

令和4年度
脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業
(バイオガスのハイブリッド精製と真庭市地域の
生ごみ収集車両への利用実証)
委託業務成果報告書

令和5年3月

真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合

要 約

2050年カーボンニュートラル・脱炭素社会の実現を目指すにあたり、廃棄物分野においても一層の脱炭素・省CO₂対策を進めることが喫緊の課題となっている。また、第5次環境基本計画で打ち出された「地域循環共生圏」は自立・分散型の社会を形成しつつ近隣地域等と地域資源を補完しあう考え方であり、廃棄物処理施設においても地域活性化に取り組むことが重要になる。

本事業では4年間の予定で岡山県真庭市にある一般廃棄物のメタン発酵実証施設を利用して、メタン発酵由来のバイオガスを精製し都市ガス同等のガスを作る実証を行う。(以後、バイオガスを精製し、メタン濃度を向上させたガスを「精製バイオメタン」、精製バイオメタンに付臭し成分調整をしたガスを「製品ガス」という。)精製バイオメタンの貯蔵段階では低エネルギーで多量のガスを保存できる吸着貯蔵タンクの利用について実証を行う。実証施設で製造した製品ガスは車両用燃料として充填し、車両は真庭市内で生ごみ等の収集運搬に利用する。

(1) 実証の背景と目的

真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合は、2014年度(平成26年度)にメタン発酵実証プラント(真庭リ協バイオガスプラント、以下「既存プラント」という。)を環境省・農林水産省の委託事業により設置した。実証期間は2014～2016年度で、真庭市内のモデル地区約4,000世帯分の生ごみ分別収集、生ごみ等有機性廃棄物のメタン発酵によるエネルギー化、発酵後の消化液の肥料利用に取り組んできた。実証期間の終了後も真庭市からの委託を受け、モデル実証(生ごみ等の資源化と液肥利用)を継続している。過去の実証の際にはバイオガスをコージェネレーションシステムで利用し、施設内での発電利用と熱利用を行っていたが、施設内の電力需要の変動に応じて発電機がオンオフを繰り返すことから発電効率が悪く、エネルギーの適正利用が課題であった。また、他地域のメタン発酵処理施設でも、バイオガスの利用については発電及び固定価格買取制度(FIT)による売電が主流であるが、FIT制度終了後の経済的なエネルギー利用方法が少ないのが現状である。バイオガスは都市ガスの主成分であるメタンを60%程度含んでおり、精製によりメタン濃度を向上させることで都市ガスと同等のガスとして車両燃料にも利用できることから、今後のバイオガス利活用において経済的、環境負荷的に有効な方法として本実証を行うこととなった。

(2) 実証技術の概要

バイオガス精製技術

バイオガスの精製にはハイブリッド精製という技術を利用する。ハイブリッド精製は、精製技術のうち、圧カスイング吸着法(PSA)とCO₂分離膜を併用する方法であり、PSAと比較してメタンガス回収率を向上できる利点がある。また、大量の水が必要となる高圧水吸

収法は下水処理施設の適用に向いているが、ハイブリッド精製は、処理水の発生が少ない一般廃棄物（生ごみ・し尿等）や畜産系のメタン発酵システムにも適用できる。

ガス貯蔵技術

貯蔵技術としては吸着剤を充填したタンクでの低圧貯蔵を利用する。バイオガスの主成分であるメタンは圧力をかけただけでは圧縮はされるが液化はできない。メタンガスは常圧では -162°C に冷却することで液化し体積が気体の約 $1/600$ となるが、中小規模の施設でメタンガスの貯蔵のために -162°C の温度を保つのは難しく、冷却にエネルギーが必要な分、エネルギー収支も悪化する。また、メタンガスは圧縮性も高くないため、圧縮により大量に貯蔵するためには高い圧力が必要である。吸着式の貯蔵では活性炭を吸着材として利用することで比較的低压でも常圧時と比較して 20 倍程度のガス貯蔵が可能である。さらに、前段でバイオガスを精製してから貯蔵することで、エネルギー密度としてはバイオガスの 30 倍程度の貯蔵が可能になる。

車両利用

本事業では、CNG 車への燃料利用を前提としてガスの精製を行う。車両に利用するガスは通常は都市ガスを燃料として想定しており、都市ガスの性状に合わせるため、また付臭と成分調整のために LP ガスを数%（10%未満）添加し、CNG 車の燃料とする。車両は市販されている CNG トラックを使用し、真庭市の協力を得て実証プラントへの生ごみ収集運搬車として利用する。

(3) 昨年度の実施事項

昨年度は、設備の設計等を実施し仕様を確定したほか、1 期工事として実証用地の基礎設計、基礎工事及び一部施設設備の設置工事を実施した。実証車両についても仕様を決定し、生ごみ収集での走行距離から必要なガス量を算出し、既存プラントからのバイオガス供給制御についての検討を行った。関係法令について確認を行い、設計等にも反映させた。

また、実証で製造・利用する製品ガスの性状についての試算を行った。既存プラントのバイオガス組成と、付臭及び熱量調整の目的で混合する LP ガスの組成を確認した上で、バイオガスの精製度（メタン濃度）と LP ガスの混合比率を組み合わせ、混合後の製品ガスの品質予測を行った。製品ガスについてはいずれのケースでも 12A または 13A ガスの範疇に入ることを確認し、試算上では車両走行には問題がない品質であることを確認した。

(4) 今年度の実施事項

今年度の実施事項としては、実証施設の設置工事を完了させ、試運転調整後、11 月より精製・貯蔵実証を開始し、12 月には充填及び車両走行実証を開始した。精製・貯蔵・充填

の各データは常時監視システムにより管理を行っている。また、各種データの記録及び分析を実施した。

精製実証では、原料となるバイオガスのメタン濃度が 39.1%~76.2%と変動が大きかったが、精製により安定的に 95%以上の精製バイオメタンを製造できることを確認した。貯蔵実証では、吸着貯蔵タンクの内部圧力監視を行っている。充填及び走行実証は 12 月 5 日の開始以降、30 回以上実施した。走行実証については、真庭市の生ごみ収集車両 2 台のうち、1 台を本実証用の CNG 車に置き換えて実施した。その結果、日常的な走行に問題はなく、バイオガスを原料とした製品ガスが CNG 車の燃料として利用できることを確認した。充填及び走行実証の結果から燃費についての推計を行った結果、ごみ収集作業をともなう走行では 2.458km/Nm³、通常走行では 3.193km/Nm³であった。

また、将来の普及に向け、普及機の検討を進めた。具体的には経済性評価や CO₂ 排出削減比較のベースとなる普及機的能力等について、自治体規模を検討し必要能力の試算と概算コストの確認を行った。CO₂ 排出量比較については、評価ケースを設定し、評価の境界についての案を作成した。メタン発酵消化液の肥料利用について、本州地域での事例について取りまとめを行った。

業務の円滑な実施のため、検討会を設置し、9 月と 1 月に実証内容や今後の方向性等についての協議を行った。

(5) 次年度以降の計画

2023 年度は、夏季の走行実証、製品ガスによるエンジン性能試験を実施する。その後、精製バイオメタンに付臭及び熱量調整用に添加している LP ガスの量を減らし、より CO₂ 排出量の少ない製品ガスの製造とそれによる走行実証を実施する計画である。実証については当初計画通り、実証期間通算で 80 回以上の走行実証を行う計画である。

また、バイオガス精製設備について普及を前提とした規模のモデルを設定し、概算コストやエネルギー消費を踏まえた CO₂ の排出削減量についての試算を行う。最終年度 (2024 年度) には実証の結果取りまとめ及び評価を行うとともに、海外での普及戦略や成功事例も参考とし、将来的な日本での普及戦略について取りまとめを行う。

(6) 事業終了後の横展開の可能性

自治体等が運営する焼却処理施設は全国に 1,000 施設以上あり、発電施設がない焼却処理施設がその 64%を占めている。また、67%は使用開始後 20 年以上が経過した施設である。し尿処理施設・汚泥再生処理センターは全国で 930 か所 (内メタン発酵処理施設は 30 か所程度) あり、供用開始から 20 年以上の施設が約 75%というのが現状であるが、下水道未普及の地域も多くあるため、し尿処理施設の廃止や削減は難しい。

メタン発酵プラントは生ごみとし尿を混合処理でき、かつ比較的小規模でもエネルギーを生み出せることから今後の一般廃棄物処理の手法として有効であると考えられる。特に

過疎化が進む地方においては、可能な限り生ごみなどの焼却不適なごみを資源化し、焼却施設とし尿処理施設を縮小・廃止していくことが経済的にも環境負荷の削減にも有効である。

メタン発酵プラントはすでに技術的には確立されているが全国的な普及には至っていない。バイオガスの用途拡大や、車両への利用、敷地制約がある中でのエネルギー密度を高めたガス貯蔵など、本事業の成果はメタン発酵とエネルギー利用の可能性を広げ、一般廃棄物処理だけでなく食品工場からの残渣や畜産系廃棄物などの産業廃棄物処理等にも水平展開可能なモデルである。また、精製バイオメタンが都市ガスの代替となりうることから、既存インフラを活用しながら燃料の脱炭素化を進められるメリットも大きい。FIT に代わる安定的なエネルギー活用法としても有機性廃棄物のメタン発酵処理とバイオガス精製・利用モデルの確立は有力な候補の一つである。

Abstract

Given Japan's goal of achieving a carbon-neutral society by 2050, measures to achieve further CO₂ reduction in the waste field have become an urgent issue. In addition, the *Circulating and Ecological Economy* approach set forth by the Fifth Basic Environment Plan calls for the formation of a self-reliant, decentralized society as steps are taken to complement regional resources in collaboration with neighboring regions, etc., and it is important to pursue regional revitalization initiatives in terms of waste treatment facilities as well.

The purpose of this project—which is planned to take four years—is to use a general waste methane fermentation demonstration facility in Maniwa, Okayama Prefecture in order to upgrade biogas via methane fermentation and thereby demonstrate the creation of gas equivalent to city gas (called *upgraded biomethane* below). During the upgraded biomethane storage stage, the use of an adsorption storage tank, which can store a large amount of gas with a low energy cost, will be demonstrated. The biomethane upgraded at the demonstration facility will be supplied as vehicle fuel, and this vehicle will be used to collect and transport kitchen waste and the like within Maniwa.

(1) Background and objectives of this demonstration project

In fiscal 2014, the Maniwa Cross-Regional Waste Recycling Business Cooperative established a methane fermentation demonstration plant (the Maniwa Rikyo Biomass Plant, called *the existing plant* below) as a commissioned project of the Ministry of the Environment and the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. The demonstration period was from fiscal 2014 to 2016, and efforts were made to achieve the sorted collection of kitchen waste from approximately 4,000 households in the Maniwa model area, generate energy via the methane fermentation of kitchen waste and other organic waste, and use the digestive juice remaining after fermentation as fertilizer. Even after the demonstration period ended, Maniwa commissioned ongoing model demonstration (recycling kitchen waste, utilizing it as liquid fertilizer, etc.). During a past demonstration project, biogas was used with cogeneration systems for power generation and heat utilization, but—because the generator repeatedly turned on and off due to fluctuations of the power demand within the facility—the power generation suffered from poor efficiency, and the proper use of energy was an issue. In addition, in terms of methane fermentation facilities in other regions, although the main approach has been to use biogas by generating power and then selling electricity via the feed-in tariff (FIT) system, there will be few economical ways to use such energy after FIT system application ends. Biogas is approximately 60% methane—which is the main component of city gas—and, by upgrading biogas to improve its methane concentration, it can be raised to a level equivalent to city gas. Given that such gas could then be used as a vehicle fuel, it was decided that this demonstration project would be implemented to verify this approach as an economical, environmentally friendly way to utilize biogas.

(2) Overview of demonstration technologies

Biogas upgrading method

A technology called *hybrid upgrading* will be used to upgrade the biogas. Of the typical upgrading technologies, hybrid upgrading uses both pressure swing adsorption (PSA) and CO₂ separation membranes. Compared to PSA alone, this approach offers the advantage of an improved methane gas recovery rate. Unlike water scrubbing—which has already been socially implemented and requires a large volume of water, thereby making it suitable for application to sewage treatment plants—hybrid upgrading can also be applied to general waste (kitchen waste, human waste, etc.) and livestock methane fermentation systems where there is little treated sewage water.

Gas storage method

To store the gas, low-pressure storage in a tank filled with adsorbents will be used. When pressure is applied to methane—the main component of biogas—the methane is compressed, but this is not enough to achieve liquefaction. When methane gas at normal pressure is cooled to -162°C, the gas is liquefied and ends up with a volume approximately 1/600th that of the gas itself. However, in the case of small and medium-sized facilities, it is difficult to keep the temperature at -162°C to store methane gas, and cooling requires energy, which worsens the energy budget. In addition, methane gas does not boast high compressibility, so extremely high pressure is necessary to compress and store a large amount of gas. In contrast, with adsorption-type storage, activated carbon can be used as an adsorbent to store approximately 20 times the gas that can be stored at normal pressure even at a relatively low pressure. Moreover, by first upgrading the biogas before storing it, it is possible to store about 30 times the energy density of the biogas.

Vehicle use

For this project, gas will be upgraded based on the assumption that it will be used as fuel for CNG vehicles. It is assumed that city gas is normally used as fuel for such vehicles, so—given the properties of city gas as well as the need to achieve odorization and component adjustment—a certain percentage of LP gas (less than 10%) will be added to the upgraded biogas to produce fuel for CNG vehicles. With the cooperation of Maniwa, a commercially available CNG truck will be used as a garbage truck to collect kitchen waste and transport it to the demonstration plant.

(3) Actions taken last fiscal year

In terms of actions taken last fiscal year, we designed the equipment, confirmed the specifications, and completed the phase 1 construction, including the design and construction of the foundation for the demonstration site as well as the installation of some facility equipment. We also determined the

specifications of the demonstration vehicle and calculated the required amount of gas based on the travel distance necessary to collect kitchen waste, and we considered how to control the supply of biogas from the existing plant. We also confirmed the relevant laws and applied them to our design, etc.

In addition, we performed trial calculations related to the properties of the upgraded biomethane to be produced and used for this demonstration project. Based on our confirmation of both the composition of the biogas at the existing plant and the composition of the LP gas to be mixed in for the purpose of odorization and calorific value adjustment, we combined the biogas purity (methane concentration) with the LP gas mixing ratio to predict the product gas quality. As a result, we confirmed that the product gas falls into the category of 12A or 13A gas in all cases. Therefore, based on our trial calculations, the quality of the gas will not cause any problems in terms of enabling vehicles to run.

(4) Actions taken this fiscal year

In terms of actions taken this fiscal year, we completed the demonstration facility installation work. Next—after equipment commissioning and adjustments—we started our upgrading and storage demonstration in November followed by our filling and vehicle running demonstration in December. In addition, we used a continuous monitoring system to manage our upgrading, storage, and filling data. We also recorded and analyzed various types of data.

As a result of our upgrading demonstration, we confirmed that—in spite of the methane concentration of the biogas used as a raw material fluctuating in the wide range from 39.1% to 76.2%—we are capable of stably producing biomethane with a purity of at least 95%. For our storage demonstration, we are monitoring the internal pressure of the adsorption storage tank. In addition, since we started our filling and running demonstration on December 5, we have done both at least 30 times. In terms of our vehicle running demonstration, of our two Maniwa garbage trucks, we replaced one with a CNG vehicle for the purposes of our demonstration. As a result, we confirmed that such a vehicle can run every day without problems and that a product gas for which biogas is the raw material can be used as CNG vehicle fuel. As a result of estimating the fuel efficiency based on our filling and running demonstration, we calculated an approximate efficiency of 2.458 km/Nm³ in the case of travel that includes garbage collection work and 3.193 km/Nm³ in the case of normal travel.

In addition, we further considered the capabilities and specifications of upgrading, storage, and filling equipment that could be used to achieve a larger scale model aimed at practical implementation in the future. More specifically—regarding the capabilities and other details of such equipment based on economic evaluations and a comparison of CO₂ emissions reductions—we considered the situation at the municipality scale and performed trial calculations of the necessary capabilities. In terms of our comparison of CO₂ emissions, we set evaluation cases and created plans related to evaluation

boundaries. Regarding the use of methane-fermentation digestive juice as fertilizer, we collected examples from the Honshu area.

We also established an investigative commission in order to more smoothly run the business, and, in September and January, we discussed the details of the demonstration project, its future course, and other topics.

(5) Plan starting in the next fiscal year

In fiscal 2023, we will conduct our summer vehicle running demonstration followed by an engine performance test by using the product gas. After that, we plan to reduce the amount of LP gas that is added to the upgraded gas for odorization and calorific value adjustment purposes in order to achieve a product gas that causes less CO₂ emissions, and we will then use this gas to demonstrate vehicle running. For this demonstration—as was initially planned—we plan to have the truck driven a total of 80 times or more during the demonstration period.

We will also set up a model with a scale that assumes the eventual spread of biogas upgrading equipment in order to perform trial calculations to estimate the reduction in CO₂ emissions based on the estimated costs and energy consumption. During the final fiscal year (fiscal 2024), we will also organize and evaluate the results of our demonstration project, and we will formulate a strategy for spreading our approach throughout Japan by referring to relevant overseas spreading strategies and success stories.

(6) Possibility of rolling out results after the project ends

There are over 1,000 incineration facilities throughout Japan that are run by municipalities, etc., and approximately 64% of these are incineration plants without power generation facilities. In addition, 67% of these facilities have been in use for at least 20 years. There are also 930 human waste treatment plants/sludge recycling centers throughout Japan (including around 30 methane fermentation treatment facilities), and approximately 75% of them have been in use for at least 20 years, but—given that there are many regions without proper sewage systems—it seems difficult to shut down or reduce human waste treatment plants.

Because methane fermentation plants can process both kitchen waste and human waste and can generate energy even at a relatively small scale, it is assumed that they will be effective as a future method of general waste treatment. In particular—in regions with increasing depopulation—recycling as much organic waste such as kitchen waste as possible while downsizing or shutting down incineration facilities and human waste treatment plants would be effective in terms of both achieving more economical waste treatment and reducing the environmental impact.

Methane fermentation plants have already been established in terms of the required technology, but they have not yet spread throughout the country. The results of this project will expand the range of

possibilities for methane fermentation and energy use—including expanded applications of biogas, use for vehicles, and the storage of gas with a higher energy density in cases where there are site restrictions—and these results will therefore serve as a model that can be rolled out to fields that include not only general waste treatment but also residue from food factories, livestock waste, and other industrial waste treatment. In addition, given that upgraded gas could be used as an alternative to city gas, the results of this project offer major advantages in terms of continuing to utilize existing infrastructure as efforts are pursued to achieve further fuel decarbonization. The establishment of a model for achieving the methane fermentation of organic waste, biogas upgrading, and usage of the resulting gas is also a good alternative to FIT for stably utilizing energy.

目次

1 業務概要	1
1.1 業務目的	1
1.1.1 事業の背景	1
1.1.2 事業の目的	1
1.1.3 2021年度（令和3年度）実施業務と成果	2
1.1.4 2022年度（令和4年度）実施業務	3
1.2 事業の全体像	3
1.2.1 既存プラントの概要	3
1.2.2 実施事業の概要	7
1.2.3 実証技術について	8
1.3 技術開発・実証の目標設定	14
1.4 事業実施主体、実施体制、役割分担	15
1.4.1 事業実施主体	15
1.4.2 実施体制	15
1.4.3 役割分担	17
1.5 事業スケジュール	17
2 実施状況	20
2.1 実証施設設置工事	20
2.1.1 実証施設の概要及び施設設置状況	20
2.1.2 設置工事の概要及び施設写真	21
2.2 バイオガスの精製・貯蔵・充填に関する実証	22
2.2.1 実証施設の管理及びデータ取得について	22
2.2.2 バイオガスの精製実証	25
2.2.3 バイオガスの貯蔵実証	29
2.2.4 バイオガスの充填実証	29
2.2.5 生ごみ収集車（CNG車）の走行実証	33
2.2.6 施設・設備のメンテナンス及びトラブル対応について	42
2.3 二酸化炭素排出量削減効果及び経済性の評価のための普及規模・評価境界設定	43
2.3.1 普及規模の設定条件	43
2.3.2 普及規模での各処理方法における評価境界の設定	50
2.3.3 メタン発酵消化液の肥料利用の現状	52
2.4 事業終了後の横展開の可能性	60
2.4.1 普及の見込み	60
2.4.2 一般廃棄物処理施設への水平展開の可能性	61
2.5 検討会の開催	62
2.5.1 第一回検討会	62
2.5.2 第二回検討会	65
2.6 「審査等委員会」への出席	67
2.7 ヒアリング等への協力	67

2.8 業務委託先との打合せ.....	68
3 参考資料.....	69
3.1 検討会での意見交換要旨.....	69
3.1.1 第一回検討会次第及び要旨.....	69
3.1.2 第二回検討会次第及び要旨.....	71
3.2 データ測定ポイント.....	73
3.3 用語解説.....	75

1 業務概要

1.1 業務目的

1.1.1 事業の背景

真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合（以下、「当組合」という。）は、2011年の設立以来、真庭市の廃棄物処理を持続可能にするための活動や働きかけを継続している。2014年にはメタン発酵実証プラント（以下、「既存プラント」とする。）を環境省・農林水産省の委託事業により設置し、真庭市と連携・協働して市内約4,000世帯の生ごみや、し尿・浄化槽汚泥等を原料として液肥化とエネルギー利用を行っている。過去の実証期間中にはバイオガスの有効活用として、発電と電力の施設内利用にも取り組んだが、施設内負荷と発電量の連動調整が難しいことが明らかになった。全量売電であれば施設内需要への対応として負荷に応じて発電量を制限する必要はない。しかし、売電を前提としていない施設内利用のケースでは施設内需要以上の発電が生じる場合には逆潮流ができず発電機を止めることになり、制御が難しく発電効率の悪化にもつながる。他のメタン発酵処理施設でも、コストや敷地の制約からガス貯留量を4～5時間程度分しか設けていない施設が多く、ガス発生量が一時的に発電機での消費量を超える場合や、メンテナンス等でガスが余る場合は余剰ガスとして焼却処分される場合もある。将来的なメタン発酵処理施設の普及とバイオガスの有効活用には「エネルギーの貯留」や「売電に依存しないエネルギー利用方法」が必要であると感じたことが本事業の背景である。

