

木質バイオマス発電に伴う燃焼灰（バイオ炭）の環境性と 経済性評価に関する研究／大学における温室効果ガス排出量（スコープ3） 算出とその低減に向けた研究

環境学部環境学科 松井 徹

1. 木質バイオマス発電に伴う燃焼灰（バイオ炭）の環境性と経済性評価に関する研究

1.1. はじめに

2021年6月に策定された「地域脱炭素ロードマップ」では、地方自治体や地元企業・金融機関などが中心となり、環境省を中心に国も積極的に支援しながら、少なくとも100か所の「脱炭素先行地域」で、2025年度までに、脱炭素に向かう地域特性等に応じた先行的な取組実施の道筋をつけ、2030年度までに実行し、これにより、農山漁村、離島、都市部の街区など多様な地域において、地域課題を同時解決し、住民の暮らしの質の向上を実現しながら脱炭素に向かう取組の方向性を示すこととしている。

「脱炭素先行地域」とは、2050年カーボンニュートラルに向けて、民生部門（家庭部門及び業務その他部門）の電力消費に伴うCO₂排出の実質ゼロを実現し、運輸部門や熱利用等も含めてそのほかの温室効果ガス排出削減についても、我が国全体の2030年度目標と整合する削減を地域特性に応じて実現する地域で、「実行の脱炭素ドミノ」のモデルとなるものである。2026年2月13日時点で、全国45都道府県113市町村の102提案が「脱炭素先行地域」に選定された。[1]

鳥取市は、株式会社とっとり市民電力、株式会社山陰合同銀行、本学との共同提案として、2023年4月に「脱炭素先行地域」に採択された。鳥取市の脱炭素先行地域では、若葉台地区と佐治町全域を対象エリアとして、地域の再エネ由来電力を最大限活用して脱炭素化を実現すべく取り組みが進められている。その中で、佐治町エリアでは、その取り組みの一つとして、木材チップを用いた小型ガス化炉による熱電併給が検討されている。これは、小型ガス化炉にて木材チップを高温で部分酸化し、可燃性ガス（一酸化炭素、水素、メタン等）を生成し、それを小型ガスエンジンの燃料として発電を行うとともに、排熱を木材チップの乾燥等に用いるものである。小型ガス化炉から排出される燃焼灰（バイオ炭）には炭素成分が含まれているため、本学においては、これを地域内の農業において土壌改良資材として活用する可能性について研究を進めている。

1.2. 研究の目的と背景

バイオ炭（Biochar）とは、完全燃焼させないように制御された条件下で、生物資源（バイオマス）を加熱して作られる固形物のことを言う。多孔質体で保水性や通気性を高めることで、土壌改良の効果があると言われている。炭化することで、炭素が分解されにくい形となるため、土壌中に施用しても大気中に放出されず、炭素貯留に繋がると考えられている。近年ではこの炭素貯留効果が注目され、J-クレジットの制度では、「バイオ炭の農地投入（AG-004）」という方法論が定められ、バイオ炭を農地に散布・埋設することで、大気中の二酸化炭素を削減したとみなす仕組みが作られている。バイオ炭の農地施用は、農業生産者が取り組むことができる地球温暖化対策であり、クレジット化して販売

収益を得るだけでなく、農地の土壌改良効果などのメリットが期待されている。

バイオマスのガス化においては、原料を完全燃焼せず、熱分解させることで可燃性ガスを生成する。この際には、炭素分を多く含む残渣（燃焼灰）が発生するため、この残渣はバイオ炭として利用できる可能性がある。そこで、小型ガス化炉から排出される燃焼灰（バイオ炭）による環境性や経済性のメリットを試算することを本研究の目的とした。

1.3. 研究方法と進捗

小型ガス化炉から排出される燃焼灰（バイオ炭）による環境性や経済性を算出するにあたり、2025年度は予備調査を実施した。予備調査では、小型ガス化炉を用いた発電事業者へのヒアリング、webや文献調査を実施した。

ヒアリングを行った発電事業者では、杉を中心とした木材チップを原料として、固定床ガス化炉によるガス化を行っている。約50kWのガスエンジンを10台以上並列に設置し、ガス化ガスを燃料とした発電を行い、排熱は木材チップの乾燥に用いている。木材チップの含水率が運転に影響を及ぼすため、規定値になるよう含水率が管理されている。ガス化装置では、クリンカやタールの発生が問題となることがあるが、本発電所においてはそのようなトラブルは発生していないとのことであった。燃焼灰は燃料投入量の約2%程度であり、貯留場所においては灰の飛散防止のための措置が施されていた。現在、燃焼灰は外部で石炭代替の燃料として利用されている。燃焼灰の性状については、現在分析中である。ここで得られたマスバランス、エネルギーバランス等を今後の環境性試算に活用する。

