

平成 31 年度環境省環境再生・資源循環局委託

平成 31 年度

CO2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業
(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 CO2 排出量削減の長期実証)

令和 2 年 3 月

一般財団法人石炭エネルギーセンター

日本礫研株式会社

学校法人近畿大学

目次

0. サマリー	1
1. 業務概要	10
(1) 業務目的	10
(2) 対象技術	11
① 対象技術とその特徴	11
② 当該技術の普及拡大に向けた課題	17
(3) これまでの技術開発経緯	20
① 多原料 BIC 連続製造技術の確立	21
② 多原料 BIC 高速製造技術の確立	22
③ 一般廃棄物処理施設での CO2 排出量 25%削減の長期実証技術	22
④ 産業用キュポラでの CO2 排出量削減の実証	23
⑤ 二酸化炭素 (CO2) 削減量の検証	23
(4) 事業実施主体、実施体制と役割分担	24
(5) 技術開発の目標	26
(6) 業務の実施場所	30
(7) 事業実施スケジュール (平成 31 年度分)	31
(8) 業務履行期間	31
2. 委託業務実施状況	32
(1) バイオマス原料収集の実施	32
① 収集システムの構築	32
② 収集の実施	39
(2) 高速製造技術の確立	42
① 高速製造技術の検証	42
② ガス化溶解炉での利用実証	44
③ BIC 製造技術のまとめ	52
(3) 自動車部品用キュポラ向け BIC 製造技術の確立	78
① 自動車部品用キュポラ向け BIC 製造技術の検証	78
② 「自動車部品鑄造用キュポラ向け BIC 利用実証ワーキンググループ」の開催	83
③ 自動車部品用キュポラでの利用実証	95
④ 自動車部品用キュポラ向け BIC の物性評価	107
⑤ 自動車部品用キュポラ向け BIC 製造技術のまとめ	110
(4) BIC 用途別規格の整理	112
① ガス化溶解炉向け・キュポラ向け BIC に係るこれまでの評価経緯	112

② 用途別規格の整理.....	119
3. ビジネスモデルの検討.....	123
(1) ビジネスモデル案.....	123
① [Case1] 利用実証先でのガス化溶融炉向け BIC 製造ビジネスモデル.....	123
② [Case2] 新たなガス化溶融炉向け BIC 製造ビジネスモデル.....	124
③ [Case3] ガス化溶融炉方式一般廃棄物焼却処理施設新設時に BIC 製造設備を併設し BIC 製造するビジネスモデル.....	126
④ [Case4] 実証事業地で自動車部品鋳造用キュポラ向け及びガス化溶融炉向け BIC を製造するビジネスモデル.....	127
(2) 事業性検討.....	128
① Case1 検討結果.....	129
② Case2 検討結果.....	129
③ Case3 検討結果.....	130
④ Case4 検討結果.....	131
(3) CO ₂ の削減効果.....	132
① 基本方針.....	132
② BIC 供給システムで使用するエネルギーの CO ₂ 排出係数の取得法と排出量算出方法.....	133
③ 各過程における CO ₂ 排出量の算出結果.....	135
④ キュポラ向け・ガス化溶融炉向け CO ₂ 排出量の算出結果.....	137
⑤ キュポラ向け・ガス化溶融炉向け CO ₂ 削減効果の算出.....	138
4. まとめ.....	139
5. 謝辞.....	140
6. 参考資料.....	141
(1) 技術開発検討会.....	141
(2) 共同実施者との打合せ.....	155
(3) 情報発信.....	156
① 講演.....	156
② 出展.....	156
③ 論文.....	157
④ その他.....	157

0. サマリー

平成 31 年度 CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業 (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 CO₂ 排出量削減の長期実証)

1. はじめに

本業務は、石炭コークスを燃料とする施設において、カーボンニュートラルな新燃料として期待されているバイオコークス（BIC）で石炭コークス消費量の一部を代替し、CO₂ 排出量の削減を実現する技術の実証を目的とする。BIC の利用対象施設は、高い環境性と灰の減容化を達成できる廃棄物処理技術であるガス化溶解炉方式一般廃棄物処理施設（ガス化溶解炉）、及び近年 CO₂ 排出量の削減が喫緊の課題となっている自動車部品などで鋳造品や鋳物を製造するキュポラである。

本業務に先立ち、平成 27～29 年度に亘って環境省事業「多原料バイオコークスによる一般廃棄物処理施設での CO₂ 排出量 25%削減の長期実証」（前事業）において、秋田県横手市での BIC 製造実証と岩手県紫波郡矢巾町で BIC 利用実証を実施し、ガス化溶解炉において BIC の石炭コークス代替利用による CO₂ 排出量削減の可能性を実証した。本業務では、BIC 製造において前事業で浮上した技術課題を解決することで、令和 2 年度からの BIC 商用製造を実現し、社会実装させることを目標とした。

社会実装に当たって、ガス化溶解炉向け BIC を高速製造することによる製造コストの低減と、CO₂ 排出削減が喫緊の課題となっている自動車部品鋳造用キュポラ向け BIC の成型技術を確立することによる製造技術の多様化の 2 つの技術課題の克服により、BIC 製造事業の確立、そして普及や他地域への展開を図った。また、これまで数多くのバイオマス原料混合パターンにより培ってきた BIC 製造ノウハウから、ガス化溶解炉向けや鋳造用キュポラ向けなど BIC の用途別規格について整理し、社会実装後の販路拡大に寄与させることとした。

よって、これまでの事業期間において蓄積してきた BIC 製造技術と利用技術を活用して社会実装を実現することで、BIC 利用が CO₂ 排出量を削減し、地球温暖化対策に貢献することとした。

前事業では、秋田県横手市において BIC の製造実証を実施していたが、社会実装時の BIC 製造拠点を青森県黒石市と位置付け、平成 30 年度より試験設備一式を同市内に設置した。このとき、別途補助事業で BIC 成型機・粉碎機・乾燥機等を導入し製造能力 3 トン/日に増強した。平成 30 年度から平成 31 年度にかけて、技術課題である BIC のガス化溶解炉向け高速製造技術及び自動車部品鋳

造用キュボラ向け製造技術の見極めとこれら製造技術による BIC を用いた利用実証試験を実施した。

2. 事業概要と成果

2-1 バイオマス原料収集の実施

実証事業地である青森県黒石市周辺地域で発生する廃棄物系及び未利用系バイオマスから収集システムを検討するため、黒石市役所と共同で主に市内の粗殻、バーク、リンゴの搾り滓について、それぞれ収集可能な賦存量調査を実施した。また、収集作業に2トン車を利用することとし、それに係る時間、人員、収集量等のコスト全般について調査するとともに、収集に係る課題等を把握した。

この結果、実証事業地において定格3トン/日でBIC成型機を運用する場合、約20km圏内で十分な原料の賦存量があることを確認するとともに、これら原料を効率よく収集するためのシステムを構築した。

2-2 高速製造技術の確立

(1) 高速製造技術の検証

平成30年度に、BIC成型機の油圧ユニットの駆動モータとポンプの駆動速度を調整するとともに、押込・保持・充填・切断の各ピストンの動作時間を最適化することで、BIC1個あたりの製造時間を約50%短縮するために成型機を改造し、動作確認後ガス化溶融炉向けBICを試作した。平成31年度は、これらの結果から製造時間を従来比で30%、40%、50%と段階的に短縮させて連続製造性を検証し、最適なBIC製造条件（加熱温度・押込時間・押込圧力）を見出した。

(2) ガス化溶融炉での利用実証

高速製造技術で試作したガス化溶融炉向けBICを、盛岡・紫波地区環境施設組合が所有するガス化溶融炉で利用実証した。石炭コークスの10%代替として溶融炉向BIC約0.7トン/日を5日間連続で投入した。実証試験の結果、ガス化溶融炉の炉内状態や排ガスや出滓スラグの性状に対してガス化溶融炉BICを投入したことによる影響は確認されず、従来速度で製造したBICと同様に、試験中問題なく炉を操業することができた。

2-3 自動車部品用キュボラ向けBIC製造技術の確立

(1) 自動車部品用キュボラ向けBIC製造技術の検証

自動車部品鑄造用キュボラでの鑄物用コークスの代替利用に向けたBIC製造技術として、平成30年度に得た製造条件を基に、バイオマス原料をバーク

90%とリンゴの搾り滓 10%を配合して、成型温度・反応時間・原料の粒度を調整し製造条件を確立した。この条件により自動車部品鑄造用キュポラでの利用実証向けとして、BIC の連続製造を実施した。

(2) 「自動車部品鑄造用キュポラ向け BIC 利用実証ワーキンググループ」の開催

自動車部品キュポラ用 BIC をキュポラでの利用実証試験に際し、試験方法、操業の評価方法などを事前に確認するため、7名の鑄造関連の専門家を招聘しワーキンググループを開催した。

ワーキンググループでは、鑄造の専門家から、BIC に求められる成型条件や利用実証試験の具体的な実施方法、収集すべきデータなど多角的な助言を頂き、利用実証試験方法等の決定に寄与させた。

(3) 自動車部品用キュポラでの利用実証

製造したキュポラ向け BIC を、東北地方の自動車部品鑄造用キュポラを所有する鑄造メカ 2 社の協力を得て、BIC 利用実証試験を実施した。その結果、試験中のキュポラの条件（溶湯温度、風量、風圧、排ガス性状等）が、従前と変わらないことを確認した。また、製造した鑄物製品の物性（機械的性質、化学成分等）への影響も、鑄物メカによる分析結果で、BIC 投入による影響のないことが確認された。

2-4 BIC 用途別規格の整理

BIC の特性評価の結果より、物理特性（見掛密度）と機械特性（圧縮強度）において正の高い相関を示すことが分かった。さらに、最高冷間圧縮強度と最高熱間圧縮強度においても強い相関が見られ、高温ガス化溶融炉とキュポラでの用途を 1 つの指標で評価できる可能性が示唆された。

以上から、比重（見掛密度）と強度の関係により、BIC の性能を分類できる可能性があることを見出し、特に、比重は、1.1 以上を下限値として、また、冷間強度は石炭コークスの 20MPa を下限値として設定することを提示した。結果、比重と冷間強度のマトリクスと熱間強度とのマトリクスにより、BIC の性能分類素案を示した。

しかしながら、過去の試験データにおいては、BIC を成型した際に上記と異なる相関を示す原料も確認されており、複数の原料を混合した場合の更なる分析データの蓄積が必要である。

2-5 ビジネスモデルの検討

商用化に向けたビジネスモデルの検討として、①矢巾町で利用実証したガス化溶融炉向けに BIC を製造するケース、②新たなエリア（西日本）においてガ

ス化溶融炉向けに BIC を製造するケース、③ガス化溶融炉方式一般廃棄物処理施設新設時に BIC 製造設備を併設して製造するケース、④実証事業地でそのまま自動車部品鋳造用キュポラ向け及びガス化溶融炉向けに BIC を製造するケースの合計 4 ケースについて、ビジネスモデル案を考案し、事業性等を検討した。

このうち、最も実現可能なケースとしてケース④について深堀検討を行い、向こう 10 年間の損益計算による事業性検討においては、8 年めで収益がプラスに転じる結果となり、事業化時の課題としてキュポラ向けとガス化溶融炉向けの異なる BIC の製品管理が必要であること、収益性向上のためキュポラ向けユーザーの開拓と設備規模の増強の施策が必要であることを抽出した。また、本ケースでのバイオマス収集、BIC 製造、BIC 利用における CO₂ 排出量削減に係る評価を行い、3.98 トン-CO₂/日の削減量となり年間 1,194 トンの CO₂ 排出量の削減になると算出した。

3. 技術開発検討会の開催

本業務の円滑な実施及び検討会で得られる知見の業務内容への逐次反映のため、技術開発検討会を設置し、東京都内及び岩手県北上市内においてそれぞれ 1 回開催した。

4. 共同実施者との打合せ

本業務実施の実施に当たって、(一財)石炭エネルギーセンターと共同実施者(日本砥研(株)及び(学)近畿大学)間の打合せを適宜開催(東京都内及び黒石市内)し、関係者間の連携を密にして業務を着実に遂行した。

以上

Summary

Development and Demonstration Project on Technology that Improves and Introduces
Measures for Reducing CO₂ Emissions in FY2019
(Long-Term Demonstration of Reduction in CO₂ Emissions by Multi-Mixed Bio-Coke
in General Waste Disposal Treatment Facilities and Casting Manufacturing Industry)

1. Introduction (Background and Objectives)

The objective of this project is to development and demonstration on the technology for reducing CO₂ emissions by replacing some of the coal coke used at coke-fueled facilities with bio-coke (BIC), which is expected to have the potential to serve as a new carbon-neutral fuel. The processes identified as potential uses of BIC are the gasification melting furnaces used for the incineration of general waste (“gasification melting furnaces”) and casting cupolas used to produce metal castings for car parts and other such applications. The former provides a means of waste disposal that delivers high environmental performance while also reducing ash volume, while the latter is a field in which the reduction of CO₂ emissions has become a matter of urgency in recent years.

A previous project supported by the Ministry of the Environment Japan from FY2015 to FY2017 was entitled “Long-Term Demonstration of 25% Reduction in CO₂ Emissions at General Waste Disposal Treatment Facilities by Means of Multi-Mixed Bio-Coke” and demonstrated the potential for reducing CO₂ emissions by using BIC as a replacement for coal coke in gasification melting furnaces. The project involved a trial of BIC production at Yokote City in Akita Prefecture and a trial of BIC use at Yahaba, a town in the Shiwa district of Iwate Prefecture. The aim of this current project is to achieve practical implementation by resolving the technical challenges of BIC production raised by the previous project, thereby enabling commercial production of BIC to commence from FY2020 onwards.

To achieve the goal of the practical implementation, the project set out to overcome two technical challenges in order to get BIC production up and running, to have it more widely adopted, and to expand the business into other regions. These challenges were, firstly, to reduce manufacturing costs through the high-speed production of BIC for gasification melting furnaces, and, secondly, to realize the diversification of production technology by establishing the forming techniques required by BIC for use in casting cupolas that produce automotive castings, an application in which the reduction of CO₂ emissions has become a matter of urgency. The project also set out to draw on BIC

production expertise that has been honed by the use of a wide range of different biomass feedstock mixes to review end-use-specific standards for BIC, covering, for example, BIC for gasification melting furnaces and BIC for casting cupolas, and by doing so to help expand sales opportunities once the technology has achieved practical implementation.

Accordingly, through the use of the technologies for the production and use of BIC that have been built up over the course of past work to achieve practical implementation, the use of BIC has contributed to measures for addressing global warming by reducing CO₂ emissions.

While the previous project included a trial of BIC production at Yokote City in Akita Prefecture, the BIC production site at Kuroishi City in Aomori Prefecture has been selected for the practical implementation phase and the whole test plant has been installed at the site in FY2018. This included increasing production capacity to 3 ton/day through the installation of machinery for BIC forming and for crushing and drying as part of a separate funded project. Work undertaken from FY2018 to FY2019 included evaluation of techniques for the high-speed production of BIC for gasification melting furnaces and of production techniques for foundry casting cupola used to make automotive castings, and also the use of these production techniques in practical trials of BIC use.

2. Project Overview and Outcomes

2-1 Acquisition of Biomass Feedstock

To study systems for the collection of biomass from waste and from otherwise unused sources available in the area around Kuroishi City in Aomori Prefecture where the trial took place, the project worked with the local government of Kuroishi City to conduct a survey that looked mainly at the availability of rice husk, bark, and apple pomace within city limits. With collection being undertaken using 2-ton truck, other issues associated with this task were also identified by investigating the total cost, including time, manpower, and collection volume.

This demonstrated that, during the trial, a supply of feedstock adequate to run the BIC forming machine at its rated capacity of 3 ton/day could be acquired from a region spanning about 20 km, and that an efficient system had been built for feedstock collection.

2-2 Establishment of High-Speed Production Technology

(3) Verification of High-Speed Production Technology

In FY2018, improvements were made to the forming machine that involved adjusting the speed of the drive motor and pump for the hydraulic unit and optimizing the piston operation times for compression, holding, filling, and cutting. This shortened the per-unit manufacturing time for BIC by approximately 50%. After confirming operation, the improved machine was used for trial production of BIC for gasification melting furnaces. In FY2019, these improvements were utilized to trial continuous production, progressively shortening the production time by 30%, 40%, and then 50% of the previous time, and determining the optimal conditions for BIC production (heating temperature, compression time, and compression pressure).

(4) Trial use in gasification melting furnace

The BIC for gasification melting furnaces produced on a trial basis using the high-speed production technique was demonstrated to utilize at gasification melting furnace owned by the Morioka Shiwa Chiku Kankyo Shisetsu Kumiai (the organization that manages environmental facilities in the Morioka-Shiwa district). Approximately 0.7 ton/day of melting furnace BIC was supplied for a continuous 5-day period to replace 10% of coal coke consumption. The trial results found that, as for the BIC produced using the previous production rate, gasification melting furnace operated as normal during the trial period, with the use of gasification melting furnace BIC having no effect on the conditions in furnace nor on the properties of its flue gas and discharged slag.

2-3 Establishment of Technology for Producing BIC for Casting cupolas for Automobile parts

(1) Verification of technology for producing BIC for casting cupolas for automobile parts

To determine the manufacturing practices for producing BIC as a coke substitute in casting cupola for producing automobile parts, the production conditions determined during FY2018 were used as a starting point and adjustments were made to the forming temperature, reaction time, and feedstock particle size. This work used a biomass feedstock mix of 90% bark and 10% apple pomace. These resulting conditions were used for the continuous production of BIC for demonstration test of utilization at cupola furnaces for producing automobile parts.

(2) Formation of working group for trialing BIC for use in casting cupola for producing automotive castings

Seven people with expertise in casting were invited to participate in a working group where things like the experimental method and how to evaluate operation were

determined prior to conducting trials of BIC for use in casting cupola for producing automotive castings.

The working group contributed to decision making on the experimental method and related matters, with the casting experts providing multifaceted advice on matters such as the forming conditions for the BIC, details of how to go about demonstration test of utilization, and what data to collect.

(3) Demonstration test of utilization at Casting cupola for producing automobile parts

Demonstration test to utilize BIC at casting cupolas was conducted with the assistance of 2 foundries in the Tohoku region that were equipped with casting cupola for producing automobile parts. The results found that conditions at casting cupola during demonstration test (melting temperature, blown air volume, blown air pressure, and flue gas properties) were not different from those prior to the test. Analysis by the foundry operators also concluded that supplying BIC to furnace did not affect the performance, with no changes in the characteristics of the castings manufactured (including mechanical properties and chemical composition).

2-4 Review of End-Use-Specification Standards for BIC

The results of evaluating the characteristics of the BIC indicated a strong positive correlation between the physical properties (apparent density) and mechanical properties (compressive strength). A strong correlation was also observed between the maximum low-temperature and high-temperature compressive strengths, indicating the potential for using a single parameter to evaluate suitability for use in high-temperature gasification melting furnaces and casting cupola.

Based on these results, it was concluded that there is potential for using the relationship between specific weight (apparent density) and strength as a basis for categorizing BIC performance, with a specific proposal of setting lower limits of 1.1 for specific weight and the coal coke value of 20MPa for low-temperature strength. Consequently, matrices of specific weight and low-temperature strength and of specific weight and high-temperature strength were produced as draft criteria for BIC performance categorization.

It should be noted, however, that past testing data has found that BIC formed from certain feedstocks produces different correlations to those described above, meaning that more analytical data needs to be collected for mixes of different feedstocks.

2-5 Business Model Study

To consider the business models for commercialization, draft models were developed

for four different cases: [1] Production of the BIC for gasification melting furnaces that was used in the Yahaba trial, [2] Production of BIC for gasification melting furnaces in new areas (western Japan), [3] Production of BIC at facilities constructed alongside new general waste disposal facilities that use gasification melting furnaces for incineration, and [4] Ongoing production at the trial site of BIC for gasification melting furnaces and for casting cupola used for automotive castings. These were then assessed for viability and other considerations.

Of the four models, an in-depth study was made of case [4], which was deemed the most viable in practice. Business viability was assessed by means of a profit and loss analysis for the next 10 years, which found that the business would become profitable in year 8. Among the challenges for commercialization, it was also identified that different types of BIC would need to be produced for casting cupola and gasification melting furnaces respectively, and that, to improve profitability, measures would be needed for acquiring new cupola furnace customers and for plant upscaling. A calculation of the associated reduction in CO₂ emissions found that emissions would be reduced by 3.98 ton/day, equating to 1,194 ton/year.

3. Formation of Study Group to Consider Technology Development

To ensure the smooth operation of the project and that the knowledge acquired by study groups would be incorporated into operations in a timely manner, a study group was set up to consider technology development. The group held two meetings in total, one in Tokyo and another at Kitakami in Iwate Prefecture.

4. Meetings with Partners

Meetings between JCOAL and the project partners (Nihon Koken and Kindai University) were held as needed (in Tokyo and Kuroishi City) during the course of the project to ensure steady progress with close coordination between everyone involved.

1. 業務概要

(1) 業務目的

本業務は、種々の未利用や農業系のバイオマスを原料としカーボンニュートラルな新燃料として期待されているバイオコークス（以下、「BIC」と記す）について、石炭コークスを燃料とする産業施設において、石炭コークス消費量の一部を代替し、CO₂ 排出量の削減を実現するための技術実証を目的とする。そのため、BIC の利用対象施設は、石炭コークスを燃料とする施設であり、焼却灰の減容化を達成できる廃棄物処理技術であるガス化熔融炉方式一般廃棄物処理施設（以下、「ガス化熔融炉」と記す）、自動車製造業の根幹を支える製造業において近年 CO₂ 排出量の削減が喫緊の課題となっている自動車部品¹ 鑄造メーカーが所有する鑄造用キュポラ、上下水道で埋設管に使用される鑄鉄管用のキュポラが挙げられる。

本業務に先立ち、平成 27～29 年度に亘って環境省事業「多原料バイオコークスによる一般廃棄物処理施設での CO₂ 排出量 25%削減の長期実証」を実施し、同期間においては、秋田県横手市での BIC 製造実証と岩手県紫波郡矢巾町での BIC 利用実証を実施し、ガス化熔融炉において長期間における CO₂ 排出量削減を達成した。本業務ではこの実証成果を踏まえ、BIC 製造実証において新たな技術課題を解決することで令和2年度からのBIC商用製造を実現し、本格的に社会実装させることを目標とする。なお、以下において「多原料 BIC による一般廃棄物処理施設での CO₂ 排出量 25%削減の長期実証」事業全体について「本事業」、平成 27～29 年度の事業について「前事業」と呼称する。

社会実装に当たり取り組むべき技術課題は、ガス化熔融炉向け BIC を高速製造させることによる製造コストの低減と、自動車部品鑄造用キュポラ向け BIC についての成型技術を確立させることによる製造技術の多様化の2つの技術課題を解決することにより、BIC 製造事業の普及や他地域展開を図る。また、これまで数多くの種類のバイオマス原料について、これらの組合せによる混合パターンごとに培ってきた BIC の製造ノウハウから、ガス化熔融炉向けや鑄造用キュポラ向けなど炉の特性に応じ BIC の用途別による規格について整理を行い、それぞれの規格を明確にすることで社会実装後の販路拡大に寄与させることとする。

よって、これまでの実証期間において蓄積してきた BIC 製造技術と利用技術を以って初の社会実装を実現することで、BIC 利用が CO₂ 排出量を削減し地球温暖化対策に貢献することに努める。

¹ 鑄造対象となる自動車部品は、シリンダブロック、シリンダ、シリンダヘッド、ディスクロータ、シリンダライナ、カムシャフト等が含まれる。

前事業では、秋田県横手市において BIC の製造実証を実施していたが、社会実装時の BIC 製造拠点を青森県黒石市と位置付け、平成 30 年度より試験設備一式を同市内に設置した。平成 30 年度から平成 31 年度にかけて、技術課題である BIC の高速製造技術と自動車部品 casting 用キュボラ向け製造技術の見極めとこれら製造技術による BIC を実証製造し、それぞれガス化溶融炉や casting 用キュボラで BIC の利用実証試験を実施した。

(2) 対象技術

①対象技術とその特徴

本業務は、図 1-1 の事業全体フローに示すように、廃棄物系バイオマス及び未利用系バイオマスの収集、収集したバイオマスから多原料 BIC への変換、及び BIC 成型品（製品）のガス化溶融炉や産業用キュボラ等での化石燃料である石炭コークスの代替エネルギーとしての活用という、収集・製造・利用の 3 つサプライチェーンで構成される。

バイオマスの収集では、主に籾殻、稲藁、糠、バーク、廃菌床、製材くず及び剪定枝等を対象とするが、とりわけ本事業では比較的入手が容易な籾殻、バーク、廃菌床、リンゴの搾り滓を対象とした。

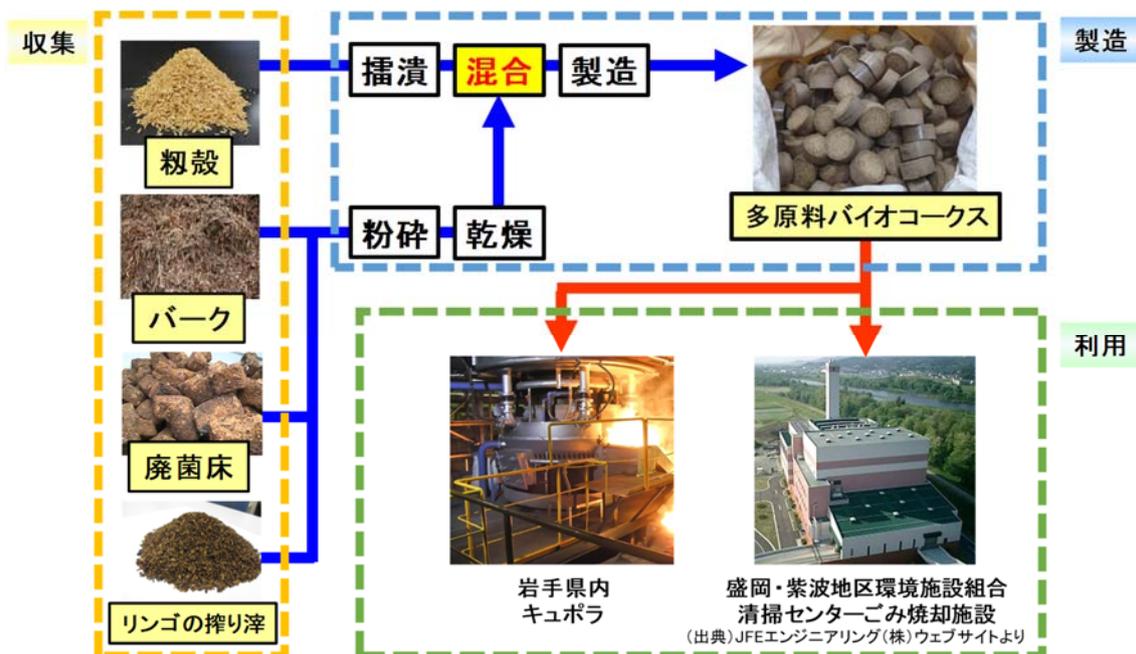


図 1-1 事業全体フロー

収集したバイオマスは、専用の製造設備により BIC へ変換される。図 1-2 に連続製造用の BIC 横型成型機を示す。



図 1-2 BIC 成型機（横型）

BIC は、近畿大学井田民男教授によって開発されたバイオマス原料による新しい固形燃料である。BIC は、木材チップ、バーク及び製材くず等の木質バイオマス、籾殻、稲藁及び廃菌床等の農業系バイオマス並びに茶滓、生ごみ及びリンゴやレモンの搾り滓といった廃棄物系バイオマスなど、様々な原料から製造可能であることが実証されている固形燃料である。BIC は、以下の特徴を有しており、ごみ焼却施設（ガス化熔融炉方式一般廃棄物処理施設）、鑄造用キュポラ、及び農業用のボイラでの利用が期待されている。

ア．冷間圧縮強度が高い

産業用キュポラ等の溶解炉等に投入される燃料は、圧壊されない強度を有することが要求されるが、BIC は、従来のバイオマス燃料にはない高い冷間圧縮強度を有している。石炭コークスの冷間圧縮強度が 20MPa 程度であるのに対し、BIC は 20～100MPa である。

イ．化石燃料に対する質の良い代替燃料として利用可能

自動車部品メーカー所有のキュポラやバイオマスボイラの燃焼試験の結果より、従来のバイオマス燃料と比較して、高温環境下においても長時間緩慢燃焼が可能であり、石炭コークスや化石燃料の代替燃料として利用可能であることを実証している。

ウ．製造時の重量収率が 100%

BIC の製造時における重量収率は 100%であり、燃料転換の際に廃棄物を排出しない。

図 1- 3 に BIC の製造工程を示す。粉碎、及び含水率を 10%前後まで乾燥させたバイオマス原料を所定の反応容器に充填し、圧縮、加熱、冷却工程を経て成型し BIC を製造する。

図 1- 4 に多原料 BIC 製造フローを示す。製造設備は、収集時の含水率が低く、乾燥工程が不要である籾殻を粉碎する「籾殻処理系列」、含水率が高く、粉碎及び乾燥を要する原料を処理する「廃菌床、バーク、リンゴの搾り滓 etc 処理系列」、これら原料を混合し、製造設備へ供給する「混合原料」及び BIC 横型製造装置から構成されている。「籾殻処理系列」では、籾殻を播潰機で 3mm 以下まで粉碎し、粉碎後の籾殻をフレコンバッグで受ける。「廃菌床、バーク、リンゴの搾り滓 etc 処理系列」では、バイオマス原料を粉碎機で 8mm 以下まで粉碎し、乾燥機で含水率 10%前後まで乾燥してフレコンバッグで受ける。フレコンバッグで受けたこれらバイオマス原料を「混合原料」のホッパへ投入し、混合して原料貯留ホッパに貯留する。貯留ホッパ内に貯留した原料はコンベヤにて BIC 横型製造設備まで供給され、BIC が製造される。



図 1- 3 BIC 製造工程

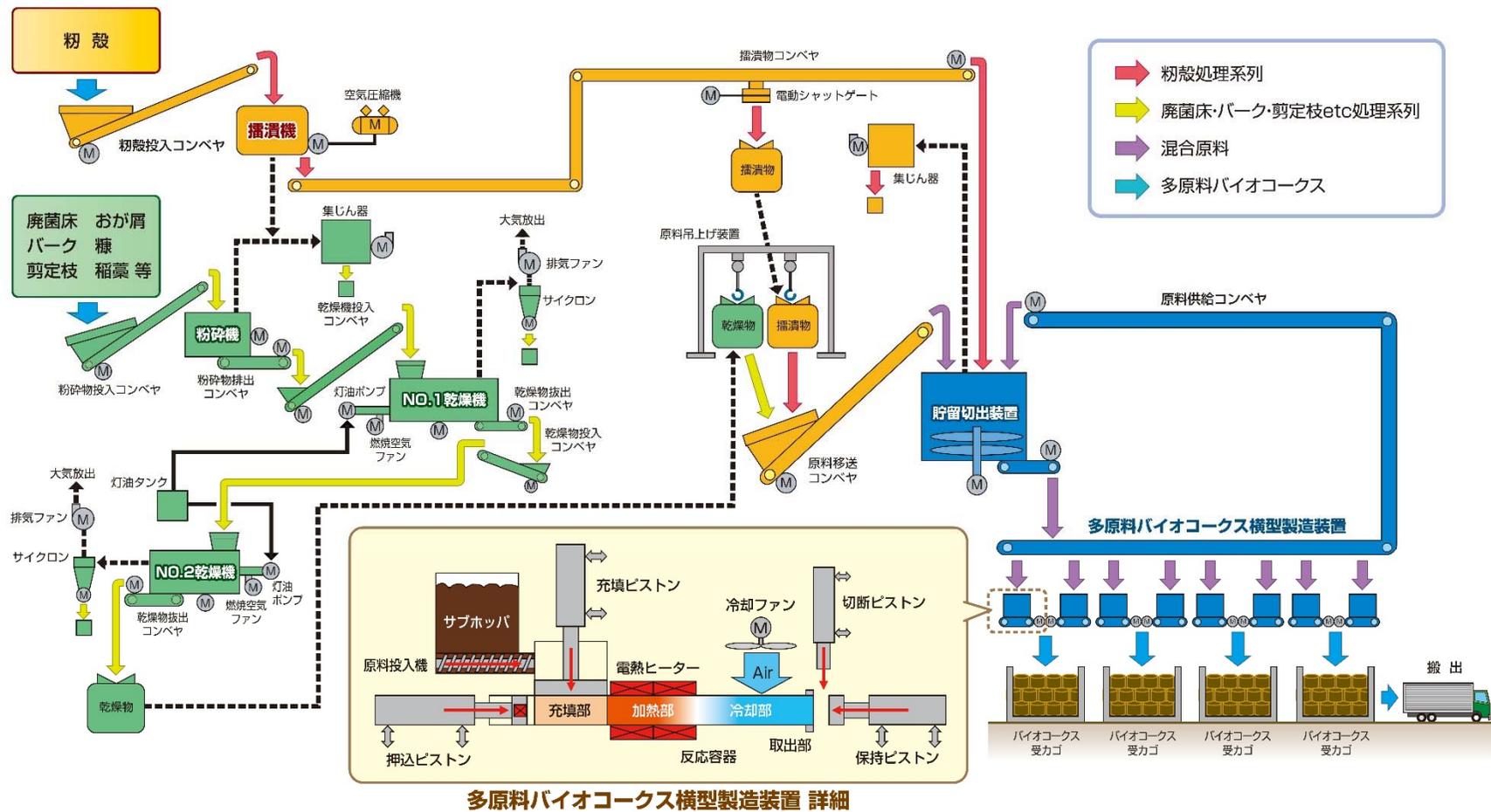


図 1-4 多原料 BIC 製造フロー

図 1- 5 に、連続製造用の BIC 横型製造設備の概略図を示す。横型製造設備は、半連続式の製造であるため、本事業では、ガス化溶融炉等、大規模利用先への供給用 BIC の製造に用いる。また、新たな取り組みとして、ピストン先端部にヒータ（端面ヒータ）を設置した。この端面ヒータにより、切断面が整えられた良好な表面状態となり、製品の形を整える効果が期待できる。バイオマスは、下記の流れで BIC へと成型される。

- (ア) 原料供給コンベヤより供給されたバイオマスは、サブホッパ内に貯留され、所定量が原料供給機によって反応容器内の①充填部へと供給される。
- (イ) ①充填部に供給された原料は充填ピストン及び押込ピストンにより成型され、②加熱部へ押し出される。
- (ウ) ②加熱部で所定の温度で一定時間、加熱圧縮され、冷却部へ押込まれる。
- (エ) ③冷却部で所定時間冷却圧縮され、取出部へ押し出される。
- (オ) ④取出部で切断ピストンにより所定の長さで切断され、排出される。

横型製造装置では、反応容器内に所定の長さの多原料 BIC を複数個内包しながら、以降（ア）～（オ）を繰り返して連続的に製造される。

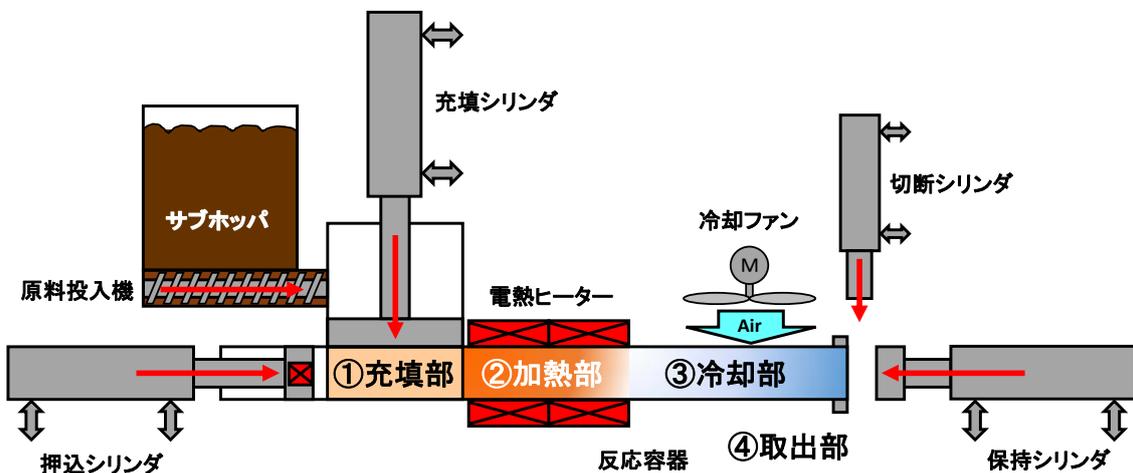


図 1- 5 BIC 横型製造設備概略図

表 1-1 BIC 及び代表的な化石燃料等の性状例

	バイオコークス (杉)	石炭コークス (鑄物用)	石炭 (一般炭)	木炭	ペレット (杉)
総発熱量 (kcal/kg)	4200	7000	8000	6640~7525	4200
冷間強度 (MPa)	100~200	20	—	—	5~10
見かけ比重	1.3~1.4	0.7	0.8	0.07~1.2	0.6~0.7
水分 (%)	3~10	ほぼ 0	7~10	5~11	3~10
窒素分 (%)	0.2~1.0	2.2	0.2~2.0	—	0.2~1.0
硫黄分 (%)	0.06~0.08	0.5~1.0	0.2~1.2	—	0.06~0.08
炭素分 (%)	約 50	80~90	55~74	70~80	約 50
灰分 (%)	0.05~1.0	6~10	5.9~12	0.9~4.7	0.05~1.0
揮発分 (%)	30~40	5 以下	18~37	8.7~24.5	30~40
気孔率 (%)	ほぼ 0	30~40	—	約 40	—

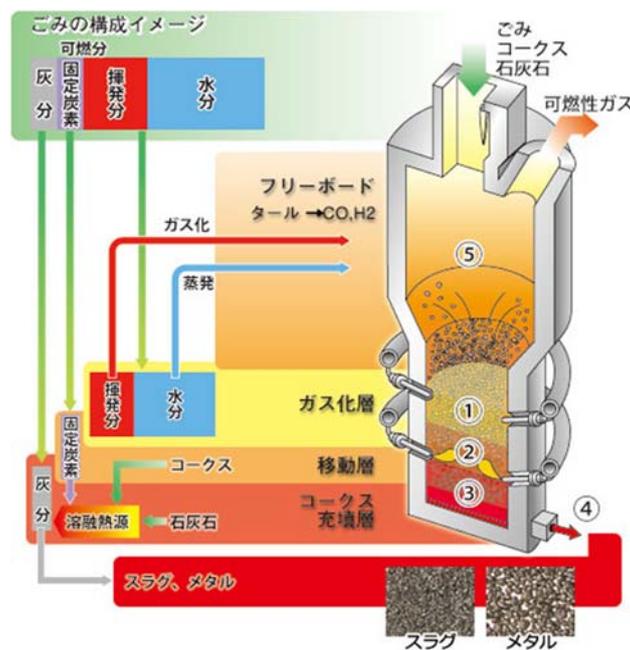


図 1-6 ガス化溶融炉本体部の概略

表 1-1 に BIC の諸元を、代表的な化石燃料等と並べて示す。

製造した多原料 BIC の外部での化石燃料代替エネルギーとしての活用については、前事業では主に盛岡・紫波地区環境施設組合が保有するガス化溶融炉へ石炭コークスの代替燃料として供給し、CO₂ 排出量削減の効果を確認した。図 1-6 にガス化溶融炉本体部の概略を示す。

②当該技術の普及拡大に向けた課題

BIC は、地球環境に優しい再生可能エネルギーとしてキュポラ、農業用ボイラ及びガス化溶融炉方式のごみ焼却施設など幅広い用途への熱源としての利用が期待されているが、これまでの取組み例を見る限り、事業性の改善が大きな課題となっている。

