

北海道における再エネ活用と 持続可能な地域に向けた取組み



一般財団法人 **北海道開発協会**
Hokkaido Development Association

発行にあたって

2050年の脱炭素社会に向けた取組みが全国で進められていますが、国土面積の22%を占める北海道には、太陽光、風力、中小水力、地熱、バイオマスなどの地域資源が豊富に賦存し、再生可能エネルギー導入のポテンシャルは国内随一です。

特に洋上風力発電では、2040年の導入目標の3分の1を本道が担う見通しです。また、マイクログリッド構築や寒冷地仕様の熱電供給システム導入など、一次産業の安定化や地域課題の解決に結びつく技術活用も期待されます。

一方で、人口減少と過疎化が進む地方においては、地域で生産するエネルギーをどのように地域の活力に繋げていくか、その全体像が十分に描かれているとは言い切れない状況があります。単なる域外資本による事業経営だけでなく、地域が主体になってエネルギー生産の自立を図り、地域内経済循環を進めるなどの取り組みによって、どのように「持続可能なまちづくり」につなげていくかが、今まさに問われています。

当協会では、こうした状況を踏まえ、再生可能エネルギーについて、地域の資本を最大限に活用した事例や最新の研究等を取りまとめたものです。本書が、再生可能エネルギーを核とした地域活性化の一助となり、北海道の豊かな未来を切り拓く指針となれば幸いです。

令和8年2月

一般財団法人 北海道開発協会
開発調査総合研究所長 目黒 聖直



発行にあたって

1. 地域社会を発展させる再生可能エネルギー事業の成立要件	2
北海学園大学 経済学部 教授 上園 昌武	
2. 再生可能エネルギーの活用による道内産業の成長予測	8
北見工業大学工学部 教授 小原 伸哉	
3. 畜産バイオマスと地域の利益	
ー地域課題をプラスの価値に変えるー	12
北星学園大学経済学部 専任講師 藤井 康平 北星学園大学文学部 准教授 寺林 暁良	
4. 持続可能な農村づくり	
ー余市エコビレッジのエネルギー自給の取り組みー	18
NPO法人北海道エコビレッジ推進プロジェクト 理事長 坂本 純科 北海道大学大学院工学研究院 特任助教 山形 定	
5. バイオガスプラントと循環のまちづくり	24
フロー株式会社 専務取締役 酒井 恭輔 フロー株式会社 代表取締役 須藤 貴宣	

1 地域社会を発展させる 再生可能エネルギー事業の成立要件

上園 昌武（うえぞの まさたけ） 北海学園大学経済学部 教授

profile

札幌市出身。大阪市立大学商学部卒業、同大学院経営学研究科後期博士課程単位取得退学。島根大学教授等を経て2020年4月より現職（資源・エネルギー経済論）。主著に『エネルギー自立と持続可能な地域づくり—環境先進国オーストリアに学ぶ』（共編著、2021年、昭和堂）他。

はじめに

脱炭素社会を実現するためには、再生可能エネルギー（再エネ）の大幅な普及促進が不可欠である。北海道は、「北海道省エネルギー・新エネルギー促進行動計画（第3期）」において、2030年の再エネの導入目標を発電電力量205億kWh、熱利用量20,960TJに設定している。2023（令和5）年度の再エネによる発電電力量は126億kWhであり（廃棄物発電を含む）、総発電電力量の33.9%を占めている（北海道、2025）。

しかし近年、道内外で地域紛争が多発し、その推進をめぐる賛否が分かれている。本巢・丸山（2024）は、「人々の価値観や立場は多様であるがゆえに、すべての人を満足させるような〈よい再エネ〉というのは、現実には存在しないかもしれない」（同、p.212）と述べている。同書では、〈よい再エネ〉とは、「トレードオフが少なく相乗効果の多い」（同、p.XV）取り組みと定義され、「重要なのは、再エネに対して反対や抵抗が存在しないことではなく、多様な形で積極的な支持が得られる状態を作り出すことにある」（同、p.XV）と指摘されている。こうした点を踏まえた上で、世界風力エネルギー協会の「コミュニティパワーの3原則」が示すように（WWEA、2011）、①地域所有、②コミュニティによる意思決定、③便益の地域分配を事業の条件とすることで、より望ましい〈よい再エネ〉をつくることが求められる。

本稿の研究課題は、地域社会を発展させる再エネ事業を成立させる条件を提示することである。まず地域紛争を引き起こしている再エネ事業に対して、自治体条例などの現状と課題を明らかにする。そして、地域主導の再エネ事業を普及促進していくためには、どのように取り組めるのかを検討していく。

1. 再エネ関連の自治体条例の動向

自治体は、再エネをめぐる促進と規制という相

反する対応を行ってきた。2005（平成17）年の京都市議定書の発効、2012（平成24）年の固定価格買取制度（FIT）施行、2020（令和2）年の政府のゼロカーボン宣言などを受けて、全国で再エネの普及促進を目的とした条例が制定された。

一方で、再エネ事業の急激な増加は、地域の環境や景観などをめぐって紛争を各地で発生させた。地域紛争を引き起こしている再エネ事業の多くは、メガソーラーや大型風力発電などの域外資本による外来型開発である。さらに、道内には出力20kW未満の小型風力発電が海岸の道路沿いに乱立され、渡島や檜山地域では、小規模であっても外来型開発の再エネ事業が地域とトラブルを引き起こしている。小型風力発電は環境アセスメントの対象外であり、自治体と事業者との直接のコミュニケーションが困難であった（寺林・藤井、2024）。

地域紛争の顕在化に伴い、自治体は再エネ設備の設置を抑制・排除する条例制定で対抗するようになる。2025（令和7）年12月末までに336の「規制条例」（都道府県9条例を含む）が制定された（地方自治研究機構、2025a）。そのうち道内の「規制条例」は、「稚内市小型風力発電設備等の設置及び運用の基準に関する条例」（2017年）など32条例が制定されている。

再エネ事業が迷惑施設になることを防止するためには、自治体によるガイドラインの制定とゾーニング（保護地域や共生地域などの土地利用区分）の設定が必要となる。現状でも、多くの法律や条例、ガイドラインがすでに制定されているが、規制内容がバラバラで不十分とされ、規制対象外の土地の問題などが指摘されている（日本弁護士会、2024）。2021（令和3）年に「地球温暖化対策推進法」の改正で都道府県に対して地域脱炭素化促進事業の促進区域の設定に関する環境配慮基準の策定が求められているが、「促進区域内事業の適用除外」要件が曖昧だからでもある。その結果、いわばグレーゾーン

の扱いを市町村に委ねており、住民や環境保護派と再エネ事業者側との対立を生んでいる。

2. 地域紛争を回避する再エネ条例

2.1 道内の規制条例

注目を集めている釧路湿原のメガソーラー問題は、大規模再エネ開発のあり方に警鐘を鳴らしている。オジロワシやタンチョウなどの希少生物の生態系を脅かすことが懸念され、環境対策が自然環境を破壊する矛盾が「反再エネ」の支持を広げている。

釧路湿原周辺の自治体に設置されたメガソーラーは、2025年3月末時点で、釧路市636件、釧路町141件、標茶町119件、鶴居村36件、計936件である（環境省、2025）。ほとんどの事業は法令などを遵守しているとはいえ、地域との対話が不十分で、地域への経済的な還元がなければ、反発を招くことは想像に難くはない。

釧路市は、メガソーラー問題に対して、「釧路市自然と共生する太陽光発電施設の設置に関するガイドライン」（2023年）を策定し、「ノーモアメガソーラー宣言」（2025年）を発出した。そして、「釧路市自然と太陽光発電施設の調和に関する条例」が2026年1月から適用された。条例のポイントは、①10kW以上の事業用太陽光発電施設の計画は、市長の許可が必要となり、②希少な野生生物の生息可能性が高い地域での事業計画は、市選定の専門家の意見に基づく生息調査や保全対策を事業者に求めることができ、③命令に従わない場合、市は事業者名を

公表する。この条例は、適用後の抑止効果が期待されるが、事業者に対して工事中止を求められないし、既存事業者へ遡及できないという限界がある。

規制条例以外の対抗措置として、例えば、当該の事業者による再エネ電力を購入しないという消費者行動や、事業へ融資した金融機関の社会的責任を問うことも有効であろう。

2.2 再エネ法定外普通税条例

自治体による別の措置として、再エネ設備に対して法定外普通税を課す条例の制定がある。これまでに岡山県美作市、宮城県、青森県の3条例が確認できる（表1）。税負担による行動変容を求めるだけでなく、事業者が住民や自治体との合意形成をはかり、地域共生型へと誘導できるのかが注目される。

①宮城県条例

宮城県条例の税率は、再エネ事業者の営業利益の2割相当で設定されている。出力1万kWの発電設備を設置すると、課税額は太陽光発電の場合で年に620万円、風力発電の場合で年2,470万円となる。県が作成したモデルにおける試算によると、太陽光・風力・バイオマス発電事業は「課税された場合でも損益は黒字であり、再エネ発電事業が必ずしも成り立たなくなるわけではない」と説明されている（総務省、2024）。宮城県が条例を制定した目的は、新たな税収を求めているのではなく、再エネの地域との共生を促進することとされている。

表1 再エネ法定外税条例

自治体	岡山県美作市	宮城県	青森県
公布日	2021年12月21日	2023年7月11日	2025年3月28日
施行	未定（総務大臣未同意）	2024年4月1日	2025年10月7日
条例名	美作市事業用発電パネル税条例	再生可能エネルギー地域共生促進税条例	青森県再生可能エネルギー共生税条例
納税義務者	発電事業者	再エネ発電設備の所有者	再エネ発電施設の所有者
課税対象	太陽光発電事業	0.5ha超の森林を開発して設置した太陽光・風力・バイオマス発電設備	出力2,000kW以上の太陽光発電、500kW以上の陸上風力発電事業
税率	太陽光発電設備：パネルm ² あたり50円	①太陽光発電設備：620円/kW ②風力発電設備：2,470円/kW ③バイオマス発電設備：1,050円/kW	①太陽光発電施設：調整地域110円/kW、保全地域・保護地域410円/kW ②風力発電施設：調整地域300円/kW、保全地域・保護地域1,990円/kW
課税期間	5年（延長の可能性有）	設備が設置されている期間	施行後5年を目途に必要に応じて検討
非課税対象	建築物に設置する設備、発電認定容量が10kW未満など	公共所用設備、市町村長が認め知事認定の事業計画など	公共所有施設、共生区域に設置する再エネ発電施設

（出典）地方自治研究機構（2025b）を参考に筆者作成。

白石越河風力発電事業（合計出力3万3,600kW）は、地元自治体が承認し、知事が地域共生事業と認定し、非課税設備となった。事業主の合同会社白石越河風力（出資者・東北電力）は、立地の宮城県白石市などへ地域貢献策として年1,500万円の支援金を運転開始後20年間拠出することになっている（累計3億円）。また、白石市などにとっても、支援金を活用した地域づくりに取り組むことができ、地域と事業者の双方でメリットを享受できる。ただし、懸案とされた希少種の生態系保全破壊や住民への生活環境の侵害などの問題が発生しないのか、実質的な地域貢献につながっているのかなどの点で、非課税認定の適切性について事業実施後に慎重な検証が求められる。

②青森県条例

青森県では、「自然環境と再生可能エネルギーとの共生構想」を実現するために、「青森県自然・地域と再生可能エネルギーとの共生に関する条例」（共生条例、環境政策課所管）と「青森県再生可能エネルギー共生税条例」（共生税条例、税務課所管）の2つの条例が施行されている。

共生条例で地域にとって望ましい再エネの導入を促し、共生税条例で「再生可能エネルギー共生税」を課すことによって地域共生の実効性を補完する。具体的には、共生税は特に「保全地域」においては事業の採算性が合わない高い税率に設定されているため、再エネ事業の区分を「調整地域」や「保全地域」（いずれも課税対象）から「共生区域」（非課税対象）へ誘導することで、望ましい事業を増やしていく。県担当者へのヒアリングによると、税収を目的としていないので、「共生区域」の指定を受けることを念頭とした自然・地域との共生が図られた事業計画に誘導していくという。認定要件として、事業者には、立地自治体や住民に対して事業説明や意見交換会を実施し、地域と合意形成することなどが義務づけられている。現在、2つの風力発電事業で手続きが進められている。

3. 道内再エネ事業の売上額の推計結果

道内でFITに認定された事業の設備容量は2025年11月30日現在（事業計画認定情報公表用ウェブサイト）、風力発電252万kW、太陽光発電216万kW、バイオマス発電（廃棄物発電と火力混焼発電を含む）74万kW、地熱発電0.9万kW、水力発電（既設導水管リプレースを含む）31万kWである¹⁾。

ここでは、発電量が多い風力と太陽光発電に絞ってFIT買取額（売上高）を推計する。道内の発電設備容量は、上記の事業計画認定情報に掲載された情報より取得した。買取額単価は、発電設備の稼働年度の金額とする。設備利用率は、太陽光発電15.5%、陸上風力発電28%、洋上風力発電30%と設定した²⁾。なお、全ての発電設備の稼働状況を確認できないため、認定を受けても稼働していない事業や休止されてる事業が含まれている。各発電設備の買取額は、山下（2024）を参考にして次の式で算出する。

各発電設備の買取額(円)

$$= \text{発電設備容量(kW)} \times \text{年時間数(8,760h)} \times \text{設備利用率(\%)} \times \text{買取額単価(円/kWh)}$$

買取額の推計結果を見ると、1位が稚内市231億円、2位が石狩市148億円、3位が豊富町138億円、4位が苫小牧市102億円、5位がせたな町83億円である（表2）。FIT認定の風力と太陽光発電は道内179市町村のうち162市町村に立地し、買取額合計が2,185億円である。これにバイオマスや水力、地熱発電を加えると、合計3,000億円を超える。

