

令和 6 年度仁木町エネルギー転換実証事業委託業務 最終報告書

令和 7 年 3 月

株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

目次

第1章	はじめに	1-4
1.1	事業の背景・目的	1-4
1.2	本事業の概要	1-4
1.3	報告書の構成	1-5
1.4	本事業の実施スケジュール	1-5
1.5	本事業の実施体制	1-6
第2章	太陽光発電施設の導入に係るFS調査	2-7
2.1	太陽光発電導入調査にかかわる業務項目	2-7
2.1.1	調査対象施設	2-7
2.1.2	業務項目	2-8
2.2	現場調査	2-9
2.2.1	調査概要	2-9
2.2.2	調査結果	2-10
2.3	導入方針	2-13
2.3.1	導入基本方針	2-13
2.3.2	導入方針	2-13
2.3.3	現状の使用電力調査	2-13
2.3.4	太陽光発電設備導入案	2-15
2.3.5	蓄電池設置検討	2-19
2.3.6	システム構成案	2-19
2.3.7	需給シミュレーション	2-21
2.4	事業性の検討	2-24
2.4.1	工事費概算	2-24
2.4.2	導入効果の試算	2-25
2.5	関連動向調査	2-25
2.5.1	営農型太陽光発電	2-25
2.5.2	景観に配慮した太陽光発電設備	2-30
2.5.3	マイクログリッド	2-35
2.5.4	ゼロカーボンドライブ	2-42
第3章	バイオマス発電の実証事業の実施に向けた事前調査	3-46
3.1	業務項目	3-46
3.2	調査対象バイオマス資源	3-46
3.3	炭化炉の移設の検討	3-48
3.3.1	移設の必要性	3-48
3.3.2	移設候補地の選定	3-48
3.3.3	移設後の稼働・運営方針	3-49
3.4	炭化可能性確認	3-50

3.4.1	炭化実施方法.....	3-50
3.4.2	炭化実施結果.....	3-52
3.5	炭化物の性状調査.....	3-53
3.5.1	性状調査項目.....	3-54
3.5.2	性状調査結果.....	3-56
3.6	炭化物の利用用途検討	3-57
3.6.1	バイオ炭の利用用途調査.....	3-57
3.6.2	仁木町産バイオ炭の利用用途	3-64
3.7	事業性評価の実施.....	3-66
3.7.1	仁木町におけるバイオ炭製造ポテンシャル.....	3-66
3.7.2	バイオ炭製造事業に関する事業性評価.....	3-67
3.7.3	土壌改良剤利用.....	3-69
3.7.4	熱利用の場合	3-72
3.7.5	収益性向上に向けた検討	3-77
第 4 章	今後に向けた検討	4-79

第1章 はじめに

1.1 事業の背景・目的

仁木町は、第6期総合計画、仁木町地球温暖化対策実行計画書及び仁木町再生可能エネルギービジョンに基づき、地域特性である「果樹産業」・「豪雪地域」・「狭隘な土地」の3点に配慮した、仁木町独自の再生可能エネルギーの導入モデルの確立を目指している。その実現に向けて、令和5年度には、以下の2つの調査を実施した。

1. 公共施設への太陽光発電施設の導入に係るFS調査
2. バイオマス発電の実証事業の実施に向けた事前調査
(バイオ炭の生成調査及び実施可能性調査)

本事業では、以上の調査結果を踏まえ、さらに必要な追加の調査を行い、次年度以降に再エネ利用設備の導入につなげていくことを目的として実施する。

1.2 本事業の概要

本事業における各業務の内容について以下に示す。

1. 公共施設及び公共用地等における太陽光発電施設の導入に係るFS調査（フェーズⅡ）

貴町においてポテンシャルが大きい太陽光発電について、昨年度4つの公共施設（庁舎棟、保健センター棟、公用車車庫棟及び除雪車車庫棟）を対象に構造設計データ等を確認した上で、太陽光発電施設の導入可能性を検討し、導入可能な場合にはどの程度のパネルが設置可能かを検討した。そのコンセプトは、地域特性にも配慮して、屋根に太陽光パネルを設置するだけでなく、可能であれば壁面にも縦型パネルを設置するというものであった。一方で、本町が有する公共施設は他にもある上、他の公共施設や公共用地にもポテンシャルが存在するものと考えている。そこで、昨年度の調査対象となっていなかった公共施設等に加え、他の公共用地等を対象に太陽光発電システムの導入可能性を調査する。

2. バイオマス発電の実証事業の実施に向けた事前調査（バイオ炭の生成調査及び実現可能性調査フェーズⅡ）

令和5年度には、本町内で生み出される果樹剪定枝等の未利用バイオマス資源の炭化が可能か否かを確認した。得られるバイオ炭については、バイオマス発電やバイオマスボイラー等のエネルギー利用が考えられるほか、農地に土壌改良材として施用することなどが考えられる。そこで、本年度は、引き続き未利用バイオマス資源を対象に炭化の可能性を確認する。また、炭化物については、利用用途を視野に入れてその性状調査を行い、製造されたバイオ炭がバイオマス発電やバイオマスボイラー、あるいは、土壌改良材として利用できるか否かの検証を行う。検証はバイオ炭の利用用途（発電、熱利用、土壌改良等）ごとに事業性評価の形などで行う。また、対象とする未利用バイオマス資源の発生場所や集約場所等も勘案して、炭化炉の移設の必要性についても検討を行う。

3. 関連動向調査

以上の(1)及び(2)の調査検討を進めるに当たり、必要な技術調査や先行事例調査、さらには、国内外における最新動向等を可能な範囲で調査し、(1)及び(2)の調査検討に資することを目的に実施する。

1.3 報告書の構成

本報告書の構成は以下の通りである。

章立て	記載内容
第 1 章 はじめに	• 本事業の概要について記載
第 2 章 太陽光発電施設の導入に係る FS 調査	• フルーツパークにきに対する太陽光発電の導入可能性調査結果について記載 • その他太陽光発電に関する最新動向を記載
第 3 章 バイオマス発電の実証事業の実施に向けた事前調査	• バイオ炭の炭化実証の結果及び性状調査の結果について記載 • バイオ炭をエネルギー利用、土壌改良剤利用した場合の事業性評価結果について記載 • その他バイオ炭の使用事例やJ-クレジット化に関する情報を記載
第 4 章 今後に向けた検討	• 本事業の検討結果を踏まえた、次年度以降の検討内容について記載

1.4 本事業の実施スケジュール

本事業は 8 月 1 日から 3 月 10 日までの業務期間で実施した。各実施項目と実施期間については以下の通りである。

タスク	担当	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
打ち合わせ		★	●	●	●	●	●	●	●
①公共施設及び公共用地等における太陽光発電施設の導入に係るFS調査		キックオフ							
対象公共施設の選定	NDK								
電力需要量の調査（データ取得）	NDK								
現地調査	NTT-ME								
太陽光設置方法の検討（規模、設置方法等）	NTT-ME・NDK								
②バイオマス発電の実証事業の実施に向けた事前調査									
調査対象バイオマス資源の選定	NDK								
炭化可能性確認	(有)紋珠								
性状調査の実施	(有)紋珠								
調査結果を踏まえた利用用途検討	NDK								
事業性評価の実施	NDK								
炭化炉の移設必要性に関する検討	(有)紋珠								
③共通事項									
関連動向調査	NDK								
報告書作成	NDK								

図 1-1 本事業のスケジュール

1.5 本事業の実施体制

本事業では、株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所を中心に事業全体における検討を実施した。太陽光発電設備の設置に関する基本設計、バイオ炭の製造と性状調査及び炭化炉の移設等の専門特化したノウハウが必要な業務については、十分な経験とノウハウを有する機関に外注した。

太陽光発電設備の設置に関する基本設計については太陽光発電設備の設計・施工・運営維持管理等に豊富な実績を有する株式会社 NTT-ME 社に、また、既設炭化炉の移設・据付及び運営維持管理等に関する指導については貴町の炭化炉の設計・製造・据付を行った有限会社紋珠を外注先として体制に組み込み実施した。

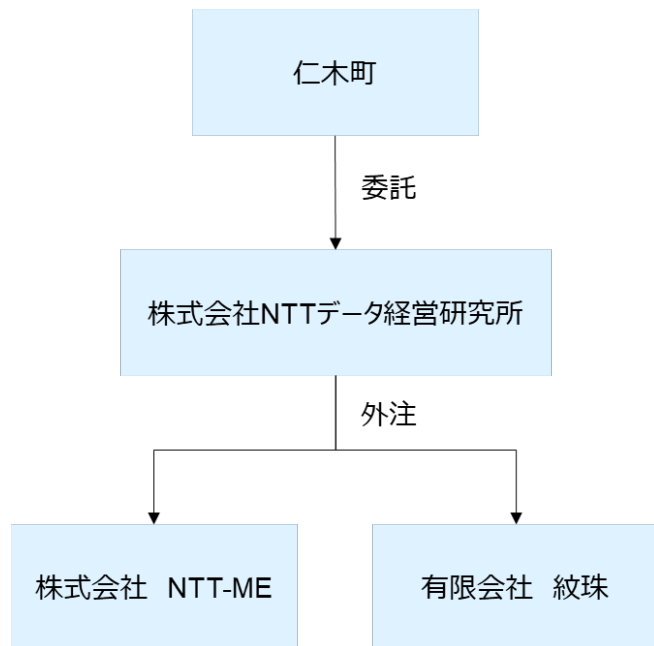


図 1-2 本事業の体制図

第2章 太陽光発電施設の導入に係る FS 調査

2.1 太陽光発電導入調査にかかわる業務項目

2.1.1 調査対象施設

令和 5 年度には 4 つの公共施設（庁舎棟、保健センター棟、公用車庫棟及び除雪車庫棟）を対象に構造設計データ等を確認した上で、太陽光発電施設の導入可能性を検討し、導入可能な場合にはどの程度のパネルが設置可能かを検討した。昨年度調査結果は表 2-1 のとおりである。

表 2-1 昨年度調査結果

対象施設	概要
庁舎棟	陸屋根：18 枚 壁面設置：90 枚（合計 108 枚設置可能）
保健センター棟	陸屋根：60 枚 壁面設置：50 枚（合計 110 枚設置可能）
公用車庫棟	重量としては 1 階屋根部分のみ設置可能。しかし、折板に直に太陽光パネルを設置すると雪によってパネルがずれ、折板がめくれて破損する恐れがあるため、設置個所の再検討が必要。
除雪車庫棟	重量としては屋根面に 33 枚設置可能。しかし、折板に直に太陽光パネルを設置すると雪によってパネルがずれ、折板がめくれて破損する恐れがあるため、設置個所の再検討が必要。

昨年度調査により、庁舎棟や保健センター棟には一定量の太陽光パネルを設置可能であることを確認しているが、さらに太陽光発電設備の設置可能性を探る必要があるため、以下の観点から他の公共施設や公共用地等の導入可能性を検討した。その結果、2024 年 9 月 19 日（木）に現地視察及び貴町と協議を行った上で、以下の観点を満たすとして、「農村公園フルーツパークにき」を調査対象施設として選定した。

- 太陽光発電設備やバイオマス利用設備等の再エネ資源を有効利用できるポテンシャルの大きい施設
- 再生可能エネルギーを有効利用していることが多くの人々の目に入り、結果として地域ブランドの向上に資するような可能性の高い施設
- 町民が集い、町民自身が再生可能エネルギーに関する理解を深めることができる可能性の高い施設
- 仁木町から見て地域のために重要度の高い施設

「農村公園フルーツパークにき」内の農地では、仁木町内で育てている農作物を栽培しており、仁木町の農業の縮図となっている。同施設に太陽光発電施設を導入し、モデル地区として再生可能エネルギーを活用した災害に強いまちづくりに取り組み、一定の成果を上げることができれば、この取組を町内の農地や全町に展開することで、町民が、安全・安心して暮らすことのできる持続可能なまちづくりにつなげることが可能と考えられる。

また、「農村公園フルーツパークにき」は、今後、観光拠点施設としての機能を強化することで、近年人気の体験型個人旅行やアウトドアを楽しむ滞在型観光客の誘致と交流人口の増加を図る施設としていくなど、自然環境を活用した公園整備を進めていく予定である。さらに、今後、整備が予定されている町内のインターチェンジと合わせて、電気自動車用の充電スタンドを併設することで、仁木町が脱炭素に向けての取組を実践することが可能となる。加えて、充電スタンドの最終個所は、札幌自動車道の金山サービスエリアであることから、充電施設の設置に伴う多くの需要が見込まれるため、「農村公園フルーツパークにき」を通じた、仁木町への観光客の呼び込みが期待できる。

このように「農村公園フルーツパークにき」は、太陽光発電施設を導入することで、脱炭素や防災、観光など様々な観点で効果が見込まれる公共施設である。



図 2-1 農村公園フルーツパークにきの外観

2.1.2 業務項目

本調査では、農村公園フルーツパークにきへの再エネ導入調査のうち、太陽光発電設備の導入可能性調査・検討を実施する。調査・検討にあたっては以下の項目の調査・検討を行った。

表 2-2 業務項目

	主な調査項目
1	現場調査 フルーツパークにき内の各施設（エリア）の現場調査を実施し、個票を整理する。 • 管理棟 • コテージ • 農園（ブドウ・ブルーベリー）
2	導入方針の調査・検討 • 現状の使用電力の調査

	- 太陽光発電設備の設置方法、設置可能容量、システム構成の検討 - 導入効果の検討（年間発電電力の検討） - 需給シミュレーション
3	事業性の検討 - 工事費概算の算定 - 導入効果の検討

なお、調査にあたっては、特に以下の視点に留意した。

- （視点 1）仁木町の地域特性
仁木町の垂直積雪量は 150cm と定められていることから、積雪時においても発電量を確保できることを目的として、屋根置きだけでなく、垂直架台太陽光発電設備等の検討も行う。
- （視点 2）基幹産業との両立
仁木町は、北海道内でも有数の果樹栽培が盛んな町であることから、農園を有効的に利活用できること。

2.2 現場調査

2.2.1 調査概要

「農村公園フルーツパークにき」における太陽光発電の導入可能性を調査するため、2024 年 11 月 13 日（水）に、現地詳細調査を実施した。

表 2-3 現地調査概要

調査実施日	2024 年 11 月 13 日（水）
調査参加者	NTT データ経営研究所 稲波 NTT-ME 津村、山内、平田、岡安、庄内、吉野、生田、高田

調査対象施設の現地調査にあたり、農村公園の景観も考慮し、フルーツパークにきにおいては下図の①～③のエリアについて調査を行った。

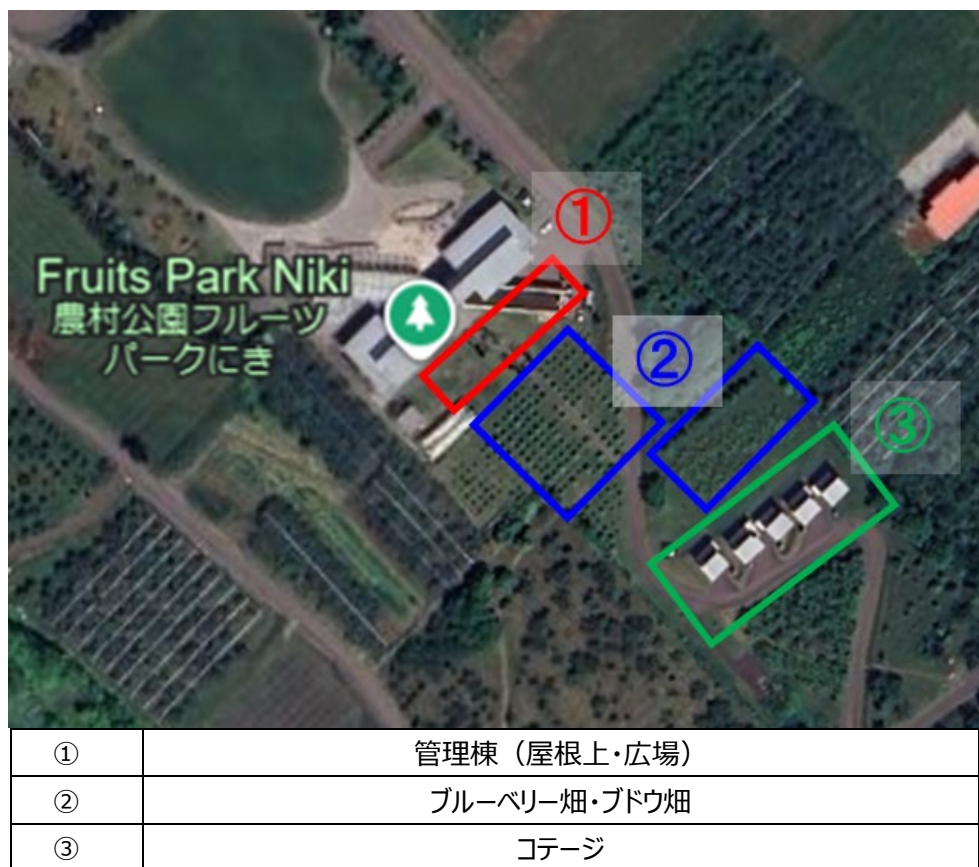


図 2-2 調査エリア概観

2.2.2 調査結果

以下に設置場所ごとの調査結果を示す。

1) フルーツパークにき管理棟

＜施設の機能・特性＞

- 来場者向けスペースの他、職員の事務室も兼ねているため年間を通じて一定の需要がある。
- 管理棟の屋根形状が特殊であり、広場への縦型パネル設置も検討した。



図 2-3 施設外観

＜調査結果・留意点＞

- ① 管理棟 屋根上
 - 一部陸屋根の箇所があり、陸屋根部への設置を検討した。

- 設置にあたっては、仁木町の積雪に対して十分な耐力を有する架台を選定する必要がある。
- 現状、砂利敷きとなっているため、設置にあたっては必要に応じて防水工事も実施する必要がある。
- 以下のように傾斜の緩やかな設置方法とすることで、景観を害さない設置が可能である。



図 2-4 陸屋根への施工イメージ

② 管理棟 広場前

- 管理棟前の広場へ垂直架台での設置を検討した。
- 燃料タンクが埋設されているため、埋設物の範囲を確認の上で施工する必要がある。

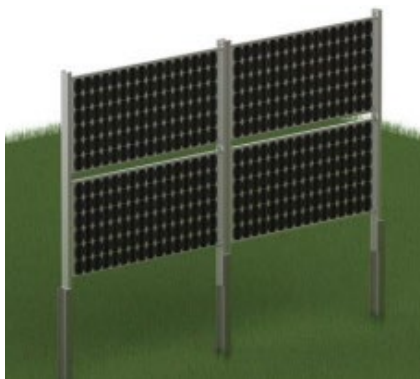


図 2-5 垂直架台での施工イメージ

2) フルーツパークにき コテージ

<施設の機能・特性>

- 来場者向けの宿泊施設で空調や照明負荷が夏季に生じる。



図 2-6 施設外観

＜調査結果・留意点＞

- 壁面への設置を中心に検討した。
- 屋根面への施工は穴をあける必要があるため、耐荷重の他、防水工事等も別途検討する必要があることから難しいと判断した。



図 2-7 壁面への設置イメージ

3) ブドウ畑およびブルーベリー畑

＜施設の機能・特性＞

- コテージへ続く斜面でブルーベリー、ブドウの果樹が栽培されている。
- 南向きに勾配が上がる斜面となっている。



図 2-8 施設外観

＜調査結果・留意点＞

- 藤棚式の営農架台での設置を検討した。
- 斜面に起伏が見られるため、造成を行うまたは平坦な場所を中心に施工する必要がある。

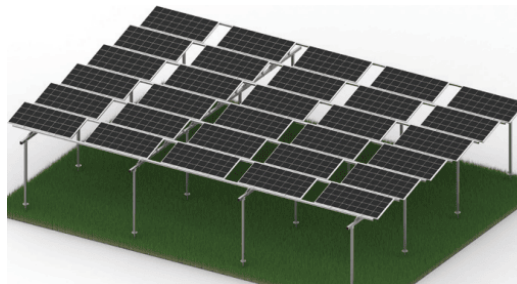


図 2-9 藤棚型での設置イメージ

2.3 導入方針

2.3.1 導入基本方針

導入検討にあたり、現地調査の結果も踏まえ、以下の条件に基づいて太陽光発電設備の規模、設置場所、設置方法等を整理するものとする。また、ポテンシャル調査であることに鑑み、施設のデマンドを考慮した構成と、デマンドを考慮しない構成の2パターンについて検討を行うものとする。

- 検討対象とする場所は当該施設の施設屋根、施設壁面、施設敷地とする。
- 太陽光発電設備の方位については、最適方位のみに限定しないこととする。
- 設置する太陽光発電設備について、屋根置き型、縦型等、施設の特性を踏まえた検討を行うこととする。
- 設置時及び運用時の作業性等が著しく悪い部分は設置不可とする。

2.3.2 導入方針

導入の個別方針は以下に記載の通りとするが、太陽光発電設備の設置にあたっては、JISC8955に基づき、固定・風圧（仁木町の基準風速 34m/s）・積雪（仁木町の垂直積雪量 150cm）・地震荷重に耐えうる設備の選定や設置方法の検討を行うものとする。また、垂直架台や藤棚架台の設置にあたっては凍結深度（60cm）を踏まえた設置方法とするものとする。

1）フルーツパークにき 管理棟

傾斜のある屋根上への設置は行わず、陸屋根部への設置を検討する。屋根上に穴をあけることを避けるため、置き基礎タイプの架台での設置を想定し検討を行う。また、仁木町役場庁舎での垂直架台検証の結果、冬季も積雪の影響を受けずに太陽光発電設備が発電できることから、管理棟南側に面する広場については垂直架台での野立て設置を検討する。加えて、垂直架台を東西両向きに設置すると専有面積が大きくなり景観にも影響が小さくないことから、南向きのみでの設置を検討する。

2）フルーツパークにき コテージ

耐荷重や防水工事など課題が多いため、屋根上への設置は行わず、施設壁面への設置を検討する。特に、南側に面している2面への設置を検討する。

3）フルーツパークにき ブドウ畑・ブルーベリー畑

畑内に通路や案内板が存在するため、当該箇所を除いた斜面全体へ藤棚型架台での設置を検討する。

2.3.3 現状の使用電力調査

導入の参考材料とするため、当該施設の2023年11月1日～2024年10月31日の30分デマン

ドデータに基づき、現状の使用状況を調査した。

はじめに、太陽光パネルによる発電量との突合せも考慮し、1 時間値のデマンドを確認したところ、下図の通りとなった。日中の営業に伴いデマンドが増えるが、夜間も一定の電力使用が見られる。