特に、BIC 製造コストの低減は、事業化するに当たり大きな課題となっている。本業務では、BIC の販売価格設定検討のため、BIC の代替適用先燃料である石炭コークスの市況価格を常に着目している。そこで、過去の石炭コークスの輸入価格²推移を図 1- 7 に示す。石炭コークスの輸入価格は、2006 年の約 20,000 円/トンを下限価格、2008 年の約 60,000 円/トンを上限とし、2008 年以降下落しており、2014 年の時点で 30,000 円/トンを下回っている。過去 13 年間では、2006 年の下限価格から 2008 年の上限価格まで最大約 3 倍の変動が生じている。また、2011 年から 2016 年まで下落傾向が続いていたが、2017 年以降上昇に転じている。BIC 製造事業の事業化に向けては、今後 2019 年以降の価格動向に注視していく必要がある。

ここで、石炭コークス及び BIC の総発熱量をそれぞれ 7,000 kcal/kg、4,200 kcal/kg と仮置きし、石炭コークス価格を過去 10 年間の平均価格 33,000 円/トンと設定する。単純にカロリー換算単価で BIC 価格を試算すると 19,800 円/トンとなるが、この価格には、消費地までの輸送コストや販管費等含まれていない。一方で、現状での BIC 製造コストは、想定事業ケースにより 3～7 万円/トンと試算されており、本業務の目的である約 2 万円/トンを実現した事例はない。よって、今後 BIC の製造コストをより削減するためには、コークスの市況価格を注視しつつさらに安価で必要量を確実に収集可能な原料収集システムの構築と成型工程において加熱時間の短縮など製造条件の最適化を行う必要がある。

² CIF (Cost, Insurance and Freight) ベースの価格

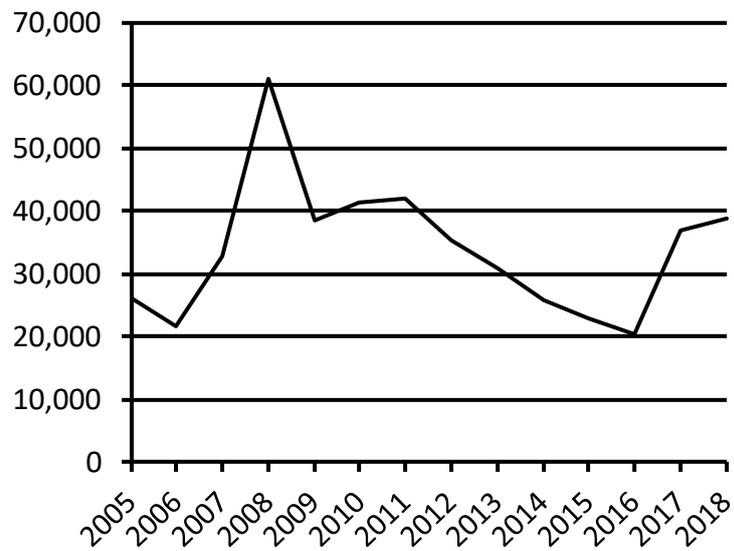


図 1-7 石炭コークス輸入単価 (円/トン)
 出典：石炭・コークス・バイオ年鑑 2018-2019 より

一方、BIC の普及拡大に向けて、本業務では BIC の適用先としてガス化溶解炉以外に自動車部品製造用キュポラ（図 1-8）を新たに加え、用途の多様化を図る。



図 1-8 キュポラ (例)

東北地方、とりわけ北東北（青森県・岩手県・秋田県）においては鑄物コークスを燃料とする鑄造用キュポラを所有する鑄物メーカーが点在し、自動車部品の鑄物を扱う企業が多い。鑄物業界の規模として、岩手大学等へのヒアリングや日本鑄造学会により、キュポラからの溶鉄出湯量規模をベースに日本国内では約 550 万トン/年である。このうち、自動車部品鑄造業界でかつ東北エリアについては約 30 万トン/年規模であり、これを鑄物コークス使用量に置き換えると約 4 万トン/年の見込みとなる（表 1-2）。また、このうち北東北については、鑄物コークス使用量は約 2.5 万トンである。鑄物コークスは、一般石炭コークスと異なりその高品質な性状から市況価格として高値で取引される。

表 1-2 鑄物業界規模試算

区分	出湯量	備考
日本国内鑄物業界	約 550 万トン/年	
（うち自動車部品業界）	約 250 万トン/年	
（うちキュポラ鑄造）	約 100 万トン/年	
（うち東北地方シェア）	約 30 万トン/年	鑄物コークス使用量 4 万トン/年

さらに、近年において自動車部品製造業界では CO2 排出量の削減に対する取組みが急務となっており、製造段階で CO2 排出量を削減する新たな工夫が必要となっている。よって、BIC 市場の開拓として、この鑄物市場においてその燃料源である鑄物コークスを BIC で代替して使用することは地球温暖化対策にとって非常に意義がある。

一方、鑄物コークスの代替となる固形燃料への要件としては、特に熱間圧縮強度について鑄物コークスのキュポラでの挙動特性から同等の強度が必要であることが挙げられ、BIC に課される要求仕様が高いため、それに応じた成型技術の確立が必要である。

以上により、本業務では、BIC の製造に当たって、ガス化溶融炉向け、自動車部品鑄造用キュポラ向けそれぞれの BIC として品質面で差別化を行い、石炭コークスまたは鑄物コークスの一部代替となる固形燃料の販売事業として将来の事業化展開を狙う。

バイオマス原料は、地域及び季節によって収集可能量が大きく異なるが、BIC を単一種類の原料ではなく多原料で製造することにより、特定の原料に依存することなく収集することで、これら原料を用いて年間を通して安定して製造することが可能になる。本技術が実用化に至った場合、地域や季節を問わないことから、様々な地域に波及する可能性がある。これまで種々の原

料からの BIC 製造に関する報告がされているが、いずれも単原料からなるものであり、複数の原料からなる多原料 BIC の報告はなされていない。したがって、各混合パターンについての原料の含水率、加熱時間及び加熱時間等の製造条件をそれぞれ把握する必要がある。

多原料 BIC の供給先の一つであるガス化溶融炉において、これまでの実証試験結果から BIC が石炭コークスを最大で 50%置換可能であることを確認しているものの、単一原料からなる BIC を用いた 1 週間程度の短期間試験に留まり、事業化を想定した長期間の実証試験は実施されていなかった。そのため、前事業では、1 ヶ月以上の連続運転期間を含む 4 ヶ月以上の運転を実施し、多原料による BIC で安定して石炭コークス使用量を 25%削減した連続運転が可能であること、また、BIC の供給により、通常運転に支障が生じないことについてそれぞれ実証試験で確認を行った。

(3) これまでの技術開発経緯

本事業は平成 27 年度より開始し、これまで約 5 年間に亘り BIC の製造や利用に係る技術開発実証を実施してきた。ここでこれまでの技術開発経緯を整理する。

平成 27～29 年度においては、実証事業地である秋田県横手市柳田 12-4 第二工業団地内（秋田県横手市）の周辺地域で収集可能であるバイオマス原料について、これらを複数混合したパターンを複数設定し、それぞれの製造条件の確立を目的とし、図 1- 9 に示す BIC 縦型製造設備を用いて、原料の含水率、加熱温度、加熱時間のパラメータを振って試作を行い、BIC の性状（見た目、見かけ密度、冷・熱間圧縮強度）を確認した。

平成 27 年度は、バイオマス原料として籾殻、稲藁、糠、バーク、製材くず、廃菌床及び剪定枝の計 7 種を選択し、これらを単一及び複数混合した 19 パターンの配合を設定して試作し、製造条件及び BIC 性状の確認を行った。

平成 28 年度は、平成 27 年度に選択したバイオマス原料に加えて、そば殻及び大豆殻を選択し、計 9 種の原料から 10 パターンの配合を設定した。試作を通じて各配合パターンにおける製造条件及び BIC の性状について確認した。

BIC 縦型製造設備の試作により得られた原料の各配合パターンにおける製造条件及び BIC 性状のデータについては、後述の②**多原料 BIC 連続製造技術の確立**内に記載している BIC 横型製造設備による連続製造試験時の条件設定の際に活用した。

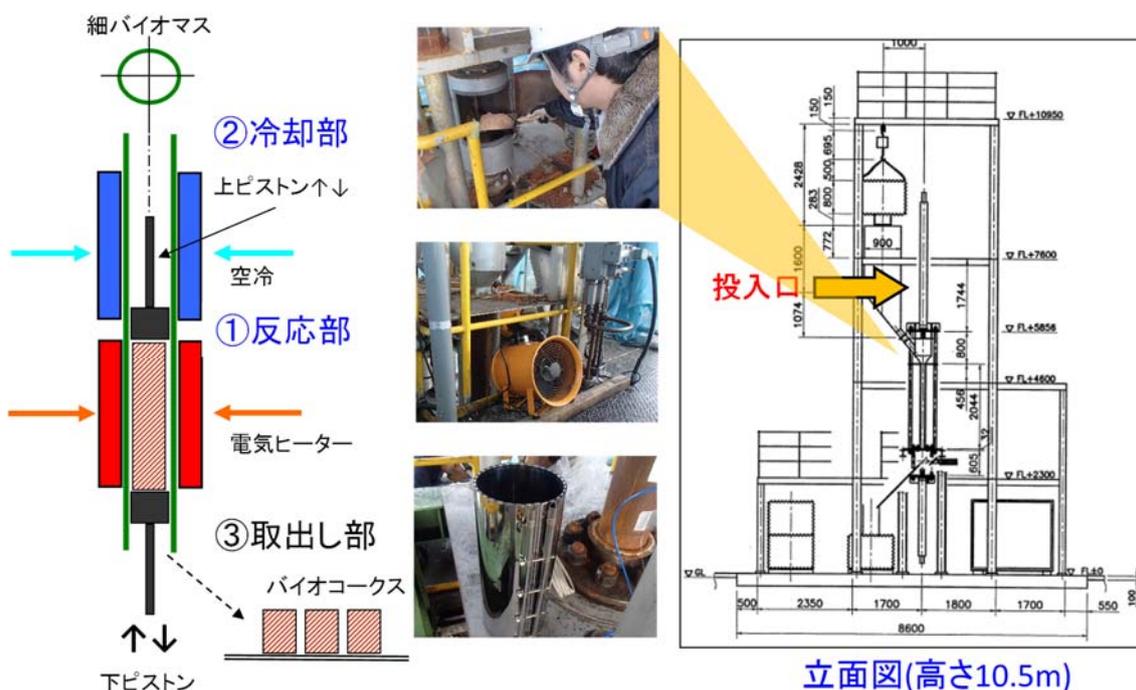


図 1-9 BIC 縦型製造設備概略図

①多原料 BIC 連続製造技術の確立

秋田県横手市の周辺地域内で収集可能であるバイオマスについて、発生量、発生時期及び実証事業地から発生場所までの距離等を鑑み、連続製造時に活用する原料を選定、配合パターンを設定して連続製造を実施した。製造条件については、①多原料 BIC 製造条件の確立の項目内で得られた試作データを参考に設定し連続製造を実施した。

平成 27 年度は、機器の据付、試運転を経て、バイオマスの原料配合パターン 5 種において連続製造を実施し、それぞれ 10 トンずつ、合計 50 トンの BIC を製造した。製造した多原料 BIC は、④一般廃棄物処理施設での CO₂ 排出量 25%削減の長期実証技術内で記載しているガス化熔融炉での実証試験に供した。連続製造にて判明した製造設備の故障等のトラブルについては、適宜対応し、定格運転の維持に努めた。

平成 28 年度は、平成 27 年度に課題であった高含水率の原料への対応として、乾燥機を増設した。原料混合パターン 10 種を設定し、合計 290 トン程度の多原料 BIC を製造し、ガス化熔融炉の実証試験に供した。

平成 29 年度は、ベルトコンベヤ等を追加導入して原料の粉砕、乾燥等の前処理系列における原料のハンドリングの円滑化を図った。また、原料の乾燥工程における CO₂ 排出量削減対策として、籾殻燃焼器を導入し、既存の乾燥機に接続することで籾殻燃焼時の熱風を乾燥熱源として活用できるよ

う改造した。平成 27 年度からの 2 年間の実証実績を踏まえ、原料配合パターンを原料の収集コスト及び年間発生量を鑑み、大量製造に適した 5 種に絞り込み、合計 340 トン程度の多原料 BIC を製造した。製造した多原料 BIC は、ガス化溶融炉及び産業用キュポラでの実証試験にそれぞれ供した。

利用先への配送方法として、平成 27 年度、28 年度については、製造した BIC をフレコンバッグに詰めての輸送としていたが、平成 29 年度については、通常時の利用を想定し、バルク輸送を実施した。

②多原料 BIC 高速製造技術の確立

平成 29 年度より、多原料 BIC の製造時間の最適化に関する検討及び技術開発を開始した。

経済性の改善に向けて、製造時間を従来比で約 25%短縮した条件での製造を実施し、連続製造が可能であり、かつ製造時間を 25%程度短縮して製造した多原料 BIC がガス化溶融炉の利用において問題なく石炭コークス代替として機能することを確認した。

③一般廃棄物処理施設での CO2 排出量 25%削減の長期実証技術

平成 27 年度は、事業開始当初の目標であった多原料 BIC による石炭コークス削減率 25%を維持し、1 ヶ月以上の連続運転期間を含む、延べ 4 ヶ月以上の運転を実証するため約 1 ヶ月間の確認試験を実施した。試験には、4 種類の多原料 BIC を用い、各々、石炭コークス削減率 30%以上が達成可能であることを確認し、長期実証試験を実施できる見通しが得られた。しかしながら、多原料 BIC の投入に際して、受入バンカで BIC が閉塞する事象が確認され、閉塞対策が必要であることが判明した。

平成 28 年度は、多原料 BIC の投入装置を安定かつ安全に稼働させるため、補修、調整を実施した。平成 28 年度 7 月から 12 月までの期間の内、約 4 ヶ月間、多原料 BIC を石炭コークス代替燃料として使用し、実証試験を実施した。この期間内に、石炭コークス削減率 25%以上を維持した 30 日間の連続運転及び石炭コークス削減率約 25%で 109 日間の長期運転を達成した。

平成 29 年度は、多原料 BIC を用い、石炭コークス削減率約 25%で、1 ヶ月間の連続期間を含む約 4 ヶ月間の運転を行い、長期安定運転の実証を行った。さらに、試験期間内で計 1 ヶ月間程度、石炭コークス削減率約 35%の運転を実施し、高代替率運転時における課題を把握し、対処法を確立した。さらに、削減率上限を確認する試験を行い、最大で石炭コークス削減率 51%を達成した。

④産業用キュポラでの CO2 排出量削減の実証

平成 29 年度において、ガス化溶融炉以外の利用先として、鑄造メーカ 2 社に多原料 BIC を供給して鑄物用コークス代替試験を実施し、産業用キュポラ操業における多原料 BIC への要求仕様を確認した。

試験では、鑄物用コークスの代替率最大 20%程度まで検証した。産業用キュポラ操業への物理的影響は見られないものの、代替率の増加に伴い、石炭コークス利用時と比較して、排ガス中の H₂ 濃度の増加、溶湯中の C 値の微低下及び灰分の微増加等の影響が見られ、多原料 BIC 投入時における、キュポラの操業条件の最適化等の課題が明らかになった。

⑤二酸化炭素 (CO₂) 削減量の検証

多原料 BIC の利用による CO₂ 排出量の削減効果について、利用先での CO₂ 排出削減量に対し、多原料 BIC の製造 (原料収集、前処理、加熱成型) 及び利用先までの運搬の工程で生じる CO₂ 排出量を差し引いた正味の CO₂ 排出量削減効果について検討した。

多原料 BIC の利用先をガス化溶融炉に想定し、多原料 BIC の製造地から利用先までの輸送距離を 100 km と仮定し、利用先にて石炭コークスを 25% 代替する運転条件とした場合、正味の CO₂ 排出量削減効果は約 20%となった。

上記の条件に追加して、多原料 BIC の代替元である石炭コークスの製造、運搬時における CO₂ 排出量を試算し、効果を再検討した結果、多原料 BIC による CO₂ 排出量削減効果は約 21%となった。

(4) 事業実施主体、実施体制と役割分担

実施体制と役割分担を図 1-10 に示す。事業実施主体は一般財団法人石炭エネルギーセンター（以下、「JCOAL」と記す）であり、プロジェクト全体の総括・取り纏め、高速製造技術確立に係る取り纏め、その他 BIC の製造実証及び利用実証全般の実施を担当する。共同実施者は、日本砥研株式会社（以下、「日本砥研」と記す）と学校法人近畿大学（以下、「近畿大学」と記す）である。前事業では、JFE エンジニアリング株式会社（以下、「JFE エンジニアリング」と記す）と近畿大学が共同実施者であったが、将来商用化時の事業を見据え、その事業主体を担う予定である日本砥研が新たに共同実施者に加わることとなった。JFE エンジニアリングは、ガス化溶融炉での利用実証の計画及び実証試験実施に備え、事業協力者を担う。日本砥研は、自動車部品鋳造用キュポラ向け BIC の製造技術確立に係る取り纏めや次年度キュポラでの利用実証実施の取り纏めを担当する。近畿大学は、BIC の製造技術に関する評価や成型品の分析等を担当する。JCOAL が実施する BIC の高速製造のため、成型機メーカーである株式会社ナニワ炉機研究所がその仕様検討のため、事業協力者を担う。

本業務を円滑に推進するため、専門家からなる技術開発検討会を設置し、年間数回開催する。技術開発検討会の委員名簿を表 1-3 に示す。

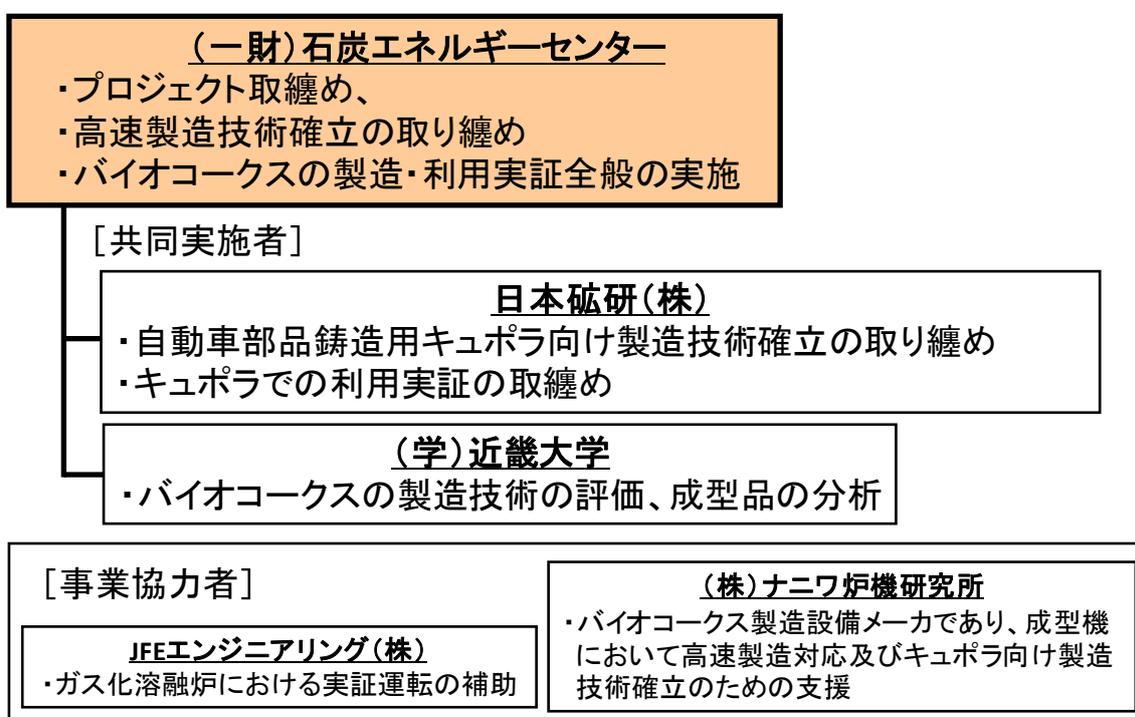


図 1-10 業務実施体制図

表 1-3 技術開発検討会委員名簿

NO	氏名	所属・役職
1	横山 伸也	公立大学法人 鳥取環境大学 環境学部 特任教授
2	芋生 憲司	国立大学法人 東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物・環境工学専攻 教授
3	平塚 貞人	国立大学法人 岩手大学 物理・材料理工学科 マテリアルコース 教授
4	真土 亨	青森県黒石市 商工観光部 部長

(5) 技術開発の目標

表 1-4 本技術開発の目標

	項目	採択時の技術の状況	平成30年度当初の技術の状況	最終目標
0	全体目標	ガス化溶融炉でのBIC利用は短期間の検証運転による技術確認までで、BICの定常な商業利用は実現していない。	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス化溶融炉向けにおいて、製造規模14t/日の事業性については確認できているが、製造規模6t/日では、事業採算性が厳しい。 ・BICの用途毎の規格について未整理。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス化溶融炉向けにおいて、製造能力約20～25kg/hベースの確認及び製造したBICによる利用実証を通じ、製品単価2万円/t(税抜)で供給する目処をつけ、事業性確保を目指す。そのため、原料となる未利用バイオマスの収集を含め、一連のBIC製造プロセスを精査する。 ・BICの用途別規格を整理し、ガス化溶融炉向け以外に自動車部品用キュボラ向け等販路拡大に寄与させる。 ・青森県黒石市で実施したBIC製造実証事業をケーススタディとして、他地域に向けた事業の普及・展開のためのビジネスモデルやシナリオを策定する。

(2)	高速製造技術の 確立	BIC 成型機における 適切な製造時間の見 極めが未実施である。	<ul style="list-style-type: none"> 製造時間を従来ベース条件 (全成型工程合計時間約 60 分) と比べて約 25%短縮し た条件で製造を実施し、高 速製造実現に向けた課題を 抽出済み。 	<ul style="list-style-type: none"> ガス化溶融炉向けBICの成型において、製造時 間を従来ベースと比べて約50%短縮する高速 製造技術を確立する。
	①高速製造技術 の検証			<ul style="list-style-type: none"> BIC成型機による試作を通じ、従来ベースと比 べて約50%短縮の製造安定性を確認する。
	②ガス化溶融炉 での利用実証			<ul style="list-style-type: none"> 高速製造技術により製造した BIC によるガス 化溶融炉での利用実証を実施し、従来製造技術 による BIC と変わらず石炭コークスの代替が 可能であることを確認する。

(3)	自動車部品用キュポラ向けBIC製造技術の確立	自動車部品用キュポラ向けにおいて、BICの製造技術を構築できていない。	<ul style="list-style-type: none"> 自動車部品用キュポラ燃料の鋳物コークスの代替となるようなBICの製造技術の確立が不十分。 	<ul style="list-style-type: none"> 自動車部品用キュポラ向けBIC製造技術を確立し、キュポラでの代替利用の事業化に備える。
	①自動車部品用キュポラ向けBIC製造技術の検証			<ul style="list-style-type: none"> 成型機による試作等を通じ、自動車部品用キュポラ向けBIC製造プロセスを確立する。
	②自動車部品鋳造用キュポラ向けバイオコークス利用実証ワーキンググループの開催			<ul style="list-style-type: none"> 自動車部品用キュポラでのBIC代替利用の実用化に向け、ワーキンググループにおける専門家の意見を踏まえ、利用実証での課題を解決させる。
	③自動車部品用キュポラでの利用実証			<ul style="list-style-type: none"> 自動車部品用キュポラにおいて、BICの利用実証を実施し、代替利用の検証を行う。
	④自動車部品用キュポラ向けBICの物性評価			<ul style="list-style-type: none"> 自動車部品用キュポラ向け製造技術で試作したBICについて、利用実証の結果も踏まえながらその物性を明らかにする。

(4)	BIC用途別規格の整理	BICについて、用途別の規格を整理できていない。	<ul style="list-style-type: none"> これまで様々なバイオマス原料混合パターンによって製造した BIC について利用実証を実施してきたが、BIC 製造に係る用途毎の規格について整理されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ガス化溶融炉向け、自動車部品用キュポラ向けの各用途先の要求仕様（見掛密度、冷・熱間圧縮強度、固定炭素量及び水素量等）を踏まえた規格を整理する。
-----	-------------	--------------------------	--	---

(6) 業務の実施場所

前事業では多原料 BIC の実証製造業務は、秋田県横手市柳田 12-4 横手第二工業団地内にて実施していた。本業務では、将来社会実装時の BIC 製造拠点を青森県黒石市と位置付け、このため本業務で実証するための試験設備一式についても同市内に設置した。具体的な設置場所は、黒石市旧し尿処理施設のあった敷地内であって、青森県黒石市大字竹鼻字南野田 62-1 である。後述するバイオマス原料の収集においては、この製造拠点から約 20km 圏内について収集検討を行っている。

多原料 BIC を用いたガス化熔融炉での CO₂ 排出量削減の実証業務は、前事業に引き続き岩手県紫波郡矢巾町大字西徳田第 12 地割 168-2 に位置する盛岡・紫波地区環境施設組合が保有する清掃センターごみ焼却施設(図 1-11)にて計画し、平成 31 年度に後述する高速製造 BIC の利用実証試験を実施した。また、自動車部品鑄造用キュポラでの実証先は、岩手県及び福島県内等東北地方の自動車部品メーカーを中心に選定し、このうちキュポラを所有する 2 社での協力が得られ、この 2 社のそれぞれキュポラにおいて利用実証試験を実施した。

検討項目については、JCOAL、日本碓研、近畿大学それぞれの本部事務所で実施した。



図 1-11 盛岡・紫波地区環境施設組合 清掃センターごみ焼却施設
(写真提供：JFE エンジニアリング)

(7) 事業実施スケジュール（平成31年度分）

本業務における平成31年度の実施スケジュールを表1-5に示す。表中委託業務実施上の区分は、委託業務仕様書記載項目に従う。

表 1-5 平成31年度工程表

委託業務実施上の区分	実施期間	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	摘 要
(1) バイオマス原料収集の実施														
①収集システムの構築														
②収集の実施														
(2) 高速製造技術の確立														
①高速製造技術の検証														
②ガス化溶融炉での利用実証														
(3) 自動車部品用キュボラ向けバイオコークス製造技術の確立														
①自動車部品用キュボラ向けバイオコークス製造技術の検証														
②自動車部品用キュボラ向けバイオコークス利用実証ワーキンググループの開催														
③自動車部品用キュボラでの利用実証														
④自動車部品用キュボラ向けバイオコークスの物性評価														
(4) バイオコークス用途別規格の整理														
(5) ビジネスモデルの検討														
(6) 技術開発検討会の開催														
(7) 共同実施者との打合せ														
(8) 業務報告書の作成														
業務報告書の提出														→ 3/31
業務精算報告書の提出														→ 4/10

(8) 業務履行期間

平成31年4月1日から令和2年3月31日

2. 委託業務実施状況

委託業務の実施状況について、委託業務仕様書記載項目に従い、以下（１）～（６）に示す。

（１）バイオマス原料収集の実施

バイオマスの発生状況は、地域における偏在性や気候などに左右され、その発生量は一定ではない。また、バイオマスの使用動向についても、毎年変化が大きいことが課題であり、要望する各バイオマス原料について確実に入手するためには安定した原料収集システムの構築が不可欠である。さらに、実証事業期間のみならず、事業終了後の事業化時における BIC の生産量や原料配合に見合った原料収集システムを構築していかなければいけない。

そこで本項では、黒石市周辺地域で発生する、籾殻、バーク、及びリンゴの搾り滓等の未利用バイオマスを中心に、ガス化熔融炉向け及び自動車部品製造用キュポラ向けの BIC を製造するための原料混合構成について、収集を予定する各バイオマス原料についての元素分析結果等から、BIC の成型に必要とする原料配合を予め精査した上で、収集システムを構築することとした。

平成 30 年度は、黒石市内の廃棄物系及び未利用系バイオマスの賦存調査と収集システムの構築を実施した。ガス化熔融炉向け及びキュポラ所有の自動車部品製造メーカー向けの BIC 製造事業を行うにあたり、バイオマスの安定的な収集は必須であり、そのためには収集地の多角化が重要である。

①収集システムの構築

平成 31 年度は、バイオマスの収集対象範囲を広げ、黒石市周辺市町村として中南津軽地区におけるバイオマスの発生動向を調査し、収集体制を確立させることとした。その結果、バークの収集先として新たに T 社を加えることとしたため、直接同社を訪問し収集に係るヒアリングを行った。

以下図 2-1 に、籾殻・バーク・リンゴの搾り滓の収集時における原料計上を示す。また、表 2-1 に、黒石市周辺のバイオマス原料である籾殻、バーク、リンゴの搾り滓それぞれの収集に係る収集先、年間利用可能量、収集時期、収集方法等の調査結果を示す。



図 2-1 籾殻、バーク、リンゴの搾り滓の原料形状（収集時）

表 2-1 黒石市周辺のバイオマス原料の収集に係る調査結果

	場所	年間利用可能量 (トン/wet)	時期	保管	輸送方法	備考
籾殻	JA津軽みらい	500	11月～7月	サイロ	引き取り	無償
	地元農家	327			多種多様	
	小計	827 (661トン/dry)	地元農家のデータは、黒石市調査による。JA津軽みらいの数値は、年間交渉によるが上限値を記載			
バーク	木材流通センター	200	毎月	野外	引き取り	無償
	K社	720	毎月	倉庫	引き取り	無償
	T社	1,670	毎月	野外	持ち込み	有償
	小計	2,590 (1,166トン/dry)				
リンゴの搾り滓	G社	200	9月～4月			
	C社	48	9月～12月 1月～3月(少量)		引き取り	有償
	S社	250	毎月		引き取り	
	小計	498 (124.5トン/dry)	C社については、使用量確定後再度打ち合わせ			

- ※1. 籾殻は、黒石市の調査回答結果（68.8%）。
- ※2. バークは、日本砒研と黒石市による各製材関係業者への訪問調査
- ※3. リンゴの搾り滓は、日本砒研による訪問調査
- ※4. リンゴの搾り滓そのものの収集価格は無償であるが、フレコンバック等梱包材を当社で用意する必要がある。

T社では、通年でバークが発生し、発生量は1,670トン/wetであった。保管は野外、輸送方法はT社所有のトラックで持ち込みであるが、その分有償提供となっている。

表2-1より、黒石市周辺における賦存量は、乾燥ベースで籾殻が661トン、バークが1,166トン、リンゴの搾り滓が124.5トンであることが分かった。

これを踏まえ、平成31年度の各バイオマス原料収集先を決定した。籾殻

は平成 30 年度と同様 JA 津軽みらい北カントリーエレベータから、バークは原料持ち込みのパターンも検討するため T 社から、リンゴの搾り滓は、平成 30 年度は実証事業地から最も近い C 社から収集したが、平成 31 年度は最も発生量の多い S 社を選定した。

収集コストの試算については、平成 30 年度と平成 31 年度の収集実績をもとに上記 5 事業所からの収集について計算した。



図 2-2 バークの収集 (T 社)

以下には収集作業を行ったバイオマス収集先の位置関係を示した。



図 2-3 各収集先の位置関係 (Google Map を使用)

図 2-3 は黒石市を中心とした地図である。緑の丸で示したものが実証事業地 (黒石バイオコークス製造所)、星印が日本砥研 (株) の所在地である。その他に平成 30 年度に原料収集作業を行った、JA 津軽みらい北カントリーエレベータ、C 社、K 社、平成 31 年度収集作業を行った T 社、S 社をそれぞれ原料ごとに色分けして示した。

次に、表 2-2 は日本砥研からそれぞれの原料収集先施設までの距離、実証事業地からのそれぞれ施設までの距離、及びトラックによる移動所要時間を色分けして示している。

表 2-2 バイオマス原料収集施設の距離と輸送

区間	距離 (km)	所要時間 (分)
日本砒研～実証事業地	15.2	45
日本砒研 ～JA津軽みらい北カントリーエレベータ	13.2	25
日本砒研～S社	29.1	50
日本砒研～C社	11.5	25
日本砒研～K社	8.2	18
日本砒研～T社	13	25
実証事業地 ～JA津軽みらい北カントリーエレベータ	5.5	9
実証事業地～S社	22.3	40
実証事業地～C社	3.7	7
実証事業地～K社	9.8	21
実証事業地～T社	13.1	22

実際にバイオマスの収集を行った収集先企業に関してコストを計算した。収集条件は平成 30 年度と同様、日本砒研（株）所有 2 トントラックを用いて、作業員 1 名で 1 日収集作業を行うものとした。その他試算条件を以下表 2-3 に示す。

表 2-3 収集コスト試算条件

項目	条件
収集車両	2 トン車（ワイドロング及びダンプ）
配車起点	日本砒研（株）
収集人員	1 名
原料の積込み、荷降ろし時間	各 15 分（リンゴの搾り滓は 30 分）
軽油価格	118.4 円/L （資源エネルギー庁 HP より）
燃費	6 km/L（本業務実績）

本試算条件と収集実績を基に、各バイオマス原料の収集コストを計算した。まず、表 2-4 に籾殻の場合の収集コスト算出結果を示す。

表 2-4 収集コスト算出結果（籾殻の場合）

項目	単価等	備考
1. 輸送燃料費（軽油）		
①軽油単価	118.4 円/L	※収集コスト試算条件より
②燃費	6 km/L	※収集コスト試算条件より
③平均走行距離	89 km/日	※収集経路より
④軽油使用料	15 L/日	③÷②
⑤軽油代	④ 1,754 円/日	④×①
2. 人件費		
①人件費	⑤ 15,000 円/日	※日本砒研試算条件より
3. 収集量		
①1回収集量	500 kg/回	※本事業実績より
②収集回数	8 回/日	※本事業実績より
③収集量	⑥ 4 t/日	①×②÷1000
4. 収集コスト		
①係るコスト	⑦ 16,754 円/日	⑤+⑥
②収集量単位当たりコスト	4,189 円/t	⑦÷⑥

籾殻の場合の計算方法と同様に、バーク、リンゴの搾り滓についても収集コスト算出を行い、その結果を表 2-5 にまとめた。

表 2-5 収集コスト一覧

バイオマスの種類	収集先	1回の収集量	収集可能回数	1日の収集可能量	収集コスト (Wet)	含水率	収取コスト (dry)
		[kg]	[回/日]	[kg/日]	[円/トン]		[円/トン]
籾殻	JA津軽みらい	500	8	4,000	4,189	20%	4,713
バーク	K社	800	5	4,000	4,305	50%	7,749
	T社	3,000	2	6,000		50%	
リンゴの搾り滓	S社	2,000	2	4,000	4,799	80%	21,596
	C社	2,000	6	12,000	1,861	80%	8,375

※T社については値段交渉中

平成 30 年度の検討では含水 (Wet) ベースでの収集コストを計算し報告したが、平成 31 年度は乾燥 (Dry) ベースでの収集コストも併記した。その結

果、乾燥ベースでの収集コストはC社から集めるリンゴの搾り滓が一番安価であるものの、その他に大きな差異は見られなかった。しかしながら、乾燥ベースで見ると、他の2原料より含水率が高いリンゴの搾り滓の収集コストが高額となることが分かった。

平成31年度は日本砒研(株)による収集に加え、他社(収集先)による持ち込みの場合も検討した。パークの収集先であるT社について、収集に係る費用は交渉中であるが、持ち込み量は1回3トン、1日最大6トンまで持ち込んでくれる。価格次第では自社収集よりもコストが抑えられる可能性がある。

表2-1と表2-5より、調査した各バイオマス原料の年間利用可能量と収集コストをもとに算出したBIC製造の原料単価の結果を表2-6に示す。

表2-6 バイオマス原料の利用可能量と原料コスト(dry)

バイオマス原料	年間利用可能量 [トン/dry]	BIC製造 原料単価
籾殻	661	約 4,700 円
パーク	1166	約 7750 円
リンゴの搾り滓	125	約 15,000 円(平均)

この結果を基に、BICの製造に係る原料コストとして、バイオマス原料の配合を基に数パターン試算した。試算パターンとその製造原料コストの結果を表2-7に示す。

パターン1~4は、実際に実証事業地で製造したBICの配合比である。このうち、パターン1と2は、平成30年度にBICを試作した原料配合で、パターン1が籾殻：パーク：リンゴの搾り滓=50：30：20、パターン2が籾殻：パーク：リンゴの搾り滓=25：65：10である。パターン3と4は、平成31年度にBICを試作した原料配合で、パターン3がパーク100%、パターン4がパーク：リンゴの搾り滓=90：10である。

パターン5は、仮にBICの生産量が3トン/日、工場稼働日数が300日として、年間生産が900トンとした場合で原料コストが最も安価となる場合を示している。パターン6は、各バイオマス原料の利用可能量比に近い配合率でBICを製造した場合を示した。

表 2-7 BIC の配合比とその原料コスト

パターン No.	バイオコークスの配合条件	原料コスト
1	粃殻:バーク:リンゴの搾り滓=50:30:20 (昨年度作成BIC①)	7,675 円/t
2	粃殻:バーク:リンゴの搾り滓=25:65:10 (昨年度作成BIC②)	7,713 円/t
3	バークのみ (本年度作成(後述))	7,750 円/t
4	バーク:リンゴの搾り滓=90:10 (本年度作成(後述))	8,475 円/t
5	粃殻:バーク=661トン:239トン=73.4:26.6 (最も安価なパターン)	5,511 円/t
6	粃殻:バーク:リンゴの搾り滓=30:60:10 (利用可能量に合わせた配合)	7,560 円/t

②収集の実施

ア. 収集量の面から考察

平成 30~31 年度にかけて黒石市及びその周辺市町村の粃殻、バーク、リンゴの搾り滓の発生量について調査を行った。その結果、年間の収集可能量は乾燥ベースで粃殻が 661 トン、バークが 1,166 トン、リンゴの搾り滓が 124.5 トンの賦存量があることが分かった。

以上のことを踏まえ、事業化の生産計画パターンをシミュレートした。シミュレート条件は、BIC 生産量を 3 トン/日、工場稼働日数を 300 日/年、生産する BIC は ガス化溶融炉向け BIC と自動車部品鑄造用キュポラ向け BIC、その比率は 1 : 1 とした。

ガス化溶融炉向けの BIC の原料割合は、粃殻 : バーク : リンゴの搾り滓 = 60 : 30 : 10 に固定し、自動車部品鑄造用キュポラ向け BIC の比率を 3 ケースに変更してシミュレートした。

表 2-8 【ケース 1】 前年度作成した BIC の原料配合を基準としたもの（1）

	籾殻	バーク	リンゴの搾り滓	合計重量
ガス化溶融炉向け	270トン	135トン	45トン	450トン
	60%	30%	10%	
自動車部品鑄造用 キュポラ向け	225トン	135トン	90トン	450トン
	50%	30%	20%	
使用バイオマス合計	495トン	270トン	135トン	900トン
収集可能量	661トン	1166トン	124.5トン	1951.5トン
収支	166トン	896トン	-10.5トン	
収集可能量に対する 余剰分の割合	25%	77%	-8%	

表 2-9 【ケース 2】 前年度作成した BIC の原料配合を基準としたもの（2）

	籾殻	バーク	リンゴの搾り滓	合計重量
ガス化溶融炉向け	270トン	135トン	45トン	450トン
	60%	30%	10%	
自動車部品鑄造用 キュポラ向け	112.5トン	292.5トン	45トン	450トン
	25%	65%	10%	
使用バイオマス合計	382.5トン	427.5トン	90トン	900トン
収集可能量	661トン	1166トン	124.5トン	1951.5トン
収支	278.5トン	738.5トン	34.5トン	
収集可能量に対する 余剰分の割合	42%	63%	28%	

【ケース 1】では、リンゴの搾り滓の年間収集において 10.5 トンの不足が発生するので、今回の調査した中では賄えず、別途発生業者（収集先）を模索する必要がある。

【ケース 2】では、年間の原料収集において、籾殻が約 383 トン、バークが約 428 トン、リンゴの搾り滓が約 90 トン必要となり、今回調査した収集

先業者内で十分賄える量であることが分かった。原料ごとに考察すると、籾殻は JA 津軽みらい北カンントリーエレベータからのみで賄える。バークは T 社一社からは収取可能な量であるが、K 社のみでは不足する。また、リンゴの搾り滓に関しては、一社のみでは収取不可能であり、今回調査した三社すべてから収取しなくてはならない。

