

森林資源のエネルギー利用の特徴：山形県におけるバイオマス発電を事例として

KAIBE, Kenji / 海邊, 健二

(出版者 / Publisher)

法政大学地理学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

JOURNAL of THE GEOGRAPHICAL SOCIETY OF HOSEI UNIVERSITY / 法政地理

(巻 / Volume)

54

(開始ページ / Start Page)

15

(終了ページ / End Page)

26

(発行年 / Year)

2022-03-20

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00026010>

森林資源のエネルギー利用の特徴 — 山形県におけるバイオマス発電を事例として —

海邊 健二

日本は国土の約7割を森林が占める一方で、林業は多くの地域において経済的自立が困難な状況にある。その結果、担い手の減少による森林荒廃など林業の衰退がもたらす社会的・環境的影響は非常に大きい。そのため森林資源を活用した地域活性化に対する社会的要請が高く、特にカーボンニュートラルなエネルギー資源としての木質バイオマスの需要が高まっている。本稿では木質バイオマスの蓄積量や生産コストがいずれも日本の平均に近い山形県を対象とし、木質バイオマスをエネルギー資源として利用する場合の供給能力を、人口規模を反映しやすい家庭部門のエネルギー消費量（電力消費量）と比較した上で、バイオマス発電所の最適な立地と規模について分析をした結果を報告する。その結果、既存のバイオマス発電所数とその出力規模は、木質バイオマスの資源量と比較して持続可能な供給とは程遠い状況であることを定量的に明らかにした。

キーワード：森林資源、木質バイオマス、バイオマス発電、エネルギー利用、山形県

Keywords: Forest Resources, Woody Biomass, Biomass Power Generation, Energy Use, Yamagata Prefecture

I. はじめに

我が国の森林面積は約 25 万 km^2 （農林水産省 2021）とされ、国土の約 7 割を占めている。主な森林資源の 1 つである木質バイオマス¹⁾は、2012 年に再生可能エネルギーの固定価格買取制度²⁾（Feed-in Tariff；以下「FIT 制度」という。）が導入されて以降、全国の多くの地域で利用可能かつ豊富に賦存するカーボンニュートラル³⁾なエネルギー資源としてその利用に特に注目が高まっている。

日本の森林賦存量（蓄積量）（以下、「賦存量」という。）は約 52 億 m^3 （農林水産省 2017）とされ、ドイツの 37 億 m^3 （堀 2019）やスウェーデンの 32 億 m^3 （林野庁 2019）など EU 諸国のそれと比較しても、その潜在能力は高い。日本の蓄積量の推移とその内訳をみると、1966 年に 18.9 億 m^3 （天然林：13.3 億 m^3 ，人工林 5.6 億 m^3 ）であったが、その後の植林面積の増加と樹木の生長に伴う蓄積量の増大、さらには伐期を迎えたにも

かかわらず十分に伐採されていないため、2017 年には 52.4 億 m^3 （天然林：19.3 億 m^3 ，人工林 33.1 億 m^3 ）（農林水産省 2017）となり、約 50 年間で約 2.8 倍に増加した。とりわけ人工林は 5.9 倍と森林全体の伸びを大きく上回っている。その一方で木材の生産・供給を目的とする林業は経済的自立が厳しい状況にある。一例としてスギ人工林の生産費用に関し、50 年生で主伐した立木販売収入が約 143 万円 /ha に対し、植栽から伐採までに係る経費は約 231 万円 /ha とされ、約 88 万円 /ha の赤字が発生するという試算もある（農林水産省 2014）。これは伐採して再造林を行うと赤字になることを意味しており、この状況は全国的に概ね同じの傾向にあるものと推測される。その結果、第二次世界大戦後しばらくして日本の山に植林された多くの人工林がまさに材木としての伐期を迎えているにもかかわらず、その多くが経済性の問題から伐採されずに森林に放置されている原因を定量的に裏付けるものの 1 つとなっている。さらに現状のままでは、樹木 1 本あたりの蓄積量が増加して、伐出により多くの費用がかかる

ことや製材する機械の規格を超えるなどの採算面で悪化だけでなく、大径木化に伴う土砂崩れなどの災害の誘因や新たに植林空間を確保できないことによる将来の木質バイオマスの供給源を失うなど課題は多い。そのため木材生産だけを目的とする林業でなく、既に大きな需要が発生しているエネルギー利用も想定した低コストの新しい林業システムが求められている。

これまで森林資源に関する研究は、林学や林産学の分野を中心にその賦存量や林業施業の効率化、エネルギー利用の経済性評価など技術的観点から数多く行われてきた。その一例として、海邊ほか（2014）は燃料となる木材チップ製造に係るコスト構造を、柳田ほか（2015）は原料調達価格と発電事業の損益分岐点の関係性について、海邊ほか（2018）はバイオマス発電所における発電に係るコスト構造をプロセス毎に明らかにするなど、バイオマスをエネルギー利用するにあたっての経済性について明らかにした。またバイオマスをエネルギー利用するにあたり、山本ほか（2017）が木質バイオマス全体の資源の推計方法について、石田ほか（2017）は燃料の最適供給などについて報告をしている。しかし、それらの既往研究では各分野内における検討に留まっており、森林資源の状況を踏まえたエネルギー需給及び供給の潜在能力に関する議論や検討は行われていない。

本研究では、木質バイオマスの蓄積量や生産コストがいずれも日本の平均に近い山形県（浅田ほか 2017）を分析対象地として、以下の点を明らかにすることを目的としている。

