

富山市における梨剪定等の バイオマス利活用実証

とりごえけんいちろう ますかたゆうすけ いかげ けんと
鳥越謙一郎¹・升方祐輔¹・伊掛賢人²

¹㈱新日本コンサルタント 管理本部 発電事業推進室

²㈱新日本コンサルタント インフラマネジメント事業本部 水環境部 流域保全グループ
(〒930-0857 富山県富山市奥田新町1番23号)

バイオマス資源は温室効果ガスを排出せず、国内生産可能なため、エネルギー安全保障にも寄与できる有望かつ多様で、長期を展望した環境負荷低減を見据えて活用していく重要な国産エネルギー源として期待されている。本稿では、「富山市SDGs未来都市計画」における持続可能な付加価値創造都市実現への取組として、富山県内の梨の一大産地である呉羽丘陵から産出される“梨剪定枝”のバイオマス資源としてのポテンシャルに着目し、剪定枝を収集、加工し地域の熱源消費施設等へ熱エネルギー還元する地産地消の資源サイクルシステム構築事業に関して、事業性を評価するために必要な「剪定枝賦存量」「集積/運搬方法」「乾燥/加工技術」を検証した。

Key Words : バイオマス, 再生可能エネルギー, SDGs

1. はじめに

(1) 富山市の地域特性

富山市は、富山県の中央部に位置する人口約42万人の県庁所在都市であり、医薬品や機械、電子部品等のものづくり産業が盛んな日本海側有数の中核都市である。市域は、国内最大級の約1,242km²の広さを有し、水深1,000mの富山湾から3,000m級の北アルプス立山連峰まで多様な自然に囲まれているため、市域の7割を占める広大な森林を活用した森林バイオマスや河川や水路の落差を利用した水力資源等の再生可能エネルギーのポテンシャルが非常に高い。

(2) 富山市SDGs未来都市計画におけるバイオマス資源利活用の役割¹⁾

富山市は持続可能な付加価値創造都市の実現を目指して「富山市SDGs未来都市計画」を掲げ、様々な分野の取組みを実施している。バイオマス資源の利活用は「富山市SDGs未来都市計画」において、間伐材等の豊富な森林資源の適正管理と有効活用を図る「森林資源を活かした産業力強化」と、地域のエネルギー需要に対応し、温室効果ガスの削減、エネルギーの地産地消、都市の防災レジリエンスを高めることを目的とした「自立分散型エネルギーインフラ・ネットワークの形成」として位置づけられ、「経済価値」、「社会価値」及び「環境価値」の3つの価値の統合的向上を図る役割を担っている。

(3) 本実証事業の目的

本実証事業では、富山県内の梨の一大産地である呉羽丘陵から産出される“梨剪定枝”のバイオマス資源を活用し、バイオマスから創出する熱エネルギーを地域の熱源消費施設等へ還元することにより、地域の持続可能な資源サイクルシステムの実現性の実証及び事業化への新たな課題の抽出を目的とする。

2. 実証内容と成果

呉羽地域は様々な地域課題を抱えており、次の2点が特に大きな課題とされる。①梨果価格の下落や資材、人件費高騰による生産者減少②果樹疾病の蔓延阻止のため、梨剪定枝を地域の剪定枝集積場で焼却(野焼き)処分することによる、周辺地域への焼却煙害発生。梨剪定枝のバイオマス利活用事業によりこれらの地域課題は解決可能であるが、事業性評価を行う上で「賦存量の適正把握」「集積/運搬方法」「乾燥/加工技術」について、下記に示す調査/実証により検証する必要があった。図-1に梨の剪定枝及び野焼きの現地写真を、図-2に事業化への課題と本実証事業実施項目の相関をそれぞれ示す。



図-1 梨の剪定枝(左) 野焼き状況(右)

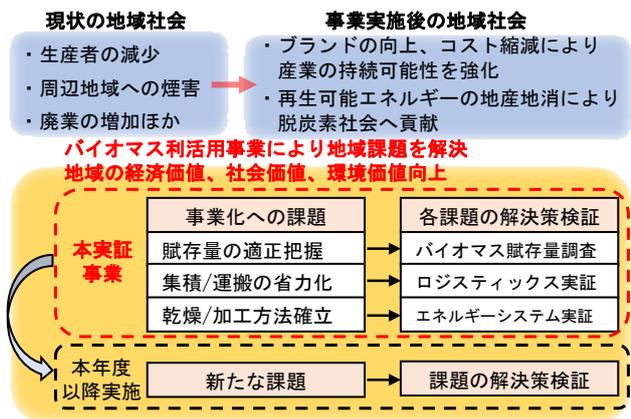


図-2 事業化への課題と本実証事業実施項目の相関

(1) 実証エリア

呉羽地域における梨園の分布域は、図-3に示す「吉作」「東老田」「栃谷」「平岡」の4つエリアに区分される。本実証では、最も梨園の耕地面積が広い「吉作」エリアを対象とした。



