

■ 研究論文

気仙沼市の地域内循環を目指した 木質バイオマス事業の展開と市民の参加意識

Development of the Woody Biomass Business for Stimulating Resource Circulation and Interest in Participation by Local Residents in the Kesennuma Region

計 彬爛* 深町 加津枝** 高橋 正樹***

Binxian Ji Katsue FUKAMACHI Masaki TAKAHASHI

Abstract : In this study, we conducted a survey of city residents and individuals who were registered to deliver woody biomass, in order to evaluate residents' interest in participation and the status of woody biomass deliveries. When the business reached full operation in 2016, the number of registered individuals was 163, and the amount purchased was approximately 10,000 tons. The results of the survey of local residents indicate that there is widespread interest in the woody biomass business among residents of all ages and occupations, including those engaged in farming or other work unrelated to forestry. The results of the survey of registered individuals found that foresters harvesting wood from their own forests in their sixties and seventies, as well as forest management organizations, were responsible for the majority of woody biomass deliveries. Nearly 95% of the respondents expressed concerns regarding "preparation of forestry management plans." Our results suggest that participation in the woody biomass business can be encouraged by establishing forests where interested local residents can work with other likeminded individuals, provide training of forestry skills, and deepen their knowledge and experience in forestry management and harvest planning.

Keywords : *woody biomass, regional circulation, thinned wood, awareness of citizen participation*

キーワード : 木質バイオマス, 地域内循環, 間伐材, 参加意識

1. はじめに

宮城県気仙沼市では、三陸海岸とその背後に広がる北上山系の自然の恵みを受け、豊かで多様な文化が形成されてきた。里山にはアカマツ林やコナラやケヤキなどの落葉広葉樹林、スギの植林地が大面积で分布し、その自然資源は、木材や林産物、薪炭材などとして多様に利用され、森や里、海の暮らしを結びつけてきた。

しかし、2011年の東北地方太平洋沖地震により三陸沿岸部は大きな被害を受け、暮らしや営みそのものが消失、変容し、地域固有の自然や文化の継承と創造が大きな課題となっている。気仙沼地域の木質バイオマス熱電供給システム「リアスの森バイオマスパワープラント」（「木質バイオマス事業」と略す）は、事業で生まれた利益を地域通貨により山と海の間で循環させるなど新たな仕組みづくりを目指している。また自伐林家など多様な主体による森林利用・管理への積極的な参加に重点が置かれている。

日本の森林・林業を取り巻く現状をみると、採算性の低下から国内の山林の管理放棄が問題となっており、未利用材を活用した木質バイオマス発電事業が新しい形の森林資源活用法として注目されている。2016年には、新たな「バイオマス活用推進基本計画」が閣議決定され、地域に存在するバイオマスを活用し、地域が主体となった持続可能な事業を通じ農林漁業の振興や地域活性化のための施策が進められてきた。

調査研究では、平地林管理¹⁾や都市公園²⁾、里山³⁾を対象にバイオマスエネルギーの活用が検討され、木質バイオマス利用による農村や都市の緑地の管理についての関心が高まった。木質バイオマス発電用の未利用材⁴⁾や広葉樹材⁵⁾の供給ポテンシャル、市民の都市近郊里山管理による木質バイオマス発生量の推定⁶⁾、長期的な未利用材利用可能量推計⁷⁾など持続的な利用に向けた知見も示された。この他にも、木質バイオマスの生産コスト構造とその低減策⁸⁾、都市近郊部平地林⁹⁾や中山間地域¹⁰⁾における収穫・輸送コストからの可能性、CO₂削減と地域経済効果の検

討¹¹⁾のように経済的な観点からの分析事例も蓄積されている。宮崎県内の木質バイオマス発電事業を分析した事例からは、燃料材の安定調達のため、利益・利便性、ネットワーク・関係性、事業安定性、取引の自由度への対応が重要であることが明らかにされた¹²⁾。こうした研究が進む中で、ランドスケープ研究の分野においては、2012年に「自然エネルギーとランドスケープーランドスケープが拓く自然エネルギーを活かした国土の未来像ー」が特集され、木質バイオマスの利用とランドスケープとの関わりに注目した研究が蓄積されてきた¹³⁾。また、森林学会においては、2017年に「バイオマス発電所は燃料の未利用木材を安定的に確保できるのか？」という特集が組まれている¹⁴⁾。

農村計画や地域政策に関わる分野では、バイオマス利用の地域循環システムのあり方¹⁵⁾や木質バイオマスの供給力向上のための地域連携¹⁶⁾など地域コミュニティに目をむけた研究もみられた。また、地産地消^{17), 18)}、地域の自立¹⁹⁾に向けた木質バイオマスエネルギーに関わる課題の提示や政策提案がなされ、国際的な視野で日本の木質バイオマス利用促進政策を比較した研究²⁰⁾も進展している。そこで、今後は、岩手県紫波町における循環型まちづくりの中での取り組み²¹⁾のように、持続的な木質バイオマス利用のための地域全体での共同体制の構築が重要である。そのため、小規模分散型木質バイオマス燃料としての薪の生産供給システム²²⁾の事例のように、地域の事情に応じたバイオマスの利用形態や規模を選択することが求められる。また、木質バイオマス事業の先進地と後発地を比較した調査結果で示されるように、導入期、発展期で企業・市民行動への影響要因が異なり、発展プロセスに即したビジョンが必要である²³⁾。

しかしながら、地域の住民や組織を主体とした木質バイオマスの地域内循環を目指す上で求められる市民の事業への参加意識については、愛媛県西予市の事例²⁴⁾などに限られる。また、実際の木質バイオマスの搬出量を把握しながら、木質バイオマス事業