①バイオマス発電所の立地の変遷を捉えて現状を把握し、②木質バイオマスをエネルギー資源として利用する場合の供給能力と、③人口規模を反映しやすい家庭部門のエネルギー消費量（電力消費量）と比較した上で供給可能量を推算するとともに、④当該電力量を供給するために必要となるバイオマス発電所の出力規模に応じた木質バイオマスの需要量を推算し、⑤バイオマス発電所の最適な立地と規模及び潜在的供給能力を定量的に明らかにする。

Ⅱ. 方 法

1. バイオマス発電所の立地と規模の変遷

バイオマス発電所の燃料として、未利用の木質バイオマス以外にゴミ、建築廃材、下水汚泥、一般木材・農業残渣などがある。バイオマスのみを燃料とする発電所以外に石炭火力発電へのバイオマス混焼もある。木質バイオマスを地産地消することを前提として本研究では木質バイオマスを燃料とするバイオマス発電所（以下「バイオマス発電所」という）のみを分析対象とした。

続いて、経済産業省の固定価格買取制度に関するホームページ（経済産業省 2021a）から 2021 年 3 月末時点のバイオマス発電所に関する情報（事業者、出力規模、発電所住所、認定年月など）を取得した。また発電事業者のホームページなどで燃料バイオマス種や稼働開始年月を調査した。

2. 木質バイオマスの資源量

1) 山形県における賦存量及び成長量

山形県が発行する森林計画書（山形県 2017a, 2017b, 2020a）を基に、山形県の市町村別（以下、「市町村別」という）に人工林・天然林別の材積（賦存量： m^3 ）と 1 年当たり成長量（ $\text{m}^3/\text{年}$ ）を把握した（山形県 2020b）。

なお、これらの統計における材積及び成長量は体積（ m^3 ）で記載されている。これらの数値をエネルギー（kWh）として評価をするため、人工林については比重を 0.38、比熱を 5,145kcal/kg、天然林については比重を 0.68、比熱を 4,761kcal/kg、kcal から kWh への換算係数を 1.163×10^{-3} として、単位変換の計算を行った。

2) 市町村別の年間成長量

市町村別材積（ m^3 ）に県全体の成長率を乗じて年間成長量を算出し、これを持続的供給可能量とした。なお、年間成長量についても上記 2.1) と同様にエネルギー（kWh）に単位換算を行った。

3. 市町村別エネルギー消費量

本研究ではエネルギーの需要として、人口規模を反映しやすい家庭部門の電力消費量を分析対象とし、以下 1)～4) の方法で把握した。

なお、産業部門のエネルギー消費量は、家庭部門のそれよりも消費量が多い場合が多く、山形県では 2 倍程度で推移している。その一方で市町村別の統計データが公表されていないことや、また経済合理性の観点からその調達方法は自家発電も含めて多様であり、製品などの製造状況に応じて変動が大きく、立地が偏在していることなどから消費量の観点で地域特性を表しにくいため本分析から除外した。

1) 人口動態

山形県がホームページにて公表している人口に関する情報（山形県 2021）にて人口動態を把握した。

2) 家庭部門電力消費量

経済産業省が公表している都道府県別のエネルギー消費統計（経済産業省 2021b）に基づき、山形県の家庭部門の年間総電力消費量を把握した。

3) 一人当たり電力消費量の把握と経時変化

上記「1) 人口動態」「2) 家庭部門電力消費量」の情報をもとに山形県における家庭部門の年間総電力消費量を人口で除して、一人当たり電力消費量の変化を経時的に把握した。

4) 市町村別の総エネルギー消費量

上記「3) 一人当たり電力消費量の把握と経時変化」にて算出した一人当たりエネルギー消費量に山形県の市町村別の人口を乗じて、市町村別の家庭部門の総電力消費量を算出した。なお、2020 年度の当該数値については都道府県別エネルギー消費統計の最新値が 2018 年度であるため、2020 年度の人口に 2018 年度の一人当たり電力消費量を乗じて算出した。

4. バイオマス需要量の推算

上記「1. バイオマス発電所の立地と規模の変遷」にて抽出をしたバイオマス発電所にて必要となる燃料量は、海邊ほか（2018）の報告をもとに以下の数式（1）により出力規模毎に算出した。

$$\text{燃料量 (t, 湿潤基準含水率 25\%)} = \text{年間発電量 (kWh/年)} * 3600 / \text{発電効率 (\%)} / \text{バイオマス高位発熱量 (MJ/kg)} \quad (1)$$

なお、発電量は出力規模に年間稼働時間（330 日・24 時間）を乗じて算出し、バイオマス高位発熱量は 20 MJ/kg（日本木質バイオマスエネルギー協会）、発電効率は以下の数式（2）にて算出し、10% 以下となる場合は 10% とした。

$$\text{発電効率 (\%)} = 5.571 * \text{Log}(\text{出力規模}) - 26.263 \quad (2)$$

5. バイオマス発電所の最適な出力規模と立地

上記「4. バイオマス需要量の推算」にて算出したバイオマスの需要量に対して、上記「2. 木質バイオマスの資源」にて算出した木質バイオマスの賦存量及び年間成長量のそれぞれにおける自給率を算出した。また逆に市町村別の木質バイオマスの賦存量と成長量から地産地消となる発電所の出力規模を算出した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 山形県におけるバイオマス発電所の立地と出力規模の変遷