稚内市の最大の産業である食料品製造業の売上高は233億円であり（経済産業省、2024、p.13）、再エネ事業はこれに匹敵するほど大きい。立地自治体には固定資産税（税率1.4%）が入る。だが、他の自治体でも共通しているのは、事業者の所在地が立地自治体であっても、事業主体の実態は東京本社の大企業である場合がほとんどである。そうすると、自社内ではほぼ全ての業務が遂行されるため、現地には専門性やノウハウ、人材が残らず、関連産業が地場企業へ派生されないため、地域経済循環が乏しい。この

1) なお、2022年度にFITの制度が変更され、1,000kW以上の太陽光発電はFIT対象から外れ、入札によるFIP（フィードインプレミアム）が適用された。その結果、新規事業は、非FITとなる発電事業者と需要家が直接相対取引を行うPPAが大半を占めるようになり、FITに基づく個別設備の情報を取得することが困難になっている。

2) 陸上風力発電の設備利用率は、経済産業省（2025、p.6）の2024年度の28%で設定した。洋上風力発電は、発電コスト検証ワーキンググループ（2025、p.28）のモデルプラント想定値（2023年・2040年の基本ケース）の30%で設定した。太陽光発電は、冬期の積雪や地理条件を考慮して、北海道（2025）の2023年度の設備容量と発電電力量から計算した15.5%で設定した。

ように大型再エネ事業は、コンビナート開発や原発・火力発電と同様に外来型開発の特徴を示している。

4. 地域主導の再エネ事業の効果と意義

4.1 地域主導の再エネ事業の障壁

FITの実施を契機にして、全国で地域新電力や営農型太陽光発電など地域主導の再エネ事業が増えてきた。しかしながら、FITの買取価格の引き下げ、FITからFIPへの移行、再エネの電力系統への接続拒否などによって、再エネ事業の経営リスクが高まっている。今後の再エネ事業は、顧客に選ばれコミュニティと共存していく地域密着型へと転換していく必要がある。

しかし、日本では、大手電力会社が電力事業を地域独占し、自治体や地域主体が参入することが困難であった。2020年に送配電部門を別会社とする「法的分離」が実施されたが、資本関係を認めない「所有権分離」ではない。そのため、日本の送配電部門は中立性が弱く、原発や火力発電の既得権益が保障され、再エネ事業の新規参入で障壁が残されたままである。

こうした電力政策の構造的な問題を抱えながら、地域主導の再エネ事業をどのように展開していけばよいのか。ここでは、長野県飯田市の「地域環境権」条例と宮城県東松島市の（一社）東松島みらいとし機構（以下、「HOPE」）の事例を紹介していく。

表2 道内市町村別のFIT再エネ事業の年間買取額の推計結果（2025年11月現在）

順位	市町村名	買取額（百万円）			割合（％）		主な事業者（関連事業者）
		太陽光	風力	計	太陽光	風力	
1	稚内市	340	22,832	23,172	1.5	98.5	道北風力（ユーラスエナジー）
2	石狩市	1,122	13,706	14,828	7.6	92.4	グリーンパワー石狩
3	豊富町	17	13,795	13,812	0.1	99.9	道北風力（ユーラスエナジー）
4	苫小牧市	10,202	7	10,209	99.9	0.1	MIRARTHエナジーソリューションズ
5	せたな町	75	8,260	8,335	0.9	99.1	ジェイウインドせたな
6	安平町	7,916	0	7,916	100.0	0.0	トラスティーズ
7	上ノ国町	29	5,700	5,729	0.5	99.5	ジェイウインド上ノ国
8	釧路町	5,721	3	5,724	99.9	0.1	釧路メガソーラー（SGET）
9	釧路市	5,452	11	5,463	99.8	0.2	上見ビーソー
10	増毛町	4	4,932	4,935	0.1	99.9	増毛風力発電（稚内グリーンファクトリー）
11	松前町	85	4,526	4,611	1.8	98.2	東急不動産
12	江差町	161	4,324	4,484	3.6	96.4	江差ウインドパワー
13	幌延町	5	4,336	4,341	0.1	99.9	道北風力（ユーラスエナジー）
14	八雲町	3,917	17	3,934	99.6	0.4	エゾマツエナジー
15	島牧村	1	3,915	3,917	0.0	100.0	コスモエコパワー
16	伊達市	782	3,077	3,859	20.3	79.7	ユーラス伊達黄金風力
17	えりも町	44	3,648	3,692	1.2	98.8	JR東日本エネルギー開発
18	苫前町	4	3,401	3,405	0.1	99.9	ユーラスエナジー苫前
19	千歳市	3,296	0	3,296	100.0	0.0	SKYソリューション（韓国電力公社）
20	白老町	2,959	2	2,961	99.9	0.1	カネジョウ
21	黒松内町	4	2,731	2,735	0.2	99.8	日本風力エナジー（ヴィーナ・エナジー）
22	根室市	1,153	1,574	2,727	42.3	57.7	CEF
23	小樽市	315	2,192	2,507	12.6	87.4	銭函ウインドファーム
24	白糠町	2,310	13	2,323	99.4	0.6	島の人（ユーラスエナジー）
25	網走市	708	1,476	2,184	32.4	67.6	ユーラス常呂能取風力
26	森町	433	1,588	2,022	21.4	78.6	森風力開発（日本風力開発）
27	中標津町	1,984	0	1,984	100.0	0.0	RBソーラーミスト
28	むかわ町	1,975	1	1,976	99.9	0.1	高田農園
29	留寿都村	0	1,939	1,939	0.0	100.0	留寿都ウインド（インペナジー・ウインド）
30	紋別市	1,889	0	1,889	100.0	0.0	小野水産
上位30市町村計		53,138	108,294	161,432	32.9	67.1	
162市町村計		96,488	121,997	218,484	44.2	55.8	

（注）主な事業者は自治体内で最大の設備容量で選定している。複数の発電所を持つ場合は合算して最大になった事業者を記載している。また、個人名の事業者の場合は次の順位で記載している。なお、推計には、認定後に未稼働と休止の事業を含めている。（出典）事業計画認定情報公表用ウェブサイト「北海道」（2025年11月30日時点）のデータを元に推計している。

4.2 飯田市「地域環境権」条例

2013（平成25）年に「飯田市再生可能エネルギーの導入による持続可能な地域づくりに関する条例」が公布された。条例では「地域環境権」（第3条）が市民に賦与され、公民協働事業（27件認定）の売電収益が住民自治の取り組みに活用されている（飯田市、2025）。住民が主体的に事業に関わることで、地域の課題解決につながり、また参加事業者にとっても公益的活動による企業価値の向上につながるメリットが生まれる。

また、(株)おひさま進歩エネルギーは、条例制定前から地域に根ざした再エネ事業を展開している（菅沼、2024）。2004～2023年の間に、長野県南部を中心に合計404ヶ所（設備容量1.1万kW）を設置し（屋根貸し、ソーラーシェアリング、オフサイトPPAなど）、地域主導の再エネ事業のモデルとなっている。

自治体が出資や協定で関与・連携している地域新電力は、全国で103件設立されている（ローカルグッド、2024）。2022（令和4）年度の地域新電力の販売電力量は76.8億kWhで全電気事業者の中で約1%のシェアを持つ。地域新電力を拡げていくためには地域貢献を行うことが求められている。

4.3 東松島みらいとし機構の電力事業

HOPEは、2012年に東日本大震災後の復興まちづくりと持続可能な「環境未来都市」構想の推進を目的に、市と社会福祉協議会、商工会議所が連携して設立された。2016（平成28）年に、環境保全と防災のモデル事業として「東松島市スマート防災エコタウン」が建設されたことに伴い、電力事業が開始された。災害公営住宅には、太陽光発電460kWと大型蓄電池480kWhが設置され、自営線PPSにより電力供給されている。HOPEは、エコタウンの電力事業の保守管理とエネルギーマネジメント業務を担っている。そして、地域の再エネ電力を調達して、公共施設や農協、漁協、事業所、個人に小売りしている。電力管理業務には、高度な専門性が必要となるが、(一社)ローカルグッド創成支援機構が提供する研修プログラムによりノウハウの獲得や、専用ソフトウェアの利用で遂行されている。これらの専門性や知見は外部の力を借りることで、地域主導の再エネ事業が運営されている。

電力事業の2019（令和元）年度の営業損益をみると、収益が5億2,400万円（その内、電気料金収入が4億9,900万円）、費用が4億5,900万円、利

益が6,500万円である（東北活性化研究センター、2021）。この他に、市営住宅の管理業務、ふるさと納税の運営などを行っている。これらの事業利益の1%（2025年度は約100万円）をもとに、小学生向けの生き物調査事業やブルーランドプロジェクト（藻場の再生）などの地域還元事業が行われている。

HOPEは、市とは資金や運営も独立しつつ、営利目的の企業でもない。中間支援組織として、エネルギー事業を手段にして災害復興のまちづくりを目的に活動し、地域共生している先進例と評価できる。

4.4 道内の地域主導型再エネ事業

道内には、上士幌町資源循環センター（バイオマス発電・熱供給）などの市町村主体、士幌町農協（太陽光発電）などの協同組合主体、厚真町土地改良区（水力発電）などのコミュニティ主体といった約60の再エネ事業が展開されている。

寿都町は、全国に先駆けて1989（平成元）年に町営風力発電所を設置した。現在、13基（設備容量約2万kW）が稼働している。2024（令和6）年度の売電額を含む収益が約7億円、純利益が約1.6億円であり（寿都町、2025、p.2）、それを活用して医療や教育などの住民サービスを提供している。

また、釧路町では2025年に始まった「釧路町ゼロカーボンシティ未来デザイン会議」の取り組みが注目される。住民や地域事業者、役場関係者が参加したワークショップでは、釧路湿原の自然環境を守りながら、エネルギーの地産地消を進めていくための学習会と参加者間の率直な対話が重ねられている。この後、中間支援組織の力を受けながら住民参加で活動目的と内容について合意形成し、地域主体によるエネルギー事業の運用が期待される。

おわりに

本稿で検討してきた地域社会を発展させる再エネ事業を成立させる条件とは、次の3点にまとめられる。

第1に、地域紛争を極力回避することが欠かせない。その手法には、釧路市などの再エネ開発への規制条例の制定がある。また、宮城県や青森県の法定外普通税条例によって再エネ事業を地域共生型に誘導する方法もある。

第2に、「反再エネ」の世論が高まる中で、「地域環境権」条例の制定によって、〈よい再エネ〉を創り出していく積極的な動きが自治体に求められる。そのためには、コミュニティパワーの3原則を満た

す再エネ事業を道内でもつくりだしていく必要がある。東松島市のHOPE、道内では上士幌町や士幌町の事例（本特集の藤井・寺林論文を参照）などが大いに参考になるであろう。道内の再エネ事業による売上高は、今後1兆円規模に成長していくことが予想される。地元企業が計画や設計、施工、運転、メンテナンスを担う再エネ事業を展開していけば、地域経済循環を強くできる。

第3に、地域主導型再エネ事業には、地元企業や住民が担い手として計画や運営に関わることが求められる。また、対話と合意形成を重視し、発電収益を活用して地域課題の解決や生活の質の向上につながるメリットを増やしていくことも、〈よい再エネ〉には不可欠である。

謝辞

本稿は、とくに断りがない場合、下記関係者へのインタビューから得られた情報に基づいて執筆している（実施順、組織名のみ記載）。貴重な情報を提供して頂いたことに謝辞を申し上げたい。なお、記載内容に不備がある場合は、全て筆者の責任である。

釧路市環境保全課（2025年10月3日）、釧路市議自民市政クラブ（10月3日）、釧路市議共産党議員団（10月3日）、宮城県環境生活部次世代エネルギー室（10月21日）、東松島みらいとし機構（10月22日）、東松島市脱炭素社会推進課（10月22日）、青森県環境エネルギー部環境政策課企画政策グループ/財務部税務課総務・企画グループ（2026年1月14日）、青森県環境エネルギー部エネルギー・脱炭素政策課（1月15日）

参考文献

- ・飯田市（2025）「飯田市のプロフィール～日本アルプスの谷間に広がる自然、歴史、文化が調和したまち～」
- ・環境省自然環境局野生生物課（2025）「釧路地域における太陽光発電施設の開発について」
<https://www.env.go.jp/content/000346294.pdf>
- ・経済産業省（2024）「北海道稚内市基本計画」
https://www.meti.go.jp/policy/sme_chiiki/miraitoushi/kihonkeikaku/honbun/459_hokkaido_wakkanai_honbun.pdf
- ・経済産業省（2025）「別紙 令和7年度以降（2025年度以降）の調達価格等についての委員長意見案」第102回調達価格等算定委員会
- ・事業計画認定情報公表用ウェブサイト「北海道」（2025年11月30日時点）、

- <https://www.fit-portal.go.jp/publicinfo>
- ・菅沼利和（2024）「おひさまシンポジウム20年の振り返りと現在の取り組み」
<https://ohisama-energy.co.jp/20th-anniversary/>
- ・寿都町（2025）「広報すつつ」2025年11月号
- ・総務省（2024）「宮城県再生可能エネルギー地域共生促進税の新設について」
https://www.soumu.go.jp/main_content/000913920.pdf
- ・地方自治研究機構（2025a）「太陽光発電設備の規制に関する条例」
https://www.rilg.or.jp/htdocs/img/reiki/005_solar.htm
- ・地方自治研究機構（2025b）「再生可能エネルギー発電設備に対する法定外税条例」
https://www.rilg.or.jp/htdocs/img/reiki/153_solar3.htm
- ・寺林暁良・藤井康平（2024）「小型風力発電の導入によって残された地域課題：北海道内4自治体へのヒアリング調査をもとに」『環境と公害』54巻2号、pp.65-71
- ・東北活性化研究センター（2021）「『地域再生可能エネルギー事業の事例調査』報告書」
<https://www.kasseiken.jp/kassecms/wp-content/uploads/2021/03/02fy-04-00.pdf>
- ・発電コスト検証ワーキンググループ（2025）「発電コスト検証に関するとりまとめ」（2025年2月6日）
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/pdf/cost_wg_20250206_01.pdf
- ・北海道経済部GX推進局GX推進課（2025）「北海道における新エネルギーの導入」
<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/gxs/shinenergydounyunotorikumi.html>
- ・日本弁護士連合会公害対策・環境保全委員会（2024）『メガソーラー及び大規模風力事業と地域との両立を目指して』信山社
- ・本巢芽美・丸山康司（2024）『〈よい再エネ〉を拡大する－地域に資するための社会的仕組み』法政大学出版社
- ・山下英俊（2024）「再生可能エネルギーの地域経済効果－地場産業化に向けた道筋」（本巢・丸山、2024に所収）
- ・ローカルグッド創生支援機構（2024）「地域新電力の現状」総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会
- ・World Wind Energy Association (2011), WWEA defines Community Power.
<https://wwindea.org/communitypowerdefinition>