* 京都大学大学院地球環境学舎 ** 京都大学大学院地球環境学舎 *** (株)気仙沼地域エネルギー開発

に参加，あるいは参加しようとしている自伐林家などの搬出者の状況や意向を詳細に把握し，分析した研究もみられない。

本研究では，震災後の気仙沼市における「木質バイオマス事業」の展開を把握した上で，市民および木質バイオマス材の搬入登録者を対象にアンケート調査を実施し，市民の参加意識や搬出状況を明らかにすることを目的とする。そして，市民参画型による地域内のエネルギー自給率向上，森林環境の保全に向けた今後の対策や課題について考察する。

2. 研究方法

(1) 研究対象地および「木質バイオマス事業」の概要

気仙沼市の人口は 63,681 人，世帯数は 26,082 である（2018 年 7 月末）。森林面積は約 24,046 ha，森林率が 72% であり，民有林面積は国有林の約 4.7 倍，うち 68% が個人所有林である。国有林及び民有林ともに人工林の面積が大きく人工林ではスギが大半を占めており，次いでアカマツである（2012 年現在²⁵⁾）。民有林の人工林は 10 齢級をピークに山型構造，国有林の人工林のピークは 6 齢級と 8 齢級にあった。

気仙沼地域エネルギー開発株式会社は 2012 年 2 月に設立された。同年 5 月には総務省の「緑の分権改革」調査事業の被災地復興モデル実証調査業務を開始，10 月より発電を目的とした木質バイオマス材買取試験事業の検討が開始された。その後，2012 年 12 月からは未利用材（間伐材）買取が開始され，2013 年 3 月まで試験的制度の運用が行われた。買取時の未利用間伐材（含水率約 50%，伐倒後 2 ヶ月自然乾燥した状態）をチップにすると含水率 40% 程度であり，さらに乾燥させて 8～10% になったものを燃料として利用する。木質バイオマス材の買取価格は 1 トン 6,000 円であり，その内 3,000 円分は地域通貨「リネリア」で支払われる。「リネリア」の発行者は気仙沼地域エネルギー開発株式会社であり，「木質バイオマス事業」を契機として始められた。リネリア加盟店は気仙沼市内の 122 店舗（2018 年現在），有効期限は，発行日から 6 ヶ月間である。また，気仙沼市役所は，「木質バイオマス事業」を推進するため，2013 年 8 月より間伐材であることを証明するバイオマス証明書の発行を開始し，2014 年 1 月からは「気仙沼市間伐材搬出事業補助金」により，搬出する間伐材の運搬経費（未利用材 1 トンあたり 1,000 円）を補助している。こうした気仙沼市の施策と連携したバイオマス証明付き買取制度により，バイオマス材を搬入する側は運搬経費の補助を受け，買取側は間伐材を対象とした固定価格で売電することができる。

2014 年 3 月には木質バイオマス発電プラントの試運転が開始され，2016 年 3 月から本格稼働となった。木質バイオマス発電プラントは，400 kW の 2 機のガス化熱電併給プラントであり，最大出力は 800 kW，年間の稼働時間は 310 日となっている。また，電力 800 kW，発熱 1200 kW であり，熱については，チップの乾燥の熱源とするとともに近隣にある 2 ヶ所のホテルに販売している。消費燃料材は 8,000 トン / 年であり，2016 年度の平均プラント稼働率は 81.7% であった。電気のエネルギー効率は 75.3%，FIT（固定価格買取制度）で東北電力等に売電し，地元にある 2 か所のホテルに売熱している。気仙沼地域エネルギー開発株式会社では，2012 年度から毎年，自伐林家家養成塾「森のアカデミー」を開催し，チェーンソー技能資格講習，伐倒・軽架線による搬出講習，作業道敷設講習などの林業研修を行ってきた。2015 年 8 月には「NPO 法人リアスの森応援隊」が設立され，「森のアカデミー」を引き継いで自伐林家家などの人材育成を行うとともに，森林保全等に関する普及・啓発活動，地域おこし協力隊を受け入れての人材育成（2016 年から）などを行っている。

(2) アンケート調査

以下，気仙沼市在住の市民，および「木質バイオマス事業」へ

表－1 アンケートについて

アンケートの種類	実施期間	対象者	配布数	実施方法	回収率
市民①	2012/8～9	気仙沼市全世帯	21,779	市の広報誌に挟み込み（郵送/ファクスで回収）	2%（486人）
市民②	2014/6～7	過去回答者と研修参加者	447	郵送	22%（100人）
登録①	2014/6～7	2014年5月までの登録者	97	郵送	28%（27人）
登録②	2016/1～2	2015年12月までの登録者	153	郵送	61%（94人）

表－2 各アンケートの主な調査項目

アンケートの種類	主な調査項目	
	単数回答	複数回答
市民①	・山林所有状況 ・技術指導への参加意欲 ・未利用材の搬出等への参加意欲 ・薪ストーブへの関心 ・山仕事について	・所有山林の管理 ・木材の搬出状況 ・所有山林の今後について
市民②	・山林所有状況	・所有山林の管理 ・木材の搬入登録をしない理由 ・現況で困っていること ・木質バイオマス事業への参加意向
登録①	・山林所有状況 ・証明書付の搬出量 ・作業時の人員	・作業時期 ・作業道具 ・搬出に苦勞されること ・搬出できない理由 ・搬入登録した目的・動機
登録②	・山林所有状況 ・山林作業の頻度 ・バイオマス証明等の取得状況 ・共同作業者の有無	・所有機械 ・自分で不安なくできる作業 ・木材搬入に関わる苦勞

の間伐材等の搬入登録者を対象に行ったアンケート調査について説明する。表－1 は，アンケート調査の種類，実施期間，対象者，配布数などを示す。表－2 は，アンケート調査ごとの主な質問項目を示す（職業や年代など基本属性を含めない）。

