオマス発電における経済的な可能性について

～「国産材」と「輸入材」における適切な燃料配分の検討～

慶應義塾大学経済学部 4 年

大沼あゆみ研究会 18 期

学籍番号 22021834

宮田浩輔

要旨

カーボンニュートラルへの取り組みが世界的に求められている中で、日本は再生可能エネルギーの導入をより一層推し進める必要がある。中でも有機物資源を活用するバイオマス発電は他の再生可能エネルギーと異なり気象条件に左右されず安定した電力供給が可能であり、また樹木などの未利用材を利用することから循環型社会の構築にも寄与する。本論では木質バイオマス発電所に焦点をあて、そこで使用される燃料を「国産材」と海外からの「輸入材」に大別し、それぞれの消費量に関して適切な配分を検討した。より詳細には日本の各バイオマス発電事業者の、「国産材」と「輸入材」の利潤最大化を行う私的最適な消費水準と社会的最適である消費水準をそれぞれ導出することで、両者の乖離を確認した。そしてこの乖離を埋めるためには、雇用や周辺地域への経済効果といった国産材を使用した際の正の影響をより高めるとともに、国外から日本への船舶での輸送に伴う二酸化炭素排出や輸入コストなどの外部費用を抑える政策が必要であると明らかになった。これらの結果を踏まえ、日本の木質バイオマス発電所が「国産材」と「輸入材」に関して最適な配分を実現するために「認証制度」を導入したシステムを考察する。

**“ And most important, have the courage to follow
your heart and intuition.”**

Steve Jobs

目次

序説.....	4
第1節 バイオマス発電とは.....	5
1.1 バイオマス発電の発電方法.....	5
1.2 バイオマス発電の形態.....	5
1.3 木質バイオマス発電の燃料.....	7
第2節 日本におけるバイオマス発電の現状.....	12
2.1 国際社会における日本の立ち位置.....	12
2.2 FIT 制度について.....	14
第3節 木質バイオマス発電の稼働事例.....	15
3.1 秋田バイオマス発電所(向浜発電所).....	15
3.2 荻田バイオマス発電所.....	17
3.3 両者の比較を通じて.....	18
第4節 バイオマス発電と地方創生.....	19
第5節 木質バイオマス発電における「国産材」と「輸入材」の燃料配分の検討.....	21
5.1 「私的最適」と「社会的最適」の導出とその比較.....	21
5.2 「認証制度」の導入.....	23
5.3 今後の展開について.....	25
終節.....	27
参考文献.....	28
あとがき.....	31

序説

本論文では、近年再生可能エネルギーにおいて注目を集めているバイオマス発電、中でも木質バイオマス発電所に焦点をあて、そこで使用される燃料を「国産材」と海外からの「輸入材」に大別し、それぞれの消費量に関して適切な配分を検討した。

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、日本は国全体で積極的な再生可能エネルギーの導入に取り組んでいく必要がある。実際2012年から施行された固定価格買取制度、FIT制度により再エネ由来の電力の買取価格と期間が保証されたことで、日本の電力における再生可能エネルギー比率は着実に拡大傾向にある。しかしながら他の先進国と比較するとその取り組みは未だ十分とはいえず、また発電所の導入・維持に伴う発電コストも依然として高いままとまっている。加えて、現在日本は都市の人口集中と地方の過疎化が進行しており、雇用をはじめとした地方経済は大きな打撃を受けている。このような状況下で再生可能エネルギーの中でも木質バイオマス発電は、地元から生み出される間伐材などの未利用材を活用することから脱炭素化に貢献するだけでなく雇用の創出など地方経済にも大きく貢献している。日本のバイオマス発電比率は全体のわずか2.0%であるが、導入の絶対量に関しては2017年時点で世界第7位に位置している。また現在FITの計画認定を受けた木質バイオマス発電所は400を超えており、今もなお新しい発電所が建設され続けている。

ここで木質バイオマス発電に関する2つの先行研究を紹介する。菊池・岩本(2023)は、福井県奥越地区における木質バイオマス発電の地域経済活性化効果について分析した。奥越地域の産業連関表と木質バイオマス発電所を追加した拡張産業連関表を作成し変化額を見ることで、木質バイオマス発電事業が与えた地域経済構造の変化と活性化効果を定量的に示した。また伊藤(2017)は燃料の調達経路や費用に注目し、木質バイオマスモデル地区として宮城県気仙沼市の林地残材動向を明らかにするため、森林組合が実施した間伐事業で実証調査を行い、発電に利用される1平方メートル当たりの収支額を算出した。

これらの既存研究は木質バイオマス発電が地域経済に与える正の効果や地元の未利用材が燃料として利用される際の動向を明らかにしたが、現在日本の大規模な木質バイオマス発電所の多数が海外から輸入した燃料を多く用いており、燃料を「国産材」と「輸入材」で区別しての議論がなされていない。本論文では、国内で自給される燃料「国産材」と海外から輸入される燃料「輸入材」に関して日本の木質バイオマス発電所が満たすべき最適な配分を示し、これらを実現するために必要な施策について検討する。そして、国産材と輸入材ともに各バイオマス発電事業者の「私的最適」と私的最適に外部便益を加えた「社会的最適」には乖離があることが示された。この乖離を埋めるための施策として「認証制度」を取り入れたケースについて考察する。

第1節 バイオマス発電とは

はじめに、再生可能エネルギーの一つであるバイオマス発電に関する前提知識に関して述べる。バイオマス発電は、再生可能エネルギーの中でも発電方法や発電の形態、使用する燃料など多くの点で特徴がある。本論に必要な情報を以下の通りに論述する。

1.1 バイオマス発電の発電方法

バイオマス発電の定義は、「廃材、穀物、生活ごみなど生物由来の有機物資源（バイオマス biomass）を原料や燃料として発電すること」である。¹燃料となるバイオマスを直接もしくはガス化させて燃焼させ、生み出した水蒸気やガスがタービンを回すことで発電する。火力発電で使用される化石燃料とは異なり木材などを活用するバイオマス発電は、生育過程で二酸化炭素を空気中より吸収するため燃焼時に排出される二酸化炭素と相殺されるという点で、カーボンニュートラルだといえる。

太陽光発電や風力発電といった他の再生可能エネルギーは発電量を気象条件や立地に大きく左右されるがバイオマス発電は安定的な電力供給が可能であり、また発電量の調整がしやすいこともメリットの一つとして挙げられる。さらにバイオマス発電で用いる燃料の多くは、樹木類や廃棄物、家畜糞尿などの未利用材を活用するため、循環型社会の構築に寄与する。

1.2 バイオマス発電の形態

続いて、バイオマス発電は使用する燃料によって以下の3つに分別される。²

- (ア) 木くずを燃料とする「木質バイオマス発電」
- (イ) 有機物をメタン発酵させる「バイオガス発電」
- (ウ) バイオエタノールやバイオディーゼル油(BDF)を燃料とする「バイオ燃料発電」

¹ 日本大百科全書 「バイオマス発電」

<https://japanknowledge-com.kras.lib.keio.ac.jp/lib/display/?lid=1001050308597>

² 山崎昌典(2007)「バイオマス発電の動向」『電気設備学会誌』

27巻(2007) 8号 639-644頁

https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieiej/27/8/27_639/_pdf/-char/ja

ここでは本論文に関係のある「木質バイオマス発電」に焦点を当てて論述していく。木質バイオマス発電とは、その名の通り木材からなるバイオマスを利用する発電方法である。使用する木材をより細分化すると、樹木の伐採などといった林業から排出される「間伐材」と製材工場から発生する樹皮などの「製材廃材」、そして住宅の解体などから発生する「建設廃材」が挙げられる。³下図で示されているように、現在日本で排出されている「製材廃材」や「建設廃材」の多くは製紙原料や燃料用として利用されているが、間伐などで伐採された後に未利用材として残る「間伐材」は未だ日本で十分に活用されておらず、今後間伐材の有効利用が木質バイオマス発電を日本で推進していく上で不可欠となるであろう。

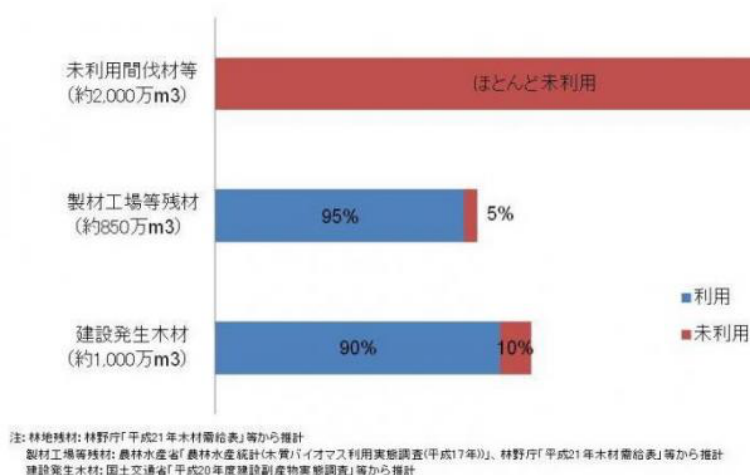


図1 「木質バイオマスの発生量と利用状況」
(林野庁「木質バイオマスとは」より引用³⁾)