バイオマス発電所の立地と出力規模の変遷を第 1 図に示す。山形県内に FIT 制度が開始された 2012 年には従前から運用されていた約 1,600kW の発電所が内陸に 1 か所だけ（第 1 図（a））でその燃料は発電所近隣地域から賄うことができる出力規模であった。2016 年には制度施行直後に計画された 2,000kW 以下の発電所が内陸と沿岸部

にそれぞれ1か所ずつ新設された（第1図（b））。いずれも地域的に分散し、燃料を発電所近隣地域で賄うことができる出力規模である。しかしFIT制度が導入されてから約10年が経過した2020年には庄内地方の沿岸に50,000kWの発電所が稼働した。この他、FIT制度のもとで一定の経済合理性を維持しつつ燃料となる木質バイオマスを地産地消できる目安となる出力規模である5,000kW（資源エネルギー庁 2015）を超える発電所が山形県内で新たに3か所稼働した。これに加えて、2,000kW以下の発電所も3か所で新設された（第1図（c））。さらに2024年に庄内地方では、50,000kW級の発電所がもう1か所で新たに稼働が予定されている。

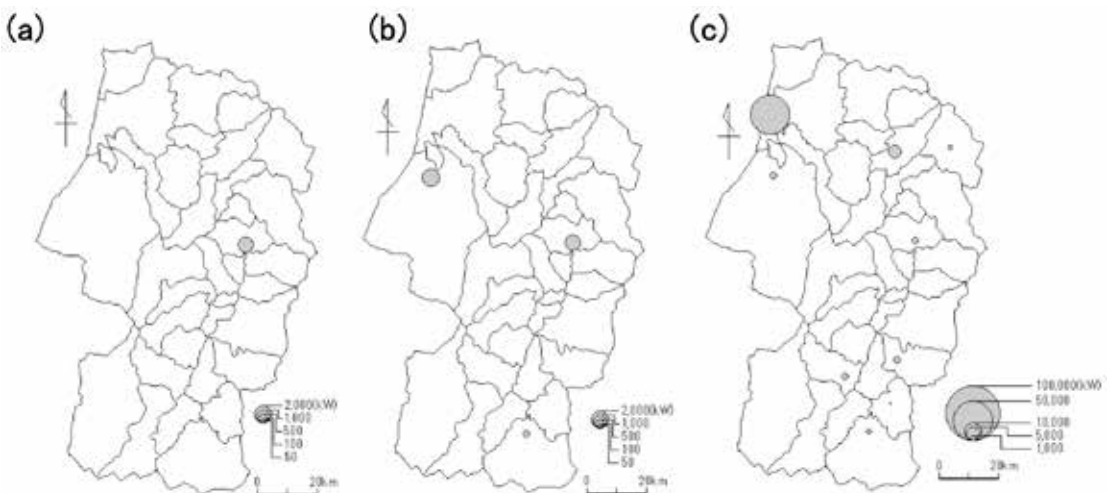
我が国のFIT制度では開始時より海外からの輸入バイオマスを燃料として発電する場合でも高い固定価格で電力を買い取りすることとなっている。このため、燃料を近隣地域から賄うことができる以上の出力規模の場合には、ヤシ殻（Palm Kernel Shell：以下「PKS」という。）などを海外から輸入して燃料としている場合が多い。我が国のPKSの輸入量と輸入単価の変遷を第2図に示す（（財務省 2021）をもとに作成）。2012年度にFIT制度が開始されてから約10年が経過し、大規模発電所が環境アセスメントなどを経て稼働を

開始しつつあり、PKSの輸入量は2013年から増加しはじめ2017年には100万tを超えた。山形県でもこの傾向と同様であり、山形県最大の港湾である酒田港において2017年まで燃料用バイオマスの輸入は皆無であったが、2018年に5,790tの輸入を皮切りに2020年度は92,000tが輸入された。

バイオマス発電はバイオマスを地産地消してはじめてカーボンニュートラルに近いエネルギー資源となるが、現在、稼働しているバイオマス発電所のうち量的影響が大きい5,000kW以上の大規模な発電所は前述のとおり大量のバイオマスを燃料として輸入しており、カーボンニュートラルとは程遠い状況で運用されている実態が明らかになった。

2. 木質バイオマスの資源量

山形県全体の2020年の賦存量は約55,900千 m^3 （山形県 2017a, 2017b, 2020a）でエネルギー換算すると約207,310百万kWhである（第1表）。その市町村別の賦存量を第3図に、市町村別の年間森林成長量を第4図に示す。絶対値としての賦存量及び成長量とも県全般に豊かな森林資源を有しており、とりわけ県南の米沢地方や日本海側の庄内地方で豊富に賦存していることがわかる。