1) 市民アンケート調査

気仙沼市民を対象としたアンケート調査を 2012 年および 2014 年度に実施した。2012 年の市民アンケート調査（以下「市民①」と略する。）では，「木質バイオマス事業」開始前の 2012 年 8～9 月に気仙沼市全世帯を対象に，市の広報誌に挟み込み（山間部には返信用封筒付）により 21,779 のアンケート調査票を配布した。郵送とファクスで回答を回収し，合計 486 人からの回答が得られ，回収率は 2% であった。このアンケート調査は，地域の林業関係の潜在的な需要と供給，木質エネルギー導入可能性を把握することを目的とし，調査項目は，年代や職業，山林所有面積などの属性に関する基本情報，山仕事や技術指導に対する参加意欲，薪ストーブの使用意欲などであった。

2014 年に実施した市民アンケート調査（市民②）は，「木質バイオマス事業」を継続させるためにどの程度の市民の協力を得ることができるか，より具体的に把握する目的で行った。調査は市民①の回答者および「木質バイオマス事業」に関わる林業研修の参加者，合計 447 人を対象にした。なお，市民①の回答に連絡先が記入されていないものがあったため，市民②の対象者は市民①の回答者数より少なくなっている。アンケート調査票は 2014 年 6～7 月に郵送で配布し，郵送にて回収した。100 人からの回答が得られ，回収率は 22% であった。調査項目は，年代や職業，山林所有面積などの属性に関する基本情報，「木質バイオマス事業」の認知度や説明会への参加意欲，搬入登録に関わる課題などであった。

2) 搬入登録者アンケート調査

「木質バイオマス事業」への参加状況や今後に向けた課題などを把握するため，搬入登録者を対象に 2014 年および 2016 年にアンケート調査を行った。2014 年のアンケート調査（登録①）は，「木質バイオマス事業」の搬入登録者，合計 97 人を対象として，6～7 月に郵送で配布し，郵送にて回収した。27 人からの回答があり，回収率は 28% であった。調査項目は，職業や山林所有

面積などの属性に関する基本情報、2013年8月に開始したバイオマス証明書付き買い取り制度への登録状況、「木質バイオマス事業」に参加した動機や搬出量、作業道具の使用状況、搬出に関わる課題などであった。

2015年12月までの搬入登録者、合計153人に対し実施したアンケート調査（登録②）は郵送配布し郵送にて回収した。94人からの回答があり、回収率は61%であった。調査項目は、年齢や職業、山林所有面積などの属性に関する基本情報、バイオマス証明書付き買い取り制度への登録状況、「木質バイオマス事業」に参加した動機、搬出作業に関わる機械の所有状況、不安なくできる作業や手続き、搬出に関わる課題などであった。

（3）データ解析

市民①、②および登録①、②のアンケート調査で得られたデータは、各質問項目に対する無回答を取り除いて集計した。まず、各項目について単純集計を行った。データ数の多い市民①においては、「木質バイオマス事業」への参加意欲に影響を及ぼす可能性がある項目（年代、職業、山林所有の有無、研修参加の有無、山仕事と薪ストーブの使用状況）との関係を分析するため、クロス集計を行った。2つの変数間での有意な連関があるのかは χ^2 検定を用いた（5%水準で有意）。質問項目に対する回答数が5未満となるなど、検定に必要な度数を満たしていないと判断したものについては、合理的な理由がある場合にのみデータを統合して解析に用いた。年代では10代～40代までの回答を若齢層の回答として統合し、選択肢の中で内容が類似した項目間があった際には統合した。職業は複数回答であったため、「農林水産業」、「会社員／公務員」、「その他」の3つに統合して用いた。

3. 結果

（1）バイオマス材の搬入者と買取数量の推移

2012～2017年度の搬入登録者数と実際の搬入者数、および木質バイオマス材の買取数量を表－3、表－4に示す。2012年度には搬入登録制度がなかったため搬入登録者数（「登録者数」と略す）の数値はなかったが、実際の搬入者数（「搬入者数」と略す）では個人が43あった。2013年度になると登録者数（新規）が111となり、50の個人、8組織からのバイオマス材の搬入があった。2014年度には登録者数が139（累積）となったが、搬入者数では個人が31に減少した。2015年度の搬入者数では、実際に木質バイオマス材を搬入した組織の数が4に減少した。2015年度以降は、これら4つの組織（気仙沼市内の林業経営体）が買取数量全体の80%前後の木質バイオマス材を搬出した。気仙沼地域エネルギー開発株式会社に対する聞き取り調査の結果から、2012年度のバイオマス材の搬入は主に自伐林家が所有山林を対象に行ったものであったこと、また、2013～2014年にバイオマス材を搬入した組織には、震災復興に伴う造成工事などで一時的な搬出を行った建築業者が含まれていたことがわかった。2014年11月には、気仙沼市八瀬地区の住民が中心となる任意団体「八瀬・森の救援隊」が結成され、市の部分林の管理委託を受けたスギやアカマツの間伐などに取り組み、バイオマス材を供給するようになった。2015年度以降に登録者数は増加したが、搬入者数では個人、組織は減少し、2017年度には登録者数（累積）が182、搬入者数は個人が19、組織は4となり、組織は森林組合などの林業経営体のみになった。

バイオマス材の買取数量は、2012年度に個人からの合計388トンであったものが、2013年度になると個人より1,061トン、組織から4,324トンの合計5,385トンに増加した。2014年度には個人、2015年度には組織の買取数量が前年度より減少したが、翌年度には再度増加した。年度ごとにバイオマス証明書付き買い取り制度に登録する個人が増加し、2016年度の「木質バイオマス

表－3 2012～2017年度の登録者数と搬入者数

	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度
搬入登録者（新規）	—	111	28	15	9	19
搬入登録者（累積）	—	111	139	154	163	182
個人	43	50	31	24	21	19
実際の搬入者 組織	0	8	9	4	4	4
合計	43	58	40	28	25	23

気仙沼地域エネルギー開発株式会社社会内部資料に基づき作成

表－4 2012～2017年度の木質バイオマス材の買取数量（トン）

	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度
個人	388	1,061	684	1,103	1,711	1,334
組織	0	4,324	4,673	3,718	8,107	5,877
合計	388	5,385	5,357	4,821	9,818	7,211