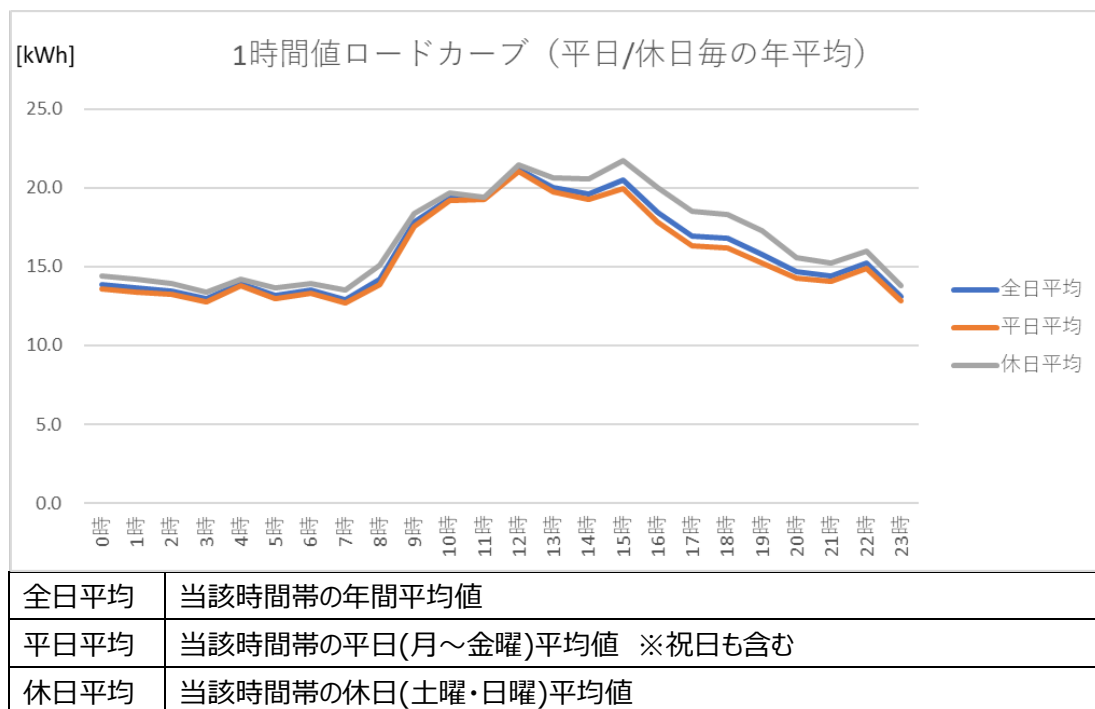
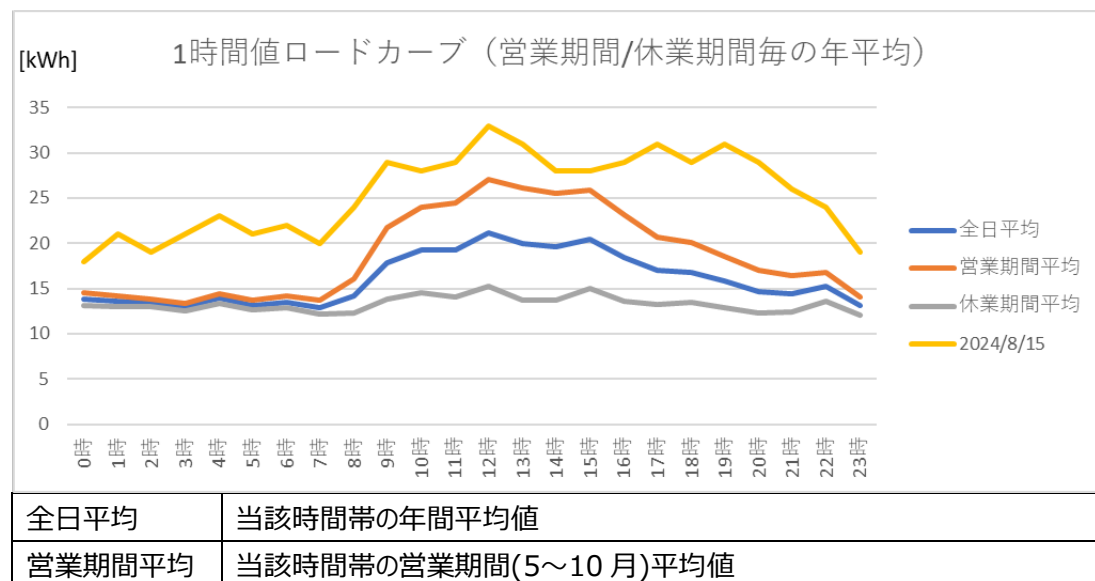


図 2-10 1 時間値ロードカーブ(平日/休日毎の平均値)

つぎに、当該施設が冬季閉鎖を行うことも加味し、同様に 1 時間値にて営業期間中と休業期間中の平均デマンド値、および年間で最も電力消費の大きかった 1 日について整理すると下図の通りとなった（参考として全日平均のロードカーブも付記）。営業期間と休業期間毎に異なる傾向が見られ、デマンドのピークは営業期間中の夏季に発生していた。営業期間は 9 時～18 時頃にかけて需要が増加する傾向が見られる。休業期間は 24 時間を通してほぼ一定の使用電力となる傾向が見られる。また、使用電力の大きかった 2024 年 8 月 15 日については、22 時頃まで日中と同程度の消費が続いていることも確認出来た。



休業期間平均	当該時間帯の休業期間(11～4月)平均値
2024/8/15	1年間で1日の使用電力量(kWh/日)が最も大きかった日

図 2-11 1 時間値ロードカーブ(営業期間/休業期間毎の平均値)

また、太陽光パネルが発電を行う日中と、発電を行わない夜間に分けて年間の消費量を集計すると下図の通りとなった。全日平均のロードカーブからも分かる通り、日が沈んだ後も 44%程度電力を使用していることが確認出来た。

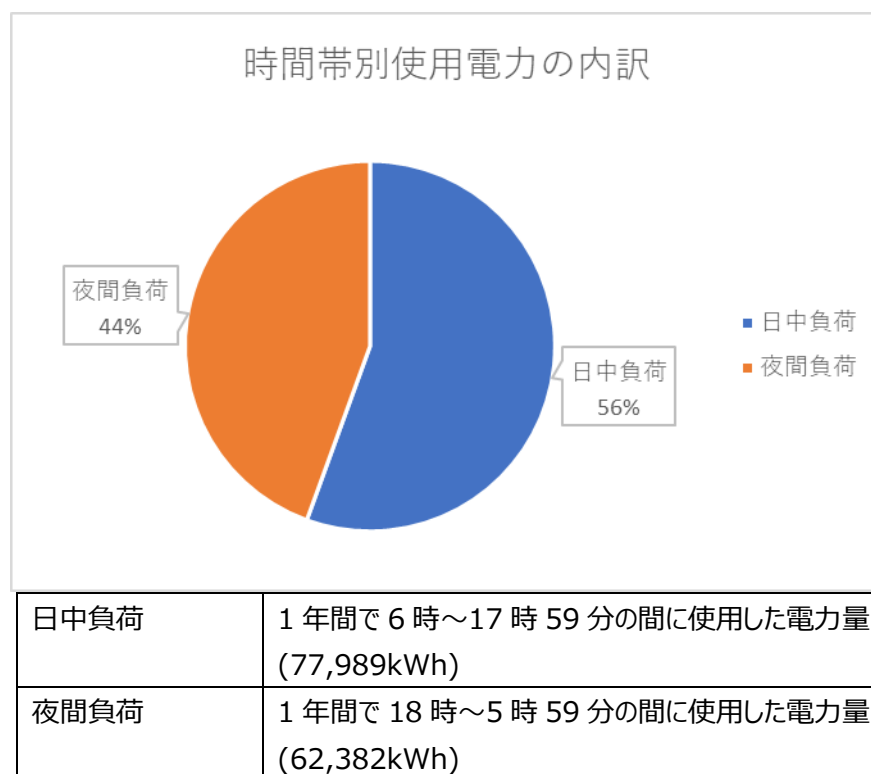


図 2-12 時間帯別使用電力の内訳

2.3.4 太陽光発電設備導入案

1) 発電量の推計方法

各項に記載されている「年間予測発電量」は専用ツールにて太陽光パネルおよび PCS の出力、傾斜角、日射量に基づいて算出した。ただし、各数値はシミュレーション値（推定値）となるため、諸条件変更によって変動する場合がある。また、パネル上へ構造物の影がかかることや積雪による発電量低下は考慮していないことに留意。

2) 太陽光発電モジュール

本ポテンシャル調査にあたり、想定する太陽光パネルの製品情報を以下に示す。垂直架台での設置には両面発電パネルを用い、それ以外には片面パネルを用いることを想定するものとする。

	ジンコソーラー	京セラ
製品イメージ		
型式	JKM450N-54HL4R-V	KT410W-108HL4
公称最大出力	450W	410W
サイズ	1,762 × 1,134 × 30	1,722 × 1,134 × 30
重量	21.0kg	25.4kg
種類	単結晶	単結晶
想定設置場所	管理棟屋根上、コテージ、畑	管理棟前広場
備考	-	・両面発電パネル

図 2-13 製品仕様

3) システム配置案

① 全体配置図

以下に全体配置図の案を示す。受電キュービクルへ継電器およびマルチメーターを取り付けることを想定する。昇圧盤およびPCSは管理棟からコテージへ上がる道路脇へ設置することを想定し、蓄電池を設置する場合は同場所に設置することとした。



図 2-14 配置図概観

表 2-4 システム配置一覧

配置箇所	実施内容案
① 受電キュービクル（既設）	・継電器(RPR/OVGR)取付 ・マルチメーター取付
② 管理施設キュービクル（既設）	・高圧連系（母線接続）※蓄電池有の場合 ・低圧連系（MCCB 交換）※蓄電池無の場合
③ コテージキュービクル（既設）	・工事無し
④ 高圧分岐版（新設）	・太陽光連系ケーブル遮断/保護用
⑤ 昇圧盤/PCS/蓄電池（新設）	・ダウントランス盤/PCS ・蓄電池 ※蓄電池有の場合
⑥ PCS（新設）	・PCS ※コテージへ太陽光を設置する場合

② 太陽光パネル配置図（最大限設置想定）

現場調査を実施した各施設に対して、最大限太陽光発電設備を設置した際を想定したパネル配置図およびシステム容量を示す。この時、太陽光パネル容量は 198.09kW、PCS 容量は 150kW とした。営農型の遮光率については、ブドウ畑は遮光率 23%、ブルーベリー畑は遮光率 33%とした。

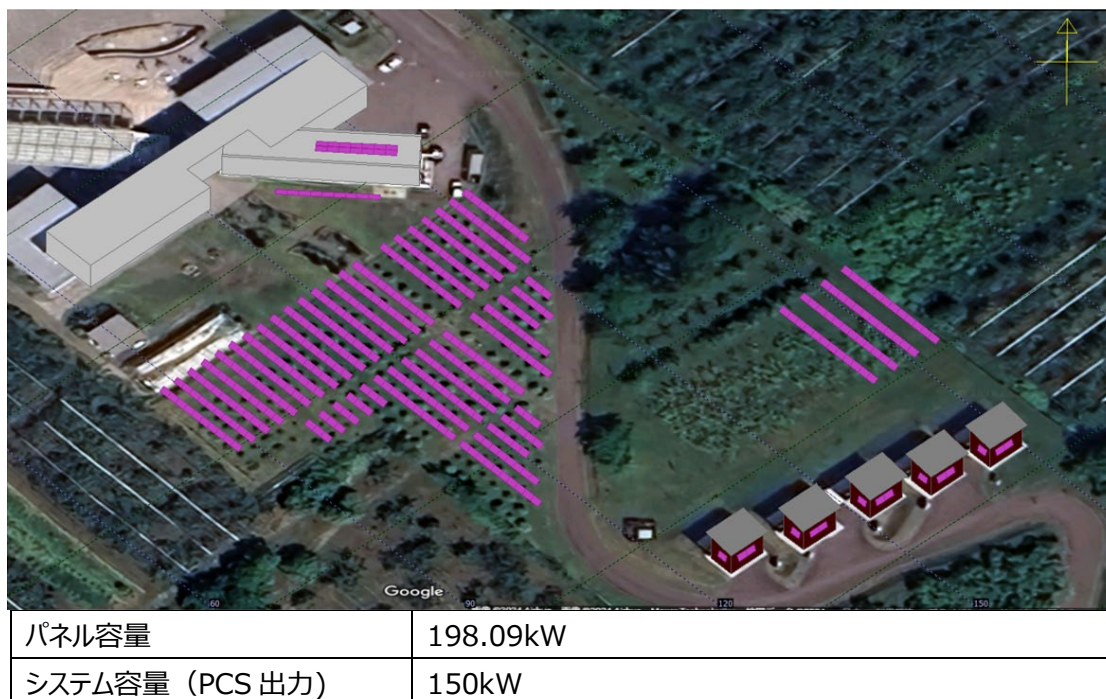


図 2-15 太陽光パネル配置図

③ 太陽光パネル配置図（デマンド考慮）

現場調査を実施した各施設に対して、受領した施設のデマンドデータも加味し、太陽光発電設備によって発電された電力が施設内で消費しきることを想定したパネル配置図およびシステム容量を示す。この時、太陽光パネル容量は 65.79kW、PCS 容量は 50kW とした。



パネル容量	65.79kW
システム容量（PCS 出力）	50kW

図 2-16 太陽光パネル配置図

2.3.5 蓄電池設置検討

蓄電池の容量検討に当たり、1 日当たりの平均的な夜間負荷を賄える電池容量を目安とした。具体的には、「2.3.3 現状の使用電力調査」において 30 分デマンドデータの全日平均を求めたが、全日平均の内、夜間に当たる 18 時～5 時 59 分の間の消費電力量 171[kWh/日]を指標とし、これを十分賄える 200[kWh]の蓄電池について設置を検討することとした。

デマンドを考慮した AC65.79[kW]構成のシステムと、最大限設置の AC198.09[kW]構成それぞれに対し、200[kWh]の蓄電池を設置した場合の太陽光発電システムにおける仕様および電力の想定値は下表の通りとなる。AC65.79[kW]構成のシステムについては、投資額を低減することも考慮し、蓄電池無しの構成も案 1 として示す。

案 1 の場合、初年度の自家消費量は 52,006kWh であり、フルーツパークにきの消費電力量の 37%を再エネ利用に置き換えることが出来る。

案 2 では蓄電池による余剰電力の吸収により、自家消費量は 71,938kWh、再エネ率は 51%となる。

案 3 の場合、自家消費量は 124,424kWh となり、再エネ率は 89%まで上がるが見込まれる。

表 2-5 太陽光発電システムにおける仕様および電力の想定値（案 1～3）

項目	単位	案 1	案 2	案 3
太陽光発電出力	kW	65.79	65.79	198.09
蓄電池容量	kWh	0	200	200
フルーツパークにき消費電力量	kWh/年	140,370	140,370	140,370
使用可能電力量（初年度）	kWh/年	52,006	71,938	124,424
再エネ率（初年度）	%	37%	51%	89%
使用可能電力量（20 年間）	kWh/20 年	1,040,120	1,438,760	2,488,480

2.3.6 システム構成案

システム配置案にて示した案 1～3 それぞれのシステム構成案を示す。

1) 案 1：デマンド考慮 ※蓄電池無し

以下に案 1 のシステム構成図を示す。既設受変電設備内（受電キュービクル）に MCCB を増設し、太陽光発電設備を接続する。PCS は 50kW のものを 1 台設置する想定とした。

また、太陽光発電設備の遠隔監視や制御を行うため、監視制御装置を設置する。

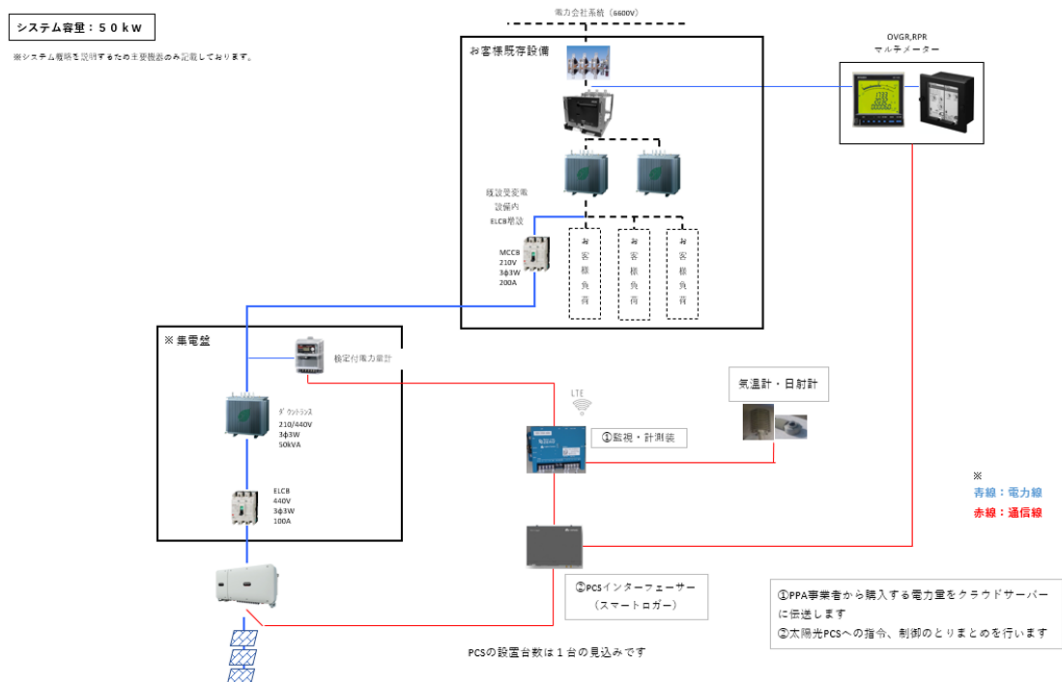


図 2-17 システム構成図 (案 1)

2) 案 2 : デマンド考慮 ※蓄電池 200kWh

以下に案 2 のシステム構成図を示す。蓄電池を併設する場合は、太陽光発電設備及び蓄電池からの合計出力が大きくなることから、高圧に昇圧し、高圧分岐盤を新設したうえで、既設受変電設備（受電キュービクル）の変圧器 1 次側に接続する。蓄電池は 200kWh のものを 1 台設置する想定とした。

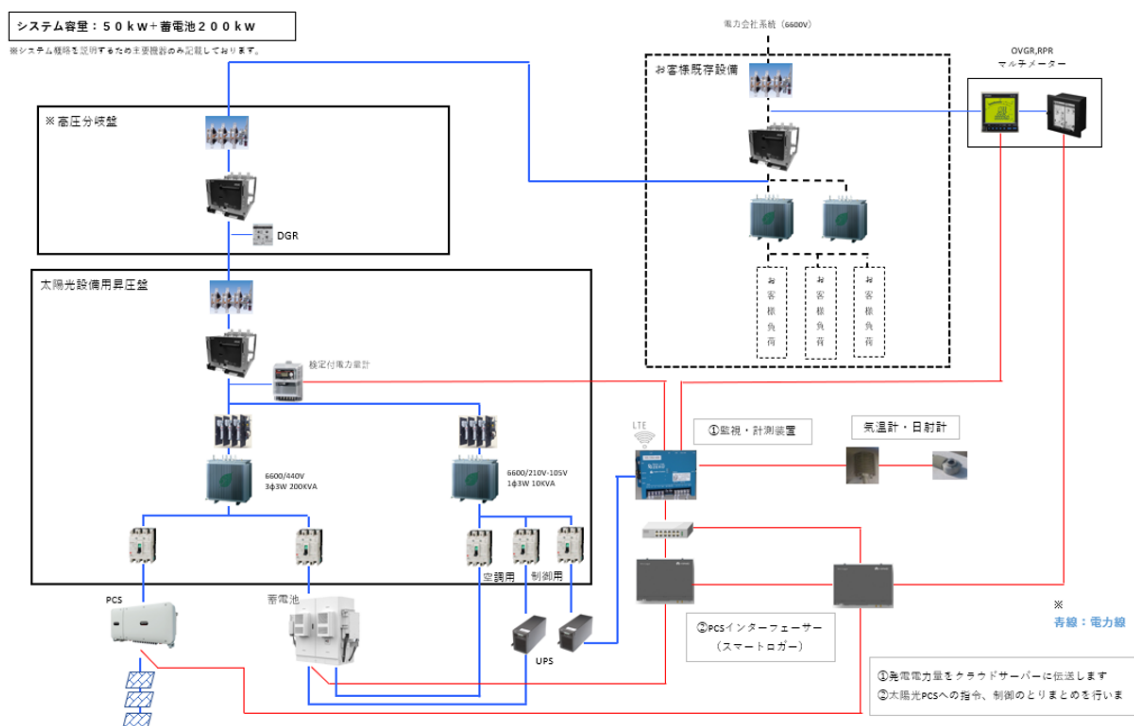


図 2-18 システム構成図 (案 2)

3) 案3：最大限設置想定 ※蓄電池 200kWh

以下に案3のシステム構成図を示す。基本的な構成は案2と変わらないが、太陽光パネルの増設に伴い、PCSは50kWのものを3台設置する想定とした。

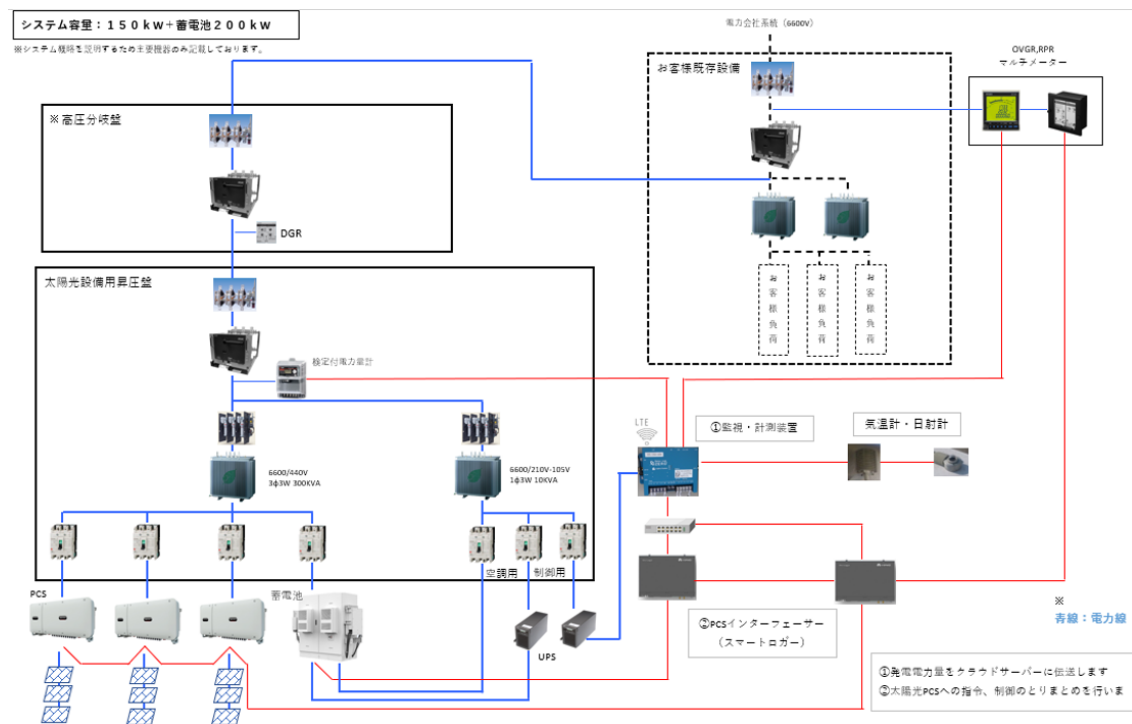


図 2-19 システム構成図 (案3)