再生可能エネルギーの活用による 道内産業の成長予測

小原 伸哉（おばら しんや）北見工業大学工学部 教授

profile 函館工業高等専門学校機械工学科、長岡技術科学大学工学部・大学院工学研究科機械システム工学専攻で学び、高砂熱学工業株式会社及びアイシンAW株式会社に6年間勤務。その後北海道大学大学院工学研究科機械科学専攻博士後期課程で学び、苫小牧工業高等専門学校機械工学科准教授・教授、2008年から北見工業大学工学部教授。専門はエネルギー工学、熱工学、電力工学など。

はじめに

北海道内の電力需要に対する再生可能エネルギー（再エネ）の割合は2024（令和6）年度で40.4%に達しており、国内平均の23.1%に比べて大きく上回っている。一方、大規模な太陽光発電や風力発電の発電会社の相当数が道外資本企業と考えられ、以前から道内の再エネに関わる価値の道外への流出が懸念されている。

北海道での大量の再エネ開発は、道内外で大変期待されているものの、道内地域の経済効果や雇用の伸びについてはほとんど知られていない。そこで本稿では再エネに関わる雇用数の予測、道内経済の道外資本への流出の大きさ、地域経済の伸びを伴う再エネを利用した付加価値の創出について検討して明らかにする。

1. 再エネ電源による地域付加価値

再エネの地域付加価値（円/kW）を明らかにする研究については、ドイツでのIÖWモデルの事例[1]が良く知られており、ヨークほか[2]、中山ほか[3]、Kikuchi[4]などが国内の自治体について調査をしている。このうち中山による研究は非常に良く分析されており、道内の状況を検討するのに適している。中山によると、再エネを導入する際に生じる付加価値は、①システム製造段階、②計画・導入段階、③運営・維持（O&M）段階、④システムオペレーター段階に分けることができる。上の①に関わる「システムの製造段階」での付加価値は、道外企業に大きく依存する場合は限定的である。また、「計画・導入段階」については、投資額のうち11%～23%が地域付加価値とされている[3]。「運営・維持段階」及び「システムオペレーター段階」での地域付加価値は、ほとんどの再エネで事業者の税引き後

の利潤の50～60%となっている。「システムオペレーター段階」での総収益が地域付加価値の半分程度となり、従業員の可処分所得は4～11%である[3]。

再エネ事業では、「システムオペレーター段階」による地域付加価値が半分を占めることから、所有・運営が地域内の事業者であるか否かが重要となる。多くの種類の再エネ事業では、後で述べるように地域での雇用が限定的であるため、事業者が地域外の場合には地域付加価値は大きく限定される。

ただし、バイオマス発電についてはバイオマス燃料の調達やシステムの運転などの人手を要するため、他の再エネ事業よりも、「運営・維持段階」と「システムオペレーター段階」での雇用と従業員の所得が大きい。また、小水力発電は建設コストの単価が他の再エネ電源と比べて大きいため、地域付加価値が最も高い。

すべての再エネ電源で、生み出された地域付加価値の2～3割程度は地方税収となる。このため再エネを利用した分散型電源の事業は、地方自治体にとって誘致のモチベーションとなる。

2. 道内の再エネ事業と地域経済・雇用

2.1 道内再エネ事業者の所在地

道内のFIT・FIPを活用している各種再エネの導入量と事業者の所在地は、「再生可能エネルギー発電設備（太陽光20kW未満を除く）に係る情報、経済産業省 資源エネルギー庁」の資料から知れる。図1は、上の資料から得られた各種再エネに対する、道外事業者が占める設備容量の割合である。太陽光と陸上・洋上風力発電については、本州資本による事業者が設備容量の4割以上を占めている。北海道の再エネ電力全体の44%（2.5GW）が本州資本の事業者により発電されている。さらに、石狩湾に

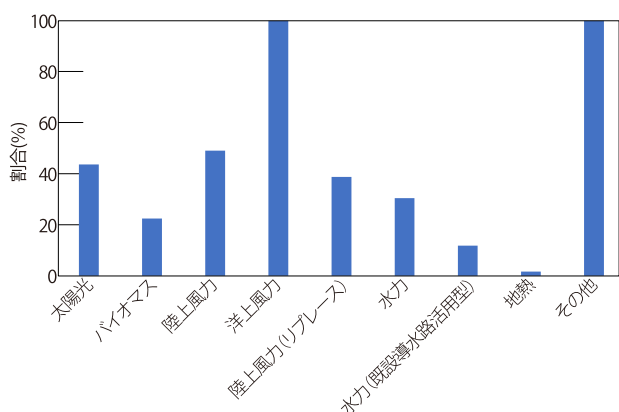


図1 北海道の再エネ設備の道外資本割合 (FIT・FIP)

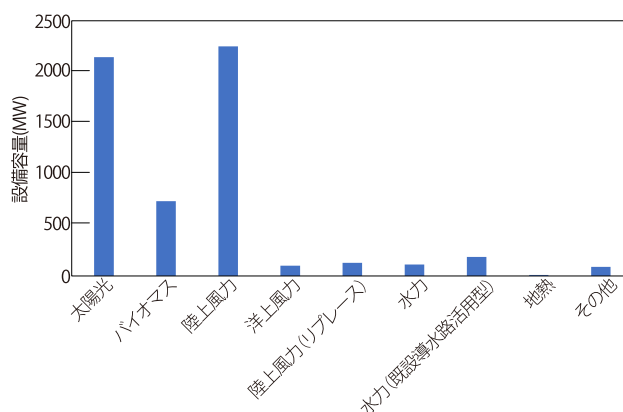


図2 北海道の再エネ設備の容量

道外事業者による洋上風力発電10GWが導入されると、道内再エネ電力の約8割が本州資本となる。したがって、再エネを利用した地域付加価値が得られる仕組みがないと、北海道は経済循環を伴わない再エネ提供地になってしまう。

2.2 雇用数の見積もり

表1は、最近の各種再エネの実績から調査した、出力1MWあたりの雇用数である。雇用数は建設時(①システム製造段階、②計画・導入段階)と運用時(③運営・維持(O&M)段階、④システムオペレーター段階)に分けている。図2は上で述べた経済産業省資源エネルギー庁のリストに記載されている道内の再エネ設備の容量で、20kW未満の太陽光を除くとわずかに陸上風力が太陽光を上回る。表1と図2から、各種再エネの建設時と運用時における雇用数(図3)が得られる。

国際再生可能エネルギー機関(IRENA)の分析によると、風力発電の場合、投資は前倒しで行われ、必ずしも地元で行われない場合が多く、関連するエンジニアなどは遠隔地からプロジェクトに携わる。建設段階は比較的短く、請負業者は多くの場合別の

場所に居住し、作業が完了すると移動する。現場ではメンテナンスのみが行われ、通常は複数の現場を遠隔地で維持管理する労働者が担当し、投資先自治体に永住することはないことを明らかにしている。一方、太陽光発電では、建設と維持管理にそれほど専門的なスキルは求められないため、より多くの地元雇用が可能となるとの調査結果がある。

太陽光発電所の設置にかかる工数の約9割は、建設労働者と技術者を必要とするが、彼らは多くの場合、現地で見つけることができる。一方、風力発電プロジェクトでは、より専門的な建設労働者・技術者を必要とする工数は、全数の3分の2程度である。太陽光発電所と風力発電所の運用と保守作業では、通常、保守会社によって自動化され、遠隔監視されるため、多くの労働者を必要としない。太陽光発電所は複雑な保守を必要とせず、そのほとんどは現地で実施でき、風力発電とは対照的である。

道内の再エネで最も雇用に貢献しているのはバイオマスと予想される。図3に基づくと、バイオマスは建設時で太陽光や風力のおよそ3.2倍、運用時では13倍もの雇用を生んでいる。雇用促進という地域付加価値については、設備容量あたりでバイオマス

表1 1MWあたりの雇用数

(人)

	太陽光	バイオマス	陸上風力	洋上風力	水力(小型)	地熱
建設時	3~10	~100	4~7	2~5	20~50	10~30
運用時	0.2~0.5	10~20	0.2~0.5	0.2~0.4	0~2	0.4~0.7
建設期間[年]	~1	~1	1~2	1~3	~1	1~3
備考					遠隔監視	

が圧倒しており、太陽光と風力は同じ程度である。しかしながら、陸上風力では9割以上の雇用が建設時であり、そのうち大きな割合が道外で雇用された人と考え、太陽光発電の方が地域雇用に貢献していると予想される。

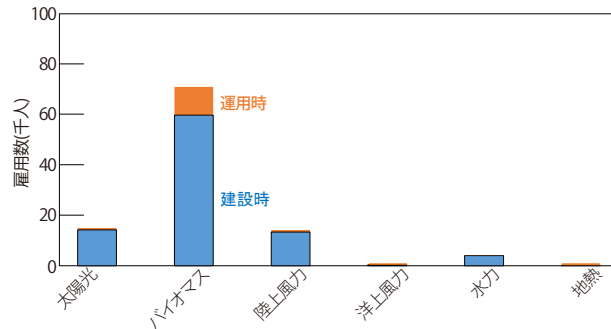


図3 北海道の再エネ関連での概算雇用数の結果

3. 再エネを活用した地域付加価値の創生と創出

3.1 道内で最も付加価値の高い再エネ発電方法

EU及び英国での再エネ発電の研究では、陸上風力や洋上風力のある地域で、持続可能な経済発展は限定的という結論が出ている。陸上・洋上風力発電の場合、高価なタービン部品やそれらの部品を製造できる産業が地域になれば、地域付加価値は大きなものにならない。ただし再エネ発電は、離島や山間部などでは小さな規模ながら主要産業になることもある。

一方、小規模な再エネ発電が地域経済に効果をもたらす可能性についての研究報告もある（小水力発電の事例）。上で述べた点から、再エネ発電だけで



図4 小規模温泉熱発電の例（別府市）

高い地域付加価値を得るには、道内でシステム製造、計画・導入、運営・維持、システムオペレーターに対応可能な、バイオマスや小水力、温泉熱発電（図4）などの発展が望ましい。

3.2 地域付加価値を伴う再エネ活用の方法

論文調査によると、再エネの導入と地域経済や雇用の創出に関わる基本的な考えは以下のとおりである。

- 1) 再エネを単なる発電事業で終わらず、「地元製造（図5）・整備・教育・観光」と複合産業にする。
- 2) 地方大学・高専・自治体・企業が連携して、「地域エネルギー産業クラスター」を形成できれば、地方創生・人材育成・脱炭素を並行して進められる。
- 3) 地方エネルギー産業特区を設けるなどして、自治体・大学・中小企業を集積。
- 4) 再エネ関連の「運転・保守・製造の技能教育」を高専・職業訓練校などで強化。
- 5) 「地域出資スキーム」で利益を域内循環させる。
- 6) 国の補助金を「設備」から「地域産業育成・教育」に重点シフトさせる。



図5 洋上風力製造工場の例
（出典 Innovation Norway）

図6は、上で述べた1) から6) の基本的な考え方とは別に、再エネによる北海道産業への寄与をまとめたものである。図6では、道内各産業分野での再エネによる経済成長の可能性をまとめており、再エネによる道内各産業の付加価値の創生と、輸出を

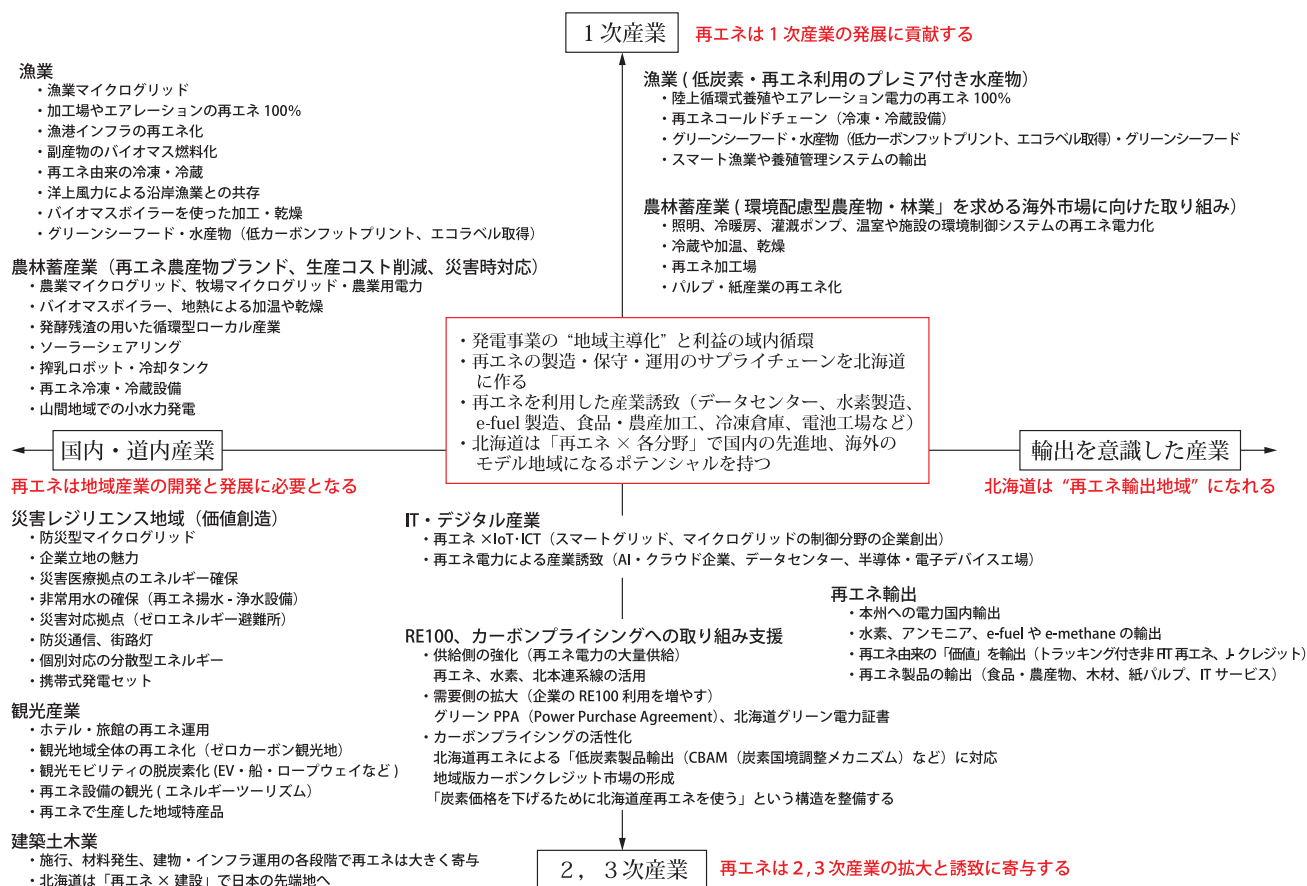


図 6 再エネによる北海道産業への寄与

含めた経済循環の可能性についても理解していただけたと思う。

道内の再エネによる経済的な価値を、地域内で循環させる取り組みについて道民に広く理解していただき、各産業界及び行政がけん引することで、地域経済ばかりでなく地球環境への貢献も大きく進むこととなる。