気仙沼地域エネルギー開発株式会社社会内部資料に基づき作成

表－5 市民①と市民②の職業
（複数回答、市民① N = 442、市民② N = 89）

	林業	農業	水産業	会社員	公務員	その他
市民①	14 (3%)	92 (21%)	7 (2%)	88 (20%)	22 (5%)	238 (54%)
市民②	3 (3%)	25 (28%)	4 (4%)	15 (17%)	3 (3%)	42 (47%)

() : 回答率

表－6 市民①と市民②の年代ごとの
回答者数と農林水産業従事者数

	20代	30代	40代	50代	60代	70代	80代
市民①	2 (0)	14 (0)	37 (3)	96 (15)	167 (38)	104 (40)	58 (15)
市民②	0 (0)	3 (0)	7 (3)	14 (2)	36 (13)	21 (9)	13 (2)

() : 農林水産業従事者数

事業」本格稼働時には、買取数量が9,000トンを超え、そのうち個人が2割程を占めた。このことは、「木質バイオマス事業」が目指してきた市民参加による森林資源の地域内循環、木質バイオマス材の8割を森林組合など組織林業から、2割を個人林業者から調達する、という目標値の到達を示すものとなる。一方、2017年度は個人、組織とも前年度より減少し、買取数量は個人が1,334トン、組織が5,877トンの合計7,211トンとなった。聞き取り調査によると、2017年度に買取数量が減少したのは、2016年度の買取数量がプラントの年間の消費燃料である8,000トンを上回ったため、余剰がでないよう調整したためであった。林業経営体からのバイオマス材の買取数量は状況に応じた調整が可能となっている。また、個人の搬入者数が減少する背景としては、間伐対象となる個人所有の山林の面積が小さいことから、一度間伐するとその後すぐにバイオマス材が搬出できない状況があることがあげられた（聞き取り調査による）。

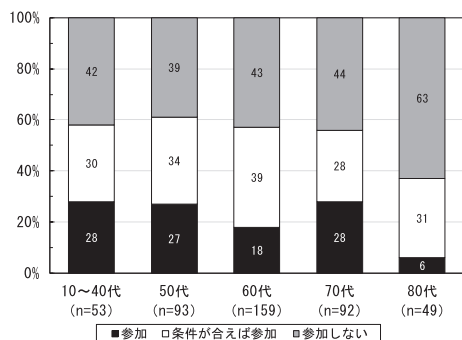
（2）「木質バイオマス事業」に対する市民の参加意識

表－5は、市民に対する2つのアンケート調査、市民①（2012年実施）および②（2014年実施）の回答者の職業（複数回答含む）を示す。その他と回答した割合が最も高く（54%、47%）、次いで農業（21%、28%）、会社員（20%、17%）であった。表－6は、年代ごとの回答者数と農林水産業従事者数（複数回答を含むため延べ人数となる）である。60代（①167人、35%、②36人、38%）の割合が高く、次いで70代（22%、22%）、50代（20%、15%）であった。農林水産業への従事者は40～80代にみられたが、多くは60～70代であった。

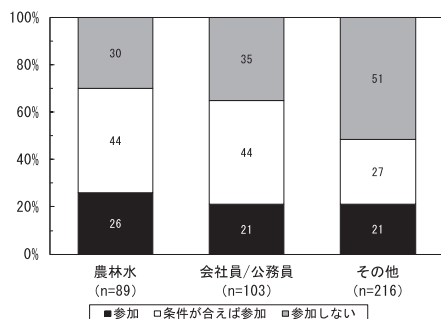
市民①、②において山林を所有する回答者の割合は、それぞれ61%、68%であった。市民①での山林所有面積は、3ha未満が59%、3～10haが24%、10ha以上は18%であった。市民②では、1ha未満が40%（26人）、1～20haが57%、80ha以上が3%であった。市民②において1ha以上の山林を所有する回答者の職業は、林業（8%）、農業（35%）、会社員（16%）となり、80ha以上では、漁業とその他であった。また、所有山林の管理（複

表－７ 木質バイオマス事業への参加意欲（市民①及び市民②）

	参加意欲			理由			
	参加 条件が合 えば参加 したい	参加 しない		自分の山 から出す 作業を手 伝う	山はないが 搬出する 作業を手 伝う	詳しい説 明を聞く	その他
市民①	99	155	197	26	9	10	29
N=451	22%	34%	44%	38%	13%	14%	42%
上段：回答者人数；下段：回答率				上段：回答者人数；下段：回答率			



図－１ 年代別の「木質バイオマス事業」への参加意欲（市民①）



集計は、小数点第1位で四捨五入しているため、数値の合計が100%にならないことがある。

図－２ 職業別の「木質バイオマス事業」への参加意欲（市民①）

数回答を含む）については、「管理なし」が市民①で62%，市民②50%であり、「自分で手入れ」は市民①27%，②39%であった。「森林組合などに任せる」は①14%，②3%であった。市民①における所有山林を今後どうするかについての回答（複数回答）は、「当面何もしない」（49%，136人）の割合が最も高く、続いて「山を売る検討をする」（21%），「自分や仲間て手入れする」（19%），「森林組合などに任せる」（18%）であった。

表－７には市民①，②による「木質バイオマス事業」への参加意欲を示す。市民①では、「参加しない」44%，「条件が合えば参加したい」34%，「参加したい」22%であった。市民②では、「自分の山から出してみたい」が38%，「詳しい説明を聞きたい」は14%，「山はないが搬出する作業を手伝いたい」が13%であった。図－１，図－２は，市民①に基づく年代別，職業別で見た「木質バイオマス事業」への参加意欲を示す。年代別にみると，80代を除いた年代全てにおいて，参加あるいは条件があれば参加が60%前後あり，若齢層での参加意欲が高い傾向があった。職業別にみると，条件付きも含め「木質バイオマス事業」に参加したいと回答したのは，農林漁従事者で最も高く（70%），次いで会社員／公務員（65%），「その他」（48%）であった。「バイオマス事業」への参加意欲は，年代（ $p = 0.025$ ），職業（ $p = 0.002$ ）によって異なる傾向があった。