【ケース 2】の場合、収取可能量に対する余剰分の割合はそれぞれ籾殻が 42%、バークが 63%、リンゴの搾り滓が 28%と、ややリンゴの搾り滓の余裕が少ないことが分かった。そこで、BIC の製造にバイオマス原料の偏りを少なくする目的から、【ケース 3】をシミュレートした。

表 2-10 【ケース 3】バイオマス原料を均一に配合するパターン

	籾殻	バーク	リンゴの搾り滓	合計重量
ガス化溶融炉向け	270トン	135トン	45トン	450トン
	60%	30%	10%	
自動車部品鋳造用 キュポラ向け	0	450トン	0	450トン
	0%	100%	0%	
使用バイオマス合計	270トン	585トン	45トン	900トン
収取可能量	661トン	1166トン	124.5トン	1951.5トン
収支	391トン	581トン	79.5トン	
収取可能量に対する 余剰分の割合	59%	50%	64%	

【ケース 2】までで、バークの余剰が最も多くあることが分かったので、【ケース 3】は籾殻とリンゴの搾り滓を使わない原料配合を、自動車部品鋳造用キュポラ向け BIC に適用することとした。その結果、収取可能量に対する余剰分の割合は籾殻が 59%、バークが 50%、リンゴの搾り滓が 64%と各原料全てが 50%以上の余裕が生まれた。このパターンを原料ごとに考察すると、籾殻は JA 津軽みらい北カンントリーエレベータからのみで賄える。バークは T 社一社からは収取可能な量あるが、K 社のみでは不足する。また、リンゴの搾り滓に関しては一社のみでは収取不可能であり、今回調査した三社すべてから収取しなくてはならない。これはパターン 2 と同条件である。

イ. コストの面から考察

収集コストについては、含水状態では C 社からリンゴの搾り滓を収集する場合が最も安価で、その他はほぼ同等であった。しかし、含水率まで考慮すると籾殻が最も安価であり、含水率が高いリンゴの搾り滓が一番高い結果となった。パークについては T 社と収集価格を交渉中ではあるが、価格次第では十分に使用できる原料となり得ることが分かった。

バイオマス原料の発生状況は、天候や経済状況に大きく左右され一定ではない。天候面而言えば、近年は自然災害の大規模化、多発化が懸念されており、日本各地で被害が発生することが多くなった。経済面而言えば、農業従事者が高齢化となり、担い手不足から休耕地が増えている一方で、農業の企業化、大規模化の試みも進んでおり、今後の状況は予断を許さない状況となっている。

さらに、本事業は出口企業（BIC の利用先）が納得する BIC を作ることを目的であり、収集するバイオマスをコストのみで決定することはできない。よってバイオマス原料の収集に関してはこれらの状況を常に意識し、原料収発生状況にかかる情報収集、原料の収集システムの随時見直しを今後も継続的に行い、あらゆる配合比の BIC を作成できる体制を維持する予定である。

（2）高速製造技術の確立

ガス化溶解炉向け多原料 BIC の製造技術として、前事業の BIC 製造実証においては、ガス化溶解炉での長期連続利用実証のため、従来速度による製造技術については十分確認を終えた。その上、BIC 製造時間を従来ベース（成型時間合計約 60 分）に比して約 25%短縮化させた製造実証についても確認を終えていた。

平成 30 年度より、その連続製造性を高速化させることにより製造時間を短縮することで製造コストの低減を図ることとした。このため、従来ベースの製造時間と比較して約 50%短縮させる製造技術の確立・検証に取り組んだ。BIC 成型機の運用システムにおいて、製造時間を約 50%短縮へ設定変更の後、バイオマス原料を投入した上で BIC の試作を行い、製造時間短縮における連続製造性の評価を実施した。高速製造技術の確認後、ガス化溶解炉において高速製造 BIC による利用実証試験を実施した。

なお、本項では、ガス化溶解炉向け BIC 製造技術におけるこれまでの開発経緯についても記述する。

①高速製造技術の検証

多原料 BIC の製造効率を目的とした高速製造技術の確立に向けて、平成

29年度より、多原料 BIC の製造条件（加熱温度、反応時間）とその際の多原料 BIC の性状及び製造工程への影響についての検証を重ねてきた。

平成 29 年度においては、製造時間を従来ベースより 25%短縮しても、多原料 BIC の性状を維持できること、また、製造量の増加のみならず、BIC の単位製造量あたりの電力消費量も削減できる可能性が示唆された。

平成 30 年度においては、製造時間を 50%短縮することを目的とし、各ピストン動作のシーケンス調整、押込ピストン端面のヒータ容量の増量等の改良を行い、1 時間という短時間において、製造時間を従来比で 50%短縮した条件で多原料 BIC の試作を実施し、製造可能であることを確認している。これら技術開発の経緯の詳細は（2）③に記載している。

これらの試験結果を踏まえ、平成 31 年度は、籾殻 60%、バーク 30%、リンゴの搾り滓 10%の組成からなる多原料 BIC の製造時間を従来比で 30～50%短縮した条件において、連続製造性の検証及び安定した操業に向けた課題とその解決策の抽出を行った。

- 加熱温度：ヒータ①、②170～200℃、端面ヒータ：150℃
- 押込時間：35.0 秒（30%短縮）21.0 秒（40%短縮）、7.0 秒（50%短縮）
- 押込圧力：15MPa（排出圧力増大に伴い 19.5MPa まで変更）

ア. 製造時間短縮条件での連続製造性の検証

(ア) 製造時間 30%短縮の検証

試験で使用したいずれの成型機においても、排出時の圧力³が 10MPa 前後で安定しており、連続製造に支障は見られなかった。

(イ) 製造時間 40%短縮の検証

各成型機の排出圧力は 10～14MPa に推移し、30%短縮の条件と比較して排出圧力が上昇する傾向にあった。いずれも BIC の閉塞の発生はなく、連続製造が可能であることを確認することができた。

時折、排出圧力が変動する成型機も見られた。これら成型機に取り付けている反応容器内部には多数の傷があることが確認され、これらの傷が原料バイオマスの含水率のわずかな変動に過敏に反応したためと推測している。

(ウ) 製造時間 50%短縮の検証

製造時間を従来比の 50%まで短縮したことによる反応時間不足からか、40%短縮条件から、排出圧力の更なる上昇傾向が見られ、一部成型機については BIC の閉塞してしまった。その他の成型機についても排出圧力が 14～17MPa

³ 反応容器内で所定時間の加熱、冷却を終えた BIC を排出する際に必要な圧力を示す。排出時に要する圧力が設定圧力（～21MPa）を超過した場合、容器内に BIC が閉塞し、排出不可となる。多原料 BIC の連続製造において、このパラメータの変動をいかに低値で安定させるかが重要。

まで上昇したものの、以降は排出圧力が安定し、有人操業（7時間）の連続操業を3日達成した。

(エ) 製造時間短縮による省エネ効果の検証

これまでの試験結果により示唆された、製造時間短縮による BIC の単位製造量あたりの電力消費量について、ベースとなる通常操業の条件と各短縮条件とで比較し、省エネ効果を検証した。比較結果を表 2-11 に示す。

省エネ効果および電気料金の削減効果を各条件で比較すると、40%短縮が最も効果が大きく、次いで 30%短縮、50%短縮となった。

今回試作した原料（粃殻 60%、バーク 30%、リンゴの搾り滓 10%）においては、40%短縮の条件が最も製造効率が高く、50%まで短縮した場合には、反応時間の不足により、排出圧力が増大し消費電力量が増加してしまうことがわかった。なお、これらの傾向はあくまでも今回試作した原料のものであり、原料組成が変わる際には、これら傾向も変動するものと思われる。

表 2-11 多原料 BIC の各製造条件における消費電力量と省エネ効果

製造条件	消費電力量※1 [kWh/t-BIC]	省エネ効果 [kWh/t-BIC]	電気料金※2 [円/t-BIC]	コスト削減効果 [円/t-BIC]
通常	262.1	-	3,994	-
30%cut	179.8	82.3	2,740	1,254
40%cut	135.8	126.3	2,070	1,924
50%cut	165.1	97.0	2,516	1,478

※1: BICを1トン製造するのに要した成型機の電力量(実測値より前処理機器類の定格値分を差引)

※2: 東北電力株の高圧電力Sプランの電力量料金15.24円/kWhより算出

イ. 安定操業に向けた課題と解決策

通常条件や 30~40%短縮の条件では排出圧力が安定していたものの、50%短縮の条件では、排出圧力の小さな増減が常に生じていることから、製造時間の短縮によって原料性状の変動による悪影響がより顕著になると思われる。したがって、50%短縮条件で連続製造を行うにあたっては、以下の2点が必須条件であると言える。

- 内部の傷が少ない反応容器（新品に近いことが望ましい）である
- 原料性状を安定させる（原料の水分変動及び異物の混入を抑制する）

② ガス化溶融炉での利用実証

図 2-4 に高温ガス化直接溶融炉（以下、ガス化溶融炉）の炉内断面図を示す。炉頂から一般廃棄物、石炭コークスが投入される。廃棄物層の上段では、

水分の蒸発、可燃分の熱分解が進行する。廃棄物中の固定炭素と灰分は、投入された石炭コークスとともに熔融炉内を予熱されながら下降し、炉下部に到達する。炉下部では、コークス充填層が形成され、主羽口から供給された酸素富化空気により石炭コークスが燃焼し、その燃焼熱で灰分が熔融され、熔融スラグとして出滓口から連続的に排出される。炉下部から廃棄物層にかけて発生した可燃性ガスは、熔融炉後段の二次燃焼室で完全燃焼する。完全燃焼したガスは、ボイラで熱回収され、排ガス処理系へ送られる。

この化石燃料由来の石炭コークスは温室効果ガスである CO₂ を生成するが、バイオマス由来の BIC で一部を置換し削減することが可能である。

平成 31 年度は、(2) ①高速製造技術の検証にて製造した高速製造 BIC を投入し、石炭コークス削減率約 10% で、5 日間の連続運転を行い、高速製造 BIC の石炭コークス代替性に関する実証を行った。

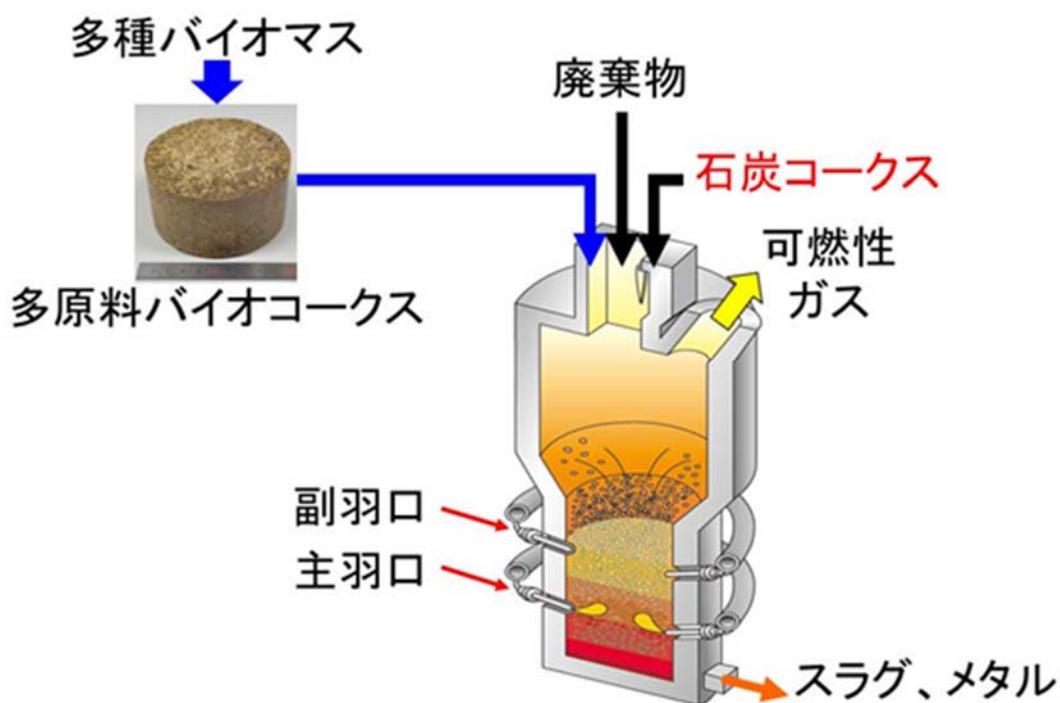


図 2-4 ガス化熔融炉構造図

ア. 投入装置の調整

本実証試験先である岩手県紫波郡のガス化熔融炉処理施設では、多原料 BIC を供給するための投入装置を安定かつ安全に稼働させるため、平成 29 年度に補修、調整を実施した。更に BIC 受入の省力化に向け、ダンプトラック投入に対応した BIC 受入部の改造が施されている。本試験の実施の際には、

これら改造箇所が正常に動作することを確認した。

平成 29 年度に実施した改造工事の内容を、図 2-5 に示す。

隔壁の位置を変更することで、BIC の受入れ容量を 9 t から 12 t に増加した。また、可動式壁の形状を変更することで、開口部が拡大した。工事後の開口部の写真を図 2-6 に示す。これらの工事の結果、これまでの重機を使用したフレコンバッグからの投入だけでなく、10 t ダンプトラックからの直接投入という安価な方法が採用可能となった。

BIC ホッパ下部の供給機を形状を変更し、狭窄部を拡大した。また、BIC ホッパ下部にノッカを設置した。供給機の形状変更とノッカ設置後の写真を図 2-7 に示す。これらの工事の結果、BIC の閉塞を低減することが可能となっている。

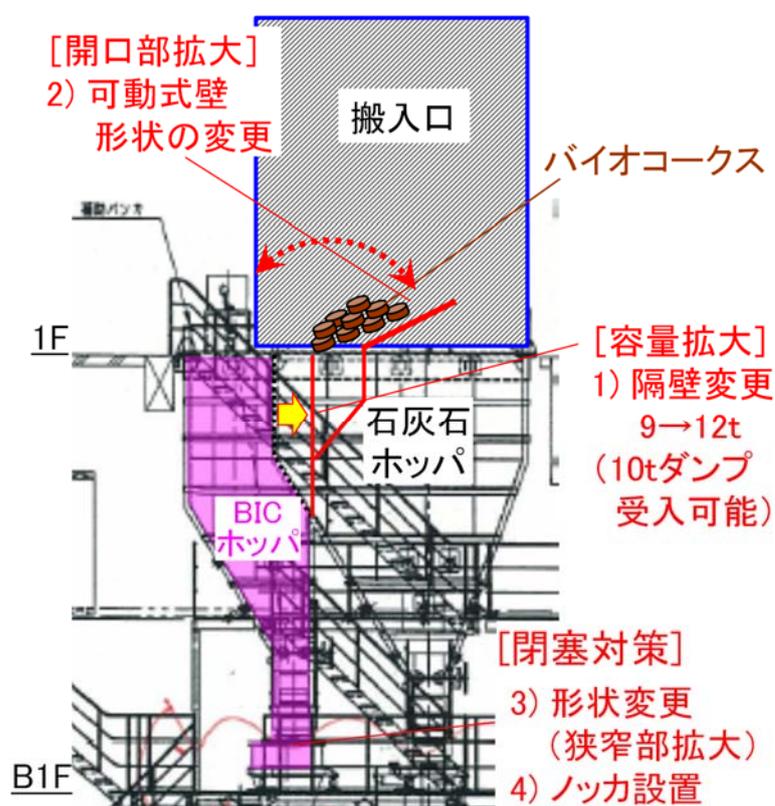


図 2-5 平成 29 年度の投入装置の工事内容



図 2-6 工事後の開口部

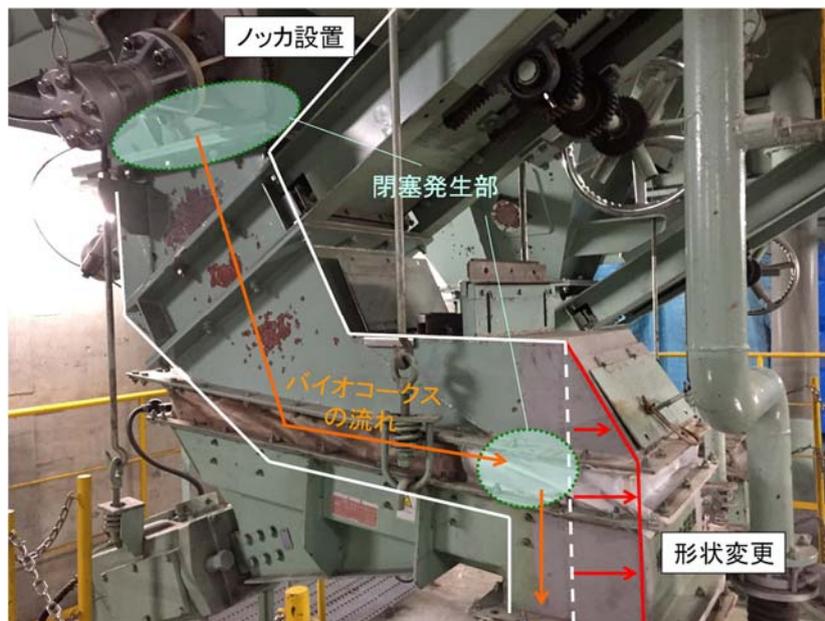


図 2-7 工事後の供給機と BIC ホッパ下部

イ. 供給する高速製造 BIC の性状

ガス化溶融炉に供給した高速製造 BIC の性状を、表 2-12 に記す。

各項目は、平成 27～29 年度におけるガス化溶融炉での試験において、多原料 BIC の受入の際に実施した項目から抜粋し、確認したものである。高速製造 BIC はこれらの仕様を満たしているため、石炭コークスを熱量等価で置換可能であると推定した。

(ア) 寸法

BIC が揮発分を保持したまま炉下部に到達して石炭コークスを代替するためには、廃棄物層中での加熱による揮発分の脱離を抑制するため一定以上の厚さ（最短径）が必要である。これまでの知見から、ガス化熔融炉において揮発分を保持したまま石炭コークスを代替可能なバイオマス燃料は、最短径が 30mm より大きいものであることがわかっている。本試験で用いる BIC は直径 100mm、長さ 50mm から 70mm であり、この条件を満たしていた。

(イ) 重量

BIC が揮発分を保持したまま炉下部に到達して石炭コークスを代替するためには、速やかに廃棄物層を降下するよう、1 粒子が一定以上の重量を持つことが必要である。これまでの知見から、ガス化熔融炉において揮発分を保持したまま石炭コークスを代替可能なバイオマス燃料は、1 個あたりの重量が 200g より大きいものであることがわかっている。本試験で用いる BIC は 1 個あたり 430g から 610g であり、この条件を満たしていた。

(ウ) 見掛密度

BIC が廃棄物層を通過する間に崩壊して小さくなると、炉下部に到達する前に消費されることになる。BIC 1 個あたりの体積と重量から算出する見掛密度は、この崩壊しやすさと相関を持つ。平成 27～29 年度の試験実施において、様々な見掛密度の範囲（ $1.15\sim 1.30\text{g/cm}^3$ ）の多原料 BIC について投入試験を実施した結果、範囲内の多原料 BIC はいずれも石炭コークスを熱量等価で置換できることがわかっている。本試験で用いる高速製造 BIC の見掛密度は 1.15g/cm^3 であり、仕様を満たしていた。

(エ) 発熱量

炉下部に到達した BIC は主羽口から供給された酸素富化空気により燃焼し発熱するが、一定以上の発熱量を持つことが必要である。これまでの知見から、ガス化熔融炉において石炭コークスを代替可能なバイオマス燃料は、低位発熱量が 13MJ/kg より大きいものであることがわかっている。本試験で用いる BIC は約 16MJ/kg であり、この条件を満たしていた。

表 2-12 ガス化溶融炉利用実証向け BIC の性状

測定項目	測定結果	基準	判定
寸法	φ 100 × 50 ~ 70 mm	最短径 > 30mm	○
重量	430 ~ 610 g	> 200 g	○
見掛密度(硬さと相関)	1.15 g/cm ³	> 1.15g/cm ³ ※	○
発熱量	LHV = 16 MJ/kg	LHV > 13MJ/kg	○
ドラム強度DI ³⁰ ₁₅ (乾留前の硬さ)	-	DI ³⁰ ₁₅ > 90 %	-
CO2反応後強度 (コークスベッド障害有無)	-	CSR(+3mm) < 50%	-

※ バイオコークスに限定した数値としてH.29年度成果を基に設定

ウ. 実証試験計画の策定

実証試験の詳細計画を、処理施設の管理者である盛岡・紫波地区環境施設組合と連携し、施設のごみ処理計画を滞らせることがないように策定した。

約 5 日間の期間、高速製造 BIC を石炭コークス代替燃料として使用し、石炭コークス削減率約 10% の供給量で操業し、高速製造 BIC の石炭コークス置換効果の確認及び高速製造 BIC 投入したことによるガス化溶融炉の操業上の問題の把握及びそれらへの対処方法を確立する計画とした。

BIC 投入によるガス化溶融炉への影響を確認するため、BIC 投入前（令和元年 12 月 2 日～6 日）、BIC 投入（令和元年 12 月 9 日～14 日）、BIC 投入後（令和元年 12 月 16 日～18 日）の 3 期間において、以下の操業パラメータのモニタリングを行った。また、後述する BIC 投入時に生じた供給機器内の BIC 閉塞対策として、令和 2 年 3 月 12～19 日の期間において、BIC の投入条件の最適化の検討及び効果の確認をした。

- スラグ温度、出滓状況
- 石炭コークス、バイオコークス量
- ごみ処理量
- 主羽口温度
- 炉底耐火物温度
- 主・副羽口流量
- 各部ガス温度
- 排ガス性状

また、平成 27～29 年度に実施した試験の際には、ガス化溶融炉メーカーの運転員が常駐し、BIC 投入の管理を行っていたのに対し、今回は、ガス化溶融炉での BIC の恒常利用を見据え、平常時の操業体制で実施することとし、トラブル発生の際には遠隔にてメーカーが対処法を検討する運転体制とした。

エ. 実証試験の実施

令和元年 12 月 9 日から令和元年 12 月 14 日までの 5 日間の期間で高速製造 BIC を石炭コークス代替燃料として使用し、石炭コークス削減率約 10% の条件で操業し、高速製造 BIC の石炭コークス代替性能を確認した。

高速製造 BIC 投入期間前（令和元年 12 月 2 日～6 日）、高速製造 BIC 投入期間（令和元年 12 月 9 日～14 日）及び高速製造 BIC 投入後（令和元年 12 月 16 日～18 日）の 3 期間において、上述した操業パラメータの比較を行い、大きな差異が見られなかったことから、高速製造 BIC の投入による炉への影響はほとんどないものと推測される。

しかしながら、5 日間の試験期間において BIC 受入部にて、BIC の閉塞の複数回発生し、投入条件等の変更が必要になったことから、BIC の安定的な供給には、BIC の投入量（BIC による石炭コークスの削減率）によって投入条件の変更が別途、必要となることが示唆された。

3 月 12～19 日の期間に BIC の閉塞トラブルへの対応策の検討として投入条件の最適化を行った結果、BIC の閉塞頻度が低減されることを確認できたものの、1 ヶ月程度の連続運用による確認が必要である。

オ. データ解析

高速製造 BIC の性状と実証試験で採取したデータを解析し、高速 BIC の石炭コークス代替効果の評価を行った。

本試験結果を評価するにあたり、BIC 使用率、石炭コークス削減率および石炭コークス置換率を以下と定義し、これらの指標を用いてデータ解析を行った。

$$\text{BIC 使用率} = \text{B}/\text{Co} \times 100 \text{ (wt\%)}$$

$$\text{石炭コークス削減率} = (\text{Co}-\text{C})/\text{Co} \times 100 \text{ (wt\%)}$$

$$\text{石炭コークス置換率} = (\text{Co}-\text{C})/\text{B} \times 100 \text{ (wt\%)}$$

ここで、Co はベース条件（石炭コークスのみによる操業）における石炭コークス原単位 (kg/t-ごみ)、C は本試験中の石炭コークス原単位 (kg/t-ごみ)、B は本試験中の BIC 原単位 (kg/t-ごみ) を示す。

図 2- 8 に BIC 使用率と石炭コークス削減率の関係を示す。図中には従来

の製造時間で製造した多原料 BIC と比較するために、高速製造 BIC のほかに、平成 29 年度の実施した試験データも合わせて掲載している (BIC No.1、2、4、5)。多原料 BIC の石炭コークスの代替効果が等価熱量の石炭コークスを削減した場合を図中に青線で示す。

高速製造 BIC は、等価熱量の線上にプロットされることから、等価熱量の石炭コークスを代替可能であると評価できる。平成 29 年度の試験結果を含めて考察すると、石炭コークス削減率は、BIC 使用率 80%以下の領域においては、BIC 使用率にほぼ比例して増加した。BIC 使用率が 80%を超える領域では、BIC 使用率を増加させても石炭コークス削減率は殆ど増加しなかったが、BIC 使用率 110%付近で最大値 51%に到達した。試験データは概ね等価熱量の線上にプロットされることから、従来速度及び高速製造した BIC はいずれも等価熱量の石炭コークスを代替可能であると評価できる。

図 2- 9 に BIC 使用率と石炭コークス置換率の関係を示す。上記と同様に等価熱量を表す線を図中に青線で示す。この図からも、高速製造 BIC は等価熱量程度の石炭コークスを置換可能であると評価することができ、平成 29 年度結果を含めた全体でみると BIC 使用率 80%以下の領域では、等価熱量程度の石炭コークスを置換し、BIC 使用率 80%を超えるにつれ置換率が低下する傾向にあると評価できる。

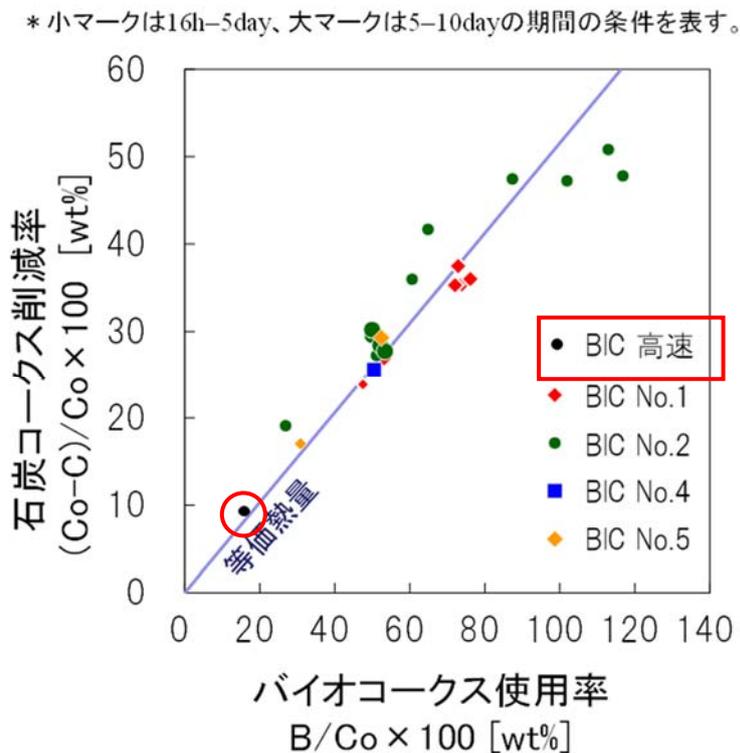


図 2- 8 BIC による石炭コークスの削減率

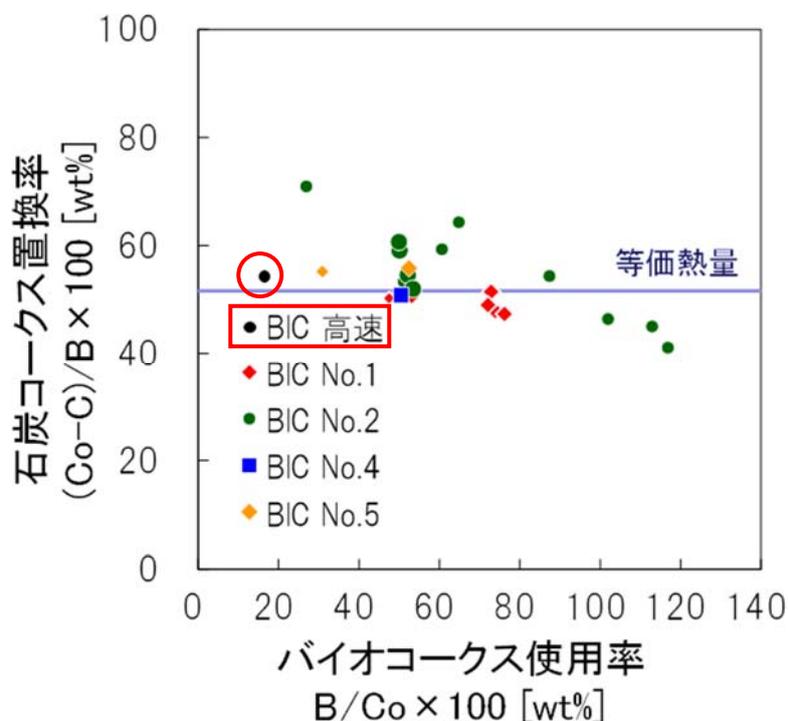


図 2-9 BIC による石炭コークスの置換率

カ. 実証試験後の確認

実証試験終了後の通常運転にて、多原料 BIC を投入したことによる影響がないことを確認した。

③BIC 製造技術のまとめ

ア. 多原料 BIC の製造条件の確立に向けた技術開発

実証事業地である秋田県横手市柳田 12-4 第二工業団地内(秋田県横手市)の周辺地域で収集可能であるバイオマス原料について、これらを複数混合したパターンを複数設定し、それぞれの製造条件の確立を目的とし、BIC 縦型製造設備を用いて、原料の含水率、加熱温度、加熱時間のパラメータを振って試作を行い、BIC の性状(見た目、見かけ密度、冷・熱間圧縮強度)を確認した。

(ア) BIC 縦型製造設備の改造

BIC 縦型製造設備について、多原料に対応し、細かな製造条件の設定を可能にするため、下記の機能追加及び調整運転を実施した。

- 反応器の細かな温度制御を可能にするため、従来の熱風供給方式から電気ヒータによる加熱方式に切り替えた。

- 加熱中に反応器の温度変更を可能にするため、前半と後半それぞれの温度設定が可能なシーケンスを組み込んだ。

(イ) 多原料 BIC の試作条件

種々の多原料 BIC の製造条件を確認するため、加熱温度（180℃をベースに 2 パターン追加）、加熱時間（1400 秒をベースに 2 パターン追加）、冷却時間（2100 秒をベースに 1 パターン追加）を組み合わせて多原料 BIC を試作した。実証先の受入条件として比重 1.2 以上の製品が望ましいことから、各配合パターンについて比重 1.2 以上を満たす製造条件を確認した。試作手順を図 2-10 に示す。



図 2-10 多原料 BIC の試作手順

(ウ) 多原料 BIC の試作結果

表 2-13 に各バイオマス原料の単独パターン及び混合パターン No.1 - 29 の計 29 通りの試作結果を示す。

糠は、加熱成型の際に軟化溶解性を示し、単体では成型が困難であった。一方、製材屑は BIC に成型できるものの単独では高比重の BIC が成型困難であった。これら単独で高比重の BIC が成型困難な原料においても、他の原料と混合することにより、比重 1.2 以上を満たす BIC を製造可能であることを確認した。

表 2-13 多原料 BIC の試作結果

No	原料組成	比重1.2以上を満たす製造条件		
		含水率[%]	加熱温度[°C]	加熱時間[秒]
1	粳穀90%、廃菌床10%	8~10	180~200	1550~1800
2	粳穀80%、糠20%	6~12	160~200	1300~1800
3	粳穀80%、廃菌床20%	10~12	160~200	1550~1800
4	糠20%、パーク50%、製材屑10%、廃菌床20%	8~12	160~200	1300~1800
5	稲藁15%、パーク55%、製材屑10%、廃菌床20%	8~12	160~200	1300~1800
6	稲藁20%、パーク80%	8~12	160~200	1300~1800
7	稲藁20%、廃菌床80%	6~12	160~200	1300~1800
8	パーク20%、廃菌床80%	6~12	160~200	1300~1800
9	粳穀70%、廃菌床10%、剪定枝20%	8	200	1300~1800
10	粳穀50%、パーク20%、製材屑5%、廃菌床5%、剪定枝20%	8~12	180~200	1300~1800
11	糠15%、パーク30%、製材屑10%、廃菌床15%、剪定枝30%	6~12	160~200	1300~1800
12	稲藁10%、パーク35%、製材屑5%、廃菌床15%、剪定枝35%	8~12	160~200	1300~1800
13	粳穀	8	200	1800
14	稲藁	12	160~200	1300~1800
15	糠	単体では成型が困難		
16	パーク	8~12	180~200	1550~1800
17	製材屑	いずれの条件でも比重1.2を下回った		
18	廃菌床	6~12	160~200	1300~1800
19	剪定枝	10~12	200	1550~1800
20	粳穀70%、パーク25%、廃菌床5%	12	170~190	1400~1600
21	パーク50%、廃菌床50%	12	150~190	1200~1600
22	粳穀60%、パーク10%、廃菌床10%、剪定枝20%	8~12	170~190	1200~1400
23	粳穀60%、稲藁3%、糠2%、パーク20%、製材屑5%、廃菌床5%、剪定枝5%	12	170~190	1600
24	粳穀70%、パーク10%、廃菌床20%	8~12	170~190	1600
25	そば殻100%	6~10	160~170	1200~1600
26	大豆殻100%	8~12	190	1400~1600
27	粳穀60%、パーク20%、そば殻20%	12	190	1400~1600
28	粳穀60%、パーク20%、大豆殻20%	10~12	170~190	1400~1600
29	パーク30%、廃菌床30%、そば殻20%、大豆殻20%	10~12	170~190	1400~1600

イ. 多原料 BIC の連続製造技術の確立に向けた技術開発

(ア) BIC 横型製造設備の試運転及び連続製造の検証

平成 27 年度に秋田県横手市柳田 12-4（横手市第二工業団地内）に BIC 横型製造設備（定格能力 2.4 トン/日）及び前処理設備一式を設置し、各機器の調整運転を経て、平成 28 年 1 月 12 日より多原料 BIC の連続製造を開始した。

(i) 多原料 BIC の目標性状

ガス化熔融炉での BIC 受入条件は、受入及び供給時のハンドリングを円滑にするために高さ 5～7cm、石炭コークスを熱量等価で置換するために比重 1.2 以上にする必要があり、BIC の性状を確認しながら、製造条件を適宜調整して連続製造を実施した。

(ii) BIC 製造設備の操業条件

設備の操業時間は 5：00～22：00 の 17 時間を標準とし、特に平成 28 年 1 月 25 日～2 月 12 日の期間は 24 時間操業を行い、3 月以降は 5：00～20：00 の 15 時間操業とした。

(iii) 連続製造における多原料 BIC の原料配合の選定

秋田県横手市内で発生するバイオマス原料の内、稲藁、糠及び製材屑は安価で大量収集するのが困難であり、冬季期間は剪定枝の大量収集が困難であることから、安定して大量に収集可能である籾殻、廃菌床及びバークを主原料として選定した。

調整運転において、原料配合において籾殻が占める割合が高い場合、反応容器内における摩擦抵抗が増大し、反応容器内で BIC が閉塞する傾向にあった。また、BIC 縦型製造設備による試作結果から籾殻の比率の増加に伴い、BIC の比重の低下が生じることが判明していた。BIC 縦型製造設備による試作結果及び近畿大学の既往の研究実績より、比重の向上のために廃菌床を、反応容器内の摩擦抵抗の低減のためにバークをそれぞれ一定量、籾殻に混合した原料パターンを設定し、それぞれ 10 トンずつ、計 50 トン製造した。

- ロット 1：籾殻 40%、廃菌床 40%、バーク 20%
- ロット 2：籾殻 50%、廃菌床 25%、バーク 25%
- ロット 3：籾殻 60%、廃菌床 20%、バーク 20%
- ロット 4：籾殻 50%、廃菌床 25%、バーク 20%、稲藁 5%
- ロット 5：籾殻 70%、廃菌床 15%、バーク 15%

(iv) 平成 27 年度における多原料 BIC の製造及び出荷実績

横型製造設備の製造実績を図 2- 11 に示す。横軸に操業日、縦軸に 1 日の BIC 製造量をプロットした。製造量がゼロの日は操業を停止した日であり、計画休業と保守メンテナンス実施のいずれかである。1 月 26 日は、24 時間操業をほぼ順調に行ったことで、定格性能に迫る 2.2 トン弱の多原料 BIC を製造できた。全期間を俯瞰して製造量にばらつきが見られるのは、以下の 3 点が大きな原因であった。

- 一部の成型機の不調による製造効率低下
- 反応容器内の BIC 閉塞による製造中断
- 前処理後原料のショートによる成型機の稼働率の調整

ロット 1~4 の多原料 BIC については、盛岡・紫波地区環境施設組合へそれぞれ 10 トンずつ出荷し、燃焼試験に供した。表 2- 14 に多原料 BIC の出荷実績を示す。

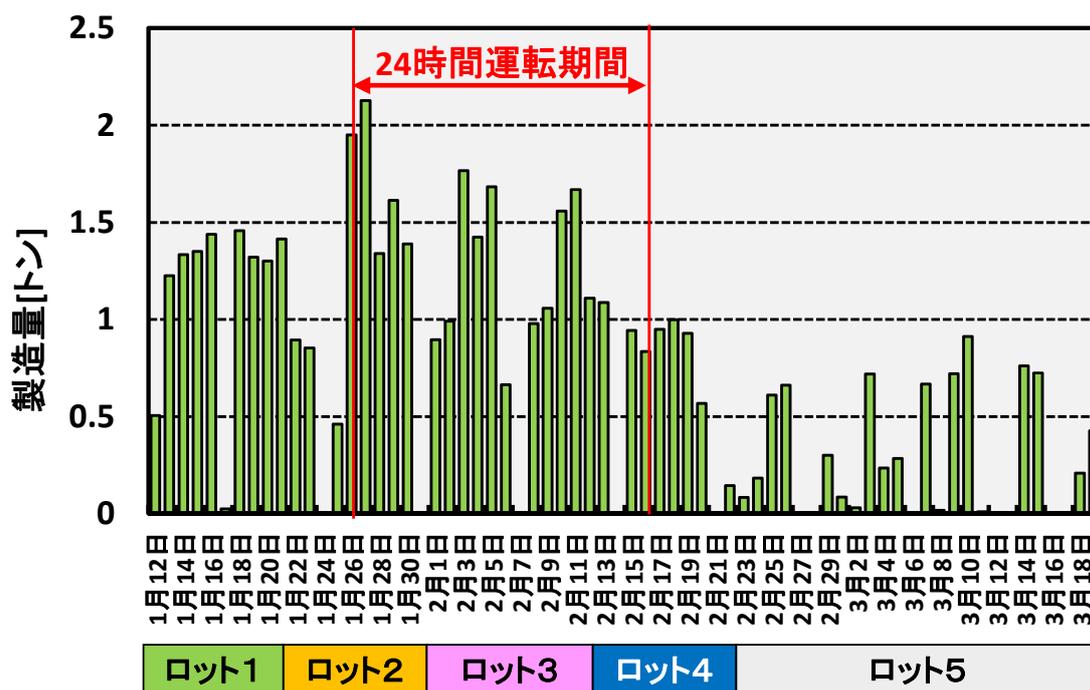


図 2- 11 横型製造設備の運転実績

表 2-14 平成 27 年度の多原料 BIC の出荷実績

ロット	出荷日	量(トン)	原料組成
1	1/22	10	籾殻40%、廃菌床40%、バーク20%
2	2/2	10	籾殻50%、廃菌床25%、バーク25%
3	2/9	6	籾殻60%、廃菌床20%、バーク20%
	2/12	4	
4	2/16	5	籾殻50%、廃菌床25%、バーク20%、稲藁5%
	2/19	4	
	2/20	1	

(イ) 多原料 BIC の通年生産の検証

BIC 横型製造設備にて、平成 27 年度の原料収集実績、連続製造結果及び縦型製造設備の試作結果を踏まえて設定した混合パターン No.1～No.10 について連続製造を実施した。