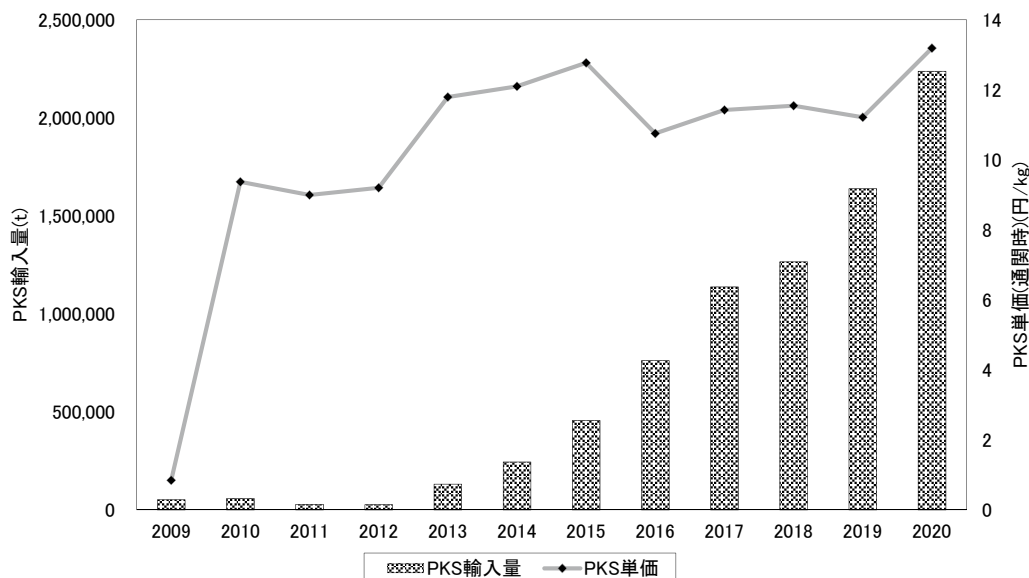


第1図 山形県における木質バイオマス発電所の立地と出力規模の変遷

(a) 2012年, (b) 2016年, (c) 2020年（（経済産業省 2021a）をもとに作成）

また人口当たり賦存量及び年間成長量を第5図及び第6図にそれぞれ示す。木質バイオマスをすべて燃料として使用することを想定した場合、人口が集積した各地方の核となる市における一人当たり賦存量は、山形県の一人当たり年間家庭用電力消費量(2,500kWh)を少し上回る3,000～

4,000kWhで年間消費量の1～2年程度を賄える程度であるのに対し、県央を南北に貫く中山間地域では一人当たり年間家庭用電力消費量の10倍程度に相当する3万kWh以上、多い市町村で10万kWhを超えることが定量的に明らかになった。また持続的な供給となる年間の成長量についても



第2図 燃料用輸入バイオマス量 (PKS) と単価の変遷

((財務省 2021) をもとに作成)

第1表 山形県における市町村別の森林資源量

	材積 千 m ³	賦存量 百万 kWh	年間成長量 千 m ³	年間成長量 百万 kWh		材積 千 m ³	賦存量 百万 kWh	年間成長量 千 m ³	年間成長量 百万 kWh
山形市	2,329	8,441	38	99	大江町	1,992	6,195	35	86
米沢市	5,667	23,428	85	235	大石田町	524	1,948	8	22
鶴岡市	1,462	4,849	25	62	金山町	1,718	5,113	31	74
酒田市	3,431	14,786	50	142	最上町	1,502	4,276	27	65
新庄市	1,073	3,589	18	46	舟形町	782	2,673	13	33
寒河江市	754	2,830	12	32	真室川町	2,232	6,049	41	97
上山町	2,332	9,086	36	98	大蔵村	758	2,223	14	33
村山市	1,401	4,803	23	60	鮭川村	763	2,542	13	33
長井市	966	4,056	14	40	戸沢村	1,176	3,442	21	51
天童市	733	2,704	12	31	高畠町	1,724	7,415	25	71
東根市	1,811	7,758	26	75	川西町	1,130	5,598	15	46
尾花沢市	2,311	8,284	38	98	小国町	2,803	11,429	42	117
南陽市	2,322	7,932	39	99	白鷹町	2,410	7,137	43	104
山辺町	772	2,404	13	33	飯豊町	3,161	13,899	45	130
中山町	205	729	3	9	三川町	—	—	—	—
河北町	260	800	5	11	庄内町	1,091	5,766	13	43
西川町	2,862	9,280	49	123	遊佐町	395	2,310	4	15
朝日町	1,046	3,533	18	45	合計	55,900	207,310	893	2,357

((山形県 2017a, 2017b, 2020a) をもとに作成)

賦存量と同様の傾向であった。

都市部では一人当たり年間家庭用電力消費量の2割～3割程度を賄える程度の資源供給量に対し、現在の本質バイオマスのマテリアル⁴⁾としての自給率が4割程度（林野庁 2020）であることを考慮しても中山間地域では自給できるだけでなく数年分の供給が可能な資源量を有していることがわかった。山形県の市町村別の人口分布（第7図）や人口の推移（第8図）を考慮すると、各市町村の人口減少がエネルギーの地産地消や持続可能な社会を支えていると言え、地域活性化と相反する厳しい現実を定量面で裏付ける結果となった。

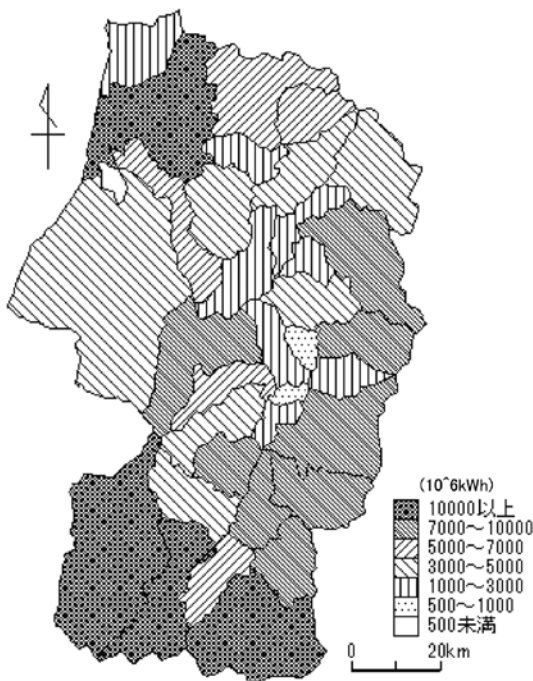
3. 市町村別エネルギー消費量

山形県における2020年の市町村別人口の分布を第7図に、また山形県における家庭部門の一人当たり電力消費量と人口の推移を第8図に示す。山形県全体の人口は1990年に125万人であったが2017年には約110万人と約20年で15万人減少した。年平均にすると毎年約0.5-1%程度減少