1.1.2 事業の目的

(1) 現状の課題

現状の課題として、以下のような事項が挙げられる。

- ・ メタン発酵プラントでのバイオガス用途は発電利用が一般的だが、FIT売電以外で経済的かつCO₂排出削減につながるバイオガスの有効活用の方法が少ないこと。
- ・ プラントの敷地や初期費用の制約からバイオガスの貯蔵ができず、余剰ガスを焼却処分している施設もあり、メタン発酵とバイオガス利用を推進するためには用途と貯蔵の課題解決が必須であること。

これら課題の解決策として、当組合の既存プラントで生成するバイオガス（以下、当組合の既存プラントも含め、メタン発酵処理施設で生成され、精製やLPガス添加等が行われていないガスを「バイオガス」とする。）を利用し、精製・貯蔵・利用実証を行うこととした。精製後のメタンガス（以下、「精製バイオメタン」とする。）の用途として、天然ガス自動車（本実証で利用する天然ガス自動車はCNG車のため、以下「CNG車」とする。）の燃料として利用し、生ごみの収集運搬に車両を利用する。これら実証の目的は次項の通りである。

(2) 事業の目的

- ・ 地域循環共生圏の形成に資する、廃棄物を利用したエネルギーを地域内で循環させる事業モデルの実現可能性を示すこと。
- ・ PSA とガス分離膜を併用した「ハイブリッド精製」を含む事業モデルの CO₂ 排出削減効果を明らかにすること。
- ・ 吸着貯蔵により高純度ガスを貯蔵することで、敷地面積に制約のある施設における利用可能性とメリットを確認すること。
- ・ 精製バイオメタンを都市ガス規格と同等な品質に調整し、CNG 車での利用可能性を確認することで、FIT 売電を前提としていない施設や、卒 FIT を迎えるメタン発酵処理施設で活用可能な、安定的・経済的バイオガス利用モデルを示すこと。
- ・ ハイブリッド精製・吸着貯蔵・車両でのガス利用それぞれの課題等を明確にし、類似施設での普及に資する情報を集約すること。

1.1.3 2021 年度（令和 3 年度）実施業務と成果

本事業は 2021 年度（令和 3 年度）から 4 年間の事業となる。1 年目である昨年度は、設備の設計等を実施し仕様を確定したほか、1 期工事として実証用地の基礎設計、基礎工事及び一部施設設備の設置工事（精製設備用の建屋の設置、電気の引き込み、分電盤/統括制御盤の設置、圧縮機（1 台）の設置、既設プラント設備とのガス配管接続工事等）を実施した。実証車両についても仕様を決定し、生ごみ収集での走行距離から必要なガス量を算出した。その上で車両走行に必要なガス量を精製するため、既存プラントからのバイオガス供給制御についての検討を行った。検討の結果、精製に必要なガス量は既存プラントのバイオガス量の 1/3 程度であるため、既存プラントの発電とガス精製を切り替えてできる方式とした。

関連する法規への対応として、関係法令について確認を行い、設計等にも反映させた。関係法令のうちガス事業法と高圧ガス保安法について整理し、所轄官庁への確認を行い、ガス充填設備等高圧ガス設備の設計仕様を確定した。メタン発酵によるバイオガスを精製し導管により供給する場合や、事業者自らが利用する場合には高圧ガス保安法ではなくガス事業法が適用（準用）される。実証設備のコスト削減策として、ガス事業法上のガス工作物として使用が認められている小型充填設備の設置を検討したが、バイオガス精製後の充填利用についてはガス事業法の準用はできないことが所轄官庁への確認で明らかになった。そのため本実証の充填設備としては、高圧ガス保安法及び関連する技術基準に則った設備を設計、設置する必要があることを確認し、設計仕様に反映させた。

また、実証で製造・利用する製品ガスの性状についての試算を行った。既存プラントのバイオガス組成と、付臭及び熱量調整の目的で混合する液化石油ガス（LP ガス）の組成を確認した上で、バイオガスの精製度（メタン濃度）と LP ガスの混合比率を組み合わせて、混合ガス（以下、「製品ガス」とする。）の品質予測を行った。製品ガスについてはいずれのケ

ースでも 12A または 13A ガスの範疇に入ることを確認し、試算上では車両走行には問題がない品質であることを確認した。

1.1.4 2022 年度（令和 4 年度）実施業務

2022 年度（令和 4 年度）は 2 期工事として、精製設備、吸着貯蔵設備、充填設備の設置工事を行った。10 月にすべての機器の設置を完了し、試運転調整を経て 2022 年 12 月から精製バイオメタンによる製品ガスを燃料とした CNG 車での生ごみ収集実証を開始した。実証については実際の生ごみ収集車両（現行 2 台）の内 1 台を実証用の CNGトラックに変更し、通算で 80 回以上の走行実証を行う計画である。2022 年度は 37 回の走行実証を実施した。

また、バイオガス精製設備について普及を前提とした規模を設定し、概算コストの確認を行った。

1.2 事業の全体像

1.2.1 既存プラントの概要

既存プラントの概要は以下の通りである（図 1-1、表 1-1、図 1-2）。



図 1-1 既存プラント

表 1-1 既存プラントの概要

場所	岡山県真庭市西河内 真庭り協バイオガスプラント
既設プラントの概要	2015 年度(平成 27 年度)より稼働 平成 26~28 年度地域循環型バイオガスシステム構築モデル事業(環境省・農林水産省)で整備。同モデル事業の実証期間終了後も、真庭市より運転管理の委託を受け、対象地区での生ごみ、し尿等を原料として、当組合が運転管理を継続中。
発酵方式	中温・湿式
設備受入容量	5t/日 (家庭系生ごみ、し尿、浄化槽汚泥、事業系生ごみ等の一般廃棄物) 生ごみ収集対象世帯は約 4,000 世帯
既存発電設備	25kW コージェネレーションシステム×1 台
残渣処理	液肥として全量市内の農地に還元しており、排水処理は行っていない

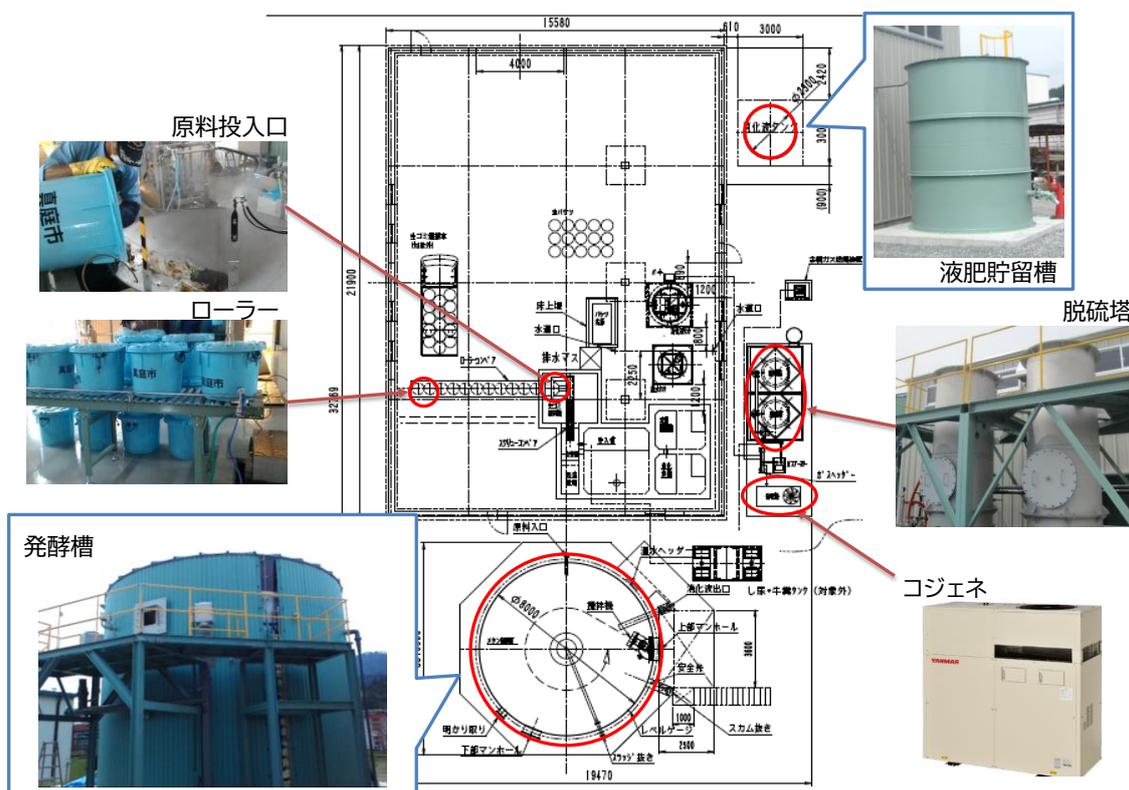


図 1-2 既存プラントの概要図

既存プラントで受け入れている原料は表 1-2、図 1-3 の通りである。生ごみは真庭市内の旧久世町エリアをモデル実証地区として一般家庭のごみを分別収集したものを受け入れている。し尿及び浄化槽汚泥についても同様に真庭市の一般廃棄物である。その他、市内レストランや事業所等からの生ごみや食品系工場由来の脱水ケーキ等を受け入れている。バ

イオガスはコージェネレーションで発電に利用しており、2017年度より FIT 制度を利用して売電を行っている。また、発酵残渣については異物（発酵不適物）を除いた全量を液肥として農地に還元している（図 1-4）。

表 1-2 既存プラントの原料受け入れ量・売電量（2020年度実績値）

	生ごみ	事業系 生ごみ	し尿	浄化槽 汚泥	脱水 ケーキ	廃食油	発酵 不適物	売電量
単位	kg							kWh
4月	24,650	5,611	25,150	11,980	11,000	306	252	8,154
5月	23,710	5,443	25,420	10,080	7,060	330	238	7,330
6月	26,470	6,799	35,810	14,300	7,000	360	176	7,726
7月	28,230	10,230	44,970	8,100	6,985	360	189	7,969
8月	28,910	7,078	40,020	14,400	3,135	340	235	7,918
9月	26,980	6,727	43,430	10,250	6,110	340	183	7,869
10月	25,850	6,714	31,730	19,600	7,615	360	159	8,537
11月	26,540	7,791	34,800	14,290	5,415	340	158	8,011
12月	27,780	8,119	42,750	5,200	7,005	340	179	9,268
1月	27,140	5,883	22,640	20,580	4,125	220	224	6,672
2月	25,060	5,414	13,510	9,100	4,970	160	142	6,574
3月	26,450	6,663	10,810	13,000	6,315	180	193	7,211
合計	317,770	82,472	371,040	150,880	76,735	3,636	2,328	93,239

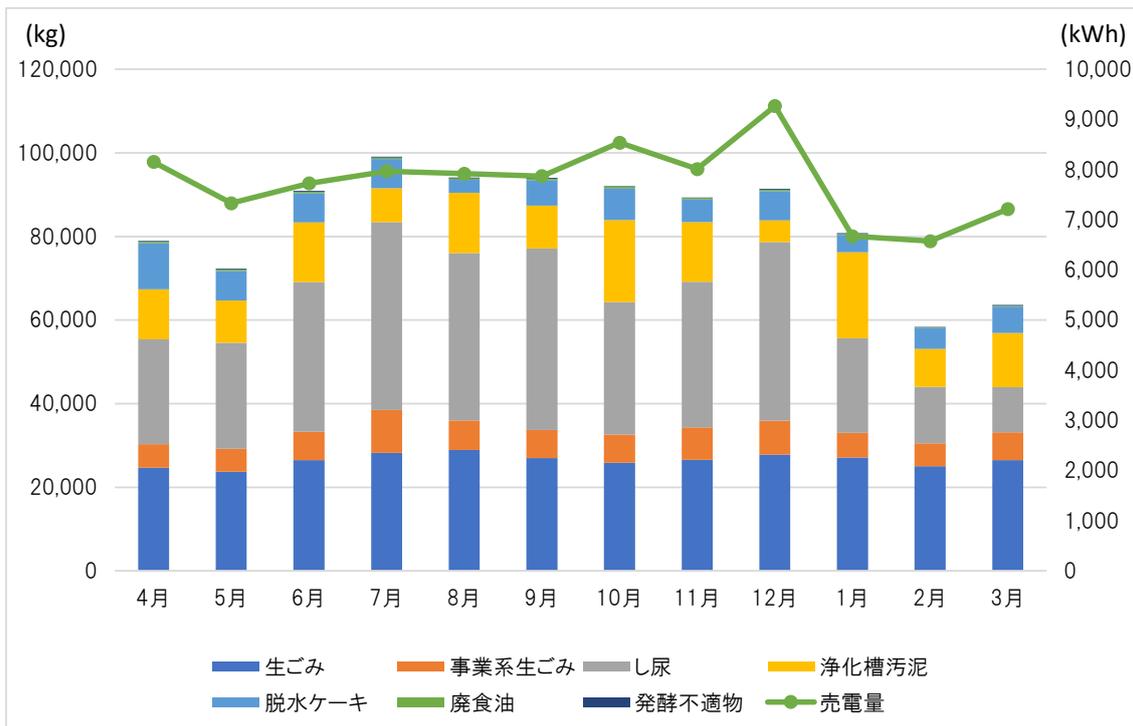


図 1-3 既存プラントの原料受け入れ量・売電量 (2020 年度実績値)



図 1-4 既存プラントの概要フロー

1.2.2 実施事業の概要

本事業では、既存プラントからのバイオガスを利用し、バイオガスを精製・吸着貯蔵し、生ごみ収集車両で燃料として利用するまでの実証を行う。既存プラントの隣地に実証設備を設置し、配管でバイオガスを供給する（図 1-5）。



図 1-5 既存プラントと本実証設備の配置

バイオガスの精製技術としては、圧カスイング吸着法（PSA）と CO₂ 分離膜を併用した「ハイブリッド精製」を、貯蔵は吸着剤を充填した「吸着貯蔵」技術を利用する。車両は一般販売されている CNG 車を利用する。実証範囲の概要図を図 1-6 に示す。

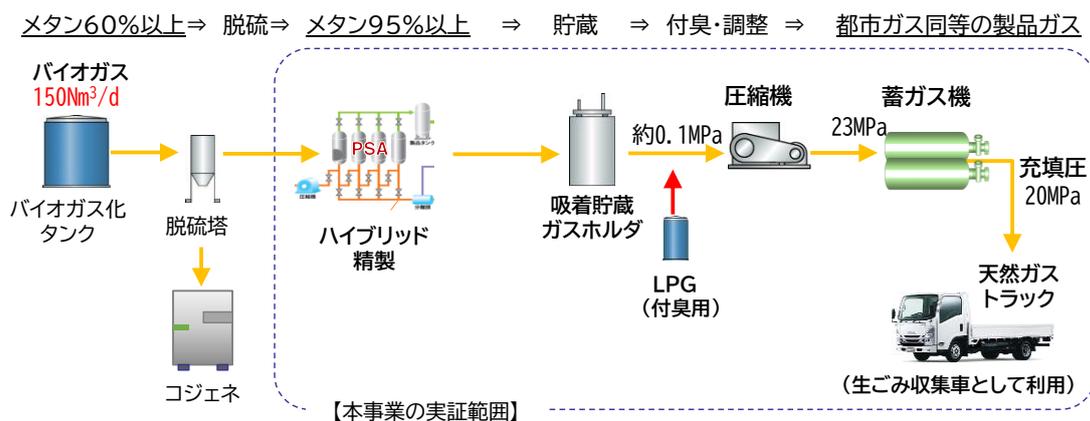


図 1-6 実証範囲（概要図）

1.2.3 実証技術について

(1) 精製技術

バイオガス精製技術についての概要を表 1-3 に記載した。ハイブリッド精製は、精製技術のうち、圧カスイング吸着法 (PSA) と CO₂ 分離膜を併用する方法であり、一般的な PSA と比較してメタンガス回収率を向上できる利点がある。また、大量の水が必要となる高圧水吸収法は下水処理施設の適用に向いているが、ハイブリッド精製は、処理水の発生が少ない一般廃棄物 (生ごみ・し尿等) や畜産系のメタン発酵システムにも適用できる。バイオガス精製の手法としては、このほかにも、化学的な分離方法 (アミンガス処理等) や極低温分離などの手法もあるが、国内ではバイオガス精製利用が一般的になっていないため、導入事例が少ない。

表 1-3 バイオガス精製技術の種類と概要

<p>圧カスイング吸着法(PSA)</p>	<p>バイオガス中の CO₂ を吸着材に吸着させ除去する。ガスの分子サイズの違いによる脱着速度の差を利用して分離後、圧力差により脱着させる。</p> <p>CH₄ を高純度まで精製可能であるが、10%程度の回収できないメタンガスはオフガスとして大気放出されてしまう。(温室効果ガスであり、エネルギーロスでもある。)</p> <p>メタン濃度 95%以上でメタン回収率 90%以上。</p>
<p>ハイブリッド精製 (PSA+CO₂分離膜) <u>今回の実証で採用する技術</u></p>	<p>PSA と CO₂ 分離膜を併用することで、メタン回収率を向上。実証試験においてメタン濃度 98%以上、回収率 97~98%を確認している。メタン回収率が高くなるため、エネルギー回収率も高くなる、オフガスとして大気放出されるメタンガスがほとんど発生しない、中規模以上でコスト・温室効果ガス削減効果ともに PSA を上回る、等のメリットがある。</p>
<p>膜分離法</p>	<p>原料ガスに含まれる対象ガスを膜浸透速度の差を利用して分離する方法。比較的新しい手法であるが実用化が進んでいる。</p>
<p>高圧水吸収法</p>	<p>精製に水を利用する方法。圧力上昇に伴い気体が水へ溶解する差を利用してガスを分離する。精製されたガスには水蒸気による水分を含み、排水には硫化水素、CO₂、アンモニアが含まれる。</p> <p>大量の水が必要になるため下水処理施設等で再生水が利用できるメタン発酵プラントに向いている。こうべバイオガスはこの方式を採用している。</p> <p>設備コストが高額であり、中小規模のメタン発酵プラントには不向き。</p>

本実証のハイブリッド精製でも利用する圧カスイング吸着法 (PSA) についての概要図を図 1-7 に示す。吸着塔内の圧力を操作しバイオガス中の CO₂ を選択的に吸着材に吸着させることで除去する技術であり、加圧・減圧を繰り返すことで高濃度のメタンガスを回収でき

る。減圧時には吸着材に吸着された CO_2 をオフガスとして大気放散させるが、このオフガス中には CH_4 も 10%程度含まれており、メタンガス回収率低下の要因となっている。

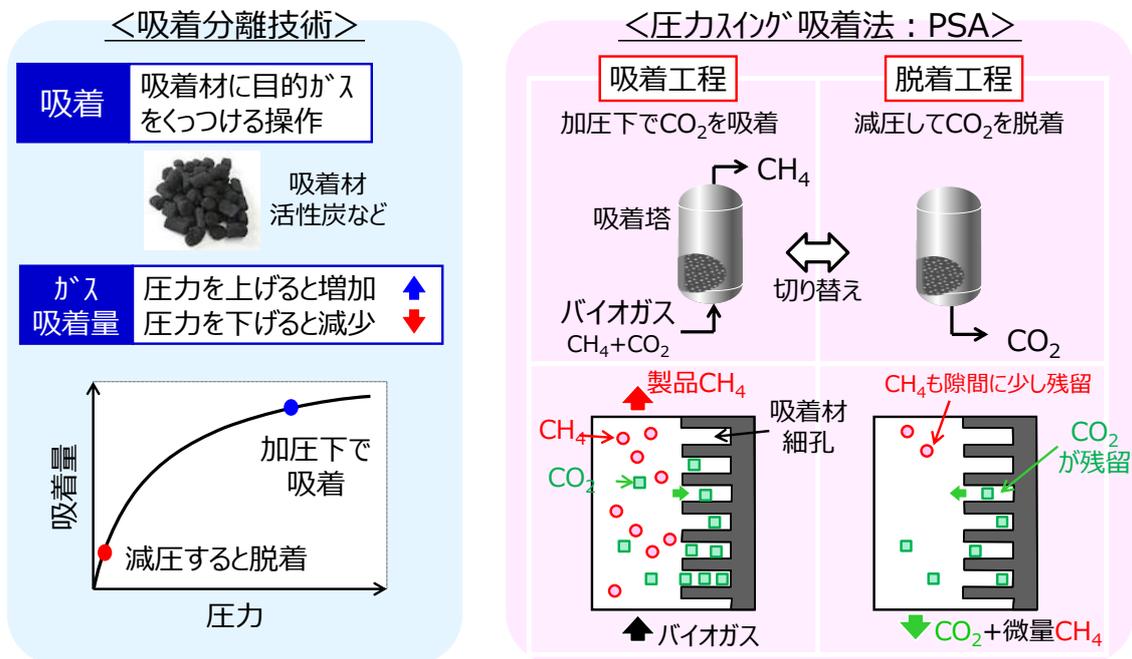
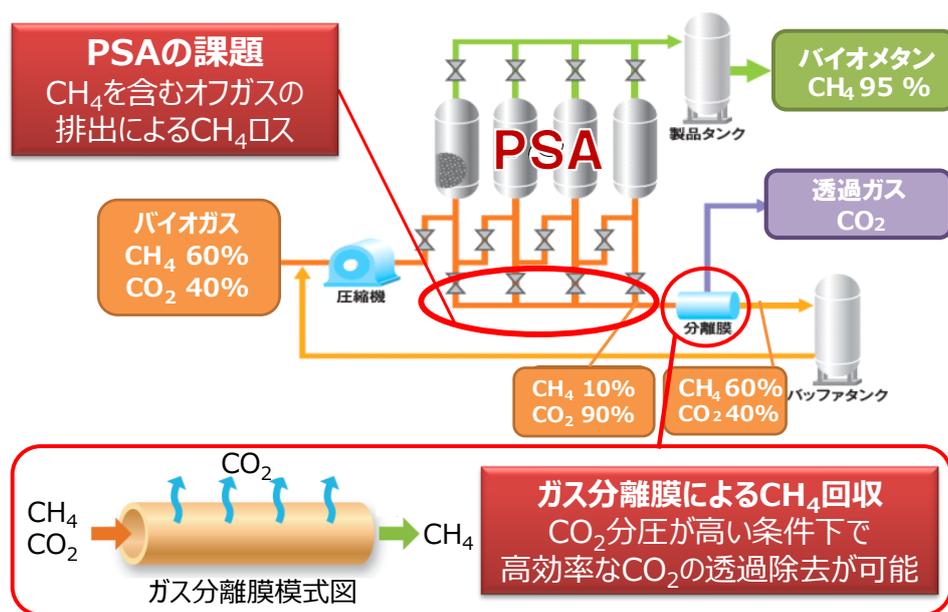