また、平成 27 年度の操業で課題となった高含水率のバイオマス原料への対応として乾燥機を増設した。

(i) 乾燥能力の増強

平成 28 年度の冬期間の運転において、バイオマス原料の凍結や雪が混入した際に、乾燥機 1 基では対応できなかったため、高含水率のバイオマス原料の場合にも対応できるよう、乾燥機を追加導入した。乾燥機の写真を図 2-12、図 2-13 に示す。

増設した乾燥機は、バイオマス原料の過乾燥を防止するため、比較的低温である 80℃～120℃で稼働させることとし、乾燥機増設後は、日中の原料調製量が増え、多原料 BIC の製造量が増加した。



図 2-12 乾燥機 No.2



図 2-13 乾燥機設置検査の様子

(ii) 平成 28 年度における設備の操業条件

通常運転時は、7～20 時の 13 時間を有人運転とし、作業員が原料の粉碎、乾燥及び投入を実施した。20～6 時の 11 時間は、無人運転とし、BIC 横型製造装置のみ稼動とした。平成 28 年 10 月 17 日～11 月 25 日は増産のために 6：00～22：00 の 16 時間を有人運転、22：00～6：00 を無人運転とし、有人運転間の原料調製量の増量を図った。

(iii) 平成 28 年度における多原料 BIC の製造及び出荷実績

平成 28 年度の横型製造設備の製造実績を表 2-15 に示す。No.1～3 について、それぞれ 68～85 トン、No.4～10 については、それぞれ 2～9 トンを連続製造し、合計で約 290 トンの多原料 BIC を製造した。

1 日ごとの製造量を図 2-14 に示す。横軸に運転日、縦軸に 1 日の BIC 製造量をプロットした。製造量がゼロの日は運転を停止した日であり、計画休業と保守メンテナンス実施のいずれかである。

No.1 の後半に乾燥機を導入したことにより、以降の No.2、No.3 及び No.10 のパターンでは製造量が右肩上がりとなっている。No.5、7 及び 8 にて製造量が減少しているのは、No.5 を構成する原料全てが乾燥を必要とする原料であるため、原料の調製に時間を要したためである。No.9 以降も製造量が 1.3 トン程度であるのは、BIC 成型機のピストンの端面の摩耗により、全ての成型機にて部品取替え工事等で製造中断を余儀なくされたためである。

製造した多原 BIC のうち、計 237 トンを実証試験のため岩手県紫波群にあるガス化溶解炉方式一般廃棄物処理施設へ輸送した。出荷実績を表 2-16 に示す。

表 2- 15 平成 28 年度の横型製造装置の製造実績

No	原料	計画 [トン]	実績 [トン]
1	籾殻60%、バーク20%、廃菌床20%	70	85.0
2	籾殻70%、バーク20%、廃菌床10%	70	68.0
3	籾殻70%、バーク25%、廃菌床5%	70	84.3
4	籾殻50%、バーク20%、製材くず5%、廃菌床5%、剪定枝20%	10	9.6
5	バーク50%、廃菌床50%	10	9.0
6	籾殻60%、バーク10%、廃菌床10%、剪定枝20%	10	9.3
7	稲藁10%、バーク35%、製材くず5%、廃菌床15%、剪定枝35%	10	4.8
8	稲藁15%、バーク55%、製材くず10%、廃菌床20%	10	2.1
9	籾殻60%、稲藁3%、糠2%、バーク20%、製材くず5%、廃菌床5%、剪定枝5%	10	8.9
10	籾殻70%、バーク10%、廃菌床20%	10	9.9
合計		280	290.9

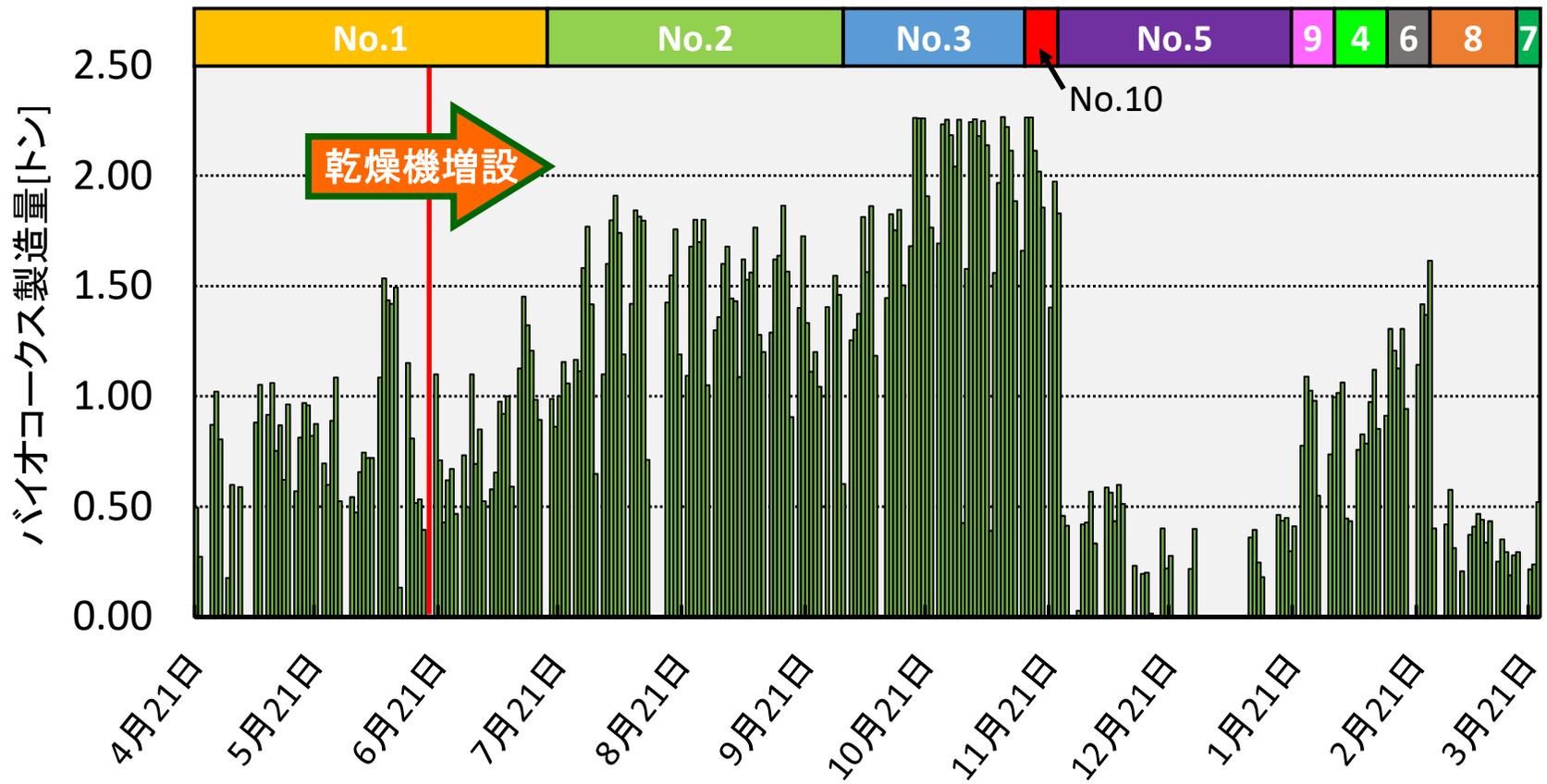


図 2-14 平成 28 年度の横型製造装置の 1 日ごとの製造量

表 2- 16 平成 28 年度の多原料 BIC の出荷実績

BIC No.1		BIC No.2		BIC No.3	
搬入日	搬入量 [kg]	搬入日	搬入量 [kg]	搬入日	搬入量 [kg]
7/25	12,095	9/21	12,560	10/21	7,970
7/30	12,015	9/26	12,540	10/29	12,560
8/5	12,035	10/4	12,420	11/3	12,465
8/12	12,520	10/8	12,890	11/12	12,370
8/17	13,080	10/17	12,460	11/16	12,570
8/23	13,045	10/21	5,210	11/22	12,650
8/29	10,720	-	-	11/24	13,235
計	85,510	計	68,080	計	83,820

(ウ) 多原料 BIC の通年生産及び設備の省人化の検討

(i) 平成 29 年度における多原料 BIC の製造及び出荷実績

横型製造設備にて、平成 28 年度の原料収集実績、連続製造結果及び縦型製造設備の試作結果を踏まえて設定した混合パターンについて、平成 29 年 4 月 1 日から 12 月 22 日にかけて連続製造を実施した。平成 29 年度の多原料 BIC 製造実績を表 2- 17 に示す。

No.1～3 は当初の計画量 100 トンに対し、それぞれ 123 トン、77 トン、100 トン製造した。No.4、5 は計画量 40 トンに対し、計画通りそれぞれ 40 トン製造した。平成 29 年度の多原料 BIC の製造量は総計 340 トンとなり、計画量を満たした。

製造設備の操業は、7～20 時の 13 時間を有人運転とし、作業員が原料の粉砕、乾燥及び投入を行い、日中の有人操業及び夜間の無人操業分の原料を調製し、20～7 時の 11 時間は無人運転で横型製造装置のみ稼動とした。

表 2-17 平成 29 年度の横型製造装置の製造実績

No.	粃殻 (%)	バーク (%)	廃菌床 (%)	その他原料 ※ (%)	合計 (%)	計画量 (トン)	実績 (トン)
1	約70	約25	約5	—	100	約100	123
2	約70	約20	約10	—	100	約100	77
3	約60	約25	約15	—	100	約100	100
4	約50	約35	約15	—	100	約40	40
5	—	約50	約30	約20	100		
計						約340	340

※製材くず、稲藁、剪定枝、糠など

日毎の製造量を図 2-15 に示す。横軸に操業日、縦軸に 1 日の BIC 製造量をプロットした。製造量がゼロの日は運転を停止した日であり、計画休業と保守メンテナンス実施のいずれかである。

後述の乾燥機の配置換え及び前処理機器の増設により、1 日あたりの原料調製量が増加したため、No.1 の製造期間後半より BIC の製造量が右肩上がりになっている。No.5 の製造期間にて BIC の製造量が減少しているのは、No.5 を構成する原料組成に粃殻が含まれておらず、全てが乾燥を原料であるため、原料調製に時間を要したためである。10 月以降は後述の多原料 BIC の製造時間短縮の条件の適用により、BIC の製造量が更に増加している。

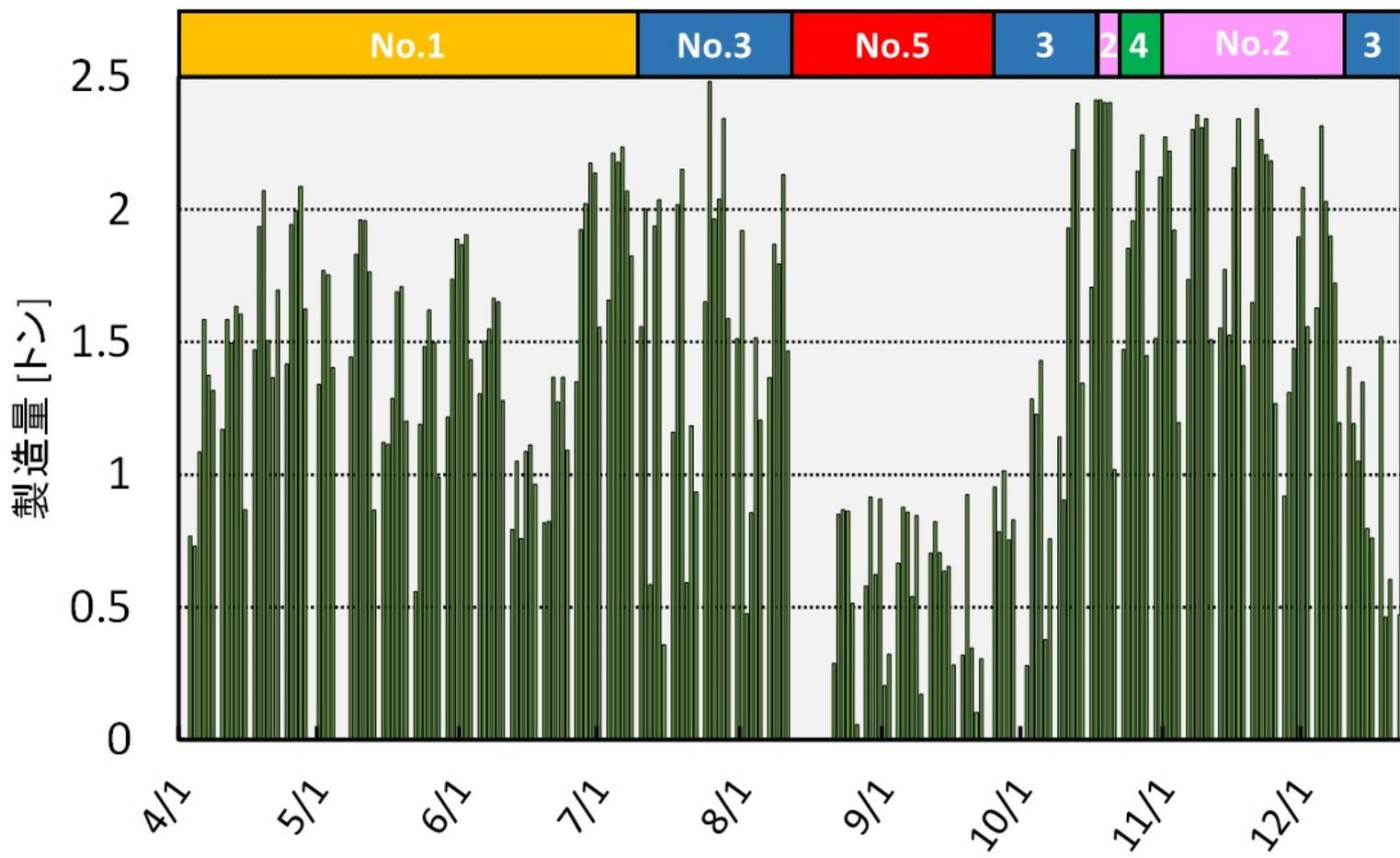


図 2-15 平成 29 年度の横型製造装置の 1 日ごとの製造量 (4/1~12/22)

(ii) 実証試験先への多原料 BIC の運搬

製造した多原料 BIC のうち、243 トンを岩手県紫波郡矢巾町のガス化溶融炉方式一般廃棄物処理施設へ、また 67.4 トンを鑄造メーカ 2 社にそれぞれ輸送した。平成 29 年度は、事業化を見据えて従来のフレコンバッグによる輸送に加えてバルク輸送も実施した。出荷実績を表 2-19～表 2-21 に、積み込みの様子を図 2-16 にそれぞれ示す。

表 2-18 多原料 BIC のガス化溶融炉への出荷実績（フレコンバッグ）

搬出日	搬出量[トン]	搬出日	搬出量[トン]
7/29	12.5	8/26	12.2
8/3	12.4	8/30	12.1
8/8	12.6	9/2	12.8
8/12	12.4	9/6	11.9
8/16	12.4	10/23	7.7
8/21	12.1		
合計 131.1 トン			

表 2-19 多原料 BIC のガス化溶融炉への出荷実績（バルク）

搬出日	搬出量[トン]	搬出日	搬出量[トン]
10/17	10.5	11/22	6.1
10/27	8.7	11/24	8.1
11/1	9.4	11/28	6.2
11/6	9.0	12/1	6.1
11/10	7.1	12/5	6.6
11/14	7.0	12/8	5.1
11/17	6.1	12/12	6.8
11/20	5.5	12/15	4.1
合計 112.4 トン			

表 2-20 多原料 BIC の産業用キュポラへの出荷実績（フレコンバッグ）

搬出日	搬出量[トン]
9/1	11.8
9/8	10.0
10/11	5.6
合計	27.4 トン

表 2-21 多原料 BIC の産業用キュポラへの出荷実績（バルク）

搬出日	搬出量[トン]
1/15	10.0
1/29	10.0
2/22	10.0
3/8	10.0
合計	40.0 トン



図 2-16 多原料 BIC のバルク積みの様子

(iii) 多原料 BIC 製造設備の省人化に向けた改造

乾燥機の配置換え、乾燥原料の原料搬送コンベヤへの搬送方法の改善及び貯留切り出し装置のブリッジ防止の攪拌翼を改造することで、これまで手動で行ってきた原料搬送及び混合工程の自動化を検証した。

また、粉碎機、播潰機の前処理機器類とその上・下流に設置された原料移送用コンベヤの動作を連動させることで各機器の稼働率の最適化を行った。

■ 製造設備の自動化

➤ 乾燥機 No.1、No.2 の配置換え

2 基の乾燥機の配置を平成 28 年度までのシリーズ配置から平行配置に変更した。これまでのシリーズの配置では、乾燥機 No.1、No.2

の処理容量の差から No.2 が律速となっており、バランスを取るために乾燥機 No.1 の設定をマイルドにする必要があり、原料調製量が頭打ちになっていた。

図 2- 17 に示すように乾燥機への原料移送コンベヤに分配機能を付加し、乾燥機 No.1、No.2 を平行に配置したことで、1 日あたりの原料調製量が増加した。

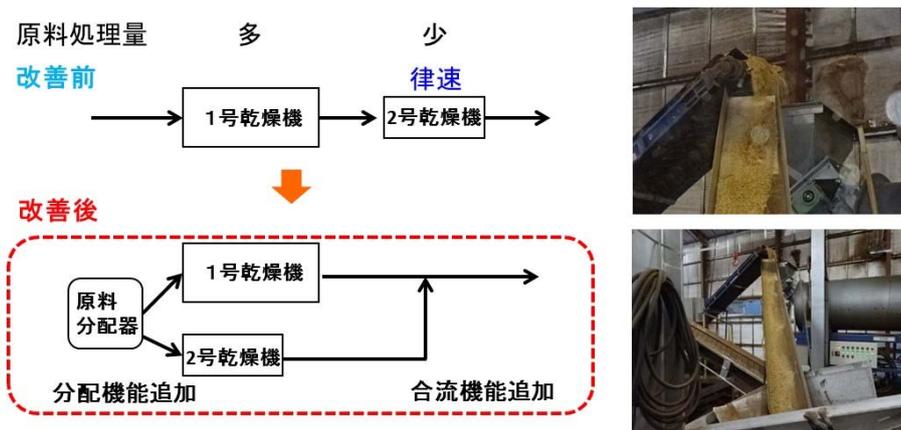


図 2- 17 乾燥機の配置換え

- ベルトコンベヤ、エアノッカー増設による原料・製品輸送の自動化
 図 2- 18 に示すように乾燥機出口原料貯留槽、成型機出口にベルトコンベヤを配置し、これまで手動で行ってきた原料の搬送及びフレコンへの袋詰め作業の自動化した。また、エアノッカーを増設し、原料ブリッジの自動解消を図った。

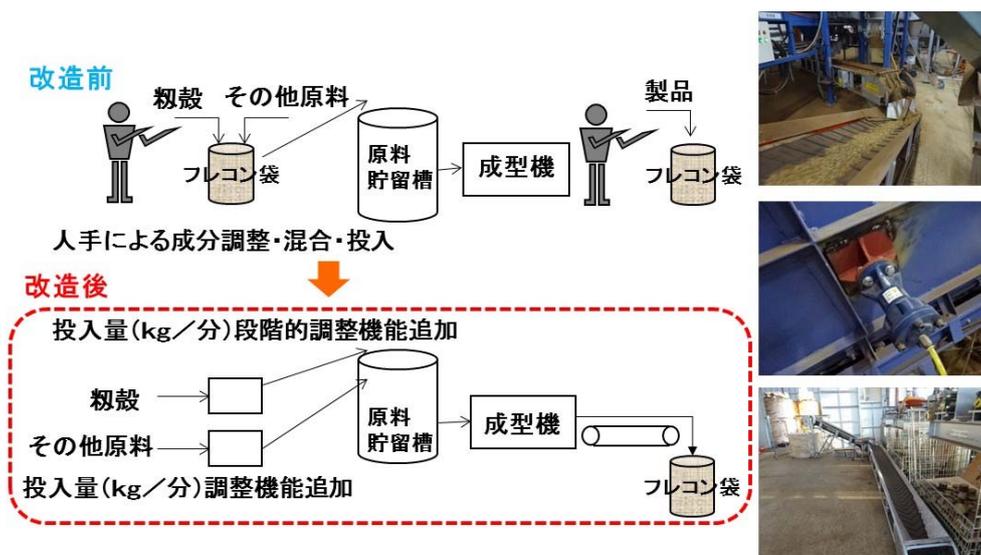


図 2- 18 ベルトコンベヤの増設

➤ 原料混合能力の強化

原料貯留槽には、元々、貯留槽内でのブリッジ防止のための攪拌翼が備わっているものの、槽内の原料を攪拌するまでの能力は無く、貯留槽に投入する前に手動で攪拌していた。

図 2-19 に示すように、貯留槽底部の攪拌翼に鋼棒を取り付けることで攪拌能力の強化を図った。また貯留槽の外壁を切り出し、アクリル板を張ることで、外部からの貯留槽内の原料量の視認性の向上を図った。

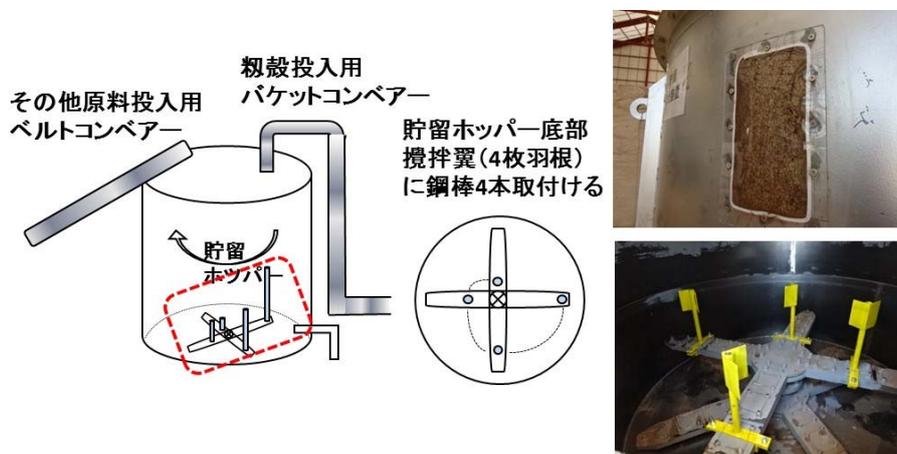


図 2-19 原料貯留槽の改造

■ 製造設備の省エネルギー化

BIC 製造における乾燥工程の灯油消費量の削減のために、横手市周辺地域で豊富に存在する籾殻を乾燥熱源で使用するため、籾殻燃焼器を導入し、乾燥機 No.2 に接続した。籾殻燃焼器を図 2-20 に示す。

籾殻燃焼器の燃焼熱を乾燥機 No.2 に供給することで、乾燥機 No.2 の1日の灯油使用量約 60L が削減された。



図 2-20 籾殻燃焼器（左：燃焼部、右：熱風供給部）

ウ．多原料 BIC の高速製造技術の確立に向けた技術開発

多原料 BIC 事業の経済性の改善を目的とし、BIC の製造の製造時間の最適化（製造効率の向上）の検証を行った。本項目の検討は、平成 29 年度（実証地：秋田県横手市）より開始し、BIC の製造時間を従来比で 50%短縮化することの可否及びそれら条件で製造した BIC の利用先での石炭コークスの置換効果について検証を行った（平成 31 年度の業務内容）。

(ア) 多原料 BIC の製造条件 25%短縮の検証

平成 29 年度にて実施した、籾殻 70%、バーク 25%、廃菌床 5%の原料構成にて高速製造技術（短縮率：最大 25%）の検証を行った結果を以下に記す。多原料 BIC の製造時間短縮にあたり、加熱条件及び圧縮時間の条件を調整し、製造した BIC の性状及び製造時間の短縮による影響について確認した。

(i) 圧縮時間の調整

BIC 成型機の原料投入～押込～BIC 排出までのピストン動作及び所要時間を、図 2-21 に示す。BIC の製造時間を短縮化するに当たり、各ピストン動作の「押込」工程について、通常設定値の 61.5 秒から 12～35 秒程度短縮し、原料の投入～加熱～冷却～排出までの合計の製造時間を 8.5～25%短縮化し、連続製造を実施した。

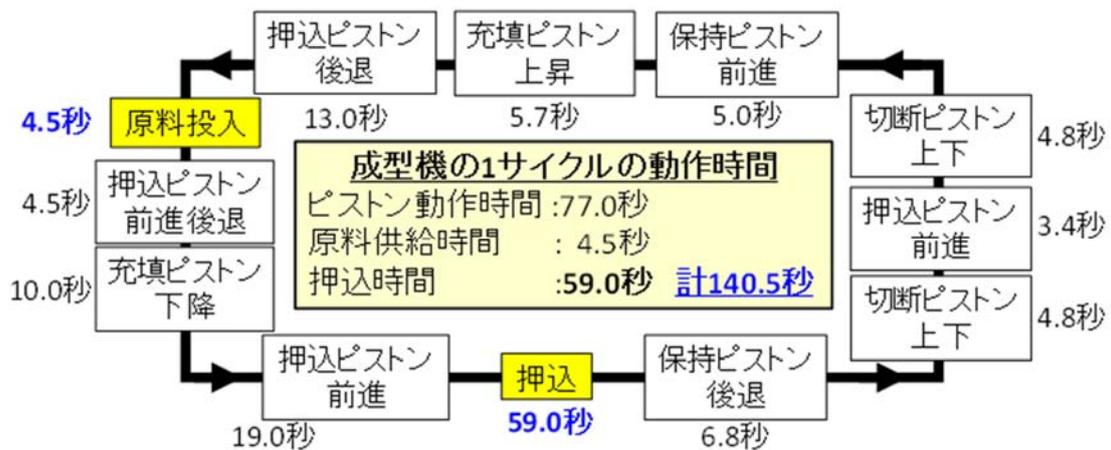


図 2-21 BIC 成型機の 1 サイクルの動作時間 (従来設定)

(ii) 加熱・冷却条件の調整

加熱・冷却条件の概要を図 2-22 に示す。上流側のヒータ①を通常時の設定温度の約+20℃とし、下流側のヒータ②を OFF とした。なお、電源を OFF にしたヒータ②の加熱区域においては、周囲を断熱材で覆い保温することで、ヒータ①及び反応容器内の BIC の伝熱により約 140℃を示していた。

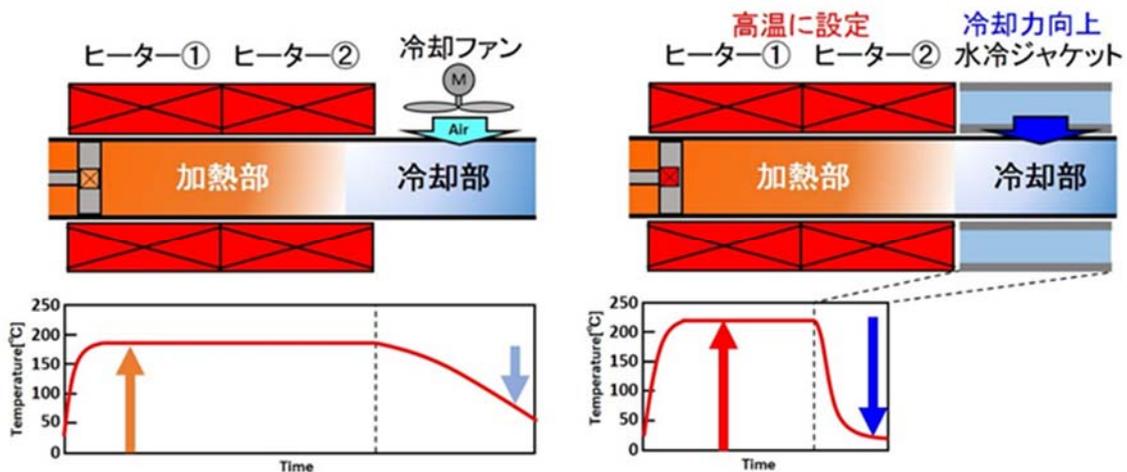


図 2-22 BIC 高速連続製造時の加熱・冷却条件の概要

(iii) 製造時間短縮の条件で製造した多原料 BIC の性状

各製造時間短縮条件にて排出された BIC について、従来条件のものと見掛け密度及び冷間圧縮強度を比較し、製造時間短縮による BIC 性状への影響を評価した。表 2-22 に、各製造時間の BIC の性状を、図 2-23 に、加熱温度及び押込時間と見掛け密度及び圧縮強度の関係を示

す。いずれの条件においても、表面状態には差異は見られなかった。見掛け密度は、いずれの製造時間においても 1.20g/cm^3 付近の値を示した。また、冷間圧縮強度に関しては、いずれの条件においても目標値となる石炭コークスの冷間圧縮強度 20MPa を上回ることがわかった。

以上の結果より、押込時間を通常条件の 61.5 秒から 26.5 秒に短縮し、製造時間を 25% 短縮化した条件において、見掛け密度及び冷間圧縮強度を維持できることがわかった。

表 2-22 BIC 性状（見掛け密度、圧縮強度）への製造時間の影響

BIC外観							
加熱温度 [°C]	170	220	220	220	220	220	220
押込時間 (加熱時間) [秒]	61.5 (1530)	61.5 (1530)	49.5 (1400)	38.5 (1270)	35.5 (1240)	32.5 (1200)	26.5 (1140)
時短率 [%]	—	—	8.5%	17%	19%	21%	25%
見掛け密度 [g/cm ³]	1.18	1.19	1.18	1.21	1.20	1.22	1.23
圧縮強度 [MPa]	38.6	49.4	50.5	49.7	54.0	58.3	52.3

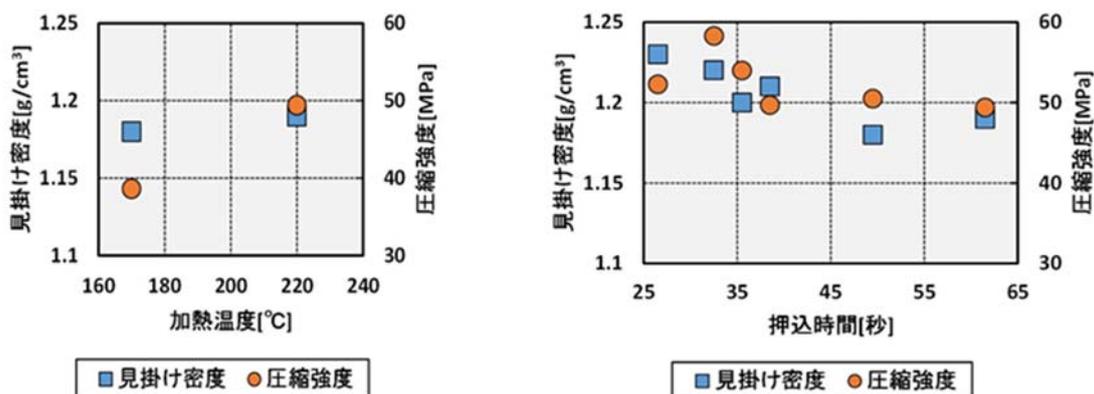


図 2-23 加熱温度及び押込時間と見掛け密度及び圧縮強度の関係

(iv) 製造時間短縮による効果の検証

各製造時間短縮条件にて排出された BIC について、製造時間短縮による BIC 製造にかかるエネルギーへの影響について評価した。

BIC 成型機 8 シリンダにおいて、既述の製造時間短縮の条件を適用して連続製造を実施し、1 時間あたりの BIC 製造量及び成型機の電力量を確認した。それぞれの結果を、表 2-23 に示す。

製造時間短縮条件を適用した場合、従来製造時間ベース条件と比較して1時間あたりのBIC製造量は70 kg から 89 kg と 27%増となった。また、BIC1kg あたりの電力量はベース条件で 0.200kW/kg であるのに対し、製造時間短縮条件では 0.175kW/kg と 14%の省エネルギー効果が見られた。ヒータ①の設定温度を上昇させたものの、ヒータ②を OFF にし、ピストンの押込時間を短縮化したことで単位量あたりの BIC を製造するのに要する電力量が削減されたと推察される。

表 2-23 BIC の製造量及び電力量

	電力量 [kW/h]	BIC製造数 [kg/h]	BIC1個あたりの電力量 [kW/kg]
ベース条件 (185°C)	14.0	70	0.200
時短条件 (220°C、25%短縮)	15.6	89	0.175

(イ)多原料 BIC の製造時間 50%短縮の検証

平成 30 年度は、利用先としてガス化溶解炉を想定し、製造時間を約 50%短縮した製造条件の連続製造への適用性を見極めをした。

製造時間を約 50%短縮した製造条件を設定するために、BIC 成型機への機能の追加及び改造を実施した。また、高速製造条件による多原料 BIC の試作を行った。

高速連続製造における製造条件の概要を、図 2-24 に示す。製造時間短縮時の製造条件は、以下の設定で実施した。

- ヒータ①を通常の設定温度の+約 20°Cに設定変更
- ヒータ②を OFF 設定
- 押込ピストン端面のヒータの設定温度を高温（100～200°C）に設定
- 各ピストンの動作速度を向上
- 押込ピストンによる押込時間を短縮



図 2-24 BIC 成型機の 1 サイクルの動作時間（製造時間 40~50%短縮）

(i) 高速製造条件の設定に向けた設備改造

既存設備の BIC 成型機は 4 基 8 シリンダ（1 シリンダあたりの定格製造能力 300kg/日×8 シリンダ）で構成され、すべてのシリンダ駆動系列に対して、以下の改造を実施した。

▶ 油圧ユニットのモータ及びポンプの速度向上の調整

BIC 成型機各ピストン動作速度を向上するべく、油圧ユニットのモータの速度を任意で調整できるように、成型機のシーケンス及び専用操作パネルの調整を実施した。

ピストンの一連動作の速度は、①「初速稼動時の速度と減速稼動時の速度の設定」及び②「初速稼動から減速稼動に切り替わる時間」をそれぞれ設定し、特に②については、各成型機のそれぞれのピストンの実動作を確認しながら調整するものである。今回のシーケンス調整の対象は、押込ピストン及び充填ピストンとした。なお、切断ピストンはストロークが短く、動作速度アップの効能が小さいため、また保持ピストンは、BIC の反応容器からの排出長さが一定でなく、初速稼動から減速稼動への切替えのタイミングが一定でないことから、今回の調整対象からは除外することとした。

各ピストン速度設定画面の写真を、図 2- 25 に示す。左側の数値が従来の設定値、右側の数値が今回調整した、各ピストンの動作速度を向上させた場合の数値である。ただし、速度設定画面の表示値 0~4,000 はモータ回転数を調整するための調整値であって、実際の回転数 -3,000rpm ~+3,000rpm に対応している。各ピストンの動作速度のうち、「充填下降速度」及び「押込前進速度」を+1,500 rpm（調整値 3,000）⇒ +3,000 rpm（調整値 4,000）に、「充填上昇速度」及び「押込後退速

度」を-1,500 rpm（調整値 1,000）⇒ -3,000rpm（調整値 0）にそれぞれ設定し、速度アップを図った。

これら条件変更を BIC 成型機各シリンダ駆系列に適用し、それぞれのピストン動作時間を確認した結果を表 2-24 に示す。

2系(奥)		1系(手前)
3000	充填下降速度	4000
110	減速タイマ	55
1000	充填上昇速度	0
85	減速タイマ	23
3000	押込前進速度	4000
0	減速タイマ	90
1000	押込後退速度	0
0	減速タイマ	60

図 2-25 ピストン動作速度設定画面

表 2-24 BIC 成型機の各ピストン動作の所要時間及び短縮効果
(代表例：成型機 1-1)

	成型機 1-1		
	調整前[秒]	調整後[秒]	短縮時間[秒]
充填ピストン上昇	5.53	5.07	0.46
充填ピストン下降	9.91	6.21	3.70
押込ピストン前進	18.67	11.45	7.22
押込ピストン後退	12.89	9.13	3.76

▶ 押込ピストン端面ヒータの容量向上

BIC の製造時間を短縮化した際に、製造した BIC の性状維持を実現するために、加熱工程における BIC への熱負荷（与熱）容量を一定にする必要がある。そこで、押込ピストン端面ヒータの設定温度を従来の 100℃から 200℃まで昇温可能とするべく、押込ピストンの先端金具に埋設している端面ヒータの容量を従来の 120W から 250W に変更した。

ヒータ容量を 120W から 250W に増加するにあたり、従来取り付けられていたスペースヒータタイプでは、単位面積当たりの電力容量がメー

カ的一般製品の基準を超過してしまい、取付け対応が困難であることから、ヒータの種類を変更することとした。種々のヒータ及び押込ピストン先端金具への取付け方法の検討を重ねた結果、カートリッジヒータタイプを採用することとし、50 W ヒータを5本取付け、合計容量を250 W とした。

端面ヒータの改造前後の概略図、写真及び仕様を、それぞれ図 2-26 図 2-27 及び表 2-25 にそれぞれ示す。ヒータ取付け後、動作確認としてヒータの入・切の動作性、及び昇温による設定温度の確認を行ったところ、いずれの成型機においても目標温度の 200°C まで昇温可能であることを確認した。端面ヒータが 200°C に到達した際の操作パネル表示の写真を、図 2-28 に示す。

外気温 (約 0°C) から 200°C まで昇温するにあたっての所要時間は約 50 分であり、昇温速度は約 4°C/min となる。操業時には、端面ヒータが所定の温度に到達するまでの所要時間を考慮して各成型機を立ち上げる必要がある。

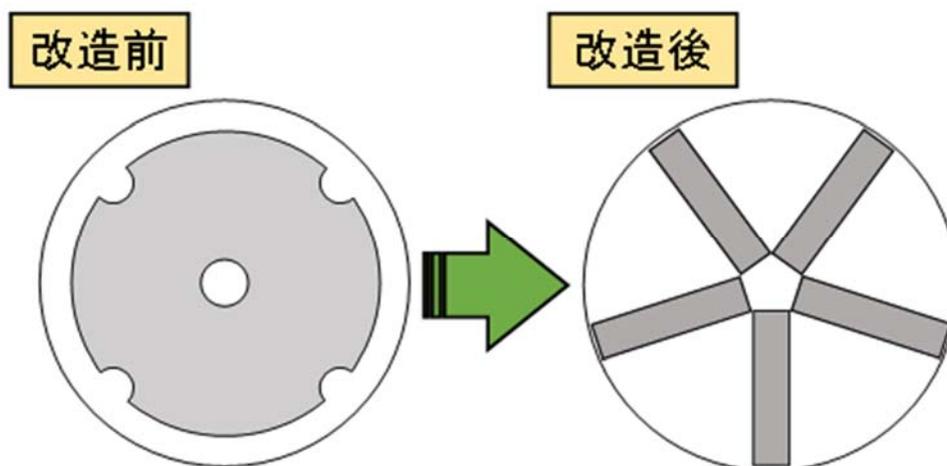


図 2-26 改造前後のヒータ種類の概略図
(改造前：スペースヒータ、改造後：カートリッジヒータ)