2.3.7 需給シミュレーション

蓄電池設置検討にて示した案1～3それぞれの需給シミュレーションを示す。

1) 案1：デマンド考慮 ※蓄電池無し

案1における需給シミュレーション結果を以下に示す。この結果から、年間発電量 75,167kWh のうち、施設での自家消費量が 52,006kWh となり、自家消費率は 69%となる。なお、使用電力量に占める再エネ率は 37%となった。冬季に発電量が落ち込むことから再エネ率は冬季に 20%前後まで落ち込むが、春夏においては 40%前後となっている。

表 2-6 案1における需給シミュレーション結果

[kWh]	施設負荷 (消費電力)	太陽光発電量	自家消費量	再エネ率
1月	9,867	3,196	2,288	23%
2月	8,973	4,465	2,781	31%
3月	9,589	7,346	3,532	37%
4月	10,381	8,441	4,495	43%
5月	13,039	8,968	6,134	47%

6月	12,775	8,350	5,990	47%
7月	15,405	8,448	6,487	42%
8月	16,040	7,958	6,552	41%
9月	13,394	6,902	5,470	41%
10月	12,034	5,502	4,188	35%
11月	9,235	3,106	2,205	24%
12月	9,638	2,485	1,884	20%
合計	140,370	75,167	52,006	37%

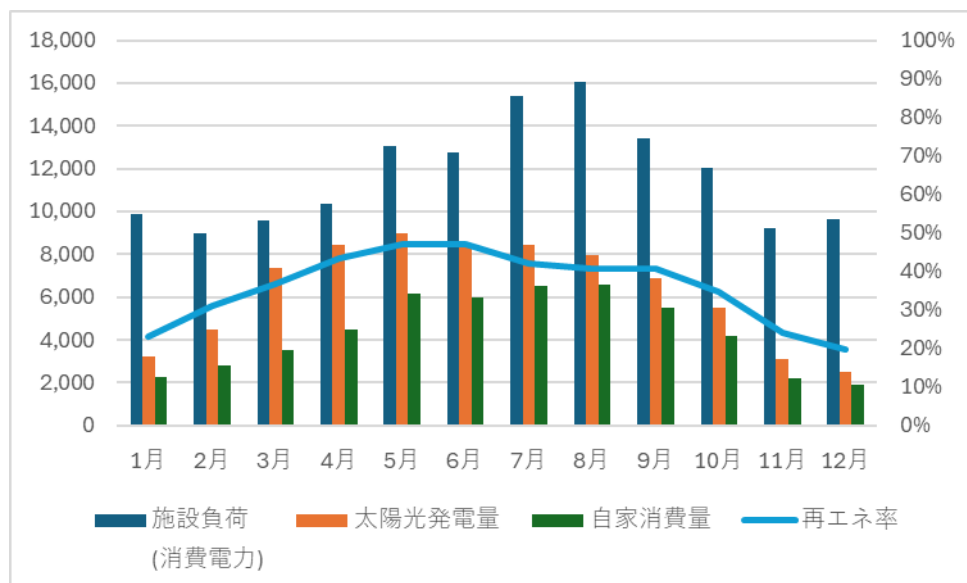


図 2-20 案 1 における需給シミュレーション結果

2) 案 2 : デマンド考慮 ※蓄電池 200kWh

案 2 における需給シミュレーション結果を以下に示す。この結果から、年間発電量 75,167kWh のうち、自家消費量が 71,939kWh となり、自家消費率は 95%となる。蓄電池を設置することで、案 1 と比較し、19,933kW 多く自家消費することができ、再エネを有効に活用できていると言える。施設の使用電力量に対する再エネ率は 51%となった。

案 1 と同様、冬季に発電量が落ち込むことから再エネ率は冬季に落ち込むが、春夏において上昇する傾向となっている。

表 2-7 案 2 における需給シミュレーション結果

[kWh]	施設負荷 (消費電力)	太陽光発電量	自家消費量 (蓄電池込み)	再エネ率 (蓄電池込み)
1月	9,867	3,196	3,083	31%
2月	8,973	4,465	4,254	47%
3月	9,589	7,346	6,662	69%
4月	10,381	8,441	7,824	75%
5月	13,039	8,968	8,614	66%

6月	12,775	8,350	8,054	63%
7月	15,405	8,448	8,203	53%
8月	16,040	7,958	7,782	49%
9月	13,394	6,902	6,723	50%
10月	12,034	5,502	5,338	44%
11月	9,235	3,106	2,993	32%
12月	9,638	2,485	2,409	25%
合計	140,370	75,167	71,939	51%

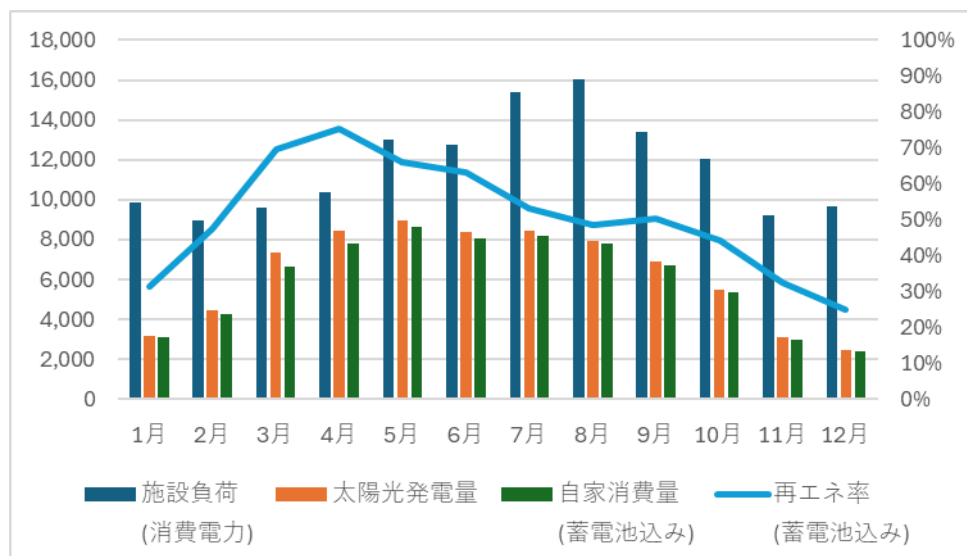


図 2-21 案 2 における需給シミュレーション結果

3) 案 3 : 最大限設置想定 ※蓄電池 200kWh

案 3 における需給シミュレーション結果を以下に示す。この結果から、年間発電量 222,559kWh のうち、自家消費量は 124,426kWh、自家消費率は 56%となり多くの余剰電力が発生する状態となる。施設の使用電力量に対する再エネ率は 89%となった。施設の再エネ率は最も高くなるが、多くの余剰電力が発生しており、再エネを十分に活用できていないこととなる。年間を通じて再エネ率は高く、春季は 100%近い値で推移している。

なお、案 3 は太陽光パネルを最大限設置したケースであり、設置にあたってはその時点での最新の使用電力や施設改修計画等を踏まえ、設備容量を決定する必要がある。

表 2-8 案 3 における需給シミュレーション結果

[kWh]	施設負荷 (消費電力)	太陽光発電量	自家消費量 (蓄電池込み)	再エネ率 (蓄電池込み)
1月	9,867	9,372	7,184	73%
2月	8,973	13,140	8,383	93%
3月	9,589	21,813	9,449	99%
4月	10,381	25,070	10,190	98%
5月	13,039	26,632	12,867	99%

6月	12,775	24,807	12,432	97%
7月	15,405	25,074	13,829	90%
8月	16,040	23,523	14,515	90%
9月	13,394	20,411	12,302	92%
10月	12,034	16,277	10,565	88%
11月	9,235	9,136	6,787	73%
12月	9,638	7,304	5,923	61%
合計	140,370	222,559	124,426	89%

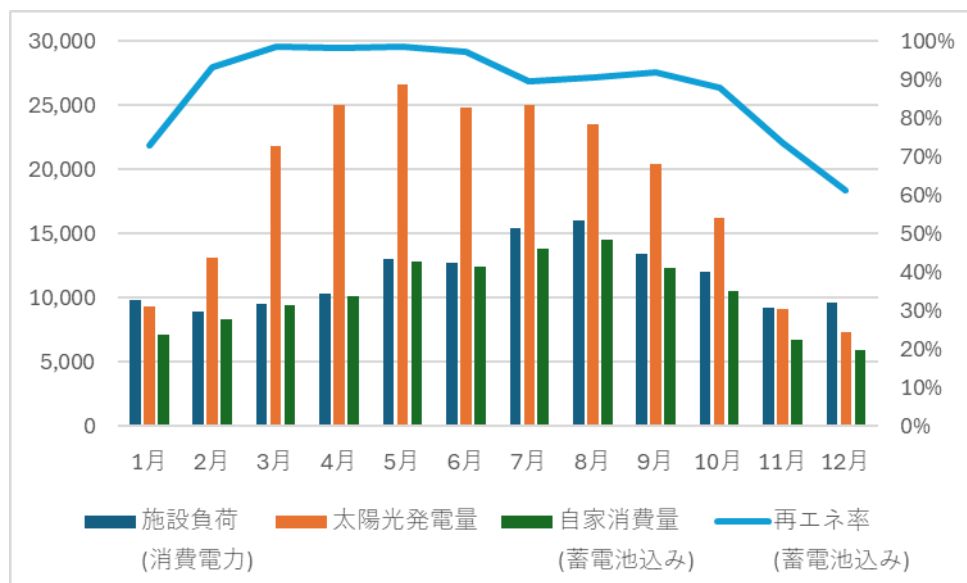


図 2-22 案 3 における需給シミュレーション結果

2.4 事業性の検討

2.4.1 工事費概算

フルーツパークにきにおける、案 1 ～ 3 の概算工事費を算定した。ブドウ畑・ブルーベリー畑の造成工事費は含んでいないことに留意。

表 2-9 工事費概算（案 1～3）

（単位：千円）

品名	案 1	案 2	案 3
太陽光発電設備設置工事 （蓄電設備・材料代含む）	22,000	49,700	82,100
電気設備工事	16,500	16,500	24,600
土木工事・フェンス等工事	1,800	1,800	2,200
検査等費用	1,600	1,600	1,700
諸経費	6,200	10,000	16,100
合計	48,100	79,600	126,700

2.4.2 導入効果の試算

2.4.1 の結果を踏まえ、案 1 ～ 3 の導入効果を試算した。CO₂ 削減量について効果を算定したところ、CO₂ 削減量は初年度 27.6～66.1t-CO₂eq、20 年間で 552～1321t-CO₂eq であった。再エネ発電単価については 20 年間での投資回収を想定して試算し 46.24～55.33 円/kWh となったが、案 1 の発電単価が最も安く、案 2 の発電単価が最も高い結果となった。これは太陽光発電設備の容量に対し蓄電池の容量が大きいことから単価が上昇したことが考えられ、蓄電池容量の見直しや太陽光発電設備容量の増設によって改善できるものとする。ただし、設備容量を増設するとそれに伴い導入費用も高額になる課題がある。

表 2-10 導入効果の試算

項目	単位	案 1	案 2	案 3
フルーツパークにき消費電力量	kWh/年	140,370	140,370	140,370
使用可能電力量（初年度）	kWh/年	52,006	71,938	124,424
太陽光発電導入費用(税抜)	千円	48,100	79,600	126,700
CO ₂ 削減量（初年度） ¹	t-CO ₂ eq/年	27.6	38.2	66.1
再エネ率（初年度）	%	37%	51%	89%
使用可能電力量（20 年間）	kWh/20 年	1,040,120	1,438,760	2,488,480
CO ₂ 削減量（20 年間）	t-CO ₂ eq/20 年	552	764	1321
再エネ発電単価（20 年間）	円/kWh	46.24	55.33	50.91

2.5 関連動向調査

太陽光発電施設の導入に係る FS 調査の検討を進めるに当たり、以下 4 つの項目について、国内の先行事例などの調査を実施した。

- 営農型太陽光発電
- 景観に配慮した太陽光発電設備
- マイクログリッド
- ゼロカーボンドライブ

2.5.1 営農型太陽光発電

営農型太陽光発電とは農地に支柱を立てて太陽光パネルを設置し、農作物の栽培と発電を同時に行う取組のことである。営農型太陽光発電の実施方式はパネルの設置方法により大きく表 2-11 に示す 3 種類に分類される。

¹ 北海道電力 2023 年度 CO₂ 排出係数 0.531kg-CO₂/kWh より算出

表 2-11 営農型太陽光発電の種類

種類	特徴	メリット	デメリット
藤棚式	格子状に組み上げられた梁に太陽光パネルを規則的に設置し、支柱で支える一般的な方式。支柱で 2-3m の営農可能な高さを確保し、間隔を空けて配置された太陽光パネルの屋根の下で、農作業を行う。	- 農地の上部にのみ設置するため、土地を最大限有効に活用できる - 作物に対する過度の日照を防ぎ、人の避暑にもなる	- 上部に屋根のように配置された太陽光パネルや一定間隔で支柱が並んでいるため、大型の農業機械の導入が難しい - 雪によってパネル表面が覆われてしまうと発電ができない場合がある。雪の荷重を受けやすい
垂直式	農機や農地の形状にあわせて間隔を空けながら、垂直なパネルを設置する方式	- 限られたスペースでも設置可能 - 積雪の影響を受けにくい - 直接受ける太陽光だけでなく、反射光も利用することで、特に積雪時には高い発電効率を発揮	パネルに当たる太陽光の量が減少する時間帯や季節では、発電効率が低下することがある
追尾式	太陽の位置を追跡し、パネルの角度を自動的に調整する方式。モーターやセンサーが組み込まれており、太陽の動きに合わせてパネルが常に最適な角度を維持する。	- 太陽の動きを追って常に最適な角度で太陽光を受けるため、発電効率を最大化できる - 農地内に設置する際に支柱の数が少ないため、支柱が導線を妨げることが少なく、効率的に作業を行うことが可能	- 構造の複雑さや高性能な部品を必要とするため、他の方式に比べて導入コストがより高額になる - メンテナンス費用も増大するため、総合的なコスト負担

(1) 栽培作物の種類

令和 3 年に農林水産省より公表された営農型太陽光発電設備の下部の打ち出の主な栽培作物割合は図 2-23 に示すとおりである。営農型太陽光発電では野菜、次いで観賞用植物が多く栽培される。全体の 13%を占める果樹栽培では主な作物としてブルーベリーが挙げられる。

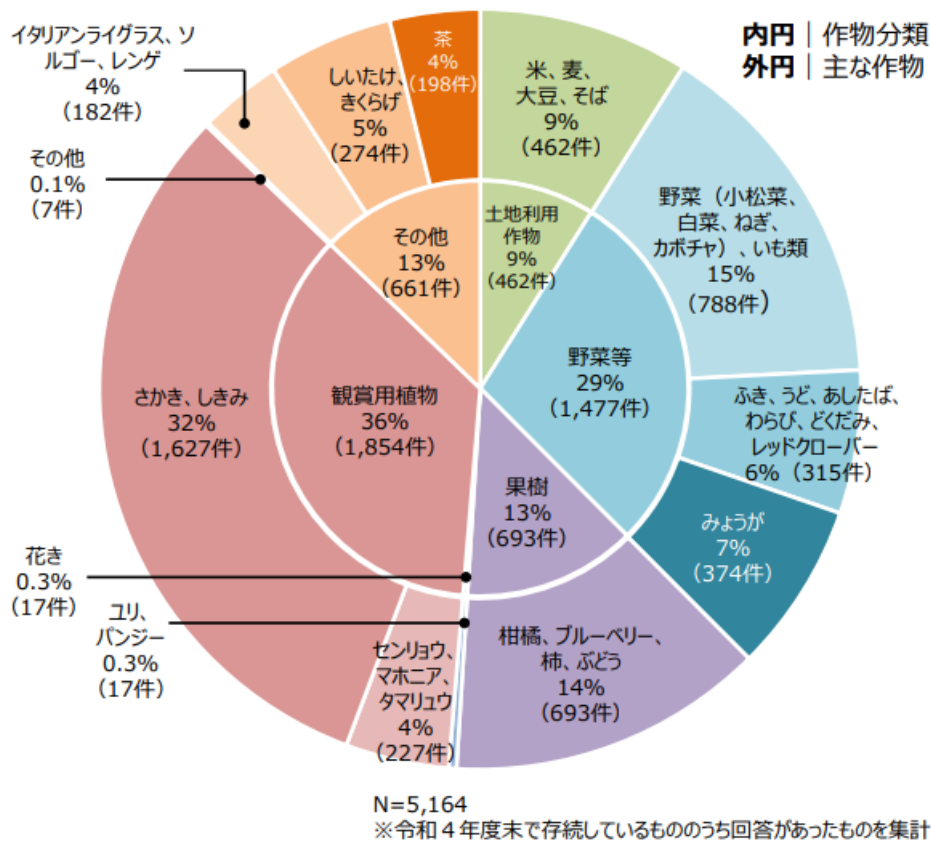


図 2-23 営農型太陽光発電設備の下部農地での主な栽培作物割合

出典：農林水産省（2025）営農型太陽光発電について

(2) 導入にあたっての検討

営農型太陽光発電を導入するにあたっては作物の種類と太陽光パネルを地域性等の条件に照らしながら検討する必要がある。

作物を選定する際には考慮すべき事項として生育に必要な日照量が挙げられる。日当たりのよい場所でもよく成長する草や木を陽生植物、日当たりの悪い場所でも成長する草や木を陰生植物という。陽性植物は1日当たり6時間以上の直射日光がなければ生育が難しいのに対し、半陰性植物は1日あたり3～4時間程度の直射日光で生育が可能、また陰性植物は直射日光のあたらない日陰か半日陰での生育が好ましい。それらは光強度や光飽和点（植物の光合成においてこれ以上光を強くしても光合成の量が増えなくなる点）が異なることにより成長に必要な日照時間が異なるが、営農型太陽光発電において栽培する作物は、長時間の日照が必要のない半陰性または陰性植物を選定することが好ましいと考えられる。

また営農型太陽光発電設備の太陽光パネルを選定する際には、遮光率、積雪量及び作業性を鑑みる必要がある。営農型太陽光発電において遮光率が30%程度確保されていれば栽培種によらず生育可能とされており、同値が遮光率の基準とされる。しかし遮光率の低さと発電量はトレードオフの関係にあるため、栽培する農作物の種類を鑑みた遮光率と、採算性を考慮することが必要である。

仁木町での営農型太陽光発電設備設置にあたっては積雪が大きく影響する。架台のフレームに細身のパネルを採用し、通常よりも角度をつけて設置することで、パネル上への積雪量を減らす他、支柱の素材として強度に優れた鋼管を採用する等、設備全体の耐荷重性能を高める工夫が必要である。

営農型太陽光発電において特に藤棚式で設備を設置する場合、作業性の確保も検討観点である。上部に設置したパネルにより日陰が生じることで真夏の収穫作業が楽になる他、乾燥が防止されることにより散水作業の負荷が軽減されるという利点がある。しかし、発電設備の支柱によって除草時の作業が煩雑になるという意見も挙がっている。農業機械の使用を想定した支柱の間隔を設定することにあわせて、パネルを支える支柱の高さについて良好な営農条件が維持されるよう、農業者が立って農作業を行うことができる高さを確保すべきと指針されている。農業機械等の利用が可能な高さとして、最低 2m 以上を確保することとされている。

(3) 営農型太陽光発電の事例

国内での取組は令和 3 年度末時点で約 4,200 件あり、その中から仁木町で栽培される作物と同種のいくつかの事例を表 2-12 にて整理する。

表 2-12 営農型太陽光発電の事例

場所	栽培作物	方式等	詳細
静岡県 静岡市	ブルーベリー	・ 藤棚式 ・ 発電出力：13kW ・ 遮光率：36% ・ 施設面積：2.6a ・ 天井までの高さ：3m ・ 支柱間隔：4m	・ 静岡県において茶、キウイフルーツ、ブルーベリーを対象に実施された営農型太陽光発電の効果にかかる実証。 ・ 遮光率 36%でのブルーベリー栽培では、収穫時期が数日程度遅れる傾向がみられたものの、収量、果実品質は慣行のものと同等であると確認された。
千葉県 いすみ市	ブルーベリー	・ 藤棚式 ・ 発電出力：49.5kW ・ 発電電力：5.3 万 kWh/年 ・ 施設面積：10a	・ ブルーベリーは一般的に 12-13 度で良品とされるところ、パネル下で栽培するブルーベリーは平均糖度 15 度以上で、色目もよく評価が高い。
山梨県 北杜市	トマト	・ 藤棚式 ・ 発電出力：9.72kW	・ 夏トマト専用のハウス一体型ソーラーシェアリングの実証実験。夏場の露地トマト用のハウスは雨除けの機能があれば十分とのことで、ソーラーシェアリングの架台を活用した一体型ハウスとして設置された。 ・ 遮光率を区画ごとに 3 パターンに設定し、トマトの生育に適した条件の研究が進められる。光飽和点が比較的高いトマトも順調に生育している。
福岡県 八女市	イチゴ（苗）	・ 藤棚式 ・ 発電出力：5.5kW	・ イチゴの育苗施設の上で実施されるソーラーシェアリング。イチゴの苗は夏場に遮光をして栽培され、冬場は育苗用の圃場が使用されないため、ソーラーシェアリングとの相性が良い。
山形県 山辺町	ブドウ	・ 藤棚式	・ 山辺町は毎年 50cm-1m 積雪し、12 月末-3 月末まで畑が雪に覆われる。現在は

			令和 8 年の収穫に向けて栽培が進められている状況で、令和 5 年 4 月に栽培を開始し、令和 8 年頃の収穫を見込む。
山形県 東根市	ワラビ	・ 藤棚式 ・ 発電出力：49.5kW ・ 遮光率：30% ・ 施設面積：30a ・ 天井までの高さ：3m ・ 支柱間隔：4m	・ 手動でパネルの角度を調整できる機構を採用。冬季はパネル角度が 60 度以上となるよう調節することで雪害を防止し、夏季は角度を 5 度程度にすることで発電量の増加を見込む。 ・ 雪の重みでパネルが回転することもあるため管理が必要。
北海道 千歳市	－	・ 垂直式（両面） ・ 発電出力：184kW	・ 積雪地域での営農型太陽光発電事業化にあたり、ドイツの両面受光垂直設置型パネルを採用。同パネルは雪がたまらないよう工夫されている。 ・ 作業車の出入口を確保して農作業への支障も最小限にしながら、電力需要に見合うよう農地外周部に L 字型でパネルを配置する。
海外	リンゴ	・ 藤棚＋追尾式 ・ 天井までの高さ：4m ・ 支柱間隔：4m ・ 施設面積：7.3a	・ 日光が多すぎると光障害が起こり、光合成速度が著しく低下する。 ・ 追尾式太陽光発電パネルを採用し果樹の特性に関するアルゴリズムを組み込むことで、生育に最適な光量となるよう調整される ・ パネルの下で生育する木は、通常と比較し、水に対するストレスが 63%低くなるとの実験結果が出ている。

