

日本における木質バイオマスエネルギー
システムの普及と事業継続に関する分析

2018年3月

根本 和宜

日本における木質バイオマスエネルギー
システムの普及と事業継続に関する分析

筑波大学大学院
生命環境科学研究科

博士（学術）学位論文

根本 和宜

目次

第1章 序論.....	1
1.1 エネルギーを巡る現状.....	1
1.2 気候変動を巡る現状.....	2
1.3 地域経済を巡る現状.....	4
1.4 森林資源と木質バイオマス.....	8
1.4.1 日本の森林の現状.....	8
1.4.2 森林整備の計画と林業生産.....	8
1.4.3 木質バイオマス利用の現状.....	9
1.5 再生可能エネルギーの現状とその支援策.....	14
1.5.1 再生可能エネルギーの特徴.....	14
1.5.2 再生可能エネルギーの利用可能性.....	15
1.5.3 再生可能エネルギーの普及支援制度.....	16
1.5.4 RPS 制度.....	17
1.5.5 固定価格買取制度.....	17
1.5.6 グリーン電力制度.....	19
1.5.7 その他の制度.....	20
1.6 既往の研究.....	21
1.7 研究の目的.....	22
第2章 家庭における木質バイオマスエネルギー需要量の推定.....	25
2.1 背景と目的.....	25
2.2 研究方法.....	26
2.3 結果.....	30
2.3.1 家庭における木質バイオマス燃焼機器の普及状況.....	30
2.3.2 世帯当たりの木質バイオマス燃料の利用量.....	35
2.3.3 家庭向け木質バイオマス燃料の樹種.....	35
2.3.4 家庭向け木質バイオマス燃料の入手方法.....	36
2.3.5 木質バイオマス燃焼機器の国産と輸入.....	36
2.4 考察.....	42
2.4.1 木質バイオマス燃焼機器と燃料に関する販売・消費状況の比較.....	42
2.4.2 木質バイオマス利用量の既存の統計との比較.....	43
2.4.3 今後の課題.....	45
2.5 結論.....	45
第3章 供給からの木質バイオマスエネルギー事業継続の要因分析.....	48
3.1 背景.....	48
3.2 研究目的.....	49
3.3 研究方法.....	49
3.3.1 分析の枠組み.....	49
3.3.2 分析手法.....	51
3.4 結果.....	57
3.4.1 各事例の構成要素.....	57
3.4.2 3つの観点からのサプライチェーン分析.....	70
3.5 考察.....	75
3.6 今後の課題.....	76
3.7 まとめ.....	76

第4章 総合考察および結論.....	78
4.1 木質バイオマスの熱補助政策に関する試算	78
4.2 再生可能エネルギー事業に関する持続性評価の考察および提言.....	92
4.2.1 考察の方針.....	92
4.2.2 地域の再生可能エネルギー事業の特徴.....	92
4.2.3 地方自治体の視点と役割.....	95
4.2.4 再生可能エネルギー事業評価の枠組みの検討, 知見の共有.....	97
4.3 結論.....	99
参考文献	102
謝辞	107

表目次

表 2-1	主な質問項目	29
表 2-2	家庭における木質バイオマス燃焼機器の使用割合	32
表 2-3	事業者の木質バイオマス燃焼機器の平成 26 年度販売台数	34
表 2-4	事業者当たりの薪およびペレットの平成 26 年度販売量	38
表 2-5	木質バイオマス燃料（燃料材）の需要と供給の比較	47
表 3-1	分析対象とした事例の概要	54
表 3-2	事例別の構成要素の主体の一覧	56
表 3-3	サプライチェーンの安定化の取り組み	71
表 4-1	試算に用いた値	83
表 4-2	家庭向け熱利用機器の比較	84
表 4-3	燃焼機器の普及に伴う補助財源額	85
表 4-4	燃焼機器の普及に伴う 1 人当たり負担額	86
表 4-5	バイオマスの普及率と賦存量に占める割合の関係	87
表 4-6	燃料および燃焼機器需要の経済波及効果	88
表 4-7	燃料代替による温室効果ガス排出削減量	89