また、木質バイオマス発電は発電方式によっても大きく2つに分けることができる。製材や木くずをボイラーで直接燃焼させ発電させる「蒸気タービン方式」と木質バイオマスを蒸し焼きにすることでガス化させ、得られたガスを燃料にして燃焼させる「ガス化-エンジン(ガスタービン)発電方式」である。⁴「蒸気タービン方式」は現在主流の方式であり、大規模な発電に適している。一方で、「ガスタービン方式」は熱分解や酸化還元といった化学反応を用いて可燃性のガスを発生させタービンを回転させる方式であり、比較的技術の確立が新しい発電方法である。

³ 林野庁 「木質バイオマスとは」

https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_1.html

⁴ 一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会
「木質バイオマス発電とは」

<https://jwba.or.jp/woody-biomass-energy/woody-biomass-electricity/>

1.3 木質バイオマス発電の燃料

続いて木質バイオマス発電のより具体的な燃料に関して論述する。木質バイオマス発電の燃料は、国産の木質バイオマス燃料「国産材」と海外から輸入される燃料「輸入材」という観点で2つに大別することが出来る。

はじめに「国産材」に関して、1.2にて上述の通り間伐材や製材廃材、建設廃材といったように入手する経路によって分類されることがあるが、国内から得られる木材の多くは「木材（木質）チップ」という形に加工され、燃料として利用される。木材チップとはその名の通り木材を細かく砕いたものであり、形も不揃いなものが多く簡略的に木材を加工した形態である。農林水産省によると、令和4年にエネルギーとして利用した木質バイオマスのうち、木材チップの量は約1,100万絶乾トンであり、前年と比較して3.3%増加している。⁵なお、ここでの絶乾トンとは木材の含水率が0%の際の重量を指す。また以下の表によると、「間伐材・林地残材等」すなわち未利用材に由来する木材チップは約451万絶乾トンであり前年と比較して9.8%増加しており、木材チップの中でも一番多くの割合を占めている。

区 分	令和3年	4	対前年差	対前年比
	絶乾 t	絶乾 t	絶乾 t	%
木材チップ計	10,707,868	11,058,554	350,686	103.3
間伐材・林地残材等	4,113,674	4,518,511	404,837	109.8
製材等残材	1,791,445	1,731,619	△ 59,826	96.7
建設資材廃棄物（解体材、廃材）	4,010,427	3,941,095	△ 69,332	98.3
輸入チップ・輸入丸太を用いて国内で製造	405,517	429,183	23,666	105.8
上記以外の木材（剪定枝等）	386,805	438,146	51,341	113.3

図2 木質バイオマスエネルギーとして利用した木材チップの由来別利用量（全国）
（農林水産省「令和4年木質バイオマスエネルギー利用動向調査結果」より引用⁵⁾）

また、平成28年に閣議決定された「森林・林業基本計画」によると、「木質バイオマスについては、カスケード利用を基本として、未利用間伐材等の利用、熱電併給システムの構築等に取り組むことを位置付け。新たに、燃料材(ペレット、薪、炭、燃料用チップ)の利用目標を位置付け。」とされている。⁶ここでのカスケード利用とは、「木材を建材等の資材とし

⁵ 農林水産省 「令和4年木質バイオマスエネルギー利用動向調査結果」
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/mokusitu_biomass/r4/index.html

⁶ 林野庁「木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について」

7 頁 「森林・林業政策における木質バイオマス利用」
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.

て利用した後、ボードや紙等の利用を経て、最終段階では燃料として利用すること」である。すなわち、木質バイオマス発電の燃料として製材廃材や建築廃材といった既に利用された木材の利用はもちろんのこと、燃料としての利用を主とした未利用材のさらなる活用、ひいては燃料のための植林が求められている。上図の通り、木質バイオマス発電において国産の木材チップは年々拡大傾向にあり、中でも間伐材や林地残材から収集された未利用材から加工される木材チップの量も増加している。しかしながらさらなる木材チップ国内自給のため、特に未利用材の利用への取り組みや制度づくりが必要となっている。

また国内で自給される木材チップの価格に関しては、以下の図にて示されている。2020年から2023年末にかけて、木質バイオマス発電の燃料としても使用されるパルプ向けチップは広葉樹で1トン当たり約20,000円前後、針葉樹では約15,000円前後で推移している。広葉樹と針葉樹はともに緩やかながら価格が上昇傾向にあり、特に2023年に上昇幅が大きい結果となっている。

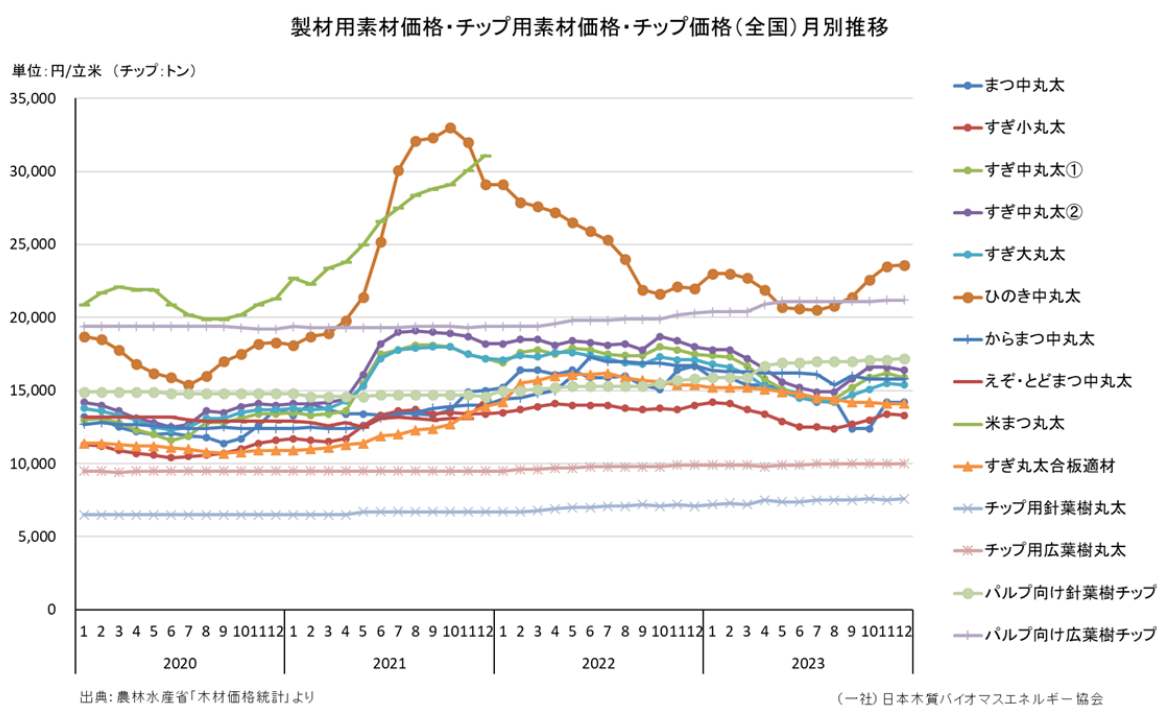


図3 製材用素材価格・チップ用素材価格・チップ価格(全国)月別推移
 (一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会
 「データベース ⑤木材価格統計(農林水産省)」より引用⁷⁾)

[pdf](#)

⁷⁾ 一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会「データベース ⑤木材価格統計(農林水産省)」「5-1.製材用素材価格・チップ用素材価格・チップ価格(全国)月別推移」

<https://jwba.or.jp/database/woody-biomass-database/price/>

続いて主に海外からの「輸入材」に関して、「木質ペレット」と「PKS」について言及する。「木質ペレット」とは木質チップと比較してより高度に加工された木材であり、乾燥し細かく粉碎した木屑をコンパクトに圧縮・成型して小さな円筒型に固めたものである。また形状も質も均一で水分率が低く(10%以下)エネルギー密度が高いことが特徴である。⁸形状が均一であることから長距離・大量輸送に適しており、日本で使用される木質ペレットの多くを国外から輸入するに至っている。特にカナダやベトナムからの輸入が多く輸入価格は以下の図の通りである。カナダから輸入される木質ペレットの方がベトナム産よりも価格が高く、また両者ともに価格が上昇していることが分かる。



出典: 財務省「貿易統計」より

(一社)日本木質バイオマスエネルギー協会

図4 木質ペレット 月別通関価格の推移

(一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会

「データベース ⑥通関統計 1 月別通関量と価格の推移(チップ・PKS)」より引用⁹

⁸ 石丸美奈(2015) 「木質バイオマス発電事業の拡大と輸入バイオマス燃料」
一般社団法人 JA 共済総合研究所『共済総研レポート』 48-53 頁
<https://www.jkri.or.jp/PDF/2015/Rep142ishimaru.pdf>

⁹ 一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会
「データベース ⑥通関統計 1 月別通関量と価格の推移(チップ・PKS)」 「6-4.木質ペレット 月別通関量の推移」
<https://jwba.or.jp/database/woody-biomass-database/database-price-transition01/>