4. おわりに

道内経済の循環と発展を目指した再エネ技術の活用の検討は、今後の北海道開発にとって、広大な土地と自然環境及び低い人口密度を上手に利用することができれば、国内のクリーンな電力供給基地の確保などから重要な位置づけにある。このため、地域主導の再エネ活用の事業モデルと経済解析及び予測が必要で、地域内での所得循環は、エネルギーの地産地消や電力会社への売電収入だけでなく、再エネ産業の誘致や雇用の創出にもつなげなくてはならない。さらに再エネ電力で生み出された道内各産業で

の製品、サービスについては道外地域への輸出にも有効である。したがって再エネの活用は、直接・間接的に関わる道内産業を発展させるため、地域の経済循環を世界的な事例に基づいてさらに検討しなくてはならない。

参考文献

[1] Raupach-Sumiya J., Social System Study, 2014; 29. Ritsumeikan University BKC

[2] ラウパッハ・スミヤ ヨーク, 中山琢夫, 2015年, 立命館大学イノベーション・マネジメント研究センター

[3] 中山琢夫他, Regional Value Added Analysis of Renewable Energies in Japan, 2016年.

[4] Takeharu Kikuchi, Journal of Environmental Information Science, 2021; 1: 8-19.

畜産バイオマスと地域の利益 —地域課題をプラスの価値に変える—

藤井 康平 (ふじい こうへい) 北星学園大学経済学部 専任講師

profile

東京大学大学院総合文化研究科博士課程単位取得退学。東京都環境科学研究所研究員等を経て現職。専門は環境経済学、環境政策論、エネルギー政策論。

寺林 暁良 (てらばやし あきら) 北星学園大学文学部 准教授

profile

北海道大学大学院文学研究科博士後期課程修了、博士(文学)。専門社会調査士。専門は環境社会学、質的研究法。

はじめに

北海道内で再生可能エネルギー（以下、再エネ）の導入が進むなか、連日報道されている釧路湿原のメガソーラー開発問題のように、再エネと地域社会との共生が大きな問題となっている。地域に貢献する形での再エネ導入がより一層求められるようになり、そのためには地域での合意形成や主体間の連携が必要不可欠である。本稿では地域の主体が中心となって再エネを導入することで、地域の課題をプラスの価値に変えた取り組みとして、十勝地方の上士幌町と士幌町の畜産バイオマスによるエネルギー生産の事例を取り上げる。

十勝19市町村では、40基以上の畜産バイオマス設備が稼働している。その背景には、適切なふん尿処理が求められたことがある。現在、乳用牛の大規模な牧場では、アニマルウェルフェア（家畜にとっての飼養環境の快適性）の重視、施設管理の自動化推進などの理由から、フリーストール（牛をつながず、牛舎内を自由に歩きまわられるように設計された飼育方式）が主流になっている。

一方でフリーストール方式では、自動スクレーパーなどにより適切にふん尿処理をする必要がある。ふん尿はスラリー状で水分が多く、悪臭や河川、地下水の汚染が懸念される。これらの課題を解決するための方策として、ふん尿由来のガスを用いたバイオガス発電が着目された。

バイオガスプラントは、①ふん尿等廃棄物処理、②エネルギー生成、③温室効果ガス削減、④有機質肥料製造という4つの機能を有している。課題である家畜ふん尿の処理を行うことができるうえ、新たにエネルギーを生成できる点にメリットがある。また、バイオマス由来のエネルギーであるため、カーボンニュートラルで温室効果ガスの削減にも貢献す

ることができる。

メタン醗酵後の残渣は、固液分離によって固形分と液分に分けられる。固形分は良質な堆肥や牛舎の敷料として、液分の消化液は窒素成分が高い即効性肥料として、それぞれ活用できるため、地域資源循環の構築にも貢献することができる。

以下、上士幌町と士幌町の具体的な取り組みについて、先行研究や公開資料、ならびに筆者らが2025年8月27日から28日にかけて行った関係各所へのヒアリング調査の結果を基に記述する。

1. 上士幌町の取り組み

上士幌町では、町と上士幌町農業協同組合（以下、JA上士幌町）をはじめ、多様な主体が関わりながらバイオガス事業に取り組んできた。2022（令和4）年4月には環境省の「脱炭素先行地域」に選定され、町としてエネルギーの地産地消に取り組んでいる。本章では、上士幌町における畜産バイオマスを含む再エネ事業の経緯と、地域への効果、今後の見通しについて紹介する。

1.1 上士幌町の概要

国勢調査によると、上士幌町の人口は1955（昭和30）年に13,000人を超えていたが、その後減少傾向をたどり、2015（平成27）年には4,765人まで落ち込んだ。しかし2020（令和2）年国勢調査では4,778人と、5年間で13人増となった。十勝管内で人口増となった自治体は上士幌町のみである。この理由として、ふるさと納税を財源にした人口減少対策の効果が挙げられている（開発こうほう2022）。2023（令和5）年度までのふるさと納税の累計寄付額は約165億円に達し、これらを財源に、子育て支援や教育環境の拡充、高齢者福祉、町外からの受け入れ支

援などが行われている。

基幹産業は農林業で、2022年度時点での就業人口に占める農業の割合は30.8%、JA畜産物取扱額は約248億円、食料自給率は約3,500%である。

1.2 上士幌町の畜産バイオマス事業

上士幌町では2014（平成26）年に町農林課やJA上士幌町が中心となり、「上士幌町家畜糞尿処理対策関係者等会議」が設置された。町内では2014年時点で約34,000頭の牛が飼育されており、フリーストール牛舎が増えたことから、生乳の増産体制を確立するには新たな処理対策が必要となったことが背景にある。結果としてバイオガスプラントを建設し、発電事業と副産物の域内循環を目指すことが確認された。

2017（平成29）年にJA上士幌町と町内のJA組合員（酪農家・畜産家）、バイオガスプラントの建設や保守を手がける土谷特殊農機の三者が出資して、バイオガスプラントの運営主体となる「株式会社上士幌町資源循環センター」（以下、センター）が設立された。2018（平成30）年1月に町内3地区でバイオガスプラントが稼働開始したのを皮切りに、2025（令和7）年現在では、町内6か所で合計7基のバイオガスプラントが稼働している。なお、7基のうち2基は、牛3,000頭の飼育とジェラート製造などを手がけ、六次産業化を実施している「有限会社ドリームヒル」が運営する個別型のバイオガスプラントであり、4基はセンターが所有・運営する集中型のプラントである。1基は上士幌町が所有し、運営は指定管理制度によりセンターが行っている。

7基の総設備容量は2,270kW、年間発電想定量は1,810万kWhである。この想定発電量は町内の主要な供給先の電力をまかなえる量となっている。発電した電気は、自家消費される一部を除き、固定価格買取制度（以下、FIT制度）を活用して売電されるが、町は北海道ガス株式会社（以下、北ガス）と連携し、再生可能エネルギー電気特定卸供給を適用して北ガスが電力を買い戻している。町と北ガスは2017年に「エネルギー地産地消のまちづくり」に関する連携協定を締結してエネルギーの地産地消に協力し取り組んでおり、電力の需給調整も北ガスが担っている。

なお、家畜ふん尿が醗酵する過程で発生する消化液は、液体と固体に分けられる。固体は牛の寝糞、液体は液肥として利用されることで、地域内資源循環の仕組みが作られている。

表1 上士幌町内のバイオガスプラント一覧

設置者	設置場所 (地区名)	処理対象 (頭)	設備容量 (kW)	備考
株式会社上士幌町資源循環センター	上士幌	1,200	300	
	上音更	1,200	300	
	北門	1,200	300	
	萩ヶ岡	1,800	450	
	居辺	1,200	300	プラントは町所有
有限会社ドリームヒル	萩ヶ丘	1,200	300	
	萩ヶ丘	ND	320	自家消費

（出典）上士幌町（2022）『未来へつなぐ持続可能なまちづくり～ゼロカーボン上士幌の実現とスマートタウン構築を目指して～』および経済産業省「事業計画認定情報公表用ウェブサイト」の情報をもとに作成。

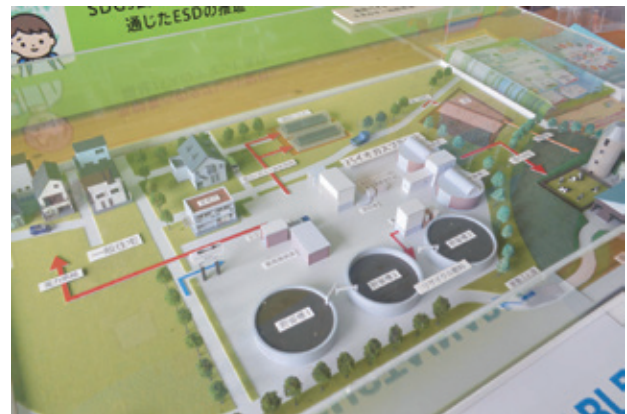


写真1 上士幌役場に展示されている集中型バイオガスプラントの模型（筆者撮影）

1.3 第三セクター方式の地域商社による電力小売事業

北ガスによって買い戻された町内の畜産バイオマス由来電力は、売電を担う地域新電力「かみしほろ電力」に卸される。町内の観光事業を推進するために、2018年5月に官民協働地域商社である株式会社karch（以下、「カーチ」）が設立された。かみしほ

ろ電力は、このカーチの一事業部門として位置付けられている。カーチはナイトハイ高原牧場の展望カフェ「ナイトハイテラス」や道の駅の運営など、観光事業を中心とした地域ビジネスを行う地域商社である。再生可能エネルギーの地産地消と経済の域内循環を目指し、電力小売事業にも参画している。

かみしほろ電力は2018年10月に電力小売事業登録を行い、2019（令和元）年2月から町内の公共施設、農協、事務所、酪農・畜産農家や一般家庭に再エネ電力の販売を開始した。電力料金は北海道電力株式会社と同じ基本料金を採用しているが、電力使用量によって従量分は2～3%程度安くなる。現在、町内の約400件がかみしほろ電力に転換しており、今後は全世帯の3分の1程度となる700件超の契約を目標にしているという（開発こうほう2022）。



写真2 道の駅かみしほろに展示されているかみしほろ電力の案内版（筆者撮影）

2025年10月には、町が所有する約6haの遊休地に北ガスが建設した「上士幌太陽光発電所（愛称：みらいパワーかみしほろ）」が竣工した。設備容量は1,999kW、年間想定発電量は440万kWhである。発電された電力はFITで売電せず、直接かみしほろ電力に供給される。これにより、電力料金はさらに約5%程度の低減が見込まれている。

1.4 上士幌町の脱炭素先行地域計画

前節の太陽光発電事業は、上士幌町が2022年4月

に選定された環境省の「脱炭素先行地域」に位置付けられる主要な取り組みの一つである。上士幌町の脱炭素先行地域では、「未来へつなぐ持続可能なまちづくり～ゼロカーボン上士幌の実現とスマートタウン構築を目指して～」との表題のもと、従来の畜産バイオマス事業を軸に、発展的にエネルギーの地産地消を目指す姿が描かれている。

取り組みの全体像としては、町全域の民生需要家に対し、地域新電力であるかみしほろ電力を通じて再エネ電力を供給することで、町全体の民生電力の脱炭素化を図ることを目的としている。畜産バイオマスや、みらいパワーかみしほろによって生み出される電力に加え、一般住宅向けの卒FIT電源¹⁾からの再エネ供給も検討されている。これらにより、地域で再エネ由来の電力供給を確保し、安定的なエネルギー供給体制の構築と経済の域内循環を目指すことが可能となる。

また、レジリエンス強化を目的としたマイクログリッドの構築も計画されている。こども園やスポーツセンター、上士幌町交通ターミナル、ふれあいプラザ、上士幌消防署など、防災拠点となる役場庁舎を中心として全長1kmの自営線を設置する計画で、蓄電池の導入や役場庁舎のZEB化も合わせたマイクログリッドの構築が予定されている。これにより、大規模停電等の非常時に防災拠点としての電力確保が期待されている。運輸部門での脱炭素化については、全公用車のEV化、PHEV化や、急速充電設備を搭載したEVステーションの整備も進んでいる。