図-3 梨園の4エリア

(2) バイオマス賦存量調査

呉羽丘陵に広がる梨園分布域の実態調査を行い、バイオマス資源としての賦存量を調査した。空中写真を利用した実態調査(調査フローは図-4参照)による梨園分布域面積は約140haである。

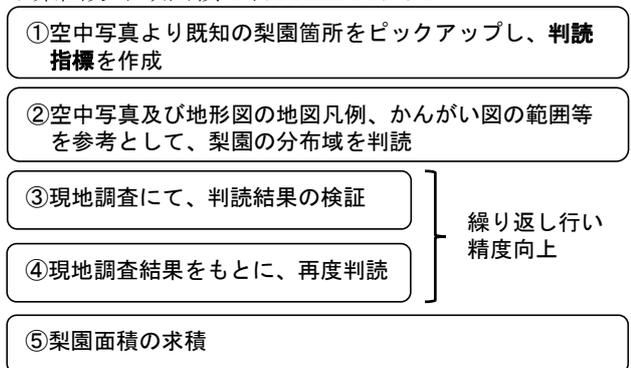


図-4 実態調査フロー

実態生育本数(33本/10a)から推定される剪定直後の賦存量(水分率45.8%w.b.)は約1,800tであった。ま

た、自然乾燥後(水分率25.0%w.b.)の賦存量は約1,400t程度であると推定できた。これは灯油換算で約280Kℓに相当するエネルギー賦存量であり、CO₂削減量で約710tに相当する環境負荷軽減効果がある。
※%w.b. : 水分を含んだ状態の木材重量を基準とした含水率(ウェットベース)

(3) ロジスティックス実証

現状において梨農家により実施されている、「集束→積込→運搬→荷降→焼却」の作業と比べ、より作業負荷が低く、尚且つ、「保管、乾燥、農薬除去」までを容易に行える新たなロジスティックスの開発を目的とし、実証を行った。

a) 剪定枝ラックの導入実証

剪定枝は通常のバイオマス利用で想定される丸太形状でなく、細い枝を束ねた形状である。乾燥が進むにつれ枝径が細くなり、結束強度が著しく低下し剪定枝束の崩壊が進む傾向にあるため、現状のような土場での直置き保管は不適であるという課題があった。本課題の解決のため、倉庫業で多用されるラックを吉作地区に20個設置し、梨農家が剪定枝の保管、運搬に実際に利用することでラックの有用性の実証を行った。ラック1個あたりに積載可能な剪定枝は60束であるため、従来では束単位で行われていた運搬作業が、図-5に示すようにラック単位で運搬可能になり、剪定枝の収集・運搬作業効率化が期待される。



図-5 剪定枝の収集積込状況

b) 作業負荷の実証

剪定枝処理作業の現行フローである「集束→積込→運搬→荷降→焼却」と実証フロー「集束→積込→運搬→ラックへの枝積→加工」の剪定枝300kg(1ラック積載可能量)あたりの作業量を比較検討した結果を表-1に示す。現行フローの作業時間が140分に対し、実証フローは150分とラックへの枝積時に作業時間が10分(7%)増加したが、ラックの導入により後工程となる剪定枝加工への運搬作業が省力化されるため、事業全体における作業負荷は軽減される。

表-1 作業フローにかかる負荷の比較検証

現行フロー	梨園農家						生産組合
	作業	集束	積込	運搬	荷降	合計	
	作業時間	110分	5分×2回	5分×2回	5分×2回	140分	焼却
実証フロー	梨園農家						加工業者
	作業	集束	積込	運搬	ラックへの枝積	合計	
	作業時間	110分	5分×2回	5分×2回	10分×2回	150分	加工

c) 剪定枝の屋外保管により生じる効果の実証

剪定枝のチップ加工前には剪定枝の乾燥、剪定枝に残留する農薬濃度低下が必要となる。保管管理場所の設備投資軽減のため、屋外保管による乾燥効果及び残留農薬濃度低下効果を実証した。乾燥効果に関しては、図-6に示すように1か月で7%w.b.の減少が

確認された。また、成分分析において残留農薬成分は確認されなかった。屋外保管による乾燥では一般的な木質チップの40%w. b.には達しなかったが、100日以上屋外保管された剪定枝は残留農薬がなく、チップ加工に安全に利用可能であると実証された。



図-6 剪定枝水分率(加熱乾燥式水分計にて計測)