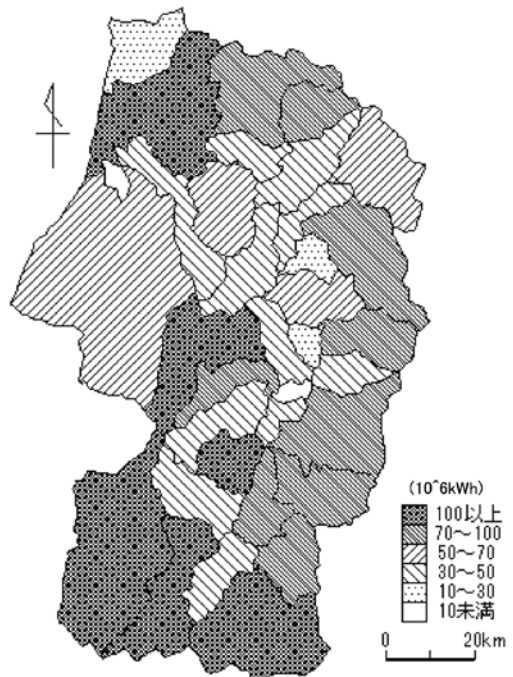
している。その一方で山形県全体での家庭部門の総エネルギー消費量は1990年に2,000百万kWhであったが、2017年には3,000百万kWhまで増加しており、年平均にすると約2-3%程度増加している。その結果、一人当たりエネルギー消費量は年平均で約2-4%増加した。

山形県は主に村山地方（県央～東部）、最上地方（県北）、米沢地方（県南）、庄内地方（西部・日本海側）の4つの地域から成る。各地方の人口の推移は第8図のとおりである。村山地方は県庁所在地である山形市を有し、約50-60万人前後、続いて庄内地方が約30万人強、置賜地方が約20万人強、最上地方が約10万人である。

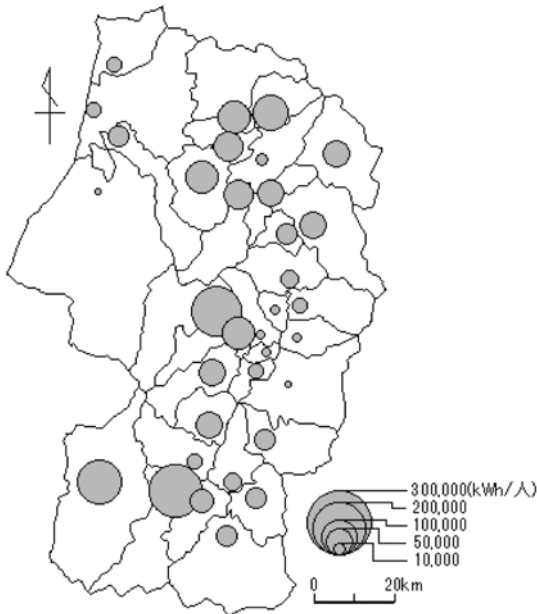
2020年度の山形県における家庭部門の市町村別エネルギー（電力）消費量を第9図に示す。村山地方の中心都市で県庁がある山形市、庄内地方の中心都市である酒田市と鶴岡市で年間の総エネルギー消費量が200百万kWhを越えた。また置賜地方の中心都市である米沢市、村山地方で山形市に隣接し、観光客も多く訪問する天童市と東根



第3図 山形県における市町村別の賦存量
（（山形県 2017a, 2017b, 2020a）をもとに作成）

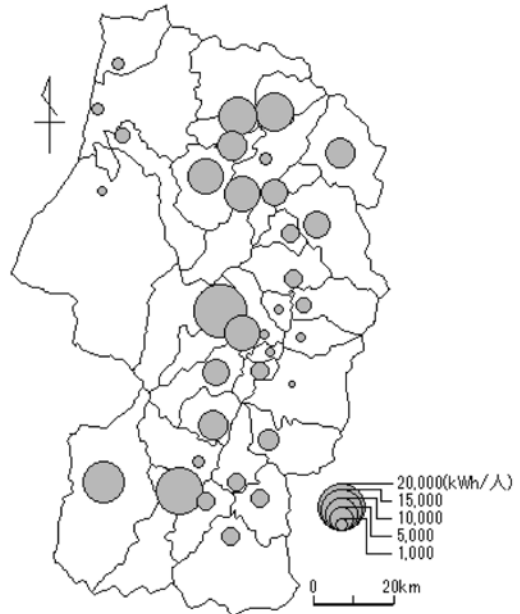


第4図 山形県における市町村別の年間成長量
（（山形県 2017a, 2017b, 2020a）をもとに作成）



第5図 人口当たり賦存量

((山形県 2017a, 2017b, 2020a, 2021) をもとに作成)



第6図 人口当たり年間成長量

((山形県 2017a, 2017b, 2020a, 2021) をもとに作成)

市では100 百万 kWh を超えた。その一方で奥羽山脈に沿って位置する中山間地域の人口が少ない町村は、家庭用の電力消費量を合計しても400 百万 kWh 程度であった。第7図と第9図から山形県の4つの地方ではいずれも人口減少が進んでおり、各地方の中心都市とそれを取り囲む周辺都市に電力消費が集中していることが視覚的にも明らかになった。また人口分布やエネルギー消費量から各地方の中心都市間をつなぐ中間的な位置には都市があまり発達せず、4つの地方毎に都市形成されてきたことが現状の電力の消費状況からも明確になった。