1.5 地域の利益と今後の展望

上士幌町では、町やJAを中心として多様な主体が関わり、畜産バイオマスによるエネルギーの地産地消を目指した取り組みが進められてきた。酪農家にとっては家畜ふん尿問題の解決のみならず、消化液の域内循環や電力生産による付加価値の創造など、新たな価値が生まれている。町内の電力需要家にとっても、域内で生産された再エネ電力を用いることで経済的なメリットが生まれる。

そしてこれらを土台として、脱炭素先行地域の取

1 「卒FIT電源」は、太陽光発電などで発電した電気を国が定めた固定価格買取制度（FIT制度）の10年間の買取期間が満了した後の電力、またはその電力を持つ設備（発電所）のこと

り組みが位置付いている。取り扱う再エネ由来電力はバイオマス以外にも大規模太陽光発電や卒FIT太陽光発電へと拡大しており、また自営線の導入とマイクログリッドの構築など、町全体としてエネルギーの地産地消が目指されている。

今後の展望としては、バイオガスの発電時に発生する熱の有効利用が挙げられる。町の「カーボンニュートラルなまちづくりプロジェクト」(2024～2027年度)では、木質バイオマスや地下水熱の利用による熱エネルギーの構築が挙げられている。一方で、バイオマス熱については、有限会社ドリームヒルが所有する個別型プラントで自家消費が行われているものの、センターが運営する集中型プラントについては特段言及されていない。脱炭素先行地域が再エネ電力の補助に重点を置いていることもあるが、熱電併給が可能というバイオマスの特性を活かし、地域熱供給事業などに発展すれば、地域エネルギーの持続性はさらに高まると考えられる。

2. 土幌町農業協同組合の取り組み

土幌町では、土幌町農業協同組合（以下、J A土幌町）が主体となり、畜産バイオマス事業を推進してきた。これにより、土幌町内には多様な利益がもたらされている。本章では、その事業の経緯と具体的な地域への効果について紹介する。

2.1 土幌町とJ A土幌町の概要

2020年国勢調査によると、土幌町の人口は5,848人、世帯数は2,524世帯である。町のホームページにも「牛とじゃがいもの町」と紹介されているように、畜産業と畑作農業がともに盛んな町である。2020年農業センサスによれば、土幌町の農業産出額は291億円（348経営体）であり、その内訳は、肉用牛100億円（49経営体）、乳用牛110億円（69経営体）、いも類や野菜、麦、豆などの耕種が77億円となっている。

J A土幌町は、農業者の利益拡大を目的に「生産から加工まで」を一貫して担う多角的な事業を展開してきた。1946（昭和21）年には最初の直営澱粉工場を設立し、その後も工場の大規模化・合理化を進めている。さらに1973（昭和48）年には、町内にじゃがいも加工の食品工場を竣工し、ポテトチップスや

冷凍食品などの製造を行っている。畜産バイオマス事業も、J A土幌町にとっては農業者や地域の利益拡大に資する取り組みの一環として位置付けることができる。

2.2 J A土幌町の畜産バイオマス事業

土幌町の畜産バイオマス事業の特徴は、各農場にバイオガスプラントを設置する「個別型」である点にある。当初は地域全体で一括処理を行う「集中型」も検討されたが、土幌町には大規模酪農家が多く、①ふん尿や消化液の輸送コストがかからない、②均一な原料が確保可能である、③個別農家で維持管理ができる、という理由から「個別型」を採用した。

土幌町では1990年代後半から家畜ふん尿の処理方法について検討が進められ、2003（平成15）年から2004（平成16）年にかけて「バイオマス利活用フロンティア推進事業」を活用し、3基のバイオガスプラントを設置した（表2）。これらの設備は町が設置者となり、異なるメーカーの設備を導入しての試験的事業であった。しかし、建設費の高騰、冬季のトラブルの多さ、売電収入の低さなどの課題があり、当時は普及に至らなかった。

転機となったのは、2011（平成23）年の東日本大震災である。節電要請や計画停電の発生により、機械化・自動化が進む酪農業において電力の確保が死活問題であることが再認識された。さらに、2012（平成24）年にはFITが導入され、再び畜産バイオマス事業に注目が集まった。

そこで同年、町・J A・商工会が連携して「土幌町再生可能エネルギー利用推進協議会」を設立し、ドイツ視察などを経て事業化を検討した。2012年度には「緑と水の環境技術革命プロジェクト事業」を活用し、J Aを設置者として4基のバイオガスプラントを設置した。管理運営・実証業務は、設置場所の牧場を経営する酪農家に委託されている。また、発酵槽の熱収支を改善し、冬季の温度低下やガス発生量の低下を抑制することで、通年運用が可能なたちへと改良された。

その後も「地域バイオマス産業化整備事業」を活用して、J Aを設置者とする事業が継続的に進められた。2015年度に1基、2016（平成28）年度に2基、2017年度に1基が稼働しており、2017年度に稼働し

た南佐倉地区のプラントは、2 牧場による「共同型」となっている。

酪農家にとってのバイオガスプラント導入の最大の効果は、ふん尿処理作業の軽減である。ふん尿は牛舎から自動スクレーパーで集められ、貯留槽まで自動的に搬送されるため、手作業による処理はほぼ不要となった。また、嫌気性処理によって、悪臭が大幅に低減され、牧場の作業環境が改善された。さらに、地下水や河川の汚染防止、発酵過程による殺菌効果・雑草種子の不活性化など、環境保全上の効果も大きい。残渣の固形分は敷料として牧場内で利用されるほか、消化液も自農場や近隣畑作農家において窒素成分の肥効率が高い即効性の肥料として活用されている。畜産と畑作のバランスがとれた土幌町ならではの活用であるといえる。

表 2 土幌町内のバイオガスプラント一覧

設置者	完成年月	設置場所 (地区名)	処理対象 (頭)	投入 原料量 (t/日)	設備容量 (kW)
土幌町	2004.3	土幌南	250	15.0	30
	2004.3	佐倉	250	15.0	30
	2005.1	新田	200	12.0	40
JA土幌町	2013.1	A牧場	170	14.7	64
	2013.1	B牧場	171	14.8	64
	2013.1	C牧場	250	19.0	64
	2013.1	D牧場	270	19.5	64
	2015.2	E牧場	850	68.0	300
	2016.2	F牧場	400	32.0	150
	2016.2	G牧場	240	22.0	100
	2017.2	南佐倉	450	42.0	190

(出典) JA土幌町提供資料、土幌町(2023)より作成

発電された電力は牧場内での自家消費に加え、余剰電力はFITにより39円/kWhで売電される。A~Dの各農場のFIT売電収入について「リース料やプラント・発電機の維持補修費を控除しても酪農家の手元に300~750万円の収入が確保されていると見込まれる」(田畑2020:12)とされるように、この売電収益は農業者にとっての大きな利益となる。さらに、処理過程で生じる余剰熱は搾乳パーラーの洗浄用温水などに利用できるほか、搾乳パーラーの洗浄など

で発生する雑排水もバイオガスプラントで処理可能であるなど、多面的なメリットが生まれている。

2.3 JA土幌町子会社の電力小売事業

さらにJA土幌町は2018年、畜産バイオマス事業で得られた電気を活用して「電気の地産地消を広げる」ことを目的として電力小売事業へ参入した。この事業を担うのは、JA土幌町の子会社である株式会社エーコープサービスである。同社は、JA土幌町のスーパーマーケットである「Aコープ土幌店アスポ」を運営しており、電力については「アスポでんき」のブランド名で販売している(写真3)。

エーコープサービスが電力小売事業を担当することになった背景には、従来よりガソリンスタンドやLPガスなどのエネルギー供給を担ってきた購買課の管轄組織であったことに加え、日常的に消費者と接点を持つ立場にあることから、町民の契約に対する心理的・手続き的なハードルを下げる効果が期待されたことが挙げられる。



写真3 JA土幌町が運営するスーパーマーケット「Aコープ土幌店アスポ」(筆者撮影)

アスポでんきの特徴は、主に次の2点にまとめられる。第1に、エネルギー循環型農業への貢献である。アスポでんきは、再生可能エネルギー電気特定卸供給で買い戻した町内バイオガス発電事業によるFIT電気を供給源としている。また、JA土幌町が運営する太陽光のFIT電気や、一般住宅の卒FIT太陽光発電も一部活用している。2022年度の実績では、供給電力のうち32.5%が町内で発電されたFIT電気に相当する。また消費者もJA土幌町の各施設や小

売契約をする町民や町内事業者であり、地域内でエネルギーが循環する仕組みを実現している。

第2に、士幌町内の電力消費者への経済的メリットである。アスポでんきの電気料金は北海道電力と同水準に設定されているが、契約メニューに応じた割戻率を適用し、一般家庭向け（低圧契約）の場合は「Aコープ士幌店アスポ」などで利用できるポイントが付与される。さらに、灯油やガスの契約者にはポイント付与率が上乘せされる仕組みとなっている。

アスポでんきの契約件数は、現在約1,300件である。農業者は一戸で複数口を持っている場合もあるが、町内の世帯数（2,500世帯程度）比で考えても、かなりのシェアに到達していることがわかる。

2.4 地域の利益と課題

以上の取り組みから、J A士幌町の畜産バイオマス事業が、農業者だけではなく、町内に広く利益をもたらしていることがわかる。

まず、酪農経営にとっては、ふん尿の処理の省力化が主な目的だが、付随して電力や熱の自家消費によるエネルギー支出の抑制、洗浄用雑排水の処理、固形残渣の敷料・堆肥への活用、消化液の肥料としての活用、悪臭の抑制、さらにFIT売電収益など、さまざまな利益が生まれている。電力消費者にとっても、スーパーマーケットで利用できるポイントの付与などの経済的な利益がある。

今後の課題は、バイオガスプラントをどのようにさらに増やすかという点である。J A士幌町の意向調査によると、町内には依然としてプラントの設置を希望する酪農家が存在している。しかし、プラント建設費の高騰や、北海道電力ネットワークへの系統連系（特に高圧連携）の難しさなどにより、新たなプラントの設置は容易ではない状況にある。

おわりに

本稿では、地域課題をプラスの価値に変える取り組みの事例として、十勝地方の上士幌町と士幌町の畜産バイオマス事業を紹介した。上士幌町は町を核とした様々な主体が、士幌町はJ A士幌町が中心となり、それぞれの地域の実情に合う形で取り組みを進め、エネルギーと資源、さらには経済の地域循環

ができつつあることが確認できた。もちろん課題はあるものの、地域に貢献する再エネ導入のモデルケースとして他地域への波及が期待できる取り組みである。

参考文献

- 上士幌町（2022）『未来へつなぐ持続可能なまちづくり～ゼロカーボン上士幌の実現とスマートタウン構築を目指して～』（<https://policies.env.go.jp/policy/roadmap/assets/preceding-region/1st-teiansyo-02.pdf>、閲覧日：2025年12月3日）。
- 上士幌町ウェブサイト「カーボンニュートラルなまちづくりプロジェクト」（<https://www.kamishihoro.jp/page/00000426>、閲覧日：2025年12月3日）。
- 環境産業新聞社（2017）「北海道のバイオマス第3回北海道十勝J A士幌町」『ウエイストマネジメント』1501（2017年8月15日）号。
- 士幌町（2023）『士幌町再生可能エネルギー導入計画』（https://www.shihoro.jp/common/img/news/news_20230322_192227.pdf、閲覧日：2025年11月6日）。
- 士幌町農業協同組合ウェブサイト（<https://www.ja-shihoro.or.jp/>、閲覧日：2025年12月3日）。
- 田畑保（2014）『地域振興に活かす自然エネルギー』筑波書房。
- 田畑保（2020）「気候変動と北海道農業」『地域と農業』118：5-17。
- 北海道開発協会（2022）「持続可能なまちづくりと地産地消エネルギー～循環型地域社会で脱炭素を目指す上士幌町～」『開発こうほう』703号，21-26。
- 北海道開発協会（2024）「上士幌町における脱炭素への取組について」『開発こうほう』732号，11-13。

持続可能な農村づくり

—余市エコビレッジのエネルギー自給の取り組み—

坂本 純科 (さかもと じゅんか) NPO法人北海道エコビレッジ推進プロジェクト 理事長

profile

1991年北海道大学農学部農学科卒業、1991～2004年札幌市役所環境局勤務、複数の市民活動に参加し、2006年から英国ウェールズの大学院やヨーロッパ各地のエコビレッジでの学びを経て、2009年長沼町にてエコビレッジの通年塾を主宰、2012年から余市に拠点を移し、現在に至る。

山形 定 (やまがた さだむ) 北海道大学大学院工学研究院 特任助教

profile

1989年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了後、理化学研究所を経て、同年9月北海道大学工学部助手、現在特任助教。大気環境や再生可能エネルギーに関する研究に従事。NPO法人北海道新エネルギー普及促進協会理事長(2013年～)、NPO法人北海道地域・自治体問題研究所理事長(2025年～)、道内自治体のエネルギー関係の委員等に従事。

はじめに

地域で暮らしていくために不可欠なものは、食べ物 (Food)、エネルギー (Energy)、ケア (Care) の3つで、それらを自給することの必要性を「FEC自給圏」¹⁾として提唱したのは内橋克人である。北海道は食料自給率が200%を越え、再生可能エネルギー(以下、再エネ)資源にも恵まれており、FEC自給圏に近い地域といえるだろう。しかし食料生産の場である農業では、トラクターなどの動力源や農業用ハウスの加温などの熱源に大量の化石燃料が使われており、ひとたび化石燃料が途絶えれば北海道の食料自給率が一気に低下することは容易に想像できる。

石油由来の燃料が普及する前、農村における動力は、役畜の牛馬が担い、そのエネルギーの源は農家が栽培する飼料作物であった。役畜が石油由来のガソリン・軽油を燃料とする自動車・トラクターに置き換えられたことで、農村の風景は一変した。農業用ハウスの普及とともに、加温用熱源として石油由来の灯油・重油が使用されたこともあって、今や農村は化石燃料なしでは成り立たなくなっている。

