

岐阜県バイオコークス普及推進研究会  
研究成果報告書

令和8年3月  
岐阜県

## 目次

はじめに.....	1
第1節 「岐阜県バイオコークス普及推進研究会」設立の背景.....	1
第2節 研究会の目的.....	4
第1章 研究会の概要と実施状況.....	6
第1節 研究会の構成と役割.....	6
第2節 研究テーマと活動内容.....	8
第3節 実施スケジュールと開催状況.....	9
第2章 バイオコークスの概要・現状.....	11
第1節 バイオコークスの概要.....	11
第2節 原材料の多様性による、エネルギーの持続可能性.....	13
第3節 石炭コークスの代替可能性.....	14
第4節 環境性能.....	16
第5節 物理性能による備蓄性.....	17
第6節 事業者における製造及び使用の状況.....	18
第3章 県内におけるバイオコークスを取り巻く現状.....	20
第1節 原材料の供給状況・分布.....	20
第2節 製造能力・使用状況.....	21
第3節 性能及びコスト評価.....	22
第4章 構成員による取組及び研究による成果.....	25
第1節 民間での展開に向けた研究・取組の成果.....	25
第2節 新たな原材料の開拓に向けた研究成果.....	32
第3節 地域での資源循環・利活用に向けた取組成果.....	35
第4節 バイオコークス製造に伴うCO <sub>2</sub> 排出量及び製造コストの削減に に向けた研究成果.....	42
第5章 バイオコークスの普及に向けた展望.....	55
第1節 民間での展開に向けた展望.....	55
第2節 地域での資源循環・利活用に向けた展望.....	56
第3節 カーボンニュートラルへの貢献に向けた展望.....	59

第4節	CO <sub>2</sub> 削減量約0.2億トン/年の実現に向けた、バイオコークスの普及シナリオ.....	65
第6章	バイオコークスの普及に向けた課題.....	68
第1節	バイオコークスの普及に向けた、「喫緊の課題」.....	69
第2節	バイオコークスの普及に向けた、「中長期的な検討事項」.....	71
第7章	国への提言.....	72
提言1	国家戦略等への位置付けによる、国全体としての推進.....	72
提言2	地域分散型製造拠点整備に対する事業者への財政的支援.....	73
提言3	消費事業者が負担する燃料調達コストへの支援制度の拡充.....	74
参考資料	.....	76
1	白川村内の薪ストーブ利用世帯を対象としたモニター調査アンケート	76
2	茅バイオコークス及び薪の煙・においの計量方法、分析結果.....	80
3	第4章第4節の検証に係る使用データ、計算式等.....	82
4	国内バイオマス（森林資源・牛ふん堆肥）のエネルギーポテンシャルの推計.....	89

## はじめに

本書は、産学官の連携による「岐阜県バイオコークス普及推進研究会」における令和7年度中の研究成果を取りまとめるとともに、環境に優しいカーボンニュートラルな固形燃料、バイオコークスの普及に向けた施策の提言を示すものである。

まず、「2050年カーボンニュートラル」を背景とした産業界の状況や、木くずや牛ふん堆肥といった有機性資源があふれる岐阜県の状況から、「岐阜県バイオコークス普及推進研究会」の設置に至った経緯、目的を整理する。

### 第1節 「岐阜県バイオコークス普及推進研究会」設立の背景

#### (1) 国による、「2050年カーボンニュートラル」の目標設定

政府は、令和2年10月26日に実施された菅内閣総理大臣（当時）の所信表明演説を契機に、2050年までに温室効果ガス排出量を実質ゼロとするカーボンニュートラルの実現を掲げた。さらに、中間目標として2030年度の46%削減（2013年度比）に加え、2035年度60%削減、さらに2040年度73%削減を定めている<sup>1</sup>。

この実現には、エネルギー・産業部門の構造転換と大胆な投資によるイノベーションの創出が不可欠であるとされている<sup>2</sup>。

我が国の温室効果ガス排出の現状については、2023年度のCO<sub>2</sub>排出量は約9.9億トンであり、このうち約34%（電気・熱配分後）が鉄鋼業をはじめとする製造業を含めた産業部門である<sup>3</sup>。これらの業種はインフラの一翼を担っているが、温室効果ガス排出量では大きな割合を占めており、政府はエネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律の改正な

<sup>1</sup> 政府の示す「地球温暖化対策計画（令和3年10月22日閣議決定、令和7年2月18日改定）」より

<sup>2</sup> 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（令和3年6月18日）」（経済産業省など）より改変、引用

<sup>3</sup> 「2023年度の我が国の温室効果ガス排出量及び吸収量について」（令和7年4月25日環境省報道発表資料）より

どを通じ、産業部門における脱炭素対応を強く促している。

こうした産業部門の脱炭素化に加え、政府は「エネルギー基本計画」や「脱炭素成長型経済構造移行推進戦略」（GX 推進戦略）において、電力だけでなく熱利用や燃料転換を含む再生可能エネルギーの導入拡大を通じ、災害時を含むエネルギーの安定供給を図る方針を示している。なお、同計画において、国内外の情勢変化を十分踏まえた上でエネルギー政策の検討を進めていく必要があるとしており、昨今の中東情勢の緊迫化などの国際情勢に鑑みれば、輸入に頼らない国産エネルギーの重要性は格段に高まっていると言える。

また、2050年カーボンニュートラル実現に向けた更なる動きとして、カーボンプライシング制度の導入が本格化している。事例として、令和8年4月からは、直近3カ年度平均のCO<sub>2</sub>の直接排出量が10万トン以上の事業者を対象に、排出量取引制度（GX-ETS）が本格稼働する。さらに令和10年度からは、石油・石炭・天然ガスなどの化石燃料輸入事業者に対し、排出量に応じて負担する化石燃料賦課金が導入され、価格転嫁により社会全体が広く炭素コストを負担する仕組みに移行する予定となっている。

こうした背景を踏まえ、本研究会は産学官連携によって地域資源を活用した新たなエネルギーモデルを具体化し、国における政策と調和的に推進すべく設置されたものである。

## （2）国による、第六次環境基本計画の策定

令和6年5月に閣議決定された「第六次環境基本計画」では、環境を軸とした環境・経済・社会の統合的向上のための6つの戦略が示された。そのうち、第3の戦略「環境・経済・社会の統合的向上の実践・実装の場としての地域づくり」では、「循環経済への移行による地方創生への貢献」が掲げられ、有機廃棄物（生ごみ・し尿・浄化槽汚泥・下水汚泥）や未利用資源等のバイオマス資源の肥料やエネルギーとしての循環利用、木材の利用拡大等の資源循環等を地域産業として確立させることで、地域課題の解決や地方創生の実現につなげるとされている。

さらに、社会活動の基盤であるエネルギーの確保と安定供給については、

東日本大震災を経て、自立・分散型エネルギーシステムの有効性が認識されており、エネルギー利用の効率化の推進とともに、地域に賦存する再生可能エネルギー等の活用、資源の循環利用が重要であると述べられている。

### (3) 農山村地域である岐阜県の特徴

岐阜県は、飛騨地域を中心に畜産業が盛んで、全国的に有名な「飛騨牛」ブランドを持ち、肉用牛の飼育頭数は3万頭を超える。これに伴い、牛ふんを原材料とした堆肥（以下「牛ふん堆肥」という。）が大量に生産されており、主に肥料として農地還元されている。一方で、本県は森林率81%と全国有数の森林県であるが、その森林資源については、間伐等によって発生する未利用材が多く存在するものの、林業の担い手不足や搬出のための路網整備にコストがかかることから、十分に活用されていない現状である。

### (4) 岐阜県がバイオコークスに注目する背景

以上の県内資源の特性と産業部門の脱炭素化要請を踏まえると、岐阜県が重点的に検討すべき再生可能エネルギーの一つとしてバイオコークスを位置付けるのは合理的といえる。第2章で詳述するが、バイオコークスは高密度・高強度という特性を有し、鉄鋼業や鋳造業における産業炉（キュポラ炉、アーク炉）での活用実証研究が蓄積されており、他のバイオマス燃料と比較する中で、その有力解であると考えられる。

なかでも鋳造業界では、業界の垣根を越えて「キュポラカーボンニュートラル共創ワーキンググループ」が立ち上がり、4種の固体バイオ燃料の開発に取り組んでいる。具体的には、「バイオコークス：(株)栗本鐵工所（大阪府大阪市）」「バイオブリケット：(株)コヤマ（長野県長野市）」「バイオ微粉炭：マツダ(株)（広島県安芸郡府中町）など」「バイオ成型炭（Bio-M-Coke®）：アイシン高丘(株)（愛知県豊田市）など」の活用実証がキュポラ炉で進んでおり、バイオマス全量代替を目指した討議が継続されている。特に、「バイオ成型炭」の主原材料には、海外由来のアブラヤシからパーム油を精製する過程で残ったヤシ殻（Palm Kernel Shell）等を想定しているが、バイオマス資源の調達

がカギとなっている。

## 第2節 研究会の目的

### (1) 研究会員の研究・取組等の蓄積

本研究会は、国の目標・計画、岐阜県の特徴、さらにバイオコークスの注目すべき特性を踏まえ、「バイオコークスがつなぐ、循環と共生のまちづくり」の実現を理念とし、以下の事項について対応策を研究・検討することとしている。

- ① 地域資源の有効活用による循環型社会の構築
- ② 産学官連携による技術・市場の発展
- ③ 研究成果の発信

図表1 研究会の目指す姿



出典：岐阜県作成

## (2) 国への提言

本研究会は、産学官が連携して地域資源を活用した新たなエネルギーモデルの構築を目指すとともに、国家戦略・国の政策となるよう、国へ提言することを目的の一つとしている。

主には以下の観点から国への提言を行うことも視野に、活動を実施するものである。

- ア 政府のエネルギー関連施策における、再生可能エネルギーとしてのバイオコークスの位置付け
- イ 本研究会で得られたバイオコークス活用の展望を実現するための、国による制度的支援策

## 第1章 研究会の概要と実施状況

本章では、研究会の構成や各研究会員の役割、目指す姿、研究会の実施状況といった、研究会自体の概要を整理する。

---

### 第1節 研究会の構成と役割

本研究会は岐阜県が設置主体となるが、単なる行政主導の会議体ではなく、産学官の連携により、バイオコークスの性能評価や実証試験、コスト低減策の検討、地産地消モデルの構築、普及に向けた制度提案など、多角的な取組を通して技術開発から社会実装までを一体的に推進することを主眼とする。

具体的な構成員の役割と取組内容については、図表 1-1 に示す。

図表 1-1 研究会の構成と役割

産業部門（産）	
名称	役割
バイオコークス製造事業者 （ALTERNATIVE ENERGY JAPAN(株)）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 製品の品質管理</li> <li>・ 安定供給体制の構築</li> <li>・ 実証試験の実施</li> <li>・ コスト比較</li> </ul>
石炭コークス取扱商社 （JFE 商事(株)）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バイオコークスの試験利用・評価支援</li> <li>・ 利用ニーズのフィードバック</li> <li>・ バイオコークス導入に向けた課題共有・改善提案</li> <li>・ 市場調査</li> </ul>
県内関係事業者 （株マツバラ・ 株岡本）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バイオコークスの試験利用・評価</li> <li>・ 利用ニーズのフィードバック</li> <li>・ バイオコークス導入に向けた課題共有・改善提案</li> <li>・ 一般消費への拡大に向けた技術開発</li> </ul>

学術部門（学）	
名称	役割
高等教育研究機関 （近畿大学・岐阜大学）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術的な検証、分析支援</li> <li>・ 社会実装支援</li> </ul>

行政部門（官）	
名称	役割
関係市村 （高山市・飛騨市・ 下呂市・白川村）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地域課題の解決、まちづくりに向けた取組 （地域資源の調査、提供支援等）</li> <li>・ エネルギーの地産地消に向けた取組 （地元企業、団体との連携促進等）</li> </ul>
岐阜県 （総合企画部未来創成局）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 行政の支援制度の紹介、活用支援</li> <li>・ 国や他自治体との連携窓口</li> <li>・ 研究成果等の取りまとめ、発信</li> <li>・ 研究会の事務局機能</li> </ul>

## 第2節 研究テーマと活動内容

本研究会では、バイオコークスの普及推進に向けた多角的な取組を展開しており、以下2点を目指す。

### ア 構成員による研究成果の発信

バイオコークスの普及を推進するため、バイオコークスの概要、技術的特徴、性能及びコストといったような基本的な情報を整理する。

次に、産学の構成員による研究成果として、産業炉での実証試験を通じた石炭コークスからバイオコークスへの代替性や、一般消費者への普及を目的としたバイオコークスの改良に係る状況を整理する。

また、行政（市村）を中心とした地域の動きとしては、バイオコークスを通じた地産地消モデルの構築や、地域資源の循環利用に向けた取組状況を共有するとともに、今後の展望について整理する。

以上の情報を整理し、新たな再生可能エネルギーの提案として、全国へ発信する。

### イ バイオコークスの普及に向けた、国への政策提言

上記の情報の整理に合わせ、バイオコークスが普及していくに当たっての課題を整理する。

その上で、バイオコークスは単なる石炭コークスの代替となるバイオマスエネルギーにとどまらず、地域資源の活用、温室効果ガス排出量の削減、エネルギー安全保障といった観点も含め、国が抱える複層的な課題を解決する可能性を秘めることから、その普及に当たっての課題解決につながる政策について、国へ提言する。

### 第3節 実施スケジュールと開催状況

令和7年度における活動として、以下3回の研究会を実施した。

(1) 第1回研究会（令和7年8月28日（木））（図表1-2）

参加者（オブザーバー含む）

22名

主な研究会テーマ

- ・ バイオコックスに係る現状の整理
- ・ 各構成員の今後の取組・研究に係る展望の共有

(2) 第2回研究会（令和7年11月20日（木））（図表1-3）

参加者（オブザーバー含む）

23名

主な研究会テーマ

- ・ 各構成員の取組・研究の進捗報告

(3) 第3回研究会（令和8年1月28日（水））（図表1-4）

参加者（オブザーバー含む）

22名

主な研究会テーマ

- ・ 各構成員の取組・研究に係る成果報告
- ・ 研究成果報告書（概要版）の取りまとめ

図表 1-2 第1回研究会の様子（令和7年8月28日開催）



図表 1-3 第2回研究会の様子（令和7年11月20日開催）



図表 1-4 第3回研究会の様子（令和8年1月28日開催）



## 第2章 バイオコークスの概要・現状

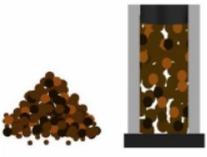
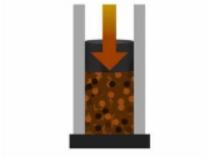
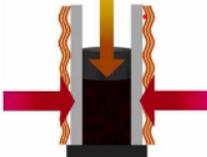
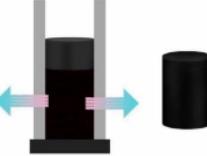
本章では、既存の研究やデータを基に、研究の対象とする「バイオコークス」の概要、特徴、使用実態等について整理する。

### 第1節 バイオコークスの概要

#### (1) バイオコークスの成型手法

バイオコークスは、木質系や畜産系などのあらゆる有機性資源を原材料とし、熱と圧力を加えることで高密度・高強度の固形燃料として成型される。製造工程は図表 2-1 に示すとおり、主に①原材料の粉碎、②乾燥、③加圧・加熱、④冷却の4段階から構成されており、近畿大学の井田民男らが発明した「ホットプレス（同時圧熱）」手法が用いられている。

図表 2-1 バイオコークス製造工程

	<p><b>1. 充填過程</b></p> <p>数ミリ角に粉碎した原料をシリンダー内に充填する。</p>
	<p><b>2. 加圧過程</b></p> <p>ピストンにより原料を圧縮する。</p>
	<p><b>3. 加熱過程</b></p> <p>圧縮した状態のまま、約200°Cの加熱を30分行う。</p>
	<p><b>4. 冷却過程</b></p> <p>圧縮した状態のまま常温まで冷却し、冷却後取り出す。</p>

出典：近畿大学 HP より

この手法の間、原材料中のリグニン（木質成分）とヘミセルロース（多糖類）が熱変成して主要構造体を形成するセルロースを圧縮状態のまま結合するため、原料の構造は大きく変化するが、熱分解まで反応を進行させないため発熱量は維持されるのが特徴である。

図表 2-2 バイオコークス



出典：近畿大学 HP より

## (2) バイオコークスの特徴

バイオコークスは、石炭コークスの代替として利用可能な高密度・高強度の固形燃料であり、燃焼時に排出される  $\text{CO}_2$  が原材料の成長過程で吸収された炭素と相殺されるという点で、カーボンニュートラルな性質を有することが大きな特徴である。こうした特徴は、物理性能、環境性能、原材料の多様性という三つの観点から整理できる。

第一に、**物理性能**である。バイオコークスは産業炉での利用に必要な密度と圧縮強度を有している。井田の報告<sup>4</sup>によれば、木質系バイオコークスの見かけ密度は約  $1.3\sim 1.4 \text{ g/cm}^3$  付近にまで到達し、機械的な最高圧縮強度は約  $50\sim 200 \text{ MPa}$  に達することが確認されており、石炭コークスの一般的な物性

<sup>4</sup> 「バイオコークス 再生可能エネルギー社会の礎となる新しい固体バイオエネルギー（2022）」（井田民男）コロナ社

(密度約 0.75~0.85 g/cm<sup>3</sup>、圧縮強度 20 MPa) と比較すると、溶解炉などの燃焼過程で用いる上で十分な強度に達していることがわかる。

なお、その具体的な代替可能性については第3節で詳述する。

第二に、**環境性能**である。例えば、木くずや牛ふん堆肥といった原材料から製造されるバイオコークスはバイオマス由来の燃料であり、燃焼時に排出される CO<sub>2</sub>は原材料（樹木や牛の餌となる牧草）の成長過程で吸収された炭素と相殺されるため、化石燃料と比べて CO<sub>2</sub>排出量を大幅に抑制できる。

第三に、**原材料の多様性**である。バイオコークスは、地域に存在する有機性資源を幅広く原材料として活用できる。廃棄物資源循環学会の研究<sup>5</sup>では、複数の有機物を用いた成型試験が実施されており、一定の燃焼性能と物理強度を示すことが確認されている。

バイオコークスはこうした特徴が評価され、これまでに新エネ大賞<sup>6</sup>の資源エネルギー庁長官賞（平成 23 年度）や地球温暖化防止活動の環境大臣賞（平成 24 年度）を受賞するなど高い評価を得ている。

## 第2節 原材料の多様性による、エネルギーの持続可能性

### （1）化石燃料の有限性

現在、日本は石炭をはじめとする化石燃料への依存度が高く、特に石炭については 99%以上をオーストラリア、インドネシアなど海外からの輸入に頼っている。世界の石炭確認埋蔵量は令和 2 年末時点で 1 兆 741 億トンとされ、令和 2 年の石炭生産ペースでの可採年数は 139 年<sup>7</sup>とされている。さらに、海上輸送に依存する輸入体制は、国際情勢の変化や地政学的リスク、石炭事業からの投資撤退などにより、供給力の低下や価格の不安定化を招く可能性がある。

こうした背景のもと、エネルギー安全保障の観点では、地域に分散したバ

<sup>5</sup> 「多原料バイオコークス(BIC)による一般廃棄物処理施設での CO<sub>2</sub>排出量 25 %削減の長期実証(2017)」(角間崎 純一、橋本 敬一郎、内山 武、奥山 契一、堀内 聡)

<sup>6</sup> (一社)新エネルギー財団が主催する、新エネルギー等関連の取組を表彰することで、新エネルギー等の導入の促進を図ることを目的とするもの。

<sup>7</sup> 「エネルギー動向(2025年6月版)」(経済産業省)

バイオマス資源の活用と再生可能エネルギーへの転換が政府方針として示されている。

## (2) 原材料の多様性によるメリット

バイオコークスは、地域に存在する有機性資源を原材料として製造される固形燃料であり、その利点の一つが原材料の多様性にある。木質系(木くず)、畜産系(牛ふん堆肥)、農業系(そば殻)など、地域ごとに異なる未利用資源を活用できるため、地域資源の循環利用を促進し、エネルギーの地産地消を実現する可能性を有している。

また、原材料の多様性は、災害時や供給途絶時のリスク分散にも寄与する。複数の資源を並行して活用することで、安定的な製造・供給が可能となり、地域のエネルギーレジリエンス(強靱性)の向上に資する。さらに、未利用資源の活用は、廃棄物の削減や地域課題の解決にもつながり、環境負荷の低減と地域経済の活性化を両立する手段としても有効である。