図 1-7 PSA（圧カスイング吸着法）の概要図¹

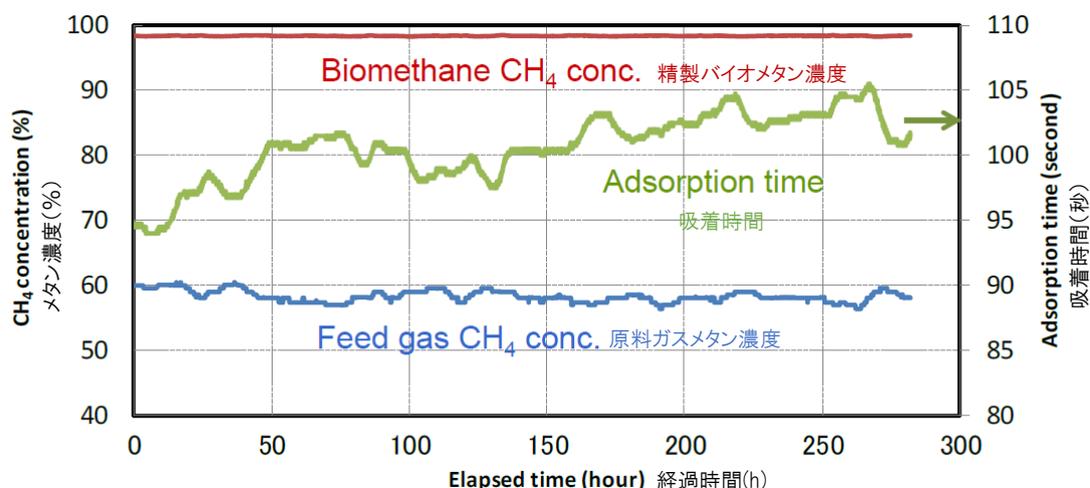
ハイブリッド精製の概要図を図 1-8 に示す。ハイブリッド精製については、Daigas グループがプロセス特許を保有しており、本実証ではその精製技術を採用する。ハイブリッド精製においては、PSA から排出されるオフガスを CO_2 分離膜に通し、 CH_4 分を濃縮回収することでメタン回収率を向上させている。 CO_2 はガス分離膜を透過することで大気放散されるが、この透過速度は CO_2 の分圧に依存する。PSA のオフガスは高い CO_2 濃度、すなわち高い CO_2 分圧を持つため、通常のバイオガスを CO_2 分離膜で処理する場合に比べ高効率な透過分離を実現している。

¹ 大阪ガス(株)提供資料

図 1-8 ハイブリッド精製（イメージ図）²

バイオガスの特徴の一つとして、原料や投入量、管理状況によりバイオガス中のメタン濃度が増加することが挙げられるが、車両利用のためには安定的に規格を満たすガスを製造する必要がある。ハイブリッド精製では、原料となるバイオガスのメタン濃度に関わらず製品ガスの濃度を一定に維持するために、吸着時間の調整制御を行う。図 1-9 は、原料バイオガスのメタン濃度、吸着時間、精製バイオメタン濃度に関する過去の実証データである。この実証の際には精製バイオメタンのメタン濃度を 98.2%～98.5%の範囲に維持できている。

² 大阪ガス(株)提供資料

図 1-9 過去の実証結果³

(2) 貯蔵技術

貯蔵技術としては吸着剤を充填したタンクでの低圧貯蔵を利用する。プロパン（石油ガス）は常温でも圧力をかけること（約 8 気圧）で容易に液化し体積が気体の約 1/250 となるため圧力ボンベで大量貯蔵が可能である。一方でバイオガスの主成分であるメタンは圧力をかけただけでは圧縮はされるが液化はできない。メタンガスは常圧では -162°C に冷却することで液化し体積が気体の約 1/600 となるが、中小規模の施設でメタンガスの貯蔵のために -162°C の温度を保つのは現実的には難しく、冷却にエネルギーが必要な分、エネルギー収支も悪化する。また、メタンガスは圧縮性も高くないため圧縮により大量に貯蔵するためには高い圧力が必要である。しかし吸着式の貯蔵では活性炭を吸着材として利用することで比較的低压でも常圧時と比較して 20 倍程度のガス貯蔵が可能である（図 1-10）。前段でバイオガスを精製してから貯蔵することで、エネルギー密度としてはバイオガスの 30 倍程度の貯蔵が可能になる。

図 1-11 はメタンガスの貯蔵可能量を手法別に示したイメージ図である。比較的低压（3MPa 程度）では、吸着式のガス貯蔵は圧縮式と比較してかなり有利になる。この特性を利用して省エネルギーで比較的多くのガス貯蔵ができるのが吸着貯蔵の利点である。

³ 大阪ガス(株)提供資料

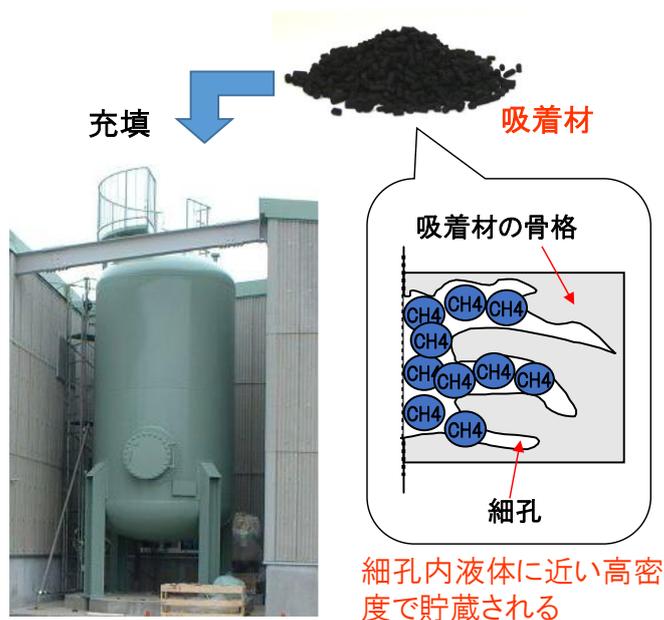


図 1-10 吸着貯蔵のイメージ⁴

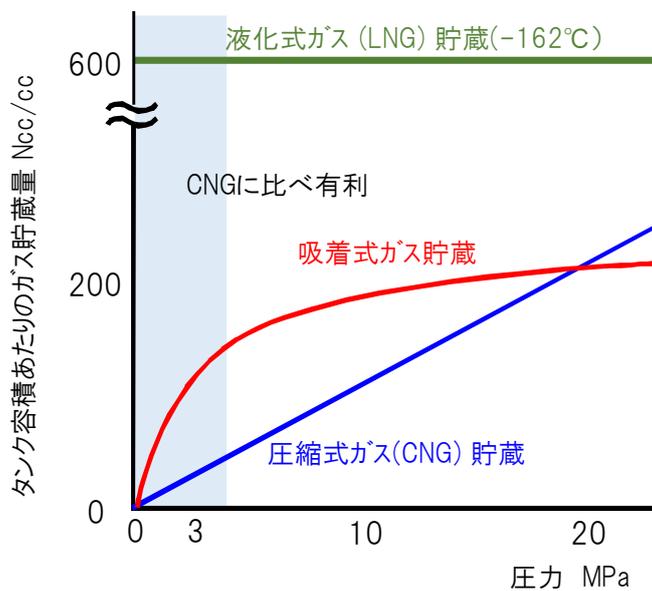


図 1-11 メタンガスの手法別貯蔵量（圧縮・液化・吸着）⁵

(3) 車両利用

本事業では、CNG 車への燃料利用を前提としてガスの精製を行う。車両に利用するガスは通常は都市ガスを燃料として想定しているため、都市ガスの性状に合わせるため、及び付

⁴ Daigas ガスアンドパワーソリューション(株)提供資料

⁵ Daigas ガスアンドパワーソリューション(株)提供資料

臭のためにLPガスを数%（1～9%）添加し、CNG車の燃料とする。車両は市販されているCNGトラック（図1-12）を使用し、真庭市の協力を得て実証プラントへの生ごみ収集運搬車として利用する。



図 1-12 CNGトラック⁶

国内のメタン発酵プラントでは売電を前提としていない施設もあり、また現状では売電をしているプラントでも卒FIT後には売電よりも有利なエネルギー利用方法を検討する必要がある。FIT制度も今後は制度そのものが変わるため、経済的で環境負荷の低いバイオガスの利用方法が求められている。

バイオガス利用用途の選択肢を広げる意味で、車両へのガス利用は都市ガス管への投入と比較して自動車に与える影響だけを考慮すればよいと、品質の対応が比較的しやすくガス利用の有効な手段といえる。しかしCNG車へのバイオガス利用は日本では進んでいないのが現状である。先行事例としてはこうべバイオガス（神戸市）が挙げられるが、規模が大きい下水処理施設（年間2億m³の下水を処理）での実証例であり、ガス精製の方法も水を多量に使用する方式（高圧水吸収法）のため、中小規模の一般廃棄物処理施設には展開しにくい課題がある。

本事業では、精製バイオメタンに付臭をし、成分調整をした上で車両への利用を予定しており、実証施設で製造した製品ガスでのエンジン性能試験等もいすゞ自動車株式会社の協力を得て次年度実施する計画である。エンジン性能試験については排出ガス規制に抵触しないかどうかの重量車排出ガス試験（JE05モード）を実施するほか、全負荷試験等を実施予定である。

⁶ いすゞ自動車HPより（実際の車両は収集運搬用に改造を行う）

1.3 技術開発・実証の目標設定

技術開発・実証の目標は表 1-4 の通り設定をしている。今年度の実証目標に関しては達成し、実証施設設置工事、バイオガスのハイブリッド精製・吸着貯蔵・車両への充填及び利用に関する実証を実施した。CO₂ 排出削減量の評価のための評価境界確定については 2.3 二酸化炭素排出量削減効果及び経済性の評価 (p. 43～) に記載、メタン発酵消化液肥の肥料利用の現状については 2.3.3 メタン発酵消化液の肥料利用の現状 (p. 52～) に記載、また普及戦略の検討のためのシステム規模設定、コスト評価については 2.3.1 普及規模の設定条件 (p. 43～) に記載した。

表 1-4 目標設定

	項目	最終目標	2022 年度(令和 4 年度)の目標
0	全体目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ 車両利用実証の通年でのデータを取りまとめる。合計車両実走回数 80 回以上。 ・ ハイブリッド精製・貯蔵・利用までの実証を完了し、実証規模と普及を想定した規模の施設での CO₂ の排出削減量の評価を行う。 ・ CO₂ 削減単価が 3,000 円/tCO₂ 以下となる事業規模の試算・検討を行う。 ・ 本モデル事業の普及に向け、関連法規や留意点等を取りまとめ、報告書に掲載する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 関係者との検討会を開催し、初回では実証の概要計画の共有と確認、2 回目では実証の実施状況と課題について協議を行う。
1	ハイブリッド精製に関する検証	車両利用に必要な規格を満たすガスを安定的に精製できることを確認する。	車両利用に必要な規格を満たすガスを安定的に精製できることを確認する。
2	吸着貯蔵に関する検証	ハイブリッド精製と組み合わせたバイオガスの貯蔵を行う。	車両利用に必要な規格を満たすガスを安定的に貯蔵できることを確認する。
3	車両利用に関する技術検証	生ごみ収集車両(CNG 車)で燃料として利用するための実証を行う。	製造したガスを利用し、CNG 車でのごみの収集運搬実証を 20 回以上実施する。
4	CO ₂ 排出量試算用データの収集・分析	CO ₂ 排出削減量の評価を行う。	CO ₂ 排出削減量の評価のための評価境界を確定する。 メタン発酵消化液肥の肥料利用の現状について取りまとめを行う。
5	普及戦略の検討	提案システムを普及するための戦略を作る。	ハイブリッド精製について普及を想定したシステム規模を設定し、コスト評価を行う。

1.4 事業実施主体、実施体制、役割分担

1.4.1 事業実施主体

本事業の実施主体は当組合（真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合）である。当組合は、2011年に真庭市内の一般廃棄物の収集運搬を行う事業者4社で設立し、2014年に協同組合として正式に法人化している。設立以来、一貫してごみの資源化・減量化を目指し、地域密着型・地域参加型の有機資源リサイクル事業を通じて地域社会と地域環境の保全に貢献することを目的として活動を継続している。2014年にはメタン発酵の実証プラントを環境省・農林水産省の委託事業により設置し、真庭市と連携・協働して市内約4,000世帯の生ごみや、し尿・浄化槽汚泥等を原料として液肥化とエネルギー利用を行っている。本事業は2021年度から4年間の計画であり、1年目となる昨年度も当組合は事業実施主体として本事業を実施した。

1.4.2 実施体制

本事業の実施体制を図1-13に示す。当組合は、事業の中核となり実証事業を推進する。実証施設の運営や車両収集等の実務は当組合の構成企業からの支援を受ける。実証施設は大阪ガスリキッド株式会社が設置する。また、図には掲載していないが、Daigasグループにはガス精製・貯蔵・充填実証全般において運転管理や関連法規の確認等についての協力・支援を受ける。いすゞ自動車株式会社は精製バイオメタンによる製品ガスでのエンジン性能試験等の実証協力を行う。CO₂排出削減量のデータ分析やバイオガス精製の各プロセスにおいては専門家として岡山大学廃棄物マネジメント研究センターの藤原教授と株式会社バイオガスラボの三崎氏に助言をいただく。真庭市は市が実施する生ごみの収集運搬業務において、本実証事業の車両利用に協力をする。株式会社Fermentoは事業実施にあたっての進捗管理やCO₂の排出削減量評価などを行う。

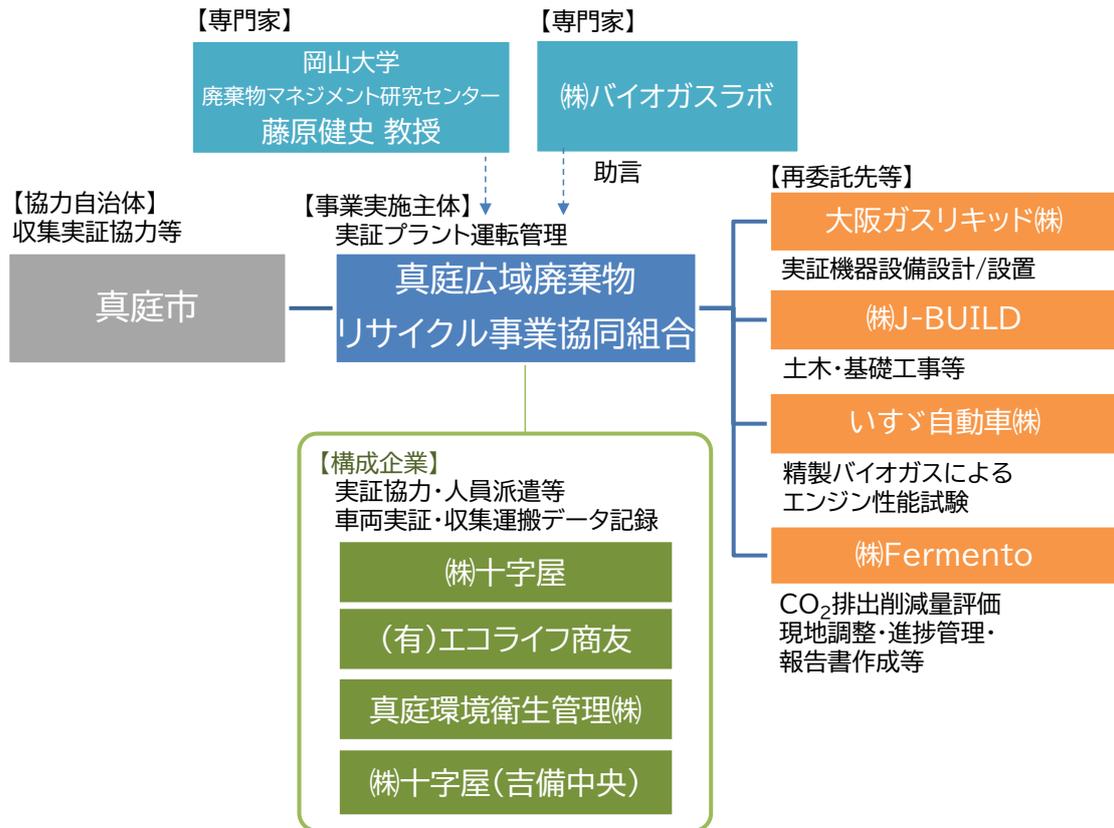


図 1-13 実施体制

1.4.3 役割分担

本事業における役割分担は表 1-5 の通りである。

表 1-5 役割分担

組織名・個人名	役割
真庭広域廃棄物リサイクル事業 協同組合 及び構成企業 ・株式会社十字屋 ・有限会社エコライフ商友 ・真庭環境衛生管理株式会社 ・株式会社十字屋(吉備中央)	事業責任者 全体管理 契約管理 実証プラント運転管理業務 車両実証 収集運搬データの記録 調整業務全般
大阪ガスリキッド株式会社	実証設備設計・施工 関連法規等対応支援
株式会社 J-BUILD	土木・基礎工事等
いすゞ自動車株式会社	車両実証への協力 精製バイオメタンによる製品ガスを利用したエンジン性能試験 の実施支援
真庭市生活環境部環境課	市内モデル地区で実証車両を利用した生ごみ収集への協力 ※市内モデル地区で実施している生ごみ収集(収集回数は週 4回)において、収集車両 2 台の内、1 台を実証車両に変 更・利用
岡山大学廃棄物マネジメント研究 センター 教授 藤原健史氏	CO ₂ 排出削減量評価への助言
株式会社バイオガ斯拉ボ	技術面での助言
株式会社 Fermento	CO ₂ 排出削減量評価 資料作成 報告書作成支援等

1.5 事業スケジュール

事業スケジュールを図 1-14 及び図 1-15 に示す。実証①及び②は車両実証において長期間の走行や季節変化での問題がないか見極めるための走行実証であり、実証期間 4 年間で 80 回以上実施する計画である。車両に利用する製品ガスは、都市ガス 13A の規格に合わせることと付臭を目的として精製バイオメタンに LP ガスを添加する。実証②では、LP ガス量及びメタンの精製度 (CH₄ 濃度) を調整することで、より CO₂ 排出の少ない製品ガスを製造し利用する実証を行う。

今年度の実施業務については2 実施状況 (p. 20～) に記載した通り、施設設置を10月に完了し、その後試運転及びバイオガス精製を経て、現在までに実証①である車両走行実証を37回実施した。

次年度以降の実証スケジュールとしては、3年目となる2023年度には実証①の継続実施と各種データ分析、製品ガスを燃料としたエンジン性能試験等を実施予定である。実証②についてもエンジン性能試験後に開始し、4年目となる2024年度でデータ分析と全体のとりまとめを行う予定である。

実施項目	2021			2022												2023						
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
バイオガス精製・貯蔵・利用実証																						
詳細設計	→																					
配管・土木・電気等工事(敷地)	→																					
ハイブリッド精製設備機器 製作	→																					
吸着貯蔵設備 製作	→																					
設置工事/制御盤工事				→			→															
試運転・調整													→									
実証①(精製・吸着貯蔵・車両利用)													→			→						
実証②(精製・吸着貯蔵・車両利用)																						
エンジン性能試験																						
撤去工事																						
検討会																						
検討会の開催	→		→														→		→			
とりまとめ																						
結果とりまとめ・報告書作成				→																→		

図 1-14 実証スケジュール (2021 年度、2022 年度)

実施項目	2023												2024												2025		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
バイオガス精製・貯蔵・利用実証																											
詳細設計																											
配管・土木・電気等工事(敷地)																											
ハイブリッド精製設備機器 製作																											
吸着貯蔵設備 製作																											
設置工事/制御盤工事																											
試運転・調整																											
実証①(精製・吸着貯蔵・車両利用)	→																										
実証②(精製・吸着貯蔵・車両利用)													→														
エンジン性能試験													→														
撤去工事																									→		
検討会																											
検討会の開催	→												→												→		
とりまとめ																											
結果とりまとめ・報告書作成													→												→		

図 1-15 事業スケジュール (2023 年度、2024 年度)

2 実施状況

2.1 実証施設設置工事

2.1.1 実証施設の概要及び施設設置状況

図 2-1 は、実証設備に展示している本実証のフローである。今年度は、実証施設の設置工事を完了し、精製・貯蔵・充填及び車両の走行実証を開始した。



図 2-1 実証施設の概要

2.1.2 設置工事の概要及び施設写真

図 2-2～図 2-4 に施設の設置状況を写真で示す。

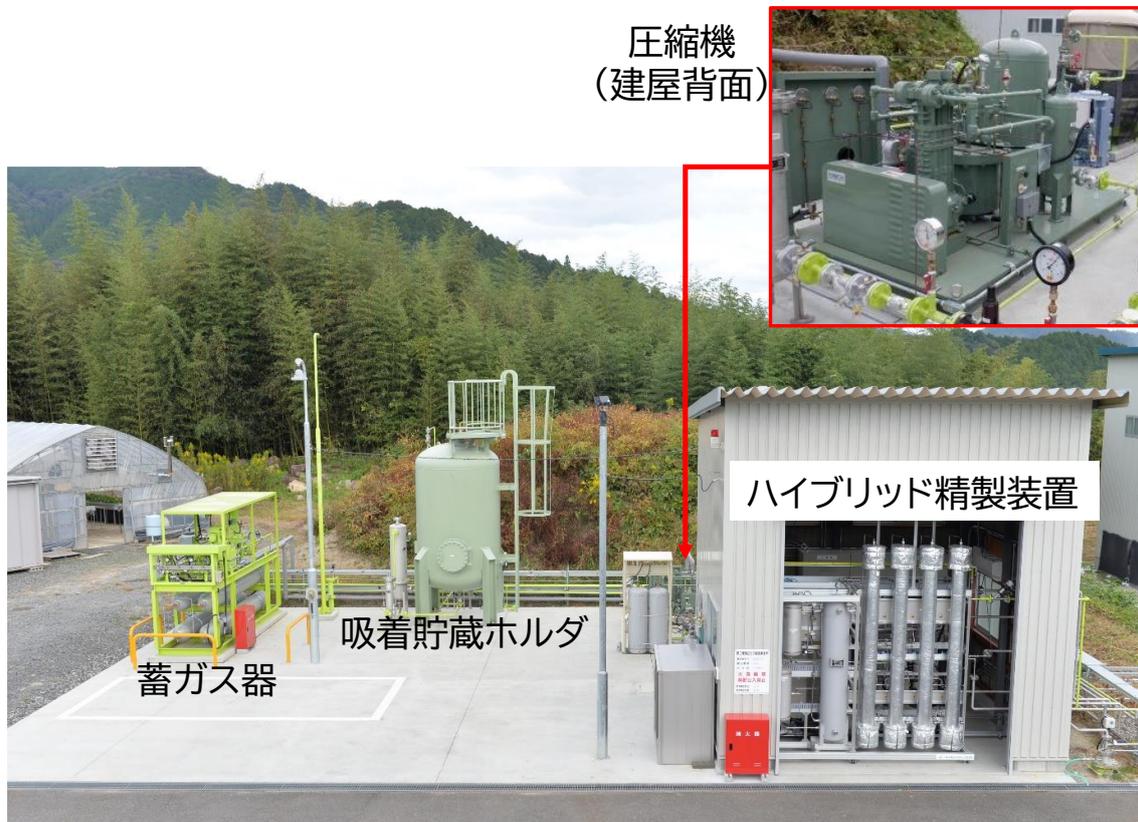


図 2-2 全体配置



図 2-3 ハイブリッド精製装置



図 2-4 CNG 車

2.2 バイオガスの精製・貯蔵・充填に関する実証

2.2.1 実証施設の管理及びデータ取得について

実証施設の管理は、日常点検等による管理と常時監視システムによる管理を行っている。日常点検について、始業時・終業時の作業項目を表 2-1、日常点検項目を表 2-2 に掲載した。日常点検は、起動前、稼働中、停止後の 3 回/日実施しており、点検項目のうち標準範囲を外れた値が認められた場合は随時メーカー担当者に連絡を取り確認と対応を行っている。

