

令和3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4年3月

真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合

目次

要約	1
Abstract	6
1 業務概要	12
1.1 業務目的	12
1.1.1 事業の背景	12
1.1.2 事業の目的	12
1.2 事業の全体像	13
1.2.1 既存プラントの概要	13
1.2.2 実施事業の概要	16
1.2.3 実証技術について	17
1.3 事業実施主体、実施体制、役割分担	23
1.3.1 事業実施主体	23
1.3.2 実施体制	23
1.3.3 役割分担	25
1.4 事業スケジュール	26
2 委託業務実施状況	28
2.1 事業内容及び施設規模等の検討	28
2.1.1 事業内容及び施設規模等の検討	28
2.1.2 CO ₂ 分離膜により分離したCO ₂ の利用	28
2.2 バイオガスの精製・貯蔵・充填に関する実証施設の設計及び設置工事	29
2.2.1 全体配置図及び配管・計装図	29
2.2.2 既存プラントのバイオガス組成	31
2.2.3 車両用製品ガスの要求品質	32
2.2.4 精製設備の検討	44
2.2.5 吸着貯蔵設備の規模検討	46
2.2.6 充填設備	47
2.2.7 設置工事の進捗状況	49
2.2.8 関係法令等への対応状況	54
2.3 天然ガス自動車の仕様検討	56
2.4 検討会の開催	56
2.4.1 第一回検討会	56
2.4.2 第二回検討会	58
2.5 「審査等委員会」への出席	59
2.6 令和3年度廃棄物処理システムにおける脱炭素・省CO ₂ 対策普及促進方策検討委託 業務ヒアリング等への協力	60
2.6.1 検討会への参加	60
2.6.2 実証事業のCO ₂ 排出の確認	60
2.7 業務委託先との打合せ	60
2.8 技術開発・実証の目標設定	61

2.9 二酸化炭素排出量削減効果.....	63
2.9.1 従来处理方法	63
2.9.2 現状処理方法	66
2.9.3 提案システム	67
2.9.4 削減効果のまとめ	69
2.10 事業終了後の横展開の可能性.....	70
2.10.1 技術の事業化の見込み	70
2.10.2 普及の見込み	70
2.10.3 一般廃棄物処理施設への水平展開の可能性	70
2.10.4 国内外の事例・動向.....	71
3 参考資料	76
3.1 検討会での意見交換要旨	76
3.1.1 第一回検討会次第及び要旨.....	76
3.1.2 第二回検討会次第及び要旨.....	78
3.2 用語解説.....	82
3.3 ガス事業法の準用事業者に係る手続きについて.....	86
3.4 見積仕様書	87

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、メタン発酵によりバイオガスを精製し都市ガス同等のガス（以下、「精製バイオメタン」という。）を作る実証を行う。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。実証施設で精製した精製バイオメタン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発電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（図1）。ハイブリッド精製は、精製技術のうち、圧力スイング吸着法（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の向上ができる利点がある。また、高圧水吸収法のように大量の水を必要としない点で、下水処理場のように処理水が発生しない一般廃棄物（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。

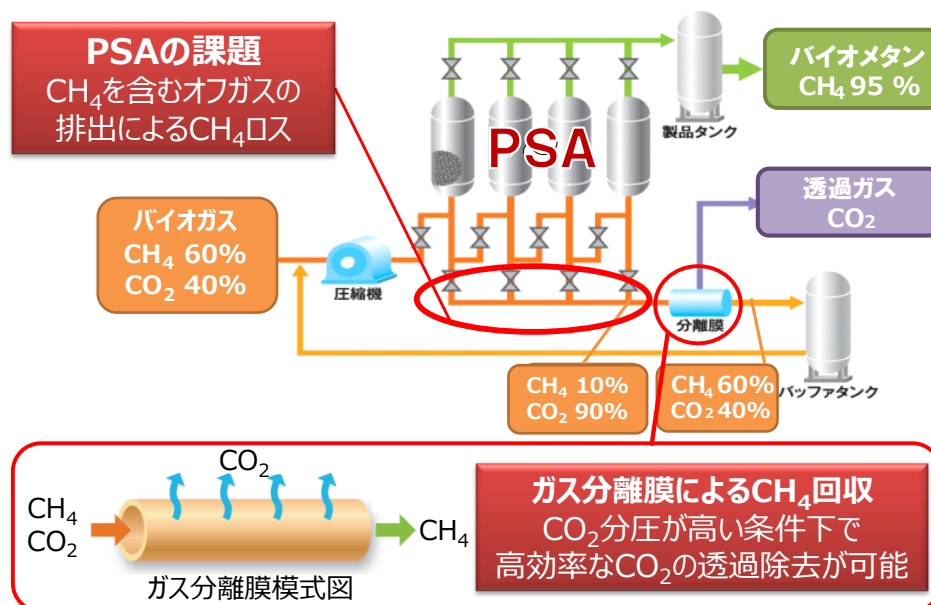


図1 ハイブリッド精製のイメージ図¹

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プロパンガスを数% (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。

¹ 大阪ガス(株)提供資料

(3) 国内及び海外の動向

日本国内では、精製バイオメタンを車両燃料として利用しているケースはまだ少ない。神戸市が下水処理場由来のバイオガスを精製し、車両燃料として利用しているほか、都市ガスへの供給利用を行っている。また、北海道の鹿追町ではバイオガスを水素化して燃料電池車に利用する実証を行っている。

日本国内では事例の少ない精製バイオメタンの車両利用であるが、海外ではすでに実用技術として導入が進んでいる。精製の手法としては PSA、膜分離法、高圧水吸収法、極低温分離等がある。利用についても液化天然ガス（LNG）代替として液化した精製バイオメタンを利用する方法と、CNG 代替として圧縮ガスの状態で利用する方法がある。また都市ガス管への供給も一般的に行われている。ヨーロッパでは 2017 年末までに 17,783 の発電用バイオガスプラントが稼働しており、ガス供給用バイオメタンプラントの数は 2011 年の 187 プラントから 2017 年の合計 540 プラントと近年急速に増加している²。特に、デンマーク、スウェーデン、ドイツ、イタリア、フランス等では発電用バイオガスプラント、ガス供給用バイオメタンプラント共に施設数が増加している。ヨーロッパ天然ガス自動車協会（NGVA ヨーロッパ）によると、ヨーロッパ全体で天然ガス自動車（NGV）は現在推計 1,300 万台程度あり、2030 年までにガス駆動のバスやトラック、乗用車などで使用されるガス燃料の 40%がバイオメタンにより供給できるとしている³。

ヨーロッパでの CNG、LNG ステーションの数も急速に増加しており、2020 年の NGVA ヨーロッパの統計によると CNG ステーションの数は 4,000 以上、LNG ステーションの数は 400 以上に達している。そのうちの 25%以上のステーションでは、すでに精製バイオメタンを燃料として供給している。天然ガスはガソリンと比較して CO₂ 排出が少なく、天然ガス自動車と供給インフラは、精製バイオメタンを車両用天然ガスの規格に合わせて製造することができれば完全に互換性がある。国による政策の差はあるものの、導入が進んでいる国ではまず天然ガスの供給インフラや天然ガス自動車を増加させ、並行して精製バイオメタン供給用のプラントを増やすことで天然ガスから精製バイオメタンへの切り替えを進め、中長期での CO₂ 排出削減を計画的に進めている。欧州自動車工業会（ACEA）によると、2020 年に欧州連合で販売された新しいバスの 11.4%は代替燃料車であり、そのほぼすべてが天然ガスを動力源としている⁴。

またアメリカでも NGV が 17 万 5 千台以上普及しており、市バス、ごみ収集車についてはバイオガス利用が進んでいる。2018 年度時点でのバイオガス利用率は 30%程度に達している。

² 海外情報 2020 年 2 月号（一般社団法人 日本産業機械工業会）及び EBA Statistical Report 2018

³ <https://www.ngva.eu/medias/ngva-europe-has-published-2020-gas-vehicle-statistics-and-europe-has-reached-a-new-gas-refuelling-infrastructure-milestone/>

⁴ <https://www.acea.auto/fuel-cv/fuel-types-of-new-buses-electric-6-1-hybrids-9-5-diesel-72-9-market-share-in-2020/>

(4) 今年度の実施事項

今年度の実施事項としては、設備の設計等を行い、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及び基礎工事を完了した。1期工事では、基礎工事のほか、精製設備用の建屋の設置、電気の引き込み工事、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ている。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・利用する精製バイオメタン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、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。

業務の円滑な実施のため、検討会を設置し、11月と2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

2022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う。8月頃までにすべての機器の設置完了を予定しており、試運転調整を経て2022年秋から精製バイオメタンを燃料としたCNG車による生ごみ収集実証開始を計画している。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。

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。

(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場がその 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、し尿処理場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場を縮小・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。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 advantages of an improved recovery rate of methane gas. In addition, because—unlike water scrubbing—this approach does not require a large volume of water, it can also be applied to general waste (kitchen waste, human waste, etc.) and livestock methane fermentation systems where there is no 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 propane 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) Trends in Japan and overseas

In Japan, there are still few cases of upgraded biomethane being used as a vehicle fuel. In Kobe, biogas from a sewage treatment plant is upgraded and then used as a vehicle fuel, and such gas is also supplied and used as city gas. Furthermore, in Shikaoi, Hokkaido, there is a project underway to demonstrate hydrogen production from biogas reforming and the use of hydrogen for fuel cell vehicles.