次に「PKS」とは、パームの実の種の殻でこの種の中からパーム油を搾り取る過程で出てくる残滓のことである。パーム油は、食用や食品加工用の油、洗剤や石鹸、化粧品や液体バイオマス燃料(バイオディーゼル)などに使われており、近年その需要は世界的に拡大している。また、世界の消費量の約85%がインドネシアとマレーシアの熱帯雨林を伐採して切り開かれた広大なプランテーションで大規模生産されている。さらにPKSは加工の必要がなく、油分を含むため1kgあたりの発熱量は4,000~4,500kcalと木質ペレットと同程度の発熱量がある点も特徴の一つである。⁸ちなみに、木材チップの発熱量は木質チップと比較して水分量を多く含んでいるため発熱量が低く、平均して1kgあたりで約3,500kcalとなっている。

また、PKSの価格は以下の図の通りである。インドネシアとマレーシア産のPKSの価格はほぼ同じ推移を辿っており、2023年9月時点で1トンあたり約25,000円となっている。木質ペレットの価格は2023年9月の段階で約30,000円前後であることを踏まえると、PKSの方が安価であるといえる。

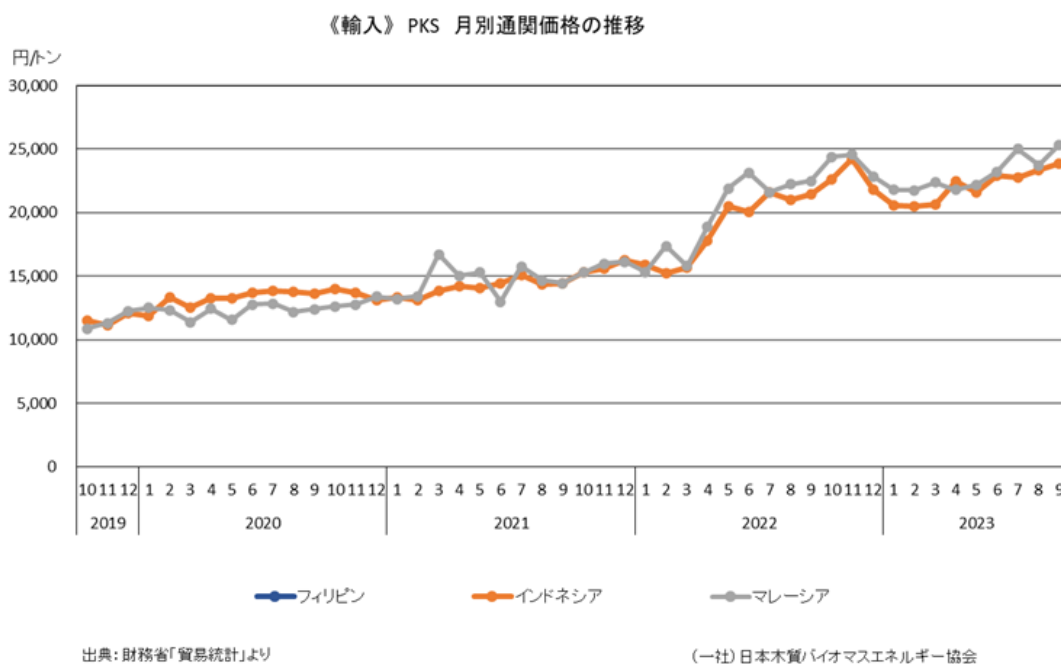


図5 PKS 月別通関価格の推移

(一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会

「データベース ⑥通関統計 1 月別通関量と価格の推移(チップ・PKS)」より引用¹⁰

¹⁰ 一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会

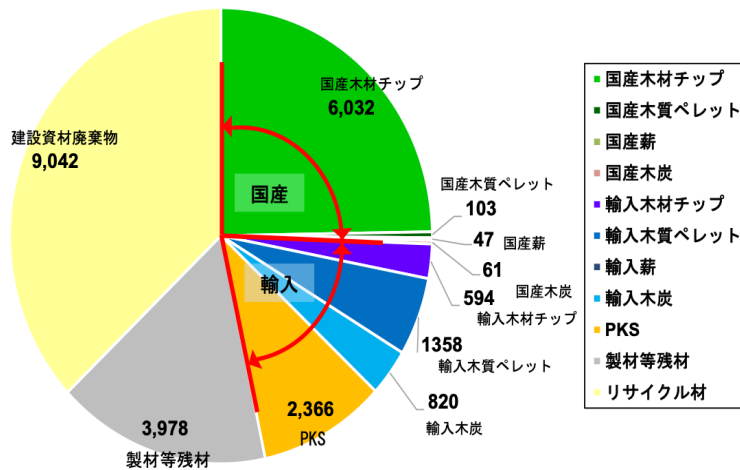
「データベース ⑥通関統計 1 月別通関量と価格の推移(チップ・PKS)」 「6-6. PKS 月別通関量の推移」

<https://jwba.or.jp/database/woody-biomass-database/database-price-transition01/>

木質バイオマス発電所の拡大とともに日本ではバイオマス燃料の需要が急激に高まっており、木質ペレットや PKS の輸入量も大幅に増加傾向にある。下図は平成 30 年における消費される燃料材の内訳を示している。平成 30 年時点においては、国内で消費された燃料のうち国産の森林由来の燃料が約 26%、海外からの輸入由来の燃料は約 21%と国内産の方が全体における割合が大きいものの、前年比においては輸入由来の燃料が大きく急速に需要が拡大している。また輸入由来の燃料の拡大に伴い、これらの燃料価格も上昇しており、国内で生産される木材チップより価格の上昇幅が大きい。今後も世界的に燃料の需要が拡大していくと予想される中で、国内産燃料「国内材」の供給体制を整備、拡充してことがより一層求められている。

平成30年 燃料材等消費量の内訳のイメージ

(単位：千m3)



平成30年 燃料材等消費量 (単位：千m3)

		国内消費量	割合	前年比
国産	木材チップ	6,032	25%	104%
	木質ペレット	103	1%	87%
	薪	47	0%	92%
	木炭	61	0%	91%
	小計	6,244	26%	104%
輸入	木材チップ	594	2%	240%
	木質ペレット	1,358	6%	209%
	薪	0	0%	0%
	木炭	820	3%	95%
	PKS	2,366	10%	111%
	小計	5,138	21%	132%
国内	製材等残材	3,978	16%	121%
	建設資材廃棄物	9,042	37%	100%
合計		24,402	100%	109%

上記イメージは、燃料材国内消費量に、エネルギーとして利用された製材等残材、建設資材廃棄物、PKSのデータを加えたもの

【出典】木材チップと木質ペレットの計（国産、輸入）、薪（国産、輸入）、木炭（国産、輸入）は、木材需給表
 木材チップと木質ペレットの内訳（国産、輸入）は、林野庁調べ
 製材等残材、建設資材廃棄物は、木質バイオマスエネルギー利用動向調査（係数2.2で原木換算）
 PKSは、貿易統計における輸入量（同列で比較するため輸入量＝燃料利用、水分率15%、係数2.2で原木換算）

図 6 平成 30 年 燃料材等消費量の内訳

(林野庁「木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について」より引用¹¹⁾)

¹¹ 林野庁「木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について」
 13 頁 「木質バイオマス利用の現状②」

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.pdf

第2節 日本におけるバイオマス発電の現状

続いて第2節では日本における再生可能エネルギーとバイオマス発電の現状、そして日本の再生可能エネルギー進展の重要な要素となったFIT制度について論述する。

2.1 国際社会における日本の立ち位置

はじめに日本の再生可能エネルギーの導入は拡大傾向にあるが、2018年時点で再生可能エネルギーの発電比率はわずか16.9%に留まっており、他の先進国と比較しても低い水準に位置している。以下の図によると、再生可能エネルギー全体に関してカナダが再生可能エネルギー比率65.7%、ドイツの再エネ比率は33.6%、イギリスは29.7%、そしてアメリカは17.0%といずれの国々も日本より高い水準にある。また現時点で日本の2030年における再エネ導入目標比率は22~24%となっており、他の先進国より大きく出遅れてしまっている現状は否定できない。特にアメリカをはじめとする先進国諸国と比較して日本の再生可能エネルギーの発電コストは未だ高いままとなっており、発電施設の導入から維持に必要なランニングコストに至るまで費用を低減させていくための政府による補助・支援が再生可能エネルギー普及に不可欠である。

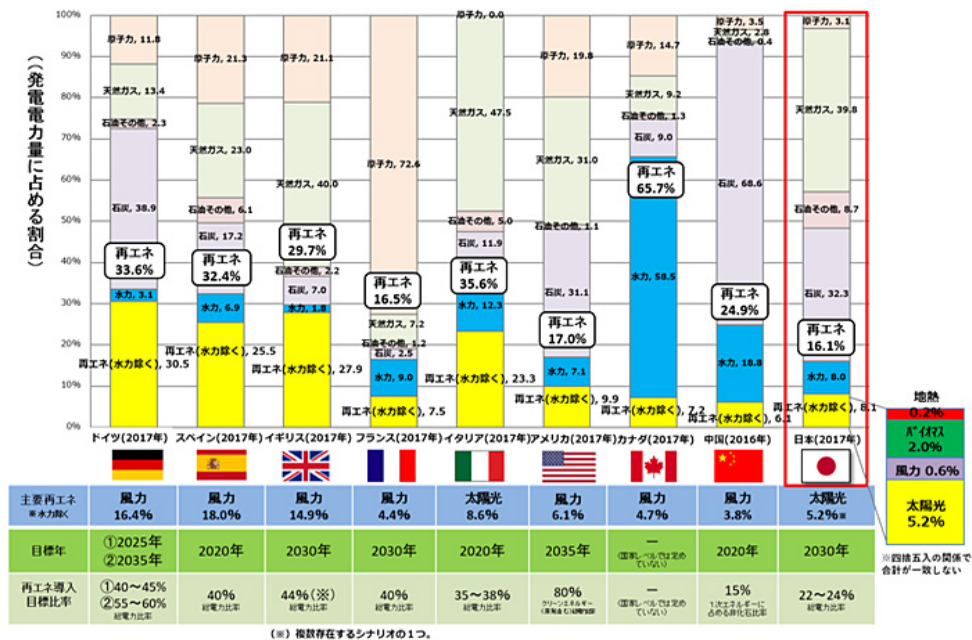


図7 「再生可能エネルギーの国際比較（発電比率）」

(経済産業省 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーとは 総論」より引用¹²⁾)

¹²⁾ 経済産業省 資源エネルギー庁 「再生可能エネルギーとは 総論」

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/outline/index.