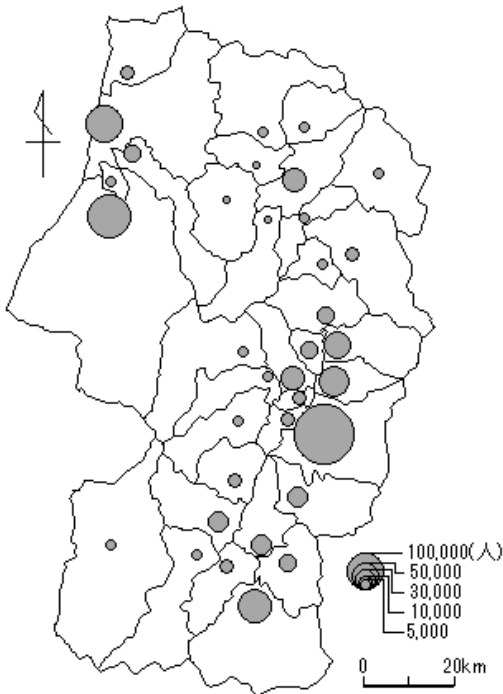
なお、山形県において産業用途の電力消費量は家庭用のその概ね2倍程度（経済産業省2021b）で推移をしている。市町村別のデータは公表されておらず、また推算することも困難であるため、詳細な分析を行うことはできないが、その需要は各地方の中心都市に集中しているものと推測される。従って、市町村別の木質バイオマスの資源量とエネルギー消費量から算出されるエネルギーの自給率は、中山間地域において家庭用電

力消費量に基づく上記結果とはほぼ同程度と推測されるのに対し、都市部では自給率低下の方向に振れ、地産地消がより厳しい状況になっているものと考えられる。

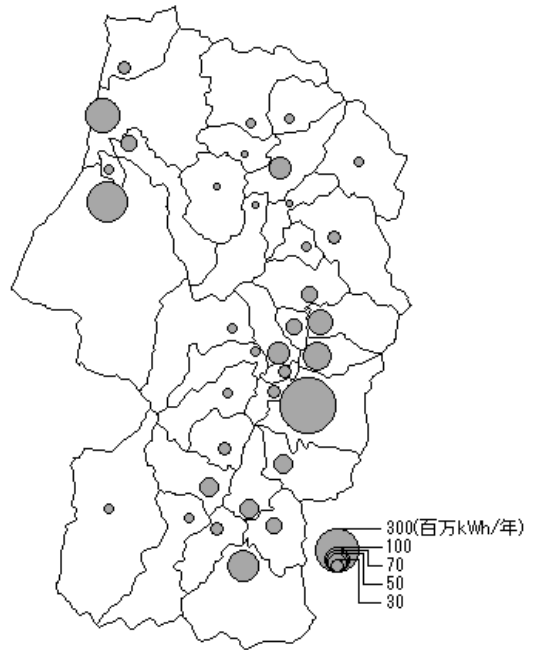
4. バイオマス需要量の推算

木質バイオマスを燃料とするバイオマス発電所一覧及び各バイオマス発電所において必要となる燃料量とその収集範囲を第2表に示す。山形県におけるバイオマス発電所の出力規模は2021年3月時点で合計で約7万kWである。これらの発電所で必要となる年間の燃料量は湿潤基準含水率25%で換算した場合に約40万トン、土場で数カ月程度放置して乾燥させた場合の同含水率40%で換算した場合で約50万トンで、これらをエネルギー換算すると年間で約2,096百万kWhである。

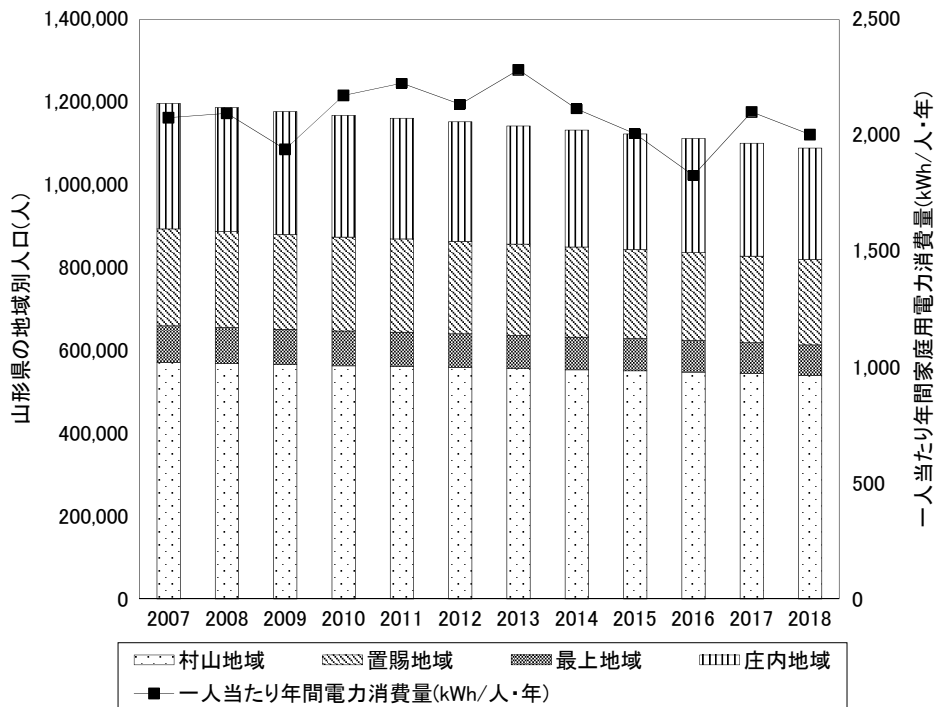
山形県全体としての賦存量は207,310百万kWh、持続的な燃料の供給を前提とした場合の成長量は2,357百万kWhであること（第1表）を考慮すると、家庭用電力消費量の観点のみで評