次に，市民②での搬入登録しない理由（複数回答あり）をみると，「登録しても自分で搬出できない」が最も多く48%，次いで「興味があるが山林がない」30%，「登録の必要性を知らない」21%となった（表－８）。登録の「必要性がない」は10%であった。バイオマス燃料材を搬出できる状況にはないものの，搬入登録に関心がある回答者が多いことがうかがえる。そして，山林管

表－８ 搬入登録しない理由（複数回答 市民② N = 96）

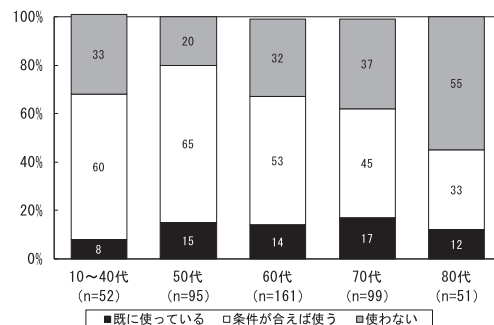
登録の必 要性を 知らない	登録の仕 方を 知らない	買取制度 について 知らない	登録しても 自分で 搬出で きない	興味があ るが山 林がな い	必要 がな い	そ の 他
20	8	8	46	29	10	18
21%	8%	8%	48%	30%	10%	19%

上段：回答者人数；下段：回答率

表－９ 現況で困っていること（複数回答 市民② N = 87）

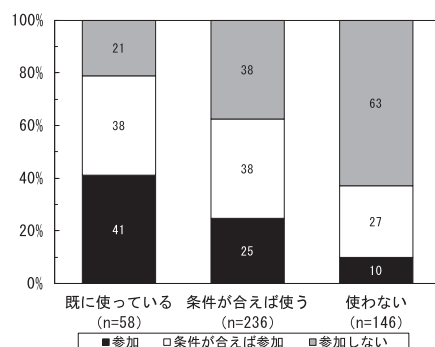
今後が わから ない	経費 がか さむ	人手が ない	自分で やりたい が不安	道具が ない	時間が ない	体力が 不安	興味は あるが 山が少 ない	そ の 他
14	5	13	10	11	25	17	30	16
16%	6%	15%	11%	13%	29%	20%	34%	18%

上段：回答者人数；下段：回答率



集計は、小数点第1位で四捨五入しているため、数値の合計が100%にならないことがある。

図－３ 年代別の薪ストーブの使用意欲（市民①）



集計は、小数点第1位で四捨五入しているため、数値の合計が100%にならないことがある。

図－４ 薪ストーブの使用意欲と事業への参加意欲（市民①）

理に関して現況で困っていること（複数回答含む）としては，「自分でやりたいができない」が88%であり，具体的な理由として「時間がない」（33%），「体力に不安」（22%），「人手がない」（17%）などがあげられた（表－９）。続いて，「興味はあるが，山が少ない／ない」（34%），「今後がわからない」（16%）であった。間伐材の搬出を妨げる要因としては，山林の所有，時間や体力などが考えられた。

ここで，薪ストーブの使用意欲と「木質バイオマス事業」への参加意欲との関係について見ていく。図－３は，市民①における薪ストーブの使用意欲を年代別で示した。50～80代において「既に使っている」という回答が15%前後あり，10～40代の割合が最も少なかった。「条件が合えば，使いたい」では，50代の割合が最も多く，次いで10～40代であった。「既に使っている」と「条件が合えば，使いたい」を合わせると，50代が80%で最も高く，次いで10～40代68%，60代の67%となった。60代より上の年代では使用意欲が減少する傾向があった（ $p = 0.003$ ）。図－４は，市民①に基づく薪ストーブの使用意欲と「木質バイオマス事業」への参加意欲との関係を示した。薪ストーブを「既に使っている」と回答した人の79%，「条件が合えば使いたい」の63%が，「木

表－10 登録①と登録②の職業、および1ha未満の山林所有者
(複数回答 登録① N = 24 登録② N = 78)

	林業	農業	水産業	会社員	公務員	その他
登録①	8 (1)	15 (4)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	9 (2)
登録②	6 (0)	31 (7)	4 (2)	19 (3)	0 (0)	25 (7)

() : 1ha未満の山林所有者数

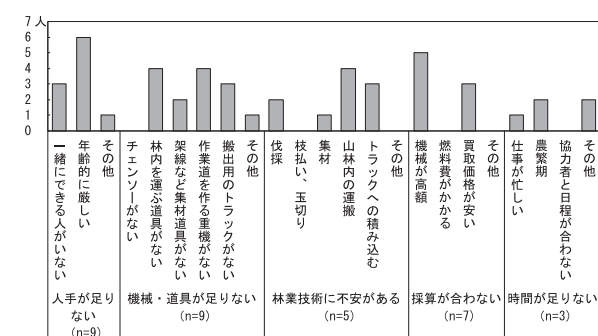
表－11 山林所有及び所有山林面積 表－12 搬入登録した動機
(ha) (登録①と登録②) (複数回答 登録① N = 23)

	なし	<1	1~20	>20	不明
登録①	2	7	13	4	0
N=26	8%	27%	50%	15%	0%
登録②	15	23	42	8	3
N=91	16%	25%	46%	9%	3%

上段：回答者人数；下段：回答率

	収入に なる	会社 の取 組に 共 益	山の手 入れ のき つ	森林・林業・ 用に興 味	処分す る利 木材が あ った	そ の 他
登録①	10	8	18	8	3	3
N=23	43%	34%	78%	35%	13%	13%

上段：回答者人数；下段：回答率



図－5 登録者の苦勞と搬出できない理由 (複数回答 登録①)