(4) エネルギーシステム実証

剪定枝の効率的なチップ化、乾燥方法、発酵時に発生する高濃度CO₂利用、燃焼による発生エネルギー検証など、収集された剪定枝の有するエネルギーの有効利用に関する実証を行った。

a) 燃料チップ化の実証

集積した梨剪定枝は燃料チップ化を想定し、「A：ギア式チップパー」、「B：ドラム式切削チップパー」、「C：破碎チップパー」の3種のチップパーを用いてチップ粒度を検証した結果を表-2に整理した。どのチップパーも実工程に使用するには製造能力、製造チップ形状において課題が残るため、チップによる事業化を進める場合は更なる既存チップパーの調査もしくは既存チップパーの改造等による開発が必要となる。

表-2 剪定枝チップパーの比較検証

設備	A:ギア式チップパー	B:ドラム式切削チップパー	C:破碎チップパー
	山善 YRM-35B スクリーン不使用	コマツゼノアSR-3000 7cmφメッシュスクリーン使用	諸岡 MC-6000 3cmφメッシュスクリーン使用
写真			
概算コスト	3万円/台	500万円/台	2500万円/台
製造チップ外観			
製造能力	20kg/h	1,200kg/h	30,000kg/h
チップ形状	2~3cmの木質ペレットに近い形状	20cm超の枝から、0.5mm程度の細い繊維まで、長短大小様々なチップが混在	繊維状の綿のような形状
特徴	チップ形状が理想的	製造能力が高く剪定枝束を直に投入可能 チップロス無い	製造能力が高い
課題	製造能力が低い	製造するチップの大きさ・形状にばらつきが大きい	上部ホッパーからチップが飛散しロスが多い

b) 発酵乾燥の実証

屋外保管で得られる乾燥効果は不十分であるため、発酵熱を利用した乾燥工程を実証した。前項「B：ドラム式切削チップパー」にて製造した梨剪定枝チップに、水分添加はせず窒素源となる発酵鶏糞を添加、C/N比40となるように配合を行った「発酵体ユニット(図-7)」を製作し、フレキシブルコンテナに詰め、上下を完全に封止した状態でビニールハウスに保管し、水分率を計測した。計測結果を図-8に示す。保管開始から1か月後の水分率は32.8%w. b.とな

り、9%w. b.が減少した。一般的な木質チップの水分率は40%w. b.であるため、乾燥後の発酵体ユニットはバイオマス燃料として十分に利用可能である。



図-7 発酵体ユニット



図-8 発酵体ユニット水分率

c) 発酵残渣燃焼による熱エネルギー取出し実証

発酵/乾燥を終えた発酵残渣のチップ材を用いてペレットストーブによる燃焼試験を行った。図-9にペレットストーブの外観とフィーダー内のチップの写真を示す。形の大きなチップは燃焼時に空隙ができることから、水分率が比較的高い状態(40%w. b.)においても燃焼を持続可能である。一方、チップが小さくなるに従い、空隙が小さくなる傾向があり、外形が綿状の細かなチップでは水分率20%w. b.であっても燃焼を持続できず、自己消火する現象が見られた。また、チップ形が小さくなるに従い、チップ供給時に繊維が複雑に絡み合うブリッジング現象が発生し、燃料の安定供給が困難であるというチップ品質としての新たな課題が判明した。信頼性の高い安定燃焼のためには、ギア式チップパーで製造できる2~3cmのチップ、もしくはペレット状態にすることが必要であると考えられるが先述の通り、ギア式チップパーではチップ製造能力が低いため、チップ製造能力及びチップの燃料としての品質の両立には加工技術の更なる改善が必要であると判断した。



図-9 ペレットストーブ(左) フィーダー内のチップ(右)

d) 発酵ガス取出し実証

チップ材の発酵乾燥過程においてビニールハウス体積530m³に対し、3m³の発酵体ユニットを設置してチップ材からの発酵ガス(高濃度CO₂)取出しを検証した結果、1日の最低CO₂濃度が大気平均濃度410ppmを上回る日数が22日確認された。最低CO₂濃度は日射が最も強く、育成作物の光合成が活発化した時間帯に記録している。また、発酵体ユニットを設置し高濃度CO₂状態としたビニールハウス(CO₂施用ハウス)と、設置しないビニールハウス(対照区ハウス)に

おけるコマツナ育成のモニタリング比較を行った結果、図-10の各グラフに示すようにCO₂施用ハウスで育成されたコマツナは対照区に比べ、重量で58%UP、草丈で14%UP、葉の糖度が30%UPという結果が得られた。梨農家以外の営農者がこの副次的な農作物の育成促進効果を利用することで、農作物収穫量増加、収益増加が見込まれるため、ビニールハウスにおけるチップ材の発酵乾燥の実施により、梨農家に限らず様々な農家を梨剪定枝の需要家とすることが可能であり、地域の農家全体が参画する事業へ発展することが期待される。

