

別紙様式 2

令和8年3月14日

公益財団法人
産業構造調査研究支援機構 御中

住 所 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1
機関名 国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学
代表者 松尾 清一



産業構造調査研究事業報告書

産業構造調査研究事業の実施について、下記の通り報告します。

記

- 1、研究課題 ターコイズ水素の製造に伴い副生する炭素の利用が産業構造に及ぼす影響の調査研究
- 2、研究代表者 朝原 誠
- 3、研究実施の概要 別紙のとおり

研究事業に関する実施概要

1. 研究の目的と意義

本調査研究は、メタンの熱分解により製造されるターコイズ水素に伴って副生する炭素に着目し、その物性、用途適性及び市場性を調査するとともに、当該炭素を有価物として産業利用した場合に想定される産業構造上の含意を整理することを目的として実施した。申請時には、金属微粒子を含有する生成炭素、高純度炭素、エッチングにより得られるコアシェル状炭素、ならびに炭素由来COの利用可能性を主な検討対象として掲げており、本報告では、これらを産業上の用途区分に即して整理した。

調査研究の実施にあたっては、副生炭素を単なる副産物として把握するのではなく、どのような品質条件・制度条件・需要条件の下で利用が成立し得るかを明らかにすることを重視した。このため、用途を①農業資材、②鑄造用加炭材、③電子材料、④機能性炭素材料、⑤化学原料ガスに区分し、国内外の大学、企業、公的機関へのヒアリング並びに炭素分析を通じて情報収集を行った。

2. 研究体制

朝原誠（岐阜大学・准教授）を研究代表者とし、梅田良人（名古屋産業科学研究所・研究員）、稲川公裕（岐阜大学・主幹UR A）を研究分担者として実施した。研究代表者の朝原は炭素利用調査及び分析を担当し、梅田は炭素利用調査と産業連関分析、稲川は炭素市場調査を担当した。