このように、バイオコークスは原材料の多様性を活かすことで、持続可能なエネルギー供給と地域循環型社会の形成に貢献できる。

## 第3節 石炭コークスの代替可能性

石炭コークスは鉄鋼業や鋳造業における産業炉の操業に不可欠な燃料であるが、化石資源由来であり燃焼時に大量のCO<sub>2</sub>を排出する。こうした状況から、鉄鋼業・鋳造業をはじめとする製造業の令和5年度のCO<sub>2</sub>排出量は、国内全体の約32%に達する<sup>8</sup>。また、前述のとおり、我が国では石炭のほぼ全量を輸入に依存している。この輸入体制は、供給の安定化や価格変動のリスクを抱えており、脱炭素社会の実現に向けて、石炭コークスの代替燃料への切替は喫緊の課題である。

近年、バイオコークスを用いた産業炉での実証試験が進められ、その主要な燃料である石炭コークスの代替可能性が具体的に示されている。まず、鋳

<sup>8</sup> 「2023年度の我が国の温室効果ガス排出量及び吸収量について」(令和7年4月25日環境省報道発表資料)の業種別CO<sub>2</sub>排出量の推移(産業部門)より算出した。

造業で広く用いられるキュポラ炉において、追込コークス<sup>9</sup>の一部をバイオコークスに代替する試験<sup>10</sup>が、井田民男らによって行われた。試験では、発熱量換算により石炭コークスの5～20%をバイオコークスに代替し、出銑温度<sup>11</sup>、出銑C値<sup>12</sup>、排ガス成分など操業条件への影響を評価した。その結果、最大20%の代替率においても、目標温度1,500℃前後を維持し、操業に支障がないことが確認された。また、出銑C値は代替率の増加に伴い若干低下する傾向が見られたが、石炭コークスを一部追加することで補正可能であることが示された。さらに、送風量あたりの出銑量は増加傾向が確認され、これはバイオコークスの燃焼に伴う高温水蒸気や揮発分による炉内反応促進効果に起因すると考えられる。CO<sub>2</sub>排出削減効果については、試験条件に応じて石炭コークス使用量を最大約18%低減し、CO<sub>2</sub>排出量の削減効果が確認された。

一方、電気炉の一種であるアーク炉では、塊コークス<sup>13</sup>の完全代替の可能性が実証<sup>14</sup>されつつある。試験では、バイオコークスを直接炉内に投入し、スクラップ溶解の熱源として利用した。その結果、試験条件下で出鋼温度は十分に高く、電力や酸素の投入量に大きな増減はなく、操業性に大きな問題は確認されなかった。さらに、従来の石炭コークスでは得られなかった予熱効果がバイオコークスの燃焼によって確認され、溶解効率向上に寄与する可能性が示された。

なお、本研究会においても、(株)マツバラの取組により、同社が設置するキュポラ炉での実証試験が実施されたところである。その結果は第4章で詳述する。

---

<sup>9</sup> キュポラ炉の操業中に、炉頂から追加投入される補給用コークスを指す。初込め（ベッド）コークスとは区別される。

<sup>10</sup> 「バイオコークスがキュポラ操業に及ぼす影響およびCO<sub>2</sub>削減効果（2022）」（太田 慧、堤 親平、井田 民男）

<sup>11</sup> キュポラ炉から排出される溶融状態の鉄（溶銑）の温度

<sup>12</sup> 出銑される溶銑の炭素濃度

<sup>13</sup> 石炭コークスは粒度によって「塊コークス」と「粉コークス」に区別される。塊コークスは粒が大きく、原材料とともに炉内に直接投入される。一方、粉コークスは微粉状で、炉底から炉内へ吹き込む形で投入される。

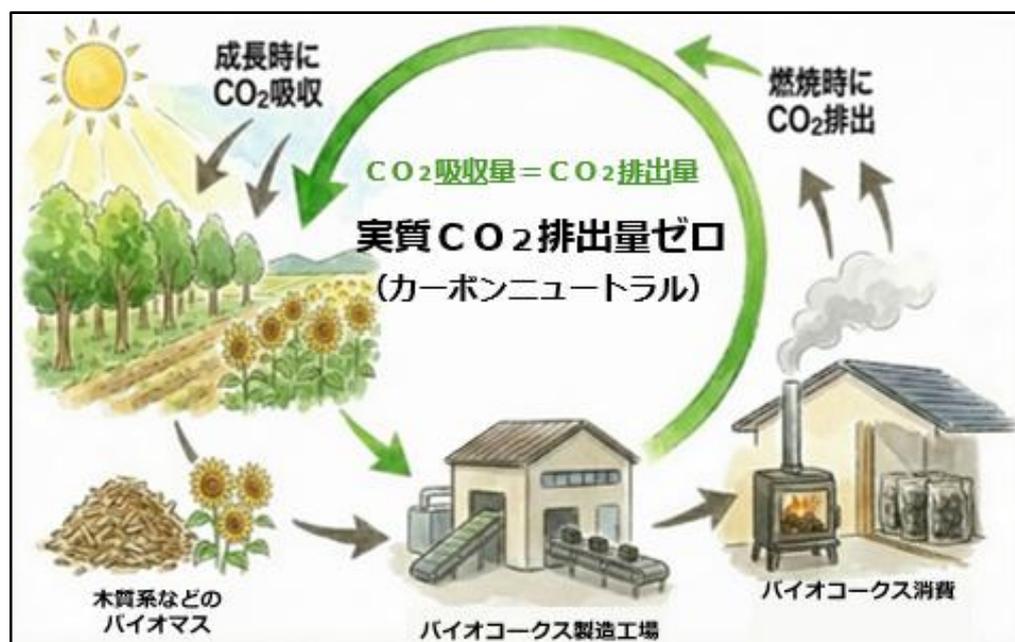
<sup>14</sup> 「アーク炉向けの固体バイオ燃料利用の現状と展望（2024）」（井田 民男）

## 第4節 環境性能

石炭コークスは燃焼時に化石由来の炭素を  $\text{CO}_2$  として排出するため、鉄鋼業や鋳造業における温室効果ガス排出量を押し上げる主要因となっている。一方、木質系や農業系などのバイオマスを原材料とするバイオコークスは、燃焼時に排出される  $\text{CO}_2$  は原材料の成長過程で吸収された炭素と相殺される。このため、燃焼時の  $\text{CO}_2$  排出量は実質ゼロと評価される。(図表 2-3)

環境省の長期実証研究<sup>15</sup>によれば、バイオコークスのライフサイクル(製造～消費)を考慮しても、約1トンのバイオコークスを石炭コークスの代替として使用することで、約1.33トンの  $\text{CO}_2$  排出削減が可能とされている。これは、鉄鋼業など高排出産業において、温室効果ガス削減に大きく寄与する数値である。また、バイオコークスの導入は化石燃料依存からの脱却、エネルギー安全保障の強化、地域に分散する未利用資源の活用による循環型社会の形成に資するものである。

図表 2-3 カーボンニュートラルなバイオコークス



出典：岐阜県作成

<sup>15</sup> 「多原料バイオコークスによる一般廃棄物処理施設及び鋳物製造業での  $\text{CO}_2$  排出量削減の長期実証(平成 30～31 年度)」(環境省)

## 第5節 物理性能による備蓄性

既存のバイオマス燃料は、安定した原材料の確保や、実務上の取扱いに課題がある。例えば木質系（チップ・ペレット等）では、堆積・貯蔵中に低温酸化や微生物活動が重なって自己発熱・品質劣化が進み、乾物減耗や発熱量の低下、最悪の場合は発火リスクまで指摘されている。特に熱需要の季節性に対応するための越夏・越冬を伴う長期保管は、含水や品質の変動管理を一段と難しくすることが示されている<sup>16</sup>。

一方、バイオコークスは**高密度・高強度の緻密な構造**を有し、さらに**吸水性が低い**<sup>17</sup>ことが確認されているため、**屋内外での保管が容易であり燃料としての長期保存性と保管の容易さを両立できる**。

この特性は、既存のバイオマス燃料が抱えてきた、長期保存性、輸送性、質の安定性や季節変動性といった課題を解決し、バイオマス由来のエネルギーが一層普及する展望を見出す可能性を有している。

また、こうした特性は産業炉への燃料の安定供給を確保するうえでも重要である。鉄鋼業や鑄造業では大量の燃料を継続的に使用するため、長期間にわたり安定した品質で保管・供給できるバイオコークスは供給途絶時のリスク低減に寄与する。災害時や国際的な燃料供給の途絶時には、備蓄燃料として有効な選択肢となり得ることから、地域のエネルギーレジリエンスの向上に資する点は大きな利点である。

このように、バイオコークスは高い物理性能により長期保存に耐え、非常時にも安定的に利用可能な固形燃料である。これらの特性は、産業炉での実用性を高めるとともに、従来のバイオマス燃料が抱えてきた課題の解決にもつながることから、持続可能なエネルギー供給体制の構築に貢献するものといえる。

将来的には、短期/中期/長期の備蓄性を組み込んだ地方での自立エネルギーの在り方、広域な災害等に対するエネルギーの貯蔵の在り方、さらに国の

<sup>16</sup> 「再生資源燃料等の安全の確保に係る調査検討報告書（2007）」（総務省）

<sup>17</sup> 「保管時の安全確保にかかるバイオコークスの発熱特性（2016）」（大橋 憲、笹内 謙一、水野 論、井田 民男、淵端 学）

安全保障におけるエネルギー備蓄の在り方を議論する礎を造ることにつながる。

## 第6節 事業者における製造及び使用の状況

### (1) 製造の状況

全国的なバイオコークスの製造状況を図表 2-4 に示す。令和 8 年 2 月時点において、全国で約 4,000 トンのバイオコークスが製造されている。

図表 2-4 全国的なバイオコークスの製造状況

生産地	年間製造量
北海道（自治体）	約 500 トン
長野県（製粉業者）	約 1,500 トン
愛知県（製麺業者）	約 30 トン
岐阜県（製材業者）	約 500 トン
新潟県（製麺業者）	約 60 トン
兵庫県（造園業者）	約 1,300 トン
兵庫県（鉄鋼業者）	約 3,000 トン（令和 8 年 7 月の稼働を予定）

出典：岐阜県調査結果（令和 8 年 2 月時点）

### (2) 事業者による使用状況

鑄造業界では近年、CO<sub>2</sub>排出削減の要請を背景に、キュポラ炉から電気炉への移行が検討されるなど、脱炭素化に向けた動きが加速している。しかしながら、電炉化は大規模な設備投資や電力需給リスク、原材料となる鉄くずの調達コストの増大といった課題を伴うため、既存設備を活用しながら排出削減を図る代替策も同時に求められている。その中で、バイオコークスを用いた燃料転換は現実的な選択肢として注目されている。

㈱栗本鐵工所は、こうした潮流の中で先進的な取組を進める企業である。同社は 2013 年より近畿大学と連携し、木質系や農業残渣など多様なバイオマスを原材料とするバイオコークスの研究・実証を開始した。2022 年には、キュポラ炉で石炭コークスの一部をバイオコークスに代替するプロジェクト

を本格化し、CO<sub>2</sub>排出量削減を目指す取組を公表している。

堺工場（大阪府堺市）で実施された長期実証試験では、発熱量換算により石炭コークスの10～15%をバイオコークスに代替することで、CO<sub>2</sub>排出量を約7%削減できることが報告されている。さらに2024年度からは、この運用を加賀屋工場（大阪府大阪市）へも水平展開しており、現時点で定常的に石炭コークスの10～20%を代替している。

同社は、2030年度までに2013年度比でCO<sub>2</sub>排出量50%削減を目標に掲げ、再生可能エネルギー電力の導入や設備更新と並行して、バイオコークス等の代替燃料の利用拡大を進めている。この事例は、電炉化の課題を踏まえつつ、燃料転換による脱炭素化と地域資源の活用を両立するモデルケースとして、今後の鑄造業界における低炭素化戦略の方向性の一つを示すものといえる。

## 第3章 県内におけるバイオコークスを取り巻く現状

本章では、バイオコークスの県内製造事業者における製造状況や使用状況、その将来計画を整理するとともに、特に岐阜県固有である、牛ふん堆肥を原材料としたバイオコークスについて、その性能等を整理する。

### 第1節 原材料の供給状況・分布

#### (1) 県内製造事業者への原材料の供給状況

岐阜県内では、県内唯一（令和8年3月時点）のバイオコークス製造事業者（下呂市に製造工場を持つ ALTERNATIVE ENERGY JAPAN(株)。本社高山市。以下「AEJ社」という。）に対し、図表3-1に示すとおり、木くずや牛ふん堆肥など地域に豊富に存在する有機性資源の供給が進んでいる。これらの資源について、バイオコークスの原材料として有価での取引が行われることにより、従来の用途と比較して相対的に高い付加価値での活用が進展している。その結果として、新たな循環モデルが形成されつつある。この仕組みにより、AEJ社だけでなく、資源の排出事業者にとっても経済的なメリットが生じ、双方に利益をもたらす関係が構築されている点が特徴である。

図表3-1 県内バイオコークス製造事業者への原材料の供給状況

原材料	供給状況
木くず	<ul style="list-style-type: none"> <li>AEJ社の関連法人より、月間15トン程度購入</li> <li>飛騨地域の製材業者より、年間2,000トン（月間約167トン）調達予定</li> </ul>
牛ふん堆肥	<ul style="list-style-type: none"> <li>飛騨地域のコンポストセンターより、月間40トン程度購入（令和8年3月から本格供給）</li> </ul>

#### (2) 県内における原材料の賦存量

現在牛ふん堆肥の取引を行う飛騨地域のコンポストセンター（畜ふんを堆

肥化し有機質肥料として販売する事業者)への聞き取り調査によれば、現時点における取引量は月間40トン程度であるが、取引条件によっては、バイオコークスの需要に応じて、今後40トン/月以上の供給は可能であるとされている。

今後、バイオコークスが堆肥の新たな利用方法として確立されることで、例えば、県内で年間38万トン発生する牛の排せつ物に対する需要は伸びていくものと推測される。

#### (3) バイオコークスの原材料としての牛ふん堆肥の活用について

AEJ社は地域資源の活用にあたり、牛ふんそのものではなく牛ふん堆肥をバイオコークス原材料として採用する。一般にバイオコークスの原材料は含水率10%<sup>18</sup>程度が目安である一方、牛ふんは約80%と高含水率で、機械乾燥のみではコストが過大となる。そこで堆肥化による自己発熱により約50～60%まで含水率を低減した素材を受け入れ、残余の乾燥工程を最小化する戦略である。すなわち、堆肥化により乾燥負荷を前倒しすることで、乾燥コストの軽減と地域での資源循環の両立を図ることを見据えた選択を取っている。

## 第2節 製造能力・使用状況

### (1) AEJ社における製造能力・将来計画

AEJ社では、図表3-2に示すとおり、令和10年度にかけて製造機台数を3台から20台へ増設し、年間製造量を3,840トンまで拡大する計画である。特に令和9年度には新工場の建設を予定しており、地域資源を活用したエネルギー供給がより大規模に展開される見込みである。

こうした増産体制の構築は、産業炉等での利用拡大に直結し、県内外での普及を加速させる要因となり得る。

<sup>18</sup> 含水率は湿量基準(試料全体の重さに対して水がどれだけ入っているかの割合)で算定している。なお、本報告書における含水率は、特に断りのない限りすべて湿量基準を用いる。

図表 3-2 県内バイオコークス製造事業者における製造能力・将来計画

	令和8年度	令和9年度	令和10年度
製造機台数	4台	12台	20台
年間製造量	840トン	1,920トン	3,840トン

## (2) AEJ社におけるバイオコークスの供給先

AEJ社におけるバイオコークスの供給先（令和8年3月現在）は、産業炉を用いる鉄鋼業をはじめ、鉄道業におけるSLボイラーの保火<sup>19</sup>、さらには温浴施設のボイラー燃料など、多様な分野に広がりつつある。供給地域も東海圏に加え、関東圏や地方の温浴施設など広域に及び、岐阜県産のエネルギーが全国で活用され始めている。こうした展開は、CO<sub>2</sub>削減効果を産業分野にとどめることなく、観光や地域資源活用にも波及させる取組ともいえ、今後は公共施設や一般家庭向けの利用も視野に入れた展開が期待される。

## 第3節 性能及びコスト評価

### (1) 牛ふん堆肥バイオコークスの性能

AEJ社が国内で初めて製造に成功した牛ふん堆肥バイオコークスの組成分析に基づく燃料としての性能は、図表3-3に示すとおりである。

<sup>19</sup> 運転していない時間帯も含め24時間体制でボイラーの火を絶やさず、一定の圧力を維持する作業

図表 3-3 同社が製造するバイオコークスの組成分析結果

製品	熱量 (kcal/kg)	固定炭素 (%)	揮発分 (%)	硫黄分 (%)
牛ふん堆肥 バイオコークス	3,570	24.2	61.0	0.69
木くず バイオコークス	4,130	14.4	85.4	0.01 以下
石炭コークス	6,914 <sup>※1</sup>	89 前後 <sup>※2</sup>	0.2~0.6 程度 <sup>※2</sup>	0.8 以下 <sup>※2</sup>

水分 (%)	灰分 (%)	灰分のうち リン分 (%)	冷間強度 <sup>20</sup> (MPa)	熱間強度 <sup>21</sup> (MPa)
10.1	14.8	12.54	36.51	1.39
9.4	0.2	0.86	32.24	0.38
2 前後 <sup>※2</sup>	10 程度 <sup>※2</sup>	0.5 程度 <sup>※2</sup>	20 <sup>※3</sup>	12 <sup>※3</sup>

※1 資源エネルギー庁「エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数一覧表」より

※2 「コークスの科学的性質 (1979)」(宮川 亜夫) より

※3 近畿大学 井田民男教授調べ

<sup>20</sup> 常温で材料 (コークス等) が外力にどれだけ耐えられるかを示す強度特性

<sup>21</sup> 高温環境で材料が外力にどれだけ耐えられるかを示す強度特性

## (2) 牛ふん堆肥バイオコークスのコスト評価

牛ふん堆肥バイオコークスの調達コストについては、まず重量あたりの発熱量が石炭コークスよりも約50%低い点を前提として考える必要がある。

その上で、石炭コークスは品質や産地により末端価格が大きく変動し、バイオコークスも販売網によって価格が変動し得るものの、一般的には同等熱量で比較すると石炭コークスと同等以上の調達コストになりやすいと整理するのが妥当である。

一方で、石炭コークスは国際市況や海上輸送の影響を受けやすく、価格・供給面で一定のリスクを抱えるのに対し、バイオコークスは地域資源を原材料として活用できることから調達の安定性を確保しやすいという長所を有する。これらの強みと弱みを踏まえ、多面的に評価することが重要である。

## 第4章 構成員による取組及び研究による成果

本章では、令和7年度に実施された構成員による取組・研究を紹介するとともに、その成果・結論について整理する。

---

### 第1節 民間での展開に向けた研究・取組の成果

#### (1) JFE 商事㈱による取組・成果

バイオコークスは石炭コークスの代替燃料として利用可能であることは、第2章において述べたとおりである。

そのバイオコークスについて、どの程度の市場規模が見込まれるのか、対象を東海4県（岐阜県、静岡県、愛知県、三重県）に絞り、同社が持つデータ等を基に、推計を実施した。

##### ア 推計方法

JFE 商事㈱が把握する各需要家へのコークス需要量のヒアリング又は製品生産量等から需要量を推計し、積上げを行った。

##### イ 推計の対象

東海4県における石炭コークス自体の需要量、バイオコークスによる石炭コークスへの代替が実証されているキュポラ炉及びアーク炉を所有する事業者における石炭コークスの需要量を対象とした。

なお、本推計は、石炭コークスを外部購入している需要家を元にしていくことから、石炭コークスを自社製造する大手製鉄メーカー等の数値は計上されていないことに留意が必要である。

##### ウ JFE 商事㈱による取組・成果まとめ

図表4-1に示すとおり推計され、東海4県だけでも石炭コークスが使用される市場は大きく、バイオコークス普及に向けた土壌は充分あることが

判明した。

図表 4-1 JFE 商事(株)による市場調査の結果

	推計需要量
石炭コークス自体の需要	約15,000トン/月 (約180,000トン/年)
うち、キュポラ炉での需要 (条件により、追込コークス 最大20%程度の バイオコークス代替が可能)	約4,000トン/月 (約48,000トン/年)
うち、アーク炉での需要 (塊コークス100%の バイオコークス代替が可能)	約6,000トン/月 (約72,000トン/年)