(4) 仁木町での導入に向けて

前項までの結果を鑑み、表 2-13 に仁木町での営農型太陽光発電事業を営む際の可能性を整理する。作物は仁木町で栽培されているサクランボ、リンゴ、ブドウ、トマト、イチゴ、ブルーベリー及びブルーベリーである。結果としてブルーベリーは長時間の日照が必要なく、先行事例でも生育や品質に良好な結果が確認されているため比較的取組のハードルが低い。トマトは陽性植物であるがパネル間隔で遮光率を調整することで導入余地がある。

表 2-13 仁木町での導入可能性

栽培作物	属性	先行事例	可能性	検討内容
サクランボ	陽性	－	×	属性、先行事例の有無から可能性は低い
リンゴ	半陰性	△	○	追尾式のパネルを用いた海外での実証事例あり。日照不足が色づきに影響することが懸念されるため、日照量の細かな管理が必要。
ブドウ	陽性	△	△	取組事例はあるものの収穫期にまで至っておらず、農作物の品質が不明
トマト	陽性	○	○	ハウス栽培での導入が検討される。 長時間の日照が必要とされることから、パネル設置による遮光率と発電量のバランスを鑑みて導入する必要がある。
イチゴ	半陰性	△	○	栽培作物の特性への適合を考慮し、イチゴを育苗するハウスにパネルを設置した事例あり。 イチゴ果実の場合、気温や時間帯により確保すべき日照時間や日照量が異なるため、遮光率を調整できるパネルを採用することが望ましい。
ブルーベリー	半陰性	○	◎	長時間の日照を必要とせず、営農型太陽光発電の主な栽培作物として多数の先行事例あり。品質も通常と比較しても遜色ないことが確認されている。
ブルーン	陽性	－	×	属性、先行事例の有無から可能性は低い

2.5.2 景観に配慮した太陽光発電設備

フルーツパークにきは来場者の多く訪れる観光施設であることから、施設本来の魅力を損なうことの無いよう、景観に配慮した太陽光発電設備の導入も想定される。本項では、景観配慮に資する太陽光発電設備について取り上げる。導入に当たっては、価格、耐久性、実際の発電効率等を精査した上で検討を進めることが望ましい。

1) ガラス面での太陽光発電

① ガラス建材一体型ペロブスカイト太陽電池

パナソニック HD では、ガラス建材一体型ペロブスカイト太陽電池の開発および実証実験を実施している。ペロブスカイト太陽電池にも様々な種類が存在するが、同社の製品はガラス基板上に発電層を直接形成するタイプであり、ガラス建材のような使い勝手で施設への太陽光発電導入できることが期待される。



出典：パナソニックグループ（2023）世界初、ガラス建材一体型ペロブスカイト太陽電池 Fujisawa サステイナブル・スマートタウン内で長期実証実験を開始（プレスリリース）

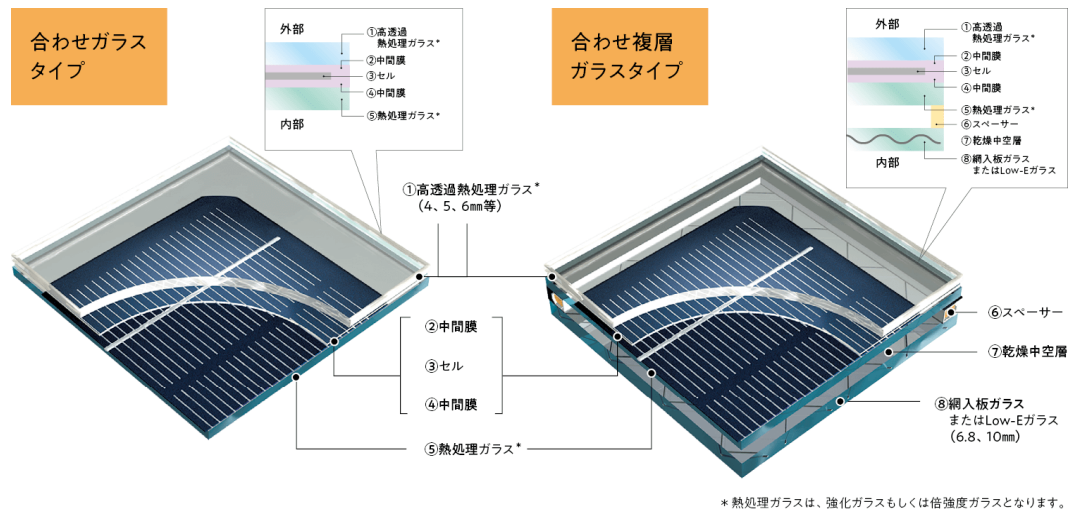
2023 年 8 月より神奈川県藤沢市のモデルハウスにて実証を行っており、目隠し性と透光性を両立させたデザインとともに、長期設置による発電性能や耐久性などを検証している。同社のペロブスカイト太陽電池は従来の結晶シリコン系の太陽電池と同等の発電効率を有しているとされており、施設外観に調和させた太陽光発電設備の導入の選択肢として期待される。



出典：パナソニックグループ（2023）世界初、ガラス建材一体型ペロブスカイト太陽電池 Fujisawa サステイナブル・スマートタウン内で長期実証実験を開始（プレスリリース）

② 建材一体型太陽光発電ガラス（BIPV）

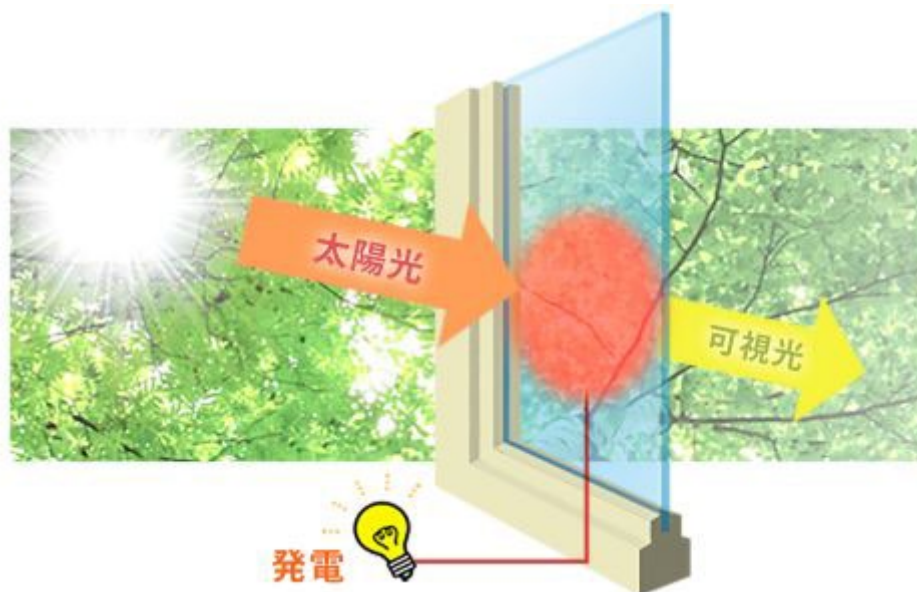
AGC では、建材一体型太陽光発電ガラスであるサンジュールを開発している。本製品は令和 5 年度仁木町エネルギー転換実証事業委託業務でも検討されており、2 枚のガラスで発電セルを挟み込むタイプの太陽電池であり、ガラス建材のような使い勝手で施設への太陽光発電導入できることが期待される。



出典：AGC 硝子建材株式会社 HP「サンジュール®（太陽光モジュール）」

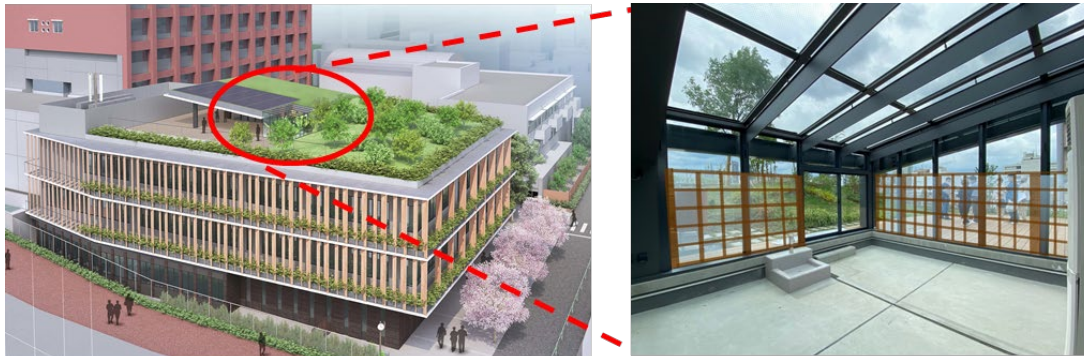
③ SQPV ガラス

NTT アドバンスドテクノロジーでは、透過性のあるガラスでありながら太陽光によって発電する SQPV ガラスを提供している。本製品は 2 枚のガラスに SiO₂ を微細化した物質を挟み込む構造をしているが、発電セル自体が透過する特徴を持つため、色付きガラスのような使い勝手で施設への太陽光発電導入できることが期待される。



出典：NTTAT HP「光を透過しながらエネルギーを創り出す"未来のガラス" SQPV ガラス」

2021 年 9 月には東京都新宿区の教育機関へ環境教育を目的とした発電ガラスの設置をしており、発電ガラス 9 枚を配置した展示学習用のパーティションのほか、温室壁面に 120 枚の発電ガラスを内窓として導入している。ただし、本製品は 1 枚当たりの発電性能が 50mW と小さいため、必要電力の小さいセンサー類への電源供給や、環境教育を目的とした展示といった用途が考えられる。



海城学園様 サイエンスセンターイメージ 屋上温室への発電ガラス取り付けイメージ

出典：NTTAT HP「光を透過しながらエネルギーを創り出す"未来のガラス" SQPV ガラス」

2) 色付きの太陽光発電パネル

① フレキシブルソーラーG+

電巧社では、景観に配慮したブラックパネルを提供している。同社の製品は薄型で軽量かつ曲がるフレキシブルモジュールであり、積載荷重に余裕のなかった屋根上や壁面へ設置できることが期待される。また従来のパネルに比べ低反射であり、光の反射による周囲への光害や景観への影響といったリスク低減も期待される。



出典：株式会社電巧社 HP「超軽量ブラックパネル 太陽光発電フレキシブルソーラーG+」

加えて、赤・黄・茶等への変色も可能とされており、施設外観に応じた色のパネルとすることで施設外観に溶け込んだ設置方法の選択肢として期待される。



出典：株式会社電巧社 HP「超軽量ブラックパネル 太陽光発電フレキシブルソーラーG+」

② 太陽電池向け加飾フィルム

日本ペイントホールディングスでは、太陽電池の表面にデザイン性とカラーリングを実現させる太陽電池向け加飾フィルムを開発している。同社の自動車用塗料技術を応用したフィルムを太陽電池に取り付けることで色味やデザイン性を出すことが出来るため、太陽光発電設備を選ばず景観に調和させられることが期待される。



出典：日本ペイントホールディングス（2021）「太陽電池に自由なデザインとカラーリングを実現する「太陽電池向け加飾フィルム」をトヨタ自動車と共同開発」

2021 年 3 月より熊本県の工場敷地内にて実証を行っており、実環境での各種耐久性、発電特性、および、周辺環境への意匠の調和などを検証している。デザインにもよるが、フィルムを装着した際に約 10%の発電量低下が発生するとされている。木目調等のユニークなデザインのフィルムも検証されているため、色を変えるだけではない意匠性の確保が期待される。



出典：日本ペイントホールディングス（2021）「太陽電池に自由なデザインとカラーリングを実現する「太陽電池向け加飾フィルム」をトヨタ自動車と共同開発」

2.5.3 マイクログリッド

(1) マイクログリッドの概要

マイクログリッドとは、一定の地域内において太陽光発電などの再生可能エネルギーで発電し、当該地域内の電力供給を賄うことのできるエネルギーシステムである。マイクログリッドの構築方法は、自営線を敷設する「自営線マイクログリッド」と、既存の系統網を活用する「地域マイクログリッド」の大きく分けて 2 つがあり、それぞれの構築方法の概要等は表 2-14 のとおりである。また、マイクログリッドを導入することで、災害時のレジリエンス向上、エネルギーの有効活用、地域経済の活性化等など様々なメリットがある。

本調査では、将来的な仁木町でのマイクログリッド導入を見据え、参考となる国内事例を調査した。調査にあたっては、地方自治体がマイクログリッドの実施に携わっており、マイクログリッドによる電力需要施設が公共施設である事例を中心に整理した。

表 2-14 マイクログリッドの構築方法

構築方法	自営線マイクログリッド	地域マイクログリッド
概要・特徴	地域で作った再生可能エネルギーを地域で使うために、需要設備、再エネ設備、蓄電池等を自営線でつないで構築するエネルギーシステム	平常時は、系統線を通じて電力会社から給電を受けながら地域内の再エネを活用し、災害等による大規模停電時には、系統線から切り離され、地域内の再エネをメインに自立して電力供給可能なエネルギーシステム
メリット	- 系統線がない場所でも、再エネ発電設備と任意の施設を複数結び付けることができるため、個々の施設ではなく、エリアとしてレジリエンス強化を図ることができる。 - 系統線の電力と混ざらないため、再エネ 100%と謡いやすい。	- 自営線を敷設する必要がないため、インシヤルコストを低減できる。 - 既存設備を活用することで、工事の簡便化が可能となる。
デメリット	自営線敷設のために大規模な工事が必	既存設備を活用するため、一般送配電事

	要となるなど、インシャルコストが高くなる。 ■ 自営線の維持管理や運用等の負担が生じる。	業者との協議が必要となる。 ■ 系統線に空き容量がない場合などは導入できない（空き容量の調査には時間や手間を要する）。
--	---	--

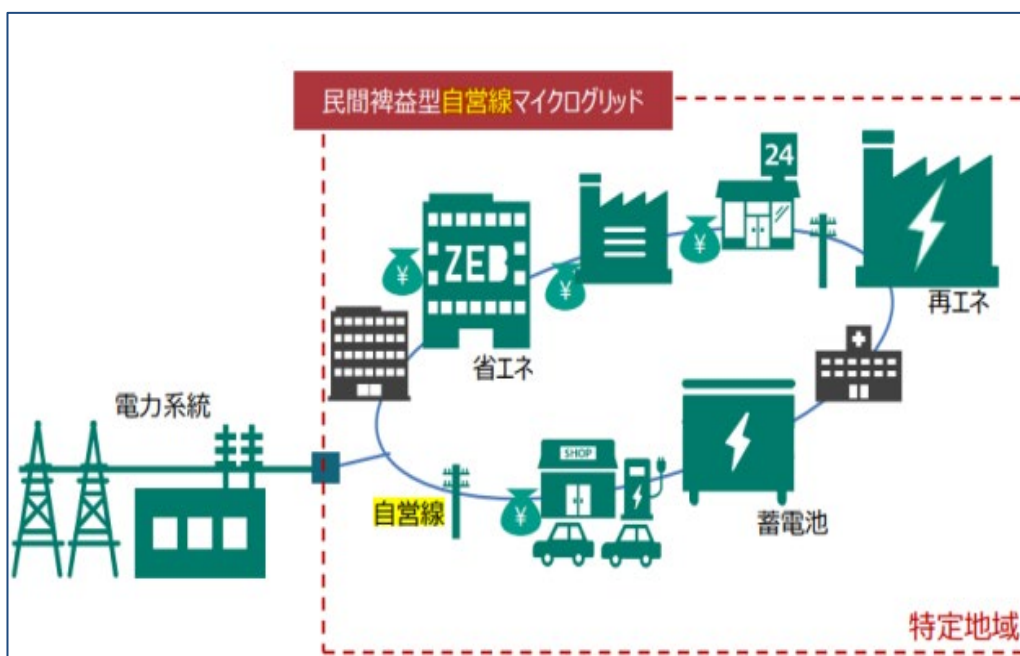


図 2-24 自営線マイクログリッドのイメージ図

出典：環境省（2023）地域脱炭素推進施策について

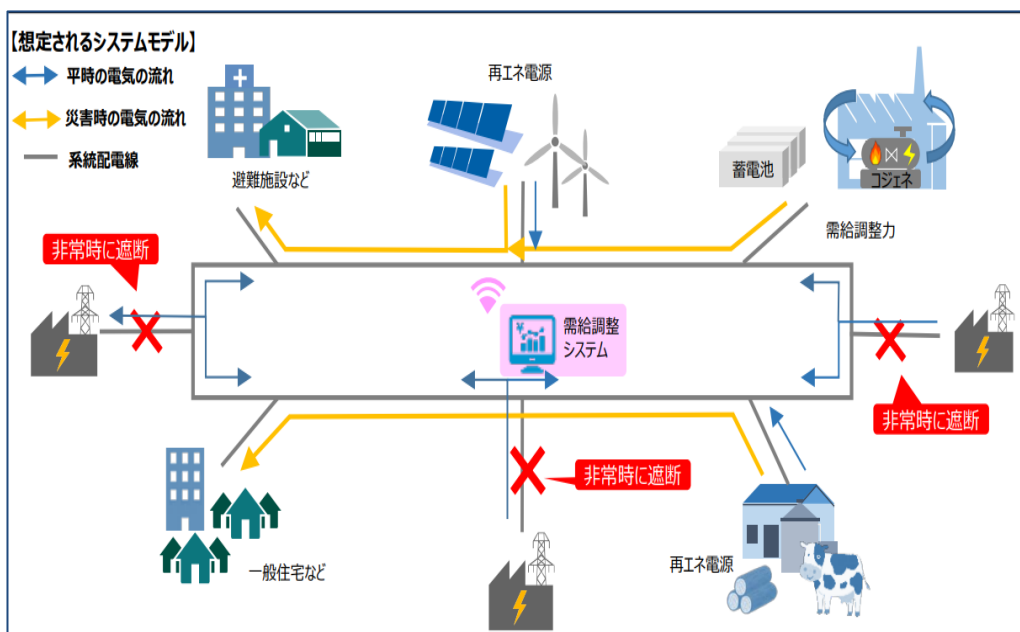


図 2-25 地域マイクログリッドのイメージ図

出典：資源エネルギー庁（2021）地域マイクログリッド構築のてびき

(2) 自営線マイクログリッドの事例

自営線マイクログリッドとは、太陽光発電などの地域で作ったエネルギーを地域内で使うために、需要施設、再生設備、蓄電池等を自営線で繋いで構築するエネルギーシステムのことである。また、自営線とは地域でのエネルギーの地産地消に取り組む事業者等が独自に敷設した電線を指す。表 2-15 に自営線マイクログリッドの国内事例を整理した。また、それぞれの事例の実施スキームなどは図 2-26 から図 2-29 のとおりである。いずれの事例も太陽光発電や自営線を導入しており、発電した電力は主に公共施設に供給している。

鹿追町では、町有地に太陽光発電設備を設置し、役場周辺の公共施設を自営線で結び、電気・熱を公共施設に供給している（図 2-26）。

東松島市では、地元事業者の東松島みらいとし機構がマイクログリッド事業主体のため、地域内に雇用が創出されている。また、日中の需要量が少ない住宅以外に病院も需要施設に加えることで、需給のバランスを調整している（図 2-27）。

葛尾村では、葛尾村や地元企業出資による新電力である葛尾創生電力株式会社が、事業主体となり、村内の公共施設や住宅に電力を供給している（図 2-28）。

千葉県睦沢町（むつざわスマートウェルネスタウン）では、電気と熱を対象拠点に面的供給しており、電力以外に熱（温水）のサービスも提供するの、地域新電力としては、全国初のモデルである（図 2-29）。

表 2-15 自営線マイクログリッドの国内事例

実施自治体/事業者	導入設備	需要施設
北海道河東郡鹿追町	- 太陽光発電：447kW - 蓄電池：100kW,270kWh - 地中熱利用システム - 自営線：約 3 km 等	- 役場庁舎 - 病院 - 小学校 など公共施設 9 か所
宮城県東松島市／東松島みらいとし機構ほか	- 太陽光発電：470kW - 蓄電池：480kWh - ソーラー付き集合住宅：49.9kW - 自営線：約 5km 等	- 運転免許センター - 集会場 - 災害公営住宅：85 戸 - 病院：4 か所
福島県葛尾村／葛尾創生電力(株)	- 太陽光発電：約 1.2MW - 蓄電池：約 3MWh - 自営線：約 5km 等	- 公共施設 - 商業施設 - 住宅：約 110 世帯
千葉県睦沢町／(株)CHIBA むつざわエナジー	- 太陽光発電：20kW - 太陽熱温水器：37kW - ガスコジェネ発電機：80kW - 自営線：800m 等	- 道の駅 - 温浴施設 - 町営住宅：33 戸