3. 研究事業の実施概要

本調査研究では、主に以下の日程において情報収集を行った。また、オンラインにより 30 回以上の情報収集も実施した（オンライン情報収集の詳細は記載しない）。

・2025 年 7 月 17 日 山口大学（宇部）

副生炭素の耕地施用可能性、タイ側ネットワーク、バイオ炭実証候補先に関する情報提供を受領。後続のタイ訪問調査の基礎情報を収集。

・2025 年 7 月 28 日 沖縄県企業

ターコイズ水素副生炭素の販路について意見交換。

・2025 年 7 月 30 日 滋賀県企業

副生炭素の農業利用の進め方、国内ポット試験、タイ実証、形状・孔構造・不純物条件などの意見交換。

・2025 年 8 月 6 日 三重県企業

副生炭素のガス化利用と化学工業用途、既存 CO プラント代替の可能性について意見交換。

・2025 年 8 月 8 日 東京都企業

副生炭素の電子材料用途についてヒアリング。

・2025 年 12 月 23 日～24 日 コンケン大学 バイオマスパイロットプラント（タイ）

タイにおける副生炭素の稲作施用評価、必要な物性・化学特性、タイ規制、施用量、経済性についてヒアリング。

・2025 年 12 月 25 日 日本企業タイ工場

バイオメタン熱分解によるグリーン水素・炭素製造と農業利用の事業性に関する意見交換。

・2025 年 12 月 26 日 NEDO バンコク事務所（タイ）

東南アジアにおける日本企業のバイオメタンやバイオ炭に関する動向についてヒアリング。

・2025 年 12 月 8 日 広島県企業

副生炭素の鋳造用加炭材利用について、粒径、不純物、Ni 許容値、溶解挙動、既存設備適合性をヒアリング。

・2026 年 2 月 16 日～17 日 北海道大学

生成炭素の高分解能電子顕微鏡による構造解析方法を調査し、Ni 微粒子をグラファイトが取り巻くコアシェル構造を確認。

・2026 年 2 月 18 日 エア・ウォーター グリーンイノベーション開発センター（豊富町）

天然ガス由来ターコイズ水素・CNT 実証設備を訪問し、炭素利用方法についてヒアリング。

4. 研究活動と実施スケジュール

オンライン計 32 回（Teams 会議、毎週土曜日）、オフライン 8 回（不定期）の研究界を実施した。

5. 研究経費の使途

本研究経費は、主として、副生炭素の用途可能性に関する調査研究の遂行に必要な機器・消耗品の購入、炭素試料の分析・評価、国内外におけるヒアリング調査、並びに成果の整理・報告書作成に使用した。図書、機械器具及び消耗品については、電気化学測定装置一式、試験用ふるい等の購入及び分析関連費用に充当した。調査・資料収集等の目的で出張する場合の旅費及び宿泊費については、国内の大学・企業、公的機関、ならびにタイにおける大学、企業及び公的機関への訪問調査に使用した。その他の経費については、炭素肥効試験等の外部委託、通信費、資料整理、情報共有及び報告書取りまとめに必要な経費に充当した。

研究成果に関する実施概要

① 農業資材としての利用可能性

農業資材としての利用可能性については、副生炭素の耕地施用可能性、タイにおける需要規模、施用時の留意点を中心に情報収集を行った。山口大学に対しては、同大学が有するタイとのネットワークおよびバイオ炭の耕地施用に関する知見を踏まえ、本調査に必要な情報提供を依頼した。その結果、タイでは農作物非食部の野焼きに伴う PM2.5 問題が深刻であり、農業残渣の有効利用と炭素施用を組み合わせた地域循環型の展開可能性が高いこと、またタイ側研究者への接続可能性があることを把握した。この情報提供は、その後のタイ訪問調査の基礎と

なった。

さらに、炭製造企業およびコンケン大学等との協議を通じて、土壌改良材としての実証方法と成立条件を具体化した。国内での初期評価には小松菜等を用いたポット試験が有効であり、その後タイで稲作を対象とした評価へ展開する段階的アプローチが妥当であること、また農業用途では比表面積のみならず、微生物が定着しやすいマクロ孔構造、扱いやすい形状、不純物管理、制度適合性が重要であることが明らかとなった。タイ側では、生成炭素施用により稲の収量増加や肥料投入量低減が期待される一方、Ni 等の不純物が制約となり得るため、無触媒炭素や低汚染炭素の活用が望ましいとの知見も得られた。

② 鑄造用加炭材としての利用可能性

鑄造用加炭材としての利用可能性については、輸送機器製造企業や鑄造企業との協議を通じて、都市ガス熱分解由来炭素を既存鑄造工程へ適用する際の条件を調査した。その結果、加炭材としては粒径 5mm 以下が望ましく、微粒子はダスト飛散、大粒径は溶湯中での溶解速度低下の要因となること、また Ni などの不純物は適用可能性に影響を及ぼすことが確認された。加炭材価格は約 300 円/kg 程度であり、副生炭素が既存材料と競合し得るかどうかは、粒径制御と不純物管理に依存することが明らかとなった。鑄造用途は、電子材料ほど厳格な高純度性を求めない一方、既存工程への適合性が支配的であるという特徴を有する。

③ 電子材料としての利用可能性

電子材料としての利用可能性については、炭素製造企業との協議を通じて、導電性カーボンブラック市場における要求特性を調査した。その結果、EV 向け電池の正極導電材用途では金属不純物は ppm 以下、可能であればさらに低い水準が求められ、BET 比表面積、DBP 吸油量、一次粒子径が重要な管理指標であることを把握した。また、同社製品では DBP 吸油量約 4mL/g、BET 比表面積は賦活品で 1000 程度、価格帯は 1000 円/kg 程度であり、高付加価値市場ではあるものの仕様制約が極めて厳しい用途であることが確認された。