## (2) (株)マツバラによる取組・成果

(株)マツバラは、キュポラ炉におけるカーボンニュートラルの実現を目指し、キュポラ炉における石炭コークスの一部をバイオコークスへ代替する実証試験を段階的に実施した。

### ア 実証試験の趣旨・背景

同社は、2030年度の温室効果ガス大幅削減という社会的要請を踏まえ、鑄鉄溶解工程における化石燃料に起因する排出量を低減させる観点から、キュポラ炉(図表4-2)における石炭コークスの一部をバイオコークスへ代替する実証試験を段階的に実施した。

目的は、①炉の安全・安定操業を損なわないことの確認、②代替時の熱収支(排ガス温度・出湯温度等)やガス組成への影響把握、③連続投入時の操業維持性と実務上の運用条件の抽出とした。

また、実機環境における連続投入の実現性を評価するため、投入タイミング(操業末・操業途中)と連続時間(1時間/3時間)をあらかじめ段階設定し、発熱量換算による10%代替を基準に比較可能な試験計画を組み、

計測に当たっては、排ガス温度、CO ガス濃度、出湯温度の動向を取得し、バイオコークス投入前後の差分を時系列で評価した。

以上の趣旨に基づき、本試験は計測体制を整えた実操業条件下の評価として企画され、社内テスト計画に準拠して実施された。

図表 4-2 ㈱マツバラが設置するキュボラ炉



#### イ テストの方法・詳細

本実証は、代替率・投入時間・投入タイミングを系統的に変化させる4段階構成にて実施された。テスト計画を図表 4-3 に示す。

まずテスト1は安全確認段階として位置付け、既存の石炭コークス量は減じず、バイオコークスを10 kg/掛で5掛、計50 kg追加投入した。投入は操業末尾に限定し、万一の事象が生じた場合でも影響を最小化する方針としたものである。

続くテスト2では、石炭コークス10%代替・1時間(8掛)を設定した。具体的には、通常のコークスを各掛あたり10 kg削減し、代替としてバイオコークス15 kg/掛を8掛連続で投入した。投入タイミングは操業

末尾で統一し、切替直後から停止までの挙動を連続的に記録したものである。

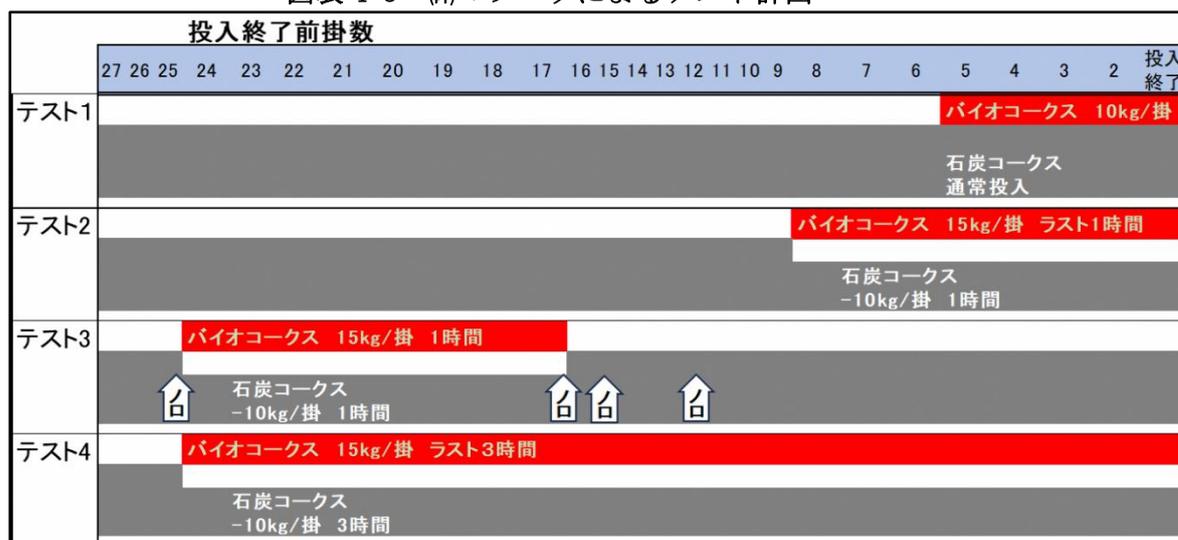
テスト3はテスト2と同一条件(10%代替・1時間:石炭コークス-10 kg、バイオコークス 15 kg/掛×8掛)を操業途中から実施したものである。これは投入直後の過渡挙動と、バイオコークス投入完了後の運転継続性を確認する狙いによるもので、1時間の連続投入における炉の応答を重視して観測した。

さらにテスト4では、10%代替・3時間(24掛)の連続投入に拡張した。条件は石炭コークス-10 kg、バイオコークス 15 kg/掛×24掛とし、投入量(掛あたり)と投入時間(連続時間)の両軸を広げることで、実用運転における持続性・再現性・積算熱量の確保に関する検証を行ったものである。

計測体制は、DX キュボラ<sup>22</sup>によるデータ収集及び出湯温度連続測定システムを用い、排ガス温度、CO ガス濃度、出湯温度を主要指標として時系列に取得した。

なお、いずれのテストも、AEJ 社が製造する、木くずバイオコークスを使用して検証した。

図表 4-3 柵マツバラによるテスト計画



<sup>22</sup> 鋳物の原材料となる鉄を溶かす従来型の溶解炉「キュボラ」に、IoT、AI、ビッグデータ解析などのデジタル技術(DX)を導入し、操業の効率化・高精度化・省エネ化・CO<sub>2</sub>削減を目指す次世代型の生産システム

### ウ (株)マツバラによる取組・成果まとめ

排ガス温度については、テスト1で20～30℃の上昇が確認された。テスト2では石炭コークスを10kg減とした条件下でも排ガス温度の低下は認められず、テスト3もテスト2と同様に低下はなく、上昇傾向がみられた。

COガス濃度はテスト1～テスト3のいずれにおいても明確な変化は確認されず、バイオコークス投入が不完全燃焼や還元雰囲気での過度な変化を招く兆候は観測されなかった。

出湯温度については、テスト1～テスト3で低下はなく、テスト2・テスト3では上昇が確認された。以上の所見から、10%代替・1時間の範囲では、温度及び雰囲気面における顕著な不利は見られないと整理できる。

さらに、10%代替・3時間(24掛)のテスト4においても、連続投入に起因する作業上の問題は確認されなかった。

これらの結果に基づき、投入による悪影響は出ていないこと、併せて10%代替の連続運転は実務上可能であると評価できる。

総括すると、「石炭コークス10%代替の定常運転」については、熱収支(排ガス温度・出湯温度)及びガス組成(CO)の主要指標に照らして実用上の支障は認められないことを確認した。

### (3) (株)岡本による取組・成果

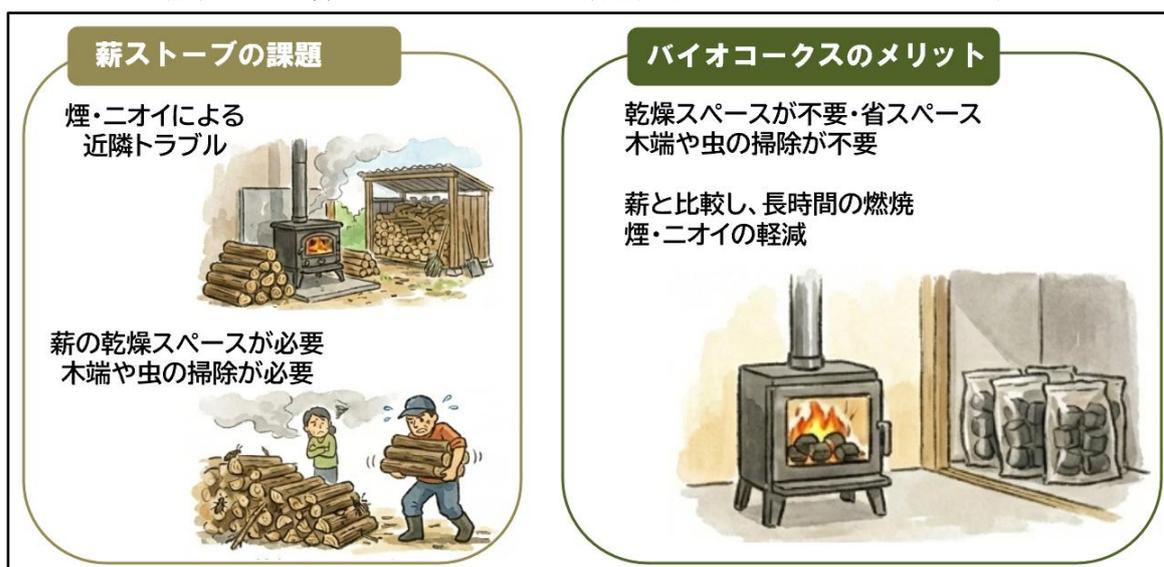
#### ア 研究の背景

(株)岡本は、薪ストーブ市場の課題(薪の調達・乾燥・保管の負担、燃焼時の煙・におい、清掃の手間など)に対し、バイオコークスによる代替が有効となり得ると考え、一般消費への展開可能性を見極める検証に着手した。薪ストーブにおける課題及びバイオコークスのメリットを図表4-4に示す。

バイオコークスは工業的に含水や形状を安定化でき、長時間の安定燃焼や清潔性といった利点が期待される一方、薪と比べ高密度で点火が難しく、また燃焼残渣が生じやすいなどの特性差が想定された。

そこで同社は、薪ストーブ実機を用い、薪とバイオコークスの温度挙動・燃焼時間・残渣等を比較し、使用シーンに応じた適合性を検討した。併せて、バイオコークスの形状改善により、点火性・燃焼の進み方・残渣低減を改善できるかを検討し、薪との併用運用を含めた実用上の要件を整理した。

図表 4-4 薪ストーブにおける課題及びバイオコークスのメリット



#### イ 薪とバイオコークスの燃焼特性の差異

同社は実機により、触媒部・グリドル部<sup>23</sup>の温度分布推移や燃焼時間の比較、燃え残りの状態などの観測から、薪とバイオコークスの燃焼挙動の違いを確認した。

薪は立ち上がりが速く、投入後早期に温度を引き上げやすい一方、燃焼継続時間は相対的に短い傾向が見られた。

他方、バイオコークスは立ち上がりが緩やかであるが、温度の維持・燃焼時間の長さの特徴が認められた。観察面では、バイオコークスは断面側から着実に燃え進む一方、完全灰化に至りにくく細かな炭が残る場面があり、これは薪との密度や通気性の違いに起因する可能性がある。また、単独での点火は困難で、薪や小割材による補助が有効であることが示された。

<sup>23</sup> 触媒は、煙に含まれる未燃焼ガスを低温で再燃焼させるために燃焼室内に設置される装置。グリドルは、ストーブの天板にある調理エリア。

なお、バイオコークスは、AEJ 社が製造する、木くずバイオコークスを使用して検証した。

#### ウ バイオコークスの形状改善及びその結果

㈱岡本は、バイオコークスの内部に貫通構造を設けるという発想により、通気経路を確保し、表面積の有効化を通じて点火性・燃焼進行・残渣低減の改善を図った。(図表 4-5)

検討は、複数のバリエーションを用いた実機での比較を通じて行い、形状改善により立ち上がりのしやすさや高温域の形成・保持、燃え残りの性状に明確な差が生じることを確認した。とりわけ、内部に空間を持たせることで炎が入りやすくなり、燃焼の完全度が高まりやすい一方、火持ちとのトレードオフ（高温域の出しやすさと持続性の配分）があるため、使用目的に応じた設計が必要である。

なお、本研究成果報告書では企業秘密に該当する具体的寸法・試験方法・孔径ごとの数値結果は開示しないが、「内部に貫通構造を設ける工夫が、点火性や残渣、温度推移を改善する方向に作用する」という知見の方向性を確認したことを記録するものである。

図表 4-5 有孔バイオコークス



図表 4-6 有孔バイオコークスによる燃焼試験の様子



#### エ (株)岡本による取組・成果まとめ

薪ストーブにおけるバイオコークス利用について、①薪は昇温が速い、②バイオコークスは温度維持・燃焼時間が長い、③バイオコークス単独での点火は難しく、補助燃料が有効、④バイオコークスの形状設計（内部に通気経路を設ける工夫）が点火性・燃焼進行・残渣の低減に資する方向に作用し得るといった特性上の整理を行った。

実用展開に向けては、使用シーン別の運用手法（点火方法、空気量調整、薪との併用比）を整えつつ、形状設計の最適化を段階的に進めることが肝要である。バイオコークスは工業的に品質と供給をコントロールしやすいという特長を持ち、長時間の安定燃焼や清潔性（保管・取扱いの容易さ）を訴求できる。一方で、点火性の工夫と燃焼残渣への配慮は継続課題であり、運用手法の整備及び形状設計の最適化を進めることで、一般消費者における実用性と扱いやすさの両立が期待される。

## 第2節 新たな原材料の開拓に向けた研究成果

### (1) 新たな原材料の提案の背景

研究会に参画した各自治体より、あらゆる有機物を原材料として利用できるというバイオコークスの特徴を活かし、地域課題となっている資源の有効

活用に向けて、図表 4-7 に示すとおり、新たな原材料の提案があった。

図表 4-7 各自治体から提案のあった原材料

提案した自治体	提案された原材料
飛騨市	生薬残渣混交牛ふん堆肥
下呂市	リサイクルされずに焼却される紙類繊維類等
白川村	豚ふん堆肥
	合掌造り家屋の屋根から排出される古茅

## (2) 各サンプルバイオコークスの製造、組成分析結果

「エネルギーの地産地消」のモデル構築に向け、上記のうち3種類の原材料についてバイオコークスサンプルの製造、組成分析を実施した。

これらの分析結果及びバイオコークスの外観をそれぞれ図表 4-8、図表 4-9 に示す。試作した3種類のバイオコークスについて、いずれも冷間強度が石炭コークスの一般的な冷間強度である 20MPa を上回る強度を有していることがわかる。また、熱量等の強度以外の指標については、その原材料により大きく異なる数値を示すことも併せて判明した。

図表 4-8 各バイオコークスの組成分析結果

製品	熱量 (kcal/kg)	固定炭素 (%)	揮発分 (%)	硫黄分 (%)
生菓残渣混交 牛ふん堆肥	3,230	19.6	61.6	0.58
豚ふん堆肥	2,840	16.1	56.7	0.81
古茅	3,480	13.9	72.6	0.09
【参考】 牛ふん堆肥	3,570	24.2	61.0	0.69
【参考】 木くず	4,130	14.4	85.4	0.01 以下

水分 (%)	灰分 (%)	灰分のうち リン分(%)	冷間強度 (MPa)	熱間強度 (MPa)
15.3	18.8	17.86	46.49	1.23
14.6	27.2	26.52	42.16	2.34
8.2	13.5	9.91	61.87	1.07
10.1	14.8	12.54	36.51	1.39
9.4	0.2	0.86	32.24	0.38

図表 4-9 製造されたバイオコークスの外観

生薬残渣混交 牛ふん堆肥	豚ふん堆肥	古茅	【参考】 牛ふん堆肥	【参考】 木くず
				

### 第3節 地域での資源循環・利活用に向けた取組成果

#### (1) 白川村における地産地消モデルの構築

##### ア 取組の背景

白川村においては、世界的にも希少な合掌造り家屋が村内に百棟を超えて現存し、その屋根は茅葺きであることから、毎年4～5棟規模で葺き替えが継続的に発生している。葺き替えに伴い排出される古茅は1棟あたり約20トンに達し、年間では概ね80～100トン規模の古茅が発生する計算となる。従来、古茅は山間部のストックヤード（図表4-10）にストックし自然堆肥化させる方法が採られてきたが、一般的な雑草等に比して分解が進みにくく、処理に要する時間・手間・保管スペースの確保が村の課題となっていた。こうした背景を踏まえ、村は古茅の資源化・有効利用の新たな選択肢として、バイオコークス化による燃料利用に着目し、地域内での製造・消費を志向する地産地消モデルの可能性を検討するに至ったものである。

図表 4-10 葎き替え後の茅のストックヤード



#### イ 取組の概要

本取組では、図表 4-8 に記載のとおり、まず古茅バイオコークスの組成・物性が把握され、木くずバイオコークス等と比べた際の灰分やリン分の特性の違いが整理された。村はこの結果を受け、合掌造り家屋を保存・公開する施設である「白川郷 野外博物館 合掌造り民家園」に所在する合掌造り家屋の囲炉裏（図表 4-11、図表 4-12）を用い、古茅バイオコークスの燃焼実証を計画・実施した。実証の前提は、合掌造りの生活様式を保つ観点から、薪で十分に火勢をつくった囲炉裏に、古茅バイオコークスを追投入するという運用であり、バイオコークスの寸法は直径約 100 mm×高さ約 50 mm を標準とした。投入時刻は施設の開園時間帯に合わせ、営業開始時の 9 時頃に投入する手順とし、観察項目は点火性、燃焼の持続性、投入後の取扱いの容易さ等、館内の運用実務に即した事項を中心とした。

図表 4-11 合掌造り家屋



図表 4-12 合掌造り家屋内の囲炉裏



ウ 白川村における地産地消モデルの構築まとめ

燃焼実験の様子を図表 4-13 に示す。火勢が既に確立している囲炉裏であれば、古茅バイオコークスは問題なく使用可能であることが確認された。特に燃焼の持続時間について、1回の投入で概ね4～5時間程度の連続燃焼が得られ、従来の薪に比して補給頻度を抑制できることが示唆された。また、投入後に灰化へ至るまでの挙動が安定的で、火の管理が容易であった点も、展示運営上の実務メリットとして確認された。さらに、囲炉裏という既存設備・既存運用に適合する形で導入できることから、新たな装置更新や大掛かりな改修を要さない低負担の導入余地が見込まれることも、現場観察を通じて把握された。

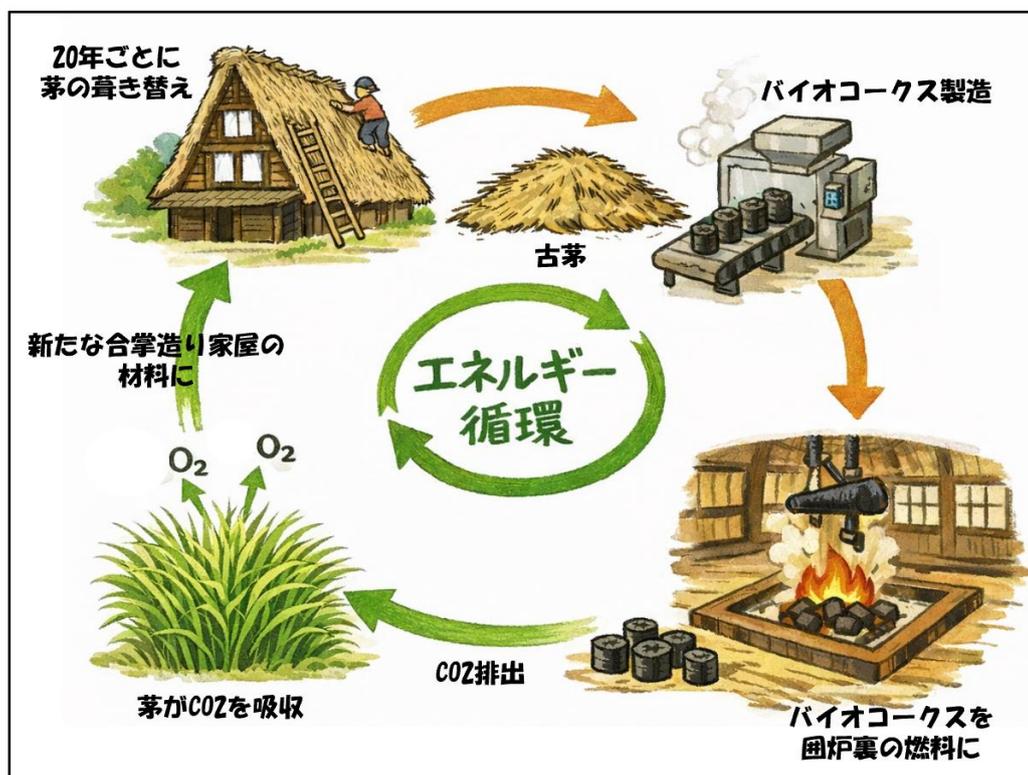
以上の成果から、村内で発生する古茅を原材料とするバイオコークスを、囲炉裏の燃料に転換するという、地域での資源循環に基づくエネルギーの地産地消モデルが確認された。(図表 4-14)