続いて再生可能エネルギーの中でもバイオマス発電の現状に関して述べる。日本のバイオマス発電の比率は全体の中でわずか 2.0%である。しかし以下の図によると再生可能エネルギーの導入の絶対量に関しては 2017 年時点で世界第 6 位であり、このうちバイオマス発電は世界第 7 位に位置している。

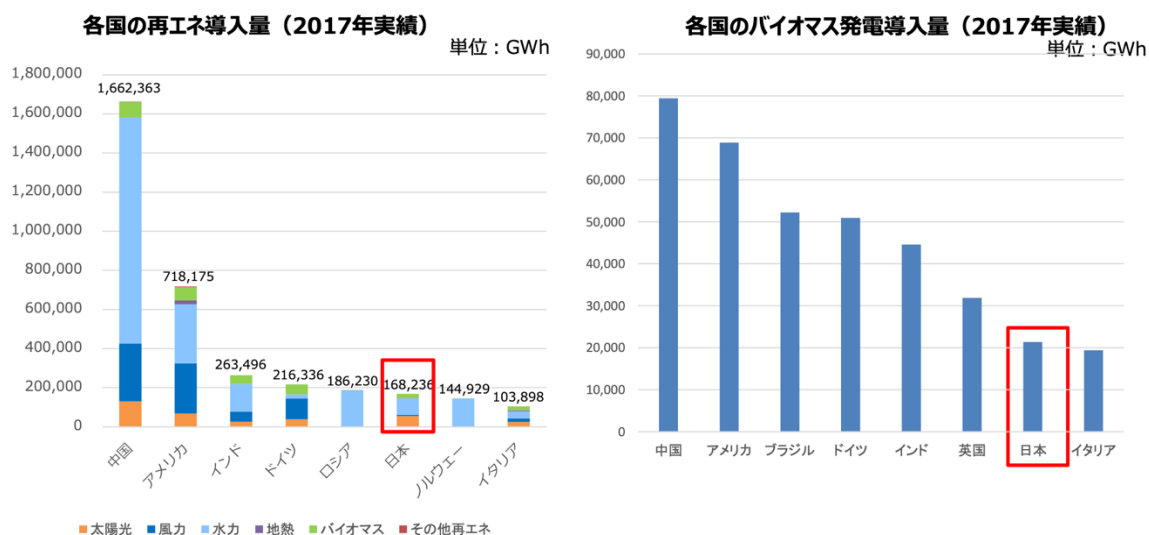


図 8 再生可能エネルギー導入量の国際比較 (導入の絶対量)

(経済産業省資源エネルギー庁 令和 2 年 7 月 20 日

「持続可能な木質バイオマス発電について」より引用¹³⁾

また費用に関して資源エネルギー庁によると、2020 年時点で木質バイオマス発電の中でも未利用材(2,000kw 以上)を使用する場合の資本費は、平均値で 1kw あたり 42.7 万円、中央値は 1kw あたり 42.3 万円となっている。また発電施設の運転維持費に関して、平均値は 1kw あたり 1 年で 4.6 万円、中央値は 1kw あたり 1 年で 3.9 万円となっている。¹⁴⁾これらの数値はいずれも政府の想定を上回った結果となっており、未だ木質バイオマス発電に関わる費用が高いことを示している。

[html](#)

¹³⁾ 経済産業省資源エネルギー庁 令和 2 年 7 月 20 日

「持続可能な木質バイオマス発電について」6 頁

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_02_00.pdf

¹⁴⁾ 経済産業省資源エネルギー庁 2020 年 12 月 「バイオマス発電について」

https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/065_04_00.pdf

2.2 FIT 制度について

続いて日本でバイオマス発電をはじめとする再生可能エネルギーの普及に寄与したFIT制度について言及する。FIT制度とは固定価格買取制度とも言い、電力会社に固定価格で再生可能エネルギーの買い取りを義務付ける制度である。「再生可能エネルギー普及政策の一環として、『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』に基づいて、2012年（平成24年）7月1日より開始された。本制度は、太陽光、風力、中小型の水力、地熱、バイオマスによって発電された電気を、一定の期間、固定価格で買い取ること、再生可能エネルギー電気を優先的に使うことを、発電事業者に対して義務づける制度」である。¹⁵本制度によって、再生可能エネルギーの供給者は電力の買い取り価格とその期間が保証されることにより、積極的な導入や設備の拡大などが期待される他、よりマクロな視点においても再生可能エネルギーによる発電技術開発が促進され、設備などのコストダウンや地球温暖化対策そのものに対しても大きく寄与すると考えられている。一方で、再生可能エネルギー由来の電力の買取価格を保証する際の費用は国民負担となっており、再生可能エネルギー賦課金という形で賄われている。

2022年以降の買取価格、期間については以下の表の通りである。¹⁶買取価格そして期間については、調達価格等算定委員会が各電源ごとに、設備の設置や運転・維持など必要となるコストを基礎に、適切な利潤などを考慮して定められ、経済産業大臣によって決定される。また他の再生可能エネルギーと比較してバイオマス発電の買取価格が高くなっている理由は、間伐材などの燃料の輸送、加工費用などを含んでいるためである。バイオマス発電は発電に伴うプロセスが長く、FIT制度の買取価格は上述の通り未だバイオマス発電の導入・維持費用が高いことを意味しているとも言える。

	1kwhあたり調達価格・基準価格						
	太陽光	風力	水力	地熱	バイオマス		
	50kw以上 (地上設置)	陸上風力 (50kw以上)	5,000kw以上 30,000kw未満	15,000kw以上	メタン発酵ガス (バイオマス由来)	間伐材等由来の木質バイオマス (2,000kw以上)	建設資材廃棄物
2022年度	10円	16円	20円	26円	39円	32円	13円
2023年度	9.5円	15円	16円	26円	35円	32円	13円
2024年度	9.2円	14円	16円	26円	35円	32円	13円
調達期間	20年間	20年間	20年間	15年間	20年間		
交付期間							

図9 FIT制度各再生可能エネルギーの買取価格一覧

(経済産業省 資源エネルギー庁「FIT・FIP制度 買取価格・期間等」¹⁶より筆者作成)

¹⁵ 日本大百科全書 「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」

<https://japanknowledge-com.kras.lib.keio.ac.jp/lib/display/?lid=1001000327617>

¹⁶ 経済産業省 資源エネルギー庁「FIT・FIP制度 買取価格・期間等」

https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/fit_kakaku.html

第3節 木質バイオマス発電の稼働事例

第3節では実際に日本で稼働している2つの木質バイオマス発電所を取り上げる。林野庁によると、日本では令和4年3月末時点において、「再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT)」の計画認定を受けた木質バイオマス発電所は433ヶ所であり、このうち183ヶ所が稼働中である。¹⁷また燃料を木材に限定せずバイオマス発電施設全体として考えると500ヶ所以上が稼働している。このように日本では多くのバイオマス発電所が稼働しているが発電規模から燃料の調達に至るまで、発電所ごとに多くの違いが見受けられる。今回は対照的な特徴を持つ、秋田県秋田市に位置する「秋田バイオマス発電所(向浜発電所)」と福岡県京都郡苅田町に位置する「苅田バイオマス発電所」に関して論述する。

3.1 秋田バイオマス発電所(向浜発電所)

3.1 では秋田バイオマス発電所(向浜発電所)について論述する。また今回の論文の執筆にあたって、ユナイテッドリニューアブルエナジー株式会社の渡辺様にメールでやり取りをさせていただき、ヒアリングを行った。

秋田バイオマス発電所(向浜発電所)は、秋田県秋田市に位置しユナイテッドリニューアブルエナジー株式会社により運営され2016年7月より運転を開始している発電所である。面積は3万6千平方キロメートル、出力規模は20.5MWの木質バイオマス発電施設となっている。はじめに秋田県秋田市にてバイオマス発電所を設立した経緯として、固定価格買取制度の制定が一つとして挙げられるという。また時を同じくして東日本大震災が起これ、当たり前のように享受出来る電源の存在の重要性を再認識するとともに、秋田市は秋田県内の中心に位置しており秋田県内の未利用材を効率的に集めることが出来るという地理的な優位性から発電に至った。¹⁸