④ 機能性炭素材料としての利用可能性

機能性炭素材料としての利用可能性については、高純度炭素、カーボンブラック様炭素、および金属微粒子を含むコアシェル状炭素に着目して分析を進めた。申請時点でも、金属微粒子含有炭素の直接利用、高純度炭素の利用、エッチングによるコアシェル状炭素の利用を主要検討対象として位置付けていた。

無触媒メタン熱分解で得られた炭素については、SEM 観察によりフィルム状、粉状、塊状の形態が確認され、1200～1600℃の条件で球状炭素が主体であった。1200℃では平均粒径約 0.08μm、1600℃では平均粒径約 0.04μm のより微細な球状炭素が確認され、EDX では 1200℃試料の炭素含有率は 99%以上であった。BET 比表面積は粉状炭素で 7m²/g、塊状炭素で 40m²/g となり、前者は Thermax®、後者は Denka Black に近い値を示した。ラマン分光でも D バンドおよび G バンドの比率が商業的カーボンブラックと整合し、生成炭素が高純度カーボンブラック相当の性状を有することが示唆された。これらの結果から、無触媒生成炭素は、導電材、フィラー、触媒担体等の機能性炭素材料としての基礎的ポテンシャルを有すると判断された。

また、北海道大学における構造解析に関する情報収集では、生成炭素が Ni 微粒子を層状グラファイトが取り巻くコアシェル構造を取り得る可能性が示され、金属微粒子含有炭素やエッチング炭素の機能性材料化を検討する上での構造的根拠が得られた。したがって、機能性炭素

材料用途は、単なる高純度炭素市場への参入だけでなく、金属内包型の新規触媒材料や高活性炭素材料への展開も含む区分として整理された。

⑤ 化学原料ガスとしての利用可能性

化学原料ガスとしての利用可能性については、副生炭素を CO へ転換する技術に着目し、加工品製造企業との協議を通じて化学工業用途への接続可能性を検討した。その結果、CO 生成プラントの代替または補完技術として活用し得ること、さらに広く加工品製造企業にニーズがある可能性があることが示された。また、同技術は純粋な基礎研究段階というより、比較的短期間で実証研究に移行可能な性格を持つとの認識が示され、副生炭素を固体材料として利用できない場合の代替出口としても有望であることを確認した。

研究事業の取りまとめ

以上のとおり、本研究では、副生炭素の利用可能性を五つの用途区分に基づいて調査し、各用途において求められる品質条件、制度条件及び需要条件に関する基礎情報を収集した。併せて、研究代表者及び研究分担者間で調査結果を共有し、本報告書として取りまとめた。

対外成果発表

- [1] 朝原誠，メタン熱分解により生成される炭素の特性，第 305 回ゴム技術シンポジウム，2025/7.
- [2] Shin MIYAMOTO, Teppei SUZUMURA, Kaito SHINODA, Kota SEKIYA, Makoto ASAHARA, and Takeshi MIYASAKA “Evaluation of fundamental phenomena of methane pyrolysis inder catalyst-free conditions”, Pacificchem, 2025/12.
- [3] 鈴村哲平，朝原誠，関谷康次，篠田海斗，宮本真，宮坂武志，富樫憲一，“製鉄排熱を用いた対向流熱交換加熱型水素製造装置の性能評価と設計”，日本伝熱学会東海支部 2025 年東海支部講演会，2025/12.
- [4] 鈴村哲平，朝原誠，関谷康次，篠田海斗，宮本真，桂川泰敬，宮坂武志，富樫憲一，“対向流熱交換によるメタン熱分解の水素・炭素生成特性”，化学工学会第 91 年会，2026/3.

経費の使用内訳

費 目	当 初 予 定 額	実 支 出 額
図書、機械器具及び消耗品	100 万円	104.5 万円
調査・資料収集等の目的で出張する場合の旅費及び宿泊費	160 万円	97.7 万円
その他	0 円	58.1 万円
合計	260 万円	260 万円