図表 4-13 囲炉裏での燃焼実験（投入から1時間20分経過の状態）



同時に投入した薪は、ほぼ灰になったが、バイオコークスは激しく燃焼。見た目は白っぽくなっているが、かなり固く崩れない。

図表 4-14 白川村でのエネルギーの地産地消モデル



## (2) 薪ストーブでの代替利用に向けたモニター調査

### ア 取組の背景

前項の囲炉裏実証により、古茅バイオコークスが既存の生活様式に適合し得る可能性が示唆されたことから、次段階として、村内で一般的に用いられる薪ストーブにおけるバイオコークス利用の実態把握を目的に、村民を対象とするモニター調査を実施したものである。

さらに、一般消費への展開を見据え、人体への健康影響に配慮した煙・においの定量分析を専門機関へ委託し、バイオコークスと薪の燃焼時の差異を客観的指標で把握することとした。これにより、住民の主観評価（使い勝手等）と、環境・健康面に関する客観評価（煙・臭気等）を両輪で評価する体制を整えたものである。

### イ 取組の概要

モニター調査は、村内の薪ストーブ利用世帯（8戸）を対象として実施し、令和7年12月10日を起点に配付・使用を開始した。各世帯には、村が調達した古茅バイオコークス（概寸：直径約100mm×高さ約50mm）を配付し、通常の薪の一部をバイオコークスに代替投入する形で使用してもらい、アンケート形式（参考資料1（p.76）を参照）により使用感（火のつけやすさ、燃焼時間、室内の暖かさ、灰の掃除のしやすさ、煙・においの感じ方、保管性・清潔さ等）を聴取した。

これらの運用実態調査に並行し、県内の専門機関へ委託し、バイオコークスと薪それぞれの燃焼時の煙・においの多寡について、臭気濃度、ばいじん濃度<sup>24</sup>、特定悪臭物質濃度、窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）濃度、硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>）濃度等の定量分析を実施した。

### ウ 取組の結果

#### (ア) モニター調査（住民アンケート）

図表4-15に示すとおり、モニターからは、総じて燃焼時間の長さや保

<sup>24</sup> 煙（排ガス）1 m<sup>3</sup>に含まれる「灰やすすなどの粉」の量

管・清潔面の扱いやすさを評価する意見が複数確認された一方、点火の難易度については慣れが必要であることを指摘する声が見られた。室内の体感的な暖かさは薪と同等とする回答が多く、灰の掃除難易度も概ね薪と同等の評価が中心であった。また、煙・においの評価では「気にならない」「あまり気にならない」が一定割合を占め、生活環境上の大きな支障は報告されていない。

また、図表 4-16 に示すとおり、モニターからのコメントにおいては、保管・管理が容易であることや火持ちの良さを肯定的に評価する意見が見られる一方、その裏返しとして、長時間燃焼によって灰の回収が困難になるなど、運用面での課題が認識された。

これらの評価の背景となる燃焼特性について、実際の挙動を観察した結果を図表 4-17 に示す。投入から 2 時間が経過した状態でも、バイオコークスはその原型をとどめたまま燃焼を継続していることが確認され、モニターの指摘した「火持ちの良さ」を裏付ける結果となっている。

図表 4-15 モニター調査の結果（概要）

質問（抜粋）	回答		
	薪より優れる	薪と同等	薪より劣る
火の付けやすさはどうか	25%	12%	<b>63%</b>
燃焼時間の長さはどうか	<b>75%</b>	25%	0%
灰の量や掃除のしやすさはどうか	12%	63%	25%
煙やにおいは気になるか	<b>75%</b>	12%	12%
室内の暖かさはどうか	12%	50%	37%
保管のしやすさはどうか	<b>69%</b>	25%	6%

図表 4-16 モニターの主なコメント

前向きな意見
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バイオークスを実際に使用して良い点が多かったため、コストパフォーマンスが良ければ、購入を検討したいと思った。</li> <li>・ 空気量の調整が難しかったが、薪との併用で問題なし。</li> <li>・ 保管、管理が容易で場所も薪に比べ格段に良好。火が長持ちする。</li> </ul>
否定的な意見
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 夜焚いたバイオークスの余熱が朝も残っており、灰を回収コンテナに入れることができない。</li> <li>・ 薪と併用するメリットが感じられない。</li> <li>・ 薪の燃えるにおいがなく物足りない。</li> <li>・ 火が安定するのに時間がかかる。</li> </ul>

図表 4-17 薪ストーブでの燃焼の様子（投入から2時間経過の状態）



(イ) 煙・においの定量分析

委託分析の結果、臭気濃度等の指標では、薪と同等、あるいはそれよ

り良好と解される結果が得られた一方、ばいじん濃度については薪よりも大きい数値が観測されており、この点は継続的な留意事項である。

なお、分析結果等の詳細は別紙（参考資料2（p.80）を参照）に整理している。

これらの定量結果は、モニターからの評価で得られた「煙・においが気になりにくい」という傾向と概ね整合しつつも、ばいじん挙動<sup>25</sup>に関しては燃焼条件（点火条件、二次空気の取り回し等）による影響を受け得ることを示唆する。したがって、一般家庭での使用に当たっては、取扱説明（推奨点火手順、薪との併用比率、空気量調整等）の周知が実用上のポイントとなる。

#### （ウ）薪ストーブでの代替利用に向けたモニター調査まとめ

以上より、村民モニター調査と委託分析の双方から、古茅バイオコークスは薪ストーブにおける代替燃料として技術的・実用的に利用可能であることが確認されたと整理できる。特に、燃焼の持続性や保管・清潔性といった面では利点が見込まれる一方で、点火の工夫やばいじん対策など、運用面で整理すべき課題があることも明らかとなった。

こうした結果から、本取組を通じて前向きな成果と今後対応すべき課題が具体化されたといえる。これにより、村内で発生する古茅を村内の家庭で消費するという地域での資源循環の可能性が一層具体的な姿を帯びるとともに、前項の囲炉裏実証と合わせて、観光・文化の文脈を損なわずに地域資源をエネルギー化するという地産地消モデルの生活面での妥当性を補強する結果となった。

## 第4節 バイオコークス製造に伴うCO<sub>2</sub>排出量及び製造コストの削減に向けた研究成果

### （1）検証の背景及び目的

<sup>25</sup> 煙（排ガス）中の「灰やすすなどの粉」の動き方や変化のしかた

バイオコークスの普及に向けて、その製造工程における CO<sub>2</sub>排出量及び製造コストの削減が重要となっている。

バイオコークスの原材料となるバイオマスは一般的に高含水率であり、その乾燥及び湿潤状態での輸送は、CO<sub>2</sub>排出量・製造コストを増加させる大きな要因となる。また、バイオコークスの製造拠点が限られる現状では、消費地までの長距離輸送に多大なコストが生じ得ることから、全国普及のボトルネックになり得る。

こうした背景を踏まえ、本節では、全国普及を見据えた効率的なバイオコークス製造体制の在り方を明らかにすることを目的として、複数のシナリオを設定し、製造工程における CO<sub>2</sub>排出量及び製造コストの定量的な検証を行った。

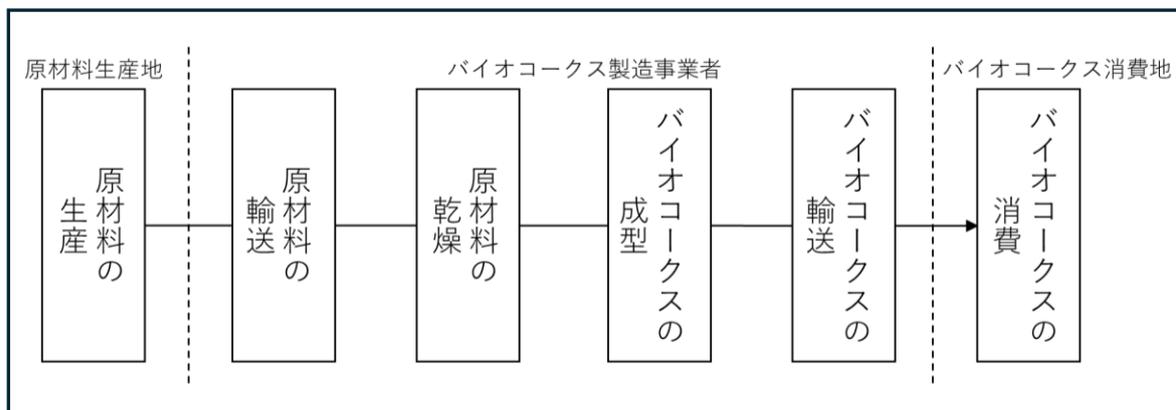
## (2) 検証内容

図表 4-18 にバイオコークスの原材料調達・製造・供給の一連の工程を示す。本検証は、AEJ 社における牛ふん堆肥バイオコークス製造の現状を踏まえ設定した条件における各工程の CO<sub>2</sub>排出量と製造コストについて、以下の三つのシナリオを設定し定量的な検証を実施した。

- ① ベースシナリオ（現行製造体制：課題の明確化）
  - ・ 現行の製造体制を検証し、CO<sub>2</sub>排出・コストの両面から課題を定量的に把握
- ② 現地乾燥シナリオ（輸送前の原材料乾燥モデル）
  - ・ 原材料を輸送前に乾燥することにより、輸送重量を削減する効果を検証
- ③ 地産地消シナリオ（製造拠点の分散配置モデル）
  - ・ 製造拠点を原材料供給地や消費地に近接配置することにより、輸送距離を短縮する効果を検証

なお、各シナリオにおける製造コスト算出に係る使用データ、計算式等の詳細については、参考資料3（p.82）を参照されたい。

図表 4-18 バイオコークスの原材料調達・製造・供給一連の工程



ア シナリオごとの検証内容と輸送条件

各シナリオに共通する前提条件を以下に示す。

- ・ 原材料：牛ふん堆肥（含水率 60%、調達価格 2,000 円/t（湿潤））
- ・ 製造工程：ロータリー乾燥機により含水率 10%まで乾燥後、バイオコークス製造機械により成型
- ・ 製品消費地<sup>26</sup>: AEJ 社の製造工場近傍の製鉄工場（愛知県伊勢湾沿岸部）
- ・ 輸送方法：大型トラック（10 トン積載、積載率 100%、復路空車）により、バイオコークス製造事業者が実施

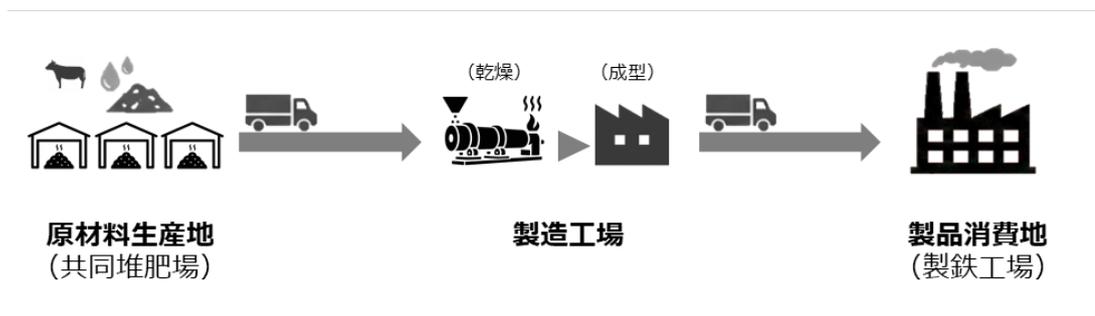
以下、各シナリオ固有の検証内容と輸送条件を示す。

(ア) ベースシナリオ（現行製造体制）

ベースシナリオの工程図を図表 4-19 に示す。当シナリオは現行の製造体制を想定したものである。牛ふん堆肥バイオコークスを近傍の製鉄工場へ供給する際の各工程の CO<sub>2</sub> 排出量及び製造コストを算出し、現行製造体制における課題を明確化する。

<sup>26</sup> 地産地消シナリオのみ、製鉄工場ではなく地域内で消費する前提とする。

図表 4-19 ベースシナリオの工程図



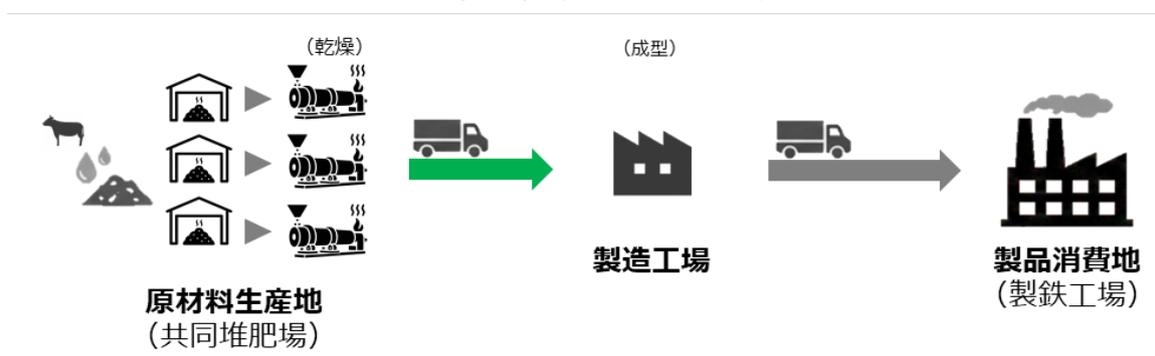
<主な条件>

- ・ 原材料生産地：飛騨地域の共同堆肥場
- ・ 原材料輸送距離<sup>27</sup>：40km
- ・ 原材料輸送重量：2.25t/製品 t<sup>28</sup>（含水率 60%）
- ・ 製造拠点：AEJ 社の製造工場（下呂市内）
- ・ 製品消費地：AEJ 社の製造工場近傍の製鉄工場
- ・ 製品輸送距離：150km

(イ) 現地乾燥シナリオ（輸送前の原材料乾燥モデル）

現地乾燥シナリオの工程図を図表 4-20 に示す。当シナリオは原材料生産地域（共同堆肥場等）で乾燥（含水率 60%→10%）を行った後、製造拠点まで輸送するものである。原材料生産地域での乾燥拠点整備（輸送前の原材料乾燥）の有用性を検証する。

図表 4-20 現地乾燥シナリオの工程図



<sup>27</sup> 輸送距離は片道の距離を示す。計算上は往復距離とし復路は空車扱いとする。製品輸送距離も同様の条件とする。

<sup>28</sup> 原材料輸送重量はバイオコークス 1 トンあたりに必要な原材料トン数のことを指す。また、製品 t は製品重量 1 トンのことを指す。

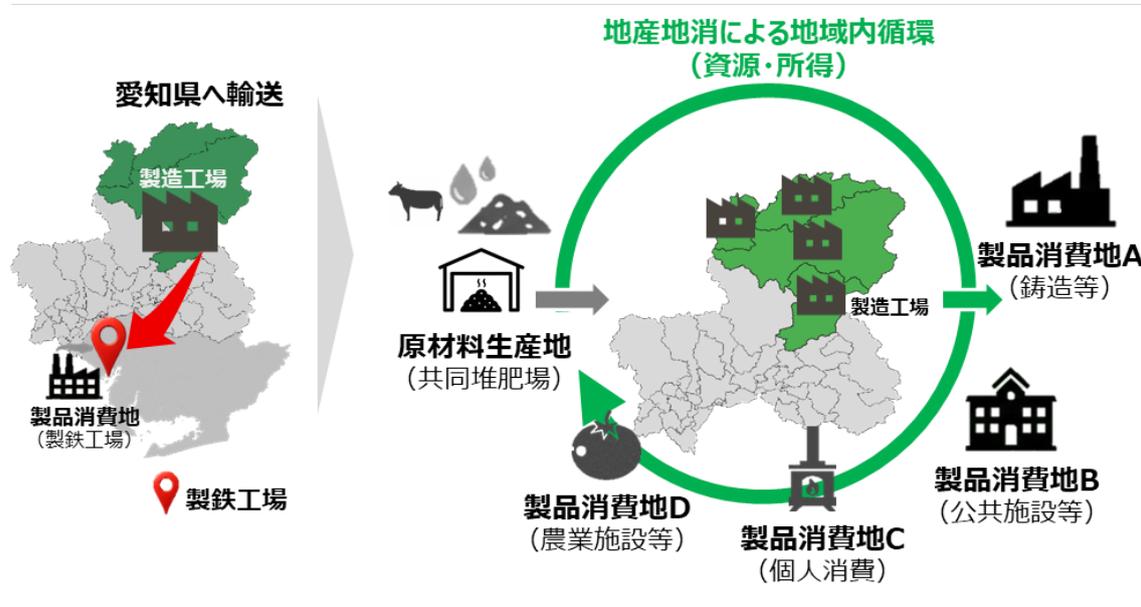
<主な条件>

- ・ 原材料輸送重量：1.0t/製品 t（含水率 10%）
- ・ その他はベースシナリオと同一条件

(ウ) 地産地消シナリオ（製造拠点の分散配置モデル）

地産地消シナリオの工程図を図表 4-21 に示す。当シナリオは飛騨地域 3 市 1 村にそれぞれ製造拠点を配置し、地域内で消費するものである。製造拠点の分散配置による地産地消の有用性を検証する。

図表 4-21 地産地消モデルのイメージ図



<主な条件>

- ・ 原材料生産地：旧市町村単位（支所単位）での共同堆肥場等の所在地を設定する。なお、白川村は養牛農家がないため、牛ふん堆肥に代えて豚ふん堆肥等の他の有機性資源を原材料として想定している<sup>29</sup>。
- ・ 製品消費地：各地域で消費すると想定し、輸送先の代表として役場及び支所の所在地を設定する。
- ・ 製造拠点：高山市及び飛騨市は都市計画区域の工業地域等の区域

<sup>29</sup> 本検証では、共同堆肥場等からの原材料調達の可能性までは確認していない。

内の土地を設定する。下呂市は AEJ 社の製造工場とする。白川村は都市計画区域外であることから製品消費地から 10km 離れた土地を設定する。

なお、今回の検証では、製造工場の配置に当たっての立地可能性の調査はしていない。

- ・ 輸送距離は図表 4-22 のとおり。
- ・ その他はベースシナリオと同一条件

図表 4-22 地産地消シナリオの輸送距離

市町村	原材料輸送距離	製品輸送距離
高山市	平均 18.9km	平均 18.9km
飛騨市	平均 12.5km	平均 12.3km
下呂市	平均 30.2km	平均 26.0km
白川村	平均 8.7km	平均 6.2km
全体	平均 20km	平均 18km

#### イ 製品 1 トンあたりの CO<sub>2</sub>排出量及び製造コストの算出方法

##### (ア) CO<sub>2</sub>排出量 (t-CO<sub>2</sub>/製品 t)

##### a 輸送工程

- ・ 大型トラック (10 トン積載) での輸送を前提とし、「ロジスティクス分野における CO<sub>2</sub> 排出量算定方法共同ガイドライン (Ver. 3.2 令和 5 年 6 月)」(経済産業省・国土交通省) の燃費法により算出する。
- ・ 燃費 : 3.5km/L<sup>30</sup>
- ・ 軽油 CO<sub>2</sub> 排出係数 : 2.619kg-CO<sub>2</sub>/L

化石燃料の CO<sub>2</sub> 排出係数は「地球温暖化対策の推進に関する法律」(以下「温対法」という。)に基づく「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル (Ver. 6.0 令和 7 年 3 月)」(環境省・経済産業省) のデータを使用する。

<sup>30</sup> 全日本トラック協会が示す大型トラックの燃費の目安を参考に設定した。

b 乾燥工程

- ・ 「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル（Ver.6.0 令和7年3月）」に基づき、必要な燃料（灯油）の使用量から算出する。<sup>31</sup>
- ・ 灯油 CO<sub>2</sub> 排出係数：2.503 kg-CO<sub>2</sub>/L

c 成型工程

- ・ 「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル（Ver.6.0 令和7年3月）」に基づき、バイオコークス製造機械の電力使用量から算出する。
- ・ 電力使用量：450kWh/製品 t<sup>32</sup>
- ・ 電力 CO<sub>2</sub> 排出係数：0.411 kg-CO<sub>2</sub>/kWh  
温対法に基づき中部電力ミライズ(株)が公表する CO<sub>2</sub> 排出係数の最新値を使用する。