質バイオマス事業」に参加(「条件が合えば」も含む)したいと回答した。薪ストーブの使用意欲がある人が「木質バイオマス事業」への参加意欲が高い傾向があった($p = 4.977e-09$)。

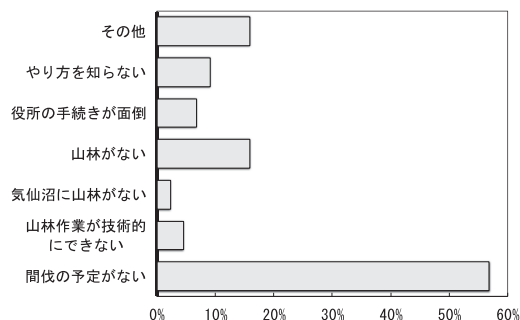
(3)「木質バイオマス事業」に対する搬入登録者の意向

「木質バイオマス事業」の搬入登録者に対する2つのアンケート調査、登録①(2014年実施)および②(2016年実施)に対する回答者の職業、および1ha未満の山林所有者数を表－10に示す。登録①、②において、回答者の職業として最も多かったのは、農業であり、それぞれ15人(63%)、31人(40%)であった。次いで多かったのは、その他となった。登録②の結果より、登録者の年代は40代が4人(4%)、50代10人(11%)、60代59人(66%)、70代13人(14%)、80代4人(4%)であった。登録①の回答者の92%、登録②の84%が山林を所有しており、所有山林面積では1~20haの割合が高く、登録①では50%、登録②では46%となる。1ha未満は、登録①で27%、登録②で25%であった(表－11)。

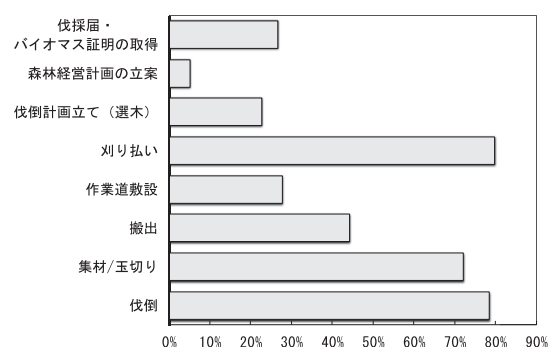
次に、登録①の結果に基づき、2014年現在でのバイオマス燃料材の搬出状況をみていく。バイオマス証明書付で「搬出した」という回答は28人中で21人(78%)となり、そのうち、20トン以上の搬出を行ったのは7人、20トン未満が14人であった。搬出に関する苦勞や搬出できない理由は、「機械・道具が足りない」(10人)が最も多く、次いで「人手が足りない」(9人)、「採算が合わない」(8人)であった。具体的な理由(複数選択可)では、「年輪的に厳しい」「機械が高額」「林内を運ぶ道具がない」「作業道を作る重機がない」「山林内の運搬(技術に不安がある)」を選択した回答者が多かった(図－5)。

次に、登録②の結果に基づき、森林利用や「木質バイオマス事業」に関わる登録者の状況についてみていく。回答者94人のうちバイオマス材の搬出を行ったことがある回答者は53人、行っていない回答者は41人であった。

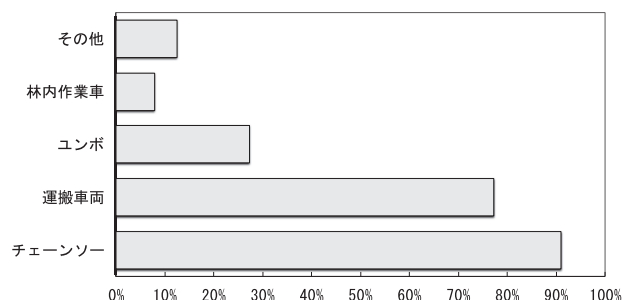
搬入登録した動機(複数選択可)は、「山の手入れをするきっかけとして」が78%と最も割合が高く、次いで「収入になる」



図－6 バイオマス証明書を取得しない理由
(複数回答 登録② N = 44)



図－7 不安なくできる作業及び手続き
(複数回答 登録② N = 79)



図－8 山林作業に関わる機械の所有状況
(複数回答 登録② N = 88)

(43%)であった(表－12)。一方、「バイオマス証明書の取得をやったことがない」は52%となり、主な理由は、「間伐の予定がない」(57%)、「山林がない」(16%)、「やり方がわからない」(9%)であった(図－6)。

また、不安なくできる作業及び手続き(複数回答可)は、回答割合の高い順位に、「刈り払い」(80%)、「伐倒」(78%)、「集材/玉切り」(72%)であった。一方、最も低い割合だったのは、「森林経営計画の立案」の5%であり、「伐採計画立て(選木)」(23%)「伐採届・バイオマス証明の取得」(27%)の割合も低かった(図－7)。

図－8は、登録者の山林作業に関わる機械の所有状況(複数回答可)を示す。最も高い割合は、「チェーンソー」が91%であり、次いで「運搬車両」77%となり、所有割合が低いのは、「林内作業車」8%、「ユンボ」27%であった。運搬車両としては、軽トラの所有率(79%)が高かった。

図－9は、バイオマス材搬入以外で協力できる事項への回答割合(複数回答可)を示す。「間伐できる山林の提供」(41%)や「自分の山林以外の間伐労務提供」(35%)の割合が高く、「自分の山林以外の間伐の労務提供」は22%であった。

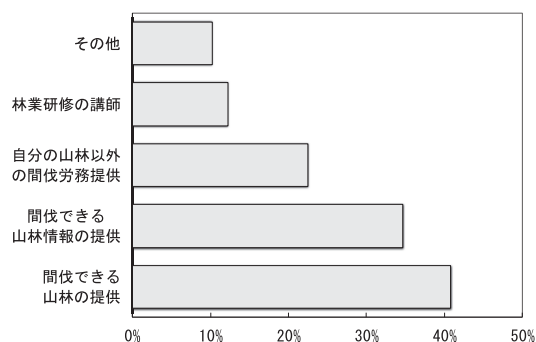


図-9 バイオマス搬入材以外で協力できる事項
(複数回答 登録② N = 49)