目次

図 1-1	発電電力量の推移	5
図 1-2	温室効果ガス排出量の推移（1990-2015 年度）	6
図 1-3	温室効果ガスの部門別排出量の推移（1990-2015 年度）	7
図 1-4	日本の森林蓄積の推移	11
図 1-5	木材の供給量（形態別）の推移	12
図 1-6	エネルギー利用された間伐材・林地残材等由来の木質バイオマス量の推移	13
図 1-7	本研究の構成	24
図 2-1	家庭における都道府県別の暖房機器の利用割合	33
図 2-2	家庭における暖房機器の併用状況と薪の消費量	37
図 2-3	薪・ペレットの樹種の利用割合	39
図 2-4	居住地域別の薪の入手方法（薪燃焼機器の利用者）	40
図 2-5	木質バイオマス燃焼機器の国産輸入割合	41
図 3-1	木質バイオマスエネルギー事業の枠組みと構成要素	53
図 3-2	対象事例の地域分布	55
図 3-3	事例 A のサプライチェーンの流れ	59
図 3-4	事例 B のサプライチェーンの流れ	61
図 3-5	事例 C のサプライチェーンの流れ	63
図 3-6	事例 D のサプライチェーンの流れ	66
図 3-7	事例 E のサプライチェーンの流れ	67
図 3-8	事例 F のサプライチェーンの流れ	69
図 4-1	試算の流れ	82
図 4-2	ケース別の温室効果ガス削減量	90
図 4-3	補助費用に対する温室効果ガス削減量の費用対効果	91

4.3 結論

本研究では、木質バイオマスのエネルギー利用について、需要と供給の両面から現状を分析し、普及と事業継続に必要な要因について検討を行った。第1章では日本の現状について概観し、再生可能エネルギー政策および、その1つである森林資源と木質バイオマスの利用状況について検討を行った。第2章では木質バイオマスの需要面について取り上げ、家庭向け木質燃焼機器の普及状況と木質燃料の需要について、販売と消費の両面から利用量を明らかにするため、消費者である家庭と、販売者である事業者に対しアンケート調査を行った。全国の家庭における木質燃焼機器の利用率や、世帯当たりの木質燃料の平均消費量から、年間あたり薪は2,755千 m^3 、ペレットは87千tが家庭で消費されていると推定した。この木材利用による二酸化炭素削減量は、家庭部門の政府の2030年度目標値に対して必要な温室効果ガス排出削減量79,000kt-CO₂/年の1.6%に相当した。また木質燃料の販売量と消費量の比較から、薪の自家採取量や小規模事業者の販売量が多いことが推定された。家庭での木質燃料の需要は、木質バイオマス発電向けのチップなど他の木材需要と比べても無視できない量であることを明らかにした。第3章では木質バイオマスの供給面に着目し、日本国内の木質バイオマスエネルギー事業の継続性を評価するために、導入実態の調査および分析を行った。木質バイオマス発電やバイオマスボイラーによる熱供給など、地域における木質バイオマスエネルギー事業の導入事例に対して、川上から川下までのサプライチェーンを原料供給、燃料の生産、エネルギー供給、エネルギー需要の4つの構成要素に分けて分析の枠組みを作った。各事例の構成要素の担い手に対して事業の継続性という観点から、サプライチェーン内の組織間関係、バイオマスの需給バランス、および事業性に関する評価を行った。その結果、(1)事業の構成要素の担い手にとって、木質バイオマスエネルギーに関する事業を他の事業と組み合わせることが、事業性確保に必要であること(2)木質バイオマスエネルギー事業の担い手を作り、担い手どうしを繋ぐサプライチェーンの構築者の存在が重要であること(3)事業の担い手が複数の仕入れ先・販売先の確保を行うことで、構成要素間の木質バイオマス需要と供給の調整を行っていたこと、(4)固定価格買取制度の様なサプライチェーン全体の経済性を成立させる制度が事業継続のために必要であることが明らかになった。現状では木質バイオマスエネルギー事業、特に熱利用に対しても電力利用と同様に経済面からの政策的支援が必要であることを示した。

第4章では、木質バイオマス需要に対する政策として薪ストーブやペレットストーブの利用関心のある世帯への利用費補助と普及時の影響について算出を行った。第2章の結果より導入する世帯割合を最大20%とし、第3章の結果より熱利用についても事業継続のための補助制度が必要と考え、化石燃料と薪やペレットとの価格の差額を負担するものとして補助額を算出した。結果、試算による必要補助額は、熱利用の補助にかかる必要財源額は薪の燃料補助で関心のある層20%に導入された場合最大5,500億円で、初期投資の半額補助を合わせ

ても約 1 兆円、ペレットの燃料補助で関心のある層 10%に導入された場合最大 660 億円、20%に導入された場合で 1300 億円となった。また単位熱量あたりの補助額では、薪ストーブが 4175 円/GJ、ペレットストーブが 996 円/GJ となった。間伐材由来の木質バイオマス発電への単位熱量あたりの補助額は 6,000 円/GJ 以上であり、電力の固定価格買取制度の賦課金と比較しても財政負担額は多くないが、化石燃料消費への課税額を増やし財源とすることや、省エネを促すなどして国民負担をできるだけ減らす様な工夫が必要と考える。温室効果ガス排出削減効果については、薪ストーブの方が普及に対する温室効果ガス削減量が大きく最大で家庭における年間排出量の 4.9%、2030 年目標達成に必要な削減量の 11.7%にあたるものの、ペレットストーブの方が補助額に対する費用対効果が大きいことを示した。一方で、森林資源の持続的な利用の観点からは薪ストーブに関しては世帯への普及率 10%以上、ペレットストーブでは普及率 20%以上で切捨間伐材の年間発生量を超え、最大で 3,600 万 m³に達する結果となった。平成 27 年の森林蓄積の年間成長量 7,000 万 m³は超えないものの、森林からの間伐量を増やす必要があり、また建築用材や他の木材需要に影響を及ぼさない様に配慮する必要がある。