(イ) 製造コスト（円/製品 t）

製造コストは、原材料費、輸送費（原材料輸送・製品輸送）、乾燥費、成型費を積み上げて算出する。

輸送費は「一般貨物自動車運送事業に係る標準的な運賃について」（令和6年国土交通省告示第209号）を参考に算定する。

乾燥費は乾燥機における灯油使用量に、成型費はバイオコークス製造機械の電力使用量に、それぞれ以下の単価を乗じて算定する。

- ・ 灯油単価：122 円/L<sup>33</sup>
- ・ 電気単価：21 円/kWh<sup>34</sup>

なお、初期投資費用（乾燥・製造設備費等）及び固定費（人件費等）は、地域性や事業者の性質等に大きく左右されるため考慮しない。

<sup>31</sup> 燃料使用量は県内バイオコークス製造事業者の実測値を参考に設定した乾燥効率等により算出した。なお、乾燥機への原材料投入の際に用いるホイールローダーの燃料（軽油）消費に係る CO<sub>2</sub> 排出量は乾燥工程全体の CO<sub>2</sub> 排出量と相対して無視小のため考慮しない。

<sup>32</sup> 「バイオコークス 再生可能エネルギー社会の礎となる新しい固体バイオエネルギー（2022）」（井田民男）コロナ社

<sup>33</sup> 岐阜県「生活関連物資価格動向調査結果（2025年10月）」の灯油価格（店頭価格18リットル）から算出した。

<sup>34</sup> 中部圏の電力会社における高圧業務用電力の電力量料金の料金単価を参考に設定した。なお、基本料金や再生可能エネルギー発電促進賦課金などは考慮していない。

(3) 検証結果と結論

(2) で設定した各シナリオの検証結果を以下に示す。その上で、効率的な製造体制の在り方について結論を述べる。

ア 検証結果のまとめ

製造工程における CO<sub>2</sub>排出量及び製造コストの削減効果を図表 4-23 に示す。

図表 4-23 シナリオ別検証結果の比較

評価項目 <sup>35</sup>	ベースシナリオ	現地乾燥シナリオ (輸送前の原材料乾燥モデル)	地産地消シナリオ <sup>36</sup> (製造拠点の分散配置モデル)	現地乾燥・地産地消シナリオ <sup>37</sup> 組み合わせ
CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /製品 t)	0.491 (基準)	0.484 (▲1.4%)	平均 0.463 (▲5.7%)	平均 0.461 (▲6.1%)
年間総排出量 (t-CO <sub>2</sub> )	1,964	1,936	平均 1,852	平均 1,844
製造コスト (円/製品 t)	41,657 (基準)	37,287 (▲10.5%)	平均 36,647 (▲12.0%)	平均 32,998 (▲20.8%)
年間総額 (千円)	166,628	149,148	平均 146,588	平均 131,992
主な改善内容	—	・原材料輸送重量 55%削減	・製品輸送距離 88%短縮	—
主な課題	・乾燥工程負荷 ・輸送の効率化	・乾燥設備の初期投資	・製造拠点の初期投資	—

\*算出に係る使用データ、計算式等は参考資料 3 (p. 82) を参照されたい。

検証の結果、ベースシナリオと比較して「現地乾燥シナリオ（輸送前の原材料乾燥モデル）」では、CO<sub>2</sub>排出量で約 1.4%、製造コストで約 10.5%の削減、「地産地消シナリオ（製造拠点の分散配置モデル）」では、CO<sub>2</sub>排出量で平均約 5.7%、製造コストで平均約 12.0%の削減が可能であることが確認され

<sup>35</sup> 年間総排出量及び年間総額は県内バイオコークス製造事業者における将来計画を基に年間製造量を 4,000 トンとして設定した。

<sup>36</sup> 飛騨地域 3 市 1 村の検証結果の平均値を示す。

<sup>37</sup> 地産地消モデルの条件に、輸送前の原材料乾燥を行うことを組み合わせたモデル

た。また、「現地乾燥シナリオ（輸送前の原材料乾燥モデル）」と「地産地消シナリオ（製造拠点の分散配置モデル）」を組み合わせることで、製造コストは更に約 20.8%まで削減可能であることが明らかになった。

ただし、牛ふん堆肥の原材料利用に当たっては、農地還元等の従来用途への配慮を行い、地域の需給バランスを踏まえた適切な活用が求められることに留意が必要である。

#### イ シナリオ別の検証結果

##### (ア) ベースシナリオ

- ・ 製品 1 トンあたりの CO<sub>2</sub>排出量及び製造コストを図表 4-24 に示す。
- ・ 製造工程全体の CO<sub>2</sub>排出量は 0.491t-CO<sub>2</sub>、製造コストは 41,657 円と算出された。
- ・ 工程別では、乾燥工程が CO<sub>2</sub>排出量の約 55%、製造コストの約 32%を占め、最大の負担要因となっていることが確認された。
- ・ また、湿潤状態での原材料輸送や製品の長距離輸送も、製造コスト増大の課題として明らかになった。

図表 4-24 ベースシナリオの製品 1 トンあたり工程別 CO<sub>2</sub>排出量及び製造コスト

(単位) CO<sub>2</sub>排出量：t-CO<sub>2</sub> /製品 t、製造コスト：円/製品 t

	原材料 輸送	製品輸送	乾燥	成型	原材料費	合計
CO <sub>2</sub> 排出量	0.013 (2.6%)	0.022 (4.5%)	0.271 (55.2%)	0.185 (37.7%)	—	0.491
製造 コスト	7,866 (18.9%)	6,655 (16.0%)	13,186 (31.7%)	9,450 (22.7%)	4,500 (10.8%)	41,657

( ) は CO<sub>2</sub>排出量及び製造コストそれぞれの合計に占める割合を示す。

##### (イ) 現地乾燥シナリオ（輸送前の原材料乾燥モデル）

- ・ 原材料を輸送前に乾燥することで、製品 1 トンあたりの原材料輸送重量が 2.25 トンから 1.0 トンに低減し、輸送に係る CO<sub>2</sub>排出量及びコストを削減できることが示された。
- ・ 乾燥設備導入に伴う初期投資費用が課題ではあるが、輸送前の原材料

乾燥により、製造の効率化につながることが確認された。

CO<sub>2</sub>削減効果：

- ・ ベースシナリオ比で 0.007t/製品 t 削減となった。年間製造量 4,000 トンの場合、これは 28 トンの削減に相当する。
- ・ 製造工程全体では約 1.4%の削減にとどまるが、原材料輸送工程に限れば約 53.8% (CO<sub>2</sub>排出量 0.013 トン→0.006 トン) の CO<sub>2</sub>削減が達成されており、輸送の効率化が有効であることが示された。

製造コスト削減効果：

- ・ ベースシナリオ比で 4,370 円/製品 t 削減となった。年間製造量 4,000 トンの場合、これは 17,480 千円の削減に相当する。
- ・ 製造工程全体では約 10.5%の削減となる。工程別に見ると、原材料輸送工程では約 55.6% (製造コスト 7,866 円→3,496 円) のコスト削減が達成されている。

(ウ) 地産地消シナリオ (製造拠点の分散配置モデル)

飛騨地域 3 市 1 村にバイオコークス製造拠点を分散配置し、地域内で消費する場合について検証した。

- ・ 原材料輸送距離を 40km から平均 20km に、製品輸送距離を 150km から平均 18km に短縮することで、輸送に係る CO<sub>2</sub>排出量及びコストを削減できることが示された。
- ・ 地域分散型拠点整備のための用地確保や施設整備に係る費用が課題ではあるが、輸送距離の短縮により、CO<sub>2</sub>排出量・製造コストを削減できることが確認された。さらに、エネルギーの地産地消の実現にもつながる。

CO<sub>2</sub>削減効果：

- ・ ベースシナリオ比で平均 0.028t/製品 t 削減となった。年間製造量 4,000 トンの場合、これは 112 トンの削減に相当する。
- ・ 製造工程全体では平均約 5.7%の削減となる。工程別に見ると、輸送工程では約 80% (0.035 トン→約 0.007 トン) の CO<sub>2</sub>削減が達成されており、輸送距離短縮の効果が大きいことが示された。

製造コスト削減効果：

- ・ ベースシナリオ比で平均 5,010 円/製品 t 削減となった。年間製造量 4,000 トンの場合、これは 20,040 千円の削減に相当する。
- ・ 製造工程全体では最大約 12.0%の削減となる。工程別に見ると、輸送全体の工程では約 34.5% (14,521 円→約 9,511 円) のコスト削減が達成されている。

(エ) 「現地乾燥シナリオ」・「地産地消シナリオ」の組み合わせ

現地乾燥シナリオ(輸送前の原材料乾燥モデル)と地産地消シナリオ(製造拠点の分散配置モデル)を組み合わせたシナリオについても検証した。

- ・ 原材料供給地での乾燥と製造拠点の分散配置を同時に実施することで、原材料輸送重量の削減と輸送距離の短縮を両立し、最大の削減効果が示された。

CO<sub>2</sub>削減効果：

- ・ ベースシナリオ比で平均 0.030t/製品 t 削減となった。年間製造量 4,000 トンの場合、これは 120 トンの削減に相当する。
- ・ 製造工程全体では平均約 6.1%の削減となる。工程別に見ると、輸送工程では約 85.7% (0.035 トン→約 0.005 トン) の CO<sub>2</sub>削減が達成されており、輸送距離短縮の効果が大きいことが示された。

製造コスト削減効果：

- ・ ベースシナリオ比で平均 8,659 円/製品 t 削減となった。年間製造量 4,000 トンの場合、これは 34,636 千円の削減に相当する。
- ・ 製造工程全体では平均約 20.8%の削減となる。工程別に見ると、輸送全体の工程では約 59.6% (14,521 円→約 5,862 円) のコスト削減が達成されている。

## ウ 結論

本検証により、牛ふん堆肥バイオークス製造における以下の知見が得られた。

(ア) 現行製造体制における CO<sub>2</sub>排出量及び製造コストの明確化

ベースシナリオの検証により、製品1トンあたりのCO<sub>2</sub>排出量は0.491t-CO<sub>2</sub>、製造コストは41,657円であることが明らかになった。

一方、石炭コークスの燃焼時のCO<sub>2</sub>排出量は3.179t-CO<sub>2</sub>/t<sup>38</sup>である。これを発熱量(kcal)あたりで比較すると、石炭コークスは0.460g(燃焼時のみ)であるのに対し、バイオコークスは0.138gとなる。なお、バイオコークスの値は、原材料の収集から製造・運搬・燃焼に至るまでの工程を含むものであり、燃焼時のCO<sub>2</sub>排出量は実質ゼロとなるため計上していない。

以上より、バイオコークスは、その原材料の収集から製造・運搬・燃焼に至るまでの一連の工程を含めても、石炭コークスと比較して発熱量あたりのCO<sub>2</sub>排出量を7割削減でき、環境負荷の低減に優れていることが確認された。

#### (イ) 製造工程における課題

ベースシナリオの検証により、製造工程における主な課題として、乾燥工程及び輸送工程の負荷が明らかになった。

##### 【課題1】乾燥工程の負荷

乾燥工程がCO<sub>2</sub>排出量及び製造コストの最大の負担要因となっている。即時的な対応としては、乾燥に使用する燃料をバイオマス燃料(木くず等)や灯油より低価格で発熱量の高いA重油に転換するなどが考えられるが、乾燥コストの抜本的な解決に向けて、効率的な乾燥技術の研究が求められる。

##### 【課題2】輸送工程の負荷

原材料の湿潤状態での輸送による輸送重量の増加と、製造拠点が限られることによる製品の長距離輸送が、製造コスト増大の一因となっており、輸送費は製造工程全体の約35%を占めている。また、輸送工程のCO<sub>2</sub>排出量は、製造工程全体の約7%を占めている。

検証の結果、現状の一箇所集中・長距離輸送モデル(高コスト・高負荷・域外流出)から、地域分散・現地乾燥モデル(低コスト・低負荷・地産地消)への転換が有効であることが示された。原材料生産地域で乾燥した原

<sup>38</sup> 「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(Ver.6.0 令和7年3月)」(環境省・経済産業省)より

材料を、消費地近傍に分散配置した製造拠点で製造することで、輸送の効率化を複合的に進め、より効果的な製造体制の構築が可能である。

ただし、効率的な製造体制の構築に向けて、以下の課題への対応が必要である。

- ① 乾燥設備導入及び分散拠点整備に係る初期投資負担を軽減する公的支援制度の創設
- ② 乾燥工程の更なる効率化に関する技術開発の推進

## 第5章 バイオコークスの普及に向けた展望

本章では、第2章で整理したバイオコークスの有用性や、第4章で整理した研究成果から、バイオコークスの普及推進に係る今後の展望・在り方について、整理する。

---

### 第1節 民間での展開に向けた展望

#### (1) 産業炉での利活用

第2章で述べたとおり、鉄鋼・鋳造業界において、バイオコークスは石炭コークスの代替燃料として期待されている。特にキュポラ炉での利活用については、(株)栗本鐵工所による長期的な実証において最大代替率20%が確認されるなど、既往研究において実用化に向けた知見が蓄積されている。

第4章で述べた(株)マツバラの研究成果のとおり、本研究会においても**キュポラ炉での石炭コークス代替可能性が改めて実証された**ところである。同社のキュポラ炉において実施した実証試験では、石炭コークス10%代替において問題なく操業が可能であることが確認された。

2050年カーボンニュートラルの達成に向けて、温室効果ガス排出削減が困難な産業に位置付けられている鉄鋼業<sup>39</sup>は、石炭コークスの代替燃料の開発・導入が喫緊の課題となっている。バイオコークスの導入により、製品の製造過程におけるCO<sub>2</sub>排出量の削減が可能となり、国際的なカーボンプライシングの導入が進む中で、低炭素製品としての国際競争力の向上に貢献することが期待される。世界的な脱炭素の潮流とバイオコークスの環境性能を踏まえれば、バイオコークスはより幅広い事業者で計画的に導入が進められることが望ましい。

今後は、さらなる実証データの蓄積により操業の安定性や経済性に関する信頼性が高まることで、バイオコークスが石炭コークス代替の有力な選択肢

---

<sup>39</sup> 「GX 推進のためのグリーン鉄研究会とりまとめ（2025年1月）」（経済産業省）より

として産業界に広く位置付けられ、導入の拡大が期待される。

## (2) 一般消費者への普及

一般消費者への普及については、薪ストーブや囲炉裏での利活用が有望視される。第4章で述べたとおり、本研究会では白川村においてモニター調査を実施し、薪ストーブや囲炉裏での使用において実用性が確認されている。また、(株)岡本による自社製薪ストーブでの燃焼特性検証においても、形状改良等の技術開発が進められており、**一般消費者向け製品としての普及が期待される。**

バイオコークスは長時間燃焼という特性を有しており、一般消費者への普及に当たっては、こうした特性を活かした活用方法の提案が重要となる。白川村のモニター調査においても薪とバイオコークスの併用が行われているように、こうした燃焼特性や調査結果から、薪との併用により夜間の燃焼維持や安定した熱供給が可能となるなど、**薪との使い分けが有効な選択肢の一つである**ことが示唆される。

ただし、白川村のように倒木などから薪を自前で調達しているユーザーも多い地域においては、薪の加工や管理に係る手間と比較して、バイオコークスの利便性がどこまで評価されるかを見極める必要がある。購入コストや入手の容易さ、保管性などを総合的に勘案した上で、ユーザーにとっての価値を明確にしていくことが、一般消費者への普及には不可欠である。

また、一般家庭のみならず、観光施設や公共施設における利用拡大も視野に入れた普及戦略が求められる。合掌造り家屋や温泉施設など、地域の観光資源と結びついた活用により、バイオコークスの認知度向上と需要創出を図ることが期待される。

## 第2節 地域での資源循環・利活用に向けた展望

### (1) 資源循環のモデル展開

地域での資源循環は、バイオコークス普及の重要な柱である。第2章で述べたとおり、バイオコークスは原材料の多様性と高い備蓄性という特性を有

している。木質系、畜産系、農業系など地域ごとに異なる未利用資源を活用できるため、特定資源への依存を避け、複数の資源を並行して活用することで安定的な製造・供給が可能となる。また、災害時や燃料供給途絶時のリスク分散が図られ、地域のエネルギーレジリエンスの向上が期待される。本研究会における取組は、こうしたバイオコークスの特性を活かした地域での資源循環のモデル構築の可能性を示しており、特にエネルギーの地産地消という観点から、先進的なモデルの構築に向けた実証が進められている。

第4章で述べたとおり、白川村では、世界遺産・合掌造り集落の維持管理で家屋から生じる古茅を原材料としたバイオコークスの実証試験を実施し、実用に耐え得る性能が確認されている。この取組は、地域固有の有機性資源を活用したエネルギーの地産地消モデルとして高く評価でき、文化的価値の高い資源を燃料として循環させることで、文化財保全と資源循環の両立を実現している点に独自性がある。

この白川村での成果は、地域資源の多様な利活用の可能性を示すものでもある。古茅のような特殊性の高い資源でバイオコークス製造が実証されたことは、他の地域においても、それぞれが有する固有の有機性資源をバイオコークスの原材料として活用できる余地があることを示唆している。

このエネルギーの地産地消の仕組みは、白川村に限らず、**全国の農山村地域を中心に展開し得るモデル**である。地域の有機性資源の種類や量、産業構造、地理的条件に応じて、地域内の製造拠点整備を含む最適な製造・供給体制を構築することで、バイオコークスを通じた資源循環と地域経済の活性化が期待される。

エネルギーの地産地消は、地域の持続可能性を高め、輸入化石燃料への依存を低減するうえでも重要な戦略であり、本研究会で実証された先進的モデルの普及が望まれる。

## (2) 地域資源を活かしたまちづくりのモデル展開

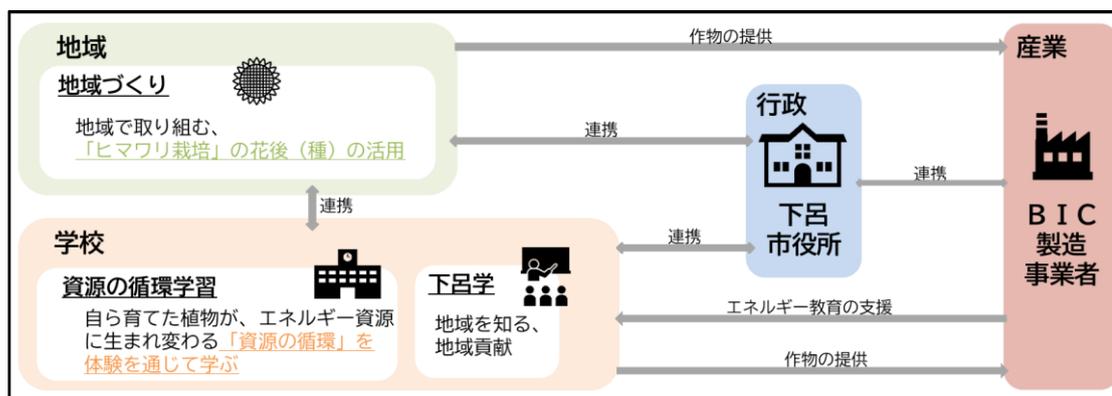
地域資源を活かしたまちづくりは、資源循環にとどまらず、バイオコークスを軸として地域の環境教育、観光振興、廃棄物処理などの複数分野を統合し、地域振興と政策課題の同時解決を目指すものである。

本研究会における取組は、その先進的なモデルを示している。

下呂市では、耕作放棄地でのヒマワリ栽培と小中学生への環境教育を連携させた複合的な取組が、来年度から展開される計画である。図表 5-1 に示すとおり、県内バイオコークス製造事業者との協力により、ヒマワリ畑での環境学習プログラムが実施され、子どもたちが資源循環やカーボンニュートラルについて学ぶ機会が創出されることが期待される。

こうした循環型社会に貢献する地域活動づくりの展開は、バイオコークスの原材料供給から製造のプロセスを通じて、地域住民の参画によるまちづくりへの貢献も期待できる。

図表 5-1 下呂市における取組に係る構想図



また、畜産業が盛んな地域においては、家畜排せつ物をバイオコークスの原材料として活用する取組が有望視される。牛ふん堆肥は安定的に畜産業から排出される地域資源であり、バイオコークスの原材料として活用することで、堆肥の新たな用途が開拓される。牛ふん堆肥を地域のエネルギー源として活用する仕組みは、農業分野と製造業の連携による新たなビジネスモデルの創出につながる可能性を有しており、地域資源の更なる有効活用により農山村地域の経済活性化に貢献することが期待される。飛騨地域においては、高山市で既に市内のコンポストセンター等からバイオコークスの原材料とな