表 2-1 始業時・終業時の作業項目

始業時、終業時の作業項目			※作業内容の詳細は別紙「運転手順マニュアル」参照				
始業時 順序	終業時 順序	記号	設備	始業時作業	✓	終業時作業	✓
(1)		A	水封式ドレトラップ	水足し ※月曜のみ			
(2)		B	制御盤(冷却水ポンプ)	運転確認			
(3)	(4)	B	制御盤(冷却塔ファン)	運転		停止	
(4)		B	制御盤(計装コンプレッサー)	運転確認			
(5)		C	計装コンプレッサー	ドレン抜き ※月曜のみ			
(6)		D	原料圧縮機LPC-01	ドレン抜き(3か所) ※月曜のみ			
(7)		E	原料圧縮機LPC-02	ドレン抜き(3か所) ※月曜のみ			
(8)		B	制御盤(冷却水凍結防止ヒーター)	運転確認			
(9)		B	制御盤(水封式ドレトラップ 凍結防止ヒーター)	運転確認			
(10)		F	バイオガス発酵槽	ガス量確認、リミットスイッチ操作			
(11)	(1)	B	制御盤(バイオガス精製装置)	起動準備完了確認、自動		待機	
(12)	(2)	B	制御盤(蓄ガス・充填ユニット)	起動準備完了確認、蓄ガス開始		蓄ガス停止	
(13)	(3)	G	廃ガス分析計	起動		停止	
(14)			冷却水	(冷却水ポンプのみ運転後) ※月初のみ 冷却水サンプリング・薬液補充			

表 2-2 設備点検簿

バイオガス吸着貯蔵設備 設備日報					起動前	稼働中	停止後
年 月 日 () 天候					担当者		
※作業内容の詳細は別紙「設備日報 点検箇所写真一覧」参照					時間→	:	:
					外気温→	℃	℃
H101 ハイブリッド精製装置							
No.	対象設備	チェック項目	標準	単位	起動前	稼働中	停止後
①	チラー	温度	≥4	℃			
②	原料圧縮機LPC-01	油圧	0.1~0.25	MPa			
③		入口圧力	-	MPa			
④		中間圧力	-	MPa			
⑤		出口圧力	-	MPa			
⑥		出口温度	≤50	℃			
⑦	原料圧縮機LPC-02	油圧	0.1~0.25	MPa			
⑧		入口圧力	-	MPa			
⑨		中間圧力	-	MPa			
⑩		出口圧力	-	MPa			
⑪		出口温度	≤50	℃			
CW601 冷却水ライン							
⑫	冷却水ポンプ圧力		≥0.2	MPa			
⑬	水処理用薬注装置	液面	≥10	L			
⑭		EC値(S1)	≤70	mS/m			
⑮		温度(S2)	≤35	℃			
T201 吸着貯蔵ホルダー							
⑯	バッファタンク温度		≤50	℃			
⑰	バッファタンク圧力		0.2~0.7	MPa			
⑱	ミストフィルタ差圧		≤0.02	MPa			
⑲	減圧弁1次側圧力		0.2~0.7	MPa			
M301 ミキシングユニット							
⑳	減圧弁2次側圧力		0.09~0.12	MPa			
㉑	ガス流量		50	mL/min			
㉒	原料圧縮機LPC-03	油圧	0.1~0.25	MPa			
㉓		入口圧力	-	MPa			
㉔		中間圧力	-	MPa			
㉕		出口圧力	-	MPa			
㉖		出口温度	≤50	℃			
C401 蓄ガス器ユニット							
㉗	減圧弁2次側圧力		0.4~0.7	MPa			
㉘	冷却水流量		1目盛以上				
㉙	蓄ガス器圧力		≤24.5	MPa			
㉚	放散ライン圧力		-	MPa			
制御盤							
㉛	LPガス消費量 (40m3でバトライト点灯)		<40	m3			
露点計							
㉜	露点 (蓄ガス起動で弁開、1時間以上経過後に記録)		≤-55	℃		① /② /③	
特記事項							点検者

システムによる監視については、実証施設建屋内の制御盤と同様のリアルタイム監視が可能なように、当組合の事務所に専用パソコンを設置している。また、大阪ガスリキッド株式会社でもリアルタイム監視を行っており、警報が出た場合には担当者に即時メール等で連絡が入るシステムとなっている。

監視システムは、全体フロー、各ユニットのフロー（精製ユニット①②、ミキシングユニット、蓄ガス・充填ユニット、ユーティリティ）が確認できる画面から構成されており、実証施設の詳細な状態が常時確認できる。全体フロー画面と、精製ユニット①の画面を図 2-5、図 2-6 に掲載する。

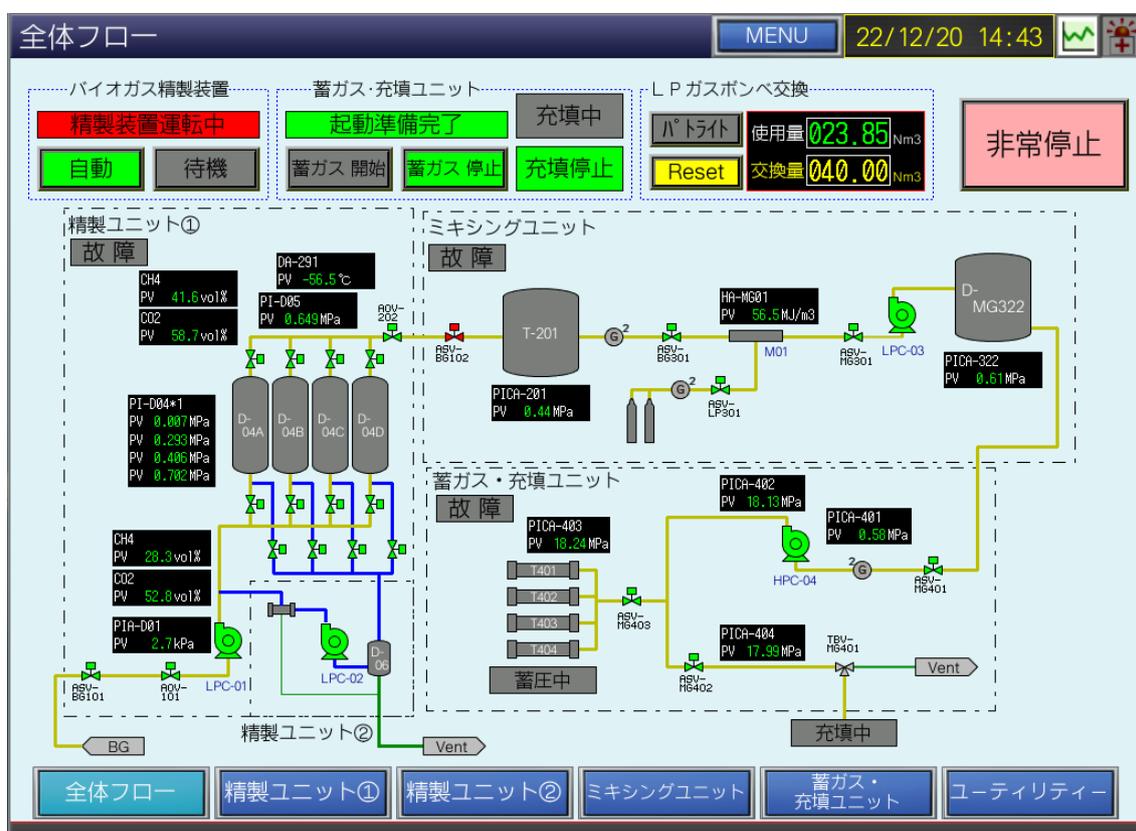


図 2-5 監視システム（全体フロー画面）

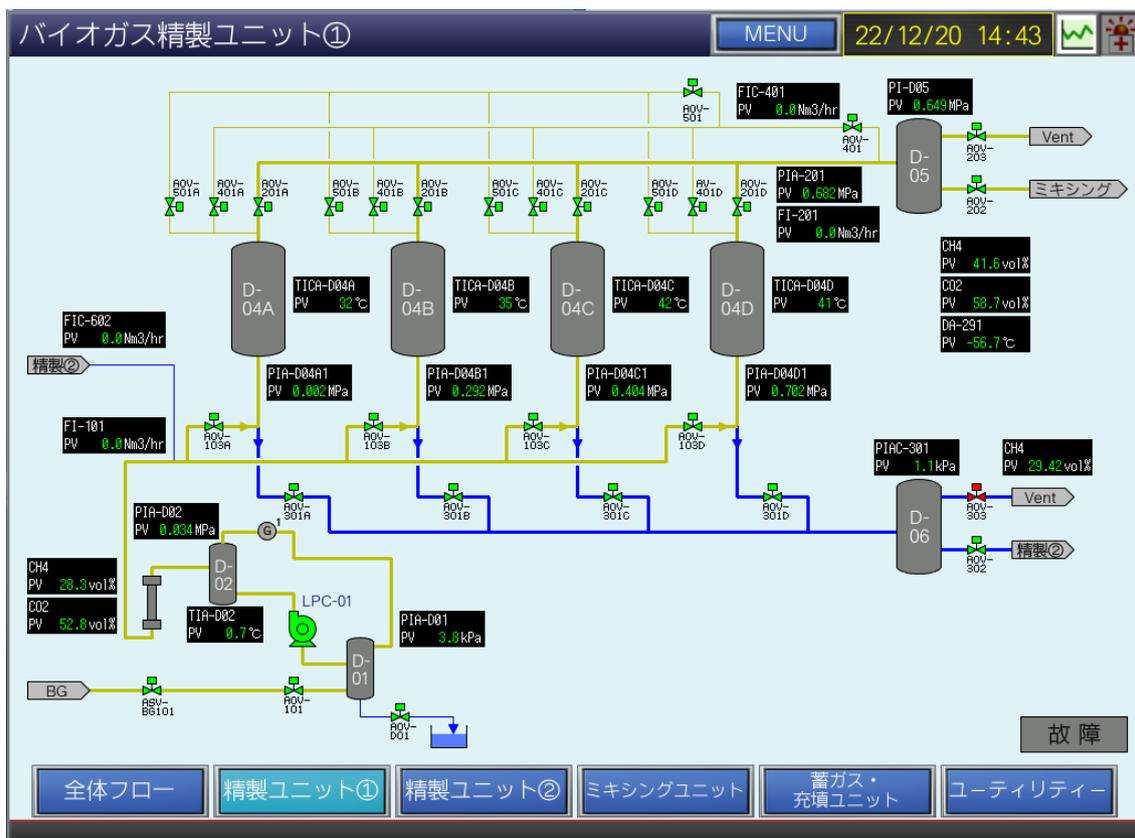


図 2-6 監視システム (精製ユニット①)

データの取得に関しては、監視システムでリアルタイムで確認できるほか、日別の 1 分データと 1 時間データが csv ファイルとして自動保存されるように設定されている。

2.2.2 バイオガスの精製実証

バイオガスの精製に関しては、既存プラントで発生するバイオガスのうち実証に利用する CNG 車 1 台分の走行に必要なガス量のみを精製し、残りのバイオガスは従来通り発電利用を行った。

バイオガスの発生量、車両利用に必要なガス量は日によって異なるが、おおよそ既存施設のバイオガスの 1/3 程度を車両用に利用する結果となった。

なお精製バイオメタンについては、メタン濃度が低いガスが製品ガスに含まれないように、ガス中のメタン濃度を常時測定し、運転開始後メタン濃度が 95%以上⁷⁾になるまでは吸着貯蔵タンク側への取り合い弁が開かないように設定されている。

⁷⁾ 起動時で 95%以上、運転中の濃度低下に関しては 94%を下回る場合には閉じ、94%以上に復帰した場合は開くように設定している。

(1) 原料ガスと精製ガスのメタン濃度

2.2.2 (1) 及び (2) では、精製の原料となる既存プラントのバイオガスを「原料ガス」、原料ガス精製後の精製バイオメタンを「精製ガス」と記載する。原料ガスのメタン濃度は、平均で 54.4%、最低が 39.1%、最高が 76.2%とばらつきが大きいことが分かった。精製ガスについては、平均が 97.6%、最低が 94.4%、最高が 100%となっており、安定的に精製ができていることが分かる。精製ガスの最低濃度が 94.4%となっているが、メタン濃度が 94%以上であれば LP ガス添加後の製品ガスが車両利用可能な 12A または 13A の範囲に入るという試算によるものであり、精製運転中は車両利用可能なガスとして後工程に送るメタン濃度の閾値として 94%が設定されている。

表 2-3 原料ガスと精製ガスのメタン濃度 (%)

	原料ガス	精製ガス
平均メタン濃度	54.4	97.6
最低メタン濃度	39.1	94.4
最高メタン濃度	76.2	100.0

図 2-7～図 2-9 に、原料ガスと精製ガスのメタン濃度の日別推移を示す。原料ガスのメタン濃度が高い日 (図 2-7) だけでなく、原料ガスのメタン濃度に変動が大きな日 (図 2-8) や、極端にメタン濃度が低い時 (図 2-9) にも精製ガスのメタン濃度は 95%以上となっていることが分かる。なお、原料ガスホルダのガス貯留量が一定の範囲でのみ精製設備を稼働するよう設定をしているため、原料ガス貯蔵量が設定値を超える (または下回る) 場合には、精製設備が止まる設定になっている。このことから、1 月 17 日の例 (図 2-8) のように運転が中断する場合がある。

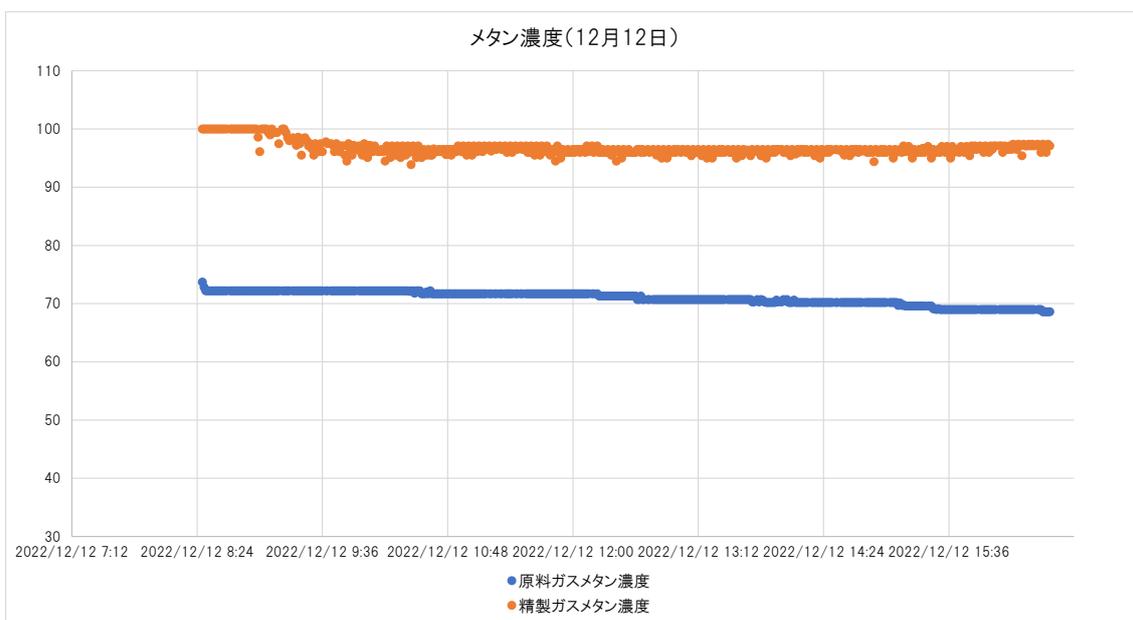


図 2-7 原料ガスと精製ガスのメタン濃度推移 (2022年12月12日)

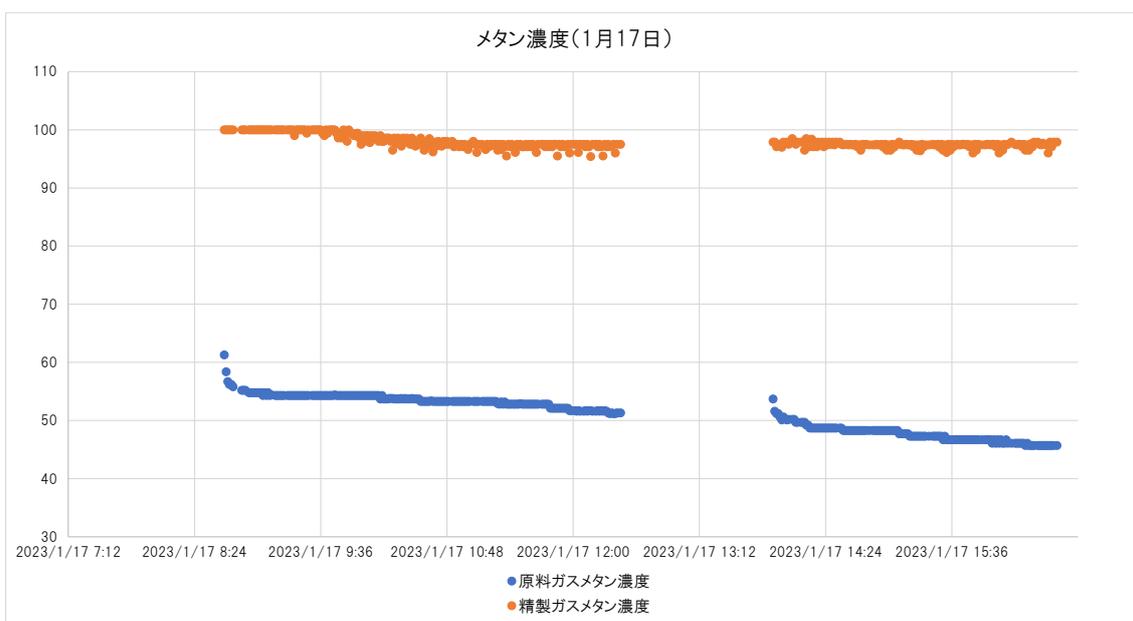


図 2-8 原料ガスと精製ガスのメタン濃度推移 (2023年1月17日)

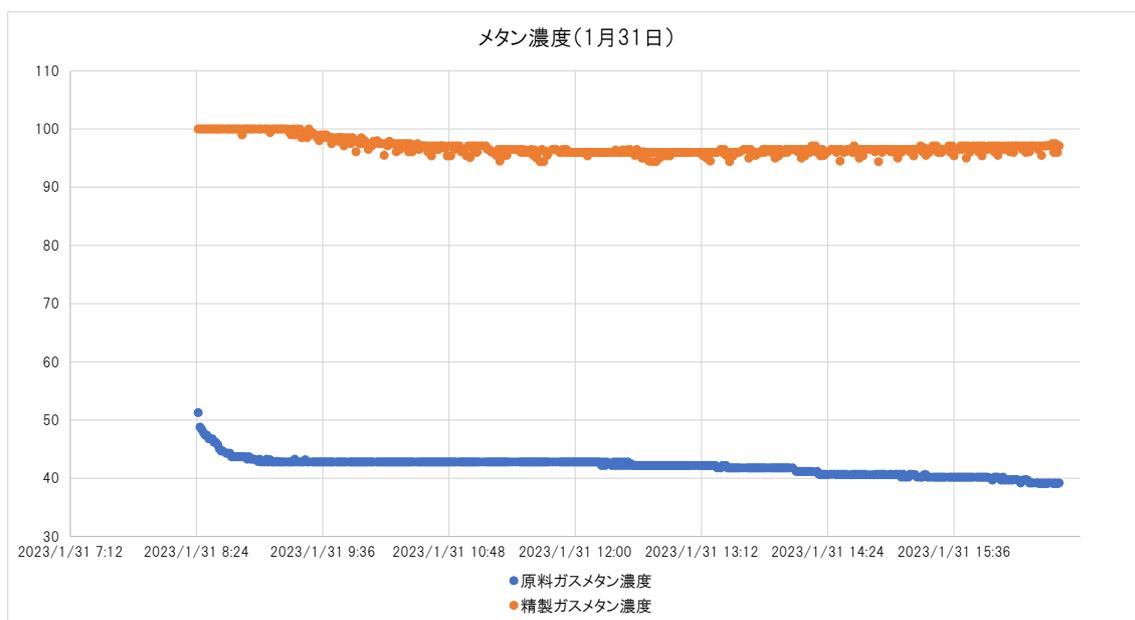


図 2-9 原料ガスと精製ガスのメタン濃度推移 (2023 年 1 月 31 日)

メタン濃度推移をグラフで示した各日の電力消費量を表 2-4 に示す。

表 2-4 電力消費量と日平均ガス濃度

日付	原料ガス CH ₄ (日平均,%)	原料ガス 使用量 (m ³)	200V 消費 (kWh)	100V 消費 (kWh)	電力 使用量 合計 (kWh)	精製ガス CH ₄ (日平均,%)
12 月 12 日	70.97%	56	51.3	9.1	60.4	96.80%
1 月 17 日	51.09%	45	56.6	7.9	64.5	97.87%
1 月 31 日	42.06%	56	49.7	17.2	66.9	97.00%