第7図 2020年における山形県の市町村別人口
((山形県 2021) をもとに作成)



第9図 山形県市町村別の家庭部門における
年間総電力消費量
((山形県 2021; 経済産業省 2021b) をもとに作成)



第8図 山形県の家庭部門における一人当たり年間電力消費量と人口の推移
((山形県 2021; 経済産業省 2021b) をもとに作成)

価すると約 100 年分の賦存量があり、山形県単独では十分な資源量を有していると言える。ただ本報告では、国内で生産される木質バイオマスの約 4 割を占めるマテリアル利用を考慮せず、すべてエネルギー利用することを前提として評価をしていることや、家庭部門の 2 倍程度のエネルギー消費がある産業部門は評価の対象外としているが、これらを考慮するとその賦存量は 10 年程度となる。さらには日本全体として木質バイオマスのエネルギー利用による地産地消という観点で評価を行った場合には、人口が多く、エネルギー消費量も多い大都市圏などの影響が大きくなるため、本研究結果の試算と大きく異なることが予想されるため、ここに補足記載をする。

Ⅳ. おわりに

木質バイオマスの生産コストが平均的なコストであり、豊富な森林資源を有し、かつ多様な気候や地域の特徴を持つ山形県を対象として、以下の点を明らかにした。

①バイオマス発電所の立地の変遷を捉えて現状を把握し、②木質バイオマスをエネルギー資源と

して利用する場合の供給能力と、③人口規模を反映しやすい家庭部門のエネルギー消費量（電力消費量）を比較した上で供給可能量を推算するとともに、④当該電力量を供給するために必要となるバイオマス発電所の出力規模に応じた木質バイオマスの需要量を推算し、⑤バイオマス発電所の最適な立地と規模及び潜在的供給能力を定量的に評価した。その結果、山形県ではすべての木質バイオマスをエネルギーとして利用すると想定した場合には家庭用の電力消費量の約 100 年分相当の、また 4 割程度をマテリアル利用し、かつ家庭用電力消費量の 2 倍の消費量がある産業用電力消費を考慮した場合でも約 10 年程度の賦存量を有していることを定量的に明らかにした。

その一方で山形県の市町村別の人口分布や人口の推移を考慮すると、各市町村の人口減少がエネルギーの地産地消や持続可能な社会を支えていると言え、地域活性化と相反する厳しい現実を定量的に裏付ける結果となった。

最後に本報告の分析対象外ではあるが、今後、日本においてバイオマス発電をはじめとした再生可能エネルギーの導入拡大がさらに進んでいくためには、地域の人々がオーナーシップを持って再

第 2 表 山形県における木質バイオマスを燃料とするバイオマス発電所一覧及び必要燃料量とその収集範囲

発電所	所在地	出力規模	稼働開始	燃料量	燃料量 (含水率 25%)	燃料量 (含水率 40%)	収集範囲 (含水率 40%)
		kW	年	百万 kWh/年	t	t	km
A 発電所	山形県村山市	1,567	2007	84	15,174	18,967	28
B 発電所	山形県米沢市	370	2014	29	5,275	6,593	17
C 発電所	山形県鶴岡市	1,995	2015	98	17,701	22,126	30
D 発電所	山形県最上町	1,000	2017	65	11,666	14,583	25
E 発電所	山形県酒田市	50,000	2018	1,164	209,561	261,951	104
F 発電所	山形県米沢市	6,250	2018	221	39,725	49,656	45
G 発電所	山形県新庄市	6,800	2018	235	42,334	52,917	47
H 発電所	山形県上山市	1,960	2018	97	17,497	21,872	30
I 発電所	山形県長井市	1,990	2019	98	17,672	22,089	30
J 発電所	山形県高畠町	49	2020	4	699	873	6
合 計		71,981		7,546	2,096	471,627	

((経済産業省 2021a) をもとに作成)

生可能エネルギーの取り組みを進める「コミュニティパワー」の浸透と、それらの活動に伴い、従来の発電所の大規模化から脱して、「熱電併給」などの合理的な運用の導入などが求められる。

謝 辞

本研究の遂行に当たっては、法政大学人文科学研究科の伊藤達也教授に非常に丁寧にご指導をいただきました。また本研究は一部エスベック地球環境研究・技術基金及び科学研究費補助金（19K23692）の支援を受けて実施しました。関係各位に感謝いたします。

注 記

1) 木質バイオマス

「バイオマス」とは生物資源（bio）の量（mass）を表す言葉で、「再生可能な生物由来の有機性資源（化石燃料は除く）」のことである。その中で木質からなるバイオマスのことを「木質バイオマス」という。木質バイオマスには主に木の伐採時などに発生する枝葉、製材工場などから発生する樹皮や端材・削り屑、住宅の解体材や街路樹の剪定枝などがある。