Although there are few examples of upgraded biomethane being used for vehicles in Japan, such biomethane is already being increasingly introduced overseas as a practical technology. Standard upgrading methods include PSA, membrane separation, water scrubbing, and cryogenic separation. In terms of use, upgraded biomethane is liquefied for use as an alternative to liquefied natural gas (LNG), and it is also used in its compressed gas state as an alternative to CNG. Moreover, upgraded biomethane is commonly supplied to city gas pipes. In Europe, the number of related plants has been rapidly increasing in recent years, including an increase in power generating biogas plants to 17,783 operating plants by the end of 2017 as well as an increase in gas supplying biomethane plants from 187 plants in 2011 to 540 plants in 2017.⁵ In particular, the number of both power generating biogas plants and gas supplying biomethane plants has been increasing in Denmark, Sweden, Germany, Italy, France, etc. According to the Natural & bio Gas Vehicle Association (NGVA Europe), there are an estimated 13 million natural gas vehicles (NGVs) in Europe, and, by 2030, it will be possible to use biomethane to supply approximately 40% of the gas fuel used by gas-driven buses, trucks, passenger cars, and other vehicles.⁶

In Europe, the number of CNG and LNG stations is rapidly increasing as well, and, according to NGVA Europe's 2020 statistics, there are now over 4,000 CNG stations and over 400 LNG stations. Of these, over 25% already supply upgraded biomethane as fuel. Compared to gasoline, natural gas boasts lower CO₂ emissions. In addition, if upgraded biomethane is produced in line with the standards for vehicle natural gas, it will be fully compatible with natural gas vehicles and the existing supply infrastructure. Although

⁵ *Kaigai Joho* (literally: Overseas Information), February 2020 issue (the Japan Society of Industrial Machinery Manufacturers) and *EBA Statistical Report 2018*

⁶ <https://www.ngva.eu/medias/ngva-europe-has-published-2020-gas-vehicle-statistics-and-europe-has-reached-a-new-gas-refuelling-infrastructure-milestone/>

there are country-specific policy differences, countries that have made progress in terms of introduction start by increasing their natural gas supply infrastructure and natural gas vehicles. At the same time, they increase the number of plants that can supply upgraded biomethane to encourage people to switch to it from natural gas in order to achieve systematic reductions in CO₂ emissions in the medium to long term. According to the European Automobile Manufacturers' Association (ACEA), approximately 11.4% of the new buses sold in the European Union in 2020 were alternative fuel vehicles, and almost all of them use natural gas as a power source.⁷

There are also more than 175,000 NGVs in use in the USA, and more and more city buses and garbage trucks are using biogas. As of fiscal 2018, the biogas utilization rate was approximately 30%.

(4) Actions taken this fiscal year

In terms of actions taken this 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. In addition to the foundation work, the phase 1 construction also included the installation of a building for upgrading equipment, work necessary to run electricity, the installation of a distribution board/integrated control panel, the installation of one compressor, work necessary to connect gas pipes to existing plant equipment, etc. 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. Given the above, we also considered how to control the supply of biogas from the existing plant in order to upgrade the amount of gas necessary for the vehicle to run. Based on our results, because the amount of gas necessary for upgrading is approximately 1/3rd of the biogas from the existing plant, we decided on a method that makes it possible to switch between power generation and gas upgrading.

To comply with regulations, we have confirmed the relevant laws and are applying what we learned to our design, etc. Of the relevant laws, we compiled information pertaining to the Gas Business Act and High Pressure Gas Safety Act, confirmed the information with the competent authorities, and then decided on the design specifications for the gas filling equipment and other high-pressure gas equipment based on the results. In cases where methane fermentation is used to supply biogas via pipes as well as cases of direct use by companies, the Gas Business Act is assumed to apply

⁷ <https://www.acea.auto/fuel-cv/fuel-types-of-new-buses-electric-6-1-hybrids-9-5-diesel-72-9-market-share-in-2020/>

(mutatis mutandis) as opposed to the High Pressure Gas Safety Act. As a possible way to reduce the costs of the demonstration equipment, we considered the installation of small filling equipment approved for use with gas facilities under the Gas Business Act, but—based on confirmation with the competent authorities—it became clear that the Gas Business Act cannot be applied mutatis mutandis to filling use after biogas upgrading. Therefore, we confirmed that, in terms of the filling equipment for this demonstration project, the design and installation of the equipment must comply with the High Pressure Gas Safety Act and related technical standards, and we applied these requirements to the design specifications.

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 liquefied petroleum gas (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.

We also established an investigative commission in order to more smoothly run the business, and, in November 2021 and February 2022, we discussed the details of the demonstration project, its future course, and other topics.

(5) Plan starting in the next fiscal year

The phase 2 construction in fiscal 2022 will include work related to installing the upgrading equipment, adsorption storage equipment, and filling equipment. The plan is to finish installing all the equipment by around August. Next, in autumn of 2022—after equipment commissioning and adjustments—we plan to start demonstrating the collection of kitchen waste with a CNG vehicle that uses upgraded biomethane as fuel. For this demonstration project, we plan to change one of two actual garbage trucks to a CNG truck for demonstration purposes, and this truck will be driven a total of 80 times or more.

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.

(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. 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.

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く、売電を前提としない発電利用が難しいことが明らかになった。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の用途として、天然ガス自動車（天然ガス自動車の分類については図 2-3 天然ガス自動車の分類を参照、本実証で利用する天然ガス自動車はCNG車のため、以降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、売電に制約のある施設や、卒 FIT を迎えるメタン発酵施設で活用可能な、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。

1.2 事業の全体像

1.2.1 既存プラントの概要

本事業は、真庭市内にある既存プラントの隣地にバイオガス精製・貯蔵施設を設置し実施する計画である。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、真庭広域廃棄物リサイクル事業協同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

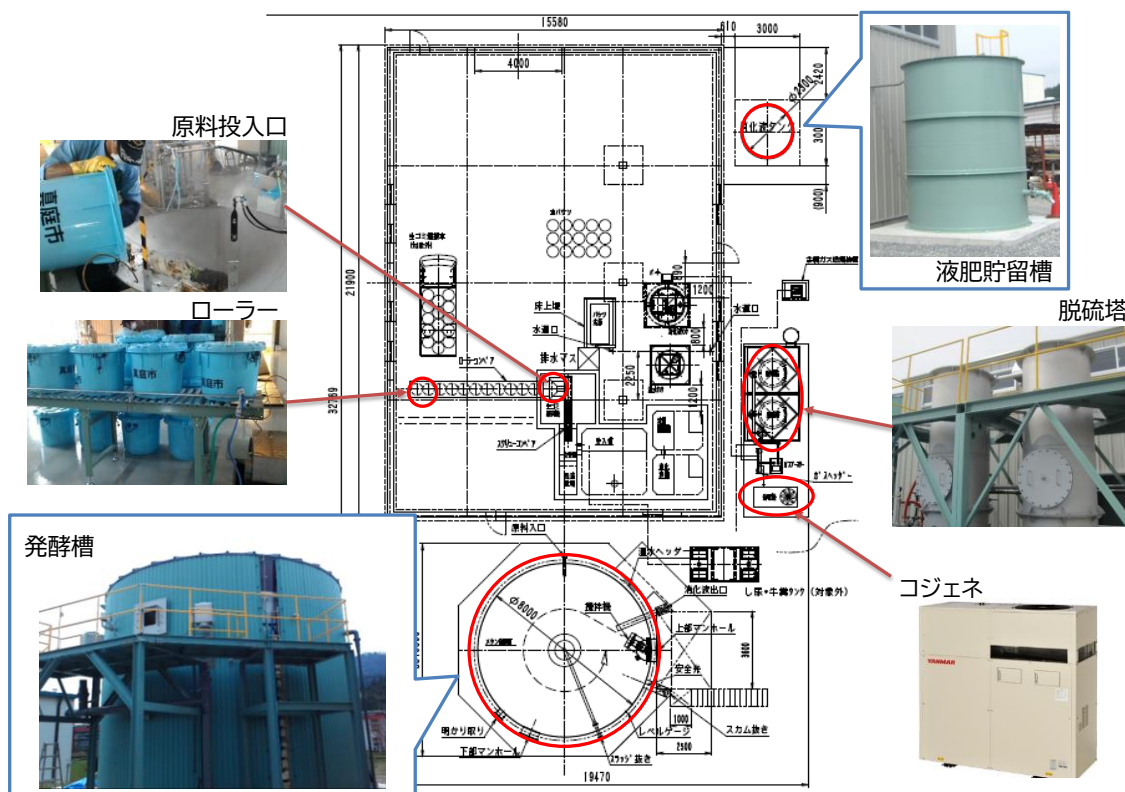


図 1-2 既存プラントの概要図

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市内の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