(2) 製品ガスの熱量

精製ガスは、ミキシングユニットで LP ガスを添加し製品ガスとして蓄ガス・充填ユニットに送られる。LP ガス添加後の製品ガスの熱量については熱量計で確認を行っている。

都市ガス 13A の熱量については 42~63MJ/m³ とされているが、東京ガス(株)、大阪ガス(株)などを含む多くのガス事業者は標準熱量を 45 MJ/m³ としている (表 2-5)。

表 2-5 都市ガスの発熱量 (12A、13A)

種類	発熱量(MJ/m ³)
13A	42~63
12A	38~46

製品ガスの熱量については表 2-6 の通りとなった。平均では 44.1MJ となっており、都市ガス 13A と同等品質のガスが製造できていることが確認された。

表 2-6 製品ガスの熱量 (MJ/m³)

最低	41.7
最大	56.5
平均	44.1

2.2.3 バイオガスの貯蔵実証

バイオガスの貯蔵実証については、吸着貯蔵タンクの内部圧力について記録を行った。吸着貯蔵に関しては 0.1~0.6MPa の範囲で管理しており、圧力が 0.1MPa を下回った場合(貯留しているガスが極端に少ない場合)は、後工程にガスを送らない設定としている。また、貯蔵タンク内が 0.6MPa 以上にならないように精製ユニットの運転も制御されている。外気温などの影響により圧力が 0.6MPa を上回る可能性はあるが、この場合でも、安全性や実証施設の運転管理に影響はないため、ガスの消費により圧力が 0.6MPa 以下に下がってから再度精製ユニットが動く制御となっている。今年度の実証期間中には 0.6MPa を超えることはなく、安定的に貯蔵ができた(表 2-7)。

次年度以降に貯留量実績の評価として 0.1MPa の状態から 0.6MPa までの範囲でどの程度の精製ガスが貯留できているかについて実証を行う計画である。

表 2-7 吸着貯蔵タンクの圧力(実績値) (MPa)

最低	0.26
最大	0.60

2.2.4 バイオガスの充填実証

バイオガスの充填については、収集作業後に実施している。ガスの充填圧については車載の燃料メーター(圧力計)で記録を行った。圧力表示は温度の影響を受けやすいため、始業時、充填時にそれぞれ外気温の測定も行った。また充填時には充填前・充填後の圧力を記録した。走行実証開始(2022年12月5日)から2023年2月20日までの車載燃料メーターでの充填記録を表 2-8 に示す。また充填設備について図 2-10、図 2-11 に示す。

表 2-8 充填実証記録（12月5日～2月20日）

作業日	系統名 ^{*1}	始業時 気温 (°C)	始業時 圧力 (MPa)	充填時刻	充填時 気温 (°C)	充填前 圧力 (MPa)	充填後 圧力 (MPa)
2022/12/5	月・木 A	4.5	13.5	13:30	10	4.3	17.0
2022/12/6	火・金 A	-1	12.5	13:40	10	4.6	18.3
2022/12/8	月・木 A	1	13.5	13:40	15	5.7	17.0
2022/12/9	火・金 A	-1	12.3	13:50	17	4.2	17.3
2022/12/12	月・木 A	0	12.8	13:35	14	4.8	18.1
2022/12/13	火・金 A	-3	13.3	13:35	13	4.6	18.1
2022/12/15	月・木 A	0	12.6	13:35	6.5	4.7	17.9
2022/12/16 ^{*2}	火・金 A	-1	13.4	13:40	10	5.8	12.5
2023/1/6 ^{*2}	-	9	9.7	16:10	10	8.9	17.3
2023/1/9 ^{*2}	月・木 A	-1	12.6	11:05 13:35	1.5 10	7.0 11.8	17.4 18.7
2023/1/10	火・金 A	1	14.7	13:40	9	5.7	18.1
2023/1/12 ^{*2}	月・木 A	-2	12.6	11:00 13:30	8 15	7.5 13.3	18.7 18.5
2023/1/13	火・金 A	2	13.9	13:35	8.5	5.4	18.2
2023/1/16	月・木 A	6	14.1	13:30	9.5	4.8	18.7
2023/1/17	火・金 A	0	13.4	13:30	10	4.9	18.5
2023/1/19	月・木 A	-1	13.3	13:30	8	5.0	18.5
2023/1/20	火・金 A	0	13.6	13:35	8	5.1	18.4
2023/1/23	月・木 A	1	13.2	13:30	10	4.3	18.5
2023/1/24	火・金 A	1	13.9	13:50	1	4.7	18.1
2023/1/27	火・金 A	-1	13.6	12:50	3	4.3	17.5
2023/1/30	月・木 A	-3	13.1	13:40	1	3.9	18.7
2023/1/31	火・金 A	-1	13.8	14:05	6	4.7	18.7
2023/2/2	月・木 A	2	13.9	13:30	5	4.9	18.9
2023/2/3	火・金 A	-1	13.7	14:00	7	4.8	18.7
2023/2/4	月・木 A	-2	13.3	11:15	9	7.3	18.1
2023/2/4	火・金 A	8	15.4	15:35	10	7.9	18.5
2023/2/6	月・木 A	-3	13.1	13:30	10	4.8	18.2
2023/2/7	火・金 A	2	13.5	13:30	10	4.8	18.8

2023/2/9	月・木 A	0	13.3	13:30	9	4.9	18.5
2023/2/10	火・金 A	0	13.7	13:30	2	3.6	18.3
2023/2/13	月・木 A	6	14.9	13:40	9.5	5.0	18.3
2023/2/14	火・金 A	0	13.4	13:40	7	4.4	18.5
2023/2/16	月・木 A	0	13.5	13:30	5	5.2	18.7
2023/2/17	火・金 A	-3	13.4	11:50	5	5.9	18.6
2023/2/20	月・木 A	1	13.8	13:30	6	4.9	18.8

※1 系統名については後述の表 2-10 を参照。

※2 12/16 はトラブルにより充填中断、調整後 1/6 に充填のみ実施。1/9 と 1/12 は収集ごみが多く、走行距離が長かったため 2 回充填を実施した。

充填実証では、①車両側燃料タンクの充填後圧力が満充填である 20MPa に達しないこと、②充填後の翌始業時に圧力低下があることが確認された。

①の充填後圧力については、供給側で 19.6MPa を上限値として設定しており、供給側メーターから車載燃料メーターまでの圧力損失により、車載燃料メーターの圧力が 19MPa 以下になることが要因となっている。

②の充填後翌始業時までの圧力低下については、充填作業により車両側燃料タンクの内部温度が上昇することで内部圧力が上がるが、翌朝までにはタンク内温度も外気温と同程度まで低下するため、ガス圧が下がるのが要因となっている。この対応として、1 月 12 日に充填スピードを遅くする調整を行った。19MPa 弱までの充填時間は変更前で 2～3 分程度であったが、この変更により 5 分程度となった。



図 2-10 充填ノズル（左）、充填の様子（右）

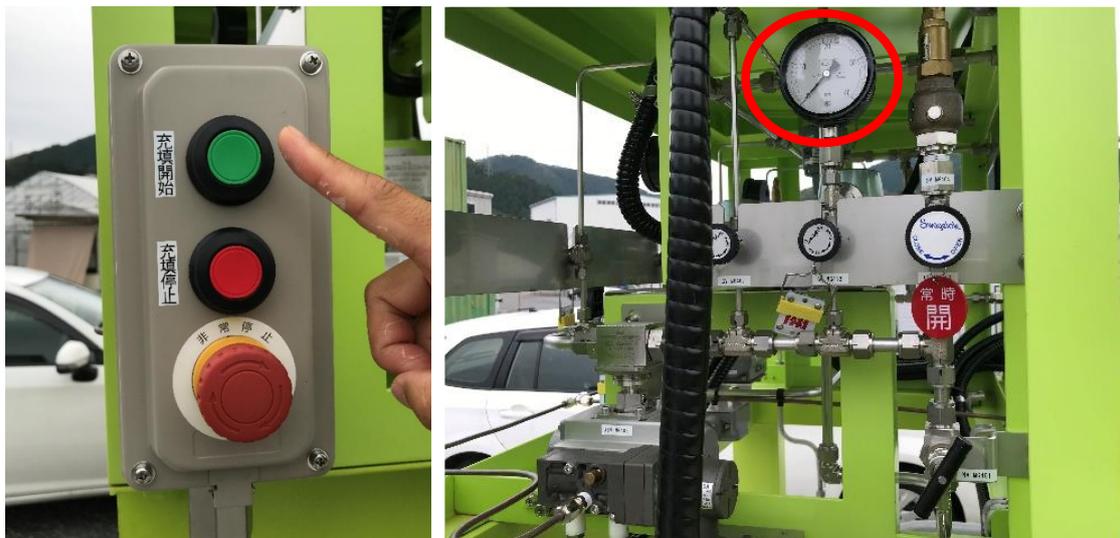


図 2-11 充填ボタン（左）、充填用圧力計（右）

2.2.5 生ごみ収集車（CNG 車）の走行実証

(1) 収集経路調査

製品ガスを CNG 車に充填し、生ごみ収集に利用する走行実証を 2022 年 12 月 5 日より開始した。走行実証に先立ち、現在の収集経路の調査を実施した。現状の生ごみ収集は、車両 2 台（車両 A、車両 B とする）で実施しており、いずれもディーゼル車である。表 2-9 に経路の距離を、図 2-12～図 2-15 に経路を掲載する。なお、走行距離については、収集する生ごみバケツが満載になった時点で既設プラントへの搬入を行う関係で、収集日より差がある。収集バケツの量により異なるが各車ともに 2 回/日以上は既設プラントに搬入を行っており、繁忙期には 4 回以上の搬入を行う場合や、別の車両による収集支援を行う場合がある。

表 2-9 GPS ロガーで把握した走行距離

曜日	車両 A	車両 B
火・金コース	73.1 km	90.0km
月・木コース	58.5 km	75.4km



図 2-12 車両 A 火・金 経路



図 2-13 車両 B 火・金 経路

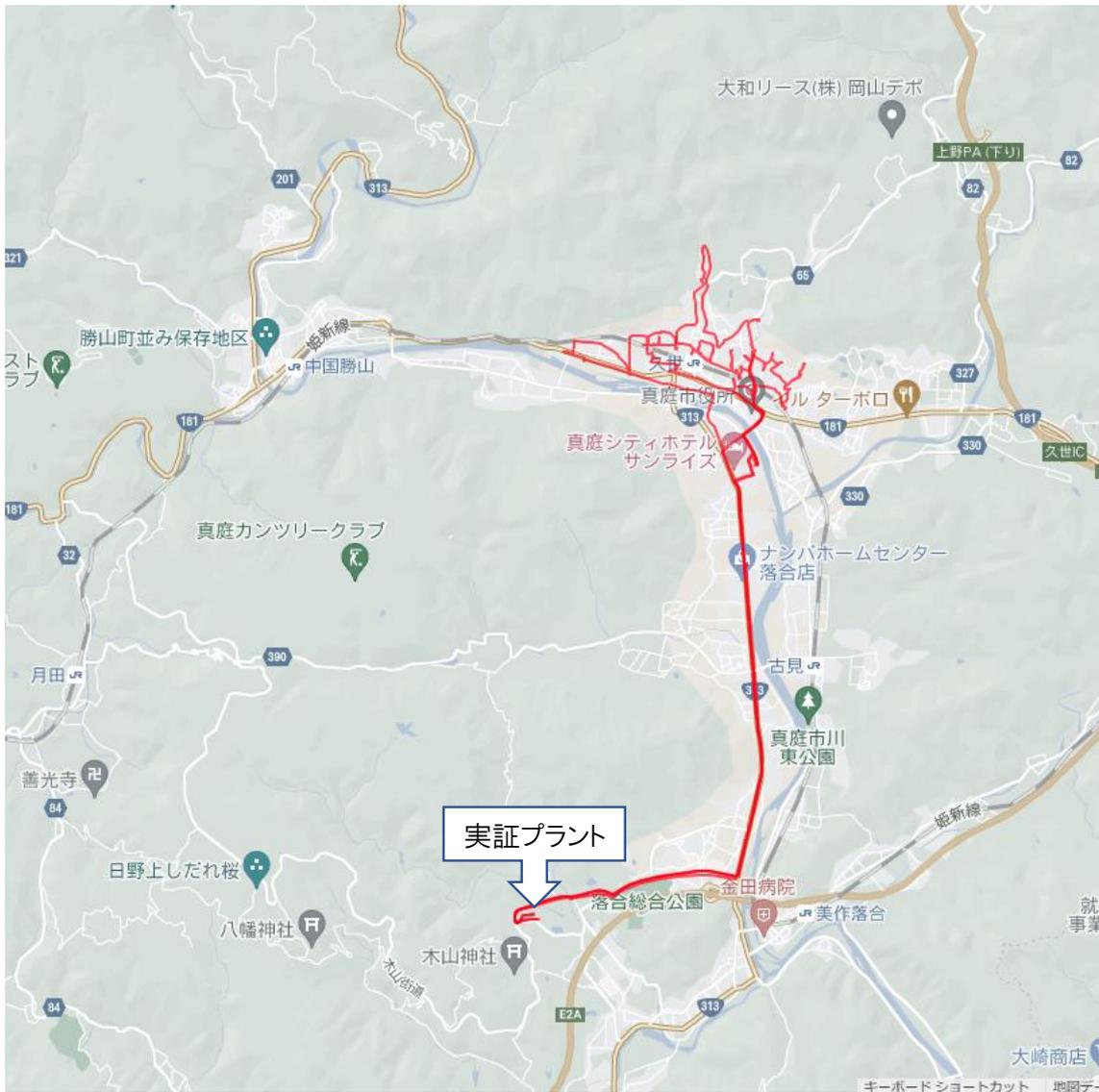


図 2-14 車両 A 月・木 経路

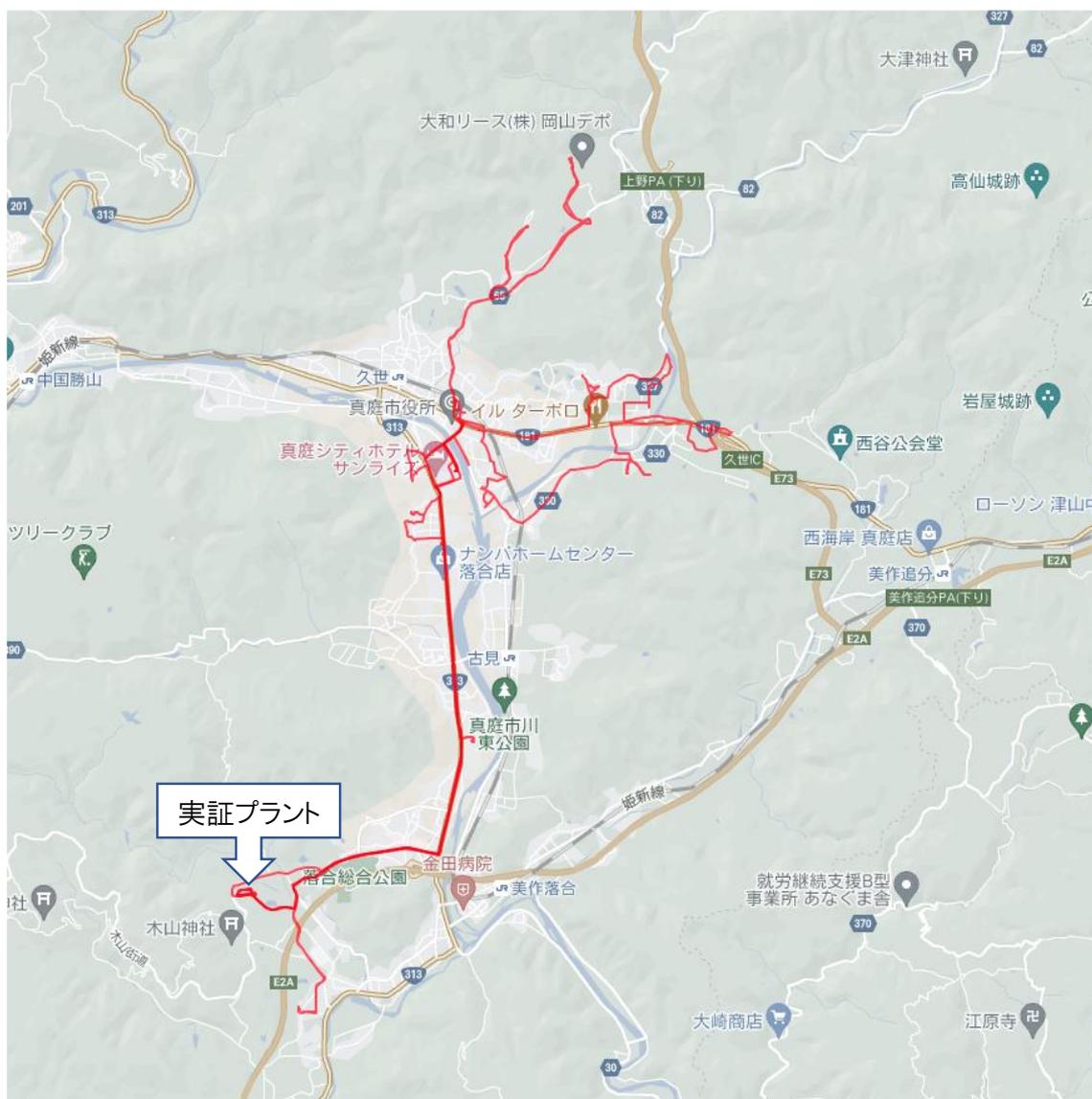


図 2-15 車両 B 月・木 経路

(2) 生ごみ収集車の走行実証

収集実証は、走行経路にアップダウンが少なく、走行距離も短い車両 A を代替する形とした。車両の走行記録としては、表 2-10 の記録を行った。

表 2-10 走行実証の記録項目

記録項目	備考
作業日	収集は月・火・木・金
系統名	収集曜日・車両の組み合わせで経路を示す
始業時刻	-
始業時気温(°C)	-
始業時圧力(MPa)	車載燃料メーターにて確認
(a) 始業時メーター(km)	走行距離 (b) - (a)
(b) 終業後メーター(km)	
充填時刻	-
充填時気温(°C)	-
充填前圧力(MPa)	車載燃料メーターにて確認
充填後圧力(MPa)	

充填実証記録については表 2-8 (p. 30) に記載済みのため、走行実証記録を表 2-11 に示す。1月6日は充填作業のみで収集は実施していない。この日を除くと平均の1日あたり走行距離は75.8km/日であった。尚、12月16日以降1月5日まで車両走行実証を実施していないが、これは実証車両の荷台サイズが従来のディーゼル車より小さくバケツの積載個数が少ないこと、年末年始は生ごみ量が多く、積載数量が多い車両での収集が必要なことから実証に利用しなかったためである。

表 2-11 走行実証記録 (12月5日~2月20日)

作業日	系統名	始業時メーター(km)	終業後メーター(km)	走行距離(km)
2022/12/5	月・木 A	502	554	52
2022/12/6	火・金 A	554	626	72
2022/12/8	月・木 A	626	688	62
2022/12/9	火・金 A	688	751	63
2022/12/12	月・木 A	751	812	61
2022/12/13	火・金 A	812	878	66
2022/12/15	月・木 A	878	939	61

2022/12/16	火・金 A	939	1002	63
2023/1/6※	-	1002	1020	18
2023/1/9	月・木 A	1020	1100	80
2023/1/10	火・金 A	1100	1180	80
2023/1/12	月・木 A	1180	1259	79
2023/1/13	火・金 A	1259	1339	80
2023/1/16	月・木 A	1339	1418	79
2023/1/17	火・金 A	1418	1498	80
2023/1/19	月・木 A	1498	1576	78
2023/1/20	火・金 A	1576	1658	82
2023/1/23	月・木 A	1658	1738	80
2023/1/24	火・金 A	1738	1819	81
2023/1/27	火・金 A	1819	1900	81
2023/1/30	月・木 A	1900	1978	78
2023/1/31	火・金 A	1978	2061	83
2023/2/2	月・木 A	2061	2141	80
2023/2/3	火・金 A	2141	2222	81
2023/2/4※	月・木 A	2222	2298	76
2023/2/4※	火・金 A	2298	2376	78
2023/2/6	月・木 A	2376	2455	79
2023/2/7	火・金 A	2455	2537	82
2023/2/9	月・木 A	2537	2615	78
2023/2/10	火・金 A	2615	2696	81
2023/2/13	月・木 A	2696	2776	80
2023/2/14	火・金 A	2776	2857	81
2023/2/16	月・木 A	2857	2935	78
2023/2/17	火・金 A	2935	3014	79
2023/2/20	月・木 A	3014	3093	79
2023/2/21	火・金 A	3093	3173	80

※ 1月6日は充填作業のみのため、収集を行っていない。また、2月4日は、収集作業の有無による燃費比較のため、収集作業なしで走行実証のみを実施している。

(3) 充填・走行実証による燃費試算

CNG車の燃費についての試算を行った。車両の走行記録では車載燃料メーターは圧力表示であり、消費燃料 Nm^3 あたりの走行距離が単純計算できない。そのため、温度、圧力、容積及び圧縮因子から走行前後のガス量（物質質量）を算出し試算を行った。算出方法は以下の通りである。

$$PV=ZnRT$$

ここで、 P は（絶対）圧力、 V は容積、 n は物質質量（mol）、 R は気体定数、 T は温度（K、ケルビン）、 Z は圧縮因子である。理想気体の状態方程式は $PV=nRT$ であるが、この関係は（臨界圧力に比べ）低圧、（臨界温度に比べ）高温の環境下であることを「理想状態」の前提としている。実在気体では、分子間の相互作用や分子そのものの大きさが起因し、ずれが生じる。これを補正し、式の関係性が成り立つように、圧縮因子 Z が与えられる。圧縮因子 Z は、ガスを構成する物質の濃度・組み合わせとその温度、圧力に応じ変化し、その計算方法は種々あり複雑である。今回は、組成が一定（表 2-12）という仮定のもと、圧力を 0.1 MPa ごとに 0.0 から 20.0 MPaG まで 201 点、温度を 0.5°C ごとに -10°C から $+80^{\circ}\text{C}$ まで 181 点の合計 36,381 点分、計算した⁸。

表 2-12 圧縮因子の計算に使用したガス組成⁹

CH ₄	86.947%
C ₃ H ₈	7.151%
i-C ₄ H ₁₀	0.030%
n-C ₄ H ₁₀	0.010%
C ₂ H ₆	0.290%
H ₂ O	0.000%
CO ₂	1.810%
N ₂	3.151%
O ₂	0.610%