図 2-26 鹿追町の事例

出典：環境省（2024）地域の再エネを活用した地産地消の自営線マイクログリッドのはじめかたガイド

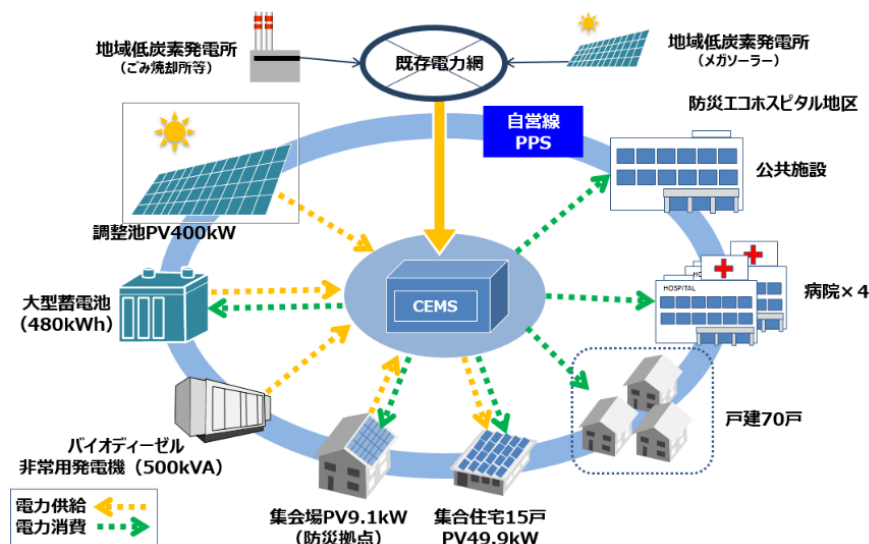


図 2-27 東松島市の事例

出典：積水ハウス（2015）東松島市スマート防災エコタウンシステムの概要



図 2-28 葛尾村の事例

出典：葛尾創生電力 HP

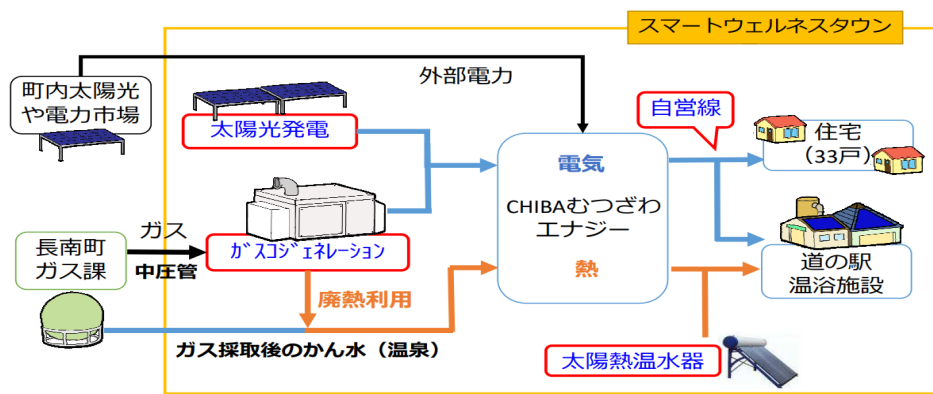


図 2-29 睦沢町の事例

出典：パシフィックパワー(株)（2020）自治体新電力「CHIBA むつざわエナジー」の地域資源を生かした防災エネルギー拠点づくり

(3) 地域マイクログリッドの事例

前述のとおり、地域マイクログリッドとは、平常時は系統線を通じて電力会社から給電を受けながら地域内の再エネを活用し、災害等による大規模停電時には、系統線から切り離され、地域内の再エネをメインに自立して電力供給可能なエネルギーシステムである。表 2-16 に地域マイクログリッドの国内事例を整理した。また、それぞれの事例の実施スキームなどは図 2-30 から図 2-33 のとおりである。自営線マイクログリッドの事例と同様に、公共施設に給電している事例が多い。

阿寒町では、過去の大規模停電により、町内の酪農家が大きな経営的ダメージを被った経験を踏まえ、公共施設の他に酪農施設にも給電を実施している（図 2-30）。

石狩市では、コンセッション方式を導入することで、事業者の経営ノウハウや先進技術、創意工夫を活用した事業運営を実施している（図 2-31）。

松前町は、風力発電施設を有する東急不動産に対して町内への電力供給を要望したことから実現したもので、発電設備から市街地まで距離があり自営線敷設にはコストがかかるため、北電ネットワークの系統を活用している（図 2-32）。

宮古島市では、マイクログリッドのみによる電力供給実動訓練を複数回実施しており、実際に 2024 年 4 月に発生した市内の大規模停電時には、2 時間にわたり島内の全戸に電力供給を実施した（図 2-33）。

表 2-16 地域マイクログリッドの国内事例

実施自治体/事業者	導入設備	需要施設
北海道釧路市阿寒町 /(株)阿寒マイクログリッド、JA阿寒ほか	- 太陽光発電：160kW - 蓄電池：1087kWh - バイオガス：166kW 等	- 多目的センター - 住宅：約 25 世帯 - 酪農施設：14 軒
北海道石狩市（厚田地区）／石狩厚田グリーンエネルギー(株)	- 太陽光発電：163.4kW - 水電解装置 1Nm³/h - 蓄電池：50kW,168kWh 等	- 給食センター - ポンプ場 - 消防署 - 義務教育学校 - 道の駅
北海道松前町／東急不動産(株)ほか	- 風力発電：36MW - 蓄電池：18MW,130MWh	- 町役場 - 町民総合センター - 低圧需要家：58 軒
沖縄県宮古島市来間島／沖縄電力ほか	- 太陽光発電：380kW,242kW - 蓄電池：325kWh	住宅：約 100 世帯

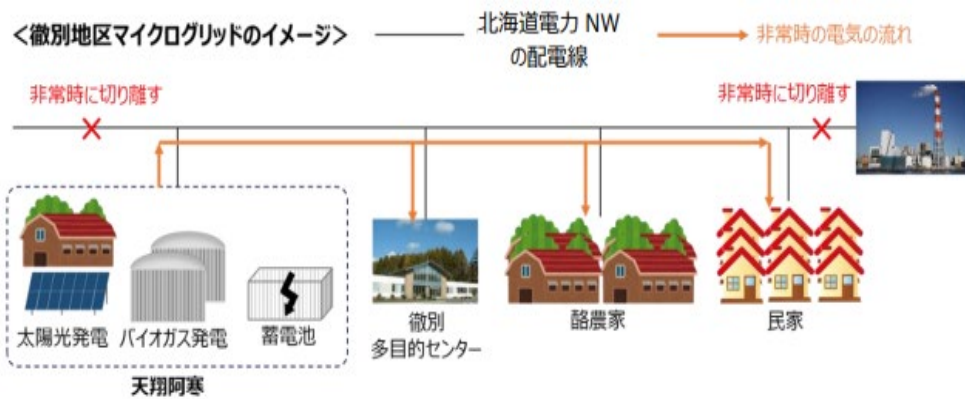


図 2-30 阿寒町の事例

出典：北海道電力ネットワーク株式会社（2022）釧路市阿寒町地域マイクログリッド構築事業について

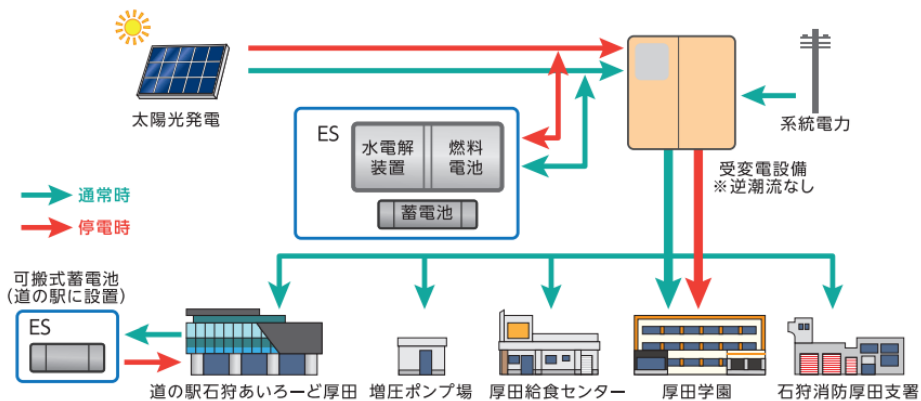


図 2-31 石狩市の事例

出典：石狩市厚田マイクログリッドシステムリーフレット

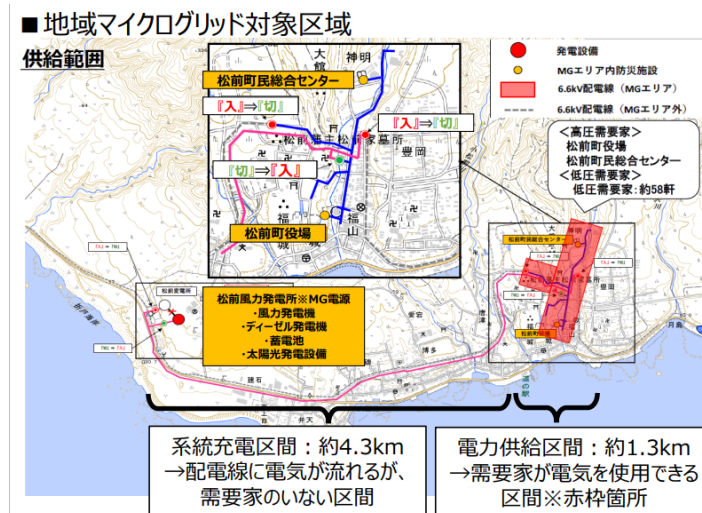


図 2-32 松前町の事例

出典：ほくでんネットワーク（2024）北海道松前町で「地域マイクログリッド」の運用を開始

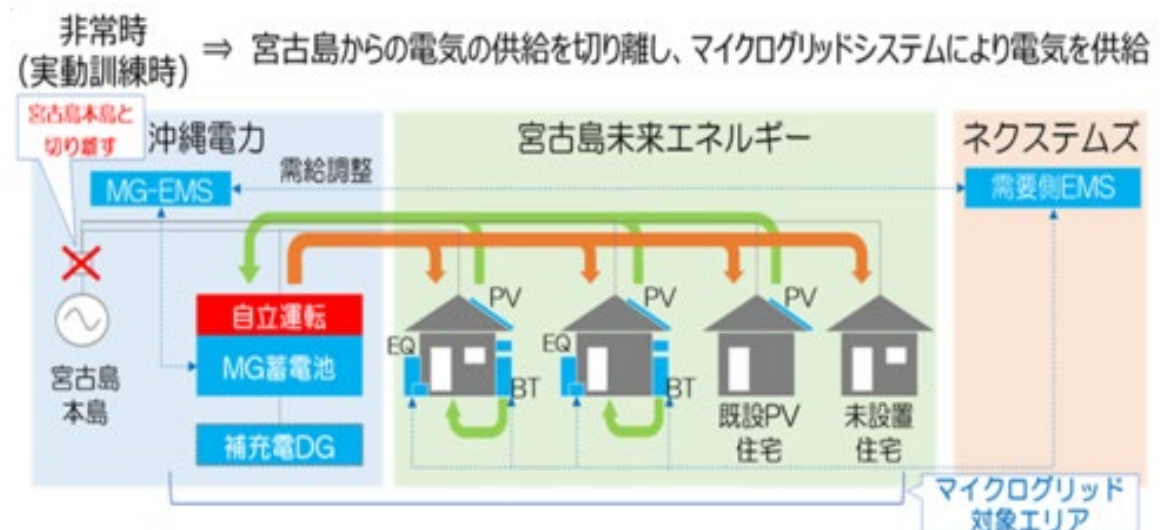


図 2-33 宮古島市の事例

出典：沖縄電力（2022）宮古島市来間島における地域マイクログリッドによる 100%電力供給について

(4) 仁木町での導入に向けて

今回調査した国内事例では、自治体の役場庁舎などの公共施設のほか、民間施設や一般世帯など様々な施設をマイクログリッドによる電力供給対象施設としていた。仁木町役場周辺には、多くの公共施設や住宅が存在しており、将来的に仁木町でのマイクログリッド導入を検討する際には、以下の施設が候補となり得る（表 2-17）。しかし、実際にマイクログリッドを導入するには対象施設以外にも検討事項があるため、主な検討事項を表 2-18 に整理した。

表 2-17 候補施設

区分	施設
公共施設	・ 仁木町役場
	・ にき保育園
	・ すこやか子育て支援センター
	・ 仁木町民センター
	・ 仁木町山村開発センター
	・ 仁木小学校
	・ 北後消防組合仁木支署
その他	・ 役場北東の住宅街（北町 1 丁目）
	・ JA 新おたる ミニトマト集出荷貯蔵施設施設

表 2-18 マイクログリッド導入にあたっての主な検討事項

検討項目	内容
導入目的/事業目的の確認	・ マイクログリッドには、脱炭素化、レジリエンス、地域経済活性化など様々な目的があるため、主たる導入目的を決定する
電力供給対象施設の選定	・ 電力供給の対象施設（エリア）の選定する ・ 役場周辺には電力供給対象の候補施設は多いが、発電量との関係で対象を取捨選択しなければいけない可能性がある。
発電設備の導入	・ 既存の太陽光パネルでは発電量が不足することが見込まれるため、太陽光パネルの追加や蓄電池の設置等を検討する必要がある。
実施主体/事業スキーム検討	・ 自治体単独での実施は困難なため、連携事業者を見つける必要がある。その際、既存の事業者とするか、地域の新会社を立ち上げるかなども検討が必要である。 ・ マイクログリッド構築方法の検討が必要であり、系統線を活用する場合、一般送配電事業者との協議も必要となる。
財源	・ 事業費が高額となることが予想されるため、町内での予算確保や国・道の補助金活用の検討が必要である。
地域からの理解獲得	・ 導入地域へマイクログリッド導入に関する説明を実施し、地域からの理解を得る必要がある。 ・ 特に一般世帯も電力供給対象に含める場合は、より丁寧な説明が必要である。

2.5.4 ゼロカーボンドライブ

ゼロカーボンドライブとは、自動車の脱炭素化と燃料の脱炭素化を組み合わせることにより、走行時のCO2 排出量ゼロを目指す環境省の取組を指す。フルーツパークにきをはじめ仁木町の各施設においてゼロカーボンドライブを推進する設備を導入する際の検討事項をまとめる。

(1) ゼロカーボンドライブの概要

ゼロカーボンドライブを推進するにあたり設置する EV 充電ポートは、その設置場所に応じて基礎充電、経路充電、目的地充電の 3 つに分類され利用目的に応じた仕様が求められる。(図 2-34) 中でも経路充電は長距離移動をする EV ユーザーにニーズがある。自宅に設置する設備は停車時間に伴う充電時間が長いため「基礎充電」の役割を担い、仕様としては比較的低電圧の 3～6kV 入力仕様が求められる。宿泊地、商業施設等に設置される設備は「目的地充電」としてその滞在時間に応じた充電時間が確保されることから、普通充電もしくは 10～100kV 入力の急速充電の仕様が求められる。自宅から目的地まで向かう間、高速道路のサービスエリアや道の駅等の移動経路上では「経路充電」の役割を持つ設備が設置され、急速充電の仕様が求められる。



図 2-34 EV 充電ポートの利用用途別設備仕様

EV 用充電器を設置する事業者が公表するデータを参照すると普通充電器と比較して急速充電器の需要が高いことがわかる。(表 2-19)

表 2-19 EV 用充電器利用状況

役割	設置場所	充電器口数	総充電時間 (×10 ³ 時間)	月平均利用回数 (回/月)
急速充電器	高速道路	573	83.0	117.2
	道の駅	774	50.3	52.4
	ガソリンスタンド	432	21.4	43.2
	商業施設	2,208	172.0	64.1
普通充電器	商業施設	6,596	275.8	8.9
	観光施設	72	2.8	5.4
	宿泊施設	844	40.5	6.3

(出典) 経済産業省 (2024) 日本の EV 充電の状況と課題

(2) ゼロカーボンドライブの事例

広島県では 2022 年より完全自律型 EV 充電ポートの実証実験が実施されている。電力系統から分離・独立したソーラーカーポートと蓄電・制御システムを組み合わせ、太陽光発電電力のみで運用する EV ステーション

ンシステムの運用及び効果を検証する他、複数法人と周辺住民による EV シェアリングサービスシステムの運用効果も検証されている。本実証では、実施場所の提供を行う広島県その他、実証事業の企画・運用、完全自立型 EV シェアリングステーションの構築、及び EV シェアリングサービス「eeV」の提供を担う中国電力株式会社、ソーラーカーポートの提供事業者としてパナソニック株式会社、オフグリッド型蓄電及び制御システムの開発、可搬型蓄電池システムの提供、エネルギーとモビリティの融合による社会実装の検討を担う AZAPA 株式会社の 4 社で進められている。



出典：中国電力株式会社（2022）完全自立型 EV シェアリングステーションの実証事業について

完全自立型 EV 充電ポートはソーラーパネル（出力 11.88kW）、非常用コンセント（8 口、計 4kW）及び蓄電・制御システム（定置用蓄電池 10kWh3 基、可搬用蓄電池 8kWh1 基）で構成されている。またシェアリングサービスでは EV2 台が用意されている。（図 2-34）

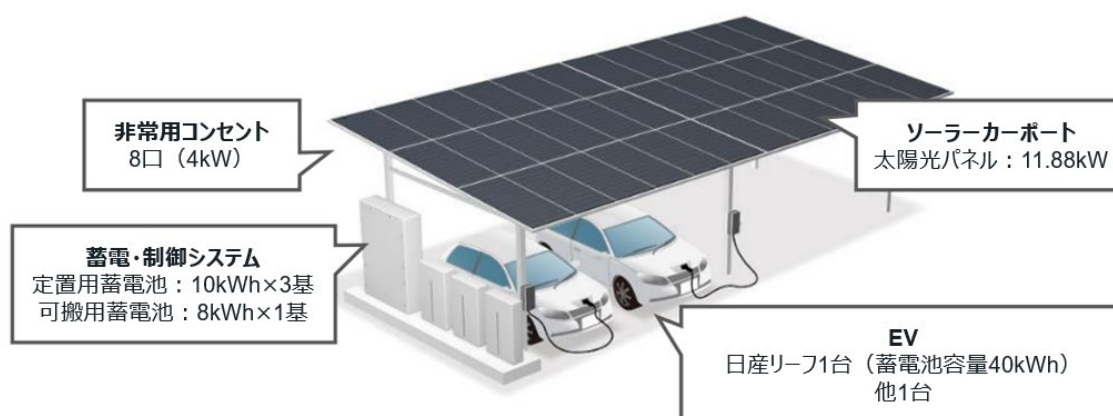


図 2-35 完全自律型 EV 充電ポートの構成

出典：中国電力株式会社（2022）完全自立型 EV シェアリングステーションの実証事業について

時間帯及び EV の使用状況により蓄電制御システムが効率的な充放電機能を果たしており、充電ポートは非常時の電力供給機能も担うことができる。（図 2-36）

晴天の日中時間帯に EV がポートにある場合、発電電力は EV へ優先的に充電され、余剰分は蓄電池へ流れる。晴天の日中時間帯に EV がポートにない場合は全量が蓄電池へ供給される。また夜間に EV がポートにある場合は昼間に充電した電力を蓄電池から EV へ放電される。非常時の電力供給設備としての機能も備えており、1 日当たりの充電でスマートフォンは 4,400 台、ノートパソコンは 350 台、扇風機は 300 台、電気ポットであれば 9 台が使用することがすることができる。

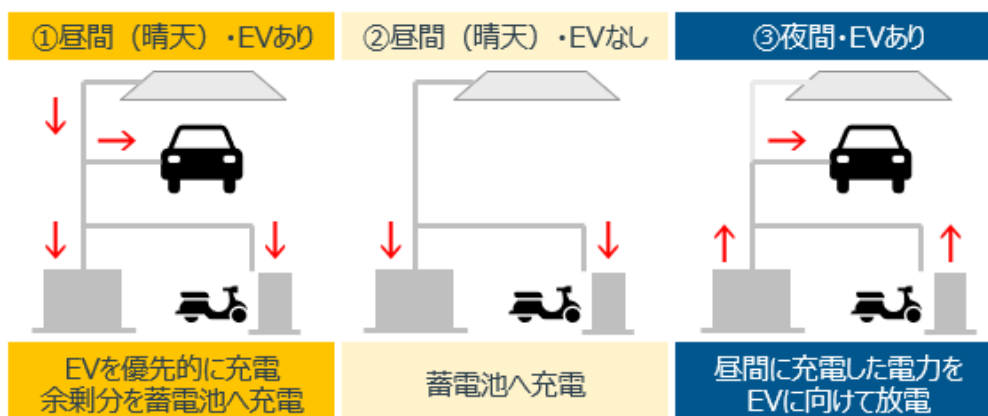


図 2-36 EV 充電ポートの条件別機能

第3章 バイオマス発電の実証事業の実施に向けた事前調査

3.1 業務項目

バイオマス発電の実証事業の実施に向けた事前調査では、貴町における未利用バイオマス資源を実際に炭化し、炭化が可能かどうか、また性状調査によって、そのバイオ炭がエネルギー利用や土壌改良剤として利用が可能かについて調査し、それぞれの事業の実施可能性について検討する。本検討にあたっての主な業務項目は以下の通りである。

表 3-1 本事業における業務項目

	業務項目	検討内容
1	調査対象バイオマス資源の選定	どの未利用バイオマス資源を炭化対象とするかを検討
2	炭化炉の移設必要性に関する検討	炭化炉の設置場所について、作業性や貯蔵スペース等の観点から再検討を行い、必要がある場合にはその移設を検討
3	炭化可能性確認	炭化炉を利用して炭化を実施し、炭化可能性を検証
4	性状調査の実施	製造したバイオ炭について、利用用途ごとに必要な性状データを把握
5	調査結果を踏まえた利用用途検討	バイオ炭を、バイオマス発電・バイオマスボイラー・土壌改良剤の内、どの用途で活用するか、性状調査の結果を基に検討
6	事業性評価の実施	＜熱利用・電力利用＞ 発電設備やボイラーで炭化物を利用することにより回避できる電力量や化石燃料利用ボイラー等に要した経費を収益とし、炭化設備及びバイオマスボイラーを運営維持管理するために必要な経費と比較することによる事業性を評価 ＜土壌改良剤＞ Jクレジット制度における吸収クレジットの販売を収益とし、炭化設備の運営維持管理及びバイオ炭の土壌改良剤としての施用に要する経費と比較することにより事業性を評価

3.2 調査対象バイオマス資源

まず初めに、今回の炭化実証の対象とする未利用バイオマス資源を選定する必要がある。貴町はサクランボの他、プルーン、ブルーベリーといった作物に対して、道内一の作付け・生産量を誇っており、果樹栽培が盛んな貴町の特徴を踏まえれば、炭化対象とする未利用バイオマス資源として、ブドウ、プルーン、ブルーベリーの木や茎等のバイオマス資源を想定することができる。

表 3-2 貴町で生産されている主な作物の一覧

仁木町の作物	旬の時期	作付けランク (北海道内)	昨年度調査済み
ミニトマト	6 月中旬から 10 月下旬	1 位	○
さくらんぼ	6 月下旬から 7 月下旬	1 位	○
ぶどう	8 月上旬から 10 月下旬	1 位	
りんご	9 月中旬から 10 月下旬	－	
ブルーベリー	7 月下旬から 9 月中旬	－	
ブルーン	9 月下旬から 10 月下旬	1 位	
いちご	6 月上旬から 7 月上旬	－	
なし	9 月上旬から 11 月上旬	－	
米	9 月中旬から 10 月中旬	－	○

昨年度は、トマトの茎、さくらんぼ剪定枝、もみ殻を対象に炭化可能性調査を実施した。実際に製炭を実施した結果、トマトの茎、さくらんぼ剪定枝、もみ殻の 3 種については、バイオマスを炭化できること、また、その炭化のための製炭炉も主燃料を貴町内のバイオマスで稼働可能であること等を確認できた。昨年度の調査結果を表 3-3 に示す。

表 3-3 昨年度調査結果

	調査内容
第 1 回	・ トマト茎を対象とした炭化調査 ・ 主燃料としてさくらんぼの剪定枝を利用 ・ トマト茎の製炭が可能であることを確認 ・ 主燃料バイオマスについては、十分な乾燥が必要であることを確認
第 2 回	・ さくらんぼ剪定枝を対象とした炭化調査 ・ 主燃料として伐採後 1 年経過した木材を利用 ・ さくらんぼ剪定枝の製炭が可能であることを確認 ・ 但し、太い剪定枝の一部に未炭化状態が残留
第 3 回	・ もみ殻を対象とした炭化調査 ・ 主燃料として伐採後 1 年経過した木材を利用 ・ 完全炭化を確認