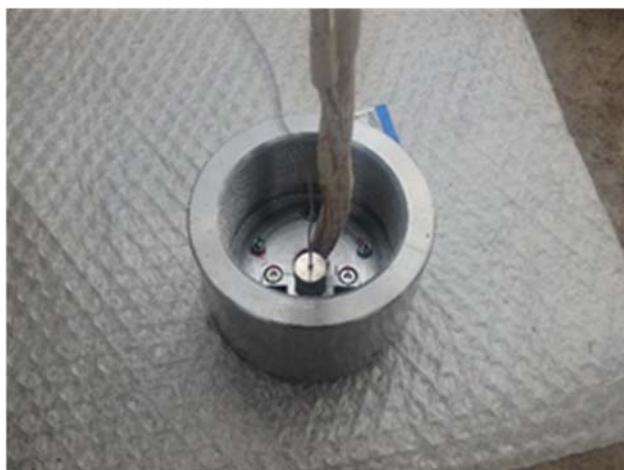


図 2-27 押込ピストンの先端金具及びヒータ

表 2-25 改造前後のヒータ種類、容量及び設定温度範囲

	改造前	改造後
種類	スペースヒータ	カートリッジヒータ
容量	120W	50W×5本
温度範囲	~100℃	~200℃



図 2-28 端面ヒータ 200℃到達時の操作パネル画面

▶ 水冷システムの追加

BIC 成型機の反応容器の冷却部は、従来、送風機による空冷式を採用していた。しかしながら、BIC の製造時間短縮にあたり、熱容量の

大きい水冷方式の導入を検討し、冷却水を直接散水するシャワー方式を採用した。

秋田県横手市において実施した平成 27～29 年度の実証試験期間において、従来の空冷方式の場合、外気温が比較的低い秋～冬季は、効果的に反応容器内の BIC を冷却できていたものの、外気温が高い夏季においては、冷却帯温度を感知する熱電対が 50°C前後を示しており、十分冷却できていたとは言い難い状態であり、夏季においては雰囲気温度や反応容器内温度の上昇により BIC 排出時の圧力が上昇しやすい傾向にあるなど連続製造への悪影響も見られていた。

製造時間短縮の条件は、ピストンの稼働時間を調整するため、加熱時間の短縮に伴い冷却時間も短縮されるため、冷却不足がより深刻化することが懸念される。従って、外気温が高くなる傾向にある夏季においても効果的に冷却するべく、シャワー方式を採用することとした。

シャワー方式の冷却機器は、反応容器に取り付ける水冷ユニット、排水タンク、クーリングタワー、各装置への循環ポンプ及び配管一式で構成した。

なお、冷却帯の冷却機器は、外気温が高い夏季を除いた時期は、従来どおり送風機による空冷方式、外気温が高い夏季においては、本項のシャワー方式でそれぞれ運用することを想定している。



図 2-29 クーリングタワー及び反応器の冷却部（シャワー）

(ii) 高速製造条件での連続製造性の検証

➤ 製造時間 40%～50%短縮の連続製造の検証

BIC の製造時間を従来比で約 40～50%短縮した場合の製造条件は、下記のとおりである。ピストンの各動作速度を向上、押込時間を短縮することで従来の製造時間の 40%短縮及び 50%短縮の条件に設定で

きることを確認した。

■加熱温度：ヒータ①200℃、ヒータ②OFF、端面ヒータ：150℃

■押込時間：21.0 秒（40%短縮）、7.0 秒（50%短縮）

■押込圧力：15MPa（排出圧力増大に伴い 16.5MPa に変更）

▶ 40%短縮における試作結果

前項の条件にて、製造時間 40%短縮について BIC の試作を行った。原料投入～成型～排出を 29 サイクル分繰り返し、反応容器（全長 1,400mm）が時短の条件で製造した BIC で充填された時点での排出圧力は約 15MPa（押込ピストンの最大値は 21MPa）であった。その後、5 サイクル繰り返し、製造時間 40%短縮製造した試作 BIC を回収したところ、比重は 1.24 と従来条件のものと同程度であった。

▶ 50%短縮における試作結果

製造時間 40%短縮運転につづき、前項の条件にて、製造時間 50%短縮について BIC の試作を行った。原料投入～成型～排出を 20 サイクル分繰り返した（反応容器の約 2/3 が BIC で充填された）時点において、排出圧力が約 17MPa と非常に高い値を示し、反応容器内での BIC の閉塞の危険性が示唆されたため連続運転を停止した。製造時間 50%短縮での連続製造実現に当たっては、引き続き原料の構成及び製造条件の調整が必要であることがわかった。

▶ 安定した製造に向けて

BIC 成型機の一部に製造時間 40～50%短縮の条件を適用し連続製造したところ、40%短縮の条件においては、製造した BIC で反応容器内を充填できた。反応容器内を充填した時点で排出に要した圧力は約 15MPa と従来条件（約 6～12MPa）と比較すると高い値であるが、供給する原料性状を緻密に制御し安定させることで連続操業可能であることがわかった。

しかしながら、製造時間 50%短縮の条件においては、40%短縮よりも排出圧力の上昇幅が大きく、前項に掲載の製造条件（加熱条件及び原料性状）において、反応容器内で BIC が閉塞する危険性が示唆された。製造時間 50%短縮の条件にて連続製造を実現するには、原料の混合比率、ヒータ①、②及び端面ヒータ（更に高温に設定し、反応性を向上させる）の設定等の調整及び試運転を引き続き実施していく必要がある。

(3) 自動車部品用キュポラ向け BIC 製造技術の確立

キュポラは、鋳物製造工程において大量の溶湯を連続溶解する性能に優れ、かつ設備費が安くランニング経費も比較的安価であるため、多くの鋳物事業者で使用されているが、CO₂ 排出量の抑制に対する取組みが課題となっている。特に、自動車製造業界では CO₂ 排出量削減は急務となっており、近年関係各社においてその取組みに積極的である。鋳鉄・鋳物において、自動車部品の鋳造製品は生産量の 5 割以上を占める。この自動車部品鋳造のキュポラ燃料である鋳物コークスに対し、バイオマス燃料による代替利用が可能となれば、CO₂ 排出量削減への端緒となり、鋳物コークスの代替に向けた BIC 製造技術の確立は、非常に意義がある。また BIC の硫黄分含有量は石炭コークスの 1/10 以下であり、製造された鋳鉄製品の品質向上に寄与することも期待されている。

本項目では、自動車部品鋳造用キュポラでの鋳物用コークスの代替利用に向けて、平成 30 年度に実施した同キュポラ向け BIC 製造技術の検討結果を踏まえ、BIC 製造技術の確立を行い、製造した BIC について実際のキュポラでの利用実証試験を行い、別途設置した「自動車部品鋳造用キュポラ向けバイオコークス利用実証ワーキンググループ」を通じ、事業化に向けた検証を実施した。

①自動車部品用キュポラ向け BIC 製造技術の検証

ア. 原料配合検討

自動車部品用キュポラ向け BIC の原料配合を検証するため、バイオマス原料として選定した籾殻、バーク、リンゴの搾り滓について、熱分解温度、総発熱量、含水率等を表 2-26 に示す。

表 2-26 籾殻・バーク・リンゴの搾り滓の熱分解温度等

	熱分解温度	総発熱量 (kJ/kg)	総発熱量 石炭コークス比	含水率 (収集時)
籾殻	200～220℃付近	約16,000	55%	10～20%
バーク	225～245℃付近	約19,900	68%	50～60%
リンゴの搾り滓	150～160℃付近	約19,200	65%	75～85%

※1. 総発熱量 石炭コークス比とは、石炭コークスの総発熱量を 29,400kJ/kg として、BIC が何%の発熱量を持っているかを示した数値である。

※2. 含水率は今回収集した時の平均値、一般値であり、バイオマスの置かれている状況に大きく左右される。そのため、収集先のバイオマ

スが屋内保管の場合は上記数値より低くなり、野外的場合高くなる
ことがあった。

平成 30 年度は、原料配合比が [籾殻 : バーク : リンゴの搾り滓 = 25 : 65 : 10] の 1 サンプルと、 [籾殻 : バーク : リンゴの搾り滓 = 50 : 30 : 20] の 4 サンプルを試作した。これらは、籾殻の配合を高めることで BIC 製造コストの低減化を期待したものであった。しかしながら、表 2- 26 に示すとおり、籾殻と他 2 種のバイオマス原料には 3,000 ~ 4,000 kJ/kg 程度の発熱量の差がある。単純にそれぞれ 100% の原料で BIC を作成した場合、20% 程度発熱量の差があり、籾殻 100% BIC はバークやリンゴの搾り滓に比べ約 1.2 倍配合しなければ同等の発熱量を得られない。また、原料の籾殻比率が増加すると BIC 成型機の反応容器の閉塞が起りやすくなるという課題もある。

そこで、平成 31 年度は、総発熱量が高く、成型難易度が比較的 low、かつ収集時の含水率が 2 番目に低い原料であるバークを中心とした試作を行うこととした。以下、表 2- 27 には平成 31 年度に試作した BIC の配合成型条件を示す。なお、成型機については、前事業の実証地である秋田県横手市から移設したものは「既存移設」、平成 30 年度に新たに購入したものは「新規導入」と記述する。

表 2- 27 試作を実施した BIC の配合と成型条件

No.	原料配合比			推定発熱量 [kJ/kg]	総発熱量 石炭コークス比	破砕スクリーン	成型温度	成型時間	成型機
	籾殻	バーク	リンゴの搾り滓						
1	0%	100%	0%	19,900	68%	8~10mm	150	30	新規導入
2							155	30	
3							160	30	
4							既存移設	150	7
5								160	7
6								160	9
7								160	17
8								160	30
9	0%	90%	10%	19830	67%	16mm→9mm	155	30	新規導入
10							160	30	
11							155	15	
12							160	15	
13						16mm	155	30	

※ 1. 破砕スクリーンについて : 8~10mm とはスクリーン径が 8mm と

10mm が 2 つ空いた千鳥型を用いた 1 回粉砕、16mm → 9mm とは 16mm と 9mm のスクリーンを用いた 2 回粉砕を行ったことを意味している。

原料の配合比は 2 種類あり、No.1~8 はバーク 100%、No.9~13 はバーク 90%にリンゴの搾り滓 10%を混合したものを使用した。配合比の根拠として、バークは総発熱量が高く、成型難易度が比較的 low、かつ収集時の水分値が 2 番目に低い原料であることと、表 2- 10 「【ケース 3】バイオマス原料を均一に配合するパターン」より収集バランスが良いことから選定した。また、これまでの日本砒研（株）による取り組みの中で、リンゴの搾り滓は冷間圧縮強度が高い良好な BIC が作成できるため、10%程度混合して試作した。

原料の処理法や成型条件は、No.1~3 は新規導入成型機を用い、成型温度を 5℃刻みで振り分けて成型した。

No.4~8 は横手移設成型機を用い、主に成型時間を振り分けて成型した。

No.9~12 は新規導入成型機を用い、成型温度、成型時間をそれぞれ変えて成型した。また原料の粉砕も 16mm と 9mm のスクリーンを用いた 2 回粉砕で行った。

No.13 は原料の 16mm のスクリーンを用いた 1 回粉砕を行った原料を用いている。

次項図 2- 30~図 2- 34 に、試作した代表的な BIC を示す。

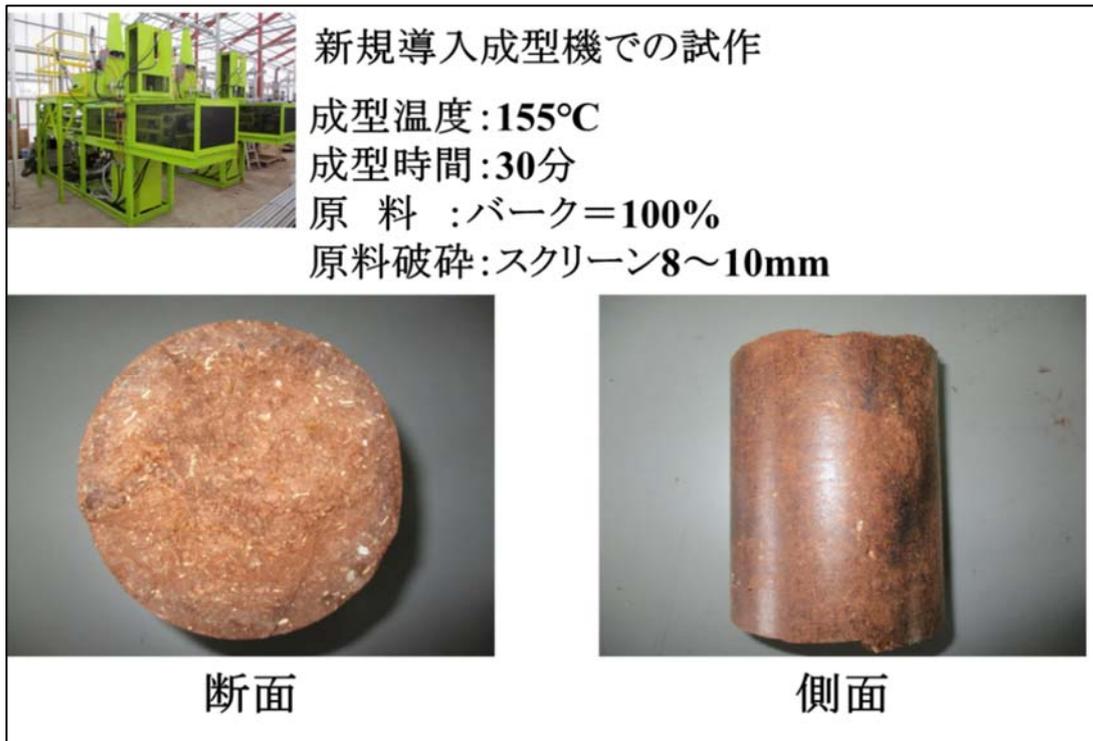


図 2-30 BIC 試作品 No.2 外観と成型条件

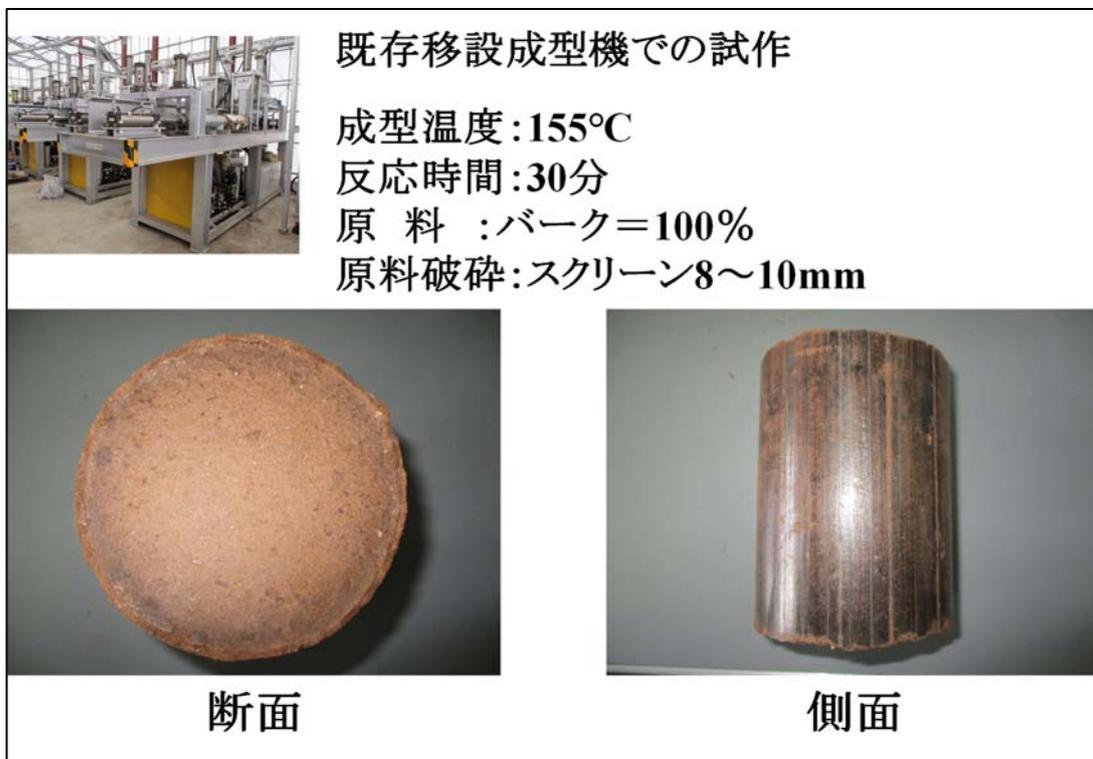


図 2-31 BIC 試作品 No. 8 外観と成型条件



図 2-32 BIC 試作品 No. 9 外観と成型条件



図 2-33 BIC 試作品 No. 10 外観と成型条件



図 2-34 BIC 試作品 No. 13 外観と成型条件

②「自動車部品鋳造用キュポラ向け BIC 利用実証ワーキンググループ」の開催

自動車部品用鋳造用キュポラ向け BIC の代替利用実用化に向け、平成 30 年度同様鋳造工学やキュポラ溶解炉の専門家を招聘し、「自動車部品鋳造用キュポラ向けバイオコークス利用実証ワーキンググループ」を開催した（以下、「ワーキンググループ」と記す）。

ア. 設置の概要と目的

自動車部品鋳造用キュポラでの BIC 代替利用の実用化に向け、同キュポラ向けの BIC 製造技術の検証が必要であり、同キュポラでの BIC の利用実証に向けて、実用化に向けた実証試験計画や試験内容の検討を迅速に行われなければならない。このため、平成 31 年度も鋳造工学をはじめキュポラ溶解炉の専門家及び BIC を用いたキュポラ溶解の研究経験を持つ企業研究者を招集し、その知見を得て必要な評価を行うワーキンググループを設置することとした。

「自動車部品鋳造用キュポラ向け BIC 利用実証ワーキンググループ」では、今年度 3 回のワーキンググループ事業推進会議を開催し、自動車部品鋳造用キュポラでの BIC 代替利用の実用化に向け下記の項目について評価、討議を

行った。特に、平成 31 年度はキュポラでの利用実証試験を予定することから、具体的な試験内容の検討や試験内容の結果を受けた評価等も行った。

(ア) 自動車部品鋳造用キュポラ向け BIC の製造技術に係る研究開発内容と利用実証試験内容

(イ) 自動車部品鋳造用キュポラ向け BIC の事業化展開に向けて実施すべき事項

(ウ) 自動車部品鋳造用キュポラ向け BIC 利用実証ワーキンググループの事業推進会議の進め方・連絡調整

イ. 設置ワーキンググループ委員の構成

自動車鋳物は、高い品質を要求されるという特徴があり、使用する BIC については、製品としての自動車部品品質への影響を十分考慮した試験の実施が必要である。このため、ワーキンググループの委員は、これまで BIC 及びキュポラでの実証試験に精通し、また優れた知見を持つ鋳造工学研究者、キュポラメーカー関係者、鋳造企業研究者等を招聘し構成することとした。この結果、平成 31 年度のワーキンググループでは、招聘する委員の構成を表 2-28 に示すとおりとした。

ウ. ワーキンググループの開催

平成 31 年度のワーキンググループ事業推進会議は、5 月 25 日（土）、9 月 14 日（土）、2 月 20 日（木）の 3 回開催された。

第 1 回目のワーキンググループでは、本年度の計画、バイオコークスの量産体制の説明、バイオコークスの試作の現状等について討議した。

第 2 回目のワーキンググループでは、バイオコークスの量産体制の説明、試作したバイオコークスの説明、キュポラ溶解試験法に関する事項について討議を行った。

第 3 回目のワーキンググループでは、キュポラ溶解試験の実施、結果について説明しその内容について討議を行った。

88～94 頁に、第 1 回～第 3 回それぞれの会議の議事、出席者、会議での質疑応答等を示す。

表 2-28 自動車部品鋳造用キュポラ向けバイオコークス利用実証
ワーキンググループ委員

委員	所属	役割
堀江 皓 委員長	岩手大学 ものづくり技術研究センター 客員教授	鋳造試験方法及び評価方法に関する事項
清水 一道 副委員長	国立大学法人室蘭工業大学 教授 (公社) 日本鋳造工学会 副会長	自動車部品鋳造用バイオコークスを用いた鋳造品に関する事項
木口 昭二	学校法人近畿大学 名誉教授	自動車部品鋳造用バイオコークスを用いた鋳造品に関する事項
山田 聡	岩手大学 ものづくり研究センター 特任教授	鋳造品に関する事項
村田 博敏	株式会社ナニワ炉機研究所 専務取締役	自動車部品鋳造用バイオコークスを用いたキュポラ溶解の試験方法及び溶解設備に関する事項
佐藤 庄一	株式会社根岸工業所 会長	鋳造用バイオコークスを用いたキュポラ溶解法に関する事項
及川 春樹	有限会社及春鋳造所 取締役専務	鋳造用バイオコークスを用いたキュポラ溶解法に関する事項

H31 年度 環境省 CO2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業
「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
CO2 排出量削減の長期実証」
自動車部品鋳造用キュポラ向けバイオコークス利用実証ワーキンググループ
第 1 回事業推進会議
日時：令和元年 5 月 25 日（土）15:00 ～
場所：日本砥研株式会社会議室

次第

1.開会

2.共同実施者挨拶

日本砥研株式会社 代表取締役社長 小田 昭浩

3. 議事

(1) 委員長挨拶

国立大学法人岩手大学 名誉教授 堀江 皓

(2) 平成 31 年度の事業内容と計画について

(3) 質疑応答

(4) その他検討事項

4. 閉会

出席者名簿（順不同）

委員長

堀江 皓（国立大学法人岩手大学 名誉教授）

委員

木口 昭二（学校法人近畿大学 名誉教授）

共同実施者兼事務局

小田 昭浩（日本砒研株式会社 代表取締役）

小林 溶子（日本砒研株式会社 経営企画室室長代理）

横内 孝之（日本砒研株式会社 研究員）

武差 徹（青森バイオ技研株式会社 研究員）

【質疑・討議内容】

（ア）平成 30 年度までの進捗状況について

平成 30 年度のバイオマス収集結果や自動車部品鑄造用キュポラ向け BIC の製造に係る試作結果について再度確認した。

（イ）平成 30 年度製造した BIC について

平成 30 年度製造した BIC のうち、原料配合として籾殻：バーク：リンゴの搾り滓＝50：30：20 と 25：65：10 の製造条件や圧縮強度等の分析結果について再度確認した。

（ウ）平成 31 年度のバイオマス原料収集作業について

平成 31 年度のバイオマス原料収集作業は、平成 30 年度に比べてより広範囲での収集活動を行うこととし、収集を依頼する企業を紹介した。

（エ）バイオマス原料配合割合について

委員の方々からは、発熱量が少なく灰分の多い籾殻を使わず、バークとリンゴの搾り滓で造った BIC を製造した方がよいとの助言を頂いた。また、この配合割合に基づくバイオマス原料の収集が可能なのかとの質疑があったため、原料収集に係る賦存量などについて改めて説明した。この結果、最終的に本ワーキンググループでは、配合割合についてバークをベースにした 2 種類として BIC を造ることを決定した。

(オ) 実証試験方法の立案及び BIC 必要量・生産量について

キュポラでの実証試験方法は、キュポラ向け BIC の製造技術の検証に目途がついた段階で再度計画を行うこととしたが、事業終了後も継続して BIC を使ってもらうことを第一目標とし、鋳物コークスの代替率は 5～10%程度とすることに決定した。次回のワーキンググループまでに日本砥研が生産計画の素案を作ることとした。

H31 年度 環境省 CO2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業
「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
CO2 排出量削減の長期実証」

自動車部品鋳造用キュポラ向けバイオコークス利用実証ワーキンググループ
第 2 回事業推進会議

日時：令和元年 9 月 14 日（土）15:00 ～
場所：日本砥研株式会社 会議室

次第

1.開会

2.共同実施者挨拶

日本砥研株式会社 代表取締役社長 小田 昭浩

3. 議事

(1) 委員長挨拶

国立大学法人岩手大学 名誉教授 堀江 皓

(2) 平成 31 年度の業務実施内容と進捗について

(3) 質疑応答

(4) その他検討事項

4. 閉会

出席者名簿（順不同）

委員長

堀江 皓（国立大学法人岩手大学 名誉教授）

副委員長

清水 一道（国立大学法人室蘭工業大学 教授
公益社団法人日本鑄造工学会 副会長）

委員

木口 昭二（学校法人近畿大学 名誉教授）

共同実施者兼事務局

小田 昭浩（日本砥研株式会社 代表取締役）
小林 溶子（日本砥研株式会社 経営企画室室長代理）
横内 孝之（日本砥研株式会社 研究員）
武差 徹（青森バイオ技研株式会社 研究員）

【質疑・討議内容】

（ア）バイオマス原料収集及び BIC 製造の進捗について

日本砥研から本ワーキンググループ開催時点における事業の進捗について報告し、BIC の製造量等について報告した。また併せて、第 1 回ワーキンググループで委員からご助言のあった利用実証試験の計画について、代替率 5% の場合と 10% の場合の試験計画を立案し、同計画で必要な BIC 製造量なども併せて報告した。

（イ）実証予定企業の選定と訪問について

利用実証試験を予定する企業として、岩手県及び福島県にある自動車部品キュポラ所有の 3 社を選定した。これら 3 社に対しては、利用実証試験予定時期を決定した時点で一部の委員と一緒に試験予定企業を訪問し、利用実証試験実施協力の依頼とともに試験内容について先方に説明することとした。

（ウ）BIC の規格について

利用実証を予定する各企業が持っているキュポラ規模に応じた BIC の適切な大きさについて意見を頂いた。この結果、処理規模が比較的大きいキュ

ポラ向けには長さ 150mm 程度の BIC を、処理規模が小さいキュポラ向けには同 80mm 程度のものを用意することで決定した。

(エ) BIC の搬入等について

実証予定先企業各社によって要望する BIC 搬入方法が異なると想定されるため、利用実証試験の依頼で各社訪問時には、先方にその旨確認することとした。

(オ) 試験方法の立案及び BIC 必要量・生産量について

立案した利用実証試験方法に対して、委員より意見を頂いた。日本砒研から様々な石炭コークス代替率の試験を立案したが、先方企業への負担を考え試験中においては代替率を 1 種類にすることとした。また、長期の試験を行ってもらうため、可能な限り多くの BIC を製造するようにとの意見を頂いた。

H31年度 環境省 CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業
「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
CO2排出量削減の長期実証」
自動車部品鋳造用キュポラ向けバイオコークス利用実証ワーキンググループ
第3回事業推進会議
日時：令和2年2月20日（木）15:00～
場所：株式会社根岸工業所 会議室

次第

1.開会

2.共同実施者挨拶

日本砥研株式会社 代表取締役社長 小田 昭浩

3. 議事

(1) 委員長挨拶

国立大学法人岩手大学 名誉教授 堀江 皓

(2) 自動車部品鋳造用キュポラ向けバイオコークスの長期利用実証試験について

(3) 質疑応答

(4) その他検討事項

4. 閉会

出席者名簿（順不同）

委員 長

堀江 皓（国立大学法人岩手大学 名誉教授）

副委員 長

清水 一道（国立大学法人室蘭工業大学 教授
公益社団法人日本鋳造工学会 副会長）

委員

木口 昭二（学校法人近畿大学 名誉教授）

共同実施者兼事務局

小田 昭浩（日本砒研株式会社 代表取締役）

小林 溶子（日本砒研株式会社 経営企画室室長代理）

武差 徹（青森バイオ技研株式会社 研究員）

【質疑・討議内容】

（ア）バイオマス収集及び BIC 製造結果について

日本砒研より、本事業における最終的なバイオマス原料の収集及び BIC の製造に係る結果について報告した。

（イ）実証試験結果について

BIC の利用実証試験先である A 社及び B 社で実証試験を実施し、両社から実証試験終了後本実証試験程度の代替率であれば運用に問題とのご意見を頂いたことを報告した。委員にも実証試験結果を報告し、5%代替での運用であれば問題ないとの意見を頂いた。

（ウ）実証試験結果のデータの取り扱いについて

BIC の利用実証試験中の操業データは各企業とも非常に重要視して頂いているが、同データは企業秘密に関わるため、取扱いには十分に注意するよう要請あった旨報告した。

(エ) 事業終了後の自動車部品鋳造用キュポラ向けバイオコークスの実用化について

今後 BIC 製造事業を実用化するに当たり、例えば運搬方法や納入方法等細かな内容を、利用先企業に確認した方がよいとの意見を頂いた。さらに実用化に向けて BIC の価格設定や荷姿などの決定を急いだほうがよいとの意見もあった。

③自動車部品用キュポラでの利用実証

平成 30 年度より本事業でのキュポラ向け BIC の利用実証試験の実施先候補について、自動車部品鋳物を扱う東北地方の鋳物企業 3 社（A 社、B 社、C 社）を選定していた。各社が所有するキュポラ規模等について以下の表 2-29 にまとめた。なお、3 社の選定理由としては、自動車部品鋳物の製造規模として、大規模企業の A 社、中規模企業の B 社、小規模企業の C 社をターゲットとすることで、BIC の利用においてそれぞれの工場規模から異なった課題が見えてくることを期待した。

表 2-29 協力依頼した 3 社のキュポラ規模等について

企業名	キュポラ規模	コークス比	生産品目
A社	20 t/h	12%	シリンダーブロック シリンダーヘッド ディスクロータ 他
B社	6 t/h	15%	シリンダライナ 鋳鉄カムシャフト 他
C社	3.5t/h	12%	シリンダーブロック シリンダーヘッド ディスクロータ 他

ア. 用語の説明と鋳物コークスの代替率について

キュポラ規模とは、1 時間当たり何トンの鉄を溶解できるかを示している。例えば、先述の A 社であれば、キュポラ規模が 20 トン/h であるが、これは 1 時間に 20 トンの地金を溶かして、20 トンの溶湯が出てくることを意味している。

コークス比とは、溶かす鉄の何割の石炭コークスを使用しているかを示した数値である。つまり、A 社の場合 1 時間に投入する地金の量は 20 トンなので 1 時間当たりの石炭コークスの投入量は、 $20 \text{ トン} \times 12\% = 2.4 \text{ トン}$ となる。実際にはこの量を分割して 5 分～10 分間隔で投入するため、1 回の石炭コークス投入量は 200～400kg となる。また、コークス比はその時の石炭コークスの性状によって細かく設定しているため、表 2-29 の数値は目安である。

鋳物コークスの代替率は、発熱量をベースに計算した。すなわち減じた石

炭コークスと同等の発熱量を得られるように BIC を投入した。BIC 投入量の計算式の一例を次項に示す。

BIC 代替の計算式 (例)

条件：石炭コークス 1 回の投入量：200kg

代替率：10%

BIC の総発熱量 石炭コークス比：50%

$200 \text{ kg} \times 10\% = 20 \text{ kg}$ (減じた石炭コークス)

$20 \text{ kg} \div 50\% = 40 \text{ kg}$ (投入する BIC)

よって、上記例の場合、180 kg の石炭コークスと 40 kg の BIC を投入して 10%の代替試験を行うことになる。

イ. BIC の投入について

鋳物企業における一般的な原料投入の簡略図を、以下図 2-35 に示す。

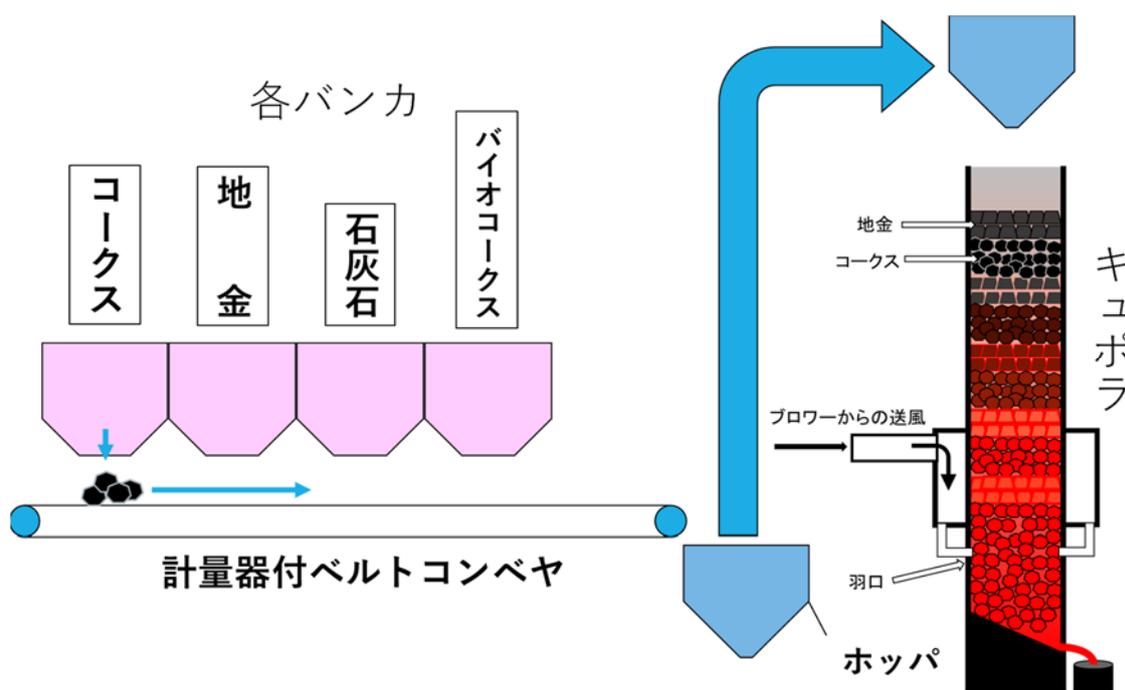


図 2-35 鋳物企業における一般的な原料投入の流れ

鋳物企業では、一般的に原料ごとにいくつかのバンカを備えており、キュポラの操業に応じてそれぞれ原料の規定量を、計量器付ベルトコンベヤで計

量、搬送を経てホッパに貯める。ホッパに一掛け分（キュポラに投入する1回の量）の必要な原料が全て入ったら、搬送用エレベータでキュポラ上部に搬送し、キュポラ上部からこれら原料を投入する。

今回利用実証試験に協力頂いた鋳物企業の場合、A社では普段使っているバンカをBIC受入用に空けて頂き、製造したキュポラ向けBICを搬入した。B社及びC社の場合、各社保有のバンカが既に全て埋まっていたため、BICの計量・投入は手投入で実施した。

ウ. データの収集について

利用実証試験では各メーカーの管理項目・管理値において、逸脱がないかを各社に注視して頂いた。以下に実証企業で実施される代表的な分析項目を示す。本分析項目は、ワーキンググループでも各委員に確認して頂いた内容である。

表 2-30 実証企業で実施される代表的な試験及び分析

A. 溶湯関係	キュポラ及び前炉溶湯の化学成分 分析元素名：C / Si / S / Cu / Cr 他各社独自
	CEメータ ⁴ による分析（C%、Si%）
	チル試験 ⁵
	引張試験片
	機械的性質試験（引張強さ）
	機械的性質試験（硬さ）
	顕微鏡組織試験
B. キュポラ操業関係	溶湯温度の測定
	風量、風圧の測定
	排ガス温度の測定
	熱風温度の測定

⁴ 鋳鉄や鋳物において、含有炭素量が製品品質を見極める上で最も重要であるため、炭素以外の元素を炭素に換算する炭素当量（CE値、Carbon Equivalent）を管理する。炉前での溶湯管理はこのCE値を主に管理し、これを測定するための機器がCEメータである。

⁵ チルは鋳物欠陥の一つで、鋳物断面の一部または表面層が白くかつ硬くなるため、一般に機械加工が困難となる。チル試験は、冷却速度の違いを故意につけた単純形状の鋳型に溶湯を鋳込み、凝固後破面のチルの状態を測定することにより確認する試験方法。

今回の利用実証試験の試験項目について、実証試験先協力企業での作業状況と試験片採取状況を参考に検討した。その結果、今回の実証試験では各社とも、A. 溶湯関係からは「キュポラ及び前炉溶湯の化学成分」(T.C. (Total Carbon) 値、Si 値、Mn 値、P 値、S 値) の測定を行うこととした。B. キュポラ作業関係からは「溶湯温度の測定」と「熱風温度の測定」を行うこととした。特に、今回実証試験を行った協力企業では、排ガス処理工程で熱交換器を設置しているため、「熱風温度の測定」は作業管理の上で必要な試験項目であると判断した。図 2-36 に、一般的なキュポラ溶解における熱フローを示す。

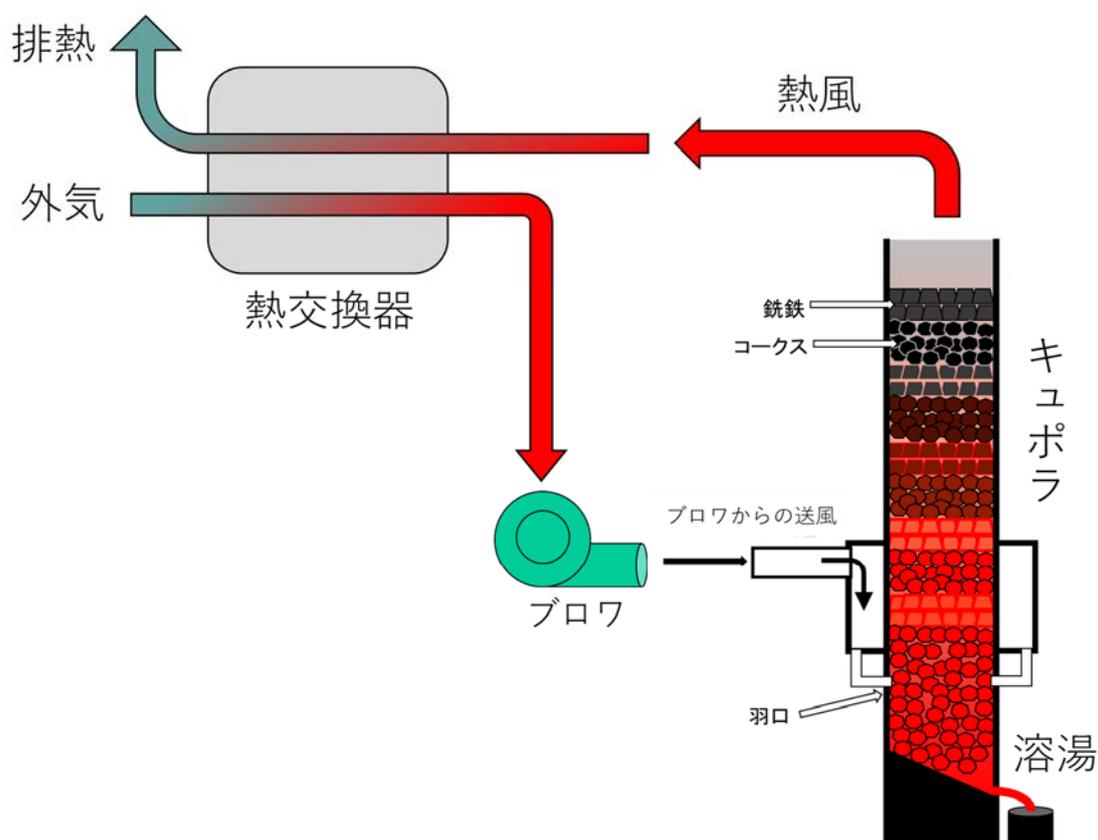


図 2-36 一般的なキュポラ溶解における熱フロー

ただし、溶湯関係の試験項目のうち、チル試験、引張強さ試験、硬さ試験、顕微鏡組織試験などがあるが、これらは鋳物の試験片を使った試験であり、測定回数も 1 ロットに 1 回と検査回数が少ないため、今回は BIC の影響を調べるのに適当ではないと判断した。

以下に、「A. 溶湯関係」における化学成分の鋳鉄への役割と、「B. キュポラ作業関係」における出湯温度、排ガス温度測定の意義について述べる。

A. 溶湯関係について

溶湯の化学成分は一般的に、

- T.C.値と Si 値は、互いに関連して鑄鉄の性質に影響を与える。一般的に Si 値 1%以上で炭素が増すと、強さと硬さが減るが、湯流れが良くなる。反対に、Si 値が少なく、T.C.値が増すと硬さが増す。この 2 元素は鑄鉄によって最も重視されており、CE メーターというこの 2 元素に特化した測定機器も存在する。
- Mn は硬さをいくらか増す。また後述する S と化合物を形成して S の悪影響を減らす。
- P は硬さを増し、溶湯の湯流れをよくする。
- S 値が増すとチル化と呼ばれる材質硬化が生じ、材質を脆くし、鑄物の健全性を害する

と言われている。

この 5 元素はもともとの鉄原料（銑鉄という）に含まれていたが、先人たちの研究の結果、これら元素の含有割合によってその性能にかなり違いがあることが明らかとなってきたため、重視する鑄物企業が多い。

