

北海道におけるバイオガス化施設の普及要因と 家畜ふん尿由来水素の 地産地消型サプライチェーンの研究

八村 幸一¹・古市 徹²・石井 一英³・藤山 淳史⁴

¹正会員 鹿島建設株式会社 環境本部 グループ長 (〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11)
E-mail:hachi@kajima.com

²正会員 北海道大学客員教授 大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西7丁目)
E-mail:t-furu@eng.hokudai.ac.jp

³正会員 北海道大学准教授 大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西7丁目)
E-mail:k-ishii@eng.hokudai.ac.jp

⁴正会員 北海道大学特任助教 大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西7丁目)
E-mail:fujiyama@eng.hokudai.ac.jp

北海道内においては、家畜ふん尿のバイオガス化施設の普及が進んでいる。技術面、事業採算面での課題を解決する様々な創意工夫があった成果であるが、本研究では、集中型バイオガスプラント、個別型バイオガスプラントの両形態の先進的取り組みについて、調査結果を報告する。一方で、道内の送電線容量は不足しているため、FITが活用できない地域では、バイオガス利用に苦慮しており、バイオガス化施設の導入が停滞する事態となっている。本研究ではこの課題解決のための一つの方策として、バイオガスから水素を製造して利活用することを想定した水素サプライチェーンについて、2つのモデル（地産地消モデルと地域利用型モデル）を設定し研究を行った。その結果、水素需要に課題はあるものの地産地消モデルの方が事業として成立する可能性があることが分かった。

Key Words : biogas, cattle manure, hydrogen chain supply, local production for local consumption

1. はじめに

家畜ふん尿の多くは、生ふん尿に近い状態で農業利用されているのが現状である。このため、地域の悪臭問題や水質汚濁の懸念、農地から発生するメタンなどの温室効果ガスが問題となっている。

家畜ふん尿のバイオガス化施設導入は、こうした問題の解決に加え、地域や事業者にとっても様々な効果がある施設となっている。具体的には、バイオガス発電による収入、畜舎での温水利用、畜舎排水の処理など事業者側のメリットであり、液肥利用による農業振興、停電・災害に強い地域づくり等の地域のメリットである。

このように、普及による効果が大きいバイオガス化施設は、その普及促進が求められているが、課題が多いのも現状である。個別型バイオガスプラント（1つの農家がプラントを設置し、個々の農家で処理を行うもの）では、設置後に思うようにバイオガスを回収できず、閉鎖

する施設が目立っていた。集中型バイオガスプラント（自治体や農業団体等がプラントを設置運営し、複数の農家から家畜ふん尿を収集して1か所で処理を行うもの）では、家畜ふん尿の収集コストの負担、発酵液利用先の確保などが大きな課題となっていた。こうした課題は、先進的なバイオガス化事業における取り組みで、具体的な解決策が提示されることになり、さらに、FIT（電力の固定価格買取制度）が導入されたこともきっかけとなり、売電が可能な地域においては、バイオガス化施設の普及が進むことになった。道内では、2014年度末時点で、5地域がバイオマス産業都市に指定され、12か所以上の施設整備が進められている。

しかし、新たな問題として送電線容量が不足しているため、バイオガス化施設を導入したくても導入できない地域がでてきている。この問題への対策として、バイオガスの直接利用や熱供給利用なども検討されているが、バイオガスの運搬や需要確保に課題があり、解決には至

っていないのが現状である。

現在、日本国内では水素社会の構築に向けた様々な取り組みが行われており、将来は、自動車利用や水素燃料電池によるコジェネなど水素需要が大きく拡大することが想定されるため、水素サプライチェーンが構築されるものと考えられる。そこで本研究では、これらの問題に対する解決策の一つとして、バイオガスから水素を製造して利活用することを想定した水素サプライチェーンについて検討を行う。

自動車に利用する試みや、バイオガスの余剰熱を利用したマンゴー栽培、チョウザメの養殖、サツマイモ貯蔵など、多くの先進的取り組みが行われている。



図-1 収集・運搬車



図-2 消化液散布車

2. バイオガス化施設の普及要因

(1) 新しい集中型家畜ふん尿バイオガス化システム

集中型家畜ふん尿バイオガス化システムの先進事例として、その後には計画された施設のモデルとなっている鹿追町の事例について調査を行った。施設の概要を表-1に示す。

表-1 鹿追町環境保全センターバイオガスプラント概要

処理原料	乳牛ふん尿等 89.8t/日
バイオガス量	3,900m ³ /日
発酵液（液肥）	90.2t/日
発電	5,000kW/日（発電機250kW）
熱利用	原料槽、発酵槽、殺菌槽 温室、チョウザメ養殖等