本年度事業では、貴町との調整の結果、フルーツパークにきで収集できる剪定枝としてさくらんぼとりんごの剪定枝、仁木町内で特に発生量が多いトマト茎、そして新たにワイン製造時に発生するぶどうの搾りかすを対象に炭化実証を実施することとした。

3.3 炭化炉の移設の検討

3.3.1 移設の必要性

未確認の未利用バイオマス資源を対象とした炭化の可能性確認は、既設の炭化炉を利用することを前提として事業を開始した。既設の炭化炉は昨年度事業の際に、役場近くの場所に設置されたが、スペースに限界があり作業性が必ずしも良い訳ではなく、また、炭化の対象となるバイオマスを貯蔵するスペースも必ずしも十分ではない等の課題があった。そこで、炭化炉をより作業性がよい場所へ移設することを検討した。

3.3.2 移設候補地の選定

移設候補地について、具体的には、将来にわたり作業性を確保できるか否か、また、炭化対象となるバイオマスを貯蔵するスペースの有無、さらには、バイオマス利用設備が設置される可能性が高い場所からの距離、多くの人々が目にすることで地域ブランドを高めることのできる可能性の有無等の観点から炭化炉の設置場所を再検討した。

上記の条件から、今回移設先をフルーツパークにきに決定した。フルーツパークにきには園内で生育している果樹の剪定枝が発生しており、今回炭化実証を行う中で、原材料となる剪定枝といった資源が豊富に貯留してあること、また観光施設であるため、多くの人々が目にする可能性が高く、バイオマスの資源循環利用といった事例をアピールしやすいといった観点から選定した。



図 3-1 フルーツパークにきに保管してある剪定枝

なお、移設作業の安全性確保、移設後の炭化炉の円滑な立上げ等を勘案し、炭化炉の移設は炭化炉の設置者である企業（有限会社 紋珠）に委託した。昨年度導入した、有限会社紋珠が販売している「密閉式 BC 炭化ユニット（特許第 7152098 号）」は小型であるため 4 トンユニック車で搬送・設置が可能であり、以下図の通り、搬送を実施した。



図 3-2 搬送の様子

3.3.3 移設後の稼働・運営方針

フルーツパークにきに炭化炉を移設したことで、観光施設であることから観光施設である地域内外の方々が多数、来訪される可能性が高いことを踏まえる必要がある。勿論、各活動が常に地域住民に見られているとの意識のもと、地域住民からの理解を獲得するためにプラスとなることは何かという点を常に考えながら活動していくことも重要である。

例えば、既設の炭化炉については炭化処理を行った際に発生する水蒸気が、工場から排出される煙のように見えることがある。工場からの煙は必ずしも地域住民にとって望ましいものではなく、観光客にとっても見栄えの良いものではない。そのため、炭化実証時には炭化炉からの排ガス処理を行い煙に見える水蒸気の発生を抑制する装置である二次燃焼器を使用している。二次燃焼器を使用することで、左下図右側の排煙ユニットから上がる煙に見える水蒸気が、右下図ではほとんど消えていることがわかる。



図 3-3 二次燃焼器を使用した場合の様子

3.4 炭化可能性確認

3.4.1 炭化実施方法

1) 炭化実証スケジュール

仁木町内で収集できる四種類の原材料について、以下スケジュールの通り、炭化実証を実施した。なお、本実証で使用する製炭炉はユニットを冷やすために製炭後必ず一日置かないとならないため、製炭作業は一日置きに実施した。

表 3-4 炭化実証スケジュール

炭化実証	実施日時	対象炭化物
第 1 回	10/28 (1 日目)	サクランボの剪定枝
第 2 回	10/30 (2 日目)	サクランボ+りんごの剪定枝 (混合剪定枝)
第 3 回	11/18 (1 日目)	剪定枝+ぶどうの搾りかす
第 4 回	11/20 (2 日目)	剪定枝+トマト茎残渣

2) 炭化実施方法

昨年度事業で導入した炭化炉を使用して製炭を実施した。有限会社紋珠が販売している「密閉式 BC 炭化ユニット (特許第 7152098 号)」は 3 つの大きな特徴があり、①約 600～700℃の高温で炭化できること、②一日で炭化できること、③小型であるため 4 トンユニック車で搬送・設置が可能であることである。

この炭化炉は以下手順によって製炭を実施する。

表 3-5 製炭手順

	実施内容	詳細
1	製炭材料の準備	• 材料の含水率 50%以下になるよう、乾燥させる • 原材料の長さをできる限り揃える (50cm 程度まで)
2	焚き付け材の用意	• 必ず絶乾燥状態の木材を用意する • 長さはおおよそ 30～40cm 程度
3	焚き付け材の仕込み	• 製炭炉の下部に焚き付け材を組み入れる
4	製炭材料の投入	• 炉内 7 割程度に投入する • 下層に太く大きいサイズの原材料を入れ、上部に小さいサイズの原材料を投入する
5	排煙装置の確認	• 製炭ユニット背面の排煙装置を確認： • 製炭する場合は、排煙口に排煙ダクトを装着 • 製炭しない場合は、排煙ダクトの口を水入りのペール缶に浸ける • タールボックス下のペール缶は 8 割程度水を入れる
6	製炭炉の各装置接続状況の確認	製炭ユニットと消煙装置の確認事項： • 製炭炉の正面扉はしっかりと閉まっているか • 製炭炉の天井はしっかりと閉まっているか • 排煙管はしっかりと接続しているか

		・ 煙突への排煙調節バルブは Open になっているか ・ 吸気バルブ、製炭炉からの排煙調節バルブは Shut になっているか ・ ペール缶に 8 割程度の水は入っているか
7	消煙装置の稼働	・ 吸気口、掃除口、材料投入口が閉まっていることを確認する ・ コンセントを接続して送風ファンの電源を入れ、空気の流れを作る ・ ガスバーナーの電源を入れ、着火する ・ 装置内が十分に温まった状態で製炭炉に着火し、徐々に装置へ排煙を供給する
8	バーナーに点火	・ 着火に使用するバーナーに点火する ・ 点火前にバーナーのタンクに灯油が入っていることを確認する
9	着火	・ 焚付け口の風速が 1.8～2.0m/ s 程度になるよう、排煙ファンの強さを調整する（風速計で計測） ・ 4 口それぞれ 30 秒～ 1 分程度かけて、できるだけ手前に着火する
10	炭化	・ 排煙温度、排煙ファンの風量と焚付け口の大きさの組み合わせにより、適宜調整しながら炭化を行う
11	製炭終了後	・ 排煙接続部からの排煙がほぼ無くなれば、炭化は終了 ・ 接続部に蓋をして、焚付け口も全閉にする ・ 排煙バルブを開いて、排煙管を冷却する
12	取り出し	・ 取出しは、製炭後必ず中一日を開けて翌々日以降に行う
13	メンテナンス	・ 製炭するとタールや木酢液が出るため、掃除やペール缶の水を交換

天候、気温、材料の含水量等で製炭状況は変化するため、適宜対応となるところは留意する必要がある。
 なお、炭化方法の詳細については別添「製炭手順書」を参照いただきたい。

なお、製炭方法および手順については、実際に製炭炉を使用した炭化作業とは別に、町役場にて職員向けに有限会社紋珠によるレクチャーも実施した。



図 3-4 製炭レクチャーの様子

3.4.2 炭化実施結果

四種類の原材料に対して炭化を実施した結果、どれも炭化は可能であった。

剪定枝については前日雨が降り、十分乾燥できずに炭化した結果、あまり上手く炭化ができなかったが、2 回目に再度十分に乾燥させた状態で炭化した結果、問題なく炭化したことを確認した。

ぶどうの搾りかすについては、水分量が多かったため、製炭炉に投入する前にある程度水分を絞り、下に剪定枝を組んでその上に投入した。ただ、ぶどうの搾りかすは含水率が高いため、その水分量を飛ばすために通常よりも火力が必要となった。火力を高めた結果、下に敷いた剪定枝は消失してしまい、ぶどうの搾りかすの炭化は成功したが、剪定枝との同時炭化は不可であった。火力の調整が上手くできるようになれば、同時に炭化させることも可能であると考えられるが、訓練が必要である。

トマト茎についても、剪定枝を下に組み、その上に投下したが、こちらについては問題なく、どちらも炭化ができた。ぶどうの搾りかすと比較して水分量がそこまで多くなかったため、上手いといったと考えられる。

表 3-6 炭化実施結果

炭化実証	実施日時	対象炭化物	結果
第 1 回	10/28	サクランボの剪定枝	前日雨が降ったため、剪定枝が濡れており、あまり上手く炭化しなかった
第 2 回	10/30	サクランボ+りんごの剪定枝 (混合剪定枝)	問題なく炭化
第 3 回	11/18	剪定枝+ぶどうの搾りかす	剪定枝と組み合わせることで一部炭化（剪定枝は消失）
第 4 回	11/20	剪定枝+トマト茎残渣	剪定枝と組み合わせることで問題なく炭化



図 3-5 さくらんぼ剪定枝の炭化前後



図 3-6 混合剪定枝の炭化前後



図 3-7 ぶどうの搾りかす炭化前後

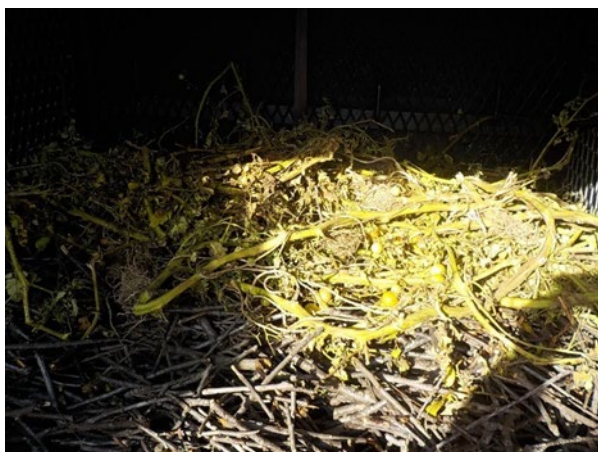


図 3-8 トマト茎の炭化前後

3.5 炭化物の性状調査

昨年度事業では、剪定枝等のバイオ炭化の確認はできたが、得られたバイオ炭の性状調査までは実施できておらず、バイオ炭を発電施設で利用できるのか、ボイラー等の熱供給施設で利用できるのか等の確認が実施できていない状態であった。そのため、本事業では、炭化実証の際に得られたバイオ炭の性状調査を実施するこ

とで、バイオ炭を土壌改良剤として活用するのか、発電設備や熱供給設備で利用できるのか等の確認を実施した。

3.5.1 性状調査項目

1) バイオ炭の品質基準

バイオ炭は「燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350℃超の温度でバイオマスを加熱して作られる固形物」と定義づけられる。バイオ炭を燃料としてエネルギー利用する場合と土壌改良剤として使用する場合とで求められる品質基準が異なる。

① エネルギー利用の場合：

エネルギー利用で一番重要な項目は低位発熱量（kcal/kg もしくは MJ/kg）である。バイオ炭を燃料として使用する場合の低位発熱量の基準は定められていないが、例えば JAS（日本農林規格）で定められている木質ペレット燃料においては、発熱量の基準が 16.5MJ/kg（約 4,000kcal/kg）となっている。そのため、バイオ炭を燃料として使用する場合も 16.5MJ/kg 以上を目安とすることとする。また、環境や人体に悪影響を及ぼす可能性がある水銀・クロム・カドミウムといった重金属については基準値以下であることが求められると史料。

表 3-7（参考）JAS（日本農林規格）木質ペレット燃料における重金属含有量基準値（抜粋）

品質項目	単位	基準
ヒ素（As）	mg/kg	1 以下
カドミウム	mg/kg	0.5 以下
全クロム	mg/kg	10 以下
鉛	mg/kg	10 以下
水銀	mg/kg	0.1 以下
ニッケル（Ni）	mg/kg	10 以下

② 土壌改良剤の場合：

バイオ炭を土壌改良剤として使用する場合、明確な品質基準は定められていないが、燃料として使用するとき同様、重金属含有量は基準値以下であることが必要である。今回は、バイオ炭が土壌改良剤もしくは肥料として使用可能であるかについて肥料等試験法に基づいて分析することとした。

なお、バイオ炭を土壌改良剤として使用し、J-クレジット制度で登録する際には、別途「製炭温度が 350℃超であること」等証明が必要となる。具体的な証明方法については後述する。

2) 調査対象項目

今回環境計量証明事業者登録がされている計量機関に委託した際、以下項目において 4 種のバイオ炭の性状調査を依頼した。

表 3-8 性状分析項目一覧

分析項目		調査内容
水分	(%)	乾燥状態を保つことで安定性や燃焼効率が上がることが期待される。
熱灼減量	(%)	物質を強熱した場合に酸化反応などにより減量する割合をいう。燃焼の達成度を表す指標の一つとして用いられている。
水素イオン濃度	(pH)	バイオ炭の土壌酸性度の中和能力を評価。酸性土壌の改良や植物の成長に適した環境を提供するために重要。
電気伝導率	(ms/m)	電気伝導率が高いと肥料効果が期待される。ただ、200ms/mを超えると、作物の根に悪影響が出る可能性がある。
窒素全量	(%)	土壌肥沃度の向上や植物の成長に寄与するバイオ炭の肥料成分としての役割を評価。
りん酸全量	(%)	植物の根の発育や花、実の形成を促進するための必須成分。
カリウム全量	(%)	植物の耐病性や耐乾性、品質向上に寄与。
重金属（水銀・クロム・カドミウム・鉛・ヒ素・ニッケル）	(%)	重金属類は作物・土壌に悪影響が出る可能性がある。環境汚染リスクを評価。
石灰全量	(%)	土壌酸性度を中和する効果を評価。含有量が多いと肥料効果が期待される。
苦土全量	(%)	植物の光合成や栄養輸送に必要な成分。含有量が多いと肥料効果が期待される。
低位発熱量	(kJ/kg)	数値が高いとエネルギーとして利用できる可能性が高い。
炭素	(%)	炭素貯留材としての効果や土壌改良の持続性に関する評価。炭素含有率が高いほど、土壌中での安定性が高まる。
炭素窒素比	(%)	比率が高いと肥料効果は高くないが、微生物の活動が促進されて腐植が増えるため、土壌の改良効果は高い。
可溶性ケイ酸	(%)	植物の病害耐性や収量向上に寄与。含有量が多いと肥料効果が期待される。

3.5.2 性状調査結果

1) エネルギーとしての利用可能性

分析の結果、四種類の原材料によるバイオ炭のどれもエネルギー利用は可能であると確認できた。まず、燃焼効率に係る水分率については、どれも 10%以下であり、燃焼効率は良いとされる。また一番重要とされる低位発熱量については、いずれも低位発熱量が木質ペレットの基準 16500KJ/kg 以上であることから、燃料として十分な発熱量がある。特に剪定枝の発熱量が高く、エネルギー利用に向いていると思われる。その他、pH 値が低いとボイラー腐食の原因となるが、どれも弱アルカリ性の性質を持つため問題なく、重金属含有量もいずれも基準値以下であり問題ないことが確認できた。

一点、熱灼減量が高いことが懸念材料としてある。熱灼減量は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則第 4 条の 5 第 1 項第 2 号に規定するごみ焼却施設に係る維持管理基準のうち、同号二に掲げる焼却灰の熱しゃく減量に関する基準(産業廃棄物焼却施設については、規則第 12 条の 7 第 5 項に基づき同様の基準が適用される)は、完全燃焼が達成されているか否かの指標として定められているものである。これは、廃棄物焼却施設への廃棄物の投入が、当該施設の処理能力を超える過負荷投入の状態となった場合、ダイオキシン類が生成しやすい不完全燃焼が生じ、焼却灰の熱しゃく減量が高くなることから、焼却灰の熱しゃく減量を一定基準以下となるよう焼却することを義務づけることにより、過負荷投入による不完全燃焼を防止することを目的としたものであり、基本的に熱灼減量は 10%以下が望ましいとされている。

ただ、良質の炭化物を得るために、適切な燃焼管理の下で焼却する必要があることから、たとえ焼却灰の熱しゃく減量が 10%を超えていても、必ずしもこれが過負荷投入に起因するものではないと考えられるため、そこまで問題がないとされる。しかし、実際にバイオ炭をボイラー等で燃料として使用する際には、ボイラーの燃料制御などが必要ではないか等メーカーとも相談しながら導入を検討する必要があると考える。

表 3-9 エネルギー利用に関連する項目及び分析結果

分析項目	分析結果			
	剪定枝混合	さくらんぼ剪定枝	ぶどうの搾りかす	トマト茎
水分 (%)	5.5	5.5	3.6	3.8
熱灼減量 (%)	88.4	90.2	84.0	64.6
水素イオン濃度 (pH)	9.0	9.8	8.9	9.6
重金属含有量 (%)	基準値以下	基準値以下	基準値以下	基準値以下
低位発熱量 (kJ/kg)	31300	27400	26300	16500
炭素 (%)	73.2	79.8	63.5	35.6

2) 土壌改良剤としての活用可能性について

分析の結果、四種類の原材料によるバイオ炭の内、さくらんぼとリンゴの剪定枝については、土壌改良剤として活用可能性があることが確認できた。

分析項目の内、水素イオン濃度については 8.9～9.8 と弱アルカリ性の性質であることが確認された。肥料効果が期待される、リン酸、カリウム、石灰や苦土についてはいずれも値が低く、肥料効果としては低い結果となった。一方で、土壌改良剤としては、炭素窒素比が混合剪定枝およびサクランボの剪定枝については比較的比

率が高く、土壌改良剤として効果が期待できる結果となった。水分率についてはいずれも少し値が低いため、散布時は水分を加えるなど対策が必要と考えられる。

表 3-10 土壌改良剤利用に関連する項目及び分析結果

分析項目		分析結果			
		剪定枝混合	さくらんぼ剪定枝	ぶどうの搾りかす	トマト茎
水分%		5.5	5.5	3.6	3.8
水素イオン濃度 (pH)		9.0	9.8	8.9	9.6
電気伝導率	ms/m	28	68	800	480
りん酸全量	%	0.88	0.78	1.3	1.2
カリウム全量	%	1.1	0.94	1.4	0.99
重金属含有量 (%)		基準値以下	基準値以下	基準値以下	基準値以下
石灰全量	%	3.0	1.7	0.45	1.3
苦土全量	%	0.30	0.18	0.14	0.56
炭素	%	73.2	79.8	63.5	35.6
炭素窒素比	%	26	42	11	1.1
可溶性ケイ酸	%	0.25	0.25 未満	0.25 未満	0.25 未満

3.6 炭化物の利用用途検討

3.6.1 バイオ炭の利用用途調査

バイオ炭の利用用途は（１）農業残渣や剪定枝等を炭化してできたバイオ炭の利用、（２）炭化過程に発生する熱の利用、（３）炭化過程にて発生するエネルギーを電力へ変換しての利用、の３つに分けられる。

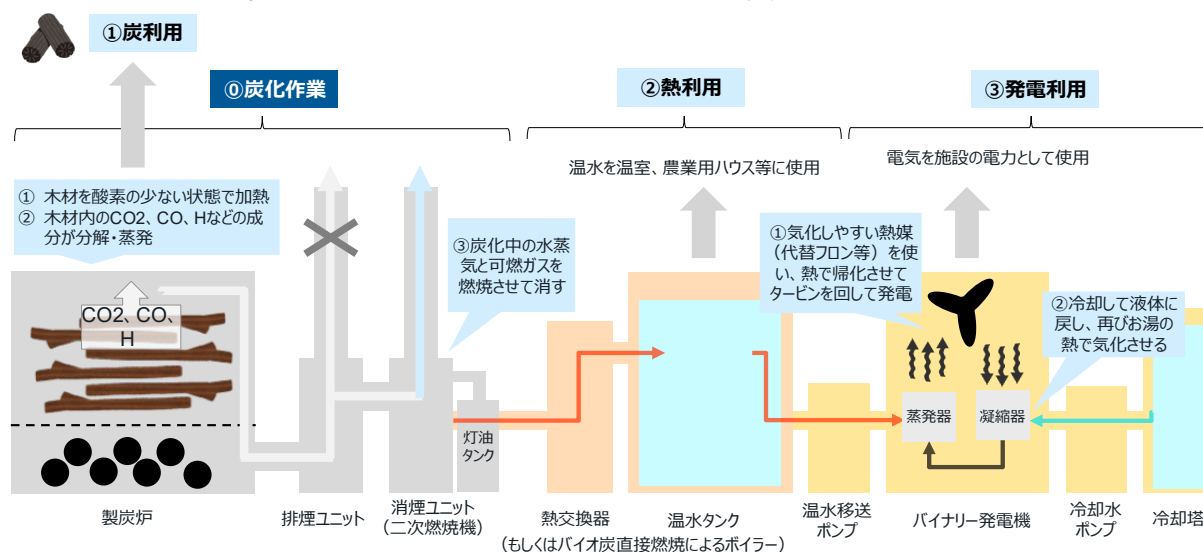


図 3-9 バイオ炭利用モデルイメージ図

（１） バイオ炭としての利用

バイオ炭としての利用は、土壌改良剤としての利用、肥料としての利用、エネルギー源としての利用、その他の利用に分かれる。原料により利用可能な用途は変動する。



図 3-10 バイオ炭利用用途

1) 土壌改良剤としての利用

<概要>

バイオ炭には、「土壌の pH 調整」や「土壌の保水性効果」、「微生物増殖」、「害虫予防」等の効果があるため、耕作に不向きな土地や、生産性の落ちた圃場の回復に用いられる。現在のバイオ炭の最も主流な利用用途である。

<適合原料>

全ての原料より土壌改良剤向けのバイオ炭は生産可能である。土地の状況や目的に応じて原料を変更することで、より大きな効果が望める。以下は目的に応じた原料の適合性をまとめた表である。

表 3-11 原料別バイオ炭の用途適合性

原料	生成温度	保水性改良	保肥性改良	土壌酸性改良	リン供給	NO ₃ 吸着の改良
木材	高温	○	○	×	×	×
	低温	○	×	△	×	○
竹	高温	○	○	△	×	×
	低温	○	×	○	×	○
もみ殻	高温	△	○	△	×	×
	低温	△	×	○	×	△
さとうきびバガス	高温	◎	×	×	×	×
	低温	◎	×	△	×	△
鶏ふん	高温	△	×	◎	◎	×
	低温	△	×	◎	◎	×
集落排水汚泥	高温	×	×	△	○	×
	低温	×	×	△	△	△

(出典) 農研機構農村工学研究所 (2016) 「バイオ炭の理化学的特徴を考慮した畑地基盤の改良技術」より引用

<使用事例>

① 北海道美幌町

- ・ 担い手：株式会社価値協創システム
- ・ 原材料：未利用の木質バイオマス、規格外の野菜や農業残渣
- ・ 併用利用用途：融雪剤、土壌改良剤、消臭・防臭効果のある日用雑貨品（石鹸等）