る牛ふん堆肥の供給が開始されており、飛騨市や下呂市においても、こうした取組の展開が期待される。

さらに、前項で述べた白川村においては、世界遺産の保全と地域資源の循環を両立する取組が進められている。白川村のモデルは、文化財保全、資源循環、観光振興を統合した地域づくりとして国内外への発信力を持ち、観光産業と製造業を融合させた新たな地域産業の創出が期待される。

このほか、下呂市においては、地域課題となっている下呂温泉から排出される食品残渣のアップサイクル<sup>40</sup>による利活用の体制構築に向けて、名古屋大学と連携した研究が進められている。この取組では、出口戦略の一つとして食品残渣のバイオコークス化を検討するとともに、下呂温泉街でのエネルギー循環の構築を目指しており、観光産業と資源循環を結びつけた地域循環のモデルの実現が期待される。また、同市では未回収の資源ごみ（新聞・雑誌・衣類）の原材料利用も検討されている。これらの未利用資源をバイオコークスの原材料として活用できれば、廃棄物処理費用の削減と資源の有効活用が同時に実現される。地域内で発生する多様な有機性資源を統合的に活用する仕組みは、循環型社会の形成に大きく貢献するものである。

今後は、これらの先進事例を県内外に発信し、他地域での展開を促進していくことが重要である。地域資源を活かしたまちづくりモデルは、特に人口減少や高齢化が進む農山村地域において、地域の持続可能性を高める有効な戦略となり得る。

### 第3節 カーボンニュートラルへの貢献に向けた展望

#### （1）産業部門での代替効果

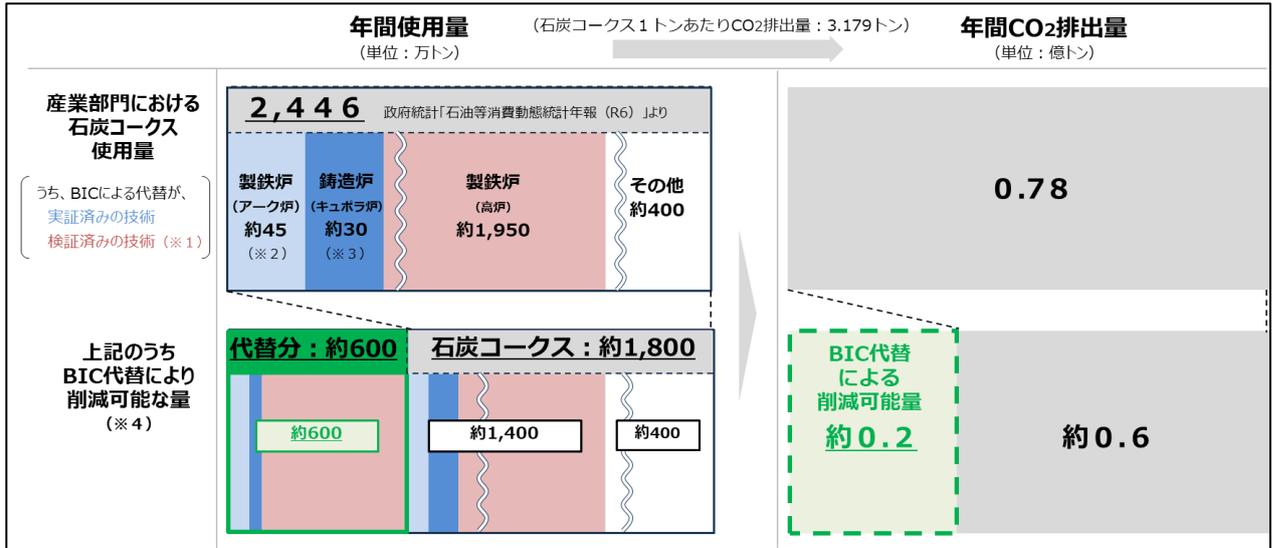
鉄鋼・鋳造業界における石炭コークス代替の効果は極めて大きい。本研究會において試算した結果によれば、令和6年における産業部門の石炭コークス使用量を基準として、アーク炉で30%、キュポラ炉で20%、高炉で30%

<sup>40</sup> 本来は廃棄されるはずの素材や製品に、付加価値を与えて再利用すること

をバイオコークスに代替した場合、年間約 0.2 億トンの CO<sub>2</sub>削減が可能である。その推計結果を図表 5-2 に示す。

ただし、この試算は、現時点で実証あるいは検証されている最大代替率を前提としたものである。

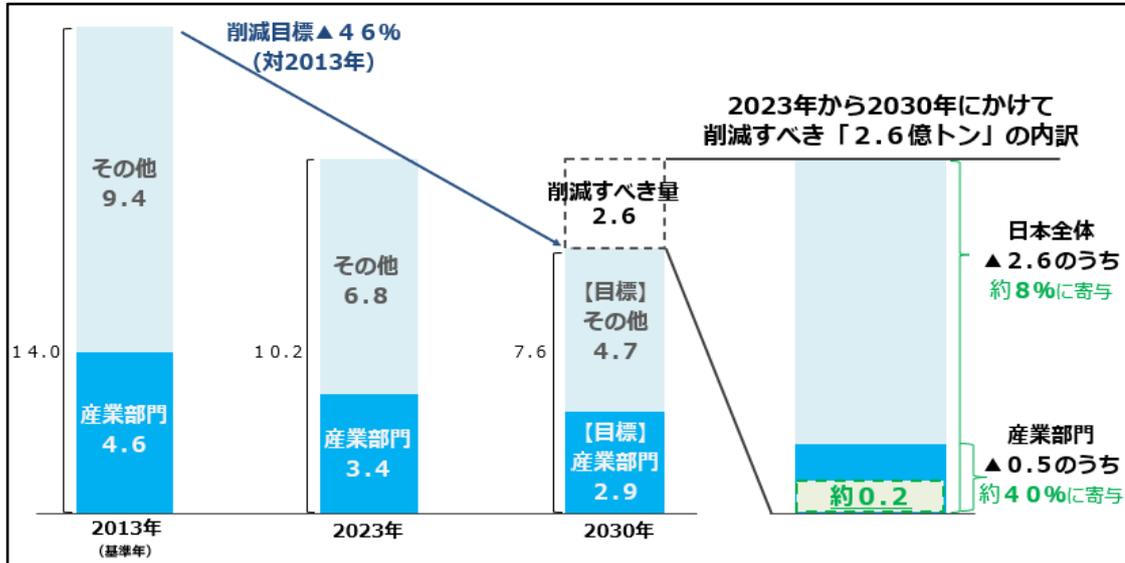
図表 5-2 石炭コークス使用量（産業部門）から年間 CO<sub>2</sub>排出削減可能性を推計した結果



- (※1) 高炉での活用に関して、実証はされておらず、代替可能性が「検証」のみされている点に留意が必要
- (※2) 「アーク炉向けの固体バイオ燃料利用の現状と展望 (2024)」(井田 民男) より参照
- (※3) 「キューボラのバイオマス燃料転換技術への取り組み (2025)」(田中 裕一、村田 康博、安田 浩之、吉沢 亮) より参照
- (※4) 「その他」を除いた約 2,000 万トンの石炭コークスを、以下により代替するものとして算出
  - アーク炉 : 約 30% (塊コークスの 100%) : 「アーク炉向けの固体バイオ燃料利用の現状と展望 (2024)」(井田 民男)
  - キューボラ炉 : 約 20% (「バイオコークスがキューボラ操業に及ぼす影響および CO<sub>2</sub> 削減効果 (2022)」(太田 慧、堤 親平、井田 民男))
  - 高炉 : 約 30% (吹き込みコークスのみ) (「3 R システム化可能性調査事業-鉄鋼業における植物由来廃棄物を原料としたバイオコークスの活用法と循環システム構築に係る調査- (2009)」(株式会社建設技術研究所))

この削減量は、図表 5-3 に示すとおり、政府が定める 2030 年度の温室効果ガス排出削減目標の達成に向けて今後削減すべき量 2.6 億トンの約 8% に相当し、産業部門における削減すべき量の約 40% に達する規模である。

図表 5-3 「温室効果ガス排出量」の2030年度目標に向けた推移（単位：億トン）



※2030年削減目標値は「地球温暖化対策計画」(R7.2.18閣議決定)の数値  
 ※2013年及び2023年は「2023年度の温室効果ガス排出量及び吸収量(詳細)」(R7.4環境省)  
 ※2023年及び2030年の「その他」は総排出量から産業部門の排出量及び温室効果ガス吸収量を差し引いた数値

なお、この2.6億トンは、政府が定める2030年度の温室効果ガス排出削減目標と、直近で公表されている2023年度の温室効果ガス排出量実績との差分として算出されたものである。鉄鋼・鋳造業界は、我が国の産業部門におけるCO<sub>2</sub>排出量の大きな割合を占めており、この分野でのバイオコークス活用は、産業部門全体の脱炭素化に大きく貢献する。

第2章で述べたとおり、石炭コークスの代替が実証されているアーク炉では年間約45万トンの石炭コークスが使用されており、このうち塊コークスとして使用される約15万トン<sup>41</sup>についてバイオコークス需要が見込まれる。また、キュポラ炉では年間約30万トン<sup>42</sup>の石炭コークスが使用されており、20%代替により約6万トンのバイオコークス需要が生じる。

高炉における吹き込みコークス(粉コークス)の代替も重要な領域である。高炉における石炭コークス使用量は年間約1,950万トン<sup>43</sup>であり、そのうち

<sup>41</sup> 「アーク炉向けの固体バイオ燃料利用の現状と展望(2024)」(井田 民男)より参照

<sup>42</sup> 「キュポラのバイオマス燃料転換技術への取り組み(2025)」(田中 裕一、村田 康博、安田 浩之、吉沢 亮)の国内鋳物用コークス消費量より参照

<sup>43</sup> 「石油等消費動態統計年報(2024)」(政府統計)より参照

30%に当たる600万トン弱が吹き込みコークスとして使用されていると推計<sup>44</sup>され、吹き込みコークスの全量代替により年間600万トン弱のバイオコークス需要が見込まれる。

なお、高炉における石炭コークスの代替は、検証段階であることに留意が必要である。

また、鉄鋼業界においては、カーボンニュートラル達成に向けて、大量の化石由来CO<sub>2</sub>排出源である高炉を廃止し、高炉の特性である「石炭コークスによる還元+溶解」の仕組みを、「水素還元+大型アーク炉」へと大規模に転換する取組が、日本政府の支援の下で進められている。また、2050年に向けてはさらに直接還元炉やSuperCOURSE50といった革新的技術への転換が示されている。こうした時代の流れの中にあっても、アーク炉でも使用可能なバイオコークスは、一定程度の貢献が可能である。製鉄プロセスの転換には長期間を要することから、バイオコークスは、現在の設備でも活用できる実用段階の技術として、鉄鋼業界の段階的な脱炭素化を支える役割が期待される。

これらの代替により、石炭コークス由来のCO<sub>2</sub>排出量を大幅に削減できることに加え、カーボンニュートラルな燃料への転換により、製品の製造工程全体におけるCO<sub>2</sub>排出量の削減にも貢献する。国際的なカーボンプライシングの導入が進む中、低炭素製品の競争力向上という観点からも、バイオコークスの活用は産業界にとって重要な選択肢となる。

## (2) 用途の多角化による削減効果の拡大

バイオコークスの活用領域は、石炭コークス代替にとどまらない。

農業用加温施設では、冬季の温室暖房に大量の重油や灯油が使用されている。これらの液体燃料をバイオコークスに代替することで、農業分野における化石燃料依存を大幅に低減できる可能性がある。既往研究<sup>45</sup>では、マンゴー

<sup>44</sup> 「3Rシステム化可能性調査事業-鉄鋼業における植物由来廃棄物を原料としたバイオコークスの活用法と循環システム構築に係る調査-(2009)」(株建設技術研究所)における高炉での銑鉄1トンあたりの塊コークスと微粉炭吹き込み(PCI)の使用量を基に、吹き込みコークスの使用割合及び年間使用量を推計した。

<sup>45</sup> 「大型加温ハウスを用いたバイオコークスボイラーによるシステム検証(2019)」(矢嶋 尊、志水 恒介、村田 博敏、川村 淳浩、井田 民男)

生産用大型加温ハウスにおいて、A重油の約63%をバイオコークスに代替することで、10aあたり年間11トンのCO<sub>2</sub>削減が実証されている。バイオコークスは固体燃料であるため、液体燃料と比較して取扱いや保管が容易であり、価格変動リスクも低減できる利点に加え、その緩慢燃焼特性により安定した温度管理が可能である。以上より、農業用加温施設での活用が期待される分野である。

一般廃棄物処理施設（ガス化溶融炉）での活用も重要な用途である。ガス化溶融炉では廃棄物の高温処理のために石炭コークスを使用している。多原料バイオコークスによる一般廃棄物処理施設でのCO<sub>2</sub>排出量約20%削減が実証<sup>46</sup>されており、技術的な実現可能性が示されている。この利用は、化石燃料の代替によるCO<sub>2</sub>削減に加え、地域で発生する有機性資源をバイオコークス原材料として活用することで、廃棄物削減にもつながる効果が期待される。

温浴施設や公共施設での熱源利用も有望である。例えば、飛騨地域の温泉地などの温浴施設のボイラー燃料としてバイオコークスを活用できれば、観光産業における脱炭素化と地域資源の循環が同時に実現される。公共施設においても、暖房用燃料としての活用により、自治体の率先的な脱炭素化の取組を示すことができる。

このように、**バイオコークスは多様な用途での活用が可能**であり、それぞれの分野でのCO<sub>2</sub>削減効果を積み上げることで、社会全体での削減量は更に拡大する。用途の多角化は、バイオコークスの需要を安定的に確保し、製造事業の採算性を向上させる上でも重要である。

### （3）地産地消型エネルギーシステムの意義

バイオコークスの普及は、エネルギー安全保障の観点からも重要な意義を持つ。我が国のエネルギー自給率は2023年度時点で15.3%と低水準<sup>47</sup>にあり、化石燃料の大部分を輸入に依存している。バイオコークスは国内の有機

<sup>46</sup> 「多原料バイオコークス(BIC)による一般廃棄物処理施設でのCO<sub>2</sub>排出量25%削減の長期実証(2017)」  
(角間崎 純一、橋本 敬一郎、内山 武、奥山 契一、堀内 聡)

<sup>47</sup> 「エネルギー動向(2025年6月版)」(経済産業省)より

性資源を原材料とするため、輸入化石燃料への依存度を低減し、エネルギー自給率の向上に貢献する。

本研究会における飛騨地域での実証成果は、地域内の有機性資源を活用したエネルギーの地産地消モデルの実現可能性を示している。地産地消モデルでは、原材料の収集から製造、消費までを地域内で完結させることで、輸送コストとCO<sub>2</sub>排出量を削減するとともに、エネルギー関連の支出を域内に還流させることができる。

特に、農山村地域においては、森林資源や農業残渣、家畜排せつ物など、豊富な有機性資源が存在する。これらの資源を活用したバイオコークス製造は、地域の新たな産業として雇用を創出し、所得を生み出す可能性を有している。人口減少と高齢化が進む農山村地域において、地域資源を活かした産業振興は、地域の持続可能性を高める重要な戦略である。

また、災害時のエネルギー供給という観点からも、地産地消型のエネルギーシステムは有効である。特に、大規模災害により化石燃料の地域外からの供給が途絶した場合でも、地域内で製造されるバイオコークスは、避難所や医療施設での暖房・調理用燃料として活用できる。このように、地域外からの供給依存度を低減することによるエネルギーのレジリエンス向上は、地域の防災力強化にもつながる。

これまでの本研究会における取組は、飛騨地域という限られた地域での実証ではあるが、その成果は全国の農山村地域を中心に展開可能なモデルとして位置付けられる。各地域が持つ有機性資源の賦存状況や産業構造に応じて、最適な製造・供給体制を構築することで、全国各地でのバイオコークス普及が実現される。

バイオコークスの普及は、エネルギー安全保障の強化、カーボンニュートラルの実現、地域経済の活性化といった政策課題を同時に解決する可能性を有している。本研究会での実証成果を踏まえ、国・自治体・民間事業者が連携した取組を推進していくことが求められる。

#### 第4節 CO<sub>2</sub>削減量約0.2億トン/年の実現に向けた、バイオコークスの普及シナリオ

前節で示したとおり、産業部門における石炭コークスの一定量をバイオコークスに代替した場合、年間約0.2億トンのCO<sub>2</sub>削減に寄与し得ることが明らかとなった。今後、この削減ポテンシャルを現実の削減として積み上げていくためには、バイオコークスの製造能力の拡大と、原材料となる未利用資源の確保・収集体制の整備を全国的な視点から一体的に進めることが重要となる。

まず製造能力の観点では、本研究会で試算した規模（年間約0.2億トンのCO<sub>2</sub>削減に相当する代替量）を実現するためには、バイオコークスは年間約1,000万トン必要になると見込まれる<sup>48</sup>。これは、現状の全国製造量（令和8年2月時点で約0.4万トン/年）の約2,500倍の規模である。また、製造設備については、現状の製造機台数が約50台であるのに対し、必要台数は約27,400台となる。なお、製造機は日々改良・研究が進められており、1台あたり「1トン/日」程度である製造能力の更なる向上により、必要台数の低減が期待される。こうした製造機台数の大幅な拡大は、民間投資のみで一気の実現することは難しく、普及の見通しを立てながら段階的に拠点整備を進めていく枠組みが求められる。

この点、国がバイオコークスを「自立国産エネルギー」の選択肢の一つとして、エネルギー基本計画等の国家戦略に明確に位置付け、国として普及を推し進めることで、実効性を大幅に高めることができる。具体的には、国が製造設備（ハード）整備を支援することにより、製造拠点の全国展開が図られ、製造能力の大幅な拡大が期待される。これらが進展することで、供給量の増加とともに安定供給への信頼性が高まり、より多くの需要分野で導入が進むことで、次の製造能力の拡大につながる好循環につながっていく。

次に、原材料の確保という観点では、同規模のバイオコークスを製造するために必要となる原材料は、含水率60%換算ベースで、年間約2,250万トン

<sup>48</sup> 年間約0.2億トンのCO<sub>2</sub>削減の前提として、バイオコークスへ代替する石炭コークス約600万トン分が供給しているエネルギー量を、バイオコークスを用いて等価に置き換える場合の必要量について発熱量換算により算出した。

である。一方、現状で扱われている原材料量は約 0.9 万トン/年<sup>49</sup>であり、今後の普及拡大に向けては、未利用資源を安定的に収集し製造へつなげるための体制整備が重要となる。他方、図表 5-4 に示すとおり、国内には下水汚泥や林地残材<sup>50</sup>など、未利用バイオマスが相当量存在しており、量的には一定の目処があると考えられる。今後、これら未利用バイオマスについて、収集や前処理（乾燥・破碎等）を円滑に行える仕組みが整備されれば、原材料の安定確保にとどまらず、地域資源の有効活用を通じた地域経済への波及など、循環型社会の形成に向けた効果も同時に生じ得る。

とりわけ木質系バイオマスの代表例である林地残材については、その年間未利用量は含水率 60%換算ベースで約 1,700 万トン<sup>51</sup>に相当し、潜在的な供給余地は大きい。国土の 67%を森林が占める我が国において、森林整備を計画的に進めることができれば、木質系バイオマスの供給量が増え、バイオコークスの製造能力の拡大を下支えする基盤になり得る。

以上のように、政府が掲げる CO<sub>2</sub>削減目標の達成に向け、

- (1) 全国各地での製造拠点整備による製造能力の拡大
- (2) 未利用資源の収集や前処理を含む原材料確保の仕組みづくり

の双方について、国が全国的な視点でバイオコークスを普及させていくことが必要である。

<sup>49</sup> 全国の現状におけるバイオコークス年間製造量をもとに、含水率 60%（湿量基準）で換算した原材料の年間必要量を推計した。

<sup>50</sup> 森林の伐採や間伐の際に発生し、建築用材などに利用できない部分で、通常山林に放置される残材

<sup>51</sup> 「バイオマス種類別の利用率等の推移（令和 7 年）」（農林水産省）の林地残材データ（発生量 1,131 万トン、利用量 453 万トン：いずれも乾燥重量）を、含水率 60%（湿量基準）に換算して未利用量を推計した。