これまで課題となっていた家畜ふん尿の収集については、家畜ふん尿を運ぶための臭気が漏れない構造の専用コンテナを使用し、これを運搬するための専用のアームローラー車を開発して家畜ふん尿の収集・運搬を行っている（図-1）。

鹿追町（北海道）は、バイオガス化施設を鹿追町が保有し、施設の運転管理、家畜ふん尿の収集・運搬、消化液散布まで、一括して鹿追町バイオガスプラント利用組合が行っており、管理運営の合理化が進められてきた。

表-2に管理運営の事業収支（平成25年度）を示す。事業としては、年間約60万円の支出に対し、年間約90万円の収入が得られており、施設更新の資金として積み立てられている。なお、消化液の散布の一部については、鹿追町が保有する専用車（図-2）で行っている。消化液の散布作業は、GPSを用いた自動運転化を進めており、広大な農地を対象に消化液が均等に散布できるよう工夫されている。液肥を利用することによる化学肥料使用量の削減効果は、地元農家によって評価されており、牧草やデントコーンなどの飼料用作物だけでなく、耕種作物（ピート、豆類、小麦、野菜など）にも消化液の多くが利用されている。

また、鹿追町では、バイオガスを精製し、バイオガス

表-2 管理運営の事業収支（平成25年度）

(収入)	利用料金等	25,774,000円
	消化液散布	17,259,000円
	売電料金	47,730,000円
	計	90,763,000円
(支出)	センター維持費	59,269,000円

表-3 消化液の散布状況

年度	飼料作物		耕種作物		合計	
	面積 (ha)	散布量 (t)	面積 (ha)	散布量 (t)	面積 (ha)	散布量 (t)
H24	489.5	13,987	358.2	14,242	847.7	28,229
H25	497.0	14,640	375.7	15,674	872.7	30,314
H26	608.4	18,221	405.7	17,044	1,014.1	35,265

(2) 新しい個別型家畜ふん尿バイオガス化システム

個別型家畜ふん尿バイオガス化施設の主な課題としては、比較的規模が小さいことから、冬季にメタン発酵槽の温度が不安定になりやすいことや継続的な点検補修、専門維持管理ができていないことによるメタン発酵機能の低下などがある。

士幌町（北海道）では、低コストで維持管理が容易なシンプル構造の個別型小規模バイオガス化施設のモデル検討に取り組みされてきた。その結果、小規模型バイオガス化施設の技術面、事業採算面での課題を解決し、普及型モデルの構築が進められている。

課題の一つである温度が不安定になりやすいことについては、メタン発酵槽の高断熱構造によって温度低下を防止する工夫が行われ、30日以上十分な滞留時間を取ってバイオガスの回収量を確保し、加温に必要な燃料が不足しないようにすることで解決された。また、維持管理については、集中監視システムを導入し、異常が検知された際には専門管理を行う体制を取ることでメタン発酵の機能低下が防げるようになった。

建設コストの削減については、メタン発酵槽建設時の足場一体型の型枠採用による工期短縮やガスホルダとメタン発酵槽の一体化などの工夫が行われ、維持管理コストの削減については、メタン発酵槽攪拌機の間欠運転、

JA士幌町による個別型バイオガスプラント導入イメージ

【個別型バイオガスプラント普及の課題】

1. 高額な建設費 → 資金対策・補助事業利用
2. 安定運転・維持管理費 → 低コストでシンプルなシステムの選定
3. 導入による価値(収入)の向上 → FITの活用・手続き