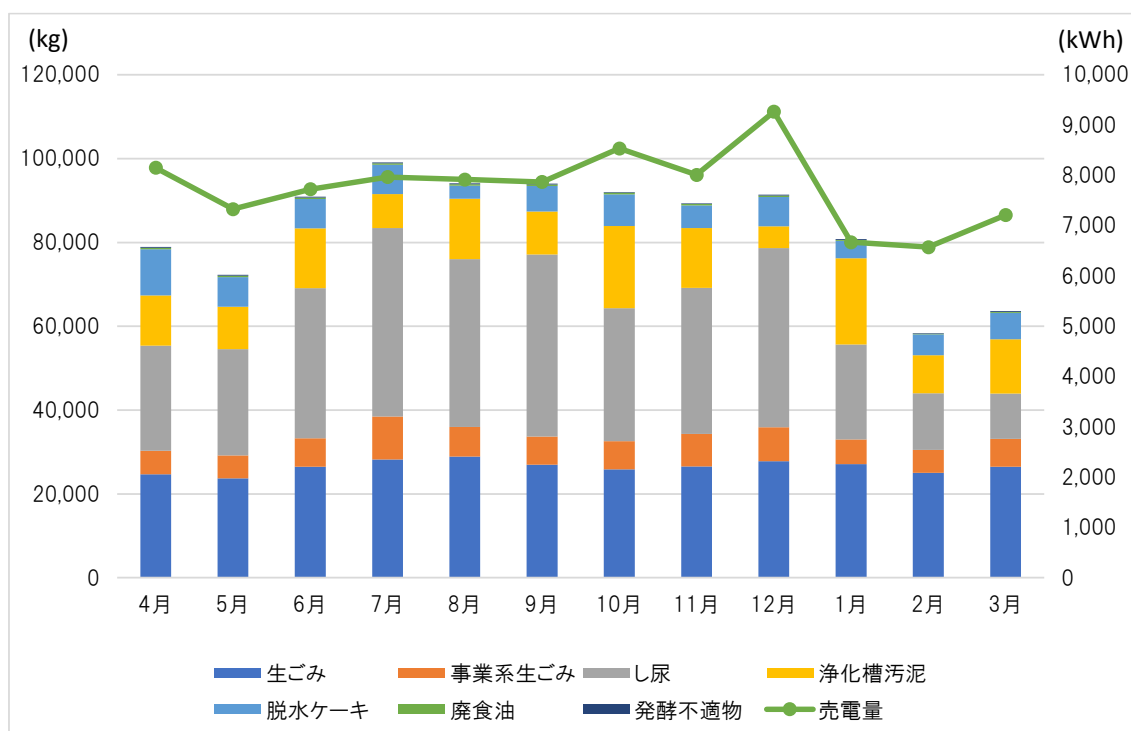


図 1-3 既存プラントの原料受け入れ量・売電量（2020年度実績値）



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 車を利用する計画である。実証範囲の概要図を図 1-6 に示す。

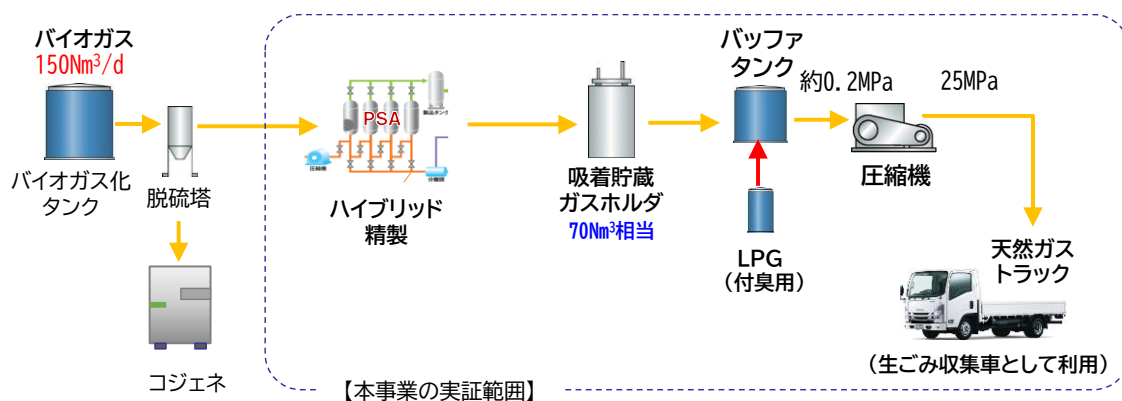


図 1-6 実証範囲（概要図）

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の向上ができる利点がある。また、高圧水吸収法のように大量の水を必要としない点で一般廃棄物（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場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 CO₂ 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 CH₄ 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。

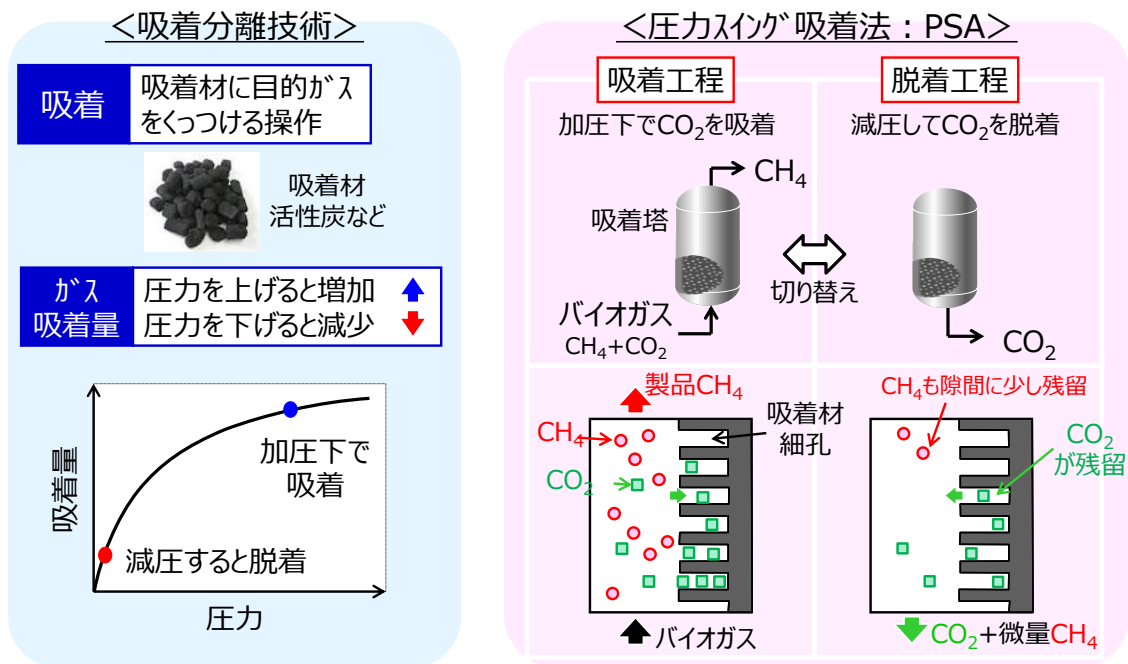


図 1-7 PSA（圧カスイング吸着法）の概要図⁸

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 CO₂ 分離膜に通し、CH₄ 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。CO₂ 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 CO₂ の分圧に依存する。PSA のオフガスは高い CO₂ 濃度、すなわち高い CO₂ 分圧を持つため、通常のバイオガスを CO₂ 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。

⁸ 大阪ガス(株)提供資料

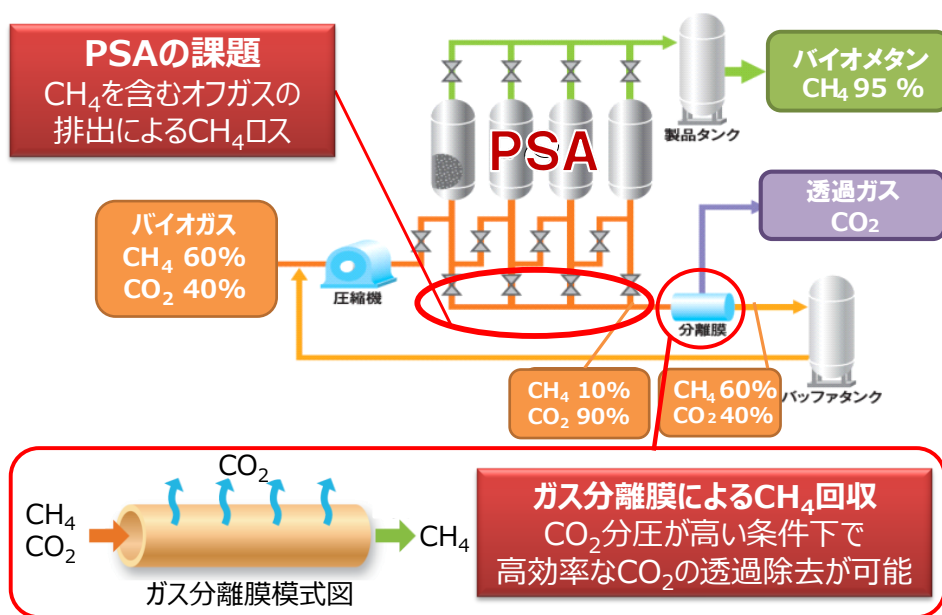


図 1-8 ハイブリッド精製 (イメージ図) ⁹

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の変化が挙げられるが、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。