車両保管場所からの収集作業は停車・発車を繰り返しながらバケツを荷台に積む作業であり、アイドリング時間も長い。充填後の車両保管場所への移動は積み荷も少なく通常走行である（図 2-16）。このことを考慮し、充填後の車両保管場所への移動（図中③の移動）

⁸ Honeywell 社製プロセスシミュレーター「Unisim Design R481」において、「Peng-Robinson 状態方程式」を用い計算を実施した。（試算及びデータ提供 大阪ガス㈱）

⁹ 9月7日時点でのバイオガス分析結果

については、収集作業なしでコース走行のみを行った際の燃費（3.193km/Nm³）を設定した上で、1日の総走行距離から差し引いて燃費計算を実施した。

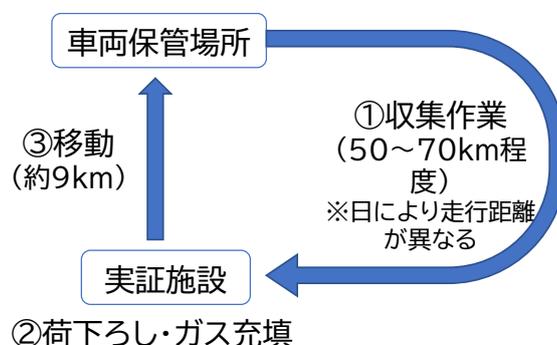


図 2-16 作業行程

12月5日～2月20日までの走行実証での平均燃費は、収集作業中では2.458km/Nm³という試算結果となった。積み荷なし、収集なしでの走行実証では3.193 Nm³であった。

なお、一般のCNGスタンドではディスペンサーが設置されており、ディスペンサー内にコントロール弁と流量計があり、取引メーターとして使用されている。

表 2-13 にディーゼル車とCNG車の実装燃費値を記載した。ディーゼル車の実走燃費値については、収集事業者である有限会社エコライフ商友から2022年11月の走行及び給油記録の提供を受け作成した。CNG車は燃費値について公表値がないため、上記で試算した実走燃費値のみ記載している。1回の給油でディーゼル車は400km以上走行可能であるが、CNG車は100km程度での充填が必要である。

表 2-13 ディーゼル車とCNG車の燃費値

車両	型式	充填頻度	燃費値 ¹⁰	実走燃費値
従来ディーゼル車	TRG-NMR85R	1回/約2週間	11.40km/L	5.97km/L
実証用CNG車	TFG-NMR82ZAN	1回/日	(公表値なし)	2.46km/Nm ³

(4) 精製・貯蔵・充填及び車両走行実証のまとめ

精製・貯蔵に関しては、安定的に精製・貯蔵ができることが確認された。充填・車両走行実証においては、充填量の目安となる車載燃料メーターの圧力表示が外気温やタンク内温

¹⁰ トラック等・トラクタ燃費 国土交通省
<https://www.mlit.gov/common/001282828.xls>

度の影響を受けることが分かった。また、車両の特徴として走行距離がディーゼル車より短いため、運用面ではこまめな充填を行う必要がある。

2.2.6 施設・設備のメンテナンス及びトラブル対応について

実証開始が冬季であったことから、外気温の低下による機器類のトラブルがいくつか発生した。

(1) インバーター異常

外気温の低下により圧縮機の潤滑油の粘度があがることで、起動時の突入電流がインバーターの設定値を超えることによるインバーター異常が発生した。インバーターの設定値の変更等で対応を行った。

(2) 高圧圧縮機のオイル漏れ対応

高圧圧縮機のパッキンから微量のオイル漏れが発生した。オイルケーシングのパッキンが寒さで硬化したことが原因とみられパッキンの交換作業を行った。

その他、軽微なトラブルがいくつか発生しているが、都度対応を行っており施設の運転管理には支障は生じていない。各種装置は常時監視を行っており、トラブルが発生した場合にはメールで警報が担当者に届くようになっている。

2.3 二酸化炭素排出量削減効果及び経済性の評価のための普及規模・評価境界設定

本事業では、技術的な課題の有無や実用性を確認し、将来的な普及に向けての戦略作りを目指している。そのためには、技術の確立や実用性だけでなく、温室効果ガスの削減効果や経済性の評価が必要であり、今年度は評価のための普及規模設定、評価境界の設定とイニシャルコストの確認を行った。

2.3.1 普及規模の設定条件

普及規模の設定において、まずは自治体での一般廃棄物処理を前提とした。可燃ごみの焼却処理においてはごみ発電の導入によるエネルギー収支の改善が進んでいるが、ごみ発電は小規模の焼却処理施設には設置されていないことが多い。環境省では循環型社会形成推進交付金によって発電効率または熱回収率 10%以上の高効率ごみエネルギー回収施設の建設に対する助成を実施しているが、その交付要件となる発電効率は施設規模ごとに設定されている(表 2-14)。高効率ごみ発電施設整備マニュアル(環境省 2018年3月改定)にも「現状技術では 70t/日程度未満の小規模施設においては、高効率発電は言うまでもなく発電設備そのものを設置することが困難な場合が多い」との記載がある。施設規模で 100t/日以下の焼却施設ではほとんど発電設備の設置は進んでいない。

表 2-14 施設規模ごとの交付要件¹¹

施設規模(t/日)	発電効率(%)
100 以下	12
100 超、150 以下	14
150 超、200 以下	15.5
200 超、300 以下	17
300 超、450 以下	18.5
450 超、600 以下	20
600 超、800 以下	21
800 超、1000 以下	22
1000 超、1400 以下	23
1400 超、1800 以下	24
1800 超	25

¹¹ 高効率ごみ発電施設整備マニュアル 環境省 2018年3月改定
<https://www.env.go.jp/content/900534340.pdf>

汚水処理においては、人口規模が小さい自治体ほど下水道普及率が低くなっており、総務省の資料によると100万人以上の人口規模では下水道普及率が99.2%であるが、5～10万人では64.7%、5万人未満では50.2%とされている¹²。小規模自治体ではし尿処理施設を廃止することもできず、下水処理施設とし尿処理施設を両方維持管理していることも多いと考えられる。

表 2-15 汚水処理人口普及状況（人口規模別・汚水処理施設別・2016年度）¹³

人口規模	100万人以上	50～100万人	30～50万人	10～30万人	5～10万人	5万人未満
総人口(万人)	2,947	1,121	1,727	3,124	1,825	2,010
処理人口(万人)	2,935	1,053	1,609	2,813	1,547	1,574
市町村数	12	16	44	192	260	1,185
処理人口合計	99.6%	94.0%	93.1%	90.0%	84.8%	78.3%
処理方法内訳						
下水道	99.2%	87.4%	84.4%	77.8%	64.7%	50.2%
浄化槽・集落排水・コミプラ	0.4%	6.6%	8.7%	12.2%	20.1%	28.1%
汲み取り・その他	0.4%	6.0%	6.9%	10.0%	15.2%	21.7%

メタン発酵のメリットは、含水率の高い生ごみやし尿を、低エネルギーで処理できることであり、発酵残渣は農地還元することで肥料として活用が可能である。また施設の設置費用や維持管理費についても焼却処理施設やし尿処理施設と比較して安価であるとされている。そこでメタン発酵処理施設とガス精製設備等の普及のために、まずは可燃ごみの焼却処理で発電設備が導入しにくい小規模自治体を対象として設定する。

¹² 下水道事業についての現状と課題 総務省 2018年2月
https://www.soumu.go.jp/main_content/000536241.pdf

¹³ 下水道事業についての現状と課題 総務省 2018年2月
 P4の資料を基に作成。総人口から汚水処理人口普及率を差し引いた値を「汲み取り・その他」として算出した。
https://www.soumu.go.jp/main_content/000536241.pdf

(1) 自治体人口規模の設定

まず、1人1日あたりのごみ量及び生ごみ量については以下の通り設定した。

表 2-16 1人1日あたりのごみ量¹⁴

総人口	千人	126,740
ごみ総排出量	千 t/年	41,669
計画収集量	千 t/年	36,160
直接搬入量	千 t/年	3,866
集団回収量	千 t/年	1,643
(排出形態)		
生活系ごみ排出量	千 t/年	30,016
うち家庭排出ごみ	千 t/年	24,040
事業系ごみ排出量	千 t/年	11,653
(処理状況)		
うち直接焼却量	千 t/年	31,872
直接焼却率		76.5%
一般廃棄物中の生活系生ごみ割合		23.7%
一般廃棄物中の事業系生ごみ割合		10.5%
生活系生ごみ量	千 t/年	9,876
事業系生ごみ量	千 t/年	4,375
一般廃棄物中の生ごみ量合計	千 t/年	14,251
1人1日あたりのごみ排出量	kg/人日	0.901
1人1日あたりの可燃ごみ排出量	kg/人日	0.689
1人1日あたりの生ごみ排出量	kg/人日	0.308

次に、1人1日あたりのごみ排出量から、可燃ごみ量が100t/日になる人口規模を試算した結果97,171人となった(表 2-17)。

¹⁴ 日本の廃棄物処理(令和2年度版) 環境省 2022年3月

https://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/r2/data/disposal.pdf

第1回「生ごみ等3R・処理に関する検討会」配布資料「生ごみの分類と発生・処理状況」 環境省 2005年9月29日 https://www.env.go.jp/recycle/waste/conf_raw_g/01/mat03.pdf

表 2-17 焼却処理施設が日量 100t になる人口規模

想定焼却場規模	t/日	100
実稼働率		0.77
調整稼働率		0.96
余裕率		10%
想定可燃ごみ日量	t/日	66.9
想定人口①	人	97,171

ここから、人口規模 97,000 人（人口ケース①）とその半分の 48,500 人（人口ケース②）を自治体の規模として設定した。

(2) バイオガス量の試算

自治体人口規模別の汚水処理普及率と処理方法の内訳（表 2-15）から想定人口当たりのし尿及び浄化槽汚泥の量を試算し、生ごみと合わせてバイオガス化したときの生成バイオガス量の試算を行った。

表 2-18 バイオガス量試算

項目	単位	人口ケース ①	人口ケース ②
想定人口	人	97,000	48,500
生ごみ排出量	kg/日	29,881	14,940
ガス発生量単位(生ごみ)	Nm ³ /t	150	150
生成バイオガス量(生ごみ)	Nm ³ /日	4,482	2,241
1人1日当たり浄化槽汚泥計画処理量	L/人・日	1.66	1.66
1人1日当たりし尿計画処理量	L/人・日	2.73	2.73
浄化槽汚泥量	L/日	32,365	22,623
し尿量※	L/日	40,251	28,732
浄化槽汚泥比重		1.00	1.00
し尿比重		1.02	1.02
ガス発生量単位(し尿・浄化槽汚泥等)	Nm ³ /t	14	14
生成バイオガス量(し尿・浄化槽汚泥等)	Nm ³ /日	1,028	727
生成バイオガス量合計	Nm ³ /日	5,510	2,968

※ し尿量の算出は「汲み取り・その他」の処理量をし尿処理量として想定し算出。

(3) 普及機の導入コスト

人口規模から受け入れ量と生成バイオガス量を求め、このバイオガス量を元にして精製設備の導入コストの試算を行った。精製設備に必要な電力分はバイオガスで発電する設定とした。ただし、バイオガス発電から精製設備に電力供給を行うことは想定しておらず、精製施設内の電力量需要相当の発電を行うものとした。車両利用の場合、実証で使用している車両と同じ容量の燃料タンクに1回/日の充填としても80台分/日以上精製バイオメタンが製造できる試算となった(表 2-19)。

表 2-19 普及機の設定

設備	人口ケース① 97,000 人	人口ケース② 48,500 人
精製装置	250m ³ /h、5,800h/y 稼働	150m ³ /h、5,100h/y 稼働
吸着貯蔵	貯蔵容量 2,000m ³ 充填時間 10h/d 以下となるように貯蔵	貯蔵容量 1,000m ³ 充填時間 10h/d 以下となるように貯蔵
発電設備	25kW×5 台、総消費電力量を 8,000h/y の稼働で発電	25kW×3 台、同左
付臭設備	規模に関わらずほぼ同じ想定	
充填設備	250m ³ /h、10h/d、350d/y 稼働 1 日 82 台に充填	250m ³ /h、6h/d、350d/y 稼働 1 日 43 台に充填

導入コストについては、精製設備の価格は為替の変動に大きく影響を受けるとのことで、US ドルでの試算となっている(表 2-20)。表 2-21 のランニングコストも含めると精製にかかるコストは 108 円/Nm³、小規模な施設でも 153 円/Nm³となる。設備費については 15 年での償却として計算している。

参考値として、2023 年 3 月の東京ガス直営スタンドの CNG 単価は年換算使用量により 145.49 円～154.75 円となっている¹⁵(政府の補助金により 30 円/m³ 値引きされた価格)。

¹⁵ 2023 年 3 月分 CNG 単価 東京ガス(株)HP <https://eee.tokyo-gas.co.jp/news/2022/price202303.pdf>

表 2-20 設備費まとめ

項目	単位	人口ケース①	人口ケース②
精製装置費	USD	2,100,000	1,800,000
(参考)※	千円	273,000	234,000
吸着貯蔵	千円	150,000	90,000
発電設備	千円	125,000	75,000
付臭設備	千円	30,000	30,000
充填設備	千円	70,000	70,000
工事	千円	166,000	148,000
合計(参考)※	千円	812,954	649,547
原単位(参考)※	円/m ³	63	91
ランニングコスト原単位	円/m ³	45	62
合計原単位	円/m ³	108	153

※ 精製設備費については、USD での積算となっているため 130 円/USD として参考値を算出。

表 2-21 ランニングコスト試算

項目	費目	単位	人口ケース ①	人口ケース ②	単価	備考
高圧ガス責任者、運転員	人件費	円/年	8,800,000	8,800,000		大阪市での例
バイオガス精製システム	メンテナンス費	円/年	16,390,155	12,769,085		点検費、部品交換費
圧縮機	メンテナンス費	円/年	8,610,000	4,515,000	10 円/m ³	
発電機	メンテナンス費	円/年	5,000,000	3,000,000	100 万円/台	
保安検査 (法定、自主)	点検	円/年	500,000	500,000		大阪市での例、 50 万円/台
バイオガス精製システムに使用する電気	光熱費	円/年	0	0	0 円/kWh	バイオガス発電
バイオガス精製システムに使用する冷却水	光熱費	円/年	57,628	34,577	100 円/m ³	0.1m ³ /h
圧縮機で使用する電気	光熱費	円/年	0	0	0 円/kWh	バイオガス発電
付臭剤	消耗品	円/年	432,211	237,398	0.5 円/m ³	東灘実績、 0.4 円/m ³
合計		円/年	39,300,155	29,584,085		
原単位		円/m ³	45.5	62.3		

なお、この試算では熱量調整（LP ガスの添加）については考慮していない。次年度の実証では LP ガスの添加量を調整し、より CO₂ 排出の少ない製品ガスの利用可能性について検証をする予定である。次年度は実証結果を試算にも反映させた上で、メタン発酵処理を含むシステム全体で、ごみ処理施設やし尿処理施設などとの比較検証を実施する。

2.3.2 普及規模での各処理方法における評価境界の設定

普及規模での比較を行うにあたり、以下の 3 ケースを想定して比較を行う。自治体規模は 3 つのケースで同じとし、可燃ごみ焼却施設、メタン発酵処理施設またはし尿処理施設は試算上同一敷地内にあるものとする。

(1) 従来処理ケース

- ・ 可燃ごみは焼却処理
- ・ し尿・浄化槽汚泥はし尿処理施設で処理

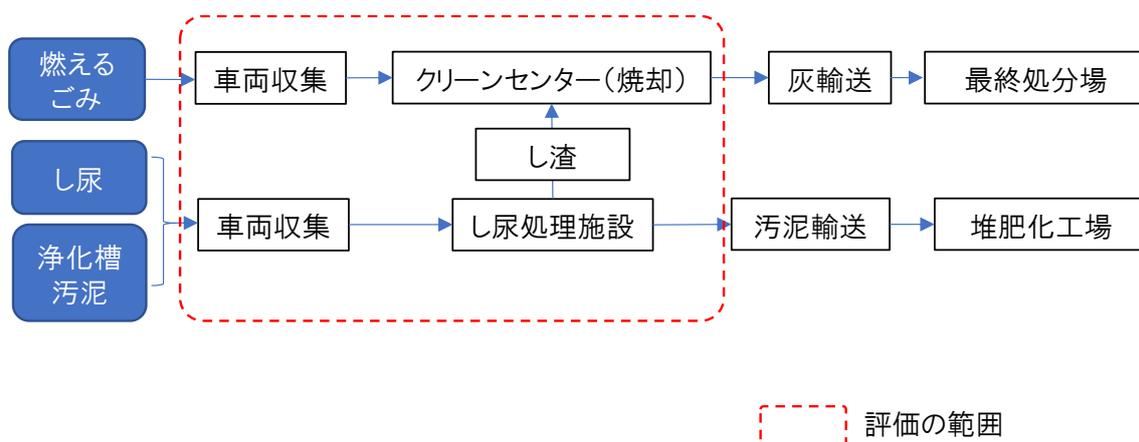


図 2-17 ケース 1

(2) メタン発酵・発電利用ケース

- ・ 可燃ごみは生ごみと分別
- ・ 可燃ごみ（生ごみを含まない）は焼却処理
- ・ 生ごみはメタン発酵処理施設で処理
- ・ し尿・浄化槽汚泥はメタン発酵処理施設で処理
- ・ バイオガスは発電に利用（EV 車で利用または自家消費）

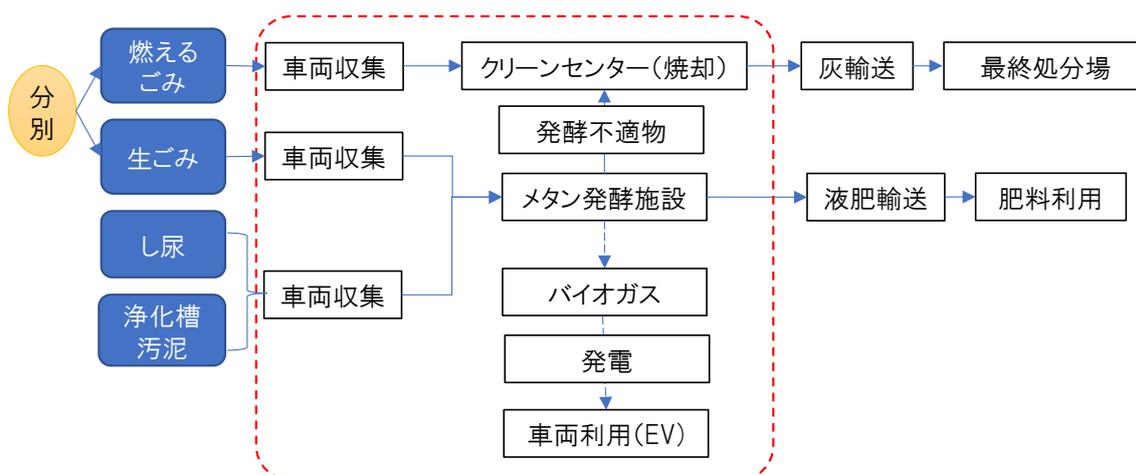


図 2-18 ケース 2

(3) メタン発酵・ガス精製利用ケース

- ・ 可燃ごみは生ごみと分別
- ・ 可燃ごみ（生ごみを含まない）は焼却処理
- ・ 生ごみはメタン発酵処理施設で処理
- ・ し尿・浄化槽汚泥はメタン発酵処理施設で処理
- ・ バイオガスは精製利用（CNG 車で利用または自家消費）

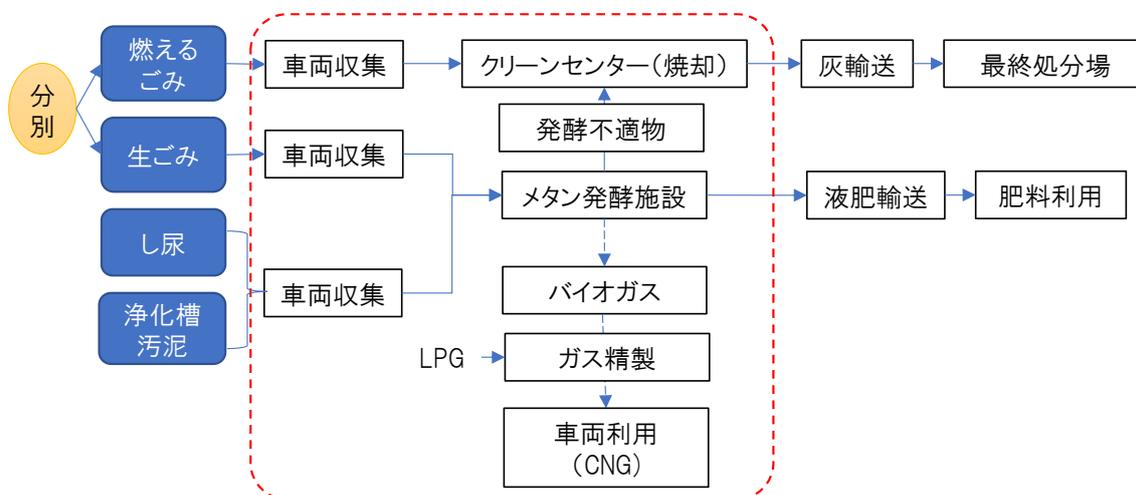


図 2-19 ケース 3

次年度以降、実証結果等を踏まえ、このケース設定により CO₂ 排出量の比較及びコスト比較を実施する計画である。

2.3.3 メタン発酵消化液の肥料利用の現状

(1) メタン発酵消化液の特徴

既存プラントのメタン発酵消化液（以下、「消化液」とする。）は1,000～1,500t/年¹⁶程度発生し、その全量が液体肥料として農地に散布され利用されている。真庭市では、2024年度（令和6年）の稼働を目指し、市内全域の生ごみとし尿を肥料化するための資源化施設を建設中である。以下に、肥料利用の現状と概要を取りまとめた。

消化液は、原料によっても異なるが、肥料の三大成分である窒素、リン酸、カリ等の成分及び有機物を含み、肥料として利用することで施設側は排水処理コストとエネルギーの削減、利用者側は農業コストの削減につながる。さらに肥料自給率の向上や、地域資源の循環利用により、輸入肥料の削減にも資する。このようなメリットはあるが、肥料成分が少ないこと、液体であることから貯蔵や運搬が難しいことなど、その取扱いが難しく北海道や九州の一部地域を除いては普及が進んでいないのが現状である。