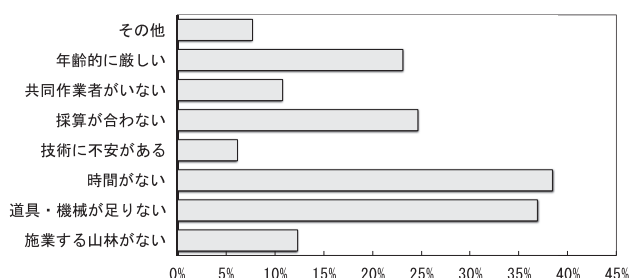


図-10 山林利用に関して苦労している事柄
(複数回答 登録② N = 65)

図-10は、山林利用に関して苦労している事項（複数回答可）を示す。回答割合が高いのは、「時間が足りない」（38%）、「道具・機械が足りない」（37%）であり、次いで「採算が合わない」（25%）、「年齢的に厳しい」（23%）であった。

4. 考察

（1）バイオマス材の搬入者と買取数量

気仙沼市の「木質バイオマス事業」は、東日本大震災後の2012年の事業開始以降、搬入登録者数が徐々に増加し、2016年度には年間稼働に必要な8,000トンのバイオマス材を調達する体制ができた。搬入登録者は個人が中心であり、気仙沼市内の海岸から山間部に在住する多くの市民の参画を目指した仕組み、普及・啓発活動の成果が徐々にみられるようになってきている。一方、搬入登録者数が増加する中で、2015年度以降、実際の搬入者の割合は20%未満にとどまっている。バイオマス材の買取数量の内訳をみると、2016年度からは4つの組織によるものが全体の約80%を占めている。買取数量については増加傾向にあることから、安定的にバイオマス材を搬出する組織、個人が固定層に絞られてきていることが推定される。こうした固定層となる自伐林家、林業経営体などとの連携、信頼関係が「木質バイオマス事業」を支えていると考えられる。

また、間伐材を認証する仕組みや地域通貨が導入され、地元の山林所有者、企業、行政、専門家などが協働して地域内循環に取り組んできたことが、こうした体制の早期の実現につながったといえる。例えば、地域通貨「リネリア」は常時約1,000枚流通し、2012～2016年度の累計発行金額は1,000万円相当で、2016年度にはスーパーで54%、文具店で20%、印刷店や海産物店で10%が利用された²⁶⁾。気仙沼市内に本社がある様々な業種で利用できる「リネリア」の認知度や普及率をさらに高めることが、「木質バイオマス事業」の進展において重要である。

（2）「木質バイオマス事業」と市民

市民アンケート調査の結果では、3ha未満という小規模な面積で山林を所有する回答者の割合が最も高く、自分で山林管理を

行う回答者の割合は30%前後であった。このような状況から、林業の一環として「木質バイオマス事業」に加わることができる市民は少ないことが示唆される。一方、「木質バイオマス事業」への参加意欲をみると、職業や年代によって異なる傾向があり、比較的若い世代や会社員・公務員などでの参加意欲が高い傾向があった。薪ストーブ利用に関心が高い市民においても参加意欲が高く、市民のライフスタイルや余暇の過ごし方をふまえた「木質バイオマス事業」の展開が重要となる。

根本ら²⁷⁾によると、薪の家庭における年間消費量は2,755千m³と推定され、家庭による針葉樹材と広葉樹材を併用した自己調達が多くなってきている。山林所有者でなくとも参加意欲がある市民が、薪ストーブの利用などをきっかけに山林作業に関わることが、「木質バイオマス事業」に参画する市民の多様化やバイオマス材の供給に貢献する可能性がある。スギを中心とする人工林の間伐に加え、薪に適した材がある広葉樹林やスギに次いで資源量が多いアカマツ林に目を向けることも、持続的なバイオマス材の供給を支える上で重要と考えられる。「木質バイオマス事業」を1つの核にしなが、気仙沼市内にある森林資源の多様かつ総合的な利用の仕組みをさらに充実させていくことが期待される。

（3）「木質バイオマス事業」における搬入登録者

搬入登録者アンケート調査の結果では、搬入登録者の8割以上が山林を所有し、そのうちの1割近くは20ha以上という比較的大きな面積で所有していた。搬入登録者は、所有山林の手入れや収入源につながる、あるいは共感できる事業として「木質バイオマス事業」を認識していた。

搬入登録者は60～70代の農林業従事者、林業や薪炭利用の経験者が中心であり、登録はしたもの、搬入時間がない、道具・機械が足りない、年齢的に厳しいなどの理由で継続して搬出するのが困難な状況にあった。こうした人材不足や高齢化に対応するためにも、小規模な山林所有であっても、「木質バイオマス事業」に関心がある搬入登録者が連携し、地域の山林全体からのバイオマス材を持続的に供給できる体制の構築が重要と考えられる。そして、作業道を作る重機や林内を運ぶ機械など、高額であるが作業に不可欠な機械や道具を共同で確保したり、個人が安価でレンタルできる仕組みなどが求められる。

また、搬入登録者の多くは、「伐採」や「集材」などの森林作業については、自らの経験や講習などを通し不安なくできるものの、「森林経営計画の立案」については、回答者の95%近くが不安であると答えていた。今後は、関心のある市民が共同で作業ができる森林を確保するとともに、研修などを通し必要な林業技術を習得し、森林経営や伐採計画の知識や経験を蓄積することが「木質バイオマス事業」への参加意欲を高める上で重要となる。また、「八瀬・森の救援隊」の活動では、「NPO法人リアスの森応援隊」のサポートを受けながら森林経営計画の策定に向けた事務手続きや計画的な間伐を進めており、こうした事例を増やすことが対応策として考えられる。