次にヒアリングの内容を中心に、「燃料」と「経済効果」の2点に分けて秋田バイオマス発電所の特徴をまとめる。

秋田バイオマス発電所の主な燃料は秋田県内から調達される「木質チップ」である。この木質チップは県内の大手素材生産事業者(兼林業者)7社とチップ供給契約を結んでおり、

¹⁷ 林野庁「木質バイオマス発電施設の設置状況(2022年3月末時点)」

https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/attach/pdf/con_7-3.pdf

¹⁸ 平野久貴(2018)「特集記事：バイオマス発電の今までとこれから バイオマス発電事業による地方創生」『日本エネルギー学会機関誌 えねるみくす』 118-122頁

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jieenermix/97/2/97_118/_pdf/-char/ja

年間 15 万トンの木質チップ調達が可能となっている。以下の図のように秋田市は秋田県内の中心部に位置していることから秋田県の豊富な森林資源を概ね 100km 以内で調達することが可能である。

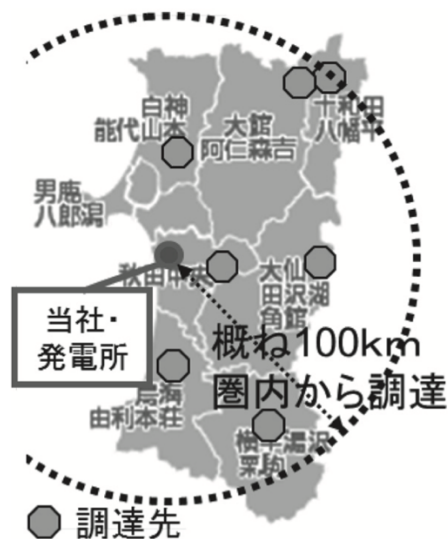


図 10 「原料バイオマスの調達先」

(「日本エネルギー学会機関誌 えねるみくす」『特集記事：バイオマス発電の今までとこれから』『バイオマス発電事業による地方創生』より引用¹⁸⁾)

このような地理的な条件も相まって、秋田バイオマス発電所は発電燃料の約 7 割を秋田県内で賄うことが可能となっている。海外に燃料を依存しないことでエネルギーセキュリティ上有利であることに加えて、為替の影響を受けないため安定した操業が可能となっている。残りの 3 割についてはインドネシアやマレーシアから「PKS」を輸入している。

次に「経済効果」に関して言及する。はじめに秋田バイオマス発電所によって、発電所、チップ工場の運転、そして運送業務といった分野で約 100 名の雇用が創出された。また秋田県の林業素材生産量が平成 27 年時点で 123 万平方メートルであることを踏まえると、秋田バイオマス発電所が年間で 15 万トンの木質チップを調達していることから、木材が 1 トンあたり 1 平方メートル分であると仮定すると、秋田県内の木材需要の約 1 割分の創出に貢献している。

またヒアリングを行わせていただいた渡辺様によると、「総額 631 億円の最終需要を基に計測すると経済波及効果（生産誘発額）は 501 億円」であり、「商業」、「製材・木製品」、「金融・保険」の順で特に効果が大きかった。また地域経済への貢献として、「県内の各林業者の活性化」、「地域支援」、「購買、メンテナンス」、「チップ工場の稼働」、「運送業、港湾事業の活性化」、「全体での雇用創出(100 名ほど)」が挙げられるという。

3.2 荻田バイオマス発電所

荻田バイオマス発電所は福岡県京都郡荻田町に位置し、荻田バイオマスエナジー株式会社によって運営され2021年6月より運転を開始している発電所である。荻田バイオマス発電所に関しては、荻田バイオマスエナジー株式会社の星野様にヒアリングを行わせていただいた。その結果を含めて以下に論述する。荻田バイオマス発電所は、面積4万8千平方メートル、出力規模は約75.0MWと国内最大規模の木質バイオマス発電施設である。また、特徴の一つに「再熱方式」を使用していることが挙げられる。再熱方式とは、以下の図のように「蒸気タービンを回転させたことにより温度が下がり力が落ちた蒸気を再びボイラへ送って再加熱し、力を挙げた後に再び蒸気タービンへと送り込む」方式であり、高効率な発電に寄与している。¹⁹

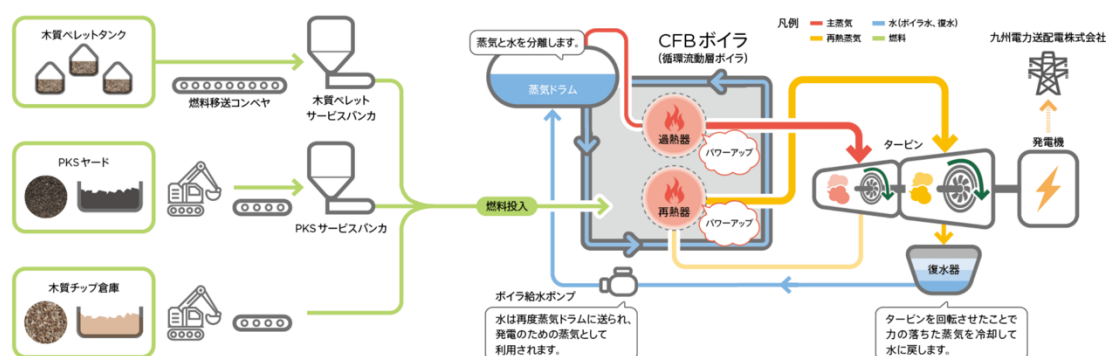


図 11 「バイオマス発電の流れ」

(荻田バイオマスエナジー株式会社 「バイオマス発電とは」より引用¹⁹)

次に秋田バイオマス発電所と同様に、「燃料」と「経済効果」の2点に分けて荻田バイオマス発電所の特徴をまとめる。

荻田バイオマス発電所の燃料は主に3種類であり、海外から輸入する「木質ペレット」が6割、「PKS」が3割、そして国内で自給される「木質チップ」が残りの1割を占めている。これらの比率をベースはしているが、運転状況や在庫によってフレキシブルに変動させて運転している。荻田町は北九州空港や港が近く、また高速道路へのアクセスも良いため物流面の利便性に関して大きな強みを持っている。そのため、「木質ペレット」や「PKS」といった燃料を海外から輸入する際には大きな利点がある。また「木質チップ」は大分県北部からトラックで輸送し輸送しており、高速道路の存在も安定操業の要因の一つである。

続いて「経済効果」について言及する。荻田バイオマス発電所によって、荻田町には新た

¹⁹ 荻田バイオマスエナジー株式会社 「バイオマス発電とは」「バイオマス発電の流れ」
<https://www.kb-energy.jp/biomass-energy/>

な雇用が生まれた。発電所近隣の福岡県在住の人々が、運転員や管理メンバーといった発電所に直接的に雇用されるという事例に加えて、国産の木質チップを利用していることからチップの加工業者や林業従事者に関しても人員増に至ったとのことだった。星野様にお伺いしたところ、正確な人数や期間までは把握出来ていないとのことだったが、確実に地元経済の活性化に貢献しているといえる。

3.3 両者の比較を通じて

3.1 と 3.2 では、秋田バイオマス発電所と苅田バイオマス発電所の基本情報を述べた。改めて2者の違いを以下の図の通りにまとめる。

	秋田バイオマス発電所	苅田バイオマス発電所
場所	秋田県秋田市	福岡県京都郡苅田町
運転開始年	2016年	2021年
出力規模	20.5MW	75.0MW
燃料	国産材(秋田県産)「木質チップ」：7割(年間15万トン) 輸入材(PKS):3割	輸入材：9割 (「木質ペレット」6割、「PKS」3割) 国産材(大分県産)「木質チップ」：1割
経済効果	経済波及効果：501億円 100名の雇用創出	地域経済への貢献 (経済波及効果、雇用の創出ともに具体的な数字は不明)

図 12 秋田バイオマス発電所と苅田バイオマス発電所の比較
(各発電所 HP 及びヒアリング結果から筆者作成)

特に大きな違いとして、発電所の発電規模と使用している燃料の2点が挙げられる。秋田バイオマス発電所は出力規模が20.5MWと現在の日本では中規模であり、燃料の大半を地元の秋田県内で賄うことが可能となっている。一方で、苅田バイオマス発電所の出力規模は75.0MWと国内最大規模の発電所である分、燃料の多くを海外から輸入している。実際のところ、1.3で述べたように「木質(木材)チップ」と比較して「木質ペレット」及び「PKS」の方が発熱量が大きく、秋田バイオマス発電所に関して出力規模が20.5Wより大きくなった場合は「木質ペレット」や「PKS」を主燃料にする必要がある。

また、秋田バイオマス発電所のように国内で燃料の大半を調達できることは、エネルギーセキュリティ上有利であるほか、地元の林業社に大きな経済効果をもたらしている。他方、苅田バイオマス発電所が海外から調達しメインで使用している「木質ペレット」や「PKS」は国内産の「木質(木材)チップ」より発熱量が高く水分量が少ないことから、その分排ガス量が少ないというメリットも存在する。このように日本における木質バイオマス発電所は、各発電所によって特徴や条件などが大きく異なる。