B. キュポラ操業関係について

出湯温度は、キュポラから出てくる溶けた鑄鉄の温度である。これが低くなると T.C.値が下がり、湯流れも悪くなるため各社とも重視している。

風量・風圧を上げるとコークスの燃焼速度が上がり、鉄を早く溶かすことができるため管理している。

排ガス温度は、機器の保護の観点から管理している企業も多い。

熱風温度は熱交換器を持っている企業が、熱交換器保護のため熱風温度を管理値として定めている。

エ. 実証計画について

3 社各社におけるキュポラでの BIC 利用実証試験の計画について、表 2-31 に試験内容を示す。

表 2-31 利用実証試験の試験日及び BIC 使用量

利用実証先	キュポラ規模 [t/h]	実証試験期間	バイオコークス 使用量
A社	20	1/29～31	約10t
B社	6	1/15、2/11	約1t
C社	3.5	-	約0.6t

A社には、約10トンのキュポラ向けBICを搬入した。利用実証試験は令和2年1月29日～31日の間実施した。B社には約1トンのBICを搬入した。試験日は令和2年1月15日と2月11日に行った。ただし、C社については計画を立案したが、日程の都合で利用実証試験は実施しなかった。

オ. A社での利用実証試験結果

A社での実証試験のため、10トンのキュポラ向けBICを搬入した。図2-37は、A社バンカへBICを搬入する様子と、バンカからホッパへBICが搬送される様子を示す。



バンカへのダンプアップ



バンカ内の様子



ベルトコンベアからホッパへ



ホッパ内の様子

図 2-37 BIC の受入・搬入 (A 社)

A 社でのキュポラの操業は、7:00~17:30 (1 直) と 20:00~6:30 (2 直) の 2 直勤務体制である。そのため、実証試験の時間は 1 直分、つまり 10 時間 30 分を一つの目安として設定した。

A 社ではまず、BIC が铸铁製品や設備に影響を及ぼさないことを確認するため、予備試験として石炭コークスを減らすことなく少量の BIC を投入して影響の有無を確認した。その結果、BIC 投入による铸铁製品への影響は見られず特に試験の続行に問題なしと判断したため、20:00~6:30 の 2 直の間、2 回に亘って铸物コークスの代替率 5%の実証試験を実施した。

A 社での利用実証試験における、熱風温度・出湯温度・TC 量・Si 量・P 量・S 量の溶湯に関する各管理項目の試験結果を図 2-38 に示す。なお、試験結果は、A 社の操業データの中で整理して頂いた。出湯温度以外の各試験結果において、オレンジ色が通常操業時、青色が実証試験時のデータである。出湯温度の試験結果において、青色プロットが通常操業時、黄色プロットが実証試験時のデータである。実証試験期間を赤線で示し、これが BIC 投入し

た際の出湯期間である。

試験結果について、熱風温度は BIC 投入時のばらつきが通常操作時のばらつき範囲内に収まっており特に問題は見られなかった。また、出湯温度は通常操作時より BIC 投入時の方がばらつきの少ない結果となった。4 元素については、一部元素において通常操作時よりも BIC 投入時の方がばらつきの大きい結果となったが、協力企業が定める規格値内に収まっており問題なかった。以上より総じて各項目とも A 社のキュポラ操業上の管理値内であり、BIC の投入の影響は見られなかった。



図 2-38 BIC 利用実証試験結果(A 社)

カ. B 社での利用実証試験結果

B 社での利用実証試験のため、1 トンのキュポラ向け BIC をフレコンバッグで同社へ搬入した。図 2-39 に、実証事業地から B 社へ BIC を出荷する様子、出荷する BIC の計量をしている様子、B 社で BIC を受入ホッパへ投入する様子を示す。



フレコンでの BIC の出荷



BIC 計量の様子



BIC の投入



受入ホッパへ投入の様子

図 2-39 BIC の出荷・計量・受入 (B 社)

B 社のキュポラは、1 日約 15 時間の連続操業を行っている。そのため実証試験の時間は 15 時間が一つの目安となる。

B 社ではまず、BIC が鋳鉄製品や設備に影響を及ぼさないことを確認するため、予備試験として鋳物コークス 5%の代替試験を 1 時間実施した。その結果、鋳鉄製品や工場設備への影響はないことを確認し、連続の実証試験を続行するに当たり問題なしと判断したため、連続の代替率 5%の実証試験を実施した。今回は生産計画等種々の状況を勘案して、目安となる 15 時間ではなく約 6 時間の実証試験となった。

B 社での利用実証試験における、熱風温度・出湯温度・TC 量・Si 量・P 量・S 量の溶湯に関する各管理項目の試験結果を図 2- 40 に示す。なお、試験結果は、A 社と同様 B 社の操業データの中で整理して頂いた。

各試験結果は、4 元素以外については青色プロットが通常操業時、オレンジ色プロットが実証実験時のデータであり、赤線で示した期間が BIC 投入した際の出湯期間である。また、4 元素については、1 月の平均値 (n=15) と実証実験時の平均値 (n=12) を比較した。

熱風温度については、BIC 投入時にやや温度が下がったが、企業が定める管理値内に収まっていた。

出湯温度については、実証試験時のばらつきが通常操業時のばらつき範囲内に収まっており、特に問題は見られなかった。

4 元素については、TC 値、Si 値、P 値、S 値が下がっているが、こちらも企業が定める管理値内に収まっており問題はなかった。

以上より総じて、各項目とも B 社のキュポラ操業上の管理値内であり、BIC の投入の影響は見られなかった。

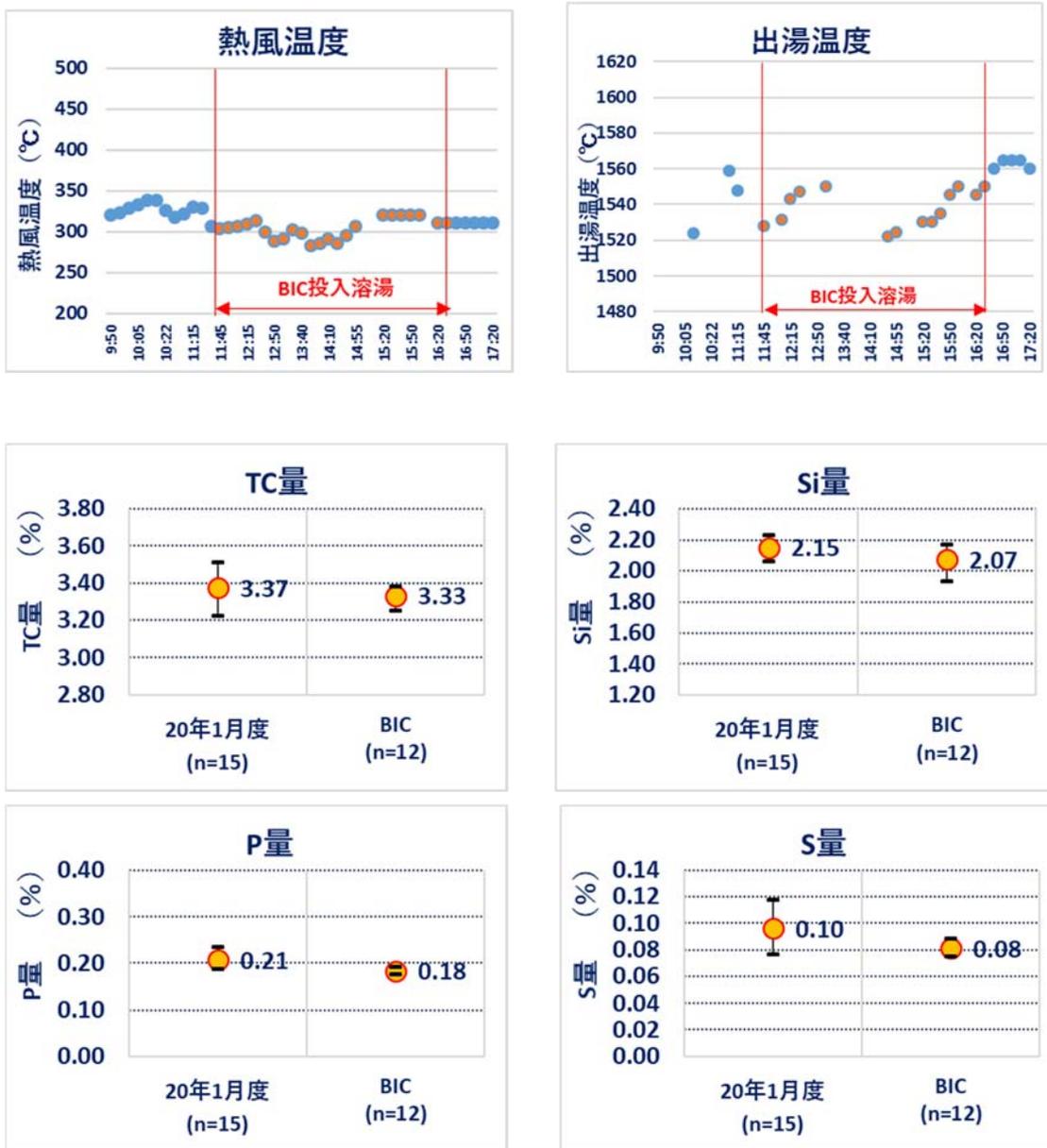


図 2-40 BIC 利用実証試験結果 (B 社)

キ. C 社利用実証試験の計画について

平成 30 年度からの利用実証先の検討では、利用先候補 A 社・B 社・C 社 3 社のうち、A 社・B 社の 2 社を想定し、ワーキンググループを通じて利用実証試験計画の立案または検討を進めていた。しかしながら、ワーキンググループにて、キュポラ向け BIC を利用先に広く使って頂くこと、将来の商用事業においてビジネスを安定的に維持することの観点で供給先候補を増やしておく方がよいとのことから、BIC 利用可否を見極めるべき利用実証先と

して小規模企業である C 社を 3 社目に加えることとした。C 社においても、ワーキンググループを通じて、利用実証試験の実施可否や計画の立案に助言頂くなどの協力依頼等について快諾頂いた。C 社のそこで、実証試験内容の検討の結果、C 社での利用実証試験の計画を表 2-32～表 2-34 のように立案した。

表 2-32 C 社での利用実証試験計画 案 1

案1	キュボラ規模 (トン/h)	コークス比	BIC代替率	想定実証時間 (時間)	石炭コークス代替率 (トン)	カロリー換算	BIC必要量 (トン)
C社	3.5	12%	2%	5	0.04	60%	0.07
			5%	5	0.11	60%	0.18
			10%	5	0.21	60%	0.35
	小計			15	0.36	60%	0.60
合計					0.36		0.60

表 2-33 C 社での利用実証試験計画 案 2

案2	キュボラ規模 (トン/h)	コークス比	BIC代替率	想定実証時間 (時間)	石炭コークス代替率 (トン)	カロリー換算	BIC必要量 (トン)
C社	3.5	12%	5%	17	0.36	60%	0.6
小計				17	0.36	60%	0.60
合計					0.36		0.60

表 2-34 C 社での利用実証試験計画 案 3

案3	キュボラ規模 (トン/h)	コークス比	BIC代替率	想定実証時間 (時間)	石炭コークス代替率 (トン)	カロリー換算	BIC必要量 (トン)
C社	3.5	12%	15%	6	0.38	60%	0.63
小計				6	0.38	60%	0.63
合計					0.36		0.63

案 1 は、実証試験の試験時間を 5 時間に固定し、各試験時間において 2%、5%、10%と鑄物コークスの代替率を変更して試験する案である。案 2 は、鑄物コークスの代替率を他の 2 社と同じ 5%に固定し、17 時間の試験を実施する案である。案 3 は、鑄物コークスの代替率 15%で 6 時間試験を実施する案である。その他に、代替率、想定実証時間を様々に変えた実証試験計画を立案し C 社に提案した。

C 社においては、工場受入側の詳細検討として石炭コークス単独ラインである現状の工程ラインを、石炭コークスと BIC ラインの二工程ラインに組み

替えてもらい、各立案に沿った BIC 投入量と実証時間の確保が正確に行われるかを検討した。しかしながら、C 社から確実に実施することは困難である旨の回答があった。また、BIC を人手作業により投入するには、当該企業の規模では連続して進めることは難しいと判断された。加えて C 社は小規模キュポラであるため、僅かな変化が製品に大きな影響を与えかねないことから、試験実施しようとした予定期間の生産計画との兼ね合いもあり、日程調整が難航した。

以上のことを勘案し、C 社での利用実証試験の実施は見合わせることにしたが、BIC を実際に使用してもらうには、C 社工場の工程ラインの組み換えから提案しなくてはならず、より密接な打ち合わせを要することが判明したため、試験計画は今後も C 社とともに検討を重ね、将来の BIC 利用に備えることとした。

④自動車部品用キュポラ向け BIC の物性評価

項目①で自動車部品用キュポラ向けとして確立した [バーク 90%+リンゴの搾り滓 10%] BIC について、別途評価を実施した。試験体原料の基礎特性を分析した結果を表 2-35 に示す。各原料の総（低位）発熱量計測から、[バーク 90%+リンゴの搾り滓 10%] BIC の混在原料の発熱量を計算した。

表 2-35 各原料の総（低位）発熱量分析結果

サンプル		籾殻	バーク	リンゴ搾り滓
総発熱量	1 回目	3657	4548	4523
	2 回目	3663	4548	4545
	3 回目	3673	4525	4548
	平均	3664	4541	4539

単位 ; kcal/kg

この結果より、[バーク 90%+リンゴの搾り滓 10%] BIC 混在原料の総（低位）発熱量は、4,540.8kcal/kg と計算された。

次に、図 2-41～図 2-43 に各原料の燃焼／熱分解特性 (TG-DTA⁶) を示す。

⁶ 示差熱 - 熱重量同時測定 (Thermogravimeter-Differential Thermal Analysis)

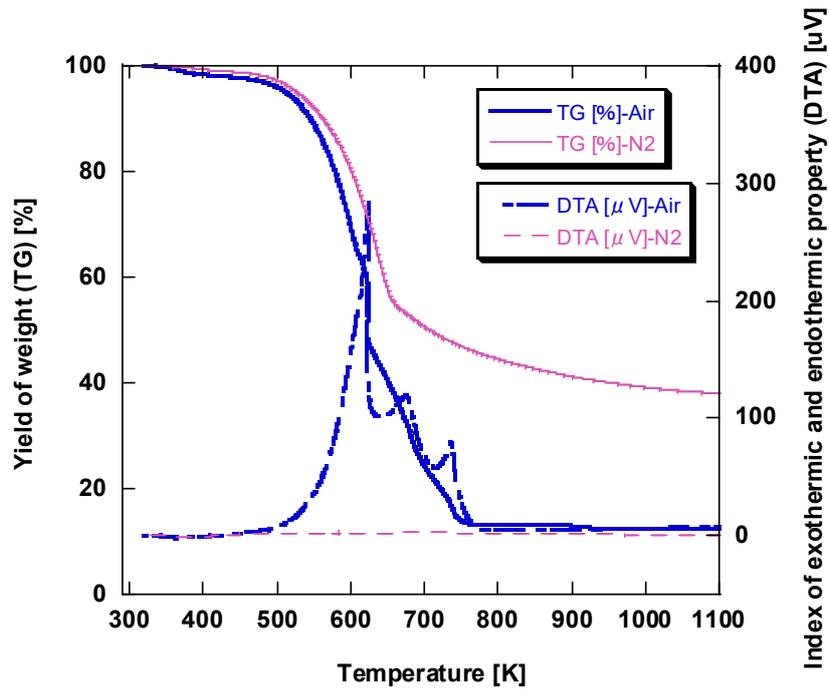


図 2-41 粃殻原料

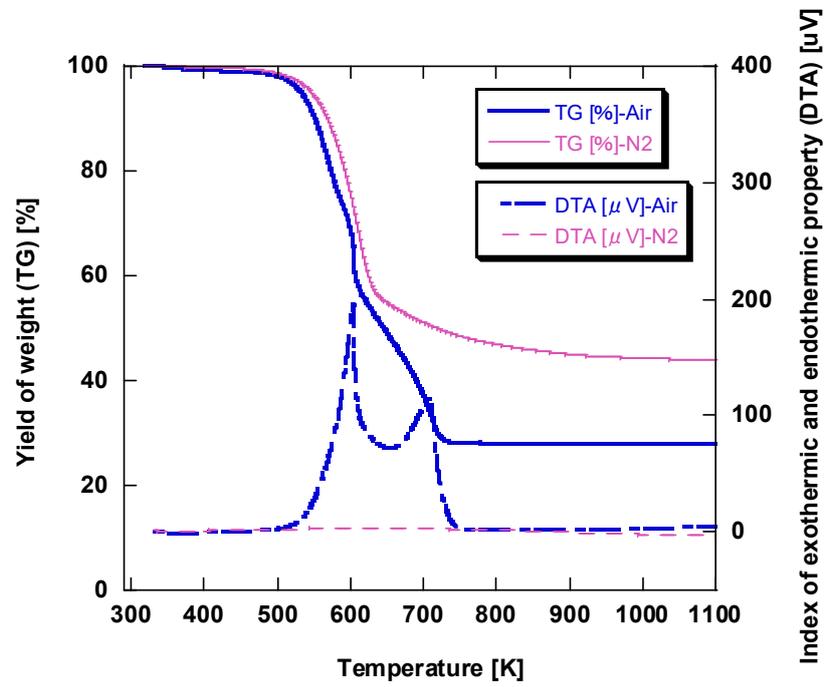


図 2-42 バーク原料

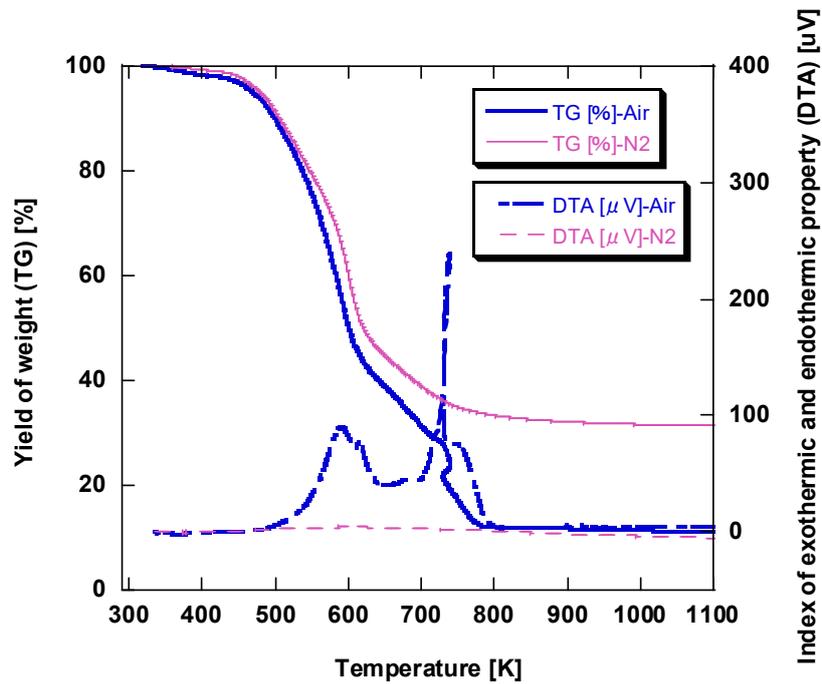


図 2-43 リンゴの搾り滓原料

それぞれの原料について、特徴的な燃焼／熱分解特性を有していることが分かる。特に、BIC 製造可能温度範囲がリンゴの搾り滓原料に影響を受ける可能性が高いことが分かる。

表 2-36 及び表 2-37 に、[バーク 90%+リンゴの搾り滓 10%] BIC の冷間・熱間強度試験結果を示す。

表 2-36 [バーク 90%+リンゴの搾り滓 10%] BIC の冷間強度特性

原料	りんご：バーク=1：9					
	No.1 155°C-600s		No.2 155°C-600s		No.3 155°C-600s	
サンプル						
直径 [mm]	100		100		100	
重量 [g]	957.7		994.3		1014.5	
高さ [mm]	0°	180°	0°	180°	0°	180°
	100.2	100.0	101.2	101.3	102.3	101.9
	100.1		101.2		102.1	
比重 (試験前計測) [-]	1.218		1.250		1.265	
圧縮試験方法	冷間		冷間		冷間	
ピーク荷重 [kN]	277.0		266.0		377.5	
最高圧縮強度 [MPa]	35.3		33.9		48.1	
最高圧縮強度(平均) [MPa]	39.1					

表 2-37 [バーク 90%+リンゴの搾り滓 10%] BIC の熱間強度特性

原料	りんご：バーク=1：9	
	No.4 155°C-600s	
サンプル		
直径 [mm]	100	
重量 [g]	1017.5	
高さ [mm]	0°	180°
	100.5	101.1
	100.8	
比重 (試験前計測) [-]	1.285	
圧縮試験方法	熱間	
最高圧縮強度 [MPa]	0.75	

[バーク 90%+リンゴ搾り滓 10%] BIC (成型温度 155°C-600s) では、冷間圧縮強度が約 39.1MPa と石炭コークスの約 2 倍有し、熱間圧縮強度は約 0.75MPa と従来実績の豊田自動織機殿での燃焼試験時の 0.25MPa と比して約 3 倍の強度を有していることが分かった。

以上の結果からキュポラでは、熱間強度試験結果から、大阪府森林組合殿での豊田自動織機殿ご協力による燃焼試験結果から鑑みると、約 3 倍の強度を有しており、キュポラでの石炭コークス代替への可能性を有していると考えられる。

⑤自動車部品用キュポラ向け BIC 製造技術のまとめ

平成 30~31 年度にかけて自動車部品用キュポラ向け BIC 製造技術の検証と実際のキュポラで同 BIC を用いた利用実証試験を行った。バイオマス原料として黒石市周辺より収集した、籾殻、バーク、リンゴの搾り滓を用いて、その配合割合を様々に変え BIC の試作を行った。以下に試作を行った全 BIC の一覧にまとめた。

表 2-38 キュポラ向けで試作を実施した BIC 一覧

No.	原料配合比			推定発熱量 【kJ/kg】	総発熱量 石炭コークス比	破碎スクリーン	成型温度 【℃】	成型時間 【min】	成型機	備考	
	籾殻	バーク	リンゴの 搾り滓								
1	50%	30%	20%	17,800	61%	16mm	150	20	既存	30年度	
2						9mm	180	20			
3							180	20	新規		
4							160	20			
5	25%	65%	10%	18,900	64%		8~10mm	160	20		
6	0%	100%	0%	19,900	68%	8~10mm	150	30	新規		31年度
7							155	30			
8							160	30			
9							150	7	既存		
10							160	7			
11							160	9			
12							160	17			
13							160	30			
14	0%	90%	10%	19,830	67%	16mm→9mm	155	30	新規		
15							160	30			
16							155	15			
17							160	15			
18							16mm	155		30	

さらに鑄造関連の専門家7名を招聘し、自動車部品鑄造用キュポラ向けバイオコークス利用実証ワーキンググループを開催した。ワーキンググループでは、キュポラ溶解試験法の立案、鑄造品の評価法、鑄造設備に関する意見などを頂き、利用実証試験に反映させた。

最終的にワーキンググループの意見に加え、収集コスト、製造コスト、BICの成型難易度、バイオマス原料の賦存量、総発熱量など様々な要因を勘案し、本事業ではバーク：リンゴの搾り滓 = 90:10のBICを利用実証試験に採用することで、製造技術を確立させた。

利用実証試験は、ワーキンググループを通じて検討を重ねた結果、東北地方にあるA社（キュポラ規模：20トン/h）とB社（6トン/h）に依頼し、実施することができた。BIC製造に係る将来的な事業化を見据え、無理のない範囲の鑄物コークスの代替率と長時間の代替試験を目的とした。検討の結果、A社では鑄物コークス代替率5%で10時間30分の実証試験を行った。B社では、同代替率5%で約6時間の実証試験を行った。結果各社とも代替試験による鑄鉄製品や工場設備に影響は見られず、鑄物コークスを使用した場合

と同等の操業が出来た。

(4) BIC 用途別規格の整理

前事業の実証事業において、籾殻・バーク・廃菌床を中心としたバイオマス原料について、13 種類の混合パターンによって BIC の成型技術を構築してきた。また、近畿大学においても、様々な原料について独自に成型技術を培ってきた。本項では、これまでの BIC 評価経緯と平成 30 年度から実施してきた用途別規格の整理について記述する。

①ガス化溶解炉向け・キュボラ向け BIC に係るこれまでの評価経緯

これまで評価を実施してきた BIC のうち、[籾殻 50%+バーク 30%+リンゴの搾り滓 20%] BIC の試験体原料の基礎特性を分析した結果を示す。表 2-39 に、各原料の総（低位）発熱量計測から混在原料の発熱量を計算した。

表 2-39 各原料の総（低位）発熱量分析結果

サンプル		籾殻	バーク	リンゴの搾り滓
総発熱量	1 回目	3573	4856	4634
	2 回目	3570	4543	4650
	3 回目	3561	4845	4669
	平均	3568	4748	4651

単位；kcal/kg

この結果より、混在原料の総（低位）発熱量は、4,139kcal/kg と計算された。次に、図 2-44～図 2-46 に各原料の燃焼/熱分解特性 (TG-DTA) を示す。

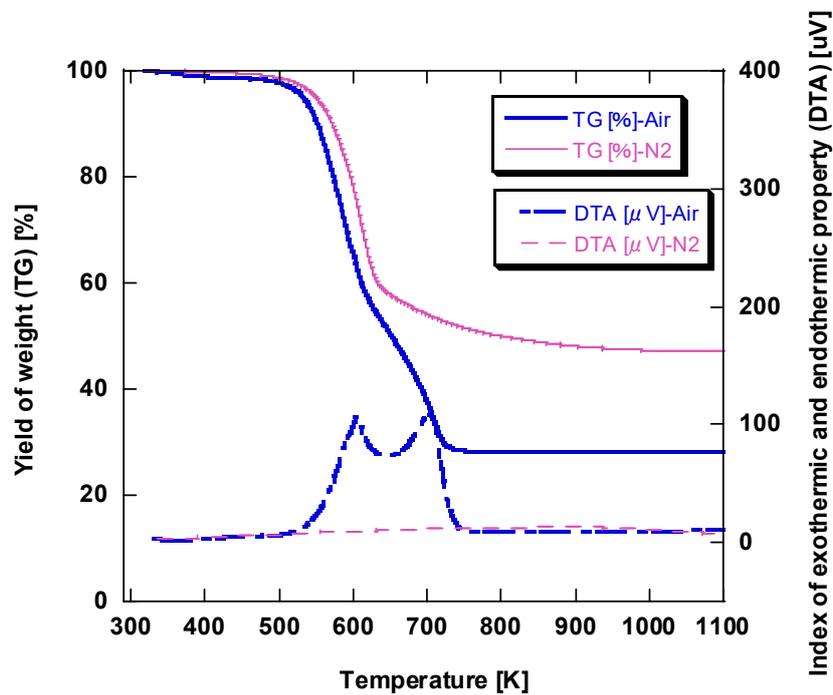


図 2-44 粳穀原料

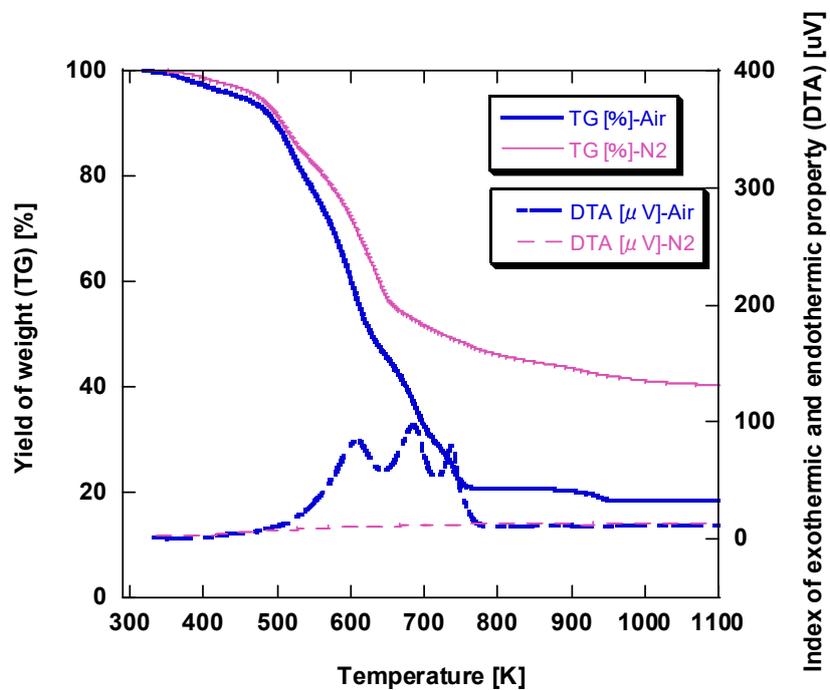


図 2-45 バーク原料

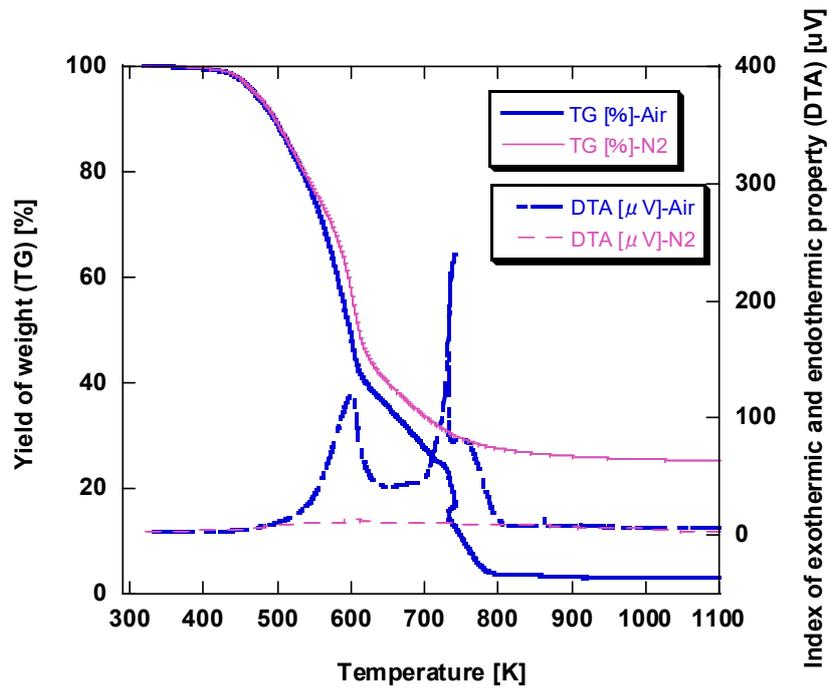


図 2-46 リンゴの搾り滓原料

それぞれ、特徴的な燃焼/熱分解特性を有していることが分かる。特に、BIC 製造可能温度範囲がバイオマス原料のうちリンゴの搾り滓に影響を受ける可能性が高いことが分かる。この BIC の特性評価のために、表 2-40 に BIC の冷間・熱間強度試験結果を示す。

表 2-40 [籾殻 50%+バーク 30%+リンゴの搾り滓 20%] BIC (成型温度 150、180℃) の強度特性

直径 [mm]	100								
原料	籾殻60%+廃菌床20%+バーク20%			籾殻50%+バーク30%+りんご搾り滓20%					
成型温度 [℃]	-			180			150		
試験方法	冷間		熱間	冷間		熱間	冷間		熱間
試験No.	6	7	8	13	14	15	23	24	25
サンプル									
直径 [mm]	100	101	100	100	100	100	100	100	100
重さ [g]	450	438	457	455	441	460	439	451	458
高さ [mm]	50.3	49.9	49.8	51.6	49.6	51.7	52.0	52.1	51.0
見かけ密度 [g/cm ³]	1.13	1.11	1.16	1.11	1.12	1.12	1.07	1.09	1.13
最高圧縮強度 [MPa]	56.2	47.6	1.52	36.9	37.0	1.37	31.9	34.2	1.26
最高圧縮強度 (平均) [MPa]	51.9		1.52	36.9		1.37	33.1		1.26

表 2- 40 中、[靱殻 60%+廃菌床 20%+バーク 20% (J-16)] BIC は、平成 29 年度の製造 BIC による実績であり、これとリンゴの搾り滓を原料に配合した [靱殻 50%+バーク 30%+リンゴの搾り滓 20%] BIC との比較データである。

[靱殻 50%+バーク 30%+リンゴの搾り滓 20%]BIC(成型温度 150、180°C)では、冷間圧縮強度が約 35MPa と石炭コークスの約 1.75 倍有し、熱間圧縮強度は約 1.3MPa と従来実績の豊田自動織機殿での燃焼試験時の 0.25MPa と比して約 5 倍の強度を有していることが分かった。

次に、商業用に燃焼試験が進められている直径 100mm の大型 BIC の燃焼試験に基づき、新規に大型燃焼試験装置を設計開発し、その燃焼挙動を計測した結果及び、燃焼挙動について実炉への適用可能性について考察する。図 5 に大型 BIC 燃焼試験装置を示す。図 6 に大型燃焼試験炉の概観と燃焼試験時の直接撮影結果を示す。設計仕様は、以下の通りである。

《試験炉の仕様》

サンプルサイズ：最大 φ 100mm

- ・燃焼炉温度： 電気炉設定温度最大 1,200°C
- ・電子天秤： 秤量 3200g(最小表示 0.01g)
- ・使用ガス： Air, N₂

LN 空温式気化器 40m³/hour (ボンベ約 6 本/hour 分)

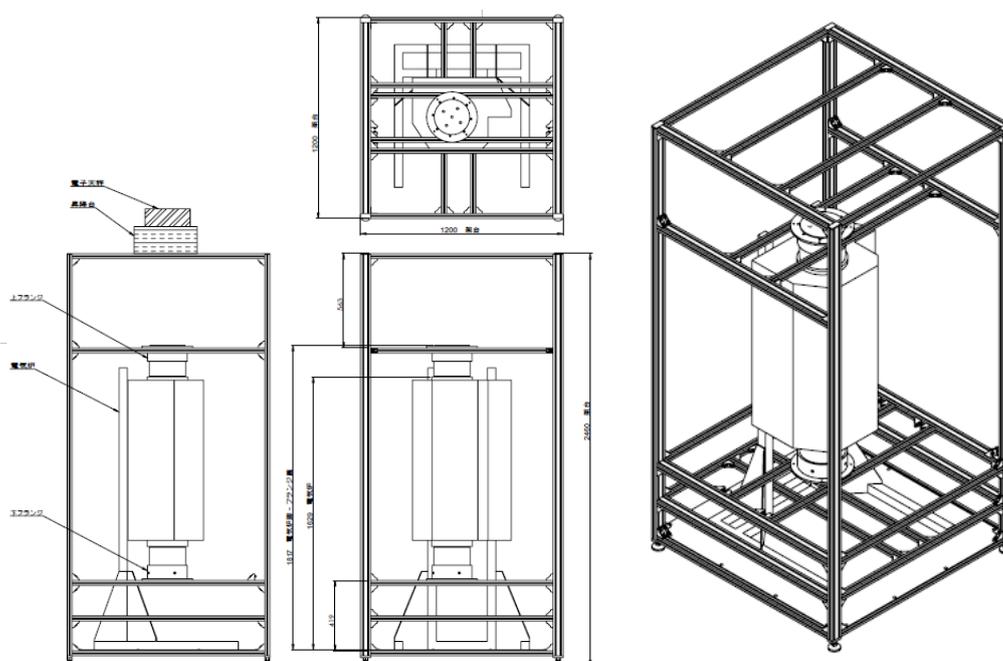
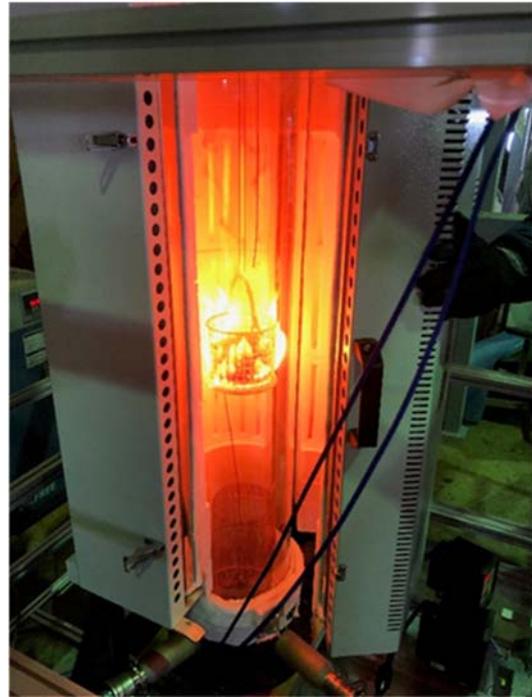


図 2- 47 大型 BIC 燃焼試験装置設計図と組立図



(a) 大型燃焼試験炉直接撮影



(b) 燃焼試験時の直接撮影

図 2-48 大型燃焼試験炉の概観と燃焼試験時の直接撮影

【試験体 BIC】

提供された試験体 BIC の原料組成と総（低位）発熱量を示す。

○ 粃殻 60%+廃菌床 20%+バーク 20% 《J-16》

総発熱量；4,232kcal/kg

○ 粃殻 50%+バーク 30%+リンゴの搾り滓 20%（成型温度 150℃）

総発熱量；4,139kcal/kg（推定値）

○ 粃殻 50%+バーク 30%+リンゴの搾り滓 20%（成型温度 180℃）

総発熱量；4,139kcal/kg（推定値）

○ 推定値の根拠式（各成分総発熱量は、実測値に基づく）

粃殻 $3,568 \times 0.5$ + バーク $4,748 \times 0.3$ + $4,651 \times 0.2$ kcal/kg

【燃焼／熱分解試験結果】

燃焼ならびに熱分解試験を行い、各試験での挙動の違いを観察した結果を示す。次の環境雰囲気下で実施した。

- ・測定室内が 900°C・空気雰囲気において、60 分間燃焼試験を実施
- ・測定室内が 900°C・窒素雰囲気において、60 分間熱分解試験を実施 (J-16; 籾殻 60%+廃菌床 20%+バーク 20%は除く)

図 2-49～図 2-51 は、縦軸は青ラインが空気雰囲気下での燃焼試験の、赤ラインが窒素雰囲気下の熱分解試験のそれぞれ相対重量収率変化を示している。横軸は、実炉での燃焼挙動を推定するために試験経過時間で示している。

燃焼／熱分解試験ともに、炉内雰囲気温度を 900°Cに制御した状態から試験体をセットし、ホットスタートでの観察状態で計測を行った。試験時間は、総重量変化が0.2%を下回った経過時間(最長計測時間 60 分)で示している。

直接目視観察により燃焼試験による最長計測時間時での相対重量収率は、灰化しておらず、緩慢な燃焼が維持されている。一方、熱分解試験での最長計測時間時では、ほぼ熱分解が終了し、最終炭化物収率に近づいていると判断する。