図 3-11 実施の様子

（出典）株式会社地域価値協創システム HP

② 長野県小布施町

- ・ 担い手：小布施町役場
- ・ 原材料：落ち葉や草（夏～秋季）、栗イガや栗の鬼皮（秋季）、栗・りんご等果樹の剪定枝（冬季）
- ・ 併用利用用途：土壌改良剤、固形炭（BBQ 場などで使用）



図 3-12 出来上がりバイオ炭の様子

（出典）長野県小布施町（2013）【特集】地域材でつくる「おぶせ炭」の生産ストーリーに迫る」

2) 肥料としての利用

<概要>

肥料は植物への3大栄養素の供給を目的とすることが多い。木皮から作るバイオ炭や、竹炭等は、カリウムやケイ素の栄養素を含むため、肥料として利用できる可能性がある。しかし、窒素やリン等を含まないため、利用可能な場面は限られる。栄養素が豊富な農業残渣を原料としたバイオ炭の肥料効果については、現在研究が進められており、窒素・リン・カリウムが揃った肥料として利用できる可能性もある

<適合原料>

もみ殻、家畜糞尿、製紙汚泥、下水汚泥

<使用事例>

岐阜県海津市

- ・ 担い手：株式会社日本環境管理センター
- ・ 原材料：し尿汚泥、下水汚泥

3) エネルギー源としての利用

<概要>

バイオ炭を熱・電気へと変換して利用することも考えられる。熱として利用する場合には、木炭としてBBQに利用することが考えられる。バイオ炭より発電することも理論上は可能だが、バイオ炭に対応したボイラーが存在しないため、別途開発が必要である。

<適合原料>

一程度の発熱量を有していればすべての原料で利用可能である。

<使用事例>

小布施町

- ・ 原材料：落ち葉や草（夏～秋季）、栗イガや栗の鬼皮（秋季）、栗・りんご等果樹の剪定枝（冬季）
- ・ 特徴：剪定枝で作った炭は煙の臭いが少ない。栗イガの炭は持続力がないが着火剤となる



図 3-13 利用の様子

(出典) 長野県小布施町 (2013) 【特集】地域材でつくる「おぶせ炭」の生産ストーリーに迫る」

4) その他

研究・実証中の用途事例も含めて以下の表に整理した。

表 3-12 バイオ炭の用途事例一覧（研究・実証中も含まれる）

畜産関連	- 飼料添加物（消化推進効果） - 敷料 - 糞尿処理（脱臭効果） - 糞尿堆肥化（脱臭効果） - 養殖用水処理	農業関連	- 炭素肥料 - 堆肥 - 栽培土壌の泥炭代替品 - 植物保護 - 微量元素の保証堆肥 - 農薬表面流出壁
生活補助	- 断熱材 - 空気の除染・脱臭剤 - 湿度調整剤	工業	- 汚染土壌浄化 - 池・湖の水処理 - バイオガスの生産向上
排水処理	- 活性炭フィルター - プレウォッシュ添加剤 - 有機床土壌気質 - 堆肥化トイレ - マイクロフィルター - 発展途上国の大型フィルター	排気 フィルター	- 排出ガス抑制 - ルームエアフィルター
産業資材	- 炭素繊維 - プラスチック	染料	- 食用色素 - 工業用色素
エレクトロニクス冶金学	- 半導体 - 電池 - 金属の還元	エネルギー 生産	- ペレット - 褐炭添加剤
化粧品	- 石鹸 - スクンクリーム	繊維産業	- 衣料品繊維添加剤 - 衣料用保湿材

	入浴剤		靴底用消臭剤
食品産業	- 食品の保存 - 健康食品への利用（整腸効果）		

（出典）ithaka institute for carbon strategies（2012）「the Ithaka Journal」を参考に NTT データ経営研究所にて追加・改変

<使用事例>

① 清水建設

- 利用用途：コンクリート
- 実施概要：木質バイオマスの炭化物であるバイオ炭を混入したコンクリートを製造している。



図 3-14 コンクリートの様子

（出典）清水建設（2023）「コンクリート内部に CO2 を固定してカーボンネガティブを実現する「バイオ炭コンクリート」

（2）熱利用

<概要>

バイオ炭製造過程にて発生した熱を用いて、温水を作り、温室・農業用ハウス等に利用する。

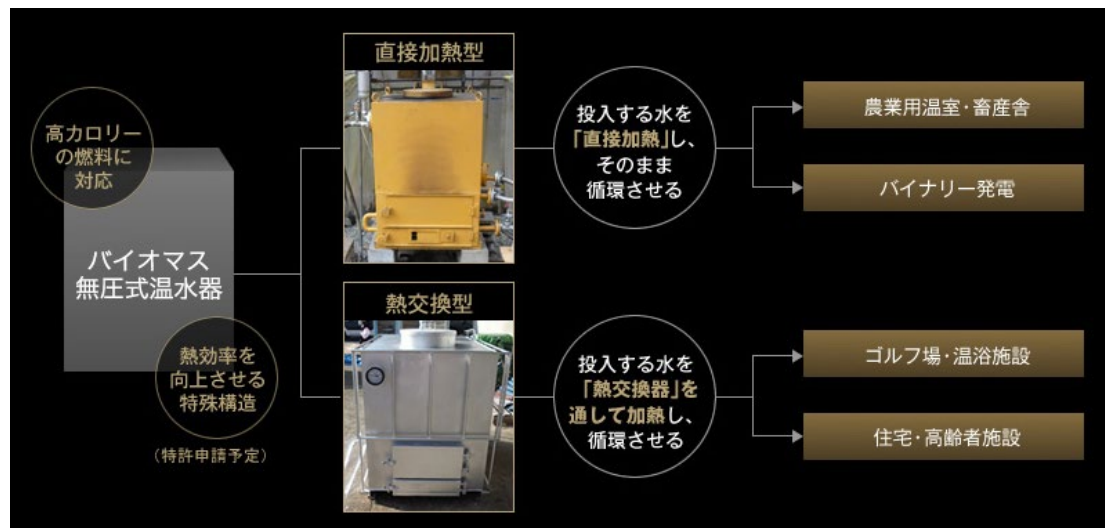


図 3-15 熱利用システム概要

(出典) 高槻バイオチャーエネルギー研究所 HP

(3) 電気利用

<概要>

帰化しやすい熱媒を、バイオ炭製造過程にて発生した熱で気化することで、タービンを回し、発電する。発電した電力は周辺施設にて活用をする。

<実施例>

① 株式会社ユー・イー・エス

・ 実施概要：

木質バイオマス発電の過程にて、発電と同時にバイオ炭を生産している。

製造したバイオ炭は SDGs ペレット炭として販売（土壌改良用、耐水用、床下調湿用、悪臭対策用、農業用）



図 3-16 SDGs ペレット炭

(出典) 株式会社ユー・イー・エス HP

② 産業総合研究所

・ 実施概要：小型炭化炉に熱電変換ユニットと断熱材を組み合わせ、バイオ炭生産と廃熱発電を

同時に行う。炉壁に設置した熱電変換ユニットが、バイオ炭製造過程にて発生した熱を電気に変換することで発電する。

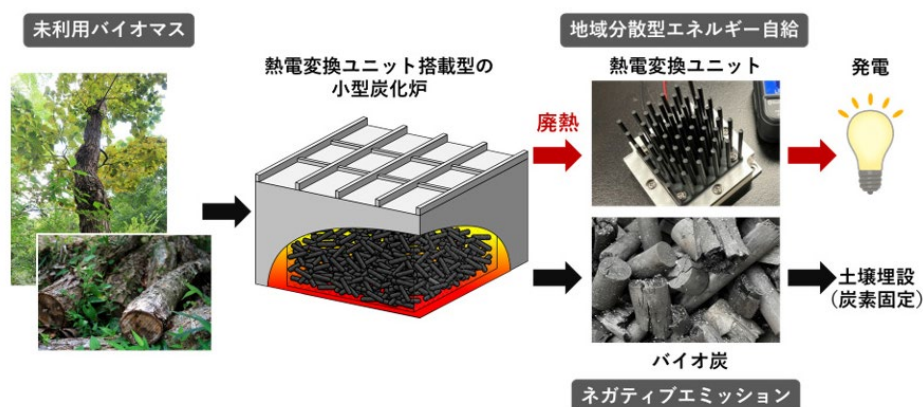


図 3-17 バイオ炭・電気のコプロダクションシステム

(出典) 産業総合研究所 HP

3.6.2 仁木町産バイオ炭の利用用途

前述の通り、バイオ炭はエネルギー利用と土壌改良剤利用が主な利用方法となる。

今回性状調査の結果から、仁木町で製造したバイオ炭は主に剪定枝についてはエネルギー利用と土壌改良剤利用の活用可能性は確認できた。

土壌改良剤として使用する場合には、仁木町の土壌と組み合わせた際にどのような効果が出るのか、作物への影響と合わせて調査することで活用可能性を検討していく必要がある。

エネルギー利用については、バイオ炭を燃料として使用する場合、大きく分けて「バイオマス発電」と「バイオマス熱利用」がある。

バイオマス発電は、バイオマスのエネルギー変換方法によって、直接燃焼による発電とガス化による発電に分けられる。直接燃焼は、既設の大型石炭火力発電所による混焼方式、小規模のバイオマス専焼ボイラーを用いた方式があり、ボイラーで発生した蒸気でタービンを回して発電する。ガス化は、バイオマスを熱分解するガス化炉で可燃性ガス（合成ガス）を発生させてボイラーでの燃焼、ガスエンジン、ガスタービンなどで発電する方式と、バイオマスや廃棄物などの発酵によってメタンガスを作り、ガスエンジンなどで発電する方式がある。

バイオマス熱利用は、化石燃料の代わりにバイオマスをバイオマスボイラーで直接燃焼させて、熱エネルギーとして利用する方法である。

バイオマス発電と熱利用の違いとしては生み出すエネルギーが電気が熱かといった違いもあるが、エネルギー効率といった大きな違いがある。バイオマス発電は発電効率が20～40%程度だと言われているのに対し、熱利用の場合は、バイオマス分のエネルギーを直接使うことから70～90%とエネルギー効率が高い。エネルギー効率が高いということはその分効率的に温室効果ガス削減効果も高まると言える。

また、価格的にも、灯油や重油と比較して木質バイオマスは価格競争力を持ちうる一方、灯油や重油よりも価格が低い電気となるとコストメリットを出すのが難しいといった一面もある。

表 3-13 バイオマス発電と熱利用の違い

	バイオマス発電	バイオマス熱利用
エネルギー	電気	熱（暖房、給湯など）
設備	発電所（蒸気タービン、ボイラー）	ボイラー、ペレットストーブ
エネルギー効率	20～40%	70～90%

そのため、本事業においてはまずバイオマス熱利用の可能性が高いと考え、仁木町産バイオ炭をバイオマスボイラーを使用して熱利用する場合、灯油や重油の代替品としてコストメリットが出るのかを検討する。

3.7 事業性評価の実施

3.7.1 仁木町におけるバイオ炭製造ポテンシャル

バイオ炭製造時に製炭炉に投入する前の原材料と製炭後の重量を比較することで、原材料ごとの炭化率を調査した（表 3-14 参照）。

1 回目に炭化したさくらんぼの剪定枝については、上手く炭化できなかったことから炭化率を測定できなかったが、混合剪定枝については 11.9%、ぶどうの搾りかすについては 8.0%、トマト茎については 1.3%という結果となった。水分量が比較的少ない混合剪定枝については炭化率が高くなったが、ぶどうの搾りかすやトマト茎については水分量による火力調整の難しさなどから炭化率が低くなったと考えられる。

表 3-14 計量結果

	品目	原材料 (kg)	炭化量 (kg)	炭化率 (%)
第 1 回	さくらんぼ剪定枝	280	— ^{※1}	—
第 2 回	フルーツパーク剪定枝混合	70	8.3	11.9%
第 3 回	ぶどう搾りかす	30	2.4	8.0%
	さくらんぼ剪定枝（下地）	70	消失	—
第 4 回	ミニトマト茎	60	0.8	1.3%
	さくらんぼ剪定枝（下地）	60	0.8	1.3%

※1：炭化物第三回焚きつけ材、未炭化物第二回下地材へ

実証時に計測した各原材料の炭化率を踏まえて、仁木町で 1 年間に調達できる剪定枝等の量から、製造できるバイオ炭のポテンシャル量を試算した（表 3-15）。その結果、果樹剪定枝 850,000kg/年に対し、バイオ炭量は 100,786kg/年、ぶどうの搾りかす 11,840kg/年に対し、炭化量は 947kg/年、トマト茎は 15,800,000kg/年に対し、炭化量が 210,667kg/年という結果になり、年間合計約 312 トンの製造ポテンシャルがあることが確認できた。

表 3-16 炭化量の試算結果

原料種	1 年あたりの調達量 (kg/年)	炭化率 (%)	炭化量 (kg/年)
果樹剪定枝	850,000	11.9%	100,786
トマト茎残渣	15,800,000	1.3%	210,667
ぶどうの搾りかす	11,840 ^{※2}	8.0%	947
合計	16,661,840		312,400

※2：仁木町ぶどう畑 37ha×収量 800kg/ha×0.4（残渣率）で試算

なお、製炭炉 1 基に 1 度に投入できる量を実証 1 回目の投入量を参考に 280kg/回とし、年間製炭できる回数を 175 回（1 日置きに製炭するため、週に 3.5 回×50 週）とすると、年間約 312 トンのバイオ炭を

製造するには、現在導入している製炭炉規模で 340 基が必要となる。また、製炭炉 1 基で炭化を実施する場合、町内で発生する剪定枝等の約 0.3%分のみしか炭化ができないということが確認できた。

貴町が持つポテンシャルを生かすためにはより大規模な製炭体制を整える必要がある。

3.7.2 バイオ炭製造事業に関する事業性評価

まず、バイオ炭の製造・販売事業に関する事業性評価を実施する。

1) バイオ炭製造コスト

バイオ炭製造コストについて、イニシャルコストとランニングコストは以下前提条件を置いた。本試算においては、現在貴町に導入している製炭炉を活用することをまず前提としている。導入済み製炭炉は昨年度補助事業で購入したものであるため、イニシャルコストは 0 円で設定した。また、ランニングコストについては製炭炉動力・二次燃焼燃料代、運搬費用、人件費とかかるが、それらについては昨年度事業の試算条件も参考に仮値を設定した。

表 3-17 イニシャル・ランニングコストの前提条件

	モデル条件	費用
イニシャルコスト	・ 製炭炉の導入費	・ 昨年度補助事業で導入しているため、0 円で設定
ランニングコスト	・ 製炭炉動力・二次燃焼炉燃料代 ・ 運搬費用 ・ 人件費	・ 年間 10 万円 ・ 年間 24 万円 ・ 年間 300 万円（1 名雇用）

製炭炉 1 基で炭化する場合の試算条件についても、以下の通り設定した。なお、今回の試算において、炭化率や製炭量については炭化率が高い混合剪定枝を対象に試算を実施した。

表 3-18 試算条件一覧

条件	量	単位	備考
1 稼働日数	175	日/年	1 日置きに製炭を実施（1 週間に 3.5 回、50 週）
2 単位製炭原料	280	kg/回・基	製炭炉に一度に投入できる原料の量
3 原材料の量	49,000	kg/年	製炭炉 1 炉に対して年間で投入できる量
4 炭化率（果樹剪定枝）	11.9	%	1 回で原料から製炭できる割合（実証時の計測値）
5 製炭量	5,831	kg/年	製炭炉 1 炉で 1 年間製炭できる量
6 製炭炉の導入費	0	円	補助金で導入したため 0 円

7	設備消費電力・ 補助燃料使用量	100,000	円/年	昨年度試算条件を参照
8	運搬におけるガソリン代	20,000	円/月	昨年度試算条件を参照
9	人件費	3,000,000	円/年・人	1 人を雇用する想定

2) バイオ炭の売り上げ

バイオ炭自体の売り上げはバイオ炭の製造量×1kg 当たりのバイオ炭販売単価（円/kg）によって求める。バイオ炭の販売単価については農林水産省公表資料を参照し、80 円/kg と設定した。

3) 試算結果

製炭炉 1 炉を 1 年間運転させた場合の収益性を試算した結果は以下の通り。バイオ炭 1kg あたり 572.8 円の製造コストがかかっており、収益として赤字となった。なお、例えばぶどうの搾りかすについては、産業廃棄物であるため現在処分に処理費がかかっている状況である。処理費用の相場は 30～50 円/kg とされており、年間貴町から発生する搾りかすの総量（11,840kg）を全て産業廃棄物として処理した場合、少なくとも 355,200 円がかかるとされる。しかし、その処理費用よりも現時点で製炭費用の方が高いため、特にコストメリットはない結果となっている。

表 3-19 製炭炉 1 炉で稼働した際の収益モデル

売上	計	466、480
	バイオ炭販売	466,480
費用	計	3,340,000
	バイオ炭	340,000
	製炭原料	0
	製炭器動力・二次燃焼炉燃料	100,000
	運搬費用	240,000
	減価償却	0
	人件費	3,000,000
利益		-2,873,520
バイオ炭製造にかかる費用（円/kg）		572.8

3.7.3 土壌改良剤利用

バイオ炭を土壌改良剤として使用する場合、バイオ炭自体の販売価格とは別に、バイオ炭による CO₂ 吸収効果を J-クレジット化し、その環境価値を売買することも可能である。

バイオ炭を J-クレジット化し、販売した場合の売り上げについてはバイオ炭の製造量×1t 当たりのバイオ炭による CO₂ 貯留量×J-クレジット販売単価で求めることが可能である。

1t 当たりのバイオ炭による CO₂ 貯留量は、J クレジット方法論より、1.84t-CO₂/t と設定した²。また、J-クレジット販売単価については、農林水産省公表資料「農林水産分野のクレジット取引の実例①[バイオ炭]（2023 年）」の一般社団法人日本クルベジ協会による販売価格を参照し、50,000 円/t-CO₂ と設定した。

バイオ炭の CO₂ 貯留効果を J-クレジットとして販売した場合の収益モデルを試算した結果を以下に示す。J-クレジット販売分わずかに収益は改善したが、変わらず赤字という結果となった。

なお、製炭炉 1 基で製造したバイオ炭を全て土壌改良剤として使用した場合、土壌に CO₂ を貯留できる最大ポテンシャルは 10,729kg-CO₂/年となっている。

表 3-20 J クレジット販売を実施した際の収益モデル

売上	計	1,001,523
	バイオ炭販売	466,480
	J クレジット販売	535,043
費用	計	3,340,000
	バイオ炭	340,000
	製炭原料	0
	製炭器動力・二次燃焼炉燃料	100,000
	運搬費用	240,000
	減価償却	0
	人件費	3,000,000
利益		-2,338,477
バイオ炭製造にかかる費用（円/kg）		572.8

（１） J-クレジットの申請条件

製造したバイオ炭を J-クレジット化する場合にはいくつか条件が設定されており、その内容を以下に示す。

² J クレジット方法論より試算。木材由来バイオ炭のデフォルト炭素量を使用。（炭素含有率（0.77）×100 年後の炭素残存率（0.65）×44/12）

J-クレジット化する際は製炭温度が350℃超であることを証明する必要があり、そのためには工業試験場において測定した固定炭素の結果や日本バイオ炭普及会規則に基づいて測定した固定炭素を示す必要がある。

表 3-21 J-クレジット制度方法論 | バイオ炭の農地施用 (AG-004 Ver.1.2)

1. バイオ炭を、農地法第2条に定める「**農地**」又は「**採草放牧地**」における**鉍質の土壤に施用**すること。
2. 施用するバイオ炭は、**炭素含有率及び 100 年後の炭素残存率のデフォルト値が適用できる種類**であること、又はそのような**デフォルト値が適用できる原料及び製炭温度により製造されたものであることが、客観的に確認**できること。
 - 2020 年版（2020 年 4 月公表）の日本国温室効果ガスインベントリ報告書では、白炭、黒炭、竹炭、粉炭、オガ炭の 5 種について、炭素含有率及び 100 年後の炭素残存率（竹炭については両者を包含した単一の値）のデフォルト値が示されている。施用するバイオ炭の種類が、上記インベントリ報告書においてデフォルト値が示されているものであることを客観的に確認できる場合は、本適用条件を満たすことになり、対応する炭素含有率及び炭素残存率のデフォルト値を認証量算定に使用できる
 - プロジェクト実施者は、原料や製炭工程等に基づき、施用されるバイオ炭が当該種類又は原料由来であることを保証する文書等をバイオ炭供給元から入手し、毎検証時に提出することが求められる。なお、保証の妥当性を担保するために、妥当性確認時又は初回認証申請時には、以下何れかの方法で実測することで**製炭温度が 350℃超であることを示さなければならない**。
 - ① 工業試験場等において「JIS M 8812:2004 石炭類及びコークス類－工業分析方法」に基づき固定炭素を測定
 - ② 日本バイオ炭普及会規格「**土壤炭素貯留用バイオ炭―測定法―**」に基づき固定炭素を測定
 - ③ 精煉計等によりバイオ炭の精煉度が 0～9 度であることを確認
3. バイオ炭の原料は、**国内産**であること。
4. バイオ炭の原料は、**未利用の生物資源**であること。また、農地施用を用途とするバイオ炭の製造を目的として主伐された木材でないこと。
5. バイオ炭の原料には、**異物、塗料、接着剤、防腐剤、薬剤、有害物が含まれてない**こと。また、その入手・使用にあたって法令違反や不適切な手続がないこと。

日本バイオ炭普及会では土壤炭素貯留用バイオ炭の評価測定方法を体系的に整備するために測定方法が規定されており、J-クレジット申請の際にも証書として使用することが可能である。バイオ炭普及会規格では、「かさ密度」「水分」「灰分」「揮発分」「難分解性炭素分」について調査結果を記載し、品質を証明する証書が発行される。本証明書は J-クレジット制度におけるバイオ炭品質の証憑として使用が可能である。

貴町でも J-クレジット化するにはこのような品質証明書を取得し、制度を活用することが考えられる。

バイオ炭品質証明書

〇〇製炭 殿

2021年〇〇月〇〇日受領のバイオ炭（受付番号：〇〇〇〇）について
日本バイオ炭普及会バイオ炭規格に則り
その品質は下記のとおりであることを証明する。

2021年〇〇月〇〇日
日本バイオ炭普及会
品質部門長 沖森 泰行



- 1) バイオ炭原料：未利用間伐材
- 2) バイオ炭原料採取地：〇〇県〇〇市〇〇町〇〇
- 3) バイオ炭製造方法：平炉
- 4) バイオ炭製造地：〇〇県〇〇市〇〇町〇〇
- 5) バイオ炭の種類：粉炭
- 6) 製造温度：350℃超
- 7) 品質証明対象数量：〇〇トン（〇〇〇m³）
- 8) 品質有効期限：発行日より1年（発行日を含む）
- 9) 品質測定事項