よって、木質バイオマス熱利用に関する補助制度を導入すべきであるが、現実的には、ストーブ利用時の煙対策など周辺環境への配慮等も行いながら薪ストーブやペレットストーブを合わせて全世帯の 10%程度までの普及にとどめるべきと考える。森林資源については、5 年ごとに行われる地域森林計画の改定や用材需要の動向を確認しながら、徐々に森林間伐量と燃料供給量を増やしていくことが重要である。また家庭部門における温暖化対策については、薪ストーブを 10%まで普及させた場合、2030 年度の目標達成に必要な温室効果ガス排出削減量の 5.8%まで削減が可能であるが、それ以上は木質バイオマス利用よりも省エネ機器導入など別の対策への財政支出を優先することが、持続性を考慮した温室効果ガス削減対策として望ましい。また薪とペレットの比較では、ペレットの方が補助に必要な負担額が少ないものの経済波及効果は小さく、温室効果ガス削減という観点では、普及率に対する削減量は薪ストーブの方が大きい、費用対効果はペレットの方が大きい。ただし、ペレットは供給側の事業継続として生産設備の稼働率の確保が必要であり、地域に十分な需要がない場合にはボイラー導入などを合わせて行い、需給を安定させる必要がある。森林・林業と原料調達状況、製材所等の燃料生産設備投資の状況、燃料別の燃焼機器の普及率などの地域の状況に合わせて、自治体が薪・ペレットのいずれかの普及支援を重視するかを判断し、供給面に対する追加的な支援を行うことが考えられる。

一方で木質バイオマスの供給面において、地域のエネルギー事業の継続という観点からは、先に挙げた電力利用や熱利用時のバイオマス燃料購入への補助制度の他に、(1)木質バイオマスエネルギー事業のサプライチェーン構築と初期需要の創出を担える点、(2)地域における森林所有者の取りまとめを行い林業作業道の整備を行う必要がある点、(3)市町村森林整備計画との整合性を取り、伐採量の抑制や再生林の徹底などを行うことで森林成長量の範囲内で木

質バイオマスエネルギー事業を継続させる必要がある点から、自治体の役割の強化が重要であると考える。木質バイオマスの供給は生産費用に占める輸送費用が高いため同一地域内での利用が望ましく、地域の産業創出にもつながる。

以上のように、木質バイオマスエネルギーなどの再生可能エネルギーシステムの利用は、エネルギー自給率を高め、エネルギー安全保障に寄与し、温室効果ガスの削減に貢献し、地域に経済効果と雇用などをもたらすものではあるが、インフラの整備やエネルギーシステムの費用が高い等の問題があるため、システム普及とエネルギー事業の継続にあたっては経済面での支援制度が必要である。しかし、経済面での支援制度は今ある電力の固定価格買取制度に見られる様に、民間事業者が収益率の高く設定された分野に集中して参入することで、乱開発が起きやすく、また資源や需要に対し過大な事業参入が起こった場合には、後から国民に対し過大な費用負担を求めることに繋がるなどの懸念もある。政策の導入にあたっては、普及によるマイナスの側面も考慮した慎重な制度設計と、発生した課題に柔軟に対応する形で政府・自治体行政による追加対策が必要であり、需要側であるエネルギー消費者の省エネルギーや再生可能エネルギーへの転換、温室効果ガスの削減規制、地域の都市計画や産業振興計画など、他の観点からの政策との組み合わせも重要である。経済面以外の部分として環境面では、地域への水質・土壌・大気・生態系への影響も考慮されなければならない。木質バイオマスであれば間伐を行い、未利用材を取り出した後の森林の再造林まで視野に入れた対策が必要である。また再生可能な資源であっても同時期に利用できる資源量や投入できる費用には上限があるため、発電利用と熱利用とのバランスを考慮する必要もある。社会面では地域社会や地域文化と森林との関わり、虫害・獣害対策や里山景観なども考慮する必要がある。総合的な視点からエネルギー事業を計画し、地域資源を持続可能かつ適切に利用するシステムを構築することが重要であり、事業の担い手や地域住民の間の意見調整、地域内の合意形成を支援する地方自治体の役割は大きいと考える。