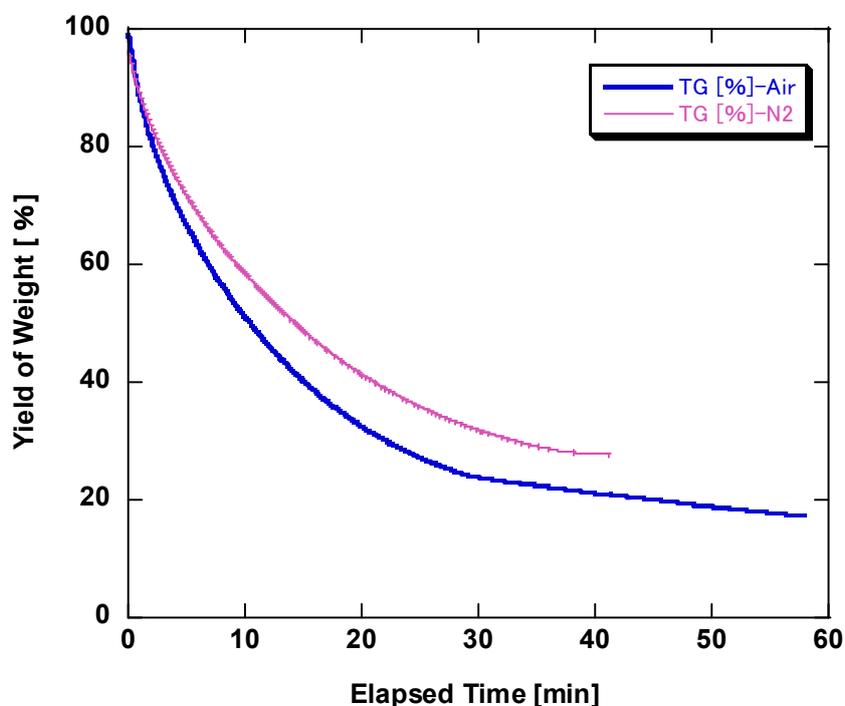


図 2-49 [籾殻 60%+廃菌床 20%+バーク 20%] BIC の相対重量収率変化

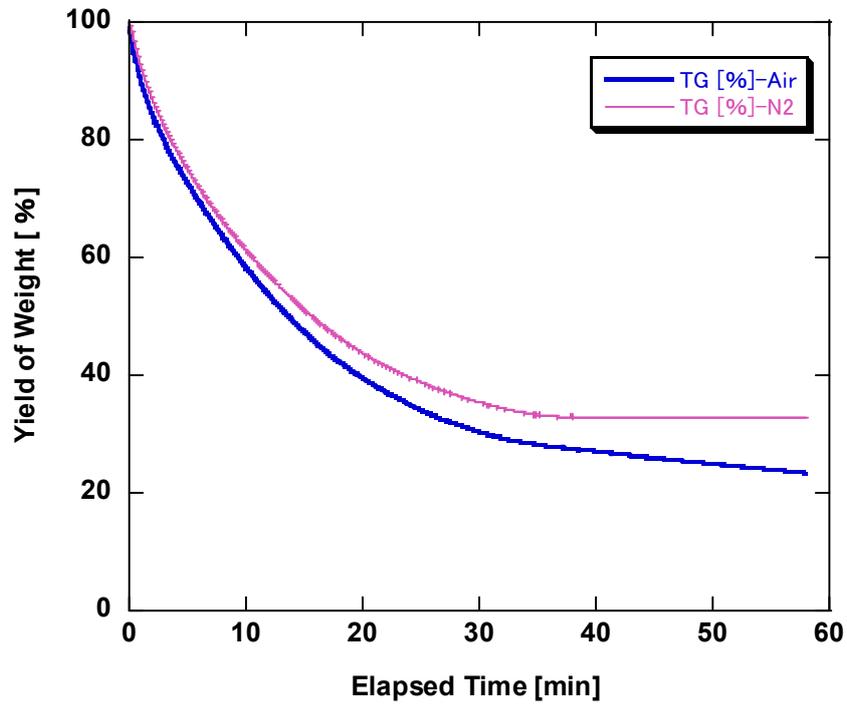


図 2- 50 [粃殻 50%+バーク 30%+リンゴの搾り滓 20% (成型温度 150°C)] BIC の相対重量収率変化

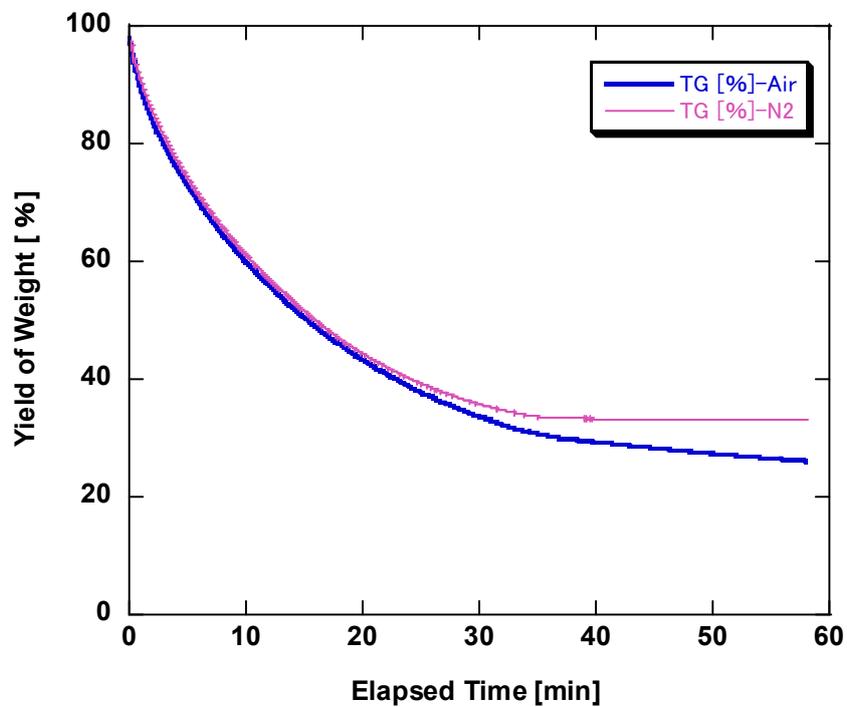


図 2- 51 [粃殻 50%+バーク 30%+リンゴの搾り滓 20% (成型温度 180°C)] BIC の相対重量収率変化

以上の結果から燃焼／熱分解試験結果から3つの試験体ともに、高温ガス化溶融炉でのBICの炉底までの到着経過時間3～5分では、相対重量収率が80～60%のBICが残っている結果から高温ガス化溶融炉での炉底での燃焼寄与は、揮発成分約40～20%、固定炭素約20%が関与しているものと推察される。この結果より、JFEエンジニアリングの知見を組み合わせることにより、高温ガス化溶融炉でのBICの寄与度が推算できるものとする。

キュポラでは、熱間強度試験結果から、大阪府森林組合殿での豊田自動織機殿ご協力による燃焼試験結果から鑑みると、約5倍の強度を有しており、キュポラでの石炭コークス代替への可能性を有しているとする。

②用途別規格の整理

BICの物理特性（見掛密度）と機械特性（圧縮強度）の相関を、図2-52（冷間強度）と、図2-53（熱間強度）に示す。

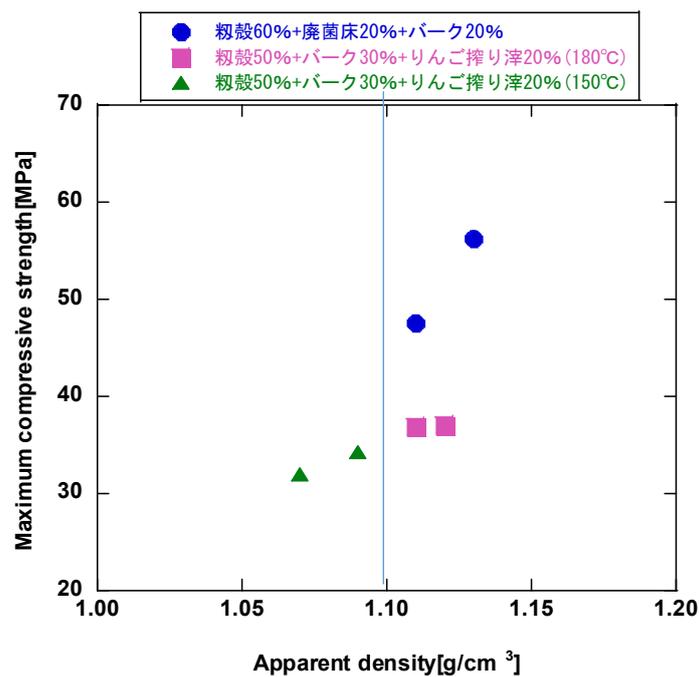


図2-52 見掛密度と冷間圧縮強度の関係

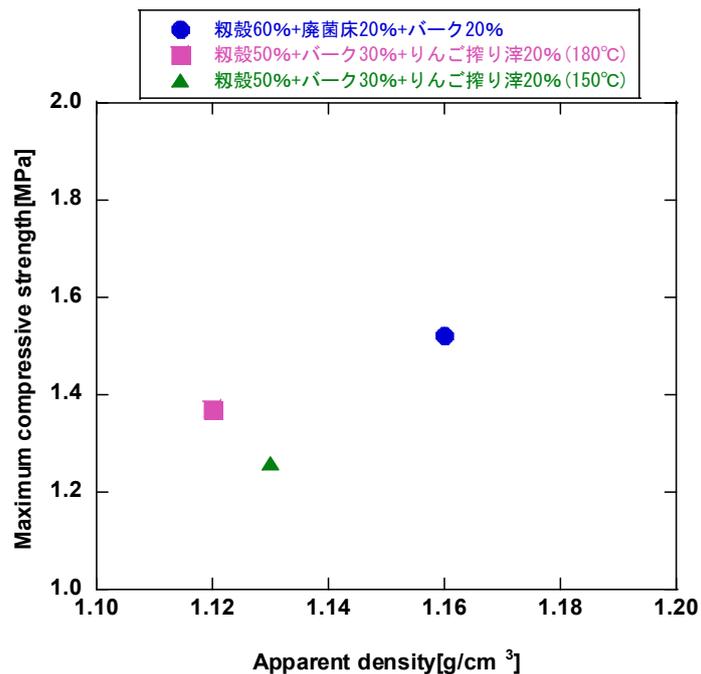


図 2- 53 見掛密度と熱間圧縮強度の関係

図 2- 52 と図 2- 53 より、見掛密度と冷間圧縮強度は、正の高い相関を示している。一方、見掛密度と熱間圧縮強度には、相関が弱く、むしろ生化学的な構成成分比率による相関が強いものとする。

図 2- 54 に最高冷間圧縮強度と最高熱間圧縮強度の相関を示す。しかし、冷間圧縮強度と熱間圧縮強度は、正の強い相関を示していることが分かる。このことは、高温ガス化溶解炉とキュポラでの用途を 1 つの指標に評価できる可能性があるが、過去の試験データより BIC を成型した際に上記と異なる相関を示す原料もあることが分かっており、複数の原料を混合した場合の異なる分析データ数の蓄積が必要である。

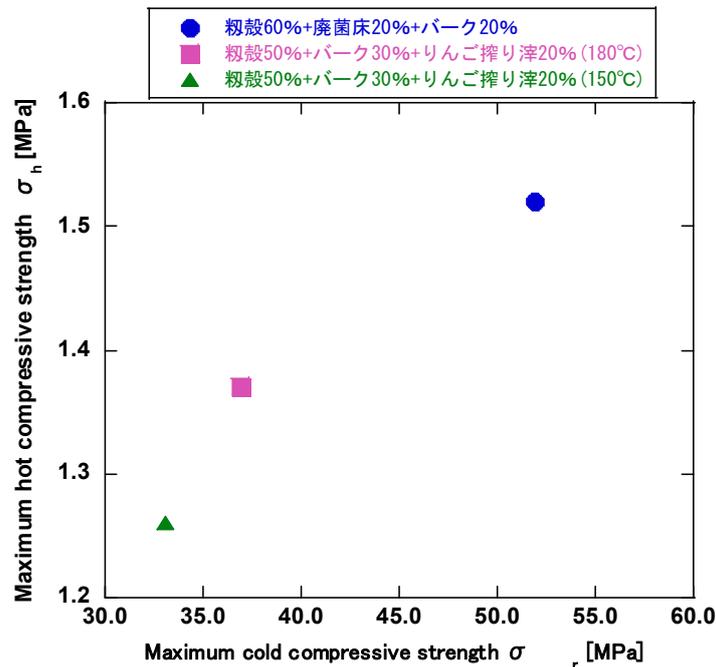


図 2- 54 最高冷間圧縮強度と最高熱間圧縮強度の相関

以上から、比重（密度）と強度の関係により、BIC の性能を分類できる可能性があることを見出し、特に、比重（密度）は、1.1 以上を下限値として、また、冷間強度は石炭コークスの 20MPa を下限値として設定することを提示する。

ここで、図 2- 55(a)に比重と冷間強度のマトリクスを、(b)に熱間強度とのマトリクスを示すことにより、BIC の性能分類素案を示す。

Cool compressive strength (MPa)	120						Hot compressive strength (MPa)	1.2					
	100							1					
	80							0.8					
	60							0.6					
	40							0.4					
	20							0.2					
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.4 over			1.1	1.2	1.3	1.4	1.4 over
	D	C	B	A	α		D	C	B	A	α		
	Specific gravity (-)						Specific gravity (-)						

(a)比重—冷間強度特性マトリクス (b)比重—熱間強度特性マトリクス

図 2-55 BIC 性能評価マトリクス素案

表記としては、例えば比重 1.25 で冷間強度 55MPa の BIC は、CC40 として表わすことができる。CC40 の範囲は、比重 1.2 以上 1.3 未満で 60MPa 以上 80MPa 未満に属するマトリクスに位置することになる。一方、比重 1.25 で熱間強度 0.45MPa の BIC は、CH0.4 として表記される。

また、用途別では、ボイラ、ピザ窯、高温ガス化溶融炉等の炉内での耐圧強度を求められていないケースでは、図 4(a) 比重—冷間強度特性マトリクスを炉内での耐圧強度が求められる場合には、図 4(a)に加え、図 4(b) 比重—熱間強度特性マトリクスを併記して用いることにより、よりその性能が区分できるものと考えている。上記の例では、CC40-CH0.4 として表記される。

これまでの実証試験及び JFE エンジニアリング (株)、(株) ナニワ炉機研究所等のご協力により、高温ガス化溶融炉向けでは、DC20 (黄色) が最低能力として、キュポラ向けには、CH0.4 (黄色) を最低能力として提示できるものと考えている。特に、キュポラ向けでは、DC0.2 (赤色) は危険域にあり、実証試験時には注意が必要と考える。

3. ビジネスモデルの検討

本事業は、平成 27 年度より 5 年間に亘って、BIC の製造実証と利用実証を継続し、事業の商用化に向けて取り組んできた。平成 31 年度は本事業の最終年度であるが、商用化時事業形態を想定し、BIC 製造販売事業として考えられるビジネスモデル案を考案した。考案したビジネスモデルは、①盛岡・紫波地区環境施設組合で利用実証したガス化溶融炉向けに BIC を製造するケース、②新たなエリア（西日本）においてガス化溶融炉向けに BIC を製造するケース、③ガス化溶融炉方式一般廃棄物処理施設新設時に BIC 製造設備を併設し BIC を製造するケース、④現在の実証事業地でそのまま自動車部品 casting キュポラ向けとガス化溶融炉向けに BIC を製造するケースの合計 4 ケースである。これら 4 ケースについて、特徴・課題を整理し事業性等を検討した。

(1) ビジネスモデル案

事業の商用化検討にあたり、考案したビジネスモデル案 4 ケースについて、以下に詳述する。

① [Case1] 利用実証先でのガス化溶融炉向け BIC 製造ビジネスモデル

盛岡・紫波地区環境施設組合が所有するガス化溶融炉において、本事業では前事業で製造した BIC の利用実証試験として長期連続試験や平成 31 年度では高速製造技術の BIC による利用実証試験を実施した。

本ケースは、本事業が終了後施設内で自ら BIC 製造し、石炭コークスの代替とすることで CO₂ 排出量削減に取り組むケースである。そのため、事業者は同組合を想定⁷し、施設内の余剰地に必要な BIC 製造設備を導入し、同エリアで製造した BIC をそのまま受け入れ設備に搬入することで、成型した BIC を供給先に搬送するハンドリングやコストを軽減させる狙いがある。また、施設内で BIC 製造設備を運用するため、施設内の従事者を一部同設備の運用にあたることとし、新たな従事者は例えば 1 名程度雇用するなど必要最低限で済むことから、オペレーションコストの削減が可能である。設備の設置に当たっては、事業主体が自治体または組合組織であれば、一般廃棄物処理施設の施設改修向けに環境省の補助金交付制度を活用できる可能性がある。バイオマス原料の収集に当たっては、本事業で主に用いた籾殻・バーク・廃菌床等の収集システムを同施設周辺エリアにおいて新たに構築する必要があるが、周辺住民から持ち込まれる廃棄物系バイオマスを回収することによって一定量の原料を確保できる可能性がある。

一方、事業者が組合であることから、この Case で事業を実施するには組

⁷ ビジネスモデル検討上の想定であり、事業意思を決定するものではない。

合及び組合を構成する各自治体の承認が必要となる。

以下表 3-1 にこれら本ケースの特徴と課題を整理し、図 3-1 に本ケースのイメージ図を示す。

表 3-1 [Case1] 特徴と課題

<p>【特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●BIC の輸送コストを大幅に削減 ●BIC 製造設備のオペレーションコストの削減が可能 ●施設改修時に補助金交付制度（廃棄物処理施設整備交付金）活用の可能性 ●住民より廃棄系バイオマス回収の可能性
<p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●当該自治体・組合の承認が必要 ●原料収集システムの構築が必要

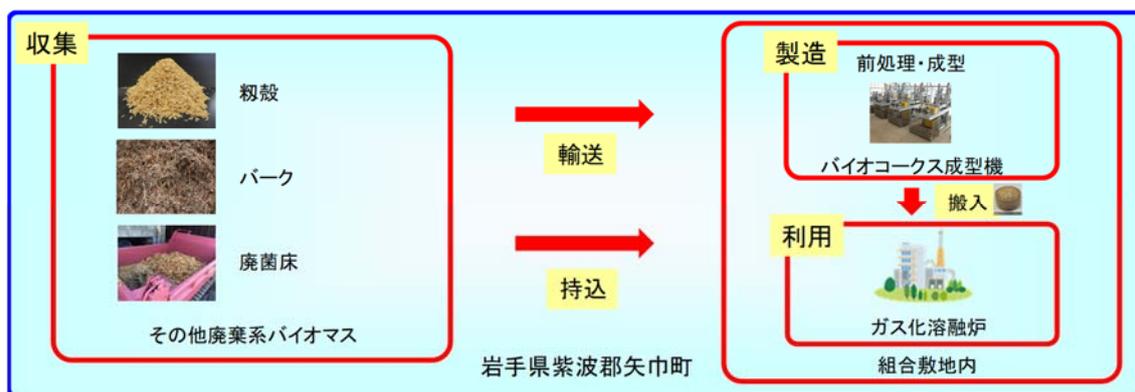


図 3-1 [Case1] ビジネスモデル概念図

② [Case2] 新たなガス化溶融炉向け BIC 製造ビジネスモデル

BIC の利用実証を実施した盛岡・紫波地区環境施設組合が所有するガス化溶融炉は JFE エンジニアリング製であり、同社は全国各地 11 か所にガス化溶融炉を納めている。本事業でこれまで多くの利用実証試験を重ねてきたことから、同社の炉自体に対する石炭コークス代替としての BIC の運用においては十分であることから、他の JFE エンジニアリング製ガス化溶融炉への BIC の供給販売のビジネスモデルを検討する。

そこで、本ケースでは、西日本エリアにおいて約 20km 圏内で比較的近接して建設されたガス化溶融炉方式の一般廃棄物処理施設 2 施設を対象とした場合のビジネスモデルを検討することとした。ただし、新たに BIC を製造するため、製造設備を収容する工場の建設、及びその土地の購入または賃借

が必要である。そのため、同 2 施設に近い工業団地を選定し、同工業団地で BIC 製造業を営むことを想定した（工業団地からそれぞれの対象施設へは約 24km と約 37km）。

本ケースでは、製造・販売事業者は民間事業者を想定するが、新たに事業者を選定する必要がある。また、新たな場所で BIC 製造・販売事業を開始するため、工場の近隣エリアにおいて BIC 製造量に見合ったバイオマス原料の収集システムの構築が必要である。一方、ガス化溶融炉 2 施設分を 1 製造工場で購入するため、1 炉向けの BIC 製造規模に比べてスケールメリットを見出せる可能性がある。さらに、製造した BIC の搬送についても、2 か所同時に供給搬送する搬送システムを構築できる可能性がある。

以下表 3-2 にこれら本ケースの特徴と課題を整理し、図 3-2 に本ケースのイメージ図を示す。

表 3-2 [Case2] 特徴と課題

【特徴】
<ul style="list-style-type: none"> ● ガス化溶融炉 2 か所向けを BIC 製造工場 1 か所で製造 ● 効率的な BIC 搬送システムの構築
【課題】
<ul style="list-style-type: none"> ● バイオマス原料収集及び BIC 製造に係る事業者の選定が必要 ● 製造工場の建設及び土地の確保が必要 ● バイオマス原料の収集システムの構築が必要

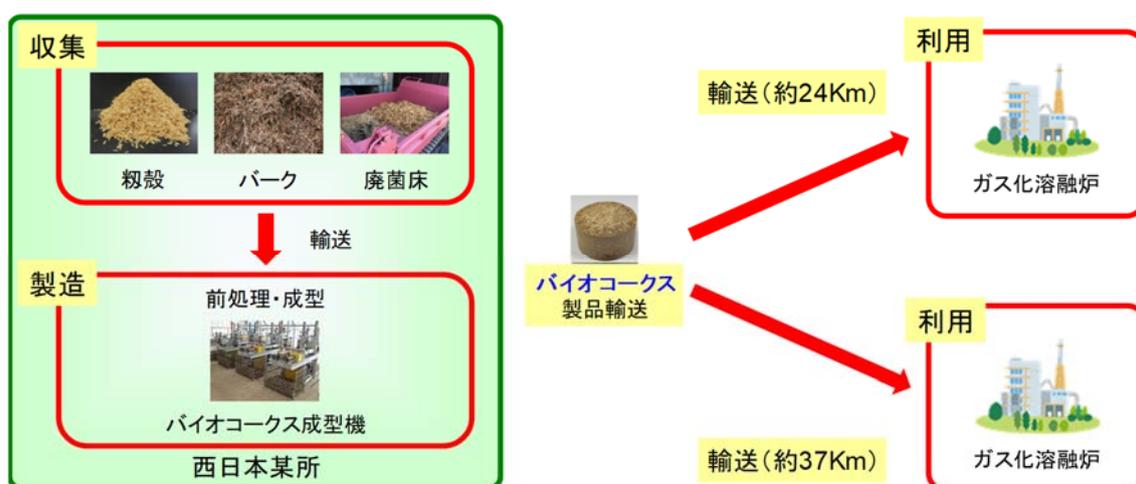


図 3-2 [Case2] ビジネスモデル概念図

③ [Case3] ガス化溶融炉方式一般廃棄物焼却処理施設新設時に BIC 製造設備を併設し BIC 製造するビジネスモデル

日本国内の各自治体あるいは広域組合において、一般廃棄物処理施設の新設導入においてどの処理方式にするか選択が必要である。現在ごみ焼却プラントメーカーによる処理方式は、概ねストーカ式、流動床式、キルン式、ガス化溶融炉式（熱分解ガス化炉式）、直接溶融炉式などである。このうち、比較的安全で豊富な実績があるのはストーカ式である。一方、ガス化溶融炉式においては、一般廃棄物を一気にスラグ化できる炉形態であることから灰処理等のハンドリングが不要となるものの、熱源として石炭コークスが別途必要なことや、化石燃料を用いることから近年では CO₂ 排出量低減の新たな取組みが必要、などの懸念がある。しかしながら、ガス化溶融炉方式+BIC の組合せとすることで、事業者側にとって CO₂ 排出量低減のメリットを享受しながら一般廃棄物処理が可能な処理方式の選択肢となり得る可能性がある。

そこで、本ケースでは、新たにガス化溶融炉方式一般廃棄物処理施設を新規導入する際に、BIC 製造設備も新規導入するビジネスモデルを検討する。Case1 と同様、施設内に BIC 製造設備を設置し、バイオマス原料の乾燥において新たな乾燥機を設置するのではなく、処理施設の排ガス余熱を再利用することで乾燥機の導入費を削減できるほか、乾燥機を導入する場合の燃料コストも削減できることが、本ケースの最大のメリットである。Case1 と同様、BIC の輸送コストの低減、BIC 製造設備のオペレーションコストも削減できる。一方、導入にあたっては、ガス化溶融炉方式一般廃棄物処理施設のプラントメーカーは JFE エンジニアリングであり、BIC 製造設備の製造は現時点でナニワ炉機製作所が担っていることから、BIC 製造設備を JFE エンジニアリングのプラント設計に組み入れてもらう必要がある。また、自治体や広域組合など発注側においても、発注仕様書に BIC 製造設備の事前検討が必要となり、予め仕様書に含めてもらうための事前説明が必要となる可能性がある。

以下表 3-3 にこれら本ケースの特徴と課題を整理し、図 3-3 に本ケースのイメージ図を示す。

表 3-3 [Case3] 特徴と課題

<p>【特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●施設内の排ガスの再利用が可能 ●BIC の輸送コストを大幅に削減 ●BIC 製造設備のオペレーションコストの削減が可能 ●施設導入時に補助金交付制度活用の可能性 ●住民より廃棄系バイオマス回収の可能性
<p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●当該自治体・組合の承認が必要 ●原料収集システムの構築が必要 ●一般廃棄物処理施設と一体化したエンジニアリングが必要

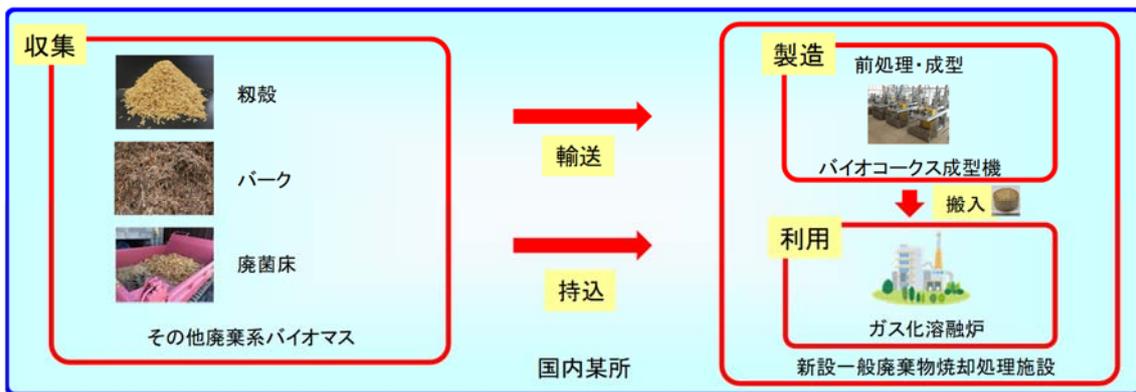


図 3-3 [Case3] ビジネスモデル概念図

④ [Case4] 実証事業地で自動車部品鋳造用キュポラ向け及びガス化溶融炉向け BIC を製造するビジネスモデル

平成 30 年度～31 年度において、実証事業地を青森県黒石市の現事業地に実証設備を整備して、BIC の製造実証に取り組んできた。本ケースでは、この 2 年間取り組んできた自動車部品鋳造用キュポラ向け製造技術とガス化溶融炉向け高速製造技術を活用し、それぞれ製造される BIC を各供給先に販売するビジネスモデルを検討する。

本ケースでは、日本砥研（株）が本事業とは別にこれまで取り組んできた BIC 研究開発内容や黒石市と協力して実施したバイオマス原料収集システム検討、地元での企業活動実績に基づく事業活動ノウハウ等を活用することが可能である。

一方、BIC の供給先であるキュポラ・ガス化溶融炉とも東北エリアである

ものの約 200km 前後の距離があり、BIC の効率的な輸送システムの構築が必要である。また、Case1～3 と異なり、キュポラ向けとガス化溶融炉向けと異なる BIC を製造して取り扱うことから、両タイプの BIC の管理が必要である。

以下にこれら本ケースの特徴と課題を整理し、に本ケースのイメージ図を示す。

表 3-4 [Case4] 特徴と課題

【特徴】
●実証事業地でそのまま商用事業開始が可能
【課題】
●BIC 輸送システムの構築が必要
●キュポラ向けとガス化溶融炉向け両タイプの BIC の管理が必要

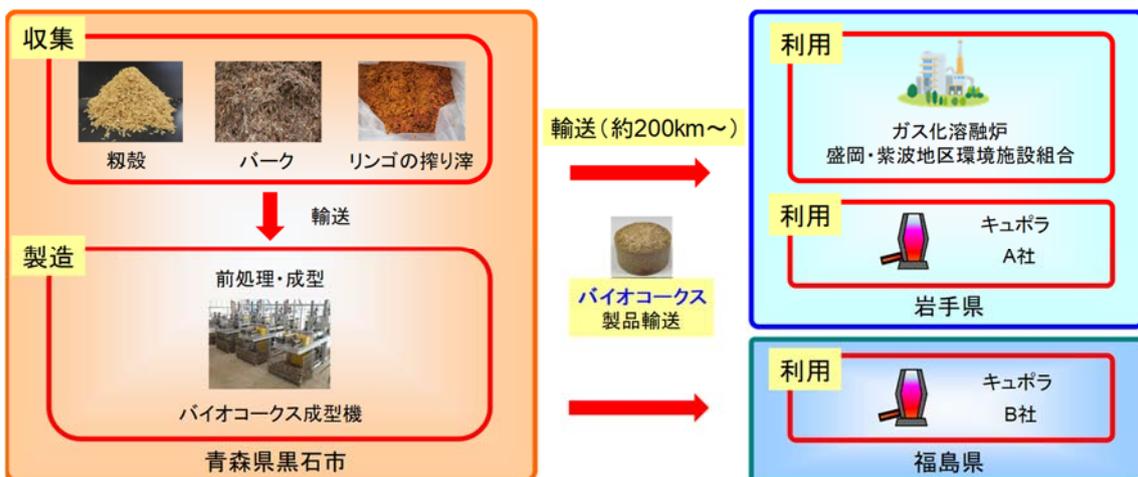


図 3-4 [Case4] ビジネスモデル概念図

(2) 事業性検討

各 Case において、事業検討を行うため試算条件を策定の上、これまでの運用実績からコストパラメータを設定し、設備等導入にかかる初期費用及び各年のランニングコストを試算、収入側として石炭コークスの置換に係る費用もしくは BIC 販売収益を計算し、向こう 10 年間の事業性計算 (損益計算) を行った。以下にケースごとの検討内容と検討結果を示す。なお、実際の各ケース計算結果はコストデータを含んでいることから、本報告書での掲載は割愛する。

①Case1 検討結果

事業性検討のための試算条件を表 3- 5 に示す。本 Case の条件として、本事業のリース設備を買い取ること、また継続使用において 1/2 補助が得られることとしている。BIC の製造量は、ガス化溶解炉 1 炉に 1.7 トン／日供給し 2 炉分として 3.4 トン／日分である。このときの石炭コークス置換率は、本事業で過去に実施した長期実証試験時の 25%を前提とした。収集するバイオマス原料は籾殻・バーク・廃菌床とし、最も安定的な製造実績である籾殻：バーク：廃菌床=6:2:2 の配合と仮定した。その他、設備の設置に当たっては、組合敷地内を借用できるものとしている。

表 3- 5 [Case1] 試算条件

《試算条件》	
1	リース設備を買い取りの上、継続使用（補助 1/2）
2	BIC 製造量 3.4 トン/日（1 炉約 1.7 トン/日×2 炉分を仮定）
3	石炭コークス置換率約 25%と仮定 （25%が過去長期実証試験での最大実績）
4	バイオマス原料は、籾殻：バーク：廃菌床=6:2:2
5	乾燥工程は、乾燥機による乾燥
6	設備施設は、組合敷地内で借用できるものと仮定

事業性検討の結果、10 年めに損益がプラスに転じる結果となったが、本ケースは公共事業の側面もあるため、妥当な結果と考えられる。しかしながら、事業者想定している組合としては、

- ・同環境施設組合清掃事務所の敷地は、標高 2m の浸水地域であり、新たに設備を建設することが不可能である。
- ・施設のある岩手県紫波郡矢巾町内では、現在 CO2 排出量削減への取り組みが増加しており、バイオマス原料について、JA カントリーエレベータの籾殻は引取り先が決まっており、バークも近隣からの調達が困難になってきている。

ことから、自ら事業を実施あるいは、ガス化溶解炉に BIC を投入するための BIC 製造設備の導入は困難とのことであった。

②Case2 検討結果

事業性検討のための試算条件を表 3- 6 に示す。本 Case の条件として、BIC 製造事業のために必要な設備一式はすべて新たに導入するものの、設備導入時において 1/2 補助が得られることとしている。BIC の製造量は、ガス化溶

融炉 2 か所分として合計 7.5 トン/日である。このときの石炭コークス置換率も Case1 と同様、本事業で過去に実施した長期実証試験時の 25%を前提とした。収集するバイオマス原料も Case1 と同一である。

表 3-6 [Case2] 試算条件

《試算条件》	
1	新規に BIC 製造設備を導入 (補助 1/2)
2	ガス化溶解炉 2 か所へ販売
3	BIC 製造量 7.5 トン/日 (2 か所分合計)
4	石炭コークス置換率約 25%と仮定 (25%が過去長期実証試験での最大実績)
5	バイオマス原料は、籾殻：バーク：廃菌床=6:2:2
6	乾燥工程は、乾燥機による乾燥
7	工場用地は工業団地を想定

事業性検討の結果、10年めでも損益がプラスにならずその先20年めによりやくプラスに転じる結果となった。要因としては、本ケースが BIC の製造量が最も大きいものの、BIC をハンドリングする搬送コスト等が嵩んでいることであった。対象とするガス化溶解炉方式一般廃棄物処理施設 2 か所の中間位置等、適切な位置に製造工場を構えることができれば、収益は改善されるものと考えられる。また、初期費用の低減、ランニングコストの圧縮等の改善が必要である。さらに、本 Case は単独の BIC 製造工場であるが、設備規模の拡張等が可能であれば、収益性を向上させるために、ガス化溶解炉以外の利用先の模索も検討が必要となる。

③Case3 検討結果

事業性検討のための試算条件を表 3-7 に示す。本 Case の条件として、新設するガス化溶解炉方式一般廃棄物処理施設の一部として BIC 製造設備一式を新たに導入されるため、1/2 補助が得られることとしている。新設される炉規模は標準的に 100 トン/日×2 基とし、これに BIC を石炭コークス置換率 25%で供給するものとして、製造量はガス化溶解炉 1 炉に 2.05 トン/日供給し 2 炉分として 4.1 トン/日分である。収集するバイオマス原料は、Case1 と同一である。初期費用として乾燥機導入費を不要、ランニングコストとして乾燥機燃料費を不要、建屋コストは施設に包含されるものとして計算上適用外とした。

表 3-7 [Case3] 試算条件

《試算条件》	
1	ガス化溶融炉方式一般廃棄物処理施設新設時に BIC 製造設備を導入 (補助 1/2)
2	ガス化溶融炉規模を 100 トン/日×2 基と想定
3	BIC 製造量 4.1 トン/日 (1 炉約 2.05 トン/日×2 炉分を仮定)
4	石炭コークス置換率約 25%と仮定 (25%が過去長期実証試験での最大実績)
5	バイオマス原料は、籾殻：バーク：廃菌床=6:2:2
6	乾燥工程は、処理施設の排ガス余熱を利用 (乾燥機導入費及び灯油費が不要)
7	BIC 製造設備は、施設建屋内に設置 (用地費用は、施設用地に包含)
8	バイオマス原料倉庫のみ別途建屋として試算に含める

事業性検討の結果、10年めでも損益がプラスにならないがその先13年めにプラスに転じる結果となった。本ケースも Case1 と同様公共事業の側面があるため妥当なところと考えられるが、廃棄物処理事業全体の中での影響の有無も考慮する必要があると考えられる。しかしながら、BIC 製造に特化した事業性においては、初期費用の低減、ランニングコストの圧縮等改善検討が必要と考えられる。

④Case4 検討結果

事業性検討のための試算条件を表 3- 8 に示す。本 Case の条件として、本事業でリースした設備を買取り、また平成 30 年度に補助金交付事業で購入した設備も継続使用することで、設備の運用を図る。ただし、初期費用として一部設備の配置を見直したり、一部設備を追加したりする整備費用を見込む。本 Case は民間事業を想定するため、現時点の試算検討では国庫補助は得られないと仮定している。BIC の製造量は、キュポラ向け 1.8 トン/日、ガス化溶融炉向け 1.5 トン/日として同時製造する。収集するバイオマス原料は、本事業で検討した結果を踏まえ、キュポラ向けはバーク：リンゴの搾り滓=9:1、ガス化溶融炉向けは籾殻：バーク：リンゴの搾り滓=6:3:1 とする。

表 3- 8 [Case4] 試算条件

《試算条件》	
1	リース設備を買い取りの上、継続使用
2	BIC 製造量 キュポラ向け 1.8 トン/日、 ガス化溶融炉向け 1.5 トン/日
3	バイオマス原料は、 キュポラ向け バーク：リンゴの搾り滓=9:1 ガス化溶融炉向け 籾殻：バーク：リンゴの搾り滓=6:3:1
4	乾燥工程は、乾燥機による乾燥
5	事業地は実証事業地で継続
6	設備の一部を処理棟建屋内に収納

事業性検討の結果、8年めで損益がプラスとなったが民間事業としては5年以内の収益改善が必要である。よって、設備整備費等初期費用の低減、事業中のランニングコストの圧縮等を改善することでさらなる収支改善が見込める。また、収益を向上させるため、特にキュポラ向け BIC について製造規模拡大していくことの検討が必要と考えられる。

(3) CO₂ の削減効果

本章で検討したビジネスモデルのうち、商用事業を現実的に開始する案が Case4 である。この Case4 について、BIC 製造に係る CO₂ の削減効果の試算として、バイオマス原料の収集から、BIC の製造、製造した BIC の輸送、BIC 消費先（利用先）までの LCA⁸としての CO₂ 排出量、削減効果を試算する。

具体的には、前事業で確立した CO₂ 排出量検証方法により、バイオマス原料の収集及び BIC 製品輸送の際に用いる車両のエネルギー（軽油）使用量、バイオマス原料の一つであるバーク・廃菌床等の前処理に係る粉砕機、乾燥機等の原料前処理設備の消費電力量及び BIC 成型時のエネルギー消費量並びに BIC 利用先であるガス化溶融炉での石炭コークス代替に係るエネルギーの調査または測定を実施した。これらの基礎データを基に、前事業としての CO₂ 排出量及びその削減効果について、既に試算を実施した。

本項目では、この前事業の検証方法に基づき Case4 について試算する。

①基本方針

図 3- 5 に、BIC 製造の LCA に係る一連の利用システムの構成過程要素と

⁸ Life Cycle Assessment の略。

して、バイオマス原料の収集、原料の輸送、BIC の製造、BIC の輸送、BIC の利用それぞれの過程で消費されるエネルギー種別を示す。

バイオマス原料の前処理としては、主に粉砕と乾燥が含まれ、原料の粒度と水分量によって、両方必要な場合、粉砕のみ必要な場合、乾燥のみ必要な場合、両方とも不要な場合に分けられる。前処理では乾燥燃料と各装置の駆動用電力が消費される。BIC 製造時は、成型機本体での駆動用電力が消費される。

成型した BIC の輸送について、本業務の試算条件ではトラックによる輸送とし、輸送距離は青森県黒石市からガス化溶融炉の所在する岩手県紫波郡矢巾町まで約 171km、及びキュポラが所在する同北上市和賀町後藤まで約 201km⁹であり、このトラック輸送の走行に係る燃料である軽油が消費される。ただし、Case4 における搬送方法としては、ガス化溶融炉及びキュポラへ同時に搬送することを想定する（例えば、矢巾町でガス化溶融炉へ供給後、北上市でキュポラへ供給後帰路につく）。

キュポラ側及びガス化溶融炉側では、BIC のハンドリング（受入、施設内搬送等）や BIC 利用に係る電力量や燃料消費量の差分を CO2 総排出量の精算対象に含める予定であったが、前事業でのガス化溶融炉における BIC 利用実証試験を通じてこの差分は石炭コークス節約分に相当するエネルギー量に対して相対的に十分過少であることが分かったため、エネルギー消費量の計算には含めない。