既存プラントの消化液の肥料成分を表 2-22 に示す。また、消化液の特徴を表 2-23 にまとめる。

表 2-22 既存プラントの消化液の肥料成分（2022年11月28日採取分）¹⁷

分析の対象	単位	分析の結果
全窒素	wt%	0.28
アンモニア性窒素	wt%	0.22
硝酸性窒素	wt%	検出せず
リン	wt%	0.03
カリウム	wt%	0.17

¹⁶ 原料の受け入れ量や、メンテナンス期間等により各年で異なる。

¹⁷ 真庭市 HP より <https://www.city.maniwa.lg.jp/soshiki/14/1833.html>

表 2-23 メタン発酵消化液の特徴と農業利用の制約

消化液の特徴	農業利用の制約など
<ul style="list-style-type: none"> ・ 液状である ・ 肥料成分が薄い(水分が 95～99%) ・ 臭気がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発酵槽への投入量がほぼ全量消化液となるため、製造量の調整が難しい ・ 貯留槽が必要 ・ 専用の散布機械、運搬車両が必要 ・ 肥料成分の必要量を施用するためには大量の散布が必要 ・ アンモニアは揮散しやすいため、散布後の耕起を早期に実施する必要がある ・ 臭気も主にアンモニア由来のため耕起が遅くなると臭気による苦情などのもとなる可能性がある

表 2-23 に記載の通り、消化液を農業利用する場合にはいくつかの制約がある。専用の散布機・運搬車両が必要であり、かつ大量の運搬・散布が必要となることから、施設の近隣に大規模な農地がある北海道などでは全量利用されている場合が多い。一方で、本州地域ではほ場の制約から、全量利用が難しく、エネルギーとコストをかけて排水として処理されている施設も多い。特に都市部などでは廃棄物系バイオマス(食品廃棄物等)も多く発生するが、肥料成分の薄い液体を、農地がある郊外まで専用車で運搬することは経済的なメリットが出にくく、利用が進みにくい。しかし九州では福岡県大木町、みやま市などで、消化液の全量利用がされており、今後真庭市でも全量利用を目指し、普及促進を行っている。以下に、消化液を利用しているメタン発酵処理施設の事例を挙げる。

(2) メタン発酵消化液の農地利用の事例

バイオマスパワーしずくいし(岩手県雫石町・民設)

株式会社バイオマスパワーしずくいしが運営しており、小岩井農場の畜産系廃棄物や地域の食品系廃棄物を処理している。残渣はたい肥・液肥として小岩井農場で全量利用している。

小岩井農場という広大な農地があることで、液肥の利用が進んでいる事例であり、観光施設としても有名である。小岩井農場環境報告書 2020 によると、同施設では 1 日に約 83t の家畜排せつ物(畜産系バイオマス)と約 32t の食品残渣(食品系バイオマス)を受け入れ、そこから約 4,000kWh の電力を発電、また、約 52t の液体肥料と約 29t のたい肥を生産している(図 2-20)。

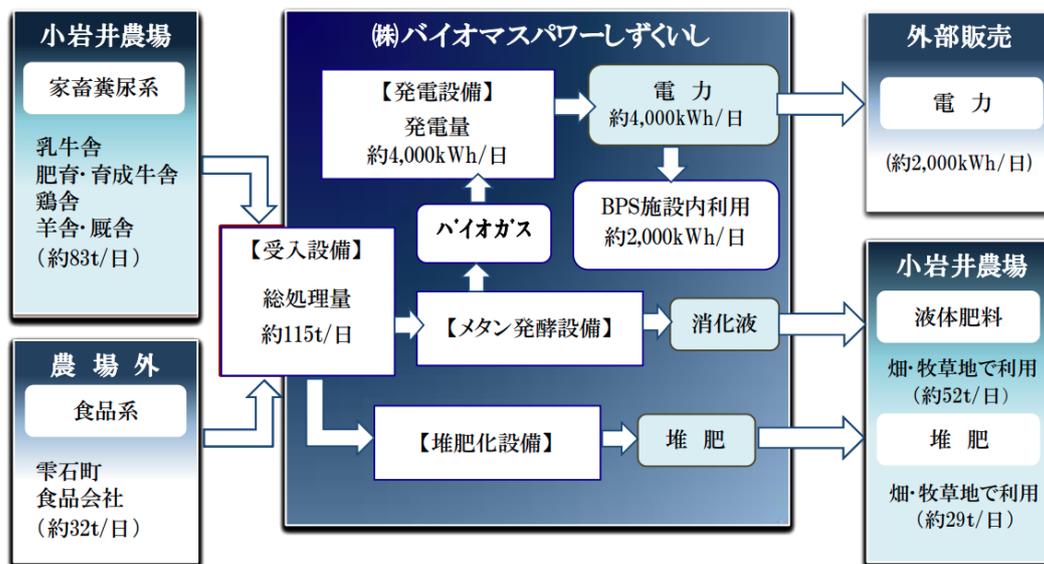


図 2-20 (株)バイオマスパワーしずくいしの液肥生産量¹⁸

¹⁸ 小岩井農場環境報告書 2020 小岩井農牧(株) 2020年11月
https://www.koiwai.co.jp/environment/report/images/eco_rep_2020.pdf

おおき循環センター「くるるん」（福岡県大木町・公設）

おおき循環センター「くるるん」（図 2-21）では、生ごみ、し尿、浄化槽汚泥などの一般廃棄物を処理しており、残渣は液肥として全量市内の農地で利用されている。施設の同一敷地内には、道の駅を併設しており、レストランや直売所などがあるほか、環境学習棟として視察の受け入れを行っており、町のにぎわい創出に役立っている。

液肥の利用に関しては「くるるん」で生産される有機肥料を「くるっ肥」とネーミングしており、この肥料を利用し、福岡県減農薬・減化学肥料栽培基準に基づいて栽培したお米（大木町産ヒノヒカリ）を「環のめぐみ」と名付けて販売している。



図 2-21 おおき循環センター「くるるん」

みやま市バイオマスセンター「ルフラン」（福岡県みやま市・公設）

みやま市バイオマスセンター「ルフラン」（図 2-22）は、1日当たり最大、家庭・事業用生ごみ 10t、し尿 42t、浄化槽汚泥 78t の合計 130t を受け入れ可能であり、発酵後の液肥は水稻、麦、ナス、菜種、レンコン、タケノコなどの栽培に利用されている。年間の消化液利用量を想定した上で、施設設計を行っており、消化液の貯留槽が 8,000t 分（施設内 4,000t、サテライトタンク 4,000t）整備されている。施設は小学校の跡地を活用しており、旧小学校の建物をサテライトオフィスや環境学習用の会議室、チャレンジカフェなどとして活用している。



図 2-22 みやま市バイオマスセンター「ルフラン」

みやま市のホームページに掲載の稼働実績値（表 2-24）によると、液肥利用の面積は 261ha となっており、消化液の全量が利用されている。発電電力は施設での自家消費にあてられており、必要電力量の約 60%がバイオガスによる発電で賄われている。液肥には「みのるん」という名前がつけられており、家庭菜園での利用方法の手引きが整備されているほか、市内各地に液肥スタンドを設置しており、無料で利用ができるようになっている。

利用の推進に際しては施設の設置前から液肥利用者協議会により実証栽培などを行っているほか、JA を液肥の申し込み窓口としている点も特徴的である。近年では利用申し込みが増加しているが液肥量が足りないため、従来からの利用者に優先的に配分するなどの対応を行っている。

表 2-24 ルフラン稼働実績値¹⁹

年度	し尿、浄化槽汚泥、 生ごみ搬入量(t)	発電量 (kWh)	液肥散布面積 (ha)
2019年	39,715	465,498	217
2020年	39,962	415,738	240
2021年	39,742	370,404	261

¹⁹ みやま市 HP より <https://www.city.miyama.lg.jp/s031/kanko/080/020/20210527090336.html>

八木バイオエコロジーセンター（京都府南丹市・公設）

八木バイオエコロジーセンター（図 2-23）は畜産系廃棄物と食品工場由来の廃棄物を処理している。同施設はたい肥の製造も行っている。消化液は年間発生量約 22,000t のうち、年間利用量は 6,200t となっており、消化液の 1/3 程度が液肥として利用されている。畜産系由来であるため有機肥料として利用されているが、施設の液肥貯留タンクが 300m³ と小さく、利用できない消化液は浄化処理後排水として処分されている。肥料の需要期には消化液が不足し、それ以外の時期には消化液が余剰となっており、需給の調整が難しいことが利用の制約となっている。



図 2-23 八木バイオエコロジーセンター

真庭り協バイオガスプラント（岡山県真庭市・民設）

当組合が真庭市の委託により運営している既設プラントでは、生ごみ・し尿・浄化槽汚泥などを原料に年間約 1,500t の消化液が発生している。実証施設には排水処理施設は整備しておらず、消化液は全量市内の農地で肥料利用されている。液肥利用推進にあたっては、市やJA、普及センター、農業者などで真庭液肥研究会を組織し、栽培実証や肥効分析を行っている。また、消化液の成分については2か月ごとに分析を行っており、真庭市のホームページで結果を公表している。農地への散布サービスのほか、市内の各振興局などには家庭菜園用にバイオ液肥スタンドも9か所整備されている（図 2-24、図 2-25）。



図 2-24 真庭での液肥散布の様子（左）、散布車と運搬車（右）



図 2-25 真庭市内のバイオ液肥スタンド

(3) 液肥の利用料金

上記の事例の地域での液肥名と液肥散布料金を表 2-25 に示す。すべての地域で液肥スタンドなどを設置し、家庭菜園用の場合等は無料での提供を行っており、散布サービスをする場合にのみ費用を徴収している。

表 2-25 各地のメタン発酵消化液肥の名称・価格

市町村	大木町	みやま市	南丹市	真庭市 (既存プラント)
液肥の名前	くるっ肥	みのるん	八木バイオグリーン液	まにくるん
液肥散布料金	1,000 円/10a	基肥 1,100 円/10a 追肥 550 円/10a	春 3,000 円/10a 秋 2,000 円/10a 追肥(流し込み) 2,000 円/10a	無料 (生ごみ分別実証 期間中)
液肥料金	無料 (町民)	無料 (市民向け家庭菜 園用タンク利用)	無料 (引き取りが条件)	無料 (生ごみ分別実証 期間中)

(4) 液肥利用を推進するためのポイント

上記の事例を取りまとめると、液肥利用推進のためには次の点がポイントとなる。

- ・ 施設整備計画に液肥利用計画を含めて普及促進対策や液肥貯留施設の設置までを一体的に進めること
- ・ ハード整備だけでなく、ソフト面では液肥利用のノウハウや安全性を含めて理解醸成を進め、普及を進めること
- ・ 液肥や液肥利用農産物に名前を付け、消費者や市民に親しみを持ってもらうこと
- ・ JA・農業普及指導センター・農業者・事業者など関係者を含む協議会などを設置していること
- ・ 液肥散布を安価で行うことで農業者の費用削減や作業工数の削減につながっていること

2.4 事業終了後の横展開の可能性

2.4.1 普及の見込み

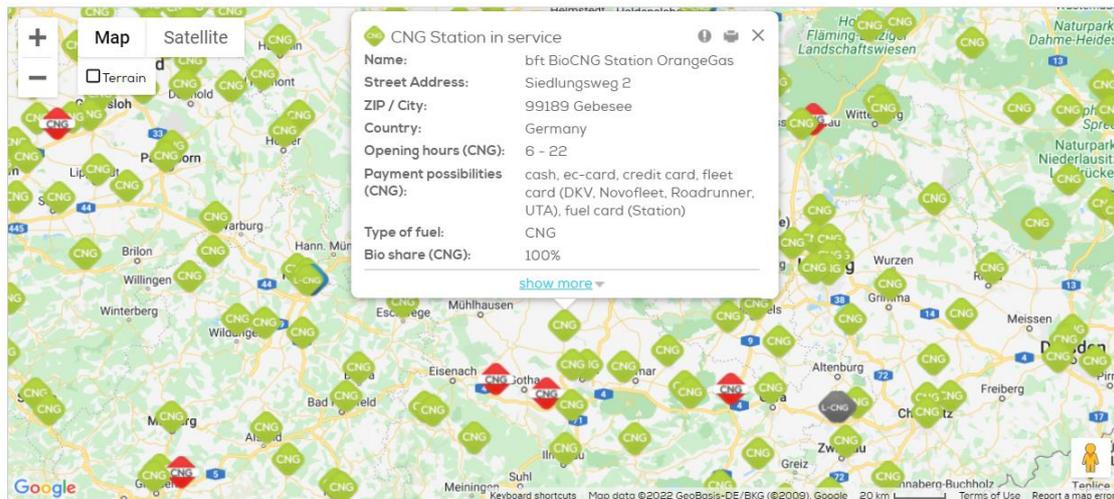
バイオガス精製はすでに確立された技術であり、バイオガスから都市ガス相当のガス製造が可能になると、現状の都市ガスインフラを利用しながらエネルギー起源 CO₂ の削減が可能になる。ただし、都市ガス管への投入は、様々な用途についてガス組成の変化が与える影響を考慮する必要があり、厳格な品質基準や法規への対応が要求される。一方、自動車利用であれば、自動車に与える影響を考慮すればよいと考えられるため、品質への対応が比較的しやすく、ガスとして利用する有効な手段となる。中期的には FIT 制度終了後、長期的には電力のカーボンニュートラル達成後を見据えた普及を進める必要がある。すでにヨーロッパをはじめとする海外では精製バイオメタンの普及が進んでいる。ヨーロッパでは、CNG ステーションが 4 千以上、LNG ステーションが 6 百以上あり、バイオメタンが使われている割合（バイオシェア）がステーション情報に表示されるマップもインターネット上に整備されている（図 2-26）。また、ドイツでは天然ガス消費量の約 10% に相当するバイオガスが利用されている²⁰。

バイオガスの精製利用、車両利用には以下のようなメリットがある。

- ・ バイオガスの発電・売電以外の経済的な活用方法の一つになりうる（FIT 後のバイオガス用途として有効な手段となりうる）
- ・ 電力のカーボンニュートラルが実現された後のバイオガスの効果的な利用方法となる
- ・ 自動車燃料としての活用であれば、売電よりも CO₂ 排出を削減できる可能性が高い
- ・ 都市ガス代替燃料が製造できることで、既存インフラ（CNG 充填ができる天然ガスステーションや、都市ガス網）を活用しながら燃料の低炭素化が可能である

²⁰ IEA Bioenergy (2021). Implementation of bioenergy in Germany – 2021 update. *IEA Bioenergy Country Reports*, 10 2021.

https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/CountryReport2021_Germany_final.pdf

図 2-26 CNG、LNG ステーションマップの例²¹

2.4.2 一般廃棄物処理施設への水平展開の可能性

2.3.1 普及規模の設定条件で記載した通り、人口規模が 10 万人以下の小規模自治体では、可燃ごみ処理施設の大規模化・効率化が難しく、し尿処理施設の維持も課題である。メタン発酵による一般廃棄物処理は、自治体のごみ処理・し尿処理の新しいモデルとして水平展開できる可能性が高く、初期投資、維持管理費の面でも従来方式と比較してメリットが見込める。さらに肥料や燃料を製造できることから脱炭素化や地域循環共生圏の取り組みにもつながる。

自治体の一般廃棄物処理では以下のようなメリットが考えられる。

- ・ し尿処理と生ごみ処理をメタン発酵処理施設で行うことで初期投資を削減
- ・ 残渣を農業利用することで、化学肥料の使用量を削減し地域資源を活用できる
- ・ ガスを貯蔵していることで、緊急時の一時的な電力供給源となり、地域レジリエンスの向上に資するモデルになる
- ・ バイオガスを燃料として利用することで有効活用ができる

²¹ NGVA Europe HP より <https://www.ngva.eu/stations-map/>

2.5 検討会の開催

今年度の事業では 2 回の検討会を開催した。検討会の概要は以下の通りである。また意見交換の要旨については参考資料 3.1 検討会での意見交換要旨 (p. 69～) に掲載した。

2.5.1 第一回検討会

第一回検討会は真庭市役所本庁舎で開催し、実証計画について説明後に意見交換を行った。また、閉会後には、実証施設の視察を行った。

日 時 2022 年 9 月 27 日 (火) 14:00～

場 所 真庭市役所本庁舎 3 階会議室

参加者 (順不同・敬称略)

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 日垣 淳 環境専門員 後藤 勇喜 環境専門員 高橋 直紀
一般財団法人日本環境衛生センター 資源循環低炭素化部 企画・再生可能エネルギー事業課	技術員 西畑 俊太郎
真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合	代表理事 牧 生夫 事務局長 田村 啓二 事務局次長 山口 浩
有限会社エコライフ商友	代表取締役 河野 文雄
真庭市生活環境部環境課	資源循環対策室長 山崎 学 主査 松尾 高行
岡山大学 廃棄物マネジメント研究センター	教授 藤原 健史 山下 温大
株式会社バイオガ斯拉ボ	代表取締役 三崎 岳郎
Daigas エナジー株式会社 ビジネス開発部	シニアエキスパート 大隅 省二郎
大阪ガス株式会社 ガス製造・発電・エンジニアリング事業部	副課長 田中 啓(Web 参加)
いすゞ自動車株式会社 サステナビリティ推進部	シニアエキスパート 小林 寛
大阪ガスリキッド株式会社 産業ガス営業部	マネジャー 杉田 雅紀
株式会社 Fermento	代表取締役 道閑 房恵 業務部 大石 すみれ

議事次第

1. 開会
2. 参加者紹介
3. 事業進捗説明
 - ・ 工事の進捗状況・試運転調整（資料①・②）
 - ・ 実証スケジュール（資料③）
 - ・ CO₂排出削減量の評価方法（資料④）
4. 意見交換
5. 次回日程
6. 閉会

資料：

- 資料① 工事等工程表
- 資料② バイオガス精製、吸着貯蔵、充填設備 P&ID 図（測定ポイント表示版）
- 資料③ 実証スケジュール
- 資料④ CO₂排出量の評価について



図 2-27 第一回検討会の様子



図 2-28 実証施設の視察の様子

2.5.2 第二回検討会

第二回検討会は、落合総合センターで開催した。

日 時 2023年1月31日(火) 14:00～

場 所 落合総合センター2階第5会議室

参加者 (順不同・敬称略)

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 日垣 淳 係長 北垣 芳彦 環境専門員 高橋 直紀
真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合	代表理事 牧 生夫 事務局長 田村 啓二 事務局次長 山口 浩
有限会社エコライフ商友	代表取締役 河野 文雄 環境管理部 大倉 繁
真庭市生活環境部環境課	主査 松尾 高行
岡山大学 廃棄物マネジメント研究センター	教授 藤原 健史
株式会社バイオガ斯拉ボ	代表取締役 三崎 岳郎
Daigas エナジー株式会社 ビジネス開発部	シニアエキスパート 大隅 省二郎
大阪ガス株式会社 ガス製造・発電・エンジニアリング事業部	副課長 田中 啓
いすゞ自動車株式会社 サステナビリティ推進部	シニアエキスパート 小林 寛
大阪ガスリキッド株式会社 産業ガス営業部	マネジャー 杉田 雅紀
株式会社 Fermento	代表取締役 道閑 房恵 業務部 大石 すみれ

議事次第

1. 開会
2. 事業進捗説明
 - ・ 実証施設の整備・運転状況について
 - ・ 審査会への報告事項について
3. 意見交換
4. 閉会

資料：

脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業 検討会資料



図 2-29 第二回検討会の様子

2.6 「審査等委員会」への出席

2023年2月9日にオンラインで開催された脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業審査等委員会に参加し、実証事業の経過報告を行った。

2.7 ヒアリング等への協力

令和4年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO₂対策普及促進方策検討委託業務に関して、検討会へのオブザーバー参加（いずれもオンライン）及びヒアリングへの対応を行った。

第1回検討会

日時：2022年10月5日（水）10：00～

場所：航空会館 501・502 会議室及びオンライン

第2回検討会

日時：2023年1月17日（火）10：00～

場所：京都リサーチパーク西地区4号館2階ルーム1及びオンライン

第3回検討会

日時：2023年3月6日（月）10：00～

場所：航空会館 501・502 会議室及びオンライン

2.8 業務委託先との打合せ

本業務の実施にあたり、各業務委託先とは必要に応じ打合せを行った。主な打合せは表 2-26 の通りである。記載以外にも適宜オンライン、現地立ち合いでの打合せ、メンテナンス工事等での打合せを実施している。

表 2-26 業務委託先との主な打合せ

日付	相手先・内容等
2022年5月13日	大阪ガスリキッド(株) 現地確認打合せ
2022年6月15日	大阪ガスリキッド(株) 実証計画打合せ
2022年8月23日	大阪ガスリキッド(株)、(株)Fermento 打合せ
2022年9月16日	大阪ガスリキッド(株) 他 制御システム打合せ
2022年9月20日	大阪ガスリキッド(株) 消防関係届打合せ
2022年10月5日	大阪ガスリキッド(株) 実証施設管理打合せ
2022年10月13日	大阪ガスリキッド(株) 実証施設管理打合せ
2022年11月8日	大阪ガスリキッド(株)、(株)Fermento 打合せ
2022年12月1日	大阪ガスリキッド(株)、(株)Fermento 打合せ
2022年12月23日	大阪ガスリキッド、(株)Fermento 走行実証打合せ
2023年1月13日	大阪ガスリキッド(株)、(株)Fermento 打合せ
2023年2月2日	大阪ガスリキッド(株)、(有)エコライフ商友充填立ち合い
2023年2月21日	大阪ガスリキッド(株)、(株)Fermento データ確認打合せ

3 参考資料

3.1 検討会での意見交換要旨

3.1.1 第一回検討会次第及び要旨

1. 開会挨拶
 - ・ 真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合 牧代表理事
2. 参加者紹介
 - ・ 各位自己紹介
3. 事業進捗説明
 - ・ 工事の進捗状況・試運転調整について 大阪ガスリキッド株式会社
 - ・ 実証スケジュールについて 真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合
 - ・ CO₂排出削減量の評価方法について 株式会社 Fermento
4. 意見交換要旨（専門家以外は組織名略称を使用、敬称略）

発言者	発言要旨
バイオガスラボ 三崎氏	CO ₂ 評価について、現状と提案の違いはガス精製と電気利用の部分だけか。
Fermento	評価の範囲としてエネルギー利用の部分しか違いはないとしている。設備費・車両費の比較等で大阪ガス・いすゞ両社にまた協力をお願いする。
いすゞ	今後比較対象とする EV は CNG 車と同じ使い方か。
Fermento	評価範囲で閉じている方がよいとのことなので、同じ収集利用として評価したいと考えている。一般のディーゼルトラック、EV トラック、CNG トラックのデータが頂けたら助かる。
いすゞ	EV トラックは実験段階なのでデータが出せるかはわからない。コストは CNG の方が 3 割ほど高い。
藤原教授	CNG 車は実証段階では何を評価するか。
真庭り協	走行データ。ディーゼル 2t 車と形式は同じなので、実際の生ごみ収集と同じルートを走らせる。
Fermento	今年度は LP ガス添加率 8~10%でカロリーを調整している。できるだけ少ないほうが良いと思っているので、来年は添加率を減らしたい。
藤原教授	燃費に相当するもの以外の比較要素は何か。収集の際のストップアンドゴーでアイドリングしているときの違いであるとか、ごみ収集に関わる適性等も評価するのか。