持続可能な農村を目指しエネルギーの自給自足を実現するためには、農村で生産できない化石燃料には依存しないこと、農村内にあるさまざまな再エネ資源を利用すること、そして、再エネ利用のための技術開発を行うことが欠かせない。

このような農業分野における再エネの代表的技術の一つは、家畜のふん尿などの有機物を嫌氣的に分解して発生するメタンを燃料にして発電するバイオガス発電システムである。北海道内でも酪農の盛んな十勝地方を中心に多くのバイオガスプラントが設

置されている。水田地帯では地域に張り巡らされた水路を利用して小水力発電を行うことも可能である。近年注目されているのは、農地の上部に空隙を設けた太陽光発電パネルを設置し、農作物を育てながらその上部で発電する「ソーラーシェアリング」(以下、SS)である。本稿では、積雪寒冷地におけるSSの可能性を検証するために余市エコビレッジで行なっている試験の結果を紹介し、今後の農村の持続可能性について考える。

1. エコビレッジの目的と実践

余市エコビレッジ(余市町登町)は、「持続可能な暮らしとコミュニティ」というテーマに関する様々な実践・実験を行うNPO法人北海道エコビレッジ推進プロジェクトの拠点施設である。

ここで2012(平成24)年から6haの敷地(農地2ha、樹林地3ha、雑種地1ha)で有機農業、ワイン生産、エコ建築、再エネやサステナブルツーリ



図1 余市エコビレッジの位置と施設配置

1 内橋克人、『共生経済がはじまる 世界恐慌を生き抜く道』、朝日新聞出版(2009)。

ズムなどに取り組んでいる²。約120人の会員、3～6人の住み込みスタッフ・ボランティアの他、地域の生産者や事業者と協働して各種講座やツアーなどの研修事業を行っている。年間1,000人を超える学生や社会人が学びを目的に訪問・滞在しており、ヨーロッパやアジアなど外国からの参加も多い。

余市エコビレッジの主な活動は人々の暮らしに必要な食べ物や住まい、エネルギーなどをできるだけ自分で作る実践と、その機会を広く提供することである。100%の自給自足を目指しているわけではなく、自分達の暮らしに必要なものがどこからどうやってくるのか、どんな問題を抱えているのか、体験を通して社会の無駄や矛盾に気づくことを促している。ここでの学びを少しでも自らの生活や仕事に活かし、持続可能な生活の実践者になることを目指している。

2014年（平成26）に建設した多目的利用施設の「学び舎（まなびや）」は、環境に配慮した建築「エコハウス」のモデルを目指し、建築材には自然素材や道産材を用いた。断熱材に道内間伐材を利用したウッドファイバーを採用し高い断熱性を実現するとともに気密性を高めた結果、氷点下10度の真冬でも薪ストーブ（ペレット併用）のみで十分快適な室温を維持できる。トイレは（株）LIXILと共同研究したバイオトイレ、生活雑排水は微生物を利用して浄化する「バイオジオフィルター（人工湿地）」を日本工業大学と開発した。これらの処理設備は、メンテナンスに手間がかかるものの、化石燃料や化学薬品などを使わずに自然の力だけで処理できるため、災害時にも有効に働くと期待できる。これらの建設には会員、近隣住民、学生・外国人ボランティアなど大勢の人が関わり、そのプロセスも学びの場となった。日々の暮らしの中で私たちが排出するものが、どれだけ環境にインパクトを与えているのか、それをどう低減するかを考え、議論することは重要な学びの一つである。

2015（平成27）年、学び舎の隣りに建てた「シェアハウス」には、共同キッチン、リビングダイニング、事務室、ビジター用客室、洗濯室、風呂、トイ

レが整備されている。設備や空間をシェアすることで一人当たりの環境負荷を抑えるとともに、シェア生活体験自身がコミュニケーション力やチームワークの向上をもたらす教育プログラムの一部になっている。調理・暖房にはLPガス・灯油などの化石燃料を使用しているが、近い将来、薪ボイラーや太陽熱温水器などの導入を検討している。

シェアリングは環境問題だけでなく様々な社会問題を解決するキーである。しかしながら、人が集まれば摩擦も起こる。特に仕事も暮らしも共有する長期滞在スタッフはストレスも大きくなりがちのため、プライバシーを確保するための個室スペースとして「タイニーハウス」を作った。一人になる自由が保障されることで、シェアリング生活もより積極的に楽しむことができる。タイニーハウスでは太陽光発電パネルとコンポストトイレ、薪ストーブによるオフグリッド生活が体験できる。自分の日々の暮らしにどの程度のエネルギーが必要かを知る機会にもなる。身の回りには最低限度必要なものを揃え、それ以外の大型設備や電化製品はシェアリングスペースで使う。このようなプライバシーを確保しつつシェアリングするライフスタイルは、都市の人口集中地区でも環境負荷の低減に効果を発揮するだろう。



図2 エコビレッジの施設概観。学び舎（左上）、シェアハウス（左下）、タイニーハウス（右・上下）。

2. 再生可能エネルギーの是非

このように、徹底した省エネとシェアリングを試みた上で、次に力を入れるのが再エネの導入である。現代社会の無駄を放置したままでは、どんなエネル

2 坂本純科、「遊ぶように暮らし、暮らすように働く。エコビレッジという生き方」、NPO法人北海道エコビレッジ推進プロジェクト（2025）。

ギーを導入しても解決は望めない。地域で使うエネルギーをはるかに超えた大型風力発電群（ウィンドファーム）やメガソーラー発電所はその一例である。

余市町では総合商社による大型風力発電所建設の計画が持ち上がったが、地元の反対で中止になった。建設に伴う森林伐採などの自然破壊、騒音・低周波などの健康被害への懸念に加え、電力もお金も地域外に流出してしまう仕組みでは、地域が単に再エネ資源の供給地で終わってしまう。これでは、地域住民が再エネに不信感を持つのは当然である。しかし、それが再エネ全てを否定して温暖化懐疑論に至ったり、逆に「何をやっても温暖化は止められない」という諦め、「自分たちが生きている間は大丈夫」という開き直りに行き着いてしまっただけでは、地球温暖化防止という世界規模の大きな問題はもちろん、地域の問題も解決できない。

エコビレッジでは単純な反対運動ではなく、問題の本質について学び、共に考えることを目指している。地球や地域を持続可能にし、胸を張って未来の子どもたちに手渡す責任が私たち大人世代にはある。このためには近隣の大型風力発電所への反対を、地域が必要とするエネルギーをどう確保していくかという取り組みに転換していくことが必要である。

化石燃料は資源枯渇や気候変動の問題を抱えており、世界的にその利用を減らしていく方向性に疑いはない。一方、原子力発電はひとたび事故が起きれば地域の一次産業ばかりか暮らし自身を奪ってしまう。さらに、そこから排出される高レベル放射性廃棄物は処理技術も処分方法も確定しておらず、持続可能な農村のエネルギー選択肢にはなり得ない。再エネも開発途上で、まだまだ課題を抱えているが、技術の進歩を待つという選択は許されないだろう。現在の便利な暮らしが少なからず引き起こす自然破壊や健康被害を最小限に抑える妥協策を選ぶのが私たちの選ぶ道である。

私たちの目指す再エネとは、収益優先で貴重な自然を破壊し、地域住民に不利益を負わせる大型再エネ開発ではない。目標は、「各地の自然条件に合わせて、地域住民が使うエネルギーを自ら作る」、「地

域の暮らしを豊かにする」再エネ事業で、地域の問題を解決しつつ、地球レベル・国家レベルの課題解決に貢献することである。

地域がイニシアティブをとり、住民にとってメリットのある事業を誘導したり、外部からの事業提案を適切に選択するために、再エネで先行するヨーロッパに見られる専門的ファシリテーターも必要であろう。彼らは地域住民が再エネ事業に関する情報を共有し、合意しながら事業を進めていくことを可能にする。

最近エコビレッジでは、地域住民と電気や水、薪、建物といった資源を共有する地域づくりに着手した。災害時には地域外の人々も受入れられるような体制を考えている。地球環境問題には関心がない人も自分の安全な暮らしには無関心ではられない。泊原発の再稼働も現実味を帯びてきており、異常気象による災害対策が頻繁に話題になる今、地域の生産者や事業者と連携しながら、エネルギーや防災に関する勉強会を重ねている。エコビレッジが目指している「食とエネルギーを自給し、地域で分かち合う仕組み」を集落単位で広めることは、災害にも強い地域づくりにつながると考えている。

3. エネルギーの地産地消、SSの成果

3.1 余市にあるFIT太陽光発電所

エコビレッジのある余市町は、気象庁の「過去の気象データ」によれば、直近10年の年降雪量の平均が721cm、最深積雪平均が116.7cmの道内でも比較的雪の多い地域である。このような多雪地域ではあるものの、再生可能エネルギー電力固定価格買取制度（FIT）が適用されている太陽光発電所が8ヶ所（未着工4ヶ所を除く）ある³。それらは全て余市町外の事業者が設置したもので、近隣の小樽市、札幌市の事業者が設置したものが1件ずつ計2件、それ以外は全て道外事業者が設置したものである。最大出力は東京の事業者が設置した出力1,750kWのものである。

地域にある再エネ資源が地域外業者によって開発されることは、太陽光に限られたことではない。地

3 資源エネルギー庁、「再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法 情報公表用ウェブサイト」、<https://www.fit-portal.go.jp/>。

域住民がほとんど関与することなく進められる再エネ開発では、メガソーラーによる自然環境破壊などに見られるように、道内でもさまざまな問題が発生している。そこで、余市エコビレッジでは敷地内で小規模に始められる太陽光発電を導入した。

3.2 両面型ソーラーシェアリングの概要と特徴

エコビレッジに設置した太陽光発電設備は、その下で作物を栽培できるように通常よりも高く、隙間を空けてパネルを設置するソーラーシェアリング(SS)である。これは、各地でSSの普及に取り組んでいる(株)TERRAが、積雪寒冷地におけるSS発電量を明らかにするために、「学び舎」横の空き地に2023年(令和5)12月に設置した(図3)。このSSに使用されているパネルの特徴は、幅が40cm弱と一般の太陽光パネルよりも狭いこと、裏面もガラス(図右側参照)のため裏面からの光も発電に利用できることである。パネルは36枚、総出力は5.94kWである。



図3 ソーラーシェアリング設置状況(左)およびパネル裏面(右)

太陽光発電が積雪地において最も不利な点は、冬期間にパネル上に堆雪層が形成され発電できなくなることである。エコビレッジから直線距離で2km離れた地点にある従来型の野立て太陽光発電所の発電量は、最大の5月に比べ最小の1月には2%程度と著しく低下した。これは、日射量なども影響しているが、最大の理由はパネル上の堆雪層による遮光である。特に、パネルからの落雪が地面から積み上がりパネル端に達すると、それ以上の落雪は起こらなくなって、パネル上に堆雪層が長期間に渡って形成されたままになってしまう。その結果、積雪期の発電量は著しく低下する。

図4はSS設置直後、2023年12月25日の降雪以降のSS上の堆雪状況(毎朝9時前後)を示す写真である。25日20時に降り始めた雪は、26日は終日降

り続き、27日14時頃に止んだ。この間の降雪量は28cmに達した。25日には露出していた太陽光パネル(図4上段左)は27日には周囲の建物と同様に雪で覆われている(図4上段右)。しかし、雪が止み、陽が射し始めた27日の午後から28日にかけて徐々に雪がなくなり、29日にはパネル上の雪は全て消失していることがわかる。28日にSSの左側半分のパネルが右側半分よりも先に露出しているのは、パネル角度が右半分よりも急なためである。

SSの太陽光パネル上の堆雪層が短時間で消失して積雪期も発電が可能であることの原因として、幅の狭いパネル間の空隙から雪が落ちやすいこと、パネル設置用の梁が地上3.3mと高いためパネルからの落雪が積みあがってパネル端に達するような状況にならないこと、雪面反射によってパネル裏面から入射する光による発電に伴って発生する熱がパネル上堆雪層除去に寄与していることが考えられる。



図4 積雪後SS上に形成された堆雪層の時間変化

3.3 SSの実績と電気自動車の導入

図5にSSがフル稼働となった2024年7月から2025(令和7)年6月までの月別の発電量とエコビ

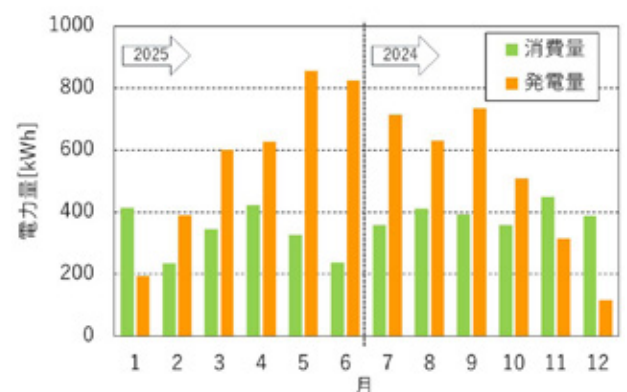


図5 月別のSS発電量および施設内消費電力総量

レッジ消費電力量を示す。

この間、SSの総発電量は6,514kWh、エコビレッジ施設内の消費電力総量は4,342kWhであった。11月から1月の冬期間は発電量が消費電力を下回ったものの、1年間の積算では、5.94kWの太陽光パネルで年間消費電力量以上の発電が可能であった。これには、これまでに取り組んできた施設の省エネ・節電によって消費電力が抑制されていることも大きく寄与している。

冬季はSS発電量だけでは消費電力を賄えないため外部からの電力購入が必要となるが、それ以外の季節においても、発電量の多い日中と電力消費量の多い時間帯が一致しないため電力の過不足が発生し、過剰な時間帯は売電、不足時には買電することになってしまう。SS発電を可能な限り自家消費し、施設内の電力自給率を上げるためには、日中の余剰電力を貯める蓄電池が必要となる。エコビレッジでは高価な蓄電池の代わりに電気自動車（Electric Vehicle, 以下、EV）を2025年7月に導入した。これは将来的に、EVに搭載された蓄電池に貯めた電力を施設内に供給するV2H（Vehicle to Home、ブイ・ツー・エイチ）システムを導入し、施設内電力としても利用することも考えてのことである。