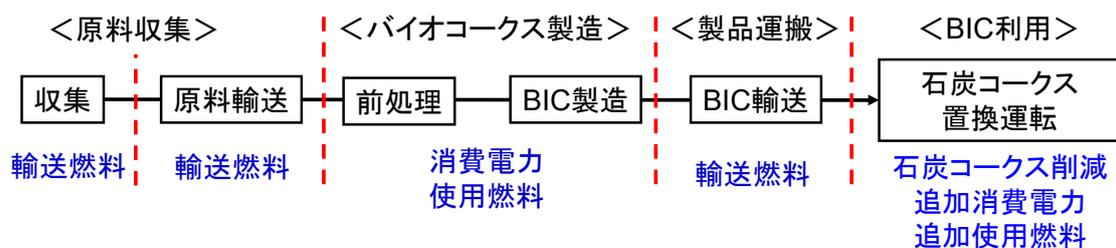


図 3-5 LCA の BIC 供給システムの構成要素と消費エネルギー

②BIC 供給システムで使用するエネルギーの CO2 排出係数の取得法と排出量算出方法

ア. 電力量の CO2 排出係数について、「地球温暖化対策の推進に関する法律」（以下、「温対法」と記す）に基づき東北電力（株）が公表する CO2 排出係数を用いる。同社の CO2 排出係数は、毎年度更新されるため最新の値を使用する。よって、現行最新となる 2018 年度の CO2 排出係数は、

⁹ 一部東北自動車道を経由する。

0.528kg-CO₂/kWh¹⁰であった。

- イ. 化石燃料の CO₂ 排出係数について、温対法に基づく温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルの最新版のデータを使用する。なお、現行最新版となる Ver4.4 版（令和元年 7 月）¹¹による、本事業に係る化石燃料それぞれの排出係数は以下表 3-9 のとおりである。

表 3-9 化石燃料の CO₂ 排出係数

燃 料	CO ₂ 排出係数
コークス	3.17 ton-CO ₂ /ton
一般炭	2.33 ton-CO ₂ /ton
ガソリン	2.32 L-CO ₂ /kL
灯油	2.49 L-CO ₂ /kL
軽油	2.58L-CO ₂ /kL
A重油	2.71L-CO ₂ /kL

- ウ. バイオマス原料の収集、実証事業地への輸送用に使用するトラックは、2 トントラック車であり、2 章（1）で検討した収集システムに基づき、収集に係る走行距離、トラック燃費から燃料（軽油）消費量を算出し、CO₂ 排出量を算出した。
- エ. BIC 製造施設内の原料ハンドリング用ホイールローダ、粉砕機、乾燥機、コンベヤ等搬送機器、BIC 製品ハンドリング用フォークリフトについては、それぞれ燃費や燃料（軽油）消費量、電力消費量に関する前事業での実測値を用いる。これらに係る測定は、BIC 製造条件¹²が変わる度に実施した。
- オ. 製造した BIC の利用先への輸送について、10 トントラックでの輸送を計画し、物流分野の CO₂ 排出量に関する算定方法ガイドライン（経済産業省・国土交通省）に沿って計算した。
- カ. BIC 成型機については、分電盤にて電力消費量を監視しており、この収集データを解析して電力消費量を算出した。
- キ. 室内集塵機、換気扇、電動ホイス、照明等の周辺機器の電力消費量は、定格値と運転時間から算出した。

¹⁰ 東北電力（株）公式 WEB サイトにて公開

<http://www.tohoku-epco.co.jp/enviro/picup/co.html>

¹¹ 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 WEB サイト内にて公開（マニュアル P. II -226）

<https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/manual>

¹² 前事業では、多原料バイオコークスの製造において、主原料とする籾殻・バーク・廃菌床を様々な組合せによる配合パターンにより成型を実施した。

以上の各パラメータでの算出方法から、BIC 供給システムにおいて、BIC1 トンを調達するために発生する CO2 量に整理して算出を行った。なお、多原料 BIC は原料構成によって消費エネルギーに差異が出る可能性があるので原料構成別に CO2 発生原単位を整理した。

③各過程における CO2 排出量の算出結果

ア. バイオマス原料の収集

バイオマス原料の収集において、収集に係るトラック走行時の軽油消費量を算出した。本業務での原料バイオマスについては、籾殻、バーク、リンゴの搾り滓の3種類を取り扱うため、2章(1)で検討したこれら3種類の収集システムから、収集に係る走行距離等を勘案し、軽油消費量を算出した上で、原料ごとの CO2 排出量を算出した。トラックの燃費 (km/L) については、平成 30 年度事業での実績である 6km/L を用いた。算出結果を、図 3- 6 に示す。

図 3- 6 原料ごとの収集に係る燃料 (軽油) 消費量

原料	輸送距離 [km]	軽油消費量 [L]	CO2 排出量 [kg]
籾殻	68.6	11.4	9.70
バーク	83.6	13.9	24.96
リンゴの搾り滓	104.1	17.4	9.33

イ. BIC 製造

前事業で実施した BIC 製造連続運転の期間中、2.4 トン/日 定格運転が実現でき、かつ定常運転として最も適していた運転日として平成 29 年 10 月 18 日の運転データを採用した。BIC 製造に係るエネルギー使用量として同日における各エネルギーの使用量を、表 3- 10 に示す。

平成 29 年 10 月 18 日の BIC 製造運転では、バイオマス原料の配合パターンは [籾殻 70%、バーク 25%、廃菌床 5%] であり、1 日あたりの BIC 製造量は 2.41 トンであった。乾燥機での灯油使用量は 130L、原料投入の際に用いるホイールローダの軽油使用量は 10L、BIC 製造設備の電力消費量は 743.7kWh であった。

表 3-10 平成 29 年 10 月 26 日の操業状況及び各エネルギー使用量

日付	平成 29 年 10 月 18 日
原料	粃殻 70%、バーク 25%、廃菌床 5%
操業	24 時間連続製造運転中
BIC 製造量 [t/d]	2.41
灯油使用量 [L]	130
軽油使用量 [L]	10
電力消費量 [kWh]	743.7

ウ. BIC の輸送

BIC の輸送において、製造した BIC を、実証事業地（青森県黒石市）から利用先であるキュポラ（岩手県北上市）及びガス化溶融炉（岩手県紫波郡矢巾町）に 10 トントラックにて輸送する際の燃料（軽油）消費量及び CO2 排出量を算出した。算出にあたり、トラックの燃費は三菱ふそうトラックの平均燃費 3.83km/L を採用した¹³。算出結果を、表 3-11、表 3-12 に示す。

表 3-11 BIC 輸送に係る軽油使用量と CO2 排出量（キュポラ向け）

項目	算出結果	備考
軽油消費量[L]	108.43	輸送距離 201km
積載 BIC1 トンあたりの 軽油使用量[L/t-BIC]	9.11	積載量 5.5 トン
積載 BIC1 トンあたりの CO2 排出量[kg-CO2/t-BIC]	23.50	

表 3-12 BIC 輸送に係る軽油使用量と CO2 排出量（ガス化溶融炉向け）

項目	算出結果	備考
軽油消費量[L]	108.43	輸送距離 170km
積載 BIC1 トンあたりの 軽油使用量[L/t-BIC]	10.93	積載量 4.5 トン
積載 BIC1 トンあたりの CO2 排出量[kg-CO2/t-BIC]	28.20	

¹³ <http://torack7.blog.fc2.com/blog-entry-188.html> を参照した。

エ. 石炭コークスの代替

ガス化溶融炉では、BIC1 トンにかかる石炭コークスの代替量は、BIC の発熱量が石炭コークスの発熱量の 60%であることから、等価熱量で置換する。よって、BIC1 トンあたり、0.6 トンの石炭コークスが削減できる。

一方、キュポラでは、過去の利用実証の実績、及び本事業での実証前事前検討から、BIC1 トンにあたり、0.5 トンの鋳物コークスが削減できる。

④キュポラ向け・ガス化溶融炉向け CO2 排出量の算出結果

前項③の算出結果から、キュポラ向け・ガス化溶融炉向けとして BIC 供給システム全体に係る BIC1 トンあたりの CO2 排出量を算出した。算出結果を表 3-13、表 3-14 に示す。

表 3-13 BIC1 トンあたりの CO2 排出量 (キュポラ向け)

項目	BIC 製造 1 トンあたりの CO2 排出量[kg]	備考
バイオマス原料の収集	22.23	[バーク 90%、リンゴの搾り滓 10%] の配分を考慮した CO2 排出量
BIC 製造 (電力消費)	332.27	
BIC 製造 (灯油消費)	276.49	
BIC 製造 (軽油消費)	10.71	
BIC 輸送	23.50	
合 計	665.20	

表 3-14 BIC1 トンあたりの CO2 排出量 (ガス化溶融炉向け)

項目	BIC 製造 1 トンあたりの CO2 排出量[kg]	備考
バイオマス原料の収集	14.13	[籾殻 60%、バーク 30%、リンゴの搾り滓 10%] の配分を考慮した CO2 排出量
BIC 製造 (電力消費)	161.35	
BIC 製造 (灯油消費)	134.26	
BIC 製造 (軽油消費)	10.71	
BIC 輸送	28.20	
合 計	348.65	

⑤キュポラ向け・ガス化溶融炉向け CO2 削減効果の算出

前項④の CO2 排出量総量、石炭コークス代替による CO2 削減量を基に、キュポラ向け 1.8 トン／日、及びガス化溶融炉向け 1.5 トン／日製造する場合の正味 CO2 削減量を算出した。この結果、BIC 利用システム LCA における正味排出量は 1,194t-CO2/t-BIC であった。算出結果を、以下表 3- 15、表 3- 16、表 3- 17 に示す。

表 3- 15 キュポラ向け BIC1 トンに係る正味 CO2 削減量

項目	CO2 量[kg]
CO2 総排出量	665.20
CO2 削減量	1585.00
CO2 正味削減量	919.80

表 3- 16 ガス化溶融炉向け BIC1 トンに係る正味 CO2 削減量

項目	CO2 量[kg]
CO2 総排出量	348.65
CO2 削減量	1902.00
CO2 正味削減量	1553.35

表 3- 17 1 日当たりの CO2 削減量

項目	CO2 量[t/日]
キュポラ向け 1.8 トン／日製造時	1.65
ガス化溶融炉向け 1.5 トン／日製造時	2.33
CO2 正味削減量	3.98

以上により、BIC 製造設備でキュポラ向け 1.8 トン／日及び、ガス化溶融炉向け 1.5 トン／日において、かつ年間操業日数を 300 日（日祝日休業と仮定）の場合、

$$3.98 \text{ t-CO}_2/\text{t} \times 300 \text{ 日} = \underline{\underline{1,194 \text{ t-CO}_2/\text{設備} \cdot \text{年}}}$$

の CO2 削減が期待できることとなる。

4. まとめ

平成27～29年度に実施した前事業でのCO2排出量削減に向けた実証事業に係るBIC製造や利用の実績から、平成30～31年度においてはBIC製造について高速製造技術と自動車部品鋳造用キュポラ向けBICの製造技術の2つの技術を確立し、BICによる利用実証試験を通じ社会実装に向けた課題解決を実施した。

高速製造技術では連続製造性の確認を終え、同BICについてガス化溶融炉での利用実証試験で特に炉への影響がないことを確認した。自動車部品鋳造用キュポラ向けBICについても、試作によりその製造技術を確立し、2か所のキュポラ所有鋳物企業での利用実証試験により問題なくBICが鋳物コークスの一部代替となることを確認した。

また、これまで培ってきた数多くのバイオマス原料の混合パターンによるBIC成型技術について、将来のBICの販売に寄与させるため、ガス化溶融炉向け、自動車部品鋳造用キュポラ向けの2種類について、BICを用途別に整理した。

さらに、実用化に向けたビジネスモデル検討として4案のビジネスモデル案を選定し、このうち最も実現可能なモデルとして黒石で事業を行う場合について深堀検討を行い、その事業性評価やCO2排出量のLCAを行うとともに、事業を行うに当たっての課題を抽出した。

本事業は平成31年度末で終了となり、今後、BICの製造販売事業に移行していく予定であるが、これまで5年間のBIC製造・利用に係る研究開発内容や実証試験結果等の成果を活かしながら、同事業に取り組んでいく。

5. 謝辞

本事業は、平成 27 年度から BIC による CO2 排出量削減として製造や利用の実証事業を実施してきたが、本年度の平成 31 年度を以って終了となる。本事業の実施に当たっては 5 か年の長年に亘り、環境省担当官殿、プログラムオフィサー先生方、技術開発検討会やワーキンググループの委員の先生方、その他実証事業実施協力企業関係者等多数の方々に大変お世話になり、ここまで無事に本事業を実施し様々な成果を得ることができた。末筆ながらこの場をお借りして関係者の皆様に感謝を申し上げる。

6. 参考資料

(1) 技術開発検討会

本業務の円滑な実施のため、専門家からなる技術開発検討会を設置した。今年度は、第1回（令和元年11月6日、岩手県北上市）及び第2回（令和2年2月12日、東京都港区）で計2度開催した。各回ともに、検討会委員から貴重なアドバイスを多く頂いた。

①第1回技術開発検討会

ア. 日時：令和元年11月6日（水） 9時30分～11時30分

イ. 場所：北上市文化交流センター さくらホール（岩手県北上市）

ウ. 出席者

(ア) 委員

氏名	勤務先	役職
横山 伸也 (委員長)	公立大学法人鳥取環境大学	環境学部 特任教授
芋生 憲司	国立大学法人東京大学大学院	農学生命科学研究科 教授
平塚 貞人	国立大学法人岩手大学	理工学部 物理・材料理工学科 教授
真土 亨	青森県黒石市	商工観光部 部長

(イ) 事業委託元

氏名	勤務先	役職
田中 嘉彦	環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課	課長補佐
蕨 俊宏	環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課	環境専門員
藤沼 康実	一般社団法人国際環境研究協会	プログラムオフィサー
村木 正昭	一般社団法人国際環境研究協会	プログラムオフィサー

(ウ) 実施者

氏名	勤務先	役職
富田 新二	一般財団法人石炭エネルギーセンター	技術開発部 部長
鈴木 孝尚	一般財団法人石炭エネルギーセンター	技術開発部 部長代理
角間崎 純一	一般財団法人石炭エネルギーセンター	技術開発部 主任

(エ) 共同実施者

氏名	勤務先	役職
小田 昭浩	日本砒研株式会社	代表取締役社長
小林 溶子	日本砒研株式会社	経営企画室 室長代理
武差 徹	青森バイオ技研株式会社	研究員
井田 民男	学校法人近畿大学	理工学部 機械工学科教授 バイオコークス研究所 所長
菊井 康順	学校法人近畿大学	バイオコークス研究所 ビジネスディレクター

エ. 議事

(ア) 開会、挨拶、メンバー紹介

環境省、プログラムオフィサー（以下、「PO」と記す）、横山委員長、実施者挨拶の後、委員及び実施者で自己紹介を行った。

(イ) 平成 31 年度実施計画（事業全体及び JCOAL 実施内容）

（説明者：JCOAL 鈴木孝尚部長代理）

<質疑・応答>

委員：製造時間を 50%短縮しても BIC が製造できている理由は？製造時間を 50%短縮した条件で製造した BIC は従来時間の BIC と比較して性状を維持できているのか？原料を変える事で、BIC の性状を向上させることはできるのか？

→JCOAL : 製造時間を短縮化することで BIC の品質は多少の低下が見られる。横手での実証試験では、ガス化溶融炉に種々の性状の BIC を投入し、問題ない事を確認している。その中には、短縮率は今回報告したものと異なるが、製造時間を短縮化させ、品質が多少低下した BIC を用いた試験も含まれる。ガス化溶融炉で BIC に求められる役割はスラグ溶融のための熱源であり、ある程度の品質低下は許容できる。キュポラの場合、スクラップの溶融熱源に加えて加炭材としての役割も求められるため、時間短縮ではなく、時間を延長して、より良い品質の BIC (比重 1.25 が目安) を製造する必要がある。

今回は、黒石地域内で経済的に収集できる原料として靱殻、バーク、リンゴの搾り滓を選定して取り組んでいるが、廃菌床や糠など比重が高い、もしくは反応性を向上させる原料を活用することで BIC の性状を向上できる。

PO : 製造時間短縮による製造コストへの影響は？

電力量は複数の機器の合計量のようなのだが、成型機以外の機器の電力量も含まれているのではないかな？

→JCOAL : BIC 成型機 8 機及び各成型機に原料を供給するチェーンコンベヤや原料貯留槽の動力も含まれるが、成型機の消費電力量と比較して小さい値である。実証試験データを基に BIC の製造コストを算出した場合、人件費の占める割合が大きい。製造時間を 50%短縮することで、消費電力量が削減され、また、時間当たりの製造量が従来時間と比較して約 2 倍に増えるといった効果が得られるが、製造量を倍化するに伴い、作業員の人数を 2 倍に増やしたのではコスト削減効果はほとんど得られない。操業体制等も考慮して算出するようにする。

→PO : 電力量と価格の関係は、コストを減らすことが問題なので、はっきりさせる必要がある。ビジネスモデルの主体が誰になるのかを決めなければならない。CO2 削減と導入場所を定めるために 2 年の事業延長をしたと思っている。ここに注力してほしい。この設備を使う人にどのようなメリットがあるかが重要。これを示さないとユーザが出てこないのではないかな？

委員 : ビジネスモデルでは、利用先の近隣に製造所を設置することを想定しているようだが、BIC は 1 箇所のみ供給するのか？利用先が複数あれば、インターチェンジ付近など設置場所も変わるのではないかな？

→JCOAL:現状では1箇所には供給する地産地消モデルとして考えている。
JFE エンジンリング製のガス化溶融炉が全国に複数箇所存在しており、将来、本件をモデルケースとして全国に展開できればと考えている。

(ウ) 平成 31 年度実施計画 (日本碓研 (株) 実施内容)

(説明者: 青森バイオ技研 武差研究員)

<質疑・応答>

PO : 石炭コークス比とは?

→NK : BIC と鋳物用コークスの発熱量比である。

委員 : 籾殻やリンゴの搾り滓はこれまでどのように処分されてきたのか? リンゴの搾り滓は有償、無償のケースがそれぞれあるが、有償のケースは、他に利用先があるのか?

→NK : リンゴの搾り滓は、一部家畜飼料などに利用されている。スライドに記載の“有償”は、保管・輸送時に用いるフレコン費用がかかることを指している。籾殻は、堆肥や畜産業の敷料として利用されている。

→ 委員 : リンゴの搾り滓は廃棄物処理をしていると思われるが、廃棄物処理業として逆有償で収集することも考えられるのではないか? バイオマス発電所が増えた事で、木質系の敷料が不足しており、籾殻の敷料としての需要が大きくなる可能性もある。

→NK : リンゴの搾り滓の収集は交渉次第である。原料は、地域内で収集可能な原料で臨機応変に対応していく。

PO : バイオマス収集量に季節差があるが、年間を通して同じ原料配合で生産するのか? それとも季節毎に配合を変更するのか?

→NK : 実証期間中は、基本的には同一の配合で製造する。利用先も BIC の性状変化は好まないだろう。原料の収集が困難になった場合には、配合を変更せざるを得ないため、利用先に対して原料が変更になる旨の説明や確認試験を行う必要がある。

PO : BIC 原料としてリンゴの搾り滓を採用しているメリットはあるのか?

→NK : キュボラ向けの BIC として、より良いものが製造できる。他の事業で実施した試験においても、リンゴの搾り滓を用いた BIC は良い評価であった。

PO : 資料中のバイオマス入手可能量とは、本事業内で把握できた収集可能量なのか？それとも地域内における潜在量を示しているのか？

→NK : 事業内で把握できた量であり、潜在量ではない。しかし、周辺地域においては、潜在的な量としてはまだ十分に存在していると思われる。

PO : バイオマス入手可能量から、バイオコークスをどの程度製造し、キュポラ向けとしてどの程度輸送、利用し、・・・というストーリーが欲しい。

(エ) 平成 31 年度実施計画 (近畿大学実施内容)

(説明者：近畿大学 井田教授)

<質疑・応答>

委員：中外炉工業製の成型機産 BIC とナニワ炉機研究所製の成型機産 BIC とで密度や強度に違いが見られるのはなぜか？

→ 近大：おそらく中外炉工業製のものは反応が進んでいない。装置の仕様が一部製造条件を満たしていない嫌いがある可能性があるが、詳細は把握できていない。

委員：BIC の性状に関して、密度と圧縮強度にある程度の相関が見られたが、一部で低密度なものにも関わらず、圧縮強度が高いものがあるのはなぜか？

→ 近大：籾殻が原因である。籾殻は反応性が低いため、配合した場合に BIC の比重が低くなるが、シリカが大部分を占めるため強度は高くなる傾向にある。

委員長：キュポラ向け BIC の比重はどの程度がターゲットになるのか？

→ 近大：T 社での燃焼試験した際には、比重 1.25 が基準となっていた。

PO : ガス化熔融炉向けの BIC、キュポラ向けの BIC でそれぞれ最適な製造条件は最終的に本事業内で明確化するのか？

→ 近大：原料が決まれば、製造条件は確定できる。加熱条件は TG-DTA の結果ですぐに判断できるが、初期含水率は何点か試作してデータを採取する必要がある。

オ. 全体を通してのコメント (環境省、委員)

環境省：環境省の補助金として、循環型社会形成推進交付金が対象とな

る可能性があると思う。ただしこの補助金は設備の新設や基幹改良などが対象となり、また事業主体は自治体や一部事務組合となる。また、事業主体が民間事業者向けの低炭素型廃棄物処理支援事業の補助金も対象となる可能性があると思う。こちらは CO2 削減効果、エネルギー効率などが条件となる。いずれにしても、ビジネスモデル構築に際して、仮に補助金を活用した場合の事業採算性などを JCOAL と協議して検討していく。

PO : BIC 製造条件（反応時間）において、各報告で表現が統一されていないため、最終報告の際には統一して頂きたい。

カ. 委員長・環境省・プログラムオフィサー講評

(ア) 横山委員長のコメント

三者の発表が噛み合っており、分かりやすい報告だった。三者で情報共有ができており良い。環境省のアドバイスを活かして是非事業化へつなげてほしい。

(イ) 芋生委員のコメント

民間企業も CO2 を削減していかなければ資金調達ができなくなりつつある。この流れは CO2 排出削減が見込まれる本技術においては追い風であり、期待している。事業主体をどうするかが重要である。

(ウ) 平塚委員のコメント

キュポラ向けの基準である比重 1.25 をクリアしてほしい。

(エ) 真土委員のコメント

商業ベースに乗せられるよう頑張してほしい。次段階に期待している。

(オ) 藤沼 PO のコメント

ここまで順調に進捗していると思っている。最終報告では、5 年間の集大成となるような成果を期待している。商業化のゴールを目指し頑張してほしい。

(カ) 村木 PO のコメント

BIC はいい技術であると思っている。早く世に出して CO2 削減に寄与してほしい。

(キ) 蕨環境専門員のコメント

CO2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業は事業化が特に重要。これまでもいくつかの事業を見てきたが、良い技術・試験ができたというところで終わってしまうものが多い。事業化に向けたストーリー・ビジネスモデルの構築をしっかりと提供していきたい。

以上

②第2回技術開発検討会

ア. 日時：令和2年2月12日（水） 16時00分～18時10分

イ. 場所 JCOAL 大会議室（東京都港区）

ウ. 出席者

（ア）委員

氏名	勤務先	役職
横山 伸也 (委員長)	公立大学法人鳥取環境大学	環境学部 特任教授
芋生 憲司	国立大学法人東京大学大学院	農学生命科学研究科 教授
真土 亨	黒石市	商工観光 部長

（イ）事業委託元

氏名	勤務先	役職
田中 嘉彦	環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課	課長補佐
蕨 俊宏	環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課	環境専門員
藤沼 康実	一般社団法人国際環境研究協会	プログラムオフィサー

（ウ）実施者

氏名	勤務先	役職
富田 新二	一般財団法人石炭エネルギーセンター	技術開発部 部長
鈴木 孝尚	一般財団法人石炭エネルギーセンター	技術開発部 部長代理
鈴木 厚子	一般財団法人石炭エネルギーセンター	技術開発部 課長代理
松尾 春幸	一般財団法人石炭エネルギーセンター	技術開発部 主任技師
角間崎 純一	一般財団法人石炭エネルギーセンター	技術開発部 主任

(エ) 共同実施者

氏名	勤務先	役職
小田 昭浩	日本砥研株式会社	代表取締役社長
小林 溶子	日本砥研株式会社	経営企画室 室長代理
武差 徹	青森バイオ技研株式会社	研究員
井田 民男	学校法人近畿大学	理工学部 機械工学科教授 バイオコークス研究所 所長
菊井 康順	学校法人近畿大学	バイオコークス研究所 ビジネスディレクター

エ. 議事

(ア) 開会、挨拶、メンバー紹介

環境省、プログラムオフィサー、横山委員長、実施者挨拶の後、自己紹介を行った。

(イ) 事業全体及び JCOAL 実施内容進捗 (1) (高速製造技術の確立)

(説明者：JCOAL 鈴木孝尚部長代理)

<質疑・応答>

委員：BIC の製造時間短縮による電気料金の低減効果について、製造時間 40%短縮時が最大となり、50%短縮時になると電気料金が再び増加する傾向にあるが、原因は何か？

→ JCOAL：製造時間短縮によって BIC が未反応となり、排出時の負荷が増大し、油圧機器の消費電力量が増大したためと推測している。消費電力量は、排出時に要した圧力とおおまかな相関がみられている。

→ 委員：この原料組成では 40%が最も削減効果が大きかったという認識でよいか？原料によっては、製造時間の短縮率が変わるのか？

→ JCOAL：原料によって変わると思われる。

→ 委員：製品の基準となる密度を設定し、そこを満たすような条件範囲でどこまで製造時間を短縮できるかということか？

→ JCOAL : その通りである。

PO : これらのデータは 1 回の測定結果か？それとも繰り返し測定した平均値なのか？

→ JCOAL : 30%短縮の条件については、1 日の試験の中で、該当する運転の時間を切り取り算出した値である。40%、50%短縮の条件は、3 日間の試験の中で算出した値となっている。試験日数が限られていたため、30%短縮の連続製造についてはいずれの成型機でも製造できていたため早期に見定め、40%、50%短縮のより厳しい条件での連続製造に時間を割くようにした。

委員長 : 2 月、3 月に再度、ガス化溶融炉で投入試験をするということだが、サンプルはあるのか？目的は、ガス化溶融炉で発生した BIC の閉塞の原因究明と対策ということか。

→ JCOAL : 投入試験に際して必要なサンプルは十分にある。12 月の投入試験では、閉塞が何度か発生しており、発生の度に運転員らがハンマリング等で対応していた。そのような人的負荷の軽減が目的である。

PO : 今回の試験は、10%置換の条件で何度か BIC の閉塞が発生したということであるが、25%の長期実証試験では、閉塞等の問題はなかったのか？

→ JCOAL : 長期実証の際には、JFE エンジニアリング(株)が常駐しており、定期的なハンマリング等で閉塞を低減していたようである。

→ PO : 現在は、石炭コークスと BIC とで別々のサイロで管理し、供給経路も異なるようであるが、石炭コークスと BIC を同じ経路で供給することはできないのか？

→ JCOAL : 物理的には可能だと思うが、炉の操業に当たり各燃料を計量しながら自動制御の計算に入れて供給しているため、各燃料をいかにして計量するかが課題となる。

(ウ) 日本砒研実施内容進捗

(説明者：青森バイオ技研 武差研究員)

<質疑・応答>

PO : キュポラ向けの BIC 製造においては、ガス化溶融炉向けの高速度製造技術で得られた知見はフィードバックされているのか？

→ NK : ガス化溶融炉については、数ヶ月の長期実証を何度も実施しており、BIC の受入条件についても大まかに把握できているた

め、ユーザ側の理解も得られており、高速製造した BIC による試験の実施が可能となっている。自動車部品鑄造用キュボラにおいては、元々、BIC への要求仕様がガス化溶融炉に比べて高く、長期実証の実績等もないため、反応時間を十分に設けた BIC を供給している。将来、キュボラにおける BIC の知見の蓄積により受入条件が把握できた際には、その仕様を目標として条件の最適化を行いたい。

委員：BIC の利用にあたっては、ユーザ側でどのようなメリットが得られるかが重要。BIC 利用によるキュボラユーザのメリットは何なのか？

→NK：CO₂ の削減が要求される中、キュボラユーザも CO₂ 削減の方法について模索している。BIC の利用により、石炭コークス利用量削減分の CO₂ 削減効果が得られることから、将来的に使用したいというコメントを頂いている。

→委員：BIC の導入によってコスト増になったとしても使用したいということか？

→NK：将来、CO₂ 削減の制約が課せられた場合には、多少のコスト増となっても何らかの CO₂ 削減の対策が必要だろうという考えのようである。

委員長：今回は 5%置換のようであるが、置換率を増やすことは可能か？

→NK：可能である。最大でどれだけ置換可能かといった取り組みをした例もあり、20%置換まで実施したこともある。今回は、ワーキンググループの協議において、ロングランでの利用における不具合の有無等の確認をするべきとの指摘があったため、置換率を 5%に設定した。

委員長：将来、石炭を利用する業界に対して、CO₂ 削減に向けた制約等が課せられることがあるのか？

→環境省：今後の CO₂ 排出量削減に関する政策等については、具体的な案を把握できていないが、2050 年の 80%削減の達成に向けて、何かしらの対応が必要になると思われる。本事業においては、社会実装されて初めて CO₂ 削減に貢献されるものであるため、継続して利用してもらうためにも経済性の改善は必要と思われる。

→委員長：今後、石炭を利用する業界に対して、CO₂削減に向けた制約等が課せられた場合、導入に際して多少割高になっても、CO₂削減できるという技術として、解決策になり得るのではないか。

→NK：BICは価格が安定しているというメリットがある。

PO：黒石でのバイオマス発生量の説明があったが、これらを収集し、BICを製造したとして、キュポラで利用する燃料のどの程度を賄うことができるのか？

→NK：A社への対応が精いっぱいである。

委員：FIT制度が終了した際に、バイオマス原料の流通が変わるかもしれない。今後もそういった情報収集を継続しながら、取り組んで頂きたい。

(エ) 近畿大学実施内容進捗

(説明者：近畿大学 井田教授)

<質疑・応答>

委員：規格の中で、灰分の取り扱いはどうするのか？キュポラであれば、灰分がない方が望ましいと思う。規格の中で、どの程度までカバーするのか。

→近大：BICは様々な原料で製造可能であり、灰分はBICを構成する原料によって変動する。どの原料までをBICとするかが悩ましい。規格の中に入れるとすれば、CHN程度と考えている。ガス化溶融炉はこれまでの報告の通り、ハードルが低いため、範囲は広がる。それに対してキュポラ向けは絞る必要があると考えている。

→委員：規格票に成分分析表を付けるのか？

→近大：セルロース、ヘミセルロース及びリグニンの組成解析が最も有効であるが、分析可能な業者がないことが課題。これまで実施していた試験所も手放してしまった。

PO：ガス化溶融炉とキュポラ、それぞれに対しての数値が入った規格票が完成するという認識でよいか？

→近大：資料中の表では、BICの製造条件など不要な項目もあるため、もっとシンプルなものにする予定である。

委員長：BICと石炭コークスとで炉内の燃焼挙動は異なるのか？

→近大：異なる。700℃では石炭コークスの重量変化はチャー燃焼の

みであるため、僅かとなる。

(オ) JCOAL 実施内容進捗 (2) (ビジネスモデルの検討)

(説明者：JCOAL 鈴木孝尚部長代理)

<質疑・応答>

委員：ケース4について、BICの輸送コストはどのように考えている？

→JCOAL：10トン車で運ぶことを前提として単価、製造量を考慮して盛り込んでいる。

PO：ガス化溶解炉での利用を想定した場合、ガス化溶解炉におけるCO2排出削減対策のオプションとしてBICをPRしてもらう方が普及しやすいのではないかと？

→JCOAL：ガス化溶解炉のページでバイオマス燃料も使用可能といった旨の記載があるものの、BICというキーワードは出ていない。メーカーは、現時点で流通していない製品をユーザ側に勧めることはできないというスタンスである。

委員：ケース4において、イニシャルコストで補助金助成がゼロとなっているのはどういうことか？

→JCOAL：実証設備を流用することを想定しており、配置変更等の手直しは必要なものの、他のケースのような新設ではないため、ゼロとしている。

→委員：補助率とは何か？

→JCOAL：補助金制度の利用を想定したものである。交付先が自治体か、企業かによって補助率が変動すると思うが、自治体が主体となることを想定している。

オ. 委員長・環境省・プログラムオフィサー講評

(ア) 横山委員長のコメント

実証事業の委員をいくつか担当したが、委員会当日に設備が動いていないケースが多々見られる中、この事業では、訪問の度に機器が健全に動いており、感心した。今後BICの商売に際しては、BICのメリットである「CO2排出量の削減」と「地産地消」をよりPRしていく必要がある。環境省からもいくつかアドバイスがあったが、それらを活かして継続して取り組んで頂きたい。

(イ) 芋生委員のコメント

ビジネスに向かって動いているようで嬉しい。今後、CO2排出量削減

に向け、企業毎に削減目標等を設定することになり、今後ニーズが増えると思う。

(ウ) 真土委員のコメント

CO2 削減を実施した企業に対して何らかの優遇措置があるとより推進されると思う。

(エ) 藤沼 PO のコメント

本技術は、シンプルで良い。今後、ビジネスをしていくにあたり、広報活動は大事である。事業終了後に今後の展開に関するプレスリリースがあると良い。来年度、本技術が社会実装されることを期待している。

(オ) 田中課長補佐のコメント

現在も本技術に関する問い合わせ等があり、今後ますます注目度が上がるのではないかと。環境省としても、問い合わせに対しての回答として、成果報告書を活用したいと考えているため、製造における反応機構や利用時の石炭コークスの代替メカニズム等の根拠が盛り込まれていると良い。

(カ) 蕨環境専門員のコメント

委託事業にてリースしていた機器の取り扱い等の手続きが発生する。補助金で導入した設備については、稼働率が低下しないような運転計画を策定し、ビジネスに取り組んでほしい。委託事業は年度内に成果報告書の提出が必要である。また、補助事業は 2020～2022 年の 3 年間にかけて、補助設備の利用による CO2 排出量の削減効果をまとめた報告書の提出が必要となる。報告の期間内で設備の稼働率が低下し、CO2 排出量の削減効果が低減しないよう留意して運転計画を策定頂きたい。

以上

(2) 共同実施者との打合せ

本業務の実施に当たって、JCOAL は共同実施者である日本砥研及び近畿大学と打合せを行い、業務の円滑化に努めた。実施した主な打合せについて、表 5-1 にまとめた。

表 5-1 主な共同実施者との打合せ実績

日付	場所	参加者	打合せ内容
4月25日	日本砥研盛岡事務所	J・NK	委託業務の進め方確認
4月26日	実証事業地	J・NK	実証設備の運用方法検討
5月28日	日本砥研本社事務所 実証事業地	J・NK	実証設備の運用方法検討、 委託業務内容の確認
6月6日	日本砥研本社事務所 実証事業地	J・NK	実証設備の運用方法検討、 委託業務内容の確認
6月18日	日本砥研本社事務所 実証事業地	J・NK	委託業務内容の確認、 BIC 製造実証運転の検討
6月26日	日本砥研本社事務所 実証事業地	J・NK	委託業務内容の確認、 BIC 製造実証運転の検討
8月20日～21日	JCOAL 事務所	J・NK・KU	委託業務の進捗確認、 今後の工程確認
8月31日	実証事業地	J・NK	委託業務の進捗確認
9月12日	日本砥研本社事務所	J・NK・KU	委託業務の進捗確認、 今後の工程確認
9月26日	実証事業地	J・NK・KU	委託業務の進捗確認、 BIC 製造実証運転の検討
10月24日	日本砥研本社事務所	J・NK・KU	委託業務の進捗確認
2月3日	日本砥研本社事務所	J・NK	委託業務の進捗確認、 今後の進め方の検討
2月17日	近畿大学東京センター	J・NK・KU	委託業務の進捗確認、 今後の進め方の検討

(3) 情報発信

① 講演

- ・小田昭浩（日本砥研(株)）、井田民男（近畿大学）、村田博敏（(株)ナニワ炉機研究所）、「次世代燃料バイオコークス-青森県の取り組み-」、化学系学協会東北大会、平成 27 年 9 月 13 日
- ・武差徹（青森バイオ技研(株)）、小田昭浩（日本砥研(株)）、村田博敏（(株)ナニワ炉機研究所）、佐藤庄一（(株)根岸工業所）、及川春樹（(有)及春鋳造所）、小山裕二（日本ピストンリング(株)）、米倉勇雄（奥州市鋳物技術センター）、平塚貞人、堀江皓（岩手大学）、「リンゴの絞りかすで製造したバイオコークスのキュポラ溶解試験」、日本鋳造工学会第 167 回全国講演大会、平成 27 年 10 月 25 日
- ・角間崎純一（(一財)石炭エネルギーセンター）、「コークスによる一般廃棄物処理施設での CO2 排出量 25%削減の長期実証」、廃棄物資源循環学会、平成 28 年 9 月 28 日
- ・角間崎純一（(一財)石炭エネルギーセンター）、「多原料バイオコークスによる一般廃棄物処理施設での CO2 排出量 25%削減の長期実証」、日本エネルギー学会、平成 29 年 8 月 2 日
- ・木村敬、小田昭浩（日本砥研(株)）、廣瀬孝（青森県産業技術センター工業総合研究所）、叶旭君、張樹槐（弘前大学）、片平光彦（山形大学）、「ブリネル硬度測定によるバイオコークス物性の簡易推定法について」、農業食料工学会東北支部平成 29 年度支部大会、平成 29 年 8 月 21 日
- ・武差徹、赤平歩（青森バイオ技研(株)）、小田昭浩、小林溶子（日本砥研(株)）、村田博敏（(株)ナニワ炉機研究所）、佐藤庄一（(株)根岸工業所）、及川春樹（(有)及春鋳造所）、平塚貞人、堀江皓（岩手大学）、「リンゴ搾りカスで製造したバイオコークスのこしき炉溶解」、日本鋳造工学会第 168 回全国講演大会、平成 28 年 9 月 25 日
- ・角間崎純一（(一財)石炭エネルギーセンター）、「多原料バイオコークスによる一般廃棄物処理施設での CO2 排出量 25%削減の長期実証」、第 24 回石油学会関西支部・第 33 回日本エネルギー学会関西支部合同セミナー、平成 29 年 10 月 20 日
- ・太田 慧（(株)栗本鐵工所）、「キュポラにおけるバイオコークスの実用的運用方法の検証」、ダクタイル鋳鉄協会大会、平成 30 年 3 月 8 日～9 日

② 出展

- ・川畑秀駿（JFE エンジニアリング(株)）、盛岡・紫波地区環境施設組合清掃センター 環境まつりにて展示、平成 29 年 9 月 17 日

- ・角間崎純一（(一財)石炭エネルギーセンター）、エコプロ 2016・2017・2018 での JCOAL ブースにてポスター展示、平成 28 年 12 月 8 日～10 日、平成 29 年 12 月 7 日～9 日、平成 30 年 12 月 6 日～8 日

③論文

- ・角間崎純一（(一財)石炭エネルギーセンター）ら、「多原料バイオコークスによる一般廃棄物処理施設での CO2 排出量 25%削減の長期実証」、廃棄物資源循環学会誌 第 28 巻 第 1 号、平成 29 年 1 月
- ・田上 奈実, 中館 朋江, 水野 諭, 井田 民男（近畿大学）、「石炭の指標を適用した緑茶の半炭化特性評価」、日本エネルギー学会誌、第 97 巻 1 号、平成 30 年、pp. 1-7
- ・角間崎純一（(一財)石炭エネルギーセンター）ら、「多原料バイオコークスによる一般廃棄物処理施設及び産業用キュポラでの利用実証」、Journal of the Japan Institute of Energy 98、2019 年、pp.340～346

④その他

- ・小田 昭浩（日本砥研(株)）、井田民男（近畿大学）、村田博敏（(株)ナニワ炉機研究所）、佐藤庄一（(株)根岸工業所）、及川春樹（(有)及春鋳造所）、小山裕二（日本ピストンリング(株)）、平塚貞人（岩手大学）、「CO2 排出ゼロの鋳物用ハイブリッド・バイオコークスの開発と高機能鋳鉄の創成」、経済産業省第 6 回ものづくり日本大賞東北経済産業局長賞受賞、平成 27 年 10 月

リサイクル適正の表示：印刷用の紙にリサイクルできます

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料「Aランク」のみを用いて作成しています。