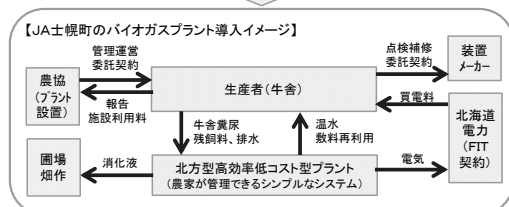


図-3 JA士幌町による個別型バイオガスプラント導入の例

処理が安定するよう工夫された生物脱硫の導入、バイオガスの地熱利用冷却などの工夫が行われている。

事業性の改善として、発電効率が約40%、エネルギー回収率が85%になる高効率なコジェネレーションユニットの導入により、発電した電気の売電収入の増大や、回収した熱を牛舎の搾乳機械、配管の洗浄温水に利用することで畜産農家の経費削減を実現している。

さらに、パーラー排水や初乳などの牛舎からの雑排水や残飼料の処理をメタン発酵施設で行うことによる経費削減に加え、家畜ふん尿と共に回収された敷料の木チップを消化液から回収して再利用するシステムを導入することで、敷料の購入費を大幅に削減することに成功している。再利用の敷料は、発酵処理による殺菌効果で乳房炎などの牛の病気を抑える効果があると評価されており、生乳の売り上げ向上につながるという効果もでている。

低コスト化され、導入価値が上がったとは言え、個別農家にとってバイオガス化施設の導入は高額な初期投資が必要であり、補助金、FIT申請などの難解な申請業務が大きな負担となる。士幌町では、その解決策として、JA士幌町がバイオガスプラントを設置、保有し、個別農家に委託するという方法がとられている。その導入イメージを図-3に示す。

鹿追町、士幌町の取組みは、先進的なモデル事業として他の自治体の手本となっており、同様の技術、手法を用いて、新たなバイオガス化施設の導入が促進されている。

3. 家畜ふん尿由来の水素サプライチェーン

(1) 水素サプライチェーンモデル検討

農業地域においては、電線網が脆弱となっている地域が多く、メタン発酵の新たな普及が制限されているのが現状である。一方で、北海道の農業地域では、自動車、

農業用機械(トラクター、フォークリフト)の使用があることに加え、寒冷地であることから暖房などの熱利用が多いという現状もある。

このような背景を踏まえ、家畜ふん尿由来のバイオガスから水素を製造し、その水素を利用するというモデルが有効であると考え、下記2つのモデルを設定し、事業の可能性について検討をおこなった。なお、北海道には、低炭素で水素製造を行うための再生可能エネルギーのポテンシャルが非常に大きいことから、風力発電などを利用して大量に製造された水素と共に、本州に供給するモデルも考えられるが、本研究では、家畜ふん尿由来の水素に限定して検討を行う。

- ・ 地産地消型モデル：地域内で水素製造、利用を行う。

(図-4)

- ・ 地域利用型モデル：製造した水素を地域内だけでなく、都市部に供給する。(図-5)

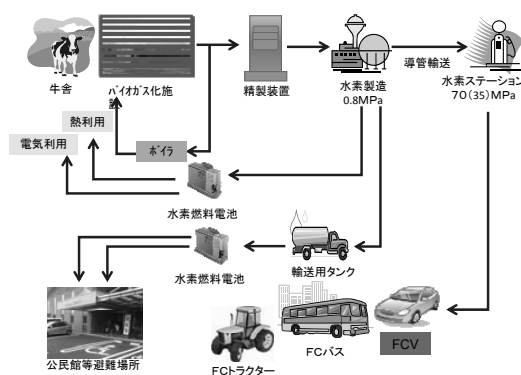


図-4 地産地消型モデル

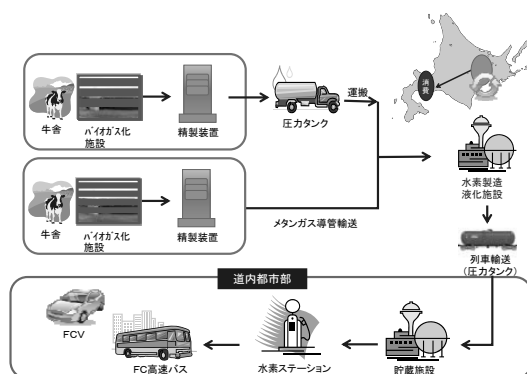


図-5 地域利用型モデル

地産地消型モデルについては、水素ステーションをバイオガス化施設に隣接して建設し、既に地域に根付いているプロパンガスの運搬・利用モデルを活用して水素を運搬、供給することで小規模ながら事業として成立する可能性があると考えられる。建設コストについては高く