2) 再生可能エネルギーの固定価格買取制度（Feed-in Tariff；FIT）

地球温暖化対策やエネルギー源の確保などの一環として、主に再生可能エネルギーの普及拡大と価格低減の目的で導入される制度。設備導入時に一定期間の助成水準（日本では系統電力よりも高く買取）が法的に保証されるほか、生産コストの変化や技術の発達段階に応じて助成水準を柔軟に調節できる。その一方、買取価格の設定次第で過大な設置や利用者の負担が増大する危険性がある。

3) カーボンニュートラル

ライフサイクルの中で二酸化炭素（CO₂）の排出量と吸収量がプラスマイナスゼロであること。木質バイオマスは発電時に燃料として燃焼して排出されるCO₂排出量と、植物の光合成によるCO₂吸収量が相殺されて「カーボンニュートラル」として扱われる場合が多い。

4) マテリアル利用

木質バイオマスは主に製材や木造建築、家具製造などの木材としての利用と、発電や熱利用のための燃料としての用途がある。前者をマテリアル利用と言い、主に丸太の中心部を使用する。これに対し、後者をエネルギー利用と言い、マテリアル利用のプロセスから排出される廃材や森林伐採後の林地残材などを使用する。

参考文献

- 浅田龍造・海邊健二・大友順一郎・山田興一 2017. 木質バイオマスの生産コスト構造とその低減策. 日本森林学会誌 99. 187-194.
- 石田康・坂内正明・宮崎隆彦・中沢真一・横山隆一 2010. バイオマス利用エネルギー供給システムの経済性・環境性評価. 日本エネルギー学会誌 90. 547-553.
- 海邊健二・Martin KELLER・井上雅文・山田興一・大友順一郎 2018. 木質バイオマスのエネルギー利用拡大に向けた技術評価——コストモデルの構築と技術シナリオの策定——. 日本エネルギー学会誌 97. 284-299.
- 海邊健二・大友順一郎・湯本道明・山田興一 2014. 木材チップの製造プロセス評価～製造コスト、エネルギー収支及び二酸化炭素排出量の評価～. 森林バイオマス利用学会誌 9. 49-56.
- 経済産業省 2021a. 固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイト. <https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfoSummary>（最終閲覧日：2021年12月1日）
- 経済産業省 2021b. 都道府県別エネルギー消費統計. https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy_consumption/ec002/（最終閲覧日：2021年12月1日）
- 財務省. 2021. 財務省貿易統計. <https://www.customs.go.jp/toukei/search/futsu1.htm>（最終閲覧日：2021年12月1日）
- 資源エネルギー庁 2015. 長期エネルギー需給見通し 小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告.
- 日本木質バイオマスエネルギー協会. 「燃料用木質チップの品質規格」策定の経過. <https://www.jwba.or.jp/woodbiomass-chip-quality-standard/> 解説 /（最終閲覧日：2021年12月1日）
- 農林水産省 2014. 平成25年度森林及び林業の動向 平成26年度森林及び林業施策.
- 農林水産省 2017. 森林資源の現況（平成29年3月31日現在）.
- 農林水産省 2021. 令和2年度森林及び林業の動向 令和3年度森林及び林業施策.
- 堀靖人 2019. グローバル化とドイツ林業. 林業経済 72. 1-15.
- 柳田高志・吉田貴紘・久保山裕史・陣川雅樹 2015. 再生可能エネルギー固定価格買取制度を利用した木質バイオマス発電事業における原料調達価格と損益分岐点の関係. 日本エネルギー学会誌 94. 311-320.
- 山形県 2017a. 庄内地域森林計画書.
- 山形県 2017b. 置賜地域森林計画書.
- 山形県 2020a. 最上村山地域森林計画書.

山形県 2020b. 地域森林計画について. <https://www.pref.yamagata.jp/140023/sangyo/nourinsuisangyou/ringyo/shinrinkeikaku/shinrinkeikaku.html> (最終閲覧日: 2021 年 12 月 1 日)

山形県 2021. 山形県の人口と世帯数 (推計) http://www.pref.yamagata.jp/ou/kikakushinko/020052/tokei/copy_of_jinkm.html (最終閲覧日: 2021 年 12 月 1 日)

山本嵩久・有賀一広・古澤毅・當山啓介・鈴木保志・白澤紘明 2017. 栃木県における木質バイオマス発電のための長期的な未利用材利用可能量推計. 日本森林学会誌 99. 266-271.

林野庁 2019. 「クリーンウッド」利用推進事業のうち生産国における現地情報の収集 (欧州地域等) 報告書《スウェーデン》.

林野庁 2020. 令和 2 年 (2020 年) 木材需給表.

The Case Study on the Utilization of Forest Resources as Energy in Yamagata Prefecture, Japan

Kaibe Kenji

While forests occupy about 70% of Japan's land area, forestry is in a difficult situation for economic independence in many areas. As a result, the social and environmental impacts caused by the decline of forestry, such as forest devastation due to the decrease in the number of bearers, are enormous. Therefore, there is a high social demand for regional revitalization by utilizing forest resources, and in particular, the demand for woody biomass as a carbon-neutral energy resource for local production and consumption is increasing. In this paper, we target Yamagata Prefecture, where both the accumulated amount of woody biomass and the production cost are close to the average of Japan, and the energy consumption (power consumption) of the household sector, which reflects the population size, is compared with the supply capacity when woody biomass is used as an energy resource. Then we report the results of analysis on the optimum location and scale of biomass power plants. As a result, it was quantitatively clarified that the number and the scale of the present biomass power plants are far from sustainable supply compared to the amount of woody biomass resources.