余市エコビレッジには3台のガソリン車があり、それ以外に小型耕運機、乗用草刈り機などもガソリンを使用する。車以外の消費ガソリン量は車の10%以下である。図6はEVを導入した2025年7月前後のエコビレッジの月別ガソリン使用（購入）量である。EV導入後には、ガソリン使用量に加えて、その月のEV走行距離がガソリン車で賄われた場合の消費ガソリン量（ $[\text{EV走行距離}]/[\text{エコビレッジが有するガソリン車の平均燃費}6.27\text{km/L}]$ で算出）を「EV走行分」として積み上げている。EV導入によるガソリン消費の削減率は、10月でも50%を越えており、7月には70%近い値となった。

農村での生活に不可欠な自動車は、農村における化石燃料消費の少なくない部分を占めているが、これを太陽光発電とEV導入によって減らすことが十分可能であることがわかる。ただし、エコビレッジは坂道の多い地域に立地しており、二輪駆動のEVを冬道で利用することには限界がある。そのため12月以降の積雪期には使用していない。冬期間の少な

いSS発電量を有効利用するために、今後EVをV2H用の蓄電池として利用することを考えている。

冬季にも自動車は移動手段として不可欠なため、全ての車をEVに変えることは難しいが、複数台の自動車を所有している場合には、そのうちの一台を試験的にEVに変えて、自らEVの可能性と限界を理解することが得策である。最初からガソリン使用量をゼロにすることは難しいが、可能な部分から動力を電力に変えることは、エネルギー自給率を向上させる最初の一步として考えるべき選択肢である。今後、冬季の坂道も安心して運転できるEVの開発などと合わせ、トラクターなど農村に必要な動力源を現在の化石燃料から電力にするための技術開発も求められる。

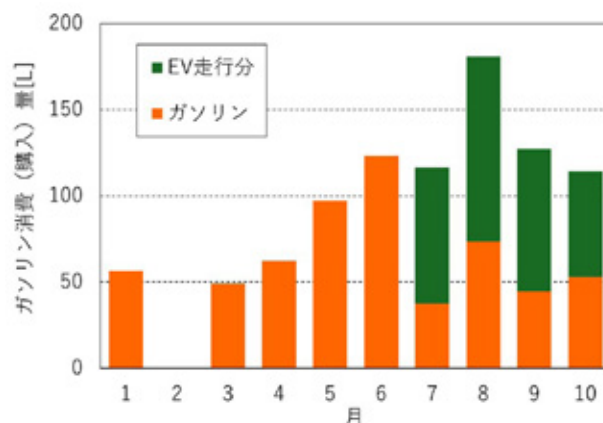


図6 EV導入前後のガソリン消費（購入）量

3.4 電力以外のエネルギーの自給率向上

エコビレッジでは、電力以外のエネルギーとして車・農機具用ガソリンに加え、暖房用灯油、調理用プロパンガスを使用している。これらの2024（令和6）年の使用量を支払伝票に基づき月別に積算し、

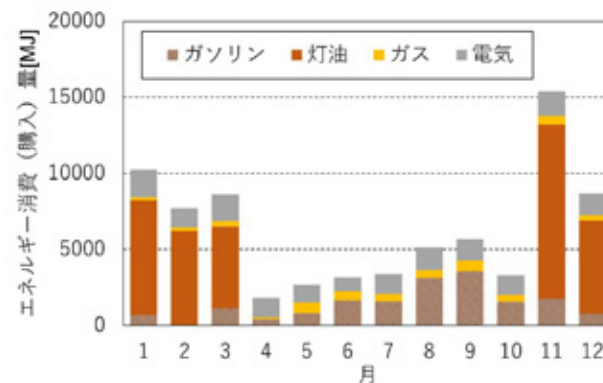


図7 エコビレッジの全エネルギー消費（購入）量 (2024)

エネルギーの単位を揃えたものを図7に示す。この数値は冬季のみ使用する暖房用灯油については、シーズン初めの給油が大きな値となるため11月の使用量が過大になるという問題がある。しかし、それ以外のエネルギー種は年間を通して使用されているため、各月の購入量と消費量との間に大きな差はないと考えられる。

ガソリン使用量はSSの余剰電力をEVで使うことにより削減可能であるが、ガソリンよりもさらに大きな割合を占めているのが冬期間の暖房用灯油で、年間消費エネルギー量は36,700MJで全体の48%を占めている。この削減はエコビレッジのエネルギー自給率向上にとって大きな課題である。エコビレッジでは果樹栽培の農作業から発生する剪定枝など、農業残渣バイオマスが発生するため、これらを暖房用熱源として利用することも考えられる。

課題と今後の方向性

地域において「FEC自給圏」を実現することは、すなわち「持続可能な地域」をつくることとほぼ同義である。化石燃料に依存して実現している現在の「快適な暮らし」をそのまま続けながらエネルギーの自給自足を目指しても、その実現性は見えてこない。再エネ利用を進める前に、消費エネルギーを減らす努力が不可欠である。食料生産の現場でも大きな動力を必要とする耕起を行わない農業⁴や放牧を中心とした酪農⁵なども進められており、農業の生産規模や生産体系の見直しも合わせて考える必要があるだろう。

持続可能な農村を実現するためには、化石燃料を使っていなかった頃の自給自足的農村にそのまま回帰することが必要なわけではない。昔のように農家の人が近くの山から薪を自ら調達し、昔ながらの薪ストーブで暖をとるということもあり得る。しかし、新しい技術を導入して、人々が魅力を感じる持続可能な農村生活をそれぞれの場で実現していくことも可能である。このような新しい技術の導入は、かつて役畜からトラクターへの転換でも実際に行なわれたことである。農業の基盤である自然の営みに

悪影響を及ぼさない範囲内で新しい技術を導入すること自身を否定する必要はない。大事なことは、その技術の導入に農家の人々が主体的に関わり、問題点を明らかにしながら、技術を地域に適したものとして定着させていくことである。その際、エネルギー資源を地元のものにするに留まらず、さまざまな技術の開発や利用方法を地元の事業者とともに作り上げていくことが望ましい。

収益を目的に大規模投資するような再エネ開発は、地域の再エネ資源を地域住民から収奪する植民地的開発といえるだろう。そのような投資を行う地域外資本は市場規模が小さく収益を見込めない所には参入しない。現在進行している収益目的の再エネ巨大開発に対抗して、地域ごとに異なる諸条件下で持続可能性を実現していくためには、そこに暮らす地域住民が地域を理解しながら自ら再エネ開発に取り組むことが不可欠となる。現在各地で起きている再エネ分野における乱開発を止め、地域の持続可能性を向上させる取り組みを地域住民・事業者が協同して進めることが必要であり、そのような取り組みをサポートする公的支援こそ持続可能な農村づくりにとって求められるものである。

4 農文協編「耕さない農業入門講座－草と生きものを活かす新しい不耕起栽培へ－、農文協（2025）。

5 三友盛行、「マイペース酪農：風土に活かされた適正規模の実現」、農文協、2000。

バイオガスプラントと循環のまちづくり

酒井 恭輔 (さかい きょうすけ) フロー株式会社 専務取締役

profile

京都大学工学研究科博士課程修了。博士（工学）。大学で次世代光アパイスの開発、北海道の生活協同組合で環境対策・森づくり事業に従事したのち、2020年より現職。専門は、物理学、環境再生、欧州の持続可能な暮らし方を参考にしたまちづくり。

須藤 貴宣 (すどう たかのり) フロー株式会社 代表取締役

profile

北海道工業大学建築工学部（現北海道科学大学）卒業。バイオガスプラントを中心とした再エネ・省エネの実務経験を経て2020年4月より現職。（一社）有機資源協会メタン発酵アドバイザー講師。脱炭素をきっかけとした豊かな地域・まちづくりに取り組む。

はじめに

バイオガスプラントは、家畜ふん尿や食品残さ、農業残さ等の廃棄物を原料として発酵させ、メタンガスを主成分とするバイオガスを取り出す施設である。30～50℃の嫌気性環境での発酵（メタン発酵）で分解を進め、臭気の低減、病害虫や雑草種子の防除などの効果のほか、原料を良質な堆肥に変えることから、資源の循環施設として広がりを見せている。日本では家畜ふん尿および食品残さの処理施設が多いが、欧州では焼却施設の代わりに生ゴミや剪定枝などを堆肥化する施設としても活躍している。

発酵過程で発生するメタンガスは、電気や熱を生み出す再生可能エネルギーである。欧州では、精製されたガスは天然ガス網に供給されるほか、熱電併給システムで電気と熱を生み出し送電網や熱供給網に送られ、地域のエネルギー自立に貢献している。気候に左右されがちな再生可能エネルギーの中にあつて、バイオガス由来のメタンガスは、需要に合わせて発電量を調整できる柔軟性電源としても重要な役割を果たしている。

本稿では、廃棄物をゴミとして処理するのではなく、微生物の分解で大地に戻すという自然の循環に習ったバイオガスプラントの役割を具体的な事例とともに示した上で、地域のエネルギー自立に貢献するバイオガスの可能性を紹介する。循環のまちづくりの一助となれば幸いである。

1. 自然循環

地球上では、水や炭素、窒素などの自然循環の中で、豊かな生命が育まれている。例えば、大地の恵みと太陽の光を浴びて育った植物は、次の世代を残した後に土へ戻り、次世代の栄養となる。野生の動植物を含めて、こうした循環は太古より脈々と繰り返

返されている。

一方、人間社会は、大地から化石燃料や鉱物などの資源を取り出し、大量の商品を生産・消費して、その後、不要となったものをゴミとして排出してきた。農業分野では、肥料として使われる窒素やリンは地球の自然な物質循環の量を超えて川や海の富栄養化を引き起こし、集約的な畜産で生まれるふん尿は自然分解の量を超え、土壌の劣化や臭気の問題を引き起こしている。その他、化石燃料の利用が地球温暖化を招くなど、一方通行型の資源利用は環境汚染や気候変動などさまざまな問題の原因となっている。

持続可能な社会の実現のためには、こうした一方通行型の資源利用を改め、自然の循環に戻していくことが基本的な姿勢として重要である。石油製品のような自然の循環に戻りにくいものは、3R（Reduce, Reuse, Recycle）活動により人間社会で循環させゴミとせず、食料や天然素材など自然の循環に戻せるものは、適切な処理で自然界に戻していくことが大切であろう。バイオガスプラントは、この自然界に戻していく処理方法の一つとして重要な役割を担っている。



図1 自然循環と人間社会の循環

2. 廃棄物の処理 ～堆肥化・大地還元へ

廃棄物処理の方法として、国土面積の限られた日本では燃やして量を減らす焼却処分が行われている[1]。焼却灰は埋め立てられ、自然の循環からは隔離される。つまり、一方通行型の資源利用の最終工程となっている。一方、バイオガスプラントは、食料や天然素材など有機質廃棄物を、微生物の働きでメタン発酵により分解し、堆肥やバイオ液肥へと変化させる[2]。発酵前後で体積は変わらないが、大地へ返す状態にできることから自然循環に戻す手法と言える。家庭ゴミを分別すると気づくのだが、生ごみなど有機質廃棄物は、ゴミ全体の半分くらいを占めている。これを焼却・埋立処理から、堆肥化・自然循環へ転換することで、ゴミの半分程度は自然の物質循環に戻せるのである。窒素やリンなど肥料の価格高騰に直面する現在、肥料を削減することのできる堆肥の利用拡大は、我が国の農業の持続可能性のためにも大変重要であり、政府も推進しているところである。

家畜ふん尿に関しては、堆肥化と農地還元が基本である。しかし、一般的な牛舎飼いの集約酪農ではふん尿量も多く、十分な堆肥化が困難という現実がある。そのため、未熟堆肥が農地に撒かれる地域もあり、土壌劣化や臭気が地域社会の大きな問題となっている。この解決策としてバイオガスプラントは大きな期待を集めており、北海道においては畜産ふん尿の堆肥化施設として150台程度が稼働している。バイオガスプラントでの発酵処理により、ふん尿がバイオ液肥へと変化し、土壌を豊かにする堆肥が生まれ臭気は大幅に低減するのである。次節では、バイオ液肥の効能をいくつか紹介する。



図2 バイオガスプラントの一例

3. 発酵後のバイオ液肥

十分にメタン発酵させた後のバイオ液肥は、良質な堆肥として近隣農家で活用されている。ここでは、畜産ふん尿を主原料とするプラントの事例を二つ紹介する。

3.1 道南・七飯町

道央自動車道・大沼公園ICの近くにあったバイオガスプラント（2013年～2021年）は、大沼の水質維持を目的に建設され、乳牛ふん尿、酪農公社の乳製品廃棄物、コープさっぽろや給食センターの食品残さを原料に稼働していた[3]。バイオ液肥は近隣の農地で活用され、美味しい野菜ができると評判であった。特に駒ヶ岳山麓の砂質土壌では、化成肥料は雨で流れてしまい効果が薄いのが、バイオ液肥は固形分が土壌にとどまり、じんわりと肥料効果を継続させると利用農家には好評であった。

本プラントはコープさっぽろグループの運営であったことから、プラント広報も兼ねて、バイオ液肥の一般配布を行った。バイオガスプラントの敷地では、希望者が1,000Lタンクから持参の容器に汲んで持ち帰れるようにしたほか、函館市内のコープさっぽろ店舗前では、3月、4月の週末に、ペットボトルに詰めたバイオ液肥の無料配布会を行った。家庭菜園が多い地区だったこともあり希望者は多く、100本の2Lペットボトルはあっという間になくなった。匂いの苦情もなく好意的に受け止められ、野菜が元気に育つようになったとの喜びの声もあがっていた。