バイオ炭の炭素貯留量は、「プロジェクト実施後のCO₂貯留量－プロジェクト実施によるCO₂排出量」から算定される。バイオ炭を農地に施用してクレジット化するためには、まずJ-クレジット制度にプロジェクトとして登録する必要がある。申請者は、方法論AG-004「バイオ炭の農地施用」に基づき、プロジェクト計画書を作成する。計画書には、使用するバイオ炭の原料、炭化温度、炭素含有率、施用場所、施用量、モニタリング方法等を記載する。プロジェクト登録後、モニタリングとして、申請者は計画書に沿ってバイオ炭を農地に施用し、その内容を記録する。記録すべき項目は、施用日、施用場所、施用量、バイオ炭のロット情報、炭素含有率、炭素残存率等である。モニタリングが完了すると、申請者は第三者検証機関に検証を依頼する。検証機関は、施用記録、分析結果、算定方法が方法論に適合しているかを確認し、削減量の妥当性を評価する。検証報告書をもとに、J-クレジット制度の事務局が削減量を審査し、問題がなければクレジットが認証される。認証されたクレジットは、企業や自治体などに販売することができる。クレジットは、一般的にはCO₂1トンあたり2,000～5,000円程度のケースが多いが、現在バイオ炭の取引価格はこれをかなり上回るものとなっている。今後経済性試算を行うにあたり、取引価格の動向調査を引き続き進めていく。

1.4. 今後の展開

予備検討や調査から得られた情報を基に、今後、環境性や経済性の試算を行っていく。バイオ炭の環境性に関しては、LCA手法を用いた解析が進められている。農研機構では、文献調査により、18文献から計62セットのGHG排出量データを抽出し、これらを炭化設備、バイオマス原料、排熱利用

の有無の組合せ別に整理して、計24のGHG排出原単位を算出している[2]。これら既往研究を参考に、地元産木材チップを原料とした小型ガス化炉のバイオ炭のライフサイクルGHGの算出に取り組んでいく。経済性に関しては、J-クレジットの取引価格の動向を参考にそのメリットを算出していく。

2. 大学における温室効果ガス排出量（スコープ3）算出とその低減に向けた研究

2. 1. はじめに

前章で示したように、鳥取市の「脱炭素先行地域」での取り組みは、若葉台地区と佐治町全域を対象エリアとしている。若葉台地区では、既存戸建住宅・民間施設を対象としたPPAモデル（Power Purchase Agreement、発電事業者が設置した太陽光発電等の設備から、利用者が発電事業者と直接電力購入契約を結び、電気を購入する仕組み）、群制御技術を活用したVPP（Virtual Power Plant、複数の分散電源や蓄電池等を統合的に制御し、1つの大規模発電所のように機能させる仕組み）によるエネルギーマネジメント等を進めるとともに、当該地域に位置する本学においては、太陽光発電設備導入や省エネ設備改修を通じて、施設のネット・ゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）化を推進していく。

本学は2023年からRace to Zeroの取り組みにも参画している。Race to Zeroは、世界中の企業、自治体、大学などの非政府アクターに対し、2030年までに温室効果ガス排出量を半減し、遅くとも2050年までに実質ゼロを達成するための行動を早急に開始することを促す国際キャンペーンであ

表1 2025年度 公立鳥取環境大学 脱炭素実行計画

Scope	分類、内容	備考	2023 実績	主なもの	2030目標 [2023との差]	2025	2026～2027	～2030
1	燃料の燃焼	冷暖房:LPG、灯油 車:ガソリン、軽油	283 t	LPG 278 t		太陽光発電 21.2kW 照明のLED化工事	70.2kW LED化	
2	他者が供給する 電気の使用		798 t			熱源・空調改修 ZEB改修 認証・工事（学生センター） 再エネ電力調達	設計・工事 ～2028 ～2028 再エネ電力調達の継続	
		合計	1,081 t		620 t [▲461 t]			
3	カテゴリ1 購入製品・サービス	事務用品、印刷物、複 写機賃借料など	621 t	対事業所サービス 202 t 用品、消耗品等 173 t 修理、修繕 69 t 書籍、印刷物 68 t コピー用紙 24 t		大学事務のDX化・ペーパーレス化 （出張旅費システム、全学システム導入、運用） 削減策を検討し、可能なものから実施 （例 グリーン購入など）		
	カテゴリ2 資本財	試験研究機器等の固 定資産	682 t	建物附属設備 336 t 工具、器具等 149 t 建物 124 t		削減策を検討し、可能なものから実施 （例 環境配慮工事発注など）		
	カテゴリ3 燃料、エネルギー活動	調達燃料、電力の上 流工程（採掘等）	175 t	電力 124 t LPG 50 t		※Scope 1, 2の削減に連動して減少		
	カテゴリ5 事業から出る廃棄物	廃油、廃プラ、紙ゴミな ど	8 t	廃油 3 t、廃プラ 3 t、 紙ゴミ 2 t		ウォーターサーバ（廃プラ削減）、大学事務のDX化・ペーパーレス化		
	カテゴリ6 出張	教職員、学生の出張	62 t	教職員 42 t 学生 21 t		削減策を検討し、可能なものから実施 （例 出張の交通手段指定など）		
	カテゴリ7 雇用者の通勤	教職員の通勤 学生の通学	274 t	学生 232 t 教職員 42 t		削減策を検討し、可能なものから実施 （例 ノーマイカーデー、EV利用など）		
		合計	1,822 t		1,405 t [▲417 t]			
その他						脱炭素研究 （特別研究費助成「鳥取市脱炭素先行地域」～2028） 啓発イベントの実施（TUES Sustainability Week等） 脱炭素教育の充実検討、新たな脱炭素教育の実施 エネルギー使用量、CO2排出量の見える化検討		