図表 5-4 国内の主な未利用バイオマス（令和5年度）

バイオマス	年間発生量 (万トン)	未利用率 (%)	年間未 利用量	含水 率 (%)	含水率 60%時の量 (万トン)
下水汚泥	約 7,682	22	約 1,690	80	約 850
食品廃棄物等	約 2,070	40	約 828	80	約 410
農作物非食部 (すき込みを 除く)	約 1,094	67	約 733	60	約 730
林地残材	約 1,131	60	約 679	0	約 1,700
計					約 3,690 万トン

※「バイオマス種類別の利用率等の推移（令和7年）」（農林水産省）より、未利用量の多いバイオマスを抜粋した。

※下水汚泥、食品廃棄物等は年度値。他のバイオマスは暦年値。

※食品廃棄物等は令和4年度の値。

※林地残材は乾燥重量。その他のバイオマスは湿潤重量。

※下水汚泥、食品廃棄物等、農作物非食部の含水率は、県において標準的な数値を設定した。

## 第6章 バイオコークスの普及に向けた課題

本章では、今後のバイオコークスの普及及び推進に係る課題について、整理する。

これまでバイオコークスの概要、特徴、民間での利用に向けた展望、バイオコークスを通じた地域でのエネルギー地産地消モデルの構築に向けた展望等を整理したが、その普及に向けては、バイオコークスの供給フロー（図表 6-1）において、製造工程で多大なコストが生じているといった課題が多いのも事実である。

一方、地域資源を利活用した再生可能な固形燃料であるバイオコークスによるエネルギーの地産地消の実現、国際情勢におけるエネルギー安全保障上のリスク低減、災害時のレジリエンス向上等による地域・国への貢献の可能性は明らかである。こうしたことを鑑みれば、バイオコークスの普及を国家戦略として位置付け、普及に向けた支援制度を構築していくことは、十分検討に値するものと考ええる。

図表 6-1 バイオコークスの消費までの供給フロー



## 第1節 バイオコークスの普及に向けた、「喫緊の課題」

## (1) バイオコークスの製造量拡大及び原材料・製品輸送に係る課題

バイオコークスの普及に向けては、製造工程におけるコスト削減に加え、製造能力の拡大が大きな課題である。第5章第4節で示した想定規模（全国で約1,000万トン/年）の供給を見込む場合、必要設備台数は約27,400台に及ぶ一方、現状は約50台にとどまっている。製造能力を拡大するには、各地域で製造設備を集積した製造クラスターを整備する方式が有効であると考えられ、全国規模での普及には、こうした拠点整備に対する支援が重要となる。

さらに、第4章第4節で確認したとおり、原材料や製品の長距離輸送がコスト上昇の要因となっていることから、原材料の収集、前処理を行う場所、需要地への輸送方法を、地域ごとにまとめて設計することが重要である。このように、原材料の収集方法から輸送までの仕組みを、ひとまとまりのクラスター（地域分散型製造拠点）として整えることで、輸送距離の短縮やコストの削減が期待できる。

また、製造能力の拡大に伴い、安定的な原材料の確保が一層重要となる。特に、原材料としての活用が期待される林地残材をはじめとした木質系バイオマスについては、所有者不明山林等の存在により林道や作業道の整備が進まず、集材や搬出に支障が生じている現状がある。原材料供給体制の強化に向けて、こうした課題も併せて解決していくことが不可欠である。

以上のような製造能力の拡大と物流の最適化を進めるためには、バイオコークス製造事業者の参入を促進すべく、あらゆる有機物を利活用した再生可能エネルギー製造事業の設備投資に対する新たな支援制度の創設が必要と考える。現状のバイオマス燃料の製造設備に関する国の支援制度は、図表6-2で示すとおり、各省庁の目的に応じ、その原材料ごとに縦割りの制度設計となっており、あらゆる有機物を原材料とすることができるバイオコークスの利点を活かすことができない。

図表 6-2 現行の主要な国制度の射程について

バイオマス固形燃料 (バイオコークス)の 主な原材料	対応する 国のハード整備補助金	対応する J-クレジット
牛ふん堆肥等の 有価物	なし(対象外)	なし(対象外)
木くず	<b>【林野庁】</b> 林業・木材産業循環成長対策交付金 (木材需要拡大・木材産業基盤強化対策) (制度概要) ・木材加工流通施設、木質バイオマス利用促進施設の整備に係る費用を補助	あり(方法論番号: EN-R-001) (対象) ・木質バイオマスを原材料とした、バイオマス固形燃料 (趣旨) ・化石燃料への代替により、温室効果ガスの排出量を削減した分について、J-クレジットを認証
農業生産活動 から発生する バイオマス	<b>【農林水産省】</b> みどりの食料システム戦略推進交付金(バイオマスの地産地消) (制度概要) ・農作物残渣等から燃料を製造する設備の費用の一部を補助 ・なお、製造される燃料は「地域内の農林漁業関連施設」での活用に限定される	あり(方法論番号: EN-R-005) (対象) ・未利用の廃棄物系バイオマスを原材料とした、バイオマス固形燃料 (趣旨) ・化石燃料への代替により、温室効果ガスの排出量を削減した分について、J-クレジットを認証
その他廃棄物	<b>【環境省】</b> 地域共生型廃棄物発電等導入促進事業 (制度概要) ・廃棄物から燃料を製造する設備の費用の一部を補助 ・なお、製造される燃料は「地域内」での活用に限定される	

(2) バイオコークスの消費に係る課題

バイオコークスは石炭コークスと比較し、環境性能が優れる等のメリットがある反面、同等熱量におけるコストで劣る場合が多く、消費事業者における導入インセンティブが働きにくい。

そのため、事業者のCO<sub>2</sub>排出量削減を促進した「J-クレジット制度<sup>52</sup>」等によって導入インセンティブを高める措置が考えられるが、原材料によっては制度の適用外となる現状がある。従って、原材料の別を問わず適用できるよう制度を拡充する必要があると考える。

具体的には、図表 6-2 に示すとおり木くずを原材料としたバイオコークスは現状でも「J-クレジット制度」の対象となり得る一方、牛ふん堆肥等の有価物を原材料とする場合は対象外であり、原材料の違いによって導入インセンティブに格差が生じている。

<sup>52</sup> 省エネルギー設備の導入や再生可能エネルギーの利用によるCO<sub>2</sub>等の排出削減量や、適切な森林管理によるCO<sub>2</sub>の吸収量を「クレジット」として国が認証する制度

## 第2節 バイオコークスの普及に向けた、「中長期的な検討事項」

第4章第2節で述べたとおり、現在原材料として供給されている牛ふん堆肥や木くずのみならず、地域内で利活用が課題となっている未利用資源についても、バイオコークス化を通じて有効活用につなげる可能性が見出されたところである。

こうしたバイオコークス化事業により、バイオマス燃料の季節偏在性の緩和や、第5章で述べた民間での活用、資源循環に基づく地産地消モデルの構築、さらにはまちづくりへの貢献が期待される。一方で、あらゆる有機物を原材料とできるが故に、今後、原材料の収集方法や前処理工程の効率化等については、法的対応も含め、個別の検討を要する可能性がある。

特に原材料の前処理の観点では、第4章第4節にて示したとおり、製造コストの相当部分が原材料の乾燥工程に起因しているため、コスト削減に向け、鋳物工場といった各種施設等で発生する「廃熱<sup>53</sup>」を活用するなど、乾燥工程の効率化、合理化を図るなどの手法を検討することも考えられる。

こうした様々な点については、岐阜県において引き続き検証を進めるとともに、事例に応じた検討を進めていく考えである。

---

<sup>53</sup> 工場等から排出される高温の排ガスなどに由来し、通常は有効利用されることなく大気中へ放散されている熱

## 第7章 国への提言

県内の地産地消型の取組に対して岐阜県は支援を継続する一方、エネルギー政策は国家レベルの課題であることから、この取組を国家戦略に位置付けるよう国で検討することが必要と考える。以上を踏まえ、次の事項について国に対し提言する。

### 提言1 国家戦略等への位置付けによる、国全体としての推進

**国はバイオコークスを「自立国産エネルギー」として明確に位置付け、エネルギー基本計画や脱炭素に向けた戦略に盛り込み、その普及を推し進められたい**

地球温暖化対策として温室効果ガス排出量削減を進める中、国際的には脱化石燃料の潮流が加速しており、国内においても再生可能エネルギーや新エネルギーの導入が進んでいる。太陽光発電をはじめ、水素・アンモニア発電、核融合等、多様な選択肢の技術開発が進められているが、いずれか単独のエネルギー源のみで社会全体を賄うことは困難であり、複数のエネルギー源を適切に組み合わせたエネルギーミックスを形成することが求められている。また、昨今の中東情勢の緊迫化などの国際情勢、化石燃料輸入国・産出国を含む国際的なエネルギー市場の状況を踏まえ、国家として多角的な価値を有するエネルギーに対して戦略的に投資していく必要がある。

本研究会で確認してきたとおり、バイオコークスは、環境負荷の低減、エネルギー安全保障の強化などの国家的課題の解決に資する技術である。また、地域に存在する多様な有機性資源を原材料として活用でき、木質系資源を含む未利用資源の価値化を通じて、木材利用の拡大や森林施業の活性化にも波及効果が見込まれる。これにより、地域課題の解決やまちづくりの推進に貢献するとともに、脱炭素社会の形成に向けた国の取組にも貢献する。さらに原材料多様性による調達安定性の高さから、エネルギー供給途絶リスクの低

減及び地域のエネルギーレジリエンスの向上にも資する。これらの効果は、持続的な森林整備や流域保全等を通じた国土の健全化・強靱化にも貢献し得るなど、公益性が極めて高いといえる。

もともと、木質系バイオマスの活用に当たっては、所有者不明山林の存在に起因する林道・作業道の整備の遅れにより集材・搬出が阻害されるなど、原材料供給面の構造的制約が依然として存在する。これらの制約は境界・権利関係に根差す全国的かつ構造的課題であり、国による制度面の対応と省庁横断の取組が不可欠である。

加えて、バイオコークスの活用を社会実装段階まで引き上げるためには、県や大学等の取組のみでは対応が困難である。例えば、鉄鋼業において大量に使用されている石炭コークスをバイオコークスで代替できれば、CO<sub>2</sub> 排出量削減に大きく貢献する。しかし、高炉を用いた大規模な実証には稼働中の設備で実証、あるいは専用の実験設備が必要であり、これらは地方自治体や研究機関の予算規模を超える費用が必要とされる。

以上を踏まえ、国においてバイオコークスを「自立国産エネルギー」として明確に位置付け、エネルギー基本計画や脱炭素に向けた国家戦略に盛り込み、国策としてその普及を推し進められたい。併せて、実証研究・活用促進と原材料供給の制度整備（所有者不明山林への対応等）を一体的に進められたい。

## 提言2 地域分散型製造拠点整備に対する事業者への財政的支援

**バイオコークスの製造体制整備に当たり、国としてハード整備に係る支援制度を創設されるよう、検討されたい**

バイオコークスの普及に当たっては、地域の多様な有機性資源を活用した地産地消型の製造拠点を分散的に整備することが有効であると、本研究会の検証から示されている。

一方で、現行の補助制度には、

(1) 補助対象を原材料種別で固定する要件、

(2) 地域内利用を前提とする運用、

(3) 堆肥等の有価物を原材料とする取組が支援対象外となり得る設計があることから、原材料の多様性という特性や、需要側の実態に即した導入拡大が十分に図られていない。また、地産地消モデルはコスト削減に有効であるが、バイオマス資源が豊富な農山村地域では燃料需要が小さい場合も多く、地域資源を最大限活用するには、産業炉などの大規模需要地への供給も重要である。このため、生産地と消費地の組合せを地域の実情に応じて選択できる制度とする必要がある。

以上を踏まえ、国においては、(1) 原材料を限定しない設備投資支援（製造設備及び前処理（乾燥等）を含む）を基本とし、(2) 製造地と消費地の地理的制約を設けない要件設計のもと、(3) 林業・農業・廃棄物・エネルギー分野を横断して一体的に支援する省庁横断の補助制度を創設されたい。

### 提言3 消費事業者が負担する燃料調達コストへの支援制度の拡充

**あらゆる有機物をその原材料として活用可能なバイオコークスの有用性に鑑み、牛ふん堆肥等のあらゆる有機物を原材料とするバイオコークスについて、「J-クレジット制度」の対象とされたい**

バイオコークスの価格は、今後、製造量・消費量の拡大に伴い単価の低下が望めるものの、現時点では石炭コークスと同等熱量で比較して一般的に高価である。燃料調達においては価格が重要な判断要素であり、環境負荷の小さい燃料であっても、価格差が導入の障壁となっているのが実情である。

価格差を緩和し普及を後押しする観点から、J-クレジット制度等による支援は有効な手段となり得るが、現時点で牛ふん堆肥等の有価物を原材料とする場合はJ-クレジット制度の対象外となっている。

今後、バイオコークスの原材料多様化が見込まれるため、有価物由来のバイオマスを原材料とするバイオコークスであっても、適切な追加性・モニタリング要件を満たすことを前提にJ-クレジット制度の対象とするよう、制度の拡充を求める。

バイオコークスの社会実装は、研究開発・実証、サプライチェーン整備、需要創出を一体的に推進することで、その公益的効果が最大限に発揮される。とりわけ、国のエネルギー政策や地球温暖化対策の柱である「再生可能エネルギーの主力電源化と安定供給の両立」、「中長期の温室効果ガス排出削減の実行」への貢献は大きく、国家戦略の遂行に資する実効性の高い手段となる。

すなわち、バイオコークスは、国が示す理念と目指す姿を具体の事業へと接続する有効な実装策であり、国家戦略として推進することにより、わが国のエネルギー安全保障、脱炭素化、地方創生の三位一体の成果が創出できると確信している。

## 参考資料

## 1 白川村内の薪ストーブ利用世帯を対象としたモニター調査アンケート

## (1) アンケート項目

- ・ 年齢・性別（任意）
- ・ 薪ストーブの使用歴  
初めて／数年（4年以下）／長年（5年以上）
- ・ 普段使用している薪の乾燥状態  
乾燥した薪を購入している／自分で薪を乾燥させている
- ・ 普段使用している薪の価格（キロ単価）
- ・ 薪ストーブの燃料で重要視する性能（上位3項目、順位不問）  
着火しやすさ／燃焼時間の長さ／煙の少なさ／臭いの少なさ／  
保管しやすさ／燃料自体の清潔さ／灰の少なさ／価格の安さ／  
その他
- ・ 火のつけやすさはどうか  
とても簡単／簡単／薪と同じ／難しい／とても難しい
- ・ 火力の安定性はどうか  
とても安定／安定／薪と同じ／不安定／とても不安定
- ・ 燃焼時間の長さはどうか  
とても長い／長い／薪と同じ／短い／とても短い
- ・ 灰の量や掃除のしやすさはどうか  
とても簡単／簡単／薪と同じ／難しい／とても難しい
- ・ 扱いやすさはどうか  
運びやすい／薪と同じ／運びにくい
- ・ 保管スペースの必要広さはどうか  
少なくても済む／薪と同じ／多く必要
- ・ 保管スペースの汚れはどうか  
きれいなまま／薪と同じ／汚れやすい
- ・ 煙やにおいは気になるか

まったく気にならない／あまり気にならない／薪と同じ／  
 少し気になる／かなり気になる

- ・ 室内の暖かさはどうか  
 とても暖かくなった／暖かくなった／薪と同じ／  
 あまり暖まらなかった／暖まらなかった
- ・ バイオコークスを今後も使いたいと思うか  
 思う／思わない／分からない
- ・ 改善してほしい点（自由記述）
- ・ 良かった点（自由記述）
- ・ バイオコークスについて感じたこと（自由記述）

(2) アンケート結果

「-」は未回答

回答者	年齢・性別	薪ストーブの使用歴	普段使用している薪の乾燥状態
No1	55・男性	長年(5年以上)	自分で薪を乾燥
No2	52・男性	-	自分で薪を乾燥
No3	46・男性	長年(5年以上)	自分で薪を乾燥
No4	72・男性	長年(5年以上)	自分で薪を乾燥
No5	50・男性	長年(5年以上)	自分で薪を乾燥
No6	36・男性	長年(5年以上)	自分で薪を乾燥
No7	78・男性	長年(5年以上)	自分で薪を乾燥
No8	77・男性	長年(5年以上)	自分で薪を乾燥

普段使用している薪の価格	薪ストーブの燃料で重要視する性能（順位不問）		
	燃焼時間の長さ	保管しやすさ	その他（火力）
0円	燃焼時間の長さ	保管しやすさ	その他（火力）
-	-	-	-
-	着火しやすさ	保管しやすさ	価格の安さ
自家製	燃焼時間の長さ	灰の少なさ	価格の安さ
-	着火しやすさ	燃焼時間の長さ	価格の安さ
13円	燃焼時間の長さ	灰の少なさ	価格の安さ
自分で調達	着火しやすさ	燃焼時間の長さ	保管しやすさ
0円	燃焼時間の長さ	保管しやすさ	価格の安さ

火のつけやすさ	火力の安定性	燃焼時間の長さ	灰の量や掃除のしやすさ
難しい	薪と同じ	薪と同じ	簡単
薪と同じ	安定	長い	薪と同じ
難しい	安定	とても長い	薪と同じ
とても難しい	不安定	長い	薪と同じ
とても簡単	安定	長い	難しい
難しい	安定	長い	とても難しい
難しい	安定	薪と同じ	薪と同じ
簡単	薪と同じ	長い	薪と同じ

扱いやすさ	保管スペースの必要広さ	保管スペースの汚れ	煙やにおい
運びやすい	多く必要	きれいなまま	薪と同じ
運びやすい	薪と同じ	きれいなまま	あまり気にならない
運びやすい	薪と同じ	きれいなまま	まったく気にならない
運びやすい	少なくて済む	きれいなまま	あまり気にならない
運びやすい	少なくて済む	きれいなまま	まったく気にならない
運びやすい	少なくて済む	きれいなまま	少し気になる
運びやすい	少なくて済む	きれいなまま	まったく気にならない
運びやすい	少なくて済む	きれいなまま	まったく気にならない

室内の暖かさ	バイオコークスを今後も使いたいと思うか
薪と同じ	思わない
暖かくなった	思う
あまり暖まらなかった	思う
あまり暖まらなかった	思わない
薪と同じ	思う
薪と同じ	思う
薪と同じ	思う
あまり暖まらなかった	分からない

改善してほしい点
<p>No1：夜焚いたバイオコークスの余熱が朝も残っており、灰を回収コンテナに入れることができない。薪であれば、ほとんど燃焼して消失するので問題ないが、バイオコークスはほぼそのままのボリュームで炉内に残るので、除去しないと通気口が灰に埋もれてしまう。表面からしか燃えないので、火が安定するのに時間がかかる。</p> <p>No2：長時間燃えてほしい。</p> <p>No3：もう少し小さくてもいいかなと思います。薪ストーブのサイズが小さいので。</p> <p>No7：長さを 25 c m ぐらいにしてほしい。</p> <p>No8：コークスだけが燃えている状態では空気量の調整がまだ不慣れでか難しかったが、薪との併用で問題なし。薪の燃えるあの香ばしいにおいがいいのは物足りない。</p>

良かった点
<p>No2：薪より長時間燃えてくれていること。灰がサラサラ。</p> <p>No3：扱いやすい、長時間もつ点</p> <p>No5：火が長持ちする。手が汚れにくい。臭いがない。保管しやすい。部屋が汚れにくい。虫がつきにくい（カメムシなど）</p> <p>No8：保管、管理が容易で場所も薪に比べ格段に良好。これなら室内でも清潔さが保たれる。</p>

バイオコークスについて感じたこと	
No1	薪ストーブに関しては、バイオコークスだけでは使えないので、薪と併用するメリットが感じられない。ペレットストーブの方が相性が良いのでは？（技術的なことは分からないが）
No2	もう少し短いと窯に入れやすいです。火種としてうまく使えました。
No3	村の茅が再利用され、燃料になることに驚きました。今後改良され商品化されるのを期待し、応援しています。
No5	燃焼時間が長く、煙や臭いが少ないため、キャンプなどの焚火に適していると思います。バイオコークスを実際に使用して、良い点が多かったため、コスパが良ければ、購入を検討したいと思いました。
No6	穴ありも使ってみたい。大きいサイズで使用者により輪切りにして好みのサイズに出来ると良い。もう少し細くて長いものもあれば使ってみたい。

## 2 茅バイオコークス及び薪の煙・においの計量方法、分析結果

### (1) 測定方法

薪ストーブ（最大出力：8,640kcal/h）を用い、煙道（φ150mm）において測定を実施した。

9時10分に薪の測定を開始し、10時30分まで測定した。薪の燃焼が完了したことを確認した後、同じ薪ストーブに茅バイオコークスを投入し、10時30分から12時00分まで測定した。