エコライフ商友	収集ルートには坂道や山道が多いのでパワー的な部分を見る予定。他に検証した方がよい項目があればそれも見る。
藤原教授	エンジン性能と実際に走行して実測したときの性能の違いというものはあるか。
いすゞ	個々の運転手における感じ方の違いはある。
藤原教授	環境特性、排ガスの性状等はどうか。環境温度の違いであるとか、どこまで比較するのかの基準があるか。
Fermento	来年度にエンジン性能試験として実施する計画である。充填の際に外気温も若干影響があるので計測する。
大阪ガスリキッド	気温によって充填圧力なども変わる。
藤原教授	PSA の濃縮の特性は安定しているか。状況や濃縮器の性能によって変わるか。
大阪ガスリキッド	純度は 95%以上。純度を見ながら精製し、なるべくメタンを捨てないようにしている。
バイオガ斯拉ボ 三崎氏	オフガスのメタン濃度はどのくらいか？
大阪ガスリキッド	試運転の段階で 1~3%程度。
いすゞ	メタン濃度のモニター頻度はどのくらいか。
大阪ガスリキッド	常時モニタリングをする。
環境省	現地視察の前に施設の全体フローを確認するとわかりやすいかと思う。(→フローの確認) 現状検討しなければならない課題はあるか。
大阪ガスリキッド	現状では、ガスを溜めていっている状況。まだ 0.2MPa 程度しか貯留できていない。高圧ガス製造(二種製造)の許可上の制約、実証プラントでできるバイオガス量などの制約がある中で、試運転調整をしている。ガス組成が 12A、13A の範囲になるような調整もしている。
藤原教授	コージェネにもメタンガスが分配されるが、このコージェネは場内への電気の供給をしているのか。コージェネを止めたらガスを全量使えるか。
真庭り協	売電をしている。
大阪ガスリキッド	ガス発生量が多い時は、コージェネがどうしても動いてしまう。一旦動き出すと使い切るまでコージェネの運転が続く仕様になっているので、調整が難しい。

バイオガ斯拉ボ 三崎氏	廃食用油を入れたりはしていないのか。
真庭リ協	廃食用油を入れて現状のガス量。メタン濃度としては高いレベルだと思うが、1日の発生量としては大きくない。精製の方に回すシステムを途中から組み込んだので調整が必要だった。発電機もガスが溜まったら動く仕様で、24時間ずっと動いているわけではなく7～8時間ほど稼働できるガス量である。
環境省	トラックに充填するのに36.8Nm ³ と聞いており、ガスが溜まるのに4m ³ /hで1日9時間の稼働ということだが日中しか動いていないのか。 充填はいつ行うか。
大阪ガスリキッド	ガスを満タンにし、1日収集に回って使い切るくらいを想定している。 2日に1回の充填のペースで5時間くらい走行できる。
Fermento	収集距離が最も長いケースを想定しても帰って来られるように設定している。
エコライフ商友	充填は収集が終わってから行う認識でいる。

5. 次回日程

6. 閉会

3.1.2 第二回検討会次第及び要旨

1. 開会挨拶

- ・ 真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合 牧代表理事

2. 事業進捗説明

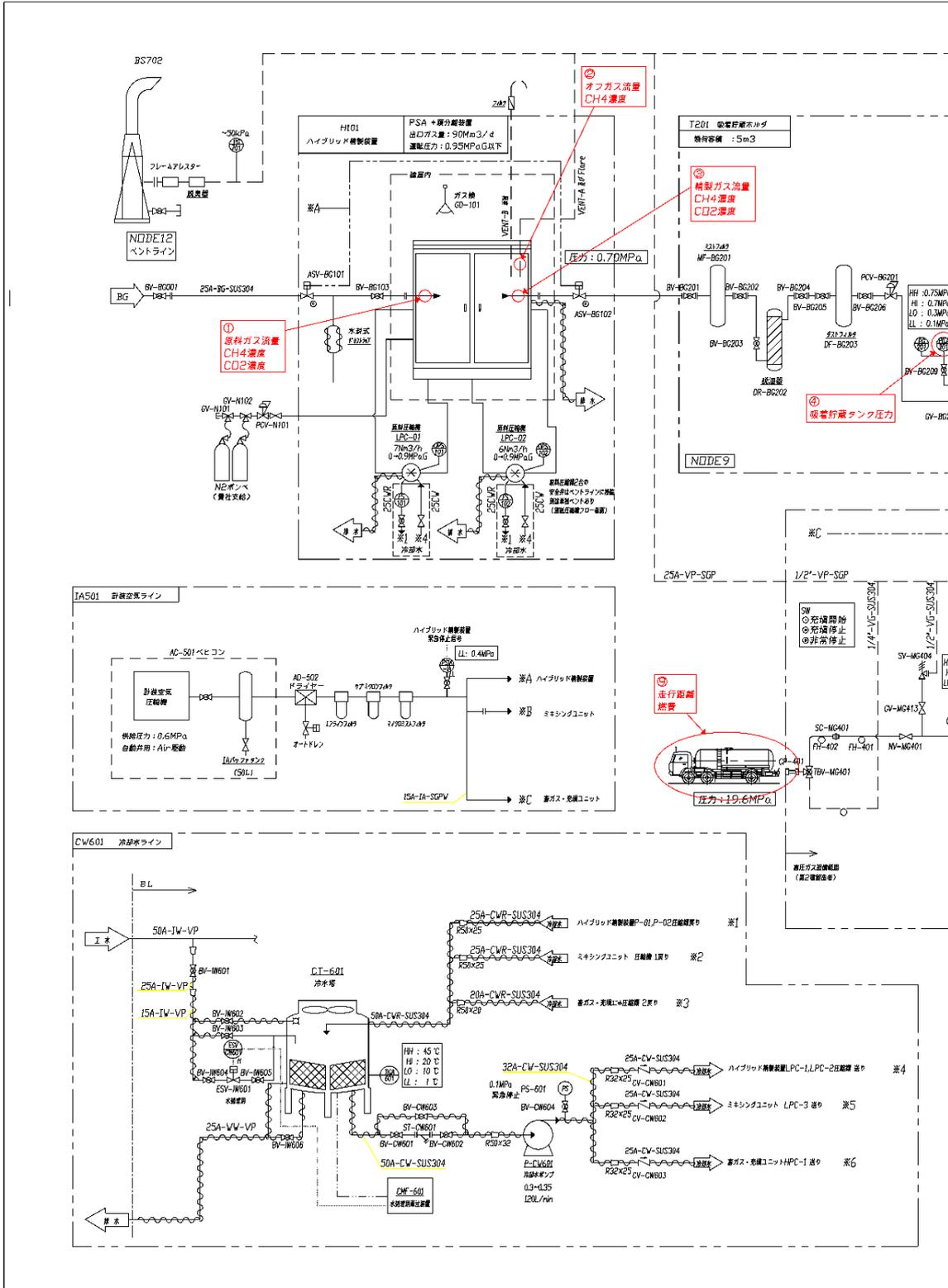
- ・ 実証施設の整備・運転状況について 大阪ガスリキッド株式会社
- ・ 審査会への報告事項について 株式会社 Fermento

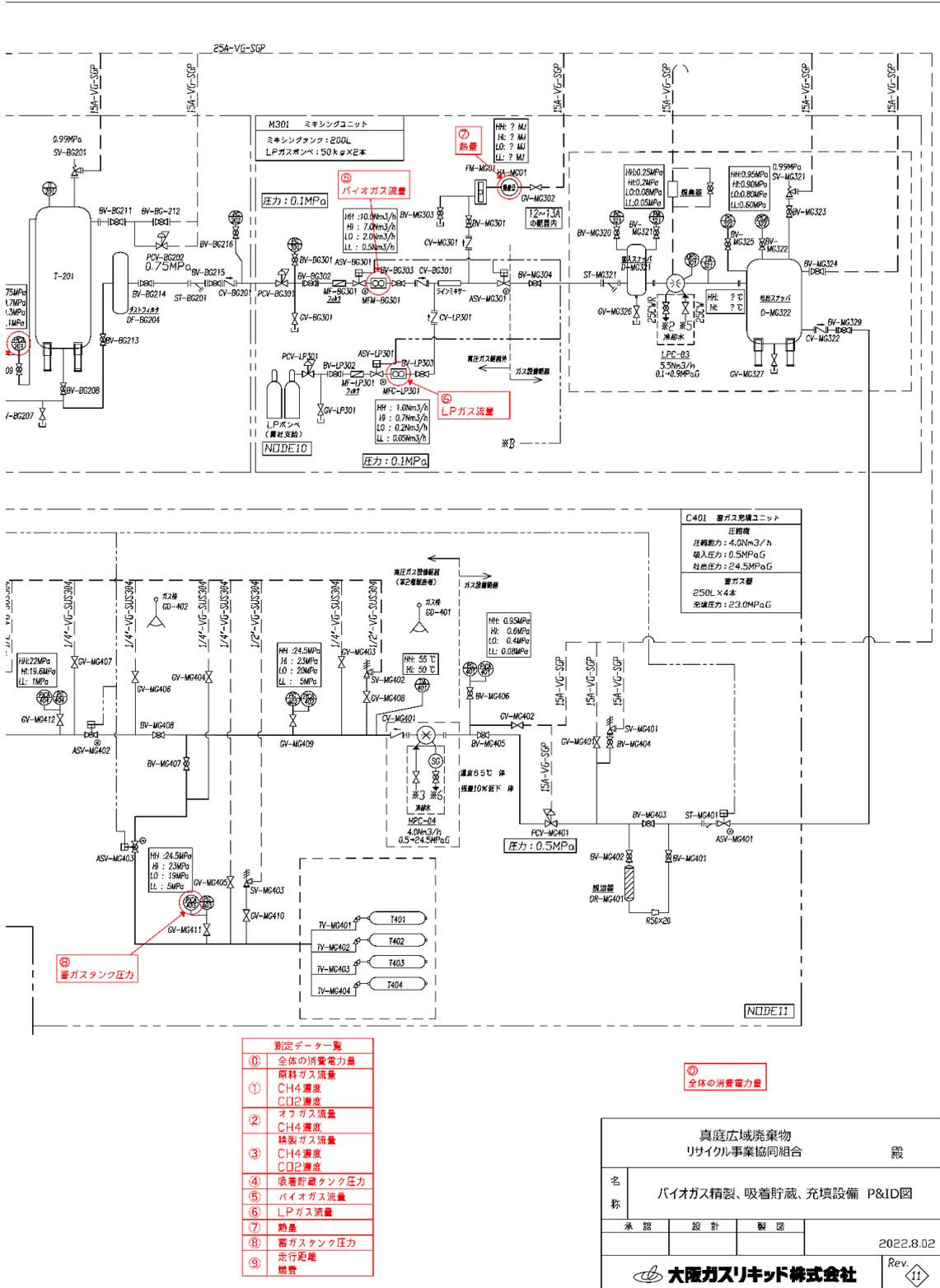
3. 意見交換要旨（専門家以外は組織名略称を使用、敬称略）

発言者	発言要旨
藤原教授	今年度事業における実施内容・成果の充填について、圧力メーターの上がり下がりがあるということだが走行に問題ないか。 充填用タンクと燃料タンクの差圧でガスが入るように記述があるが、先に充填用タンクの圧を下げてから燃料タンクに入れるのか。 時間をかけて充填するとあるが、どのくらいの時間か。

いすゞ	<p>体積ではなく温度の変化による圧力の変動が出てしまう。走行には問題ない。圧力はそのままで入れている。</p> <p>圧力を計測するのは入口の部分だが、入口で 20MPa になっても中はまだ入っていないこともある。3MPa から 18MPa くらいまでは 5 分くらいで入るが、その後は緩やかになり時間がかかる。</p>
バイオガ斯拉ボ 三崎氏	<p>実証で製造したガスが 42~43MJ/Nm³ とのことだが、都市ガスとの差でみても燃費が悪いとは思えないが。</p>
Daigas エナジー	<p>5%分ぐらいが熱量の低さに起因している。その他はアイドルリングやストップアンドゴーを繰り返していることが影響していると思われる。想定燃費 3.5km/Nm³ も自動車メーカーの想定値で、実際の走行条件も違うことがあると思う。</p>
藤原教授	<p>冬と夏の気温差が激しいが、冬の方がたくさん充填出来て夏がしにくいとのことだがその差は出るか。</p>
いすゞ	<p>メーターの動きとして夏と冬で違いが出ると思う。持っているエネルギーは変わらない。</p>
Daigas エナジー	<p>充填した時のタンクの温度が一番影響が大きい。仮に 40 度、タンクの方が高いとすると、絶対零度から冬は 0 度として 273 度、それが 313 度になるくらいの影響が出るので無視も出来ない。</p>
環境省	<p>現在の原料の割合を知りたい。今後の割合はどうか。将来的なところと異物量についてはどうか。</p>
真庭リ協	<p>生ごみとし尿は 1:1 で投入している。異物の割合は生ごみの中では 0.1%。異物は除去して投入している。実証では異物量も少なく問題にはなっていないが今後市全域の回収をすることになると異物についても課題になってくる可能性はある。</p>
藤原教授	<p>バイオガスタンクからのガスがコージェネにも配分されているが、発電とプラント利用の割合はどのくらいか。</p>
大阪ガスリキッド	<p>ハイブリッド精製装置は 1 時間あたり 5m³ くらい精製する。150 発生していたら 50m³ はプラント、100m³ くらいは発電。</p>
いすゞ	<p>いすゞのイベントとして、来年度「人とくるまのテクノロジー展」でこの実証を紹介したいが差支えがあるか。</p>
環境省	<p>許可対応するので次第を送付してほしい。</p>

3.2 データ測定ポイント





3.3 用語解説

● 高圧ガス²²

そのときの状況により圧縮ガスと液化ガスに分けられ、それぞれ次のようなものをいう。
〈状態呼称〉

高圧ガスは、そのときの状態で圧縮ガスか液化ガスかに区分されるため、同一種類のガスでも、いずれに該当するかはそのときの状態によって定まる（例：圧縮酸素、液化酸素）。

このことから、高圧ガスは、2、3(3)に該当するものを除き、物質の呼び名ではなく、状態の呼び名であるといえる。

なお、高圧ガスの各種ガスの呼称については、原則として、例えばアンモニアガスであれば、気状のものを意味する場合はアンモニアガス、液状のものを意味する場合は液化アンモニア、双方を意味する場合はアンモニアと表現することとしている。

ただし、炭酸ガス、天然ガス又は亜硫酸ガス等については、誤解を避ける意味で、液状のものを意味する場合のみ、例えば液化炭酸ガスと表現し、気状のもの及び液状のもの双方を意味する場合は、炭酸ガスという表現をとることとしている。

また、液化石油ガスについては、気状のもの及び液状のもの双方を意味するものとしている。

1. アセチレンガス以外の圧縮ガス

次のいずれかに該当するガス

- (1) 常用の温度において圧力（ゲージ圧力をいう。）が 1MPa 以上となる圧縮ガスであって現にその圧力が 1MPa 以上であるもの
- (2) 温度 35℃において圧力が 1MPa 以上となる圧縮ガス

2. アセチレンガス

次のいずれかに該当するガス

- (1) 常用の温度において圧力が 0.2MPa 以上となる圧縮アセチレンガスであって現にその圧力が 0.2MPa 以上であるもの
- (2) 温度 15℃において圧力が 0.2MPa 以上となる圧縮アセチレンガス

3. 液化ガス

次のいずれかに該当するガス

- (1) 常用の温度において圧力が 0.2MPa 以上となる液化ガスであって現にその圧力が 0.2MPa 以上であるもの
- (2) 圧力が 0.2MPa となる場合の温度が 35℃以下である液化ガス
- (3) (1) (2) 以外の液化ガスであって、温度 35℃において圧力が 0Pa を超える液化ガスのうち、液化シアン化水素、液化ブロムメチル及び液化酸化エチレン

²² https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/hipregas/kisei/seizou.html

〈容器中の液化ガス〉

容器に充てんされた液化ガスが高圧ガスかどうかを判断する場合の常用の温度の上限は、40℃（貯蔵時における許容上限値）とされている。

また、気相部にある場合のガスは圧縮ガスとせず、例外的に液化ガスとみなされる。

● 高圧ガスの製造

新しい物質を造り出すことではなく、一般的に高圧ガスの状態を人為的に生成することを高圧ガスの製造という。

この場合の例として典型的なものをあげると次のようなものがある。

気体の圧力を変化させる場合

1. 高圧ガスでないガスを高圧ガスにすること
2. 高圧ガスを更に圧力を上昇させること
3. 高圧ガスを圧力の低い高圧ガスにすること

状態を変化させる場合

4. 気体を高圧ガスである液化ガスにすること
5. 液化ガス（高圧ガスでないものを含む。）を気化させ高圧ガスにすること

以上は「高圧ガスの製造」の基本的な操作であるが、実際の操作には次のようなものがあるろう。

1.及び2.のケース

- イ. 圧縮機による圧縮
- ロ. ポンプによる液化ガスの圧送
- ハ. 温度上昇による昇圧
- ニ. 化学変化による昇圧

3.のケース

減圧弁による減圧

4.のケース

凝縮器又は熱交換器による液化

5.のケース

気化器による気化

なお、高圧ガスの製造には、高圧ガスを容器に充てんすることを含むこととされている（法第5条第1項第1号）。

したがって、充てん容器に空の容器を接続して（圧縮機またはポンプを使用しないで）空の容器にガスを移充てんすることは製造となる。

また、製造する者に対する規制は、その規模、態様に応じて規制されており、次の三者に分けられる。

- ・ 第一種製造者

- ・第二種製造者
- ・その製造者（法第13条により規制され、1日の製造量が100m³（不活性ガス又は空気にあつては300m³）未満であつて、かつ、反復継続しないで製造する者、所定の要件に適合する緩衝装置その他により製造する者及びフルオロカーボン（不活性のものを除く。）又はアンモニアを冷媒とする冷凍機であつて冷凍能力が3トン以上5トン未満の設備又はフルオロカーボン（不活性のものに限る。）を冷媒とする冷凍機であつて冷凍能力が5トン以上20トン未満の設備を使用して冷凍のための高圧ガスの製造をする者等が該当する。）

● 製造設備

高圧ガスの製造（製造に係る貯蔵及び導管による輸送を含む。）のために用いられる設備をいい、次のようなものが該当する。

〈一般則、液石則及びコンビ則〉

ガス設備（ポンプ、圧縮機、塔槽類、熱交換器、配管、継手、附属弁類及びこれらの付属品等）、加熱炉、計測器、電力その他の動力設備、ディスペンサー、転倒台等

〈冷凍則〉

冷凍設備及びこれに附属する安全装置、計測器、電力設備等

製造設備は使用上の態様により、法令上次のように分類される。

- ・移動式製造設備・・・地盤面に対して移動することができる製造設備
- ・定置式製造設備・・・移動式製造設備以外の製造設備

● 第一種製造者

次のいずれかに該当するものであつて、都道府県知事の許可を受けたものをいう。

1. 圧縮、液化その他の方法により1日に処理することのできるガスの容積（0℃、0Pa（ゲージ圧力）の状態に換算した容積をいう。）が100m³（不活性ガス及び空気にあつては300m³）以上である設備を使用して高圧ガスの製造をしようとする者（冷凍（冷凍設備を使用してする暖房を含む。以下2.において同じ。）のため高圧ガスの製造をしようとする者を除く。）
2. 1日の処理能力が20トン（フルオロカーボン又はアンモニアを冷媒ガスとする場合は50トン）以上の設備を使用して冷凍のためガスを圧縮し、又は液化して高圧ガスの製造をしようとする者

この場合、1.の設備の処理容積の算定は、設備の公称能力、設計能力等名目的な能力によるものではなく、原料事情、企業操業状況その他設備の外的条件による制約とは無関係に設備自体の実際に稼働しうる1日（24時間）の能力をいう。（実際の設備の稼働時間に関係なく24時間稼働させた場合の能力をいう。）

また、2.の「冷凍」とは、冷蔵、製氷その他の凍結、冷却、冷房又はこれらの設備を使用してする暖房加熱を意味するが、冷凍以外の高圧ガスの製造（1.の場合）に用いられる冷凍（高圧ガス貯槽の冷却等）は含まれない。

なお、第一種製造者の許可は事業所ごとであるが、法人の場合、法人全体が第一種製造者となる。

第一種製造者は、完成検査及び保安検査の受検、危害予防規程の届出、従業者に対する保安教育の実施、保安統括者等の選任、定期自主検査の実施等種々の義務付けがある。

なお、「第一種製造者」という用語は法第9条で定義されている。

● 第二種製造者

高圧ガスの製造をする者であって、第一種製造者以外の者のうち、次のいずれかに該当するものをいう。

1. 高圧ガスの製造を行う者（冷凍（冷凍設備を使用してする暖房を含む。以下2.において同じ。）のため高圧ガスの製造をする者を除く。）（3.の認定指定設備を併せて使用する場合を含む。）
2. 1日の処理能力が3トン（フルオロカーボン（不活性のものを除く。）又はアンモニアを冷媒とする場合は5トン、フルオロカーボン（不活性のものに限る。）を冷媒とする場合は20トン）以上の設備を使用して冷凍のためガスを圧縮し、又は液化して高圧ガスの製造をするもの（3.の認定指定設備を併せて使用する場合を含む。）
3. 認定指定設備を使用して製造を行う者

この場合（1）の「製造の事業を行う者」とは、製造を継続、かつ反復しておこなう者であって、例えば、いわゆる「流込み充てん」により充てん容器から空容器に詰替えを業とする者、1日の処理容積が100m³（不活性ガス及び空気にあつては300m³）未満の設備を使用する製造業者等が第二種製造業者に該当する。

なお、「第二種製造者」という用語は法第10条の2で定義されている。

また、製造を1回限り（反復継続して行わないもの）、かつ、1日の処理容積を100m³（不活性ガス及び空気にあつては300m³）未満の設備である場合は、「その他の者の製造」として法第13条の規制を受ける。

リサイクル適性の表示：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〕のみを用いて作製しています。