第4節 バイオマス発電と地方創生

ここまでバイオマス発電の基本的な情報について述べてきたが、この章では木質バイオマス発電と地域経済の関わりに関して論述していきたい。

上述の通り、バイオマス発電は周辺地域から排出される有機物資源を活用することから循環型社会への構築に寄与するだけでなく、多くの経済効果を生み出している。第3節では実際に稼働している秋田バイオマス発電所と荊田バイオマス発電所に注目し、木質バイオマス発電所がもたらした林業や運送業などの雇用の創出や経済の活性化を確認することが出来た。近年、日本では少子高齢化とともに都市の人口集中と地方の過疎化が進展しており、地方経済は深刻な打撃を受けている。そのような状況下で、地域と密接に関わる木質バイオマス発電には経済面においても正の影響をもたらすと大きな期待がなされている。

木質バイオマス発電と地域経済の関係については既にいくつかの研究が行われている。菊池・岩本(2023)は、福井県奥越地区における木質バイオマス発電の地域経済活性化効果について分析した。²⁰奥越地域の産業連関表と木質バイオマス発電所を追加した拡張産業連関表を作成し変化額を見ることで、木質バイオマス発電事業が与えた地域経済構造の変化と活性化効果を定量的に示した。

(単位：万円)

		中間需要							最終需要			域内生産額
		一般部門	林業	木材・木製品	石炭・原油・天然ガス	電力	木質バイオマス発電	内生部門計	域内最終需要計	移輸出	移輸入	
中間投入	一般部門	0	0	0	0	-31,034	20,500	-10,534	0	-2,473	-13,007	0
	林業	0	0	0	0	0	23,153	23,153	0	-23,153	0	0
	木材・木製品	0	0	0	0	0	2,573	2,573	0	-2,573	0	0
	石炭・原油・天然ガス	0	0	0	0	-20,232	0	-20,232	0	0	-20,232	0
	電力	-52,184	-50	-664	0	-5,769	0	-58,667	-33,145	0	0	-91,812
	木質バイオマス発電	97,358	93	1,239	0	10,764	0	109,454	61,837	0	0	171,291
	内生部門計	45,174	43	575	0	-46,272	46,225	45,745	28,692	-28,199	-33,240	79,479
粗付加価値部門計		-45,174	-43	-575	0	-45,540	125,066	33,734				
域内生産額		0	0	0	0	-91,812	171,291	79,479				

(出所) 筆者作成

図13 木質バイオマス発電導入前後の地域経済構造変化額
(菊池・岩本(2023)「福井県奥越地区における木質バイオマス発電の地域経済活性化効果」より引用²⁰)

²⁰ 菊池武晴・岩本朋大(2023)「福井県奥越地区における木質バイオマス発電の地域経済活性化効果」『環境情報科学論文集』

上図は、奥越地区産業連関表と拡張版産業連関表の変化額を表したものである。すなわち、奥越地区の木質バイオマス発電所の導入前と後での地域経済の構造変化額を示している。林業および木材・木製品については内生部門の数値が増加している一方で移輸出は減少していることから、木質バイオマス発電所によって奥越地区内での木材需要が増加していることが見てとれる。そして石炭・原油・天然ガスについては電力での需要が減少し、移輸入に関しても同額減少している。全体の結果としては、木質バイオマス発電所の設置前後によって域内生産額は 79,479 万円増加し、粗付加価値額は 33,734 万円増加した。これらのことから、以前は化石燃料費として域外に流出していた富が木質バイオマス発電によって奥越地区内での林業や木材といった地域資源に充てられるようになったことで、域内で富が循環するようになり付加価値額が増加したことが分かる。すなわち木質バイオマス発電によって地域経済には、確実にプラスの影響をもたらされた。

また、伊藤(2017)は燃料の調達経路や費用に注目し、木質バイオマスモデル地区として宮城県気仙沼市の林地残材動向を明らかにするため、発電に利用される 1 平方メートル当たりの収支額を算出した。²¹気仙沼市の木質バイオマス発電所が安定して電力を発電するには年間で 8,000 トンの木質燃料が求められる。木質バイオマス発電を契機として地元の森林所有者やコミュニティなどで伐採作業といった活動に取り組む事例が多く見受けられ、今回は地元の森林組合が気仙沼市の所有する 638 平方メートルの間伐施業地において木質バイオマス発電用に林地残材を間伐する、という状況下で調査を行なった。調査の結果、林地材収入から人件費やトラック運搬費といった諸経費を引き、一平方メートルあたり 2,190 円の赤字であったことが明らかとなった。フォワーダによる小運搬とトラック運搬という輸送ツールが複数に渡ったことが直接的な原因と考えられる。一方で、作業人員と日数を考慮すると販売額は一人当たり一日で 16,800 円であった。

今回の調査では赤字という結果になったが、今回伐採を行なった森林組合は地元地域のコミュニティとして団塊の世代のセカンドワークのように機能しており、単なる利益だけではなく地域の繋がりといった点で地域の活性化に寄与している。木質バイオマス発電がもたらす林業の活性化は各企業への需要の創出のみならず、地域の結束を強め人々の生きがいにも影響を与えている。

²¹ 伊藤俊一(2017)「木質系バイオマスモデル地区における林地残材の活利用に向けた研究」『林業技術総合研究センター成果報告第 25 号』29-35 頁

<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010910666>

第5節 木質バイオマス発電における「国産材」と「輸入材」の燃料

配分の検討

第3節・第4節では、木質バイオマス発電が地域経済にもたらす正の効果や地元の未利用材が燃料として利用される際の動向を確認した。しかしながら、現在日本の大規模な木質バイオマス発電所の多数が海外から輸入した燃料を多く用いており、燃料を国産と輸入された燃料として区別しての議論がなされていない。日本には400を超える木質バイオマス発電所が存在しているが、使用される燃料は発電所の立地や発電規模、為替の影響などから一定ではなく各発電所で異なっている。上述の通り国産材を多く用いることで、地域内で富が循環し付加価値がもたらされることが明らかとなっているが、大規模な発電所においてはまとめて大量の燃料を調達することのできる輸入材が主に使用されている現状がある。

この節では、木質バイオマス発電の燃料を「国産材」と海外からの「輸入材」に大別した上で、それぞれの消費量に関して日本の木質バイオマス発電所が満たすべき最適な配分を示し、これらを実現するために必要な施策について検討する。

5.1 「私的最適」と「社会的最適」の導出とその比較

以下の通りに、今回の分析で扱う記号の定義を示す。

X_d : 国内で自給される燃料「国産材」

X_f : 海外から輸入される燃料「輸入材」

q : 木質バイオマス発電によって得られる売電価格

P_d : 「国産材」に対して支払う燃料価格

P_f : 「輸入材」に対して支払う燃料価格

βX_d : 「国産材」を利用した際の正の効果

γX_f : 「輸入材」を利用した際の負の効果

π : 各バイオマス発電事業者の私的最適

ω : 社会的最適

はじめに日本の各バイオマス発電事業者の、「国産材」と「輸入材」の利潤最大化を行う私的最適な消費水準を導出する。各事業者の私的最適は以下の式にて表される。またここでの b と c は所与のものであると仮定し、発電効率を示すものとする。

$$\pi = [q(b_d X_d - c_d X_d^2) + q(b_f X_f - c_f X_f^2)] - (P_d X_d + P_f X_f)$$

ここで「国産材」での利潤最大化を行う私的最適な消費水準は、以下の通りに示される。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi}{\partial X_d} &= q(b_d - 2c_d X_d) - P_d = 0 \\ X_{\pi d}^* &= \frac{q b_d - P_d}{2q c_d} \end{aligned} \quad (1)$$

「輸入材」での利潤最大化を行う私的最適な消費水準は、以下の通りである。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi}{\partial X_f} &= q(b_f - 2c_f X_f) - P_f = 0 \\ X_{\pi f}^* &= \frac{q b_f - P_f}{2q c_f} \end{aligned} \quad (2)$$

次に、社会的純便益とは「私的最適に国産材を利用した際の正の効果から輸入材を使用した際の負の効果を引きいた値、すなわち外部便益を加えたもの」として定義し、社会的最適である消費水準についてもその性質を導出する。なおここでの βX_d とは、雇用の創出や林業・運送業の活性化など木質バイオマス発電所が地元地域をはじめとした日本で調達した木材を利用したときにもたらされる正の影響を総合的に示している。一方で、 γX_f とは燃料を船舶を通じて海外から輸入する際に排出される二酸化炭素排出や追加の運送・加工費用などの外部費用を表している。そしてこれらは第4節で確認したように、「国産材」は木質バイオマス発電所を中心に地域内で富を循環させ付加価値をもたらす一方で、「輸入材」は富を流出させてしまうという既存研究から、日本経済にとって「国産材」の方がより優れているという前提において成立するものとする。