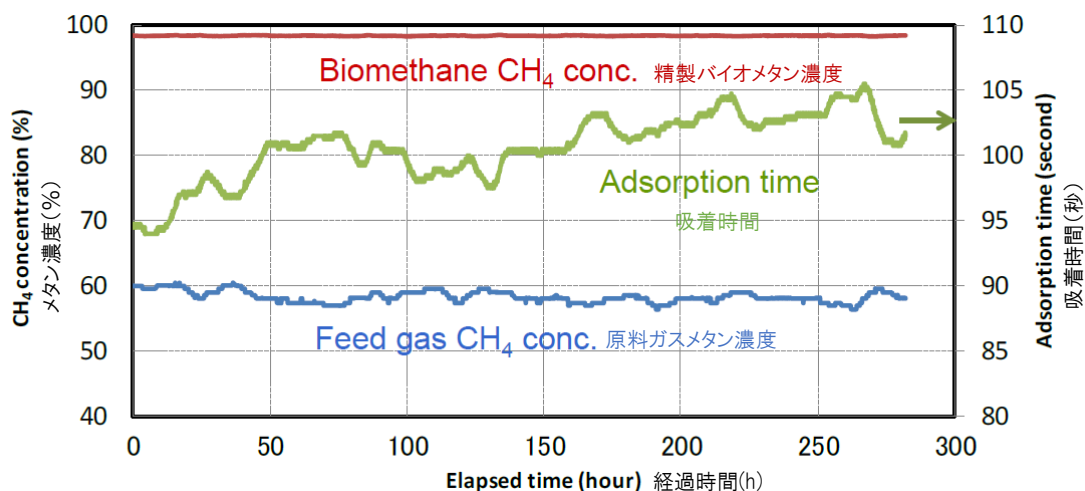


図 1-9 過去の実証結果¹⁰

⁹ 大阪ガス(株)提供資料

¹⁰ 大阪ガス(株)提供資料

(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）は常温でも高圧（約 8 気圧）にすることで液化し体積が気体の約 1/250 となるため高圧ポンペ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を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。

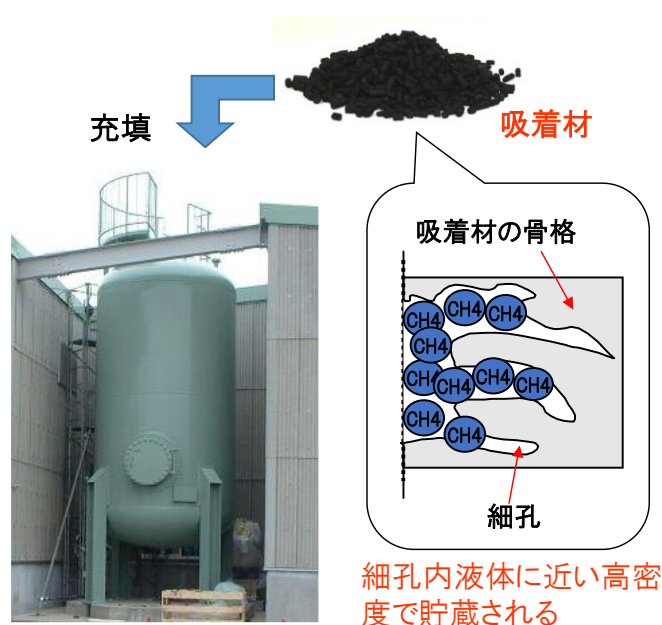


図 1-10 吸着貯蔵のイメージ¹¹

¹¹ Daigas ガスアンドパワーソリューション(株)提供資料

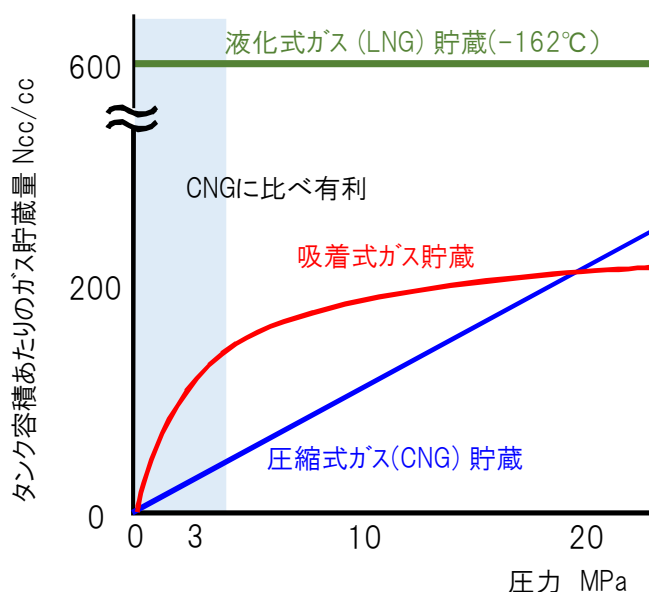


図 1-11 メタンガスの手法別貯蔵量（圧縮・液化・吸着）¹²

(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、及び付臭のために LP ガスを数%（1～5%）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¹³

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

¹² Daigas ガスアンドパワーソリューション(株)提供資料

¹³ いすゞ自動車(株)HP より（実際の車両は収集運搬用に改造を行う）

要性がある。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、最も「使いやすい」のは車両へのガス利用である。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場（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に利用予定であり、実証施設で製造した実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実施する。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。

1.3 事業実施主体、実施体制、役割分担

1.3.1 事業実施主体

本事業の実施主体は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。

1.3.2 実施体制

本事業の実施体制を図 1-13 に示す。真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合は、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斯拉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。

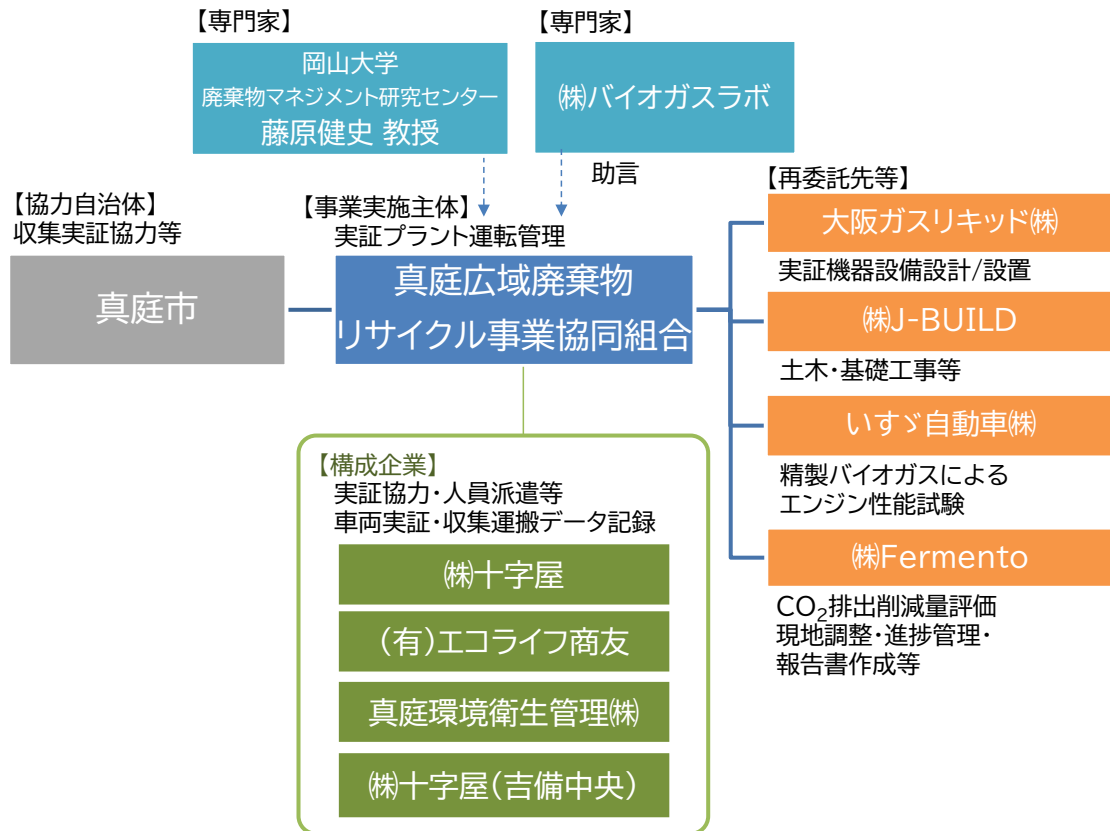


図 1-13 実施体制

1.3.3 役割分担

本事業における役割分担は表 1-4 の通りである。

表 1-4 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	CO ₂ 排出削減量評価への助言
株式会社バイオガスラボ	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

1.4 事業スケジュール

本年度の実施業務については2 委託業務実施状況 (p.28～) に記載した。次年度以降の実証スケジュール (図 1-14) としては、2022 年の 8 月頃までの施設設置を予定している。その後、試運転を経て、2022 年の秋頃からのバイオガス精製、車両走行実証を行う計画である。車両実証は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、1 年以上 (走行実証回数 80 回以上) の実証を行う (実証①)。精製バイオメタンを燃料としたエンジン性能試験については 2023 年度に実施予定である。また、今回の実証では、精製バイオメタンを都市ガス 13A の規格に合わせるためと、付臭を兼ねて LP ガスを添加するが、この LP ガスの添加量を調整 (削減) し、メタンの精製度 (CH₄ 濃度) も調整することで、より CO₂ 排出の少ない精製バイオメタンを製造する実証も行う計画である (実証②)。