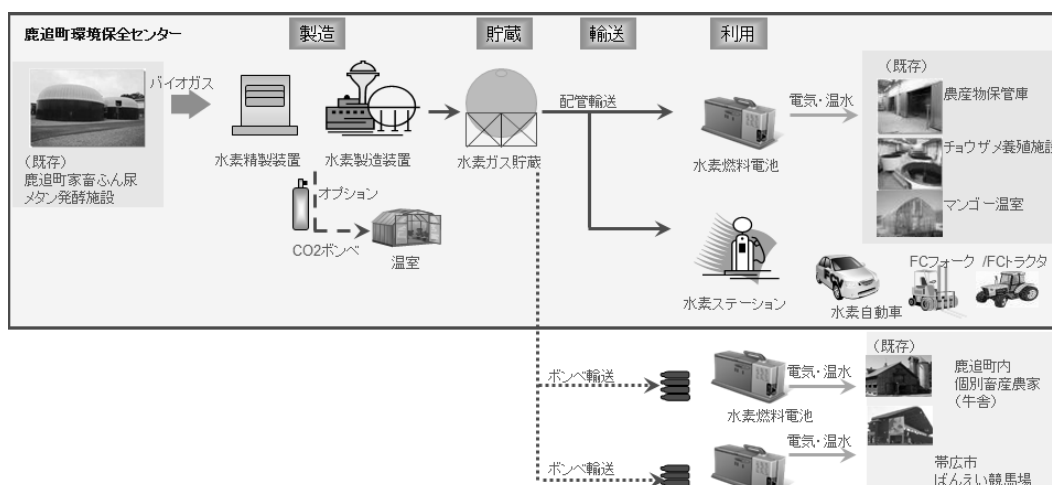


図-6 実証事業フロー（提案段階）

なる傾向にあるが、運転管理費が比較的安価になると考えられることから、このモデルの成立要件は水素需要が確保できるかどうかが条件になる。そのため、このモデルの課題は、農業地域特有の水素需要創出であり、その検討を行っていくことが必要である。

地域利用型モデルについては、大規模に水素を製造し、製造した水素を需要がある都市部に輸送して利用するモデルであり、建設コストにはスケールメリットが働くものの、水素の原料となるメタンガスや製造水素の運搬コストが大きな負担となり、事業規模を相当に大きくしなければ事業としての成立は難しいと考えられる。

このような検討結果を踏まえ、農業地域における地産地消型モデルの水素サプライチェーンについて、自治体、大学、民間企業が連携して実証モデルのさらなる検討⁹⁾を行った。この実証モデルは、環境省「平成27年度地域連携・低炭素水素技術実証事業」に「家畜ふん尿由来水素を活用した水素サプライチェーン実証事業」として応募し、採択された。

(2) 家畜ふん尿由来水素サプライチェーン実証事業

実証事業の提案段階の概要を表-4に、実証事業フローを図-6に示す。この提案は、鹿追町の環境保全センターに実証施設を設置し、実証試験が行われる予定であるが、その内容については、今後の検討、協議により変更されることがある。

環境省の事業の目的は、地域の再生可能エネルギーや未利用エネルギーを活用して水素を製造、貯蔵、輸送、供給し、燃料電池自動車や燃料電池等へ利用するまでの一貫した水素サプライチェーンの実証を行うことである。

本採択事業では、鹿追町の環境保全センター内で稼働している家畜ふん尿のバイオガス化施設で回収されたバイオガスを原料に、水素製造を行う。具体的には、バイオガスから膜分離によりメタンを濃縮し、このメタンを水蒸気改質反応によって水素を製造する。

水素ステーションは同敷地内に設置し、水素を供給する。水素の利用は、FCVに加え、農業等で利用するFCフォークリフト、FCトラクタ等を想定している。水素は、敷地内外に設置する水素燃料電池にも供給、利用する。水素ガスボンベ（カードル）による宅送で水素を供給する。

実証事業を通じて、農業地域、寒冷地特有の課題に対応した水素サプライチェーンの実証を行い、さらなる省エネ化、低コスト化に向けた課題を抽出し、水素サプライチェーンの実現に向けた課題の解決を図る。本実証事業で期待される効果を表-5に示す。