測定項目	単位	測定結果
かさ密度	g/ml	〇.〇〇
水分	%	〇〇.〇
灰分	%	〇〇.〇
揮発分	%	〇〇.〇
難分解性炭素分	%	〇〇.〇
バイオ炭 1kg あたりの付随的 CO ₂ 排出量	kg-CO ₂	〇〇〇

※水分・灰分・揮発分・難分解性炭素分は全て乾態ベースです。
※CO₂ の重量に換算する場合は、難分解性炭素重量に
換算係数（44/12≒3.67）をかけてください。
※なお、J-クレジット制度に適用する場合は難分解性炭素の値ではなく、
方法論 AG004 で規定される以下の炭素分を用いる。

炭素含有率	%	〇〇.〇
炭素残存率	%	〇〇.〇

なお、上記、貴社製品の品質証明は貴社サンプルと貴社提供情報から、実験及び算出したもので、貴社製品の品質は貴社の責任に帰することを申し添えます。

図 3-18 バイオ炭品質証明書（例）

（出典）日本バイオ炭普及会

（２）J-クレジットの申請方法

クレジットの認証・発行までには、プロジェクトの登録とモニタリング（削減量や吸収量を算定するための計測等）の２つのステップがある。

まずはどのような CO₂ 排出削減/吸収事業を実施するのか、計画書を作成し、審査機関によってその計画書の妥当性を確認する。妥当性の確認ができれば正式に国がプロジェクトを登録する。

次に CO₂ 排出削減/吸収事業を実施した後にモニタリングを実施し、排出削減量や吸収量を算定する。再度審査機関によってモニタリング方法がプロジェクト計画に沿って行われるかが確認される。その後、認証を受け、国がクレジットを発行する流れとなる。

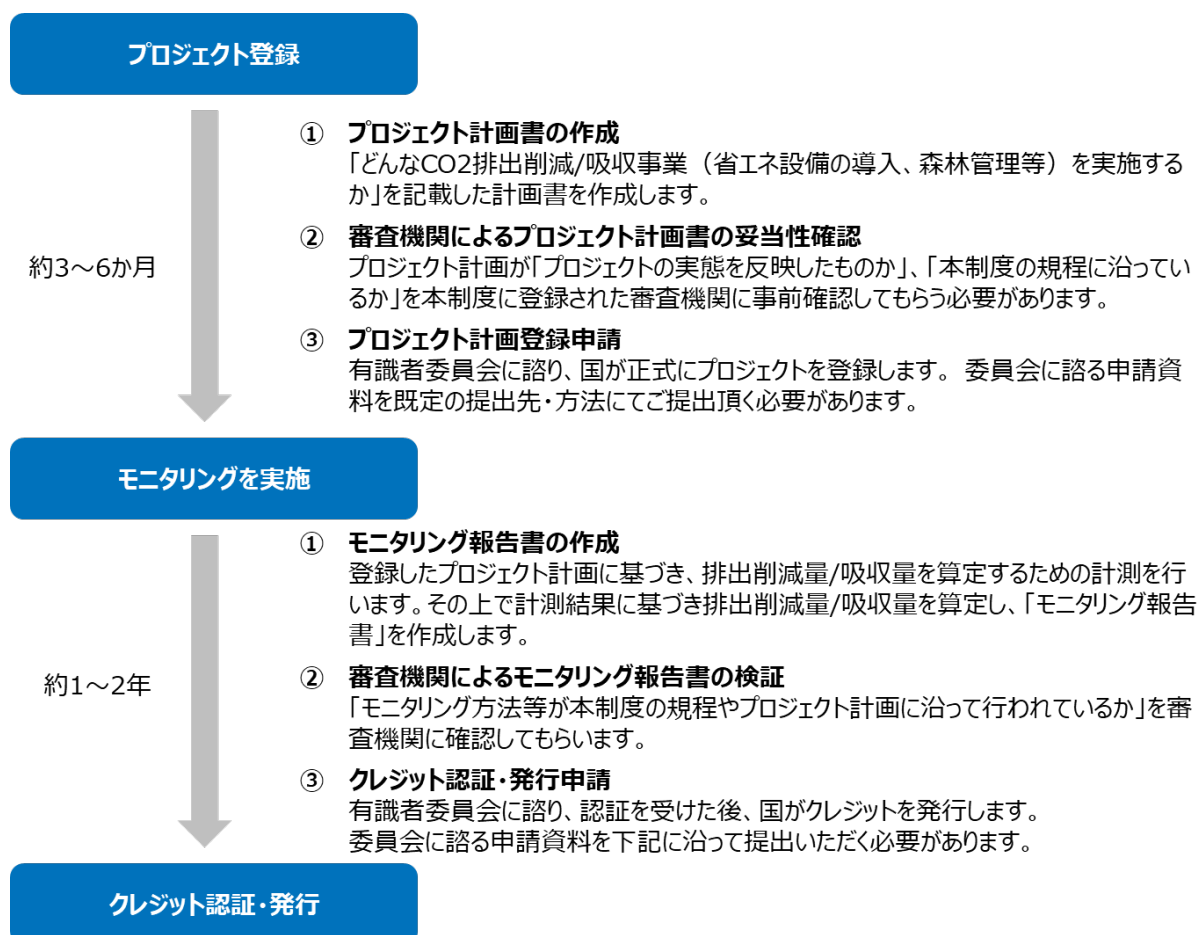


図 3-19 クレジット申請の流れ

3.7.4 熱利用の場合

バイオ炭を熱利用する場合は、バイオ炭を製造する際に発生する排熱を利用するパターンと、バイオマスボイラーを使用し、バイオ炭を燃料として使用するパターンがある。

① 排熱を利用するパターン

バイオ炭を製造する際に発生する排熱を利用するパターンについては、現在仁木町に導入している製炭炉がバッチ式で排熱供給が不連続であることから、排熱を常時提供する必要がある温室のボイラー利用などには向いていないと考えられる。一方で、今回実証で使用したぶどうの搾りかすなど、一定程度水分量を減らした方が良い原材料に対して、排熱を利用した乾燥機を使用するといった運用が考えられる。

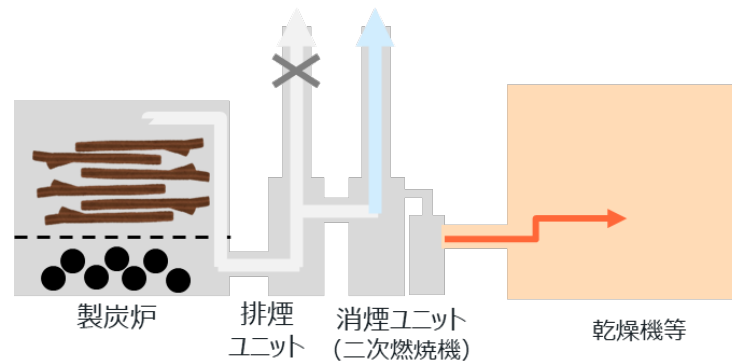


図 3-20 排熱利用のイメージ図

② バイオマスボイラーを利用するパターン

バイオ炭をバイオマスボイラーの燃料として活用するパターンについては、現在仁木町に導入しているバッチ式製炭炉でも問題なく活用が可能であると考えられる。現在 A 重油や灯油等を使用しているボイラーの代替としてバイオ炭を活用することで CO₂ 排出量の削減も期待できる。そのため、今回はバイオ炭をバイオマスボイラーで利用するパターンで事業性評価を実施する。なお、2025 年 2 月現在、バイオ炭専用ボイラーは市販化されていないため、木質バイオマスボイラーを活用する想定で試算を実施する。



図 3-21 バイオマスボイラー利用のイメージ図

1) 既存燃料価格との比較

バイオ炭を燃料として使用する場合、既存燃料の代替品として使用されるかの大きな要因は価格である。既存燃料の重油や灯油よりも価格が高いといくらバイオ炭の方が環境に良い燃料だったとしても燃料の置き換えは進まない。そのため、まず現在ボイラーの燃料として使用されている重油と灯油に関して熱量換算した場合の価格をバイオ炭と比較した。

① 重油

果樹剪定枝、トマト茎、ぶどうの搾りかすそれぞれについて、発熱量と販売価格により MJ 当たりの価格を算出した。なお、バイオ炭の販売価格は前述の通り 80 円/kg とする。

バイオマスボイラーシステム効率を 80%と設定し、バイオ炭製造量から年間で供給できる熱量 (MJ) を試

算した。そこからその熱量を供給するために必要な A 重油量を逆算することでバイオ炭と A 重油の MJ 当たりの価格を比較した。

比較した結果、A 重油の MJ 当たりの価格は 2.5 円/MJ に対し、果樹剪定枝は 2.6 円/MJ、トマト茎は 4.8 円/MJ、ぶどうの搾りかすは 3.0 円/MJ という試算結果となった。比較的発熱量が高い果樹剪定枝は A 重油と遜色ない価格帯となったが、それでも A 重油よりもわずかに価格は上回っており、燃料転換によるコストメリットがないといった結果となった。もしバイオ炭を A 重油よりも安く販売するのであれば、果樹剪定枝は 62 円/kg、トマト茎は 32 円/kg、ぶどうの搾りかすは 52 円/kgの価格帯で販売する必要がある。

表 3-22 バイオ炭と重油との比較

		果樹剪定枝	トマト茎	ぶどうの搾りかす
バイオ炭の 想定	製造量 (kg/年)	100,786	210,667	947
	発熱量 (MJ/kg)	31.3	16.5	26.3
	販売額 (円/kg)	80	80	80
	バイオ炭 MJ 当たりの価格 (円/MJ)	2.6	4.8	3.0
運転条件	ボイラーシステム効率	80%	80%	80%
売上に係る 条件	年間供給量 (MJ/年)	2,523,681	2,780,800	19,929
	A 重油価格 (円/L)	96.2	96.2	96.2
	A 重油熱量 (MJ/L)	39.1	39.1	39.1
	A 重油 MJ 当たりの価格 (円/MJ)	2.5	2.5	2.5
	A 重油換算 (L)	64,544	71,120	510
	燃料費売上 (円)	6,209,160	6,841,764	49,033
	バイオ炭 1kg 当たりの販売価格目安 (円/kg)	62	32	52

② 灯油

灯油についても A 重油と同様に果樹剪定枝、トマト茎、ぶどうの搾りかすの MJ 当たりの価格と灯油の価格を比較した。その結果、灯油の MJ 当たりの価格は 3.2 円/MJ となり、剪定枝とぶどうの搾りかすについては灯油よりも安価で供給できることが確認された。そのため灯油を対象とした場合は、燃料転換によるコストメリットがあると考えられる。

表 3-23 バイオ炭と灯油との比較

		果樹剪定枝	トマト茎	ぶどうの搾りかす
バイオ炭の 想定	製造量 (kg/年)	100,786	210,667	947
	発熱量 (MJ/kg)	31.3	16.5	26.3

	販売額（円/kg）	80	80	80
	バイオ炭 MJ 当たりの価格（円/MJ）	2.6	4.8	3.0
運転条件	ボイラーシステム効率	80%	80%	80%
売上に係る 条件	年間供給量（MJ/年）	2,523,681	2,780,800	19,929
	灯油価格（円/L）	118.6	118.6	118.6
	灯油熱量（MJ/L）	36.7	36.7	36.7
	灯油 MJ 当たりの価格（円/MJ）	3.2	3.2	3.2
	灯油換算（L）	68,765	75,771	543
	燃料費売上（円）	8,169,301	9,001,609	64,512
	バイオ炭 1kg 当たりの販売価格目安（円/kg）	81	43	68

２）ボイラー利用の可能性

上記の結果より、バイオ炭が灯油の代替燃料として活用できる可能性が高いことから、灯油ボイラーからバイオマスボイラーに入れ替え、その設備投資分を燃料費減少額によって回収する場合について検討した。

① イニシャルコスト

木質バイオマスボイラーの規模については、農業用ハウス等で使用する灯油ボイラーを想定し、仮値で 50kW と設定した。償却年数は 15 年とし、この 15 年で設備投資分を燃料費減少額によって回収することを想定する。

表 3-24 イニシャルコストの前提条件

木質バイオマスボイラー規模	50kW
kW あたりの導入費用 ³	250,000 円/kW
導入費用	12,500,000 円
償却年数	15 年

② ランニングコスト

バイオマスボイラー利用時のランニングコストと灯油ボイラー利用時のランニングコストを比較することで燃料費の差額を算出する。灯油ボイラー利用時のランニングコストについては 50kW 規模のボイラーの場合の一般的なコストとして、以下の通り設定した。

³ 木質バイオマス熱利用プラットフォーム WOOD BIO ガイドブックより、20～30 万円/kW の導入費用目安を採用。25 万円/kW で試算

表 3-25 灯油ボイラー利用時のランニングコスト

灯油ボイラー利用時のランニングコスト	燃料使用量 ⁴	19,274L
	熱量 ⁵	707GJ
	灯油価格	118.6 円/L
	燃料費	2,285,843 円/年

なお、バイオマスボイラー利用時のバイオ炭価格と燃料費については変数として各パターンによって設定し、そのパターンであれば、設備投資分を回収できるのかを確かめる。

なお、試算の際には以下 4 つの試算条件を基に試算した。

- (ア) バイオマスボイラーを、新規で 100%自己負担で導入し、15 年で回収する場合
- (イ) バイオマスボイラーを、補助金を活用し、50%負担で導入し 15 年で回収する場合
- (ウ) バイオマスボイラーを、補助金を活用し、50%負担で導入し 15 年より早く回収する場合
- (エ) バイオマスボイラーを、補助金を活用し、自己負担なしで導入する場合

③ 試算結果

試算した結果、バイオマスボイラーを新規で 100%自己負担で導入し、15 年で回収する場合、バイオ炭の価格を 51.4 円程度まで下げること、燃料費の差額等によるランニングコストの年間減少額が約 84 万円となり、15 年でボイラー切り替え分のコストを回収することが可能という結果となった。仮に設備投資に補助金を活用した場合は、50%負担で導入すると 15 年で回収する場合バイオ炭の販売価格を 66.2 円に上げることができる、もしくは回収念を 8 年に短縮することが可能である。

表 3-26 各パターンの試算結果

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
ランニングコスト年間減少額	833,333	416,667	833,333	0
イニシャルコスト	12,500,000	6,250,000	6,250,000	0
投資回収年	15	15	8	—
バイオ炭価格目安 (円/kg)	51.4	66.2	51.4	80.9

⁴ 50kW の灯油ボイラーを年間 3144 時間使用した場合の燃料消費量および熱量。稼働時間は農林水産省「令和 4 年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」における 50～99kW 規模ボイラーの稼働時間を参照。

⁵ 同上

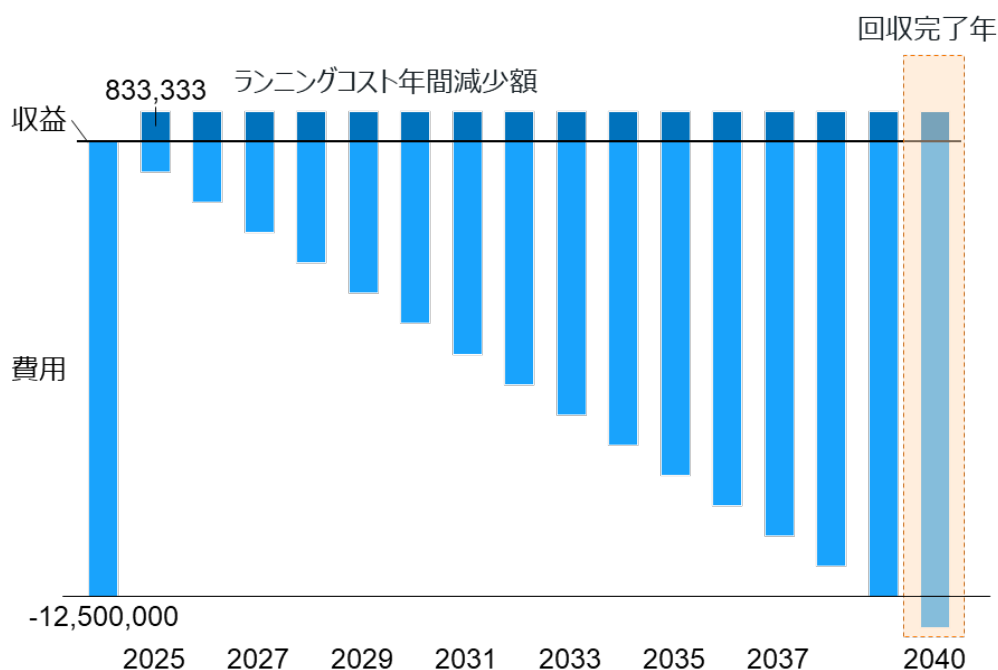


図 3-22 100%自己負担の場合の投資回収イメージ

3.7.5 収益性向上に向けた検討

バイオ炭製造事業は前述の通り、バイオ炭 1kg 当たりの製造費用が想定販売価格よりも高いことから、現時点の想定では収益性が良くない状況である。バイオ炭製造事業の収益性を向上させるためには、一度で炭化できる量を増やす、つまり製炭炉の容量を増やす必要があると考える。

以下表では、製炭炉の容量が 2 倍、4 倍、8 倍となった場合、収益性にどれだけ影響するかを試算した。なお、製炭炉の容量のみを大きくし、その他かかる費用（製炭炉動力・二次燃焼炉燃料、運搬費用、人件費）については変化なしとしている。

試算の結果、容量が 4 倍となった場合、バイオ炭販売事業と J クレジット販売事業によって黒字に転じた結果となった。またさらに容量が 8 倍となった場合、バイオ炭の製造にかかる費用が 71.6 円/kg となり、想定販売価格 80 円/kg を下回ること、バイオ炭製造事業単体で黒字化達成が可能となった。

表 3-27 容量が拡大することによる収益性への影響

		1 炉	容量が 2 倍 の場合	容量が 4 倍 の場合	容量が 8 倍 の場合
売上	計	467,015	934,030	1,868,060	3,736,120
	バイオ炭販売	466,480	932,960	1,865,920	3,731,840
	J クレジット販売	535,043	1,070,086	2,140,171	4,280,343
費用	計	3,340,000	3,340,000	3,340,000	3,340,000
	バイオ炭	340,000	340,000	340,000	340,000

	製炭炉動力・二次燃焼 炉燃料	100,000	100,000	100,000	100,000
	運搬費用	240,000	240,000	240,000	240,000
	減価償却	0	0	0	0
	人件費	3,000,000	3,000,000	3,000,000	3,000,000
利益		-2,338,477	-1,336,954	666,091	4,672,183
バイオ炭製造にかかる費用 (円/kg)		572.8	286.4	143.2	71.6

製炭炉の容量が 8 倍となれば、バイオ炭販売事業で黒字化が可能であることはわかったが、一方で、バイオ炭を燃料として販売する場合、80 円/kg では灯油や重油の代替品としては高く、また新規でバイオマスボイラーを導入する場合、従来燃料費との差額分による 15 年で投資回収を実施することも難しい。そのため、さらにバイオ炭製炭費用を下げるために、例えば現時点でバイオ炭の製造事業において費用面で一番コストがかかっている人件費を抑える方法がある。現在導入している製炭炉が人力で火をつけてバイオマス原材料を炭化する必要があり、どうしても人手がいることがネックとなっている。例えば、他事業との兼務により人件費を下げるもしくは、自動製炭炉を導入することが製造費用を下げる方法として考えられる。

今後のバイオ炭の展開と事業規模を勘案した上で、実施体制を検討していく必要がある。

第4章 今後に向けた検討

太陽光発電については、フルーツパークにきにおいて、管理棟、コテージ、ブドウ畑、ブルーベリー畑への太陽光発電導入検討を実施した。それぞれの施設の資料調査、現地調査を行い、施設の状況に応じて最大設置とデマンドを加味した設置案について導入案を検討した。

これら導入案をまとめると、最大設置で太陽光発電設備 198.09kW、施設の消費電力の 89%を再エネで賄うことが出来る発電設備を導入可能であり、これにより削減可能な CO2 量は年間 66.1 トンとなった。また、デマンドを加味した最小設置では太陽光発電設備 65.79kW、施設の消費電力の 37%を再エネで賄うことが出来、これによる CO2 削減量は年間 27.6 トンとなった。削減量を大きくすると導入費用も高くなることが課題ではあるものの、太陽光発電設備の導入によって、フルーツパークにきにおける環境負荷低減効果が得られることが分かった。また、蓄電池を導入すると費用対効果は得られない結果となったことから、蓄電池の導入は費用対効果ではなく、BCP など非常時対応の観点から導入を検討することが望ましいと考えられる。

フルーツパークにきは入場者数が近年増加傾向であり、仁木インターチェンジの開通により更なる増加も期待され、環境への取り組みを広く発信できる場である。フルーツパークにきへの様々な設置方法による太陽光発電の導入促進により、仁木町のクリーンなイメージが向上し、町内の多様な産業へ好影響を与えることが期待される。

バイオ炭については、本年度さくらんぼの剪定枝、混合剪定枝、ぶどうの搾りかすおよびトマト茎の 4 種について炭化実証を実施し、性状調査を経てエネルギー利用と土壌改良剤利用の可能性を調査した。4 種どれもエネルギー利用の可能性は確認でき、さくらんぼの剪定枝と混合剪定枝については土壌改良剤利用も確認できた。ただ、エネルギー利用の場合、低位発熱量は十分であることが確認できたが、既存バイオマスボイラー等でバイオ炭を使用する場合、不完全燃焼が起こらないように燃焼を調整できるか、メーカー側が求める品質に合致しているかは個別に確認する必要があると考える。土壌改良剤としても仁木町の農地で使用する場合、土壌に混ぜ込む量によっても得られる効果が変わることが予想されるため、どの配合で散布すべきか等についても別途確かめていく必要があると考える。

バイオ炭を製造し、販売するといったビジネスモデルについては、現在導入している製炭炉では、バイオ炭 1kg あたりの製造費用が高く、一般的なバイオ炭の販売価格と比較すると赤字となってしまうことがわかった。さらにバイオ炭を燃料として使用する場合は、重油や灯油といった既存燃料と同等もしくはより安価でないと、代替品として消費者が切り替えていくことは難しいことから土壌改良剤よりも安い価格を求められる。バイオ炭の発熱量（MJ）当たりの価格と重油・灯油の発熱量（MJ）当たりの価格を比較すると、灯油については剪定枝を用いたバイオ炭であれば、バイオ炭価格を 80 円/kgとした場合、灯油よりも安く熱量を提供できる可能性が示唆された。

ただし、現時点ではバイオ炭製造費用が高く、80 円/kgで販売するのは難しいため、製造費用を抑えるために製炭炉の容量を増やし、一度で製炭できる量を増やすか、費用の中で大きな割合を占める人件費を削減する必要があると考える。今後貴町でバイオ炭事業を実施する場合、生産規模やどのような生産体制とするのかなどより具体的な検討が必要である。