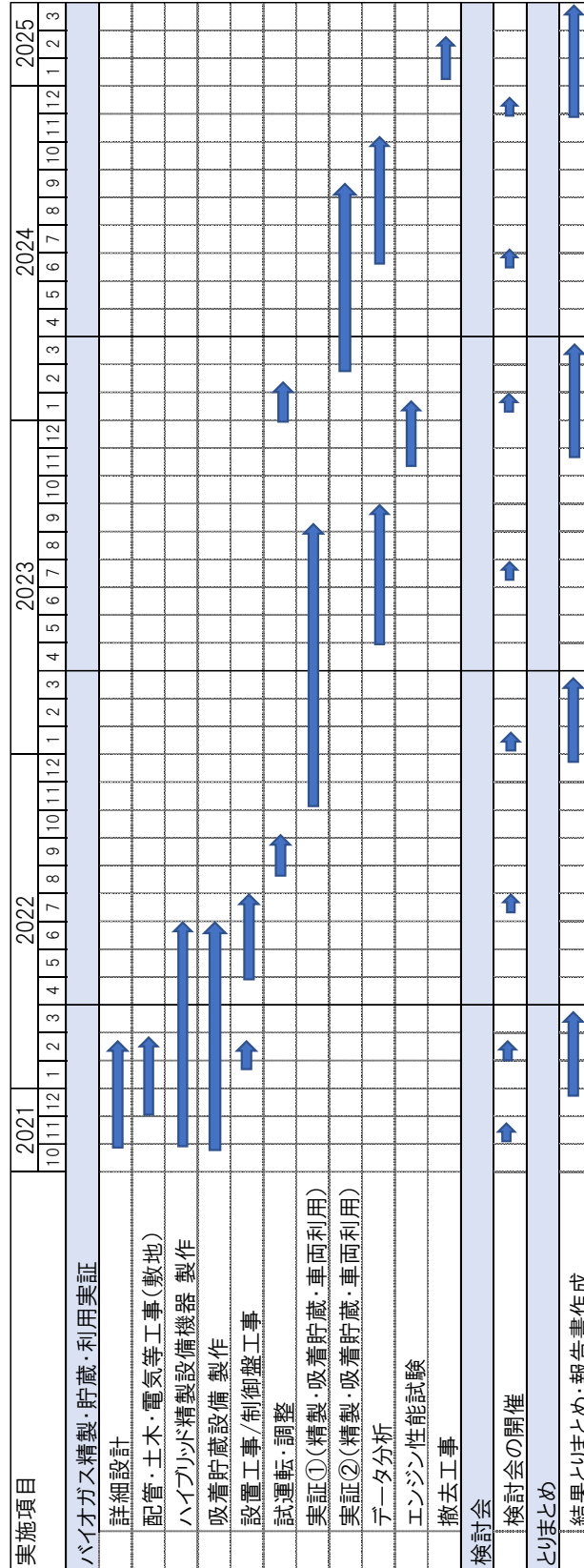


図 1-14 実証スケジュール

2 委託業務実施状況

2.1 事業内容及び施設規模等の検討

2.1.1 事業内容及び施設規模等の検討

本事業の事業内容については、1.2.2 実施事業の概要、1.2.3 実証技術について（p.16～）に記載の通りである。施設規模等の検討状況及び検討結果については、2.2 バイオガスの精製・貯蔵・充填に関する実証施設の設計及び設置工事（p.29～）に記載をしている。

2.1.2 CO₂分離膜により分離したCO₂の利用

本事業ではバイオガス中のCO₂を分離することになるが、分離したCO₂はオフガスとして大気放出される。バイオマス由来のCO₂であるため、カーボンニュートラルとみなされるが、大気放出せずに有効活用する方法についても検討を行った。CO₂は植物の生育に必要でありその濃度が上昇すると光合成速度が増加し、植物の生育が進むと言われている。農業用の利用も実用化されており、農業用ハウス向けに炭酸ガス発生機（光合成促進機）等が販売されている。仕様は各社製品により異なるが、LPガスや灯油、重油など燃料を燃焼させCO₂を供給するものが主流となっている。本実証施設の同一敷地内には農業用のイチゴハウスもあるため、オフガスの農業利用について検討を行った。

検討の結果、ハウス内への供給配管が必要であること、ハウス内作物の成長に伴い必要となるCO₂量に応じ供給CO₂量のコントロールが必要であり、対象作物の栽培管理に専門知識が必要であること等から、今回の設備設置や実利用については難しいことが明らかになった。オフガスの成分等については次年度以降で確認を行い、今後の農業利用等に向け参考となるようなデータの蓄積を行う。