※実線は取組内容が決まって実施中、点線は具体的な取組内容、実施が未定

*学生の通学による排出の影響が大きいことから、本学ではこれをScope3のカテゴリ7に含めて算出している。

り、UNFCCC（国連気候変動枠組条約事務局）が2020年6月に開始したものである。参加団体は約17,000、そのうち大学は約1,200校、うち日本の大学は3校（千葉商科大学、東京大学、本学）である。Race to Zeroでは、CO₂削減目標を2030年：2022年度を基準としScope1と2は-44%・Scope3は-20%、2050年：Scope1～3：ネットゼロとしており、本学ではそれを達成すべく脱炭素実行計画を策定している（表1）。

2.2. 研究の目的と背景

Race to Zeroの削減目標はScope1～3を対象としており、本学の脱炭素実行計画はその要件に沿って策定されている。Scope1（直接排出）は、事業者自身が燃料の燃焼や自社設備の運転などにより直接排出する温室効果ガスを指す。Scope2（間接排出）は、事業者が購入した電力・熱・蒸気の利用に伴う排出であり、発電事業者など供給側で発生したCO₂を利用者の排出として計上する。Scope3（その他の間接排出）は、事業者の活動に関連するScope1・2以外のすべての間接排出を含み、サプライチェーン全体の排出を対象とする。本学の場合、購入した製品の製造や運搬等に伴い発生するCO₂がScope3に該当する。

Scope1・2については、燃料使用量や電力使用量に基づき直接排出量を算定できる。一方、Scope3は対象範囲が広く、算定作業に多くの手間を要するうえ、製造事業者等から製品のCO₂排出に関する情報が開示されていない場合が多いため、正確な排出量を把握し難く、削減策の立案が困難となっている。そこで、本研究では、Scope3の算定作業を効率化するとともに、本学において有効な削減策を検討することを目的としている。

2.3. 研究方法と結果

本研究を行うにあたり、2025年度は本学の排出量算定作業の調査と他大学へのヒアリングを実施した。

本学においてScope1は、冷暖房用のLPG使用量および業務用車両で使用されたガソリン・軽油の使用量に基づき算定している。Scope2については、電力使用量と電力会社が公表する排出原単位を用いて算定している。Scope3については、購入した品目を規定されているカテゴリに分類し、環境省の「排出原単位データベース」に掲載された排出原単位を用いて算定している。なお、品目の分類は手作業で行っており、金額ベースの排出原単位を用いて算定しているため、直接的な排出量を計測したものではない。

Scope1～3の算定方法について他大学へヒアリングを行った結果、本学とほぼ同様の手法が採用されていることが確認された。購入品目数が多いためカテゴリ分類に多くの労力を要している点、また排出量が少ないと推定される品目であっても価格が高い場合には金額ベースの排出原単位により排出量が大きく算定され、実態との乖離が生じる点が課題として挙げられていた。

2.4. 今後の展開

Scope3について、カテゴリの分類作業に手間を要していることが確認されたことから、今後、AI

等を活用した作業の効率化を検討していく。排出量削減については、実排出量の反映と削減策について、引き続き検討を進めていく予定である。

参考文献

[1] 環境省：脱炭素先行地域づくり支援サイト

<https://policies.env.go.jp/policy/roadmap/preceding-region/#about>

[2] 農研機構：文献調査により推計されるバイオ炭製造のライフサイクルGHG排出原単位

https://www.naro.go.jp/project/results/5th_laboratory/niaes/2024/niaes24_s02.html

[3] 鳥取市経済観光部スマートエネルギータウン室：鳥取市脱炭素先行地域選定モデルについて、鳥取市脱炭素先行地域キックオフセミナー、2023年