図3 店舗前で配布したバイオ液肥

3.2 十勝・清水町

美蔓地区にあるバイオガスプラント（2019年～現在）は、酪農家9軒により共同で建設され、水分量の多い乳牛ふん尿を原料に稼働している[4]。1日

に約150tの原料を受け入れ発酵処理を行い、バイオ液肥は圧搾機で固液分離をかけている。固分は再生敷料として牛舎通路の敷料として再利用されているほか、完熟堆肥として近隣の畑作農家で利用され、好評を得ている。

液分は消化液として、酪農家が所有する牧草地やデントコーン畑のほか、近隣の畑作農地にも散布されている。従来は、臭気が問題視されていたが、発酵処理により大幅に臭気が削減されたことで、酪農家の家族は大変喜んでいとの感想を聞く。輸入した穀物飼料を食べた牛の糞からは、見た事のない雑草が生えるが、バイオ液肥にすると雑草がなくなると好評だ。

バイオ液肥の効能は、臭気削減や輸入飼料由来の雑草の防除のほか、麦稈分解の促進効果が確認されている[5]。清水町再生協議会が2021年に行った試験によると、消化液に浸した麦稈を8月から10月までの3ヶ月間、試験圃場の深さ15cmに埋めた状態にしたところ、水に浸した麦稈(対照試料)よりも10%程度、分解が進んでいることが確認された。微生物の働きが麦稈分解を進めたのだと考えられている。



図4 消化液と再生敷料



図5 消化液による麦稈分解試験
左：消化液、右：水（出典：清水町再生協議会）

	N(%)	P(%)	K(%)	C/N
バイオ液肥	0.4	0.1	0.3	-
再生敷料	0.5	0.3	0.3	24.7

図6 美蔓地区バイオガスプラントのバイオ液肥の肥料成分

さらに、牧草への散布では、渇水や早ばつ時でも、牧草が元気に育つという農家の声がある。肥料成分

も含まれる微生物資材として、消化液の可能性は広がりそうだ。別海にあるプラントからのバイオ液肥は、バイオスティミュラント資材として販売されている[6]。

4. 都市型バイオガスプラント (大木町およびスイスの事例)

北海道でのバイオガスプラントの多くが市街地から離れた場所にある一方、国内外には市街地に隣接した特徴あるプラントが設置されている。福岡県大木町では、道の駅を併設し循環のシンボルとしている。また、スイスでは、ガス管や地域熱供給網を介して電気以外のエネルギーの地産地消も進めている。ここでは、大木町とスイスの事例を紹介する。

4.1 福岡県大木町

大木町では、「環境のまちづくり」宣言の中で以下のようにプラントが紹介されている。

使い捨ての社会は、すでに限界を迎えています。これからは、「もったいない」の価値観が持続可能な社会を作るキーワードになります。

美しい故郷を、もっと自慢できる故郷にして、未来の世代に引き継ぐために、身近なところから始めましょう。

おおき循環センター「くるるん」が完成し、生ゴミなどの再資源化という新しい取り組みがスタートしました。

おおき循環センター「くるるん」は、し尿や生ご



図7 道の駅の掲示物

みをメタン発酵で処理し、消化液を地域の田畑へ供給する施設である。消化液で元気に育った作物の一部は、併設された道の駅で活用・販売されている。新鮮な野菜として、美味しい惣菜として販売されるほか、形が不揃いのものはレストランにてビュッフェとして提供される。まさに、「もったいない」の価値観のもと、バイオガスプラントを核とした循環のまちづくりが行われている好例である[7]。

4.2 Winterthur市

スイスで6番目の人口を誇るWinterthur市の近郊にはバイオガスプラントが建設され、食品残さ(工場)、生ごみ(家庭)、緑のごみ(落ち葉や剪定枝)などの有機質廃棄物に対し、焼却処理ではなく堆肥化処理が行われている。プラントへ集められた廃棄



図8 Winterthur市のプラント
上：全景（出典：Axpoグループ）
中：所在地（出典：Googleマップ）
下：発酵槽へ投入される原料

物は、破碎処理後に発酵槽へ投入され、14日間の発酵（55℃）を経たのち液体肥料および堆肥となる。堆肥は、30リットルにつき10スイスフランで販売され、地域の農家や家庭菜園で活用されている。

発酵により生まれたバイオガスからは、精製装置でメタンガスが取り出され、近くに敷設されているガス管に導入されている。ガス管がない施設では、熱電併給施設でエネルギーに変えられ、電気と熱を生み出している。

日本のゴミ処理施設は、自治体ごとの運営が一般的であり経験は蓄積されにくいだが、ここで紹介したバイオガスプラントを含め、スイス国内で15箇所のプラントは、発電・送電を手掛けるaxpoグループにより運営管理されている[8]。プラント設計や管理のノウハウが蓄積されることで、効率的な運用が行われている。設備の運転はほぼ全てが自動化・遠隔管理されており、見学した施設では3名がシフトを組み管理する体制であった。経済収支は、本施設単独で成り立っているということで、我が国でも参考としたい事例である。

4.3 Thayngen村

ドイツとの国境に接するスイスのThayngen村の肉牛/ジャガイモ農家では、バイオガスプラントの発電機と木質バイオマスボイラーから生み出した熱を、温水パイプを通じて地域へ供給している[9]。我々が見学した2022年には、天然ガスの価格が高騰しており、新たな熱需要家へと伸びる温水パイプを埋設する工事が近隣道路の片側車線を塞いで行われていた。牛のふん尿や近隣のパン屋などの食品残さをバイオガスプラントで、剪定枝や木質チップを木質バイオマスボイラーで利用し、地域資源から生まれた熱を、Thayngen駅前地域へ送り暖房や給湯を行っているのである。

本農家は熱供給の他にも、以下の先進的な取り組みを行っている。

- ① プラント全体を地中に埋めることで、景観を乱さず、外気温や太陽熱による変動を最小限にとどめ安定稼働を実現。
- ② バイオガスの一部を精製し、トラクターや自動車などの車両燃料とし給油所も設置することで、自身や地域の契約者の車両の脱炭素化を推進。

- ③ 建物の屋根上では太陽光パネルで発電し、バイオガスプラントの発電と合わせて、送電網へ供給。バイオ液肥は自身のジャガイモ畑へ還元して化成肥料を削減。カーボンニュートラルな農業を目指している。



図9 Thayngen村のプラント
上：地中に埋め込まれたプラント
(出典：Müller Energie GmbH)
中：所在地 (出典：Googleマップ)
下：ふん尿以外の原料

5. 地域のエネルギー自立

バイオガスプラントは、地域資源から生み出されるバイオガスにより、地域のエネルギー自給率の向上へ寄与するだけでなく、設計によっては、災害時など有事の際の非常用エネルギー施設としても機能する。まさに、地域のエネルギー自立を支える存在となる。その規模はプラントで受け入れる有機質廃棄物の量にも依存するが、大型施設の場合は、地域の公共施設の大半の電力を賄う容量にもなる。

上述の十勝清水町的美蔓地区にあるバイオガス

プラントでは、送電網へ供給する電力（固定価格買取制度-FIT）の容量は、公共施設の電力の9割以上に達する。

仮に、プラントのFIT電力を公共施設で利用すると仮定した際には、ガソリンや重油などを含めた公共施設からの全温室効果ガス排出量を、52.3%まで削減することが可能となる[10]。こうした事実から、このプラントでは、FIT非化石証書を利用した公共施設への発電電力の供給を2026年1月より開始した。

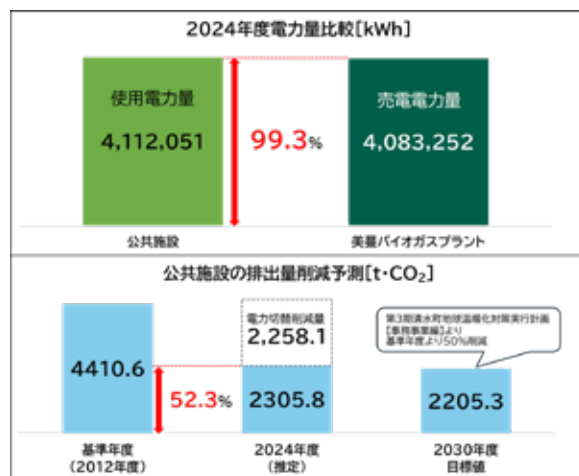


図10 美蔓地区のバイオガスプラントの売電電力量と清水町公共施設の温室効果ガス排出量

ドイツでは、自治体周辺からのバイオガスや木質バイオマスなどのバイオエネルギーを、地域の需要（電気と熱）の50%以上に使う「バイオエネルギー村」が180を超えており、地域社会の活性化に役立てられてきた。2005年に初めてバイオエネルギー村が設立されてから20年が経ちFITが終わりを迎つつある現在、「エネルギー転換村」など次の段階が議論されている。注目点は、電力供給から熱供給への軸足の転換である。熱電併給の稼働を熱需要に合わせた上で、電力価格が低い時間には電力でお湯を沸かし溜めておくことが、エネルギーシステム全体の柔軟性向上と事業採算性向上に資すると言われている[11, 12]。

6. エネルギーシステムの柔軟性

日本の電力システムでも再生可能エネルギーが増え、電力が余る時間帯での出力制御が増加してきた。さらに今後政府は、固定買取であるFITから市場価格連動のFIPに移行を予定しており、今後はますます

す電力システム全体での柔軟性の向上が重要になってくる[13]。

発電側では現状、ガスや石油を燃やす火力発電が出力を調整し柔軟性を生み出している。バイオガス発電も火力発電と同様に柔軟性を生み出すことができる貴重な再エネ電源であるため、今後の活躍が期待されている。ドイツでは、再エネ比率の拡大に伴い電力需給調整力の確保が重要課題となったことから、柔軟運転に必要な発電機出力の増強やガスタンク・貯湯槽の拡充などの設備投資に対し、FIP制度に付随するプレミアム（Flexibilitätsprämie）を付与する仕組みを導入し、バイオガス発電の調整力としての機能を強化している[14]。しかし、日本では、柔軟性向上策に関する議論が十分に進んでおらず、柔軟運転に必要な設備投資を促すインセンティブも乏しいのが現状である。今後、制度面での環境整備が進むことが期待される。

需要側の対応は現状、非常に限定的だが、デマンドレスポンスやセクターカップリングなどによる柔軟性の拡大を期待したい。バイオガスプラントは、ここでも活躍が期待される。地域熱供給網[15]や天然ガス網[16]に接続されている場合、安い余剰電力からお湯、水素、メタンガスを生み出し供給することができる。また、ガスタンクを拡充すれば、電力が余る時間帯に生み出したメタンガスを貯蔵し、電力が不足する時間帯に送電網へ電力を供給するという柔軟性の拡大に貢献できる。電気とガスや熱とを変換する機能を付与することで、バイオガスプラントの可能性はますます広がるだろう[17]。

参考資料

- [1] 令和7年版 環境・循環型社会・生物多様性白書 第3章
<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r07/pdf.html>
- [2] メタン発酵システム－基礎から実務まで知り尽くす（環境新聞社（2023/3/20））
- [3] 平成28年度 札幌市ものづくり支援事業成果事例集（株式会社エネコープ）
<https://www.city.sapporo.jp/keizai/seikajirei/seikajirei28.html>
- [4] スイッチのうら
<https://enecoop.sapporo.coop/special/268/>
- [5] 十勝清水町農業協同組合 ポータルサイト「この土がつくる未来へ」
消化液の試験・調査について
<https://portal.ja-shimizu.or.jp/soil/>
- [6] 株式会社NORINA「バイオスティミュラント資材販売」
<https://www.norina.co.jp/products/biostimulant/>
- [7] 環境省 第8回グッドライフアワード 環境大臣賞 優秀賞
https://www.env.go.jp/policy/kihon_keikaku/goodlifeaward/report2020-ookimachi.html
- [8] axpoグループのホームページ
<https://www.axpo.com/ch/de/energie/produktion-und-verteilung/biomasse-und-holzenergie/biomasse/verwertung.html>
- [9] Müller Energie GMBHのホームページ
<https://www.unterbuck.ch/>
- [10] プレスリリース資料（美蔓バイオガスプラント電力による地域資源活用プロジェクト）
https://flow.hokkaido.jp/_src/98231/251202_Flow_PRESS.pdf?v=1764655862331
- [11] FNR バイオエネルギー村のホームページ
<https://bioenergiesdorf.fnr.de/>
- [12] エネルギー転換村に関するホームページ
<https://xn--energiewendedrfer-c0b.de/>
- [13] 公益財団法人自然エネルギー財団「自然エネルギーによる脱炭素化のための 送電網のあり方」2023年4月
https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/pdf/REI_2023GridStudy_Full.pdf
- [14] Anwendungshilfe zur Flexibilitätsprämie nach § 50b EEG 2017, bdew, 2019
https://www.vbv.de/fileadmin/user_upload/pdf/2019/Anwendungshilfe_Flexibilitaetspraemie.pdf?utm_source=chatgpt.com
- [15] 一般社団法人日本熱供給事業協会 協会誌 熱供給 vol.107, p.14-17, 2018
https://www.jdhc.or.jp/wp_kanri/wp-content/uploads/2018/11/DHC107_web-tanaka.pdf
- [16] IEA Renewables_2023, Special section: Biogas and biomethane, Net Zero Emissions by 2050 Scenario tracking
https://iea.blob.core.windows.net/assets/96d66a8b-d502-476b-ba94-54ffda84cf72/Renewables_2023.pdf
- [17] Reverion社のホームページ
<https://reverion.com/en/technology/>

北海道における再エネ活用と 持続可能な地域に向けた取組み

発行 令和8年2月
編集発行 一般財団法人 北海道開発協会
〒001-0011 札幌市北区北11条西2丁目
セントラル札幌北ビル
TEL (011) 709-5213
FAX (011) 709-5225
URL <https://www.hkk.or.jp>
E-mail kenkyujo@hkk.or.jp

*本事業は、ライラック基金を活用しています。



一般財団法人 **北海道開発協会**

Hokkaido Development Association