2.2 バイオガスの精製・貯蔵・充填に関する実証施設の設計及び設置工事

2.2.1 全体配置図及び配管・計装図

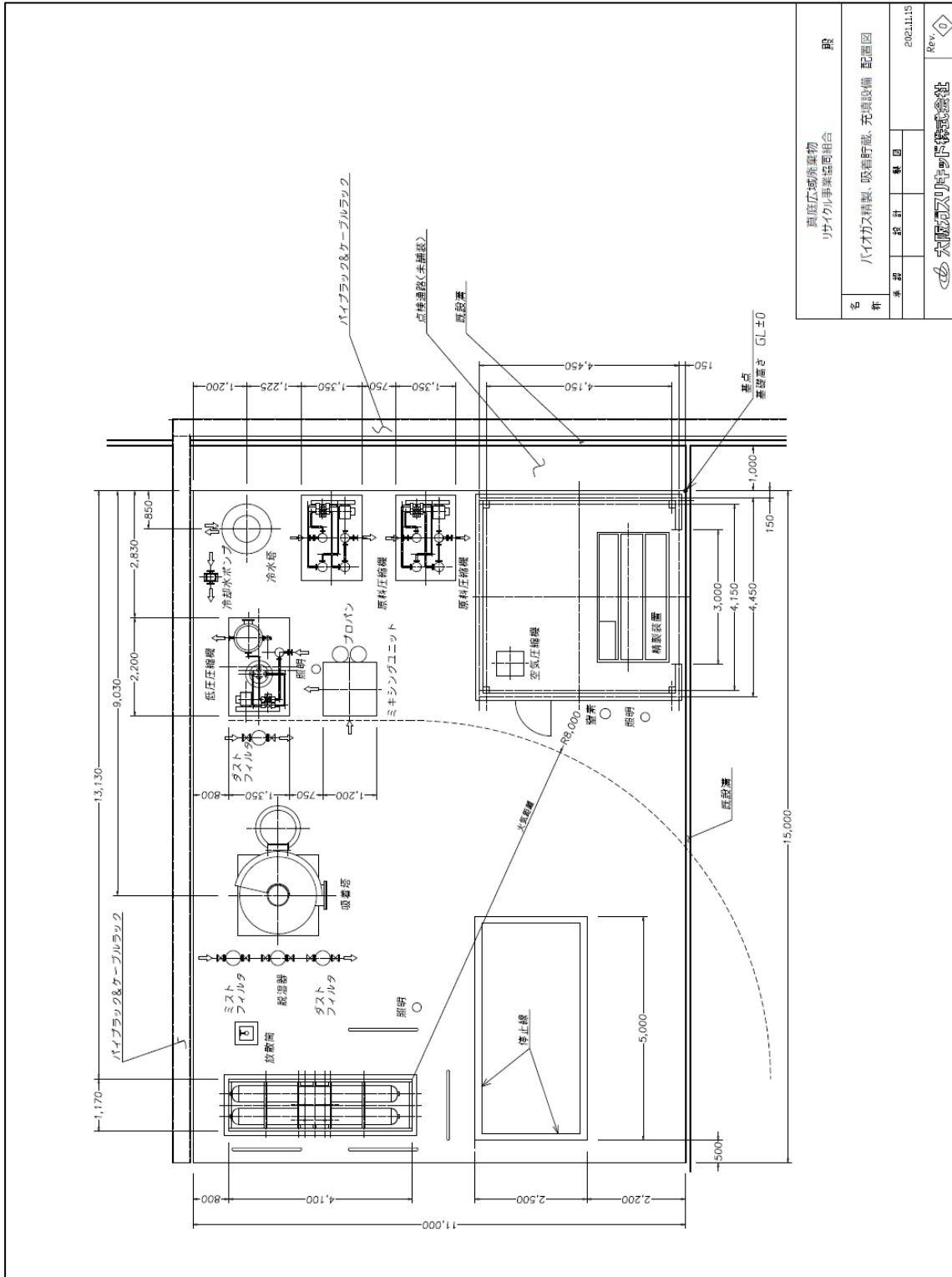


図 2-1 全体配置図

2.2 バイオガスの精製・貯蔵・充填に関する実証施設の設計及び設置工事

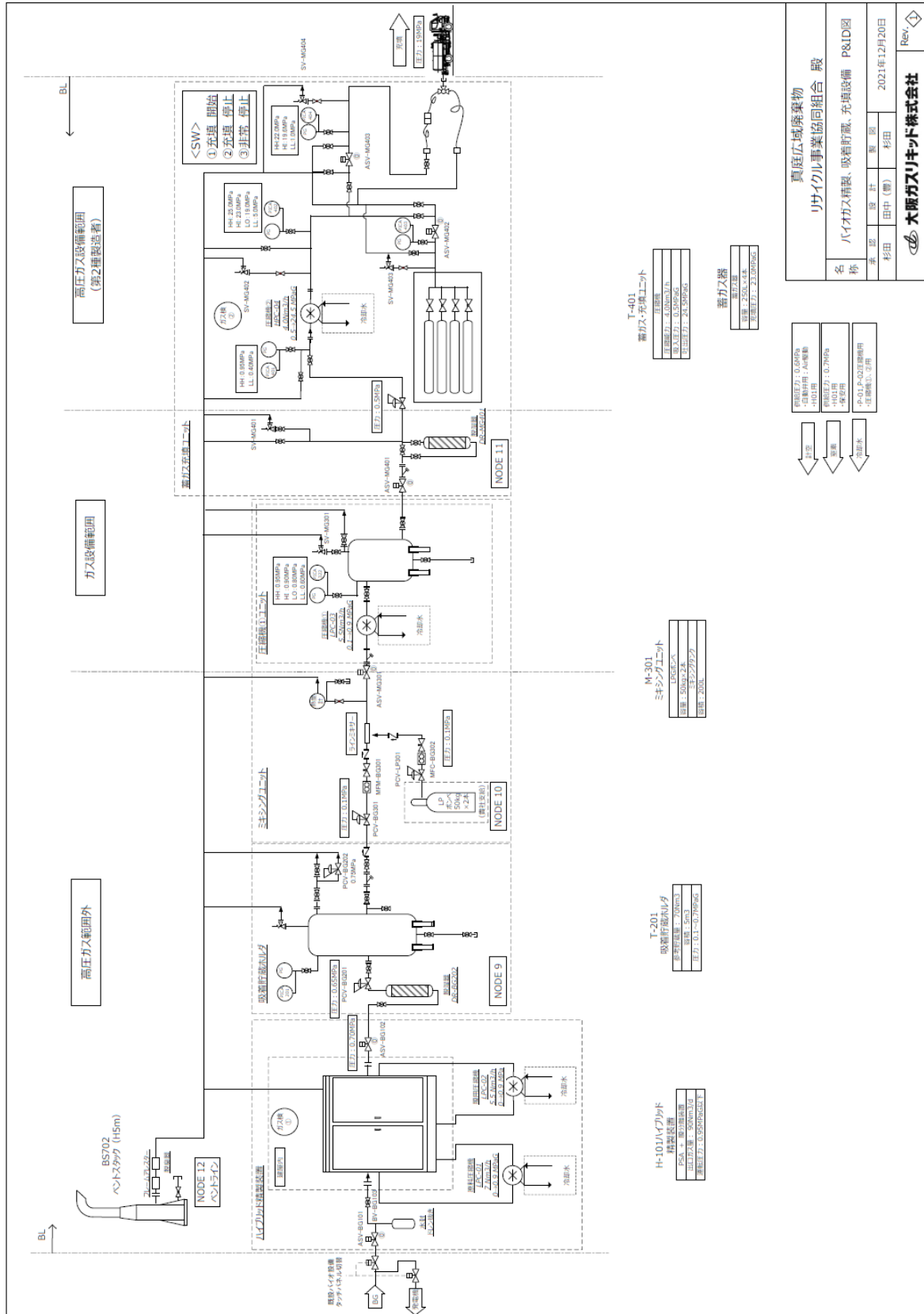


図 2-2 配管・計装図 (概要図)

図 2-1 に全体配置図を、図 2-2 に配管計装図を掲載した。なお、配管・計装図については概要図であり、詳細は完成図書に収録している。

2.2.2 既存プラントのバイオガス組成

設計に先立ち、既存プラントのバイオガス組成を分析した。結果は表 2-1 の通りである。ガス組成は、1 日で 4 回サンプリングを行い分析した。既存プラントの発酵槽はガスバッグと一体型になっており、ガスバッグ内に脱硫用に小型のプロワでの空気の注入を行っている。ガスの組成分析に際してはプロワを停止し、既存プラントで生成するバイオガスの分析を行った。メタン濃度は 4 回の平均値で 63.39vol% という分析結果が得られた。

表 2-1 ガス組成分析結果

(単位：vol %)

成分 \ 時間	10:00	13:00	14:00	15:00
水素	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
酸素	0.02	0.04	0.04	0.04
窒素	0.20	0.36	0.38	0.46
一酸化炭素	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
二酸化炭素	35.47	36.23	36.28	36.93
メタン	64.30	63.38	63.30	62.57
合計	100.00	100.00	100.00	100.00

※端数の関係で合計が一致しない場合がある

バイオガス中の成分の内、窒素分は精製プロセスで除去できず、硫化水素やシロキサンについては設備や膜へのダメージを与えるため精製前での除去が必要であるが、窒素含有率も 1%未満であり、硫化水素濃度についても測定したが定量下限値未満であり、追加の脱硫設備等は不要であると判断した (表 2-2)。

表 2-2 硫化水素分析結果

(単位：vol ppm)

成分 \ 時間	10:00	13:00	14:00	15:00
硫化水素	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

2.2.3 車両用製品ガスの要求品質

(1) 天然ガス車両と使用燃料

本実証では、バイオガスを精製した製品ガスを天然ガス自動車の燃料として利用する。市販の天然ガス自動車には CNG 車、LNG 車があるが本実証では CNG 車のうちの天然ガス専焼車を使用する（図 2-3）。

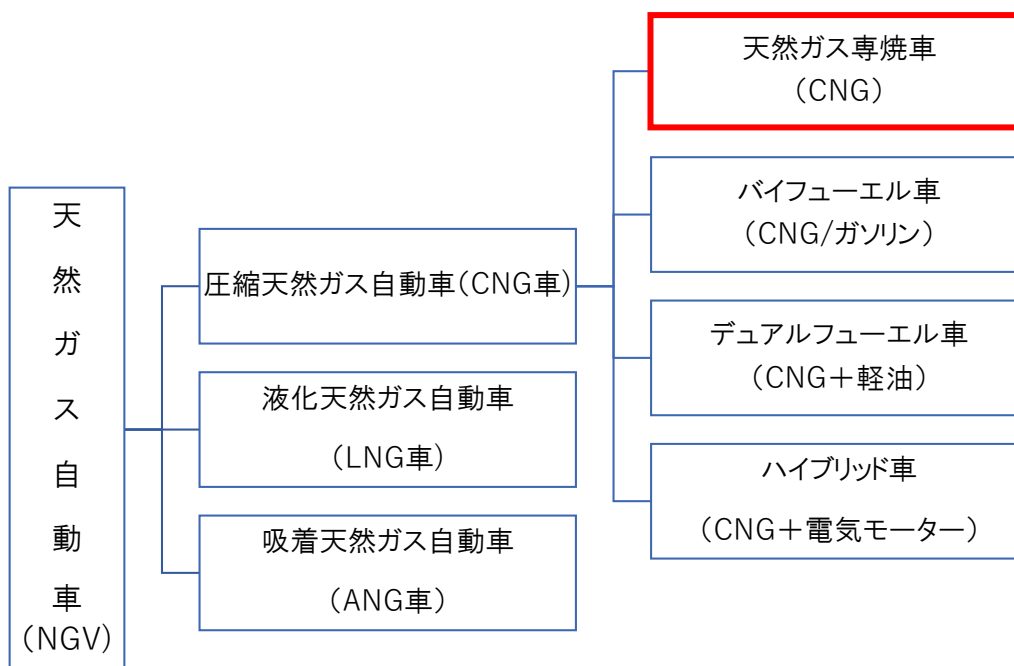
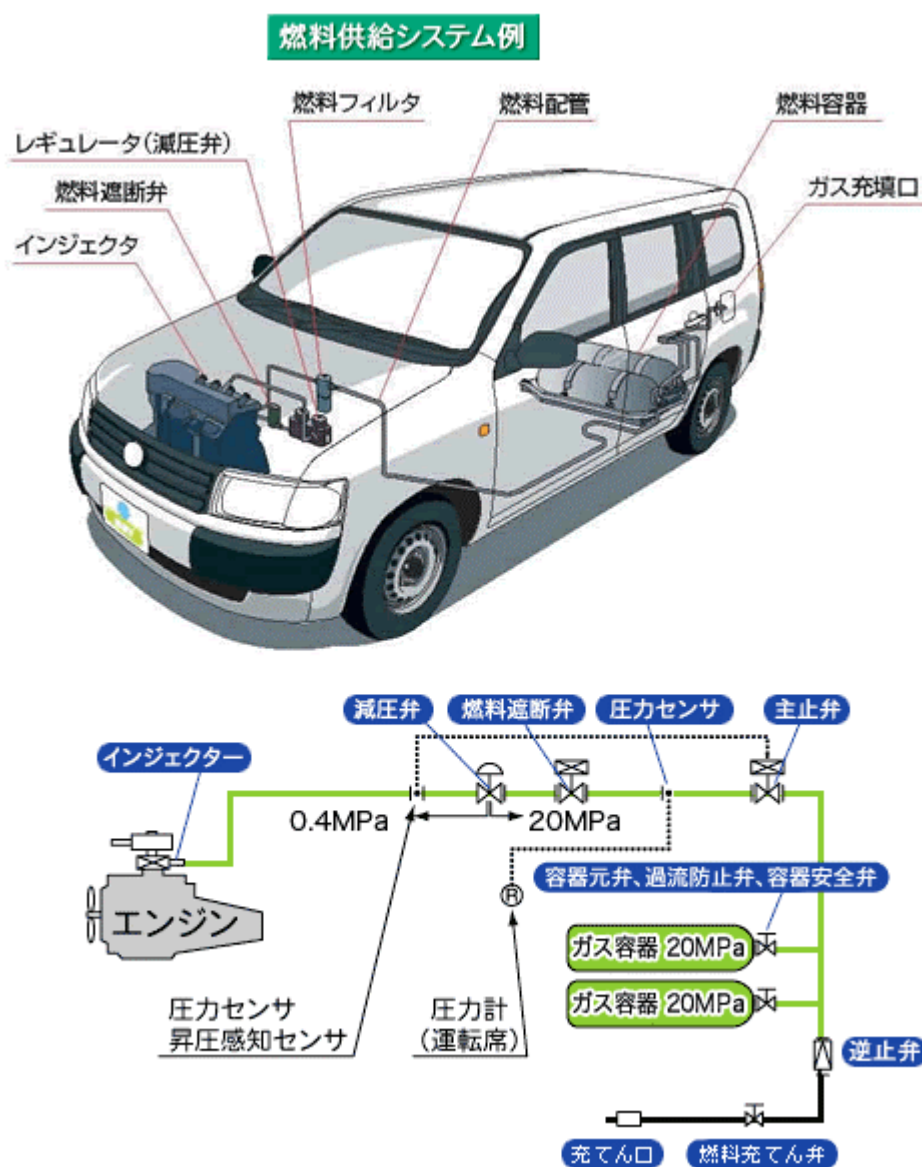