実証するサプライチェーンは、原料となる家畜ふん尿を確保できる地域に展開が可能であると考えられる。しかしながら事業として成立するためには、比較的規模が大きい畜産農家が集約され、2,000頭以上の乳牛からふ

表-4 実証事業の概要（提案段階）

環境省事業名	平成27年度地域連携・低炭素水素技術実証事業（低炭素な水素サプライチェーン実証事業）
採択事業名	家畜ふん尿由来水素を活用した水素サプライチェーン実証事業
事業実施者	エア・ウォーター株式会社（代表企業） 鹿島建設株式会社 日鉄住金パイプライン&エンジニアリング株式会社 エアープロダクツジャパン株式会社
実施場所	北海道 鹿追町、帯広市
実施期間	平成27年度～平成31年度

表-5 実証事業の効果

バイオガス化施設の普及	・バイオガスに水素化という新たな活用先が増えることで、家畜ふん尿のバイオガス化施設の普及が促進される。
水素社会の促進	・地域バイオマスを原料とする自前の水素生産により、水素ステーションの設置が北海道全域に広がる。 ・水素をLPガスとのボンベ宅送にて供給するシステムが確立することで、各種施設への燃料電池設置が加速する。
低炭素化	・水素利用をFCフォークリフト、FCトラック、FCトラクタへと拡大することで、化石燃料利用が大幅に削減され、低炭素地域構造が拡充される。
地域経済活性化	・農業用車両を化石燃料ではなく水素で動かすことができれば、ゼロカーボン農産品としての出荷も可能となり、地域農業の差別化に貢献できる。 ・副産物である液肥やCO₂は、地域農業に還元され、また、水素関連機器の製造整備産業が興るなど、地域産業の構造強化に寄与する。
地域の強靱化	・自立・分散型エネルギーシステムとしてのFCVや水素燃料電池は、災害時、停電時、特に畜産業の非常用コジェネシステムとして、地域の強靱化に貢献する。

ん尿を収集できる地域である必要があると考えられる。乳牛数、畜産農家数などの情報²⁾をもとに、展開が可能な地域を検討したところ、十勝地域で5か所程度、北海道内で15か所程度、日本全国では、30～50か所程度の適地があることがわかった。

4. おわりに

現在、水素社会は都市部を中心に考えられているが、農業地域における地産地消型の水素サプライチェーンを実現することは、将来の水素社会の構築にとって大変重要な取り組みである。この取り組みにより、既に様々な価値を有しているバイオガス化施設の普及を促進するとともに、地産地消型の水素サプライチェーンと合わせて、地域社会の活性化、特に農業の競争力強化や分散型エネルギーによるの強靱化を図ることができると期待される。

このためには、農業で非常に多くの台数が使用されているトラクタへの水素利用、畜舎における業務用水素燃料電池の利用など技術革新を行っていくことが必要である。

農業地域における地産地消型水素サプライチェーン実現のためには、こうした技術開発を含め、導入可能性のある地域の選定と可能性の検討など、産官学が連携して地域のビジョンやロードマップを作成し、その推進を図っていくことが必要である。

謝辞：本研究は北海道大学大学院の寄附講座エコセーフエナジー分野の調査研究活動の一環で実施した成果の一部である。ご協力頂いた関係各位に記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 古市徹，石井一英他：エコセーフなバイオエネルギー，オーム社，2015。
- 2) 酪農全国基礎調査結果報告書，中央酪農会議，2011。

(2015.7.16 受付)

STUDY ON FACTORS BEHIND EXPANSION OF BIOGASIFICATION FACILITIES AND HYDROGEN SUPPLY CHAIN FROM CATTLE MANURE IN HOKKAIDO

Koichi HACHIMURA, Toru FURUICHI, Kazuei ISHII and Atsushi FUJIYMA

In Hokkaido, construction of biogasification facilities for cattle manure has been promoted. This study introduced advanced measures to solve technical and financial problems for both centralized- and individual-type biogasification facilities. Especially, in areas where feed-in-tariff (FIT) cannot be applied because of weakness in power grid, construction of biogasification facilities might be stopped. As one of the solutions, this study investigated two hydrogen supply chain systems (local consumption type and long distance transportation type), where hydrogen is produced from biogas. We found that local consumption-type model can be more feasible, although hydrogen demand should be expanded in a local area.