### (2) 分析結果

#### ア 臭気濃度

測定項目	単位	薪	茅バイオコークス	測定方法
臭気濃度	-	9,700	4,100	平成7年9月13日環境庁告示第63号（三点比較式臭袋法）
臭気指数	-	40	36	

## イ ばいじん濃度、窒素酸化物濃度、硫黄酸化物濃度

測定項目	単位	薪	茅バイオ コークス	計量方法
ばいじん濃度	g/m <sup>3</sup> N	0.01 未満	0.037	JIS Z 8808 9 円形ろ紙法
窒素酸化物濃度	volppm	72	110	JIS K 0104 8 定電位電解方式
硫黄酸化物濃度	Volppm	3	2 未満	JIS K 0103 8 定電位電解方式
排出量	m <sup>3</sup> N/h	0.01 未満	0.01 未満	大気汚染防止法施行規則
排出ガス				
排出量（湿り）	m <sup>3</sup> N/h	70	85	JIS Z 8808 に基づく
排出量（渴き）	m <sup>3</sup> N/h	66	82	
組成 CO <sub>2</sub>	%	7.1	2.1	JIS K 0301:2016 オルザット式 分析装置
組成 O <sub>2</sub>	%	9.7	17.9	
組成 CO	%	0.0	0.0	
組成 N <sub>2</sub>	%	83.2	80.0	
水分量	%	5.3	4.1	JIS Z 8808 7 吸湿管法
排出温度	℃	374	174	JIS Z 8808 に基づく
排出流速	m/s	2.3	2.0	

### ウ 特定悪臭物質濃度

計量方法は、昭和 47 年環境庁告示第 9 号 特定悪臭物質の測定方法による

特定悪臭物質濃度	単位	新	バイオコークス
アンモニア	ppm	0.699	0.220
硫化水素	ppm	0.001 未満	0.001 未満
メチルメルカプタン	ppm	0.001 未満	0.001 未満
硫化メチル	ppm	0.001 未満	0.001 未満
二硫化メチル	ppm	0.001 未満	0.001 未満
トリメチルアミン	ppm	0.001 未満	0.001 未満
アセトアルデヒド	ppm	0.001 未満	0.001 未満
プロピオンアルデヒド	ppm	0.001 未満	0.001 未満
ノルマルブチルアルデヒド	ppm	0.001 未満	0.001 未満
イソブチルアルデヒド	ppm	0.015	0.016
ノルマルバレルアルデヒド	ppm	0.001 未満	0.001 未満
イソバレルアルデヒド	ppm	0.005	0.002
プロピオン酸	ppm	0.001 未満	0.001 未満
ノルマル酪酸	ppm	0.001 未満	0.001 未満
ノルマル吉草酸	ppm	0.001 未満	0.001 未満
イソ吉草酸	ppm	0.001 未満	0.001 未満
酢酸エチル	ppm	0.001 未満	0.001 未満
メチルイソブチルケトン	ppm	0.001 未満	0.001 未満
トルエン	ppm	0.068	0.014
イソブタノール	ppm	0.001 未満	0.001 未満
キシレン	ppm	0.001 未満	0.050
スチレン	ppm	0.001 未満	0.001 未満

### 3 第 4 章第 4 節の検証に係る使用データ、計算式等

#### (1) 計算式及び使用データ

ア 製品 1 トンあたりの工程別 CO<sub>2</sub> 排出量の算出方法

(ア) 輸送工程

大型トラック（10トン積載）での輸送を前提とし、「ロジスティクス分野におけるCO<sub>2</sub>排出量算定方法共同ガイドライン（Ver. 3.2 令和5年6月）」（経済産業省・国土交通省）の燃費法により算出する。

・ 計算式

a 原材料輸送

$$\begin{aligned} & \left[ \text{「輸送距離(km)} \times 2 \text{ (往復分)} \right] \div \left[ \text{「トラックの燃費：} \underline{3.5} \text{(km/L)} \right] \\ & \times \left[ \text{「軽油のCO}_2\text{排出係数：} \underline{2.619} \text{(kg-CO}_2\text{/L)} \right] \\ & \div \left[ \text{「輸送1回あたりの積載重量：} \underline{10} \text{トン} \right] \\ & \times \left[ \text{「原材料必要量 (堆肥 t/製品 t)} \right] \\ & \div 1,000 \text{ (単位換算 kg-CO}_2\text{→t-CO}_2\text{)} \end{aligned}$$

b 製品輸送

$$\begin{aligned} & \left[ \text{「輸送距離(km)} \times 2 \text{ (往復分)} \right] \div \left[ \text{「トラックの燃費：} \underline{3.5} \text{(km/L)} \right] \\ & \times \left[ \text{「軽油のCO}_2\text{排出係数：} \underline{2.619} \text{(kg-CO}_2\text{/L)} \right] \\ & \div \left[ \text{「輸送1回あたりの積載重量：} \underline{10} \text{トン} \right] \\ & \div 1,000 \text{ (単位換算 kg-CO}_2\text{→t-CO}_2\text{)} \end{aligned}$$

・ 輸送距離

a ベースモデル及び現地乾燥モデル

原材料輸送距離：40km、製品輸送距離：150km

b 地産地消モデル

市町村	原材料輸送距離	製品輸送距離
高山市	平均 18.9km	平均 18.9km
飛騨市	平均 12.5km	平均 12.3km
下呂市	平均 30.2km	平均 26.0km
白川村	平均 8.7km	平均 6.2km
全体	平均 20km	平均 18km

・ 原材料必要量

a ベースモデル及び地産地消モデル

2.25 堆肥 t/製品 t（含水率 60%・湿潤状態）

b 現地乾燥モデル

1.0 堆肥 t/製品 t (含水率 10%・乾燥状態)

(イ) 乾燥工程

ロータリー乾燥機により、牛ふん堆肥を 60%から 10%まで乾燥させる前提とし、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル (Ver.6.0 令和 7 年 3 月)」(環境省・経済産業省)に基づき、必要な燃料(灯油)の使用量から算出する。なお、乾燥機への原材料投入の際に用いるホイールローダーの燃料(軽油)消費に係る CO<sub>2</sub>排出量は乾燥工程全体の CO<sub>2</sub>排出量と相対して無視小のため考慮しない。

- ・ 計算式

$$\begin{aligned} & \text{「製品 1 トンあたり燃料使用量(L)」} \\ & \times \text{「灯油の CO}_2\text{排出係数：} \underline{2.503} \text{(kg-CO}_2\text{/L)」} \\ & \div 1,000 \text{ (単位換算 kg-CO}_2\text{→t-CO}_2\text{)} \end{aligned}$$

- ・ 製品 1 トンあたり燃料使用量

燃料使用量の算出に用いたデータは下表のとおり。

乾燥はロータリー乾燥機で 60%から 10%まで実施。製品 1 トンあたりの蒸発水量 1,250 kg と水の蒸発潜熱 2,305.8 kJ/kg (80℃) から乾燥必要熱量 2,882 MJ を得、灯油真発熱量 34.3 MJ/L、乾燥効率 77.75%より灯油使用量 108.08 L/製品 t と算定した。

項目	単位	値	備考
①蒸発水量	kg/製品 t	1,250.00	
②水の蒸発潜熱	kJ/kg	2,305.80	80℃における値
③乾燥必要熱量	MJ/製品 t	2,882.25	①×②
④灯油発熱量	MJ/L	34.30	エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数(2023 年度改訂)の解説(環境省)における、真発熱量(95%信頼区間)の下限值
⑤乾燥効率	%	77.75	県内バイオコークス製造事業者における 8 月に実測した計測値を基に推計
⑥燃料使用量	L/製品 t	108.08	③÷((⑤÷100)×④)

(ウ) 成型工程

「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル（Ver. 6.0 令和7年3月）」に基づき、バイオコークス製造機械の電力使用量から算出する。

- ・ 計算式

- 「製品 1 トンあたり電力使用量：450(kWh/製品 t)」

- × 「販売電力量あたりの CO<sub>2</sub> 排出係数：0.411(kg-CO<sub>2</sub>/kWh)」

- ÷ 1,000 (単位換算 kg-CO<sub>2</sub>→t-CO<sub>2</sub>)

イ 製品 1 トンあたりの工程別コストの算出方法

(ア) 輸送工程

- ・ 計算式

- a 原材料輸送

- 「輸送距離に応じた輸送単価（円/堆肥 10t）」

- ÷ 「輸送 1 回あたりの積載重量：10トン」

- × 「原材料必要量（堆肥 t/製品 t）」

- b 製品輸送

- 「輸送距離に応じた輸送単価（円/堆肥 10t）」

- ÷ 「輸送 1 回あたりの積載重量：10トン」

- ・ 輸送単価

- 「一般貨物自動車運送事業に係る標準的な運賃」（令和6年国土交通省告示第209号）に定められた輸送距離別の大型車（10tクラス）の標準運賃に、積込料及び取卸料（フォークリフト等による作業時間各30分想定）を加算した額。

- ・ 原材料必要量

- 参考資料3（1）ア(ア)のとおり。

参考資料 図表1 一般貨物自動車運送事業に係る標準的な運賃  
(中部運輸局のみ抜粋)

中部運輸局				
(単位：円)				
車種別 キロ程	小型車 (2 tクラス)	中型車 (4 tクラス)	大型車 (10 tクラス)	トレーラー (20 tクラス)
10km	14,550	16,770	21,550	27,550
20km	16,360	18,880	24,460	31,480
30km	18,170	20,990	27,370	35,420
40km	19,980	23,100	30,280	39,360
50km	21,790	25,210	33,200	43,300
60km	23,600	27,320	36,110	47,240
70km	25,420	29,430	39,020	51,170
80km	27,230	31,540	41,930	55,110
90km	29,040	33,650	44,840	59,050
100km	30,850	35,760	47,750	62,990
110km	32,660	37,830	50,580	66,790
120km	34,460	39,910	53,400	70,590
130km	36,270	41,990	56,220	74,390
140km	38,080	44,070	59,040	78,190
150km	39,880	46,150	61,870	81,990
160km	41,690	48,220	64,690	85,790
170km	43,490	50,300	67,510	89,600
180km	45,300	52,380	70,330	93,400
190km	47,100	54,460	73,160	97,200
200km	48,910	56,530	75,980	101,000
200kmを超えて500km まで20kmを増すごと に加算する金額	3,600	4,120	5,560	7,480
500kmを超えて50km を増すごとに加算す る金額	8,990	10,300	13,910	18,700

参考資料 図表2 一般貨物自動車運送事業に係る標準的な運賃  
(積込料・取卸料のみ抜粋)

VI 積込料・取卸料、附帯業務料					
【積込料・取卸料】					
時間／内容	車種別	小型車 (2 tクラス)	中型車 (4 tクラス)	大型車 (10 tクラス)	トレーラー (20 tクラス)
30分までごとに発生する金額	フォークリフト 又はトラック搭載型クレーンを使用した場合	2,080円	2,180円	2,340円	2,750円
	手積みの場合	2,000円	2,100円	2,260円	2,650円
Vに定める待機時間料の適用時間と併せて2時間を超える場合において30分までごとに発生する金額	フォークリフト 又はトラック搭載型クレーンを使用した場合	2,490円	2,610円	2,810円	3,300円
	手積みの場合	2,400円	2,520円	2,710円	3,180円

(イ) 乾燥工程

- ・ 計算式

「製品1トンあたり燃料使用量(L)」

× 「灯油単価：122(円/L)」

- ・ 製品1トンあたり燃料使用量  
参考資料3 (1) ア(イ)のとおり。

(ウ) 成型

- ・ 計算式

「製品1トンあたり電力使用量：450(kWh/製品 t)」

× 「電気単価：21(円/kWh)」

- ・ 製品1トンあたり電力使用量  
参考資料3 (1) ア(ウ)のとおり。

(2) 計算結果の詳細データ

シナリオごとの製品1トンあたり工程別CO<sub>2</sub>排出量及び製造コストを以下

に示す。地産地消シナリオ及び、現地乾燥シナリオと地産地消シナリオの組み合わせについては、高山市、飛騨市、下呂市、白川村の結果の平均値を示す。

ア ベースシナリオ

(単位) CO<sub>2</sub>排出量：t-CO<sub>2</sub> /製品 t、製造コスト：円/製品 t

	原材料 輸送	製品輸送	乾燥	成型	原材料費	合計
CO <sub>2</sub> 排出量	0.013 (2.6%)	0.022 (4.5%)	0.271 (55.2%)	0.185 (37.7%)	—	0.491
製造 コスト	7,866 (18.9%)	6,655 (16.0%)	13,186 (31.7%)	9,450 (22.7%)	4,500 (10.8%)	41,657

( ) は合計に占める割合を示す。

イ 現地乾燥シナリオ

(単位) CO<sub>2</sub>排出量：t-CO<sub>2</sub> /製品 t、製造コスト：円/製品 t

	原材料 輸送	製品輸送	乾燥	成型	原材料費	合計
CO <sub>2</sub> 排出量	0.006 (1.2%) [▲53.8%]	0.022 (4.5%)	0.271 (56.0%)	0.185 (38.2%)	—	0.484 [▲1.4%]
製造 コスト	3,496 (9.4%) [▲55.6%]	6,655 (17.8%)	13,186 (35.4%)	9,450 (25.3%)	4,500 (12.1%)	37,287 [▲10.5%]

( ) は合計に占める割合を示す。

[ ]は対ベースシナリオの削減率を示す。

ウ 地産地消シナリオ

(単位) CO<sub>2</sub>排出量：t-CO<sub>2</sub> /製品 t、製造コスト：円/製品 t

	原材料 輸送	製品輸送	乾燥	成型	原材料費	合計
CO <sub>2</sub> 排出量	0.005 (1.1%) [▲61.5%]	0.002 (0.4%) [▲90.9%]	0.271 (58.5%)	0.185 (40.0%)	—	0.463 [▲5.7%]
製造 コスト	6,568 (17.9%) [▲16.5%]	2,943 (8.0%) [▲55.8%]	13,186 (36.0%)	9,450 (25.8%)	4,500 (12.3%)	36,647 [▲12.0%]

( ) は合計に占める割合を示す。

[ ]は対ベースシナリオの削減率を示す。

エ 現地乾燥シナリオと地産地消シナリオの組み合わせ

(単位) CO<sub>2</sub>排出量：t-CO<sub>2</sub> /製品 t、製造コスト：円/製品 t

	原材料 輸送	製品輸送	乾燥	成型	原材料費	合計
CO <sub>2</sub> 排出量	0.002 (0.4%) [▲84.6%]	0.003 (0.7%) [▲86.4%]	0.271 (58.8%)	0.185 (40.1%)	—	0.461 [▲6.1%]
製造 コスト	2,919 (8.9%) [▲62.9%]	2,943 (8.9%) [▲55.8%]	13,186 (40.0%)	9,450 (28.6%)	4,500 (13.6%)	32,998 [▲20.8%]

( ) は合計に占める割合を示す。

[ ] は対ベースシナリオの削減率を示す。

4 国内バイオマス（森林資源・牛ふん堆肥）のエネルギーポテンシャルの推計

(1) 国内の森林資源・牛ふん堆肥の年間最大供給可能量の試算に基づくエネルギーポテンシャルの推計

国内に存在するバイオマスである森林資源及び牛ふん堆肥を対象として、これらバイオマスが持つエネルギーポテンシャルを県において推計した。

推計の結果、図表3に示すとおり、一般家庭 約985万世帯の年間エネルギー消費量に相当することを確認した。これは、国内の全世帯約6,129万世帯（令和7年1月1日時点）で必要なエネルギー量の約16%に当たる。

なお、森林資源及び牛ふん堆肥それぞれのエネルギーポテンシャルの推計方法は、事項以降で詳述する。

参考資料 図表 3 国内の森林資源・牛ふん堆肥の年間最大供給可能量の試算に基づくエネルギーポテンシャルの推計



## (2) 森林資源のエネルギーポテンシャルの推計

全人工林の木材量を 50 年サイクルで伐採・搬出すると仮定した場合における、年間の森林資源の最大供給可能量の試算に基づきエネルギーポテンシャルを推計した。

推計方法は図表 4 のとおり。

参考資料 図表4 森林資源のエネルギーポテンシャルの推計方法

年間搬出量 5,570万トン				
内容	計算値	単位	計算式	備考
① 全人工林の木材量	354,549	万 $m^3$		出典：「森林資源の現況（令和4年3月31日現在）」（林野庁HP）
② ①のトン換算	11	億トン	①×スギの容積密度	絶乾状態
③ ②の含水率60%換算	28	億トン	②/(1-0.6(含水率))	
※スギの容積密度	0.314	t/ $m^3$		絶乾状態 出典：「森林はどのぐらいの量の二酸化炭素を吸収しているの？」（林野庁HP）
④ 年間搬出量	5,570	万トン	③÷50	50年サイクルで伐採・搬出
建築材等の利用 1,860万トン				
内容	計算値	単位	計算式	出典
⑤ 建築材等の利用	2,367	万 $m^3$		出典：「令和5年木材統計」（農林水産省）
⑥ ⑤のトン換算	740	万トン	⑤×スギの容積密度	絶乾状態
⑦ ⑥の含水率60%換算	1,860	万トン	⑥/(1-0.6(含水率))	含水率60%換算
供給可能量 3,710万トン				
内容	計算値	単位	計算式	出典
⑧ 供給可能量	3,710	万トン	④-⑦	
木くずのエネルギー量 950万世帯				
内容	計算値	単位	計算式	出典
⑨ 木くずの単位エネルギー量	7.36	GJ/t		J-クレジット方法論「EN-R-001」のスギの単位発熱量(18.4GJ/t)を含水率60%相当に換算(18.4×0.4)
⑩ 年間エネルギー量	758	億kWh	⑧×⑨×277.78	1 GJ = 277.78 kWh
⑪ ⑩の世帯数換算	9,500,000	世帯	⑩/一般家庭の年間エネルギー消費量	
※一般家庭の年間エネルギー消費量	8,000	kWh/世帯		「世帯当たり年間エネルギー種別消費量(2022)」(環境省)に基づき推計

### (3) 牛ふん堆肥のエネルギーポテンシャルの推計

牛の排せつ物量から推計した堆肥の年間生産量のうち、1割をエネルギー利用すると仮定した場合における、牛ふん堆肥の最大供給可能量の試算に基づきエネルギーポテンシャルを推計した。

推計方法は図表5のとおり。

参考資料 図表5 牛ふん堆肥のエネルギーポテンシャルの推計方法

年間生産量 1,600万トン				
内容	計算値	単位	計算式	出典
① 牛（乳用牛、肉用牛）の排せつ物	4,666	万トン		ふんの含水率は86%とする。 出典：「家畜排せつ物の発生と管理の状況」（農水省HP）
② 堆肥の年間生産量	1,600	万トン	①×0.14÷0.4	牛の排せつ物量が、堆肥化により含水率60%まで乾燥した重量
従来利用の量 1,440万トン				
内容	計算値	単位	計算式	出典
③ 従来利用の量	1,440	万トン	②×0.9	農水省資料「バイオマス種類別の利用率等の推移」の家畜排せつ物の利用率（87%）を参考に設定
供給可能量 160万トン				
内容	計算値	単位	計算式	出典
④ 供給可能量	160	万トン	②－③	
牛ふん堆肥のエネルギー量 35万世帯				
内容	計算値	単位	計算式	出典
⑤ 牛ふん堆肥の単位エネルギー量	6.48	GJ/t		牛ふん堆肥の単位エネルギー量（16.2GJ/t）を含水率60%相当に換算（16.2×0.4） 出典：「バイオマス・廃棄物燃料の発熱量評価（2020）」（森田 慎一、羽二生 稔大、山田 貴延、高井 和紀、早水 庸隆、権田 岳、堀部 明彦、春木直人）
⑥ 年間エネルギー量	28	徳kWh	④×⑤×277.78	1 GJ = 277.78 kWh
⑦ ⑥の世帯数換算	350,000	世帯	⑥/一般家庭の年間エネルギー消費量	
※一般家庭の年間エネルギー消費量	8,000	kWh/世帯		「世帯当たり年間エネルギー種別消費量（2022）」（環境省）に基づき推計

岐阜県バイオコークス普及推進研究会のロゴマーク



**岐阜県バイオコークス  
普及推進研究会**

岐阜県バイオコークス普及推進研究会のマスコットキャラクター



コークモー



モクリン