これらを踏まえ、社会的最適は以下の式にて表される。

$$\omega = \pi + (\beta X_d - \gamma X_f)$$

そして「国産材」における社会的最適な消費水準は以下の通りである。

$$\frac{\partial \omega}{\partial X_d} = q(b_d - 2c_d X_d) - P_d + \beta = 0$$

$$X_{\omega d}^* = \frac{q b_d - P_d + \beta}{2q c_d} \quad (3)$$

次に「輸入材」における社会的最適な消費水準は以下の通りである。

$$\frac{\partial \omega}{\partial X_f} = q(b_f - 2c_f X_f) - P_f - \gamma = 0$$

$$X_{\omega f}^* = \frac{q b_f - P_f - \gamma}{2q c_f} \quad (4)$$

(1) と(3)の式より、 $X_{\omega d}^* = X_{\pi d}^* + \frac{\beta}{2q c_d}$ であることから、 $X_{\omega d}^* > X_{\pi d}^*$ となる。

すなわち「国産材」に関しては、私的最適配分よりも社会的最適配分での消費量が多いことが示される。

次に(2)と(4)の式より、 $X_{\omega f}^* = X_{\pi f}^* - \frac{\gamma}{2q c_f}$ であることから、 $X_{\omega f}^* < X_{\pi f}^*$ となる。

すなわち「輸入材」に関しては、社会的最適配分よりも私的最適配分での消費量が多い。よってこれらの結果から、日本の木質バイオマス発電所が使用する燃料に関して「国産材」と「輸入材」ともに、各事業者の私的最適と社会的最適は乖離していることが確認できる。

5.2 「認証制度」の導入

そして私的最適と社会的最適の乖離を埋めるためには、「国産材」においては私的最適配分での消費量が社会的最適配分と同等になるように国産材を利用した際の正の影響が大きくなる政策が必要である。そして「輸入材」においては、私的最適配分が社会的最適配分と同等になるため輸入材を使用した際の外部費用を抑える政策が必要である。

ここで有効な施策として考えられるものが「認証制度」である。この認証制度を用いることで、国産材由来の木質バイオマス発電の電力に対する需要を高めることが出来る。

実際現在の日本においても、経済産業省資源エネルギー庁と環境省によって運営される「グリーンエネルギーCO2削減相当量認証制度」が成立している。この制度は、「現在民間で取引されているグリーン電力・熱証書について、証書のCO2排出削減価値を国が認証す

ることにより、地球温暖化対策推進法に基づく算定・報告・公表制度における国内認証排出削減量として活用できる」というものである。²²今やカーボンニュートラルへの取り組みは国や自治体単位で行うだけではなく、企業にも当たり前に求められると同時に一個人にとっても関心が高まっている。この認証制度によって、証書すなわち認証された電力の購入者は自身が使用する電力が環境に優しいものであることを対外的に示すことができ、認証されたグリーンエネルギーCO2削減相当量は「温対法に基づく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度」における国内認証排出削減量として活用することが出来る。

これらのように認証制度を木質バイオマス発電に適用すると、企業や個人といった電力の消費者は「国内材」由来の燃料を使用した電力を購入することで認証を得られ、またそれが対外的に示されることとなる。ここでの消費者は実際に「国産材」から生産された電力を使用するわけではない。しかしながら、電力会社から通常の電力を享受する場合でも国産材由来の電力を購入した証である証書を保有することで、購入した分だけ国産材由来の電力を利用しているとみなされる。消費者は通常の電力料金に加えて証書分の代金を購入することとなるが、この認証はカーボンニュートラルを実現していることはもちろん地元の林業や運送業に貢献していることを証明するものであり、認証された電力を積極的に需要することで、自身のゆかりのある地域経済を応援することにも繋がる。

ここで既存の「グリーンエネルギーCO2削減相当量認証制度」と木質バイオマス発電における認証制度の明確な違いは、証書に段階を設けることで各発電事業者の「国産材」使用に対する取り組みを一層促進させる可能性があるという点である。現在、日本のバイオマス発電所の大半が「国産材」と「輸入材」を併用して使用している。第3節で取り上げた秋田バイオマス発電所と荊田バイオマス発電所は使用する割合に差はあるものの、ともに国産材に相当する木質チップと輸入材に相当するPKSを燃料として用いていることが分かった。日本の木質バイオマス発電所において国産材のみを利用して稼働し続けることは難しく、認証制度を取り入れる際は基準となる割合を定め、国産材の使用割合がその基準を上回った場合のみに認証が与えられることが考えられる。その分認証に段階を設けることが可能であり、国産材の使用率が高いほど認証が表す地域経済への貢献度も高いといえる。カーボンニュートラルへの取り組みと同様に地域経済の活性化は日本の推進すべき重要事項であり、関心を持っている人々も多い。国産材の使用率が高い電力に対する証書の価格を高く設定することで、各発電事業者に競争をもたらし更なる国産材の使用促進に寄与する。

仮に、元来の売電価格に認証を付与した新たな売電価格をAとする。認証は3段階に分けられているものとし、最も「国産材」の使用比率が高くまた認証に伴う追加価格が高い売電価格を A_1 、それに次ぐ認証での価格を A_2 、そして最も「国産材」の使用率が低く価格が低いものを A_3 とおくと、売電価格は $A_1 > A_2 > A_3 > q$ となる。

「国産材」の場合で検討すると、最も使用率の低い認証がついたとき売電価格 q が A_3 に

²² 経済産業省資源エネルギー庁「グリーンエネルギーCO2削減相当量認証制度 概要」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/green_energy/outline.html

変化するため

私的最適な消費水準は、 $X_{\pi d}^* = \frac{A_3 b_d - P_d}{2A_3 c_d}$ 、社会的最適な消費水準は、 $X_{\omega d}^* = \frac{A_3 b_d - P_d + \beta}{2A_3 c_d}$

にて表される。そして、両者の乖離は $X_{\omega d}^* = X_{\pi d}^* + \frac{\beta}{2A_3 c_d}$ として示される。

ここでの A_3 は元来の売電価格 q よりも大きいため、 $\frac{\beta}{2A_3 c_d} < \frac{\beta}{2q c_d}$ となり、乖離は認証制度の導入によって小さくなったことが分かる。また、 A_3 よりも A_2 、 A_2 よりも A_1 を用いる方が乖離は小さくなるため「国産材」使用率の最も高い認証を付与された場合が利点も大きくなる。実際の売電価格は FIT 制度によって政府により決定されているため、認証が付与されたあとの売電価格が大きく上昇することはないが、価格の変化が大きいほど乖離は小さくなることが分かる。

これらの要素から、認証制度がもたらされると電力全体の中ではもちろん木質バイオマス発電内においても国産材由来の電力需要が高まっていくと考えられる。需要が高まることにより国産材由来の電力の売電価格は上昇し、それに伴って林業や木材加工業者といった地元地域の経済にも正の影響が波及するであろう。また、認証がつかない輸入材由来の電力の需要は低下し、必然的に船舶での輸送などに伴う二酸化炭素排出量は減少することが考えられる。

5.3 今後の展開について

5.1,5.2 では、日本の木質バイオマス発電について「国産材」と「輸入材」それぞれの消費量に関して私的最適と社会的最適を導出し、その乖離を埋めるために「認証制度」の必要性を述べた。5.3 では、実際に認証制度を導入するにあたって考慮すべき課題や事例について検討する。

1 点目は、「国産材」と「輸入材」を使用した際の外部性に関して、その影響はサプライチェーンの長さに伴い一概に述べることは出来ないという点である。5.2,5.3 では、地域にもたらされる経済効果に焦点を当て「輸入材」より「国産材」の方が優れているという前提のもと議論を進め、認証制度の導入によって国産材由来の電力の需要を高めるという施策について検討した。また言い換えると、「国産材」を使用した場合は日本に経済効果をもたらされるといった正の影響がもたらされ、「輸入材」を使用した際は負の影響がもたらされるという仮定を置いて分析を行った。しかしながら、例えば木質バイオマス発電所が排出する排気ガスだけに焦点を当てると輸入材である木質ペレットより国産材に相当する木質チップの方が水分量が多く、排出される排気ガスの量が多いことが分かっている。今回の分析では周辺地域にもたらされる経済効果を中心に考慮したが、外部性全体を考慮すると多くの要素が複雑に関わり合っており、正確な分析には各々を細分化して考える必要がある。

そして2点目は、「国産材」の積極的な利用は各バイオマス発電事業者で完結することではなく、地方自治体や政府の支援が不可欠であるということである。大規模なバイオマス発電所の場合は、発熱量の小さい木質チップのみでは発電量を賄うことが出来ず、発熱量の多いPKSなどの輸入材を利用せざるを得ない。そして現在国産材は豊富に存在してはならず今後木質バイオマス発電所が拡大していくことを考慮すると一層枯渇していくことが考えられる。各発電所が国産材の使用を拡大させていくためには、前提として国産材の供給体制を整えることが必要であり特に林業の推進に伴う未利用材の増進は急務である。またバイオマス発電の特徴の一つとして分散型の発電所が多く存在するということが挙げられ、発電施設の規模によって対応出来る燃料や状況が異なる。認証制度の導入は、今後新たに建設される発電所に関しては普遍的に対応させることが可能であるが、既存の発電所にはそれぞれに適した基準が設けることが必要である。