以上の結果、考察をふまえた今後の研究上の課題として、木質バイオマスを利用した地域内循環を進展するための方策を、市民や搬入登録者の状況、意向を活かして検討することがあげられる。また、小面積皆伐による広葉樹材の有効利用、スギやアカマツなどの用材利用など、森林の更新やマツ枯れへの対応も含めたランドスケープ計画の中で「木質バイオマス事業」をとらえ、その社会的、生態的な価値を高めるための知見を蓄積していくことが期待される。

補注及び引用文献

- 1) 寺田徹・横張真・田中伸彦（2007）：バイオマスエネルギーの活用からみた平地林管理シナリオの評価：ランドスケープ研究 70(5), 673-

- 2) 曾根直幸・山岸裕・栗原正夫・大場龍夫・河野良彦・根本泰行 (2014) : 都市公園における木質バイオマスを活用したガス化発電技術の導入可能性に関する研究 : ランドスケープ研究 77(5), 693-696
- 3) 原島義明・寺田徹・山本博一・木平英一 (2014) : 長野県伊那市における薪による小規模バイオマスエネルギー利用の実態 : ランドスケープ研究 77(5), 575-578
- 4) 酒井明香・津田高明・八坂通泰 (2017) : 北海道における木質バイオマス発電所向け未利用材の供給ポテンシャルの試算 : 日本森林学会誌 99(6), 233-240
- 5) 福田雄治・飯國芳明 (2015) : 広葉樹による木質バイオマス発電用燃料の供給可能性に関する研究 : 農林業問題研究 51(3), 215-220
- 6) 松本類志・横張真・寺田徹・山本博一 (2011) : 都市近郊里山における市民の管理にもとづく木質バイオマス発生量の推定 : ランドスケープ研究 74(5), 707-710
- 7) 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(6), 266-271
- 8) 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(5), 187-194
- 9) 寺田徹・横張真・田中伸彦 (2010) : 収穫・輸送コストからみた都市近郊部平地林の木質バイオマス利用の可能性 : ランドスケープ研究 73(5), 663-666
- 10) 鈴木保志・村上晋平・後藤純一・中嶋健造・北原文章・垂水亜紀・中山琢夫・田内裕之 (2013) : 仁淀川町木質バイオマス利活用事業における材出荷実態と出荷者の実収支の分析 : 森林利用学会誌 28(1), 41-50
- 11) 中村良平・中澤純治・松本明 (2012) : 木質バイオマスを活用したCO₂削減と地域経済効果—地域産業連関モデルの構築と新たな適用— : 地域学研究 42(4), 799-817
- 12) 横田康裕 (2017) : 宮崎県における発電用木材の安定供給の取り組み : 日本森林学会誌 99(6), 241-250
- 13) 前澤洋一・渡部桂・上原三知 (2012) : 特集「自然エネルギーとランドスケープ—ランドスケープが拓く自然エネルギーを活かした国土の未来像—」にあたって : ランドスケープ研究 76(3), 187
- 14) 吉岡拓如・有賀一広 (2017) : 日本森林学会におけるバイオマス関連研究と FIT (特集 バイオマス発電所は燃料の未利用木材を安定的に確保できるのか? 巻頭言) : 日本森林学会誌 99(6), 217-219
- 15) 五十嵐春子・北田紀久雄 (2006) : バイオマス利活用における関係住民の評価—栃木県芳賀郡茂木町のアンケート調査を中心に— : 農村計画学会誌 25, 377-382
- 16) 曾月萌・近藤加代子・美濃輪智朗・文多美・大隈修・田上海 (2014) : 木質バイオマス資源の収集状況に影響する要因分析 : 森林利用学会誌 29(1), 45-50
- 17) 早川慶朗・浅野良晴・高村秀紀 (2014) : 再生可能エネルギーである木質バイオマスの供給力を向上させるための地域連携の関する考察—計画策定・実施プロセスの明確化— : Journal of Japan Society of Energy and Resources 35(3), 18-26
- 18) 渡邊優子 (2017) : 木質バイオマスエネルギーの地産地消における課題と展望—遠野地域の取り組みを通じて— : 富士通総研経済研究所研究レポート 450, 1-38
- 19) 伊藤幸男 (2013) : 地域の自立に向けた木質バイオマスエネルギー利用の政策提言 : 農村計画学会誌 32(1), 62-64
- 20) 江藤寛子・佐々木ノビア (2010) : 欧州と日本における木質バイオマス利用促進政策の比較 : 日本森林学会誌 92(2), 88-92
- 21) 原科幸爾 (2013) : 循環型まちづくりにおける木質バイオマス利用と森林管理—岩手県紫波の事例— : 農村計画学会誌 32(1), 16-19
- 22) 鈴木保志・高村香葉子・渡辺靖崇・森大記・吉田貴紘・北原文章・中山琢夫・後藤純一 (2014) : 小規模分散型木質バイオマス燃料としての薪の生産供給システムと経費の検討 : 森林利用学会誌 29(3), 157-163
- 23) 近藤加代子・曾月萌 (2013) : 木質バイオマス利活用への協力行動の要因に関する分析—岡山県真庭市・福岡県筑後川流域における事業所・市民アンケートから— : 環境科学会誌 26(1), 46-62
- 24) 間々田理彦・原温久・田中裕人 (2015) : 合併した自治体のバイオマス利用政策における住民意識に関する研究 : 農村計画学会誌 34, 201-206
- 25) 気仙沼市 (2013) : 気仙沼市 平成 23 年度「緑の分権改革」被災地復興モデル実証調査事業 報告書
- 26) 泉留維 (2018) : お金と自然資源の新たな関係を作り出す地域通貨の試み : 森林環境 2018 特集・農山村のお金の巡りを良くする, 55-64
- 27) 根本和宜・中村省吾・森保文 (2017) : 家庭向け木質バイオマス燃焼機器の普及と燃料消費量 : 林業経済研究 63(3), 82-91

(2019.4.30 受付, 2019.11.08 受理)