図 2-3 天然ガス自動車の分類

天然ガス自動車は、燃料供給系統を除いて、基本的な構造はガソリン自動車と同じである。点検や検査、メンテナンスについても燃料容器と燃料系統が異なるだけで、その他は通常の車とほとんど変わらない。燃料である天然ガスは、ガス容器に高圧（20MPa）で充填され、ガス容器から燃料配管を通過して、減圧弁で減圧されエンジンに供給される（図 2-4）。

図 2-4 燃料供給システム例¹⁴

天然ガス専焼車の燃料について確認を行った。天然ガスは、採取される場所によって発熱量が異なるため、規格に合わせるために、事業者ごとに LP ガスなどを混ぜて発熱量の調整等をし、付臭をして都市ガスとして販売されている。都市ガスにはいくつかの種類があるが（表 2-3）、日本では 13A の高カロリーガスへの統合が進んでおり、都市ガス供給エリアのほとんどで 13A が供給されている（一部地域を除く）。

¹⁴ 大阪ガス(株)HP より <https://ene.osakagas.co.jp/product/ngv/users/structure.html>

天然ガス自動車の燃料として使用されているのは 13A のガスグループの都市ガスである。ただしバイオガス精製と車両走行実証の先行事例であるこうべバイオガスでは 12A 相当 (39.2MJ/Nm³) のガスが供給されている¹⁵。

表 2-3 都市ガスの種類¹⁶

種類	発熱量(MJ/m ³)	定義
13A	42～63	燃焼速度が 35 以上 47 以下であってウォツベ指数が 52.7 を超え 57.8 以下のガスを言う。
12A	38～46	燃焼速度が 34 以上 47 以下であってウォツベ指数が 49.2 を超え 53.8 以下のガスを言う。
6A	24～29	燃焼速度が 34 以上 45 以下であってウォツベ指数が 24.5 を超え 28.2 以下のガスを言う。
5C	19～21	燃焼速度が 42 以上 68 以下であってウォツベ指数が 21.4 を超え 24.7 以下のガスを言う。
L1	19～21	燃焼速度が 42.5 以上 78 以下であってウォツベ指数が 23.7 を超え 28.9 以下のガスを言う。
L2	18～21	燃焼速度が 29 以上 54 以下であってウォツベ指数が 19.0 を超え 22.6 以下のガスを言う。
L3	15～19	燃焼速度が 35 以上 64 以下であってウォツベ指数が 16.2 を超え 18.6 以下のガスを言う。)

表 2-3 の燃焼速度は、次の式により算出するものとされている。

$$MCP = \frac{\Sigma(SifiAi)}{\Sigma(fiAai)} (1 - K)$$

MCP は、燃焼速度

¹⁵ 近畿地区天然ガススタンド地図 https://ene.osakagas.co.jp/product/ngv/eco_station/pdf/standmap.pdf

¹⁶ ガス用品の技術上の基準等に関する省令 (昭和四十六年通商産業省令第二十七号) より抜粋・編集
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=346M50000400027>
<https://gas-kyuutouki.com/knowledge/gas.html>

S_i は、ガス中の各可燃性ガスの燃焼速度であって、表 2-4 に掲げる値

f_i は、ガス中の各可燃性ガスに係る係数であって、表 2-4 に掲げる値

A_i は、ガス中の各可燃性ガスの含有率（体積百分率）

K は、減衰係数であって、次の式により算出した値

$$K = \frac{\sum A_i}{\sum (\alpha_i A_i)} \left\{ \frac{2.5CO_2 + N_2 - 3.77O_2}{100 - 4.77O_2} + \left(\frac{N_2 - 3.77O_2}{100 - 4.77O_2} \right)^2 \right\}$$

α_i は、ガス中の各可燃性ガスの補正係数であって、表 2-4 に掲げる値

CO_2 は、ガス中の二酸化炭素の含有率（体積百分率）

N_2 は、ガス中の窒素の含有率（体積百分率）

O_2 は、ガス中の酸素の含有率（体積百分率）

表 2-4 可燃性ガスの燃焼速度、係数、補正係数

	S_i	f_i	α_i
水素	282	1	1.33
一酸化炭素	100	0.781	1
メタン	36	8.72	2
エタン	41	16.6	4.55
エチレン	66	11	4
プロパン	41	24.6	4.55
プロピレン	47	21.8	4.55
ブタン	38	32.7	5.56
ブテン	47	28.5	4.55
その他の炭化水素	40	38.3	4.55

表 2-3 のウォツベ指数は、次の式により算出するものとされている。

$$WI = \frac{Hg}{\sqrt{s}}$$

WI は、ウォツベ指数

Hg は、ガスの総発熱量（メガジュール毎立方メートルを単位とする。）

s は、ガスの空気に対する比重

(2) 精製バイオメタン品質の検討状況

CNG 専焼車のガス要求品質は 13A であるが、先行事例であるこうべバイオガスでは 12A を供給しているということから、ガス品質についての検討を行った。表 2-3 から分かる通り 12A と 13A ウォッベ指数と燃焼速度の定義には重複する範囲がある。これを図示したのが図 2-5 である。

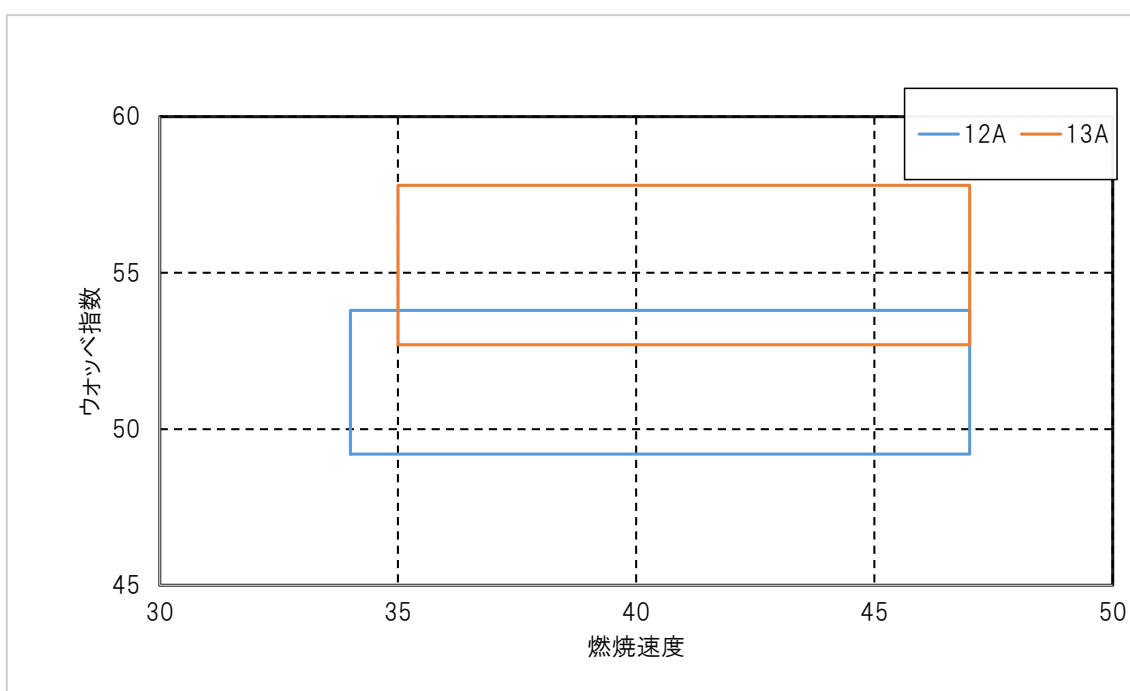


図 2-5 12A と 13A のウォッベ指数と燃焼速度

本実証で製造する CNG 車両用燃料ガスは、カロリー調整と付臭のために LP ガスを微量添加する（以下、精製バイオメタンに LP ガスを添加した車両燃料用ガスを「製品ガス」とする）。日本国内で供給されている LP ガスは、JIS 及び液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律（以下、「液化石油ガス法」という。）に基づき、その組成や含有硫黄分の比率等が定められている（表 2-5 及び表 2-6）。本実証で利用する LP ガスについては販売会社に問い合わせを行い、成分組成の確認を行った。表 2-7 は、製造会社の閲覧用安全データシートから抜粋した組成及び成分情報である。