以上のように、木質バイオマス発電は燃料の調達から発電に至るまでの過程が長く様々なステイクホルダーと関わる。国産材の需要を高めるためには「認証制度」の導入は勿論のこと、発電所だけではなく発電のプロセスを包括的に捉える必要がある。

終節

本論文では、日本の木質バイオマス発電における燃料に着目し「国産材」と「輸入材」のそれぞれの消費量に関して適切な配分を検討した。分析の結果、バイオマス発電事業者の私的最適と私的最適に外部便益を加えた社会的純便益が最大化された状態、すなわち社会的最適が乖離していることが確認出来た。そしてこの乖離を埋める手段として「認証制度」の導入を提案し、認証制度によって「国産材」由来の木質バイオマス発電によって生み出される電力がその他の電力と差別化されることで、需要が高まると考えられる。そして認証制度によって消費者が証書に対して支払う料金に加え電力需要の高まりとともに売電価格が上昇することで、木質バイオマス発電事業者の収入が上がり、周辺地域に更なる経済効果がもたらされることになるであろう。現在日本の木質バイオマス発電所の大半が「国産材」と「輸入材」を併せて使用しているが、用いる燃料によって地域経済に与える影響は異なる。燃料を「国産材」と「輸入材」に区別してそれぞれの消費量における現状を示したこと、そしてそれらを改善するための施策を提示したことが本論文の意義であると考えられる。

現在、再生可能エネルギーの導入は拡大傾向にあるが、社会においてバイオマス発電に関する認知度や理解は他の再生可能エネルギーと比較すると低い。この論文にて取り上げた「認証制度」は、証書を購入することで購入者が温室効果ガス削減に取り組んでいることに相当するという実利的な面が主ではあるが、企業や一般の消費者の自然環境や地域経済を思いやる感情という側面も含まれている。認証制度を通じて国産材の需要を拡大していくためには、認証制度そのものはもちろんのこと再生可能エネルギーなどの脱炭素化へ向けた取り組み自体に国民の関心が高まっていくことが必要である。

また本論では触れなかったものの、現在木質バイオマス発電には熱利用というシステムが注目されている。発電所ではバイオマスを燃焼させることでタービンを回転させ電力を生み出すが、その際大量の熱エネルギーも生み出しておりその熱を温水や温風などの形で様々な事業に利用するという構造となっている。熱利用は単なる発電とは異なり、熱の需要先の創出からその供給までを考慮する必要があり技術的な面も含めて更なる進展が求められている。

改めてバイオマス発電は脱炭素化への取り組みは勿論、地域経済への貢献やその他の波及効果など様々な可能性を秘めている。しかしながら、他の発電方法と比較して燃料の調達から発電に至るまでのプロセスが複雑であり、発電所の規模や立地などの条件によって考慮すべき事柄は大きく異なってくる。日本においてバイオマス発電がより発展・普及していくために、「認証制度」をはじめとした事業者を積極的に支援する体制が整うことを願う。

参考文献

【論文・レポート】

- ・石丸美奈(2015) 「木質バイオマス発電事業の拡大と輸入バイオマス燃料」
一般社団法人 JA 共済総合研究所『共済総研レポート』 48-53 頁
<https://www.jkri.or.jp/PDF/2015/Rep142ishimaru.pdf>
- ・伊藤俊一(2017) 「木質系バイオマスモデル地区における林地残材の活利用に向けた研究」『林業技術総合研究センター成果報告第 25 号』 29-35 頁
<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010910666>
- ・菊池武晴・岩本朋大(2023) 「福井県奥越地区における木質バイオマス発電の地域経済活性化効果」『環境情報科学論文集』
- ・平野久貴(2018) 「特集記事：バイオマス発電の今までとこれから バイオマス発電事業による地方創生」『日本エネルギー学会機関誌 えねるみくす』 118-122 頁
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jieenermix/97/2/97_118/_pdf/-char/ja
- ・山崎昌典(2007) 「バイオマス発電の動向」『電気設備学会誌』
27 卷(2007) 8 号 639-644 頁
https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieiej/27/8/27_639/_pdf/-char/ja

【WEB】

- ・一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会「データベース ⑤木材価格統計(農林水産省)」 「5-1.製材用素材価格・チップ用素材価格・チップ価格(全国)月別推移」
<https://jwba.or.jp/database/woody-biomass-database/price/>
「6-4.木質ペレット 月別通関量の推移」
<https://jwba.or.jp/database/woody-biomass-database/database-price-transition01/>
「6-6. PKS 月別通関量の推移」
<https://jwba.or.jp/database/woody-biomass-database/database-price-transition01/>
最終閲覧日：2024/1/25
- ・一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会
「木質バイオマス発電とは」
<https://jwba.or.jp/woody-biomass-energy/woody-biomass-electricity/>
最終閲覧日：2024/1/25

・ 荏田バイオマスエナジー株式会社 「バイオマス発電とは」「バイオマス発電の流れ」
<https://www.kb-energy.jp/biomass-energy/>

最終閲覧日：2024/1/25

・ 経済産業省資源エネルギー庁 「グリーンエネルギーCO2 削減相当量認証制度 概要」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/green_energy/outline.html

最終閲覧日：2024/1/25

・ 経済産業省 資源エネルギー庁 「再生可能エネルギーとは 総論」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/outline/index.html

最終閲覧日：2024/1/25

・ 経済産業省資源エネルギー庁 令和2年7月20日
「持続可能な木質バイオマス発電について」6頁

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_02_00.pdf

最終閲覧日：2024/1/25

・ 経済産業省 資源エネルギー庁 2020年12月 「バイオマス発電について」
https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/065_04_00.pdf

最終閲覧日：2024/1/25

・ 経済産業省 資源エネルギー庁 「FIT・FIP制度 買取価格・期間等」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/fit_kakaku.html

最終閲覧日：2024/1/25

・ 日本大百科全書 「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」
<https://japanknowledge-com.kras.lib.keio.ac.jp/lib/display/?lid=1001000327617>

最終閲覧日：2024/1/25

日本大百科全書 「バイオマス発電」

<https://japanknowledge-com.kras.lib.keio.ac.jp/lib/display/?lid=1001050308597>

最終閲覧日：2024/1/25

・ 農林水産省 「令和4年木質バイオマスエネルギー利用動向調査結果」

https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/mokusitu_biomass/r4/index.html

最終閲覧日：2024/1/25

・林野庁 「木質バイオマスとは」

https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_1.html

最終閲覧日：2024/1/25

・林野庁「木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について」

7 頁 「森林・林業政策における木質バイオマス利用」

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.pdf)

[pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.pdf) 最終閲覧日：2024/1/25

13 頁 「木質バイオマス利用の現状②」

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.pdf)

[pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.pdf) 最終閲覧日：2024/1/25

・林野庁「木質バイオマス発電施設の設置状況(2022年3月末時点)」

https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/attach/pdf/con_7-3.pdf

最終閲覧日：2024/1/25

あとがき

私が環境経済学の専攻を志した理由は、自身の幼少期の体験に由来します。私は小学4年生までドイツのデュッセルドルフで暮らしており、ライン川をはじめとする美しい自然に囲まれて幼少期を過ごしました。歴史と自然が融合した綺麗な街並みは今もなお記憶に残っており、また2000年代前半だったのにも関わらずゴミの分別やペットボトルのデポジット制など、人々に自然環境への意識・配慮が備わっていることが印象的でした。これらの景色は当時の私にとって当たり前のものでしたが、日本に帰国して大きな違いを感じる事となりました。繁華街では地面にゴミが溢れており、環境に対する人々の意識もドイツとかけ離れていたことに課題意識を持ち、この経験が環境経済学に関心を持つきっかけとなりました。そして大学生生活最後に取り組むこの卒業論文では、ドイツと日本の比較や類似点といった何か自身の原体験と関わりがある分野に取り組みたいと考えていました。そのような中で、ドイツは再生可能エネルギー比率が高くそして地方自治が成熟しており現在でも多くの都市が各々で発展を遂げていることが特徴の一つであります。一方で、日本の再生可能エネルギー比率は他の先進国と比較しても大きく出遅れており、また地方の過疎化・脆弱な経済が深刻な問題となっています。ドイツの特徴を裏返した日本の課題に関心を持ち、これら2つの課題に同時にアプローチすることの出来るバイオマス発電をテーマに選択しました。中でも木質バイオマス発電の燃料に注目したことは、研究対象を狭めて自分自身のオリジナリティを示すことに繋がったと考えています。木質バイオマス発電の研究を通じて私は、自身の関心があった論題に関して理解を深められただけでなく、ものごとを体系的に捉える力や客観的に分析する力が身につきました。また私は大学卒業後の進路としても、日本各地の環境保全や地方創生といった地域活性化に取り組みたいという思いを持っています。大学生生活最後に、自身の思いを僅かながらも形に出来たことを嬉しく思います。

最後に卒業論文執筆にあたって、ゼミの時間外にも何度も親身にアドバイスをくださった大沼先生に感謝申し上げます。また同期の18期生にも卒論執筆のみならず日々のゼミでサポートいただき、毎週同じ時間に同じメンバーと同じ空間で同じ学問を学んでいた2年間は私の学生生活の中で大変貴重なものであったと感じます。

改めて関わってくださった全ての方々、ありがとうございました。