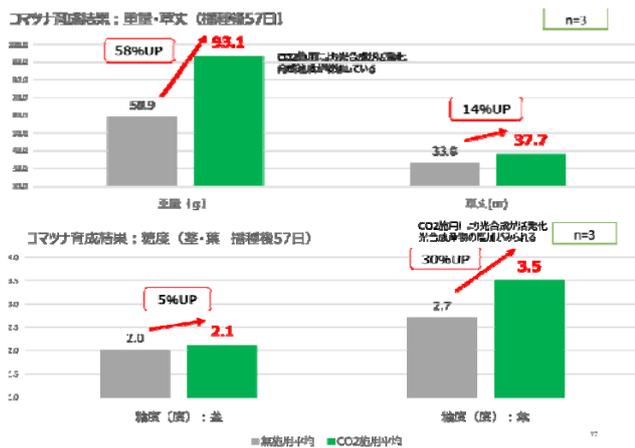


図-10 コマツナ育成状況

3. 今後の課題と展望

本業務における検証結果を整理し、本格的な事業化へ向けた今後の課題及び展望を以下にまとめる。

(1) 事業化への課題

a) 集積場/加工場の課題

今回の実証により、剪定枝の収集過程において、ラックを使用することで従来の収集フローよりも効率化が期待できる。しかしながら、吉作地域で発生している剪定枝1,400t/年を保管乾燥させるため広大なスペースの確保が課題となることが判明した。本年度の実証事業においては梨園からの距離、経路、保管・加工に必要な敷地面積、加工後の燃料運搬を踏まえた一大拠点の有望地選定を実施する。

b) 燃料品質の課題

本実証で判明した、各種チップのチップ製造能力及びチップの燃料としての品質の両立という課題に対して、剪定枝をペレット加工して燃料とする検証を行う。木質ペレットはホワイト(木質部)ペレット、バーク(樹皮)ペレット、全木ペレットに大別され、剪定枝から製造されるペレットは木質部と樹皮を含む全木ペレットとなる。表-3に各ペレットの特徴を整理する。樹皮が含まれるペレットは灰分が多く、燃焼後には大量の灰と灰が溶けて塊となるクリンカを発生させ、ストーブの燃焼に支障をもたらすため、燃料として使用した場合にはストーブの清掃や維持管理に労力を要する。また、ペレット製造にかかるコストは市販のペレット購入価格よりも安価である必要

がある。以上から、本年度では、実機を用いたペレット加工における原料チップ材の水分管理、灰分管理及び製造コストについて検証を行う。

表-3 ペレットの種類²⁾

種類	ホワイトペレット (木質部ペレット)	全木ペレット	バークペレット (樹皮ペレット)
写真			
原料	樹皮を含まない木質部が主体	樹皮付きの丸太が主体	樹皮が主体
価格	高価	中間	安価
燃焼効率	高効率	中間	低効率
灰分、クリンカの発生	少ない	中間	多い

(2) 今後の展望

今後の本格的な事業化に向けて、地域資源サイクルを廻す民間企業と地域が連携を図る事業主体(SPC)設立のために事業性評価を継続中である。本実証で得られた「ロジスティクス」「エネルギーシステム」を応用し、持続可能な燃料供給ビジネスの実現に向けて、バイオマス燃料の低コスト化と品質改善を図り、流通コストの精査を継続的に検証している。同時に、様々な農家が事業参画できるように、発酵乾燥過程で得られる高濃度CO₂を地域農家が農業利用するといった、地域資源が地域内で循環するスキームを検証している。現状の課題を解決し事業性が認められれば、従来廃棄物処分となる街路樹等の剪定枝もバイオマス利活用に転用可能となり「経済」「社会」「環境」の観点での貢献に期待できる。また、全地域の農家に行った今後の実施希望のアンケート調査結果(図-11)では89%が事業の実証実施を望む結果となった。これは本実証事業を通して、バイオマス資源有効利用に対する地域住民の関心が高まった表れであり、富山市SDGs未来都市計画の達成に向けた地域住民の意識の醸成がなされたものと考えられる。



図-11 今後の実施希望に関するアンケート結果

謝辞：本業務の遂行にあたり、富山市環境政策課、梨園農家、富山国際大学現代社会学部及び北酸株式会社のご指導・ご支援を賜り、関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 富山市：富山市SDGs未来都市計画～コンパクトシティ戦略による持続可能な付加価値創造都市の実現～
- 2) 一般社団法人 日本木質ペレット協会ホームページ