表 2-5 LP ガスの規格 (JIS K2240) ¹⁷

種類	項目	組成(mol%)				硫黄分 (質量%)	蒸気圧 (40℃) (Mpa)	密度 (15℃) (g/cm ³)	銅板腐食 (40℃、 1h)	主な用途
		エタン +エチレン	プロパン +プロピレン	ブタン +ブチレン	ブタジエン					
1種	1号	5以下	80以上	20以下	0.5以下	0.0050 以下	1.53以下	0.5～ 0.620	1以下	家庭用燃料 業務用燃料
	2号		60以上 80未満	40以下						
	3号		60未満	30以上						
2種	1号	-	90以上	10以下	-(注)	0.0050 以下	1.55以下	0.5～ 0.620	1以下	工業用燃料 工業用原料 自動車用燃料
	2号		50以上 90未満	50以下						
	3号		50未満	50以上 90未満						
	4号		10以下	90以上						

(注)自動車用、工業用(燃料及び原料)、その他に使用する場合には、ブタジエン含有量は、使用目的に対し支障を与えるものであってはならない。

表 2-6 LP ガスの規格 (液化石油ガス法)

名称	プロパン及びプロピレン の合計量の含有率	エタン及びエチレンの 合計量の含有率	ブタジエン の含有率	相当JIS規 格
い号液化石油ガス	80%以上	5%以下	0.5%以下	1種1号
ろ号液化石油ガス	60%以上、80%未満	5%以下	0.5%以下	1種2号
は号液化石油ガス	60%未満	5%以下	0.5%以下	1種3号

¹⁷ 日本LPガス協会 <https://www.j-lpgas.gr.jp/intr/standard.html>

表 2-7 購入予定の LP ガスの組成及び成分情報¹⁸

組成及び成分情報			
化学物質・混合物の区分 : 混合物			
化学名	濃度又は濃度範囲 (重量%)	官報公示 整理番号	C A S 番号
プロパン	90%以上 100%未満	(2)-3	74-98-6
ノルマルブタン イソブタン	0%以上 10%未満	(2)-4	106-97-8 75-28-5
エタン エチレン	3.4%未満 (注)	(2)-2 (2)-12	74-84-5 74-85-1
プロピレン	23.9%未満 (注)	(2)-13	115-07-1

(注) プロパン濃度の内数

CNG 車の燃料としての要求規格と、混合する LP ガスの組成を踏まえ、本実証で製造する精製バイオメタンと、混合する LP ガスの組み合わせにより製品ガスの燃焼速度とウォッベ指数がどのように変化するか試算を行った。精製バイオメタンのメタン (CH₄) 濃度は 95%以上を計画値とし、95%、97.5%、100%の 3 パターンを設定した。精製バイオメタンの内、メタン (CH₄) 以外の成分として CO₂、O₂、N₂ の比率を 3 パターン設定した。精製バイオメタンと LP ガスの混合比は 100 : 5~100 : 10 の 6 通りを設定した。LP ガスの組成による影響としては C3 ガスと C4 ガス¹⁹の比率を 2 通り設定した。

燃焼速度は O₂ 濃度の影響を大きく受けることから、精製バイオメタンに含まれるメタン以外の成分量により変化する。O₂ 濃度が高いほど、燃焼速度は早くなる。また、混合比率はマスフローコントローラー (MFC) で混合制御可能な値を設定している。

これらの組み合わせによる試算結果が試算①~試算④である。

試算① 高 CO₂ 濃度条件

試算①の条件は以下の通りである。

- ・ 精製バイオメタンの CH₄ 濃度は 95%、97.5%、100%の 3 通り
- ・ 精製バイオメタンの CH₄ 以外の組成は酸素 : 窒素が 1 : 1
- ・ 精製バイオメタンと LP ガスの混合比は 100 : 5~100 : 10 の 6 通り

¹⁸ (株)ジャパンガスエナジー SDS (閲覧用) より抜粋

https://www.j-gasenergy.co.jp/sds/dl/2020/SDS_01.pdf

¹⁹ C3 ガスはプロパン (C₃H₈) やプロピレン (C₃H₆) などの炭素数 3 の炭化水素ガスのこと、C4 ガスはブタン (C₄H₁₀) やブチレン (C₄H₈) などの炭素数 4 の炭化水素ガスを指す。市販の LP ガスはプロパンが主成分であるが、C4 ガスの混合率により燃焼速度等に影響がある。

- ・ LP ガスの C3 ガス : C4 ガス比率は 10 : 0
- 試算①の結果を表 2-8 及び図 2-6 に示す。

表 2-8 試算結果①

メタン濃度	混合比	MCP(燃焼速度)	WI(ウォツベ指数)
CH ₄ 95%	100:5	37.83	51.78
	100:6	37.92	52.13
	100:7	38.00	52.48
	100:8	38.08	52.82
	100:9	38.16	53.14
	100:10	38.23	53.46
CH ₄ 97.5%	100:5	37.21	53.47
	100:6	37.31	53.80
	100:7	37.40	54.12
	100:8	37.49	54.43
	100:9	37.58	54.73
	100:10	37.66	55.03
CH ₄ 100%	100:5	36.62	55.21
	100:6	36.72	55.50
	100:7	36.82	55.79
	100:8	36.92	56.07
	100:9	37.01	56.35
	100:10	37.10	56.62

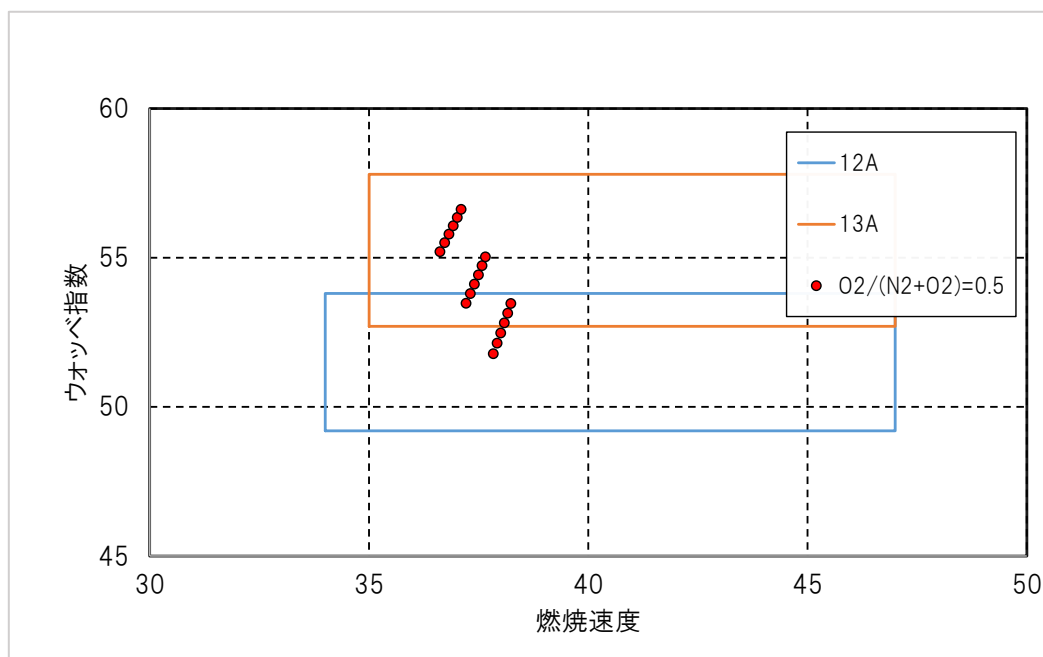


図 2-6 試算①

試算② 高 N₂ 濃度条件

試算②の条件は以下の通りである。

- ・ 精製バイオメタンの CH₄ 濃度は 95%、97.5%、100% の 3 通り
- ・ 精製バイオメタンの CH₄ 以外の組成はすべて窒素
- ・ 精製バイオメタンと LP ガスの混合比は 100 : 5 ~ 100 : 10 の 6 通り
- ・ LP ガスの C3 ガス : C4 ガス比率は 10 : 0

試算②の結果を表 2-9 及び図 2-7 に示す。

表 2-9 試算結果②

メタン濃度	混合比	MCP(燃焼速度)	WI(ウオツベ指数)
CH ₄ 95%	100:5	35.79	51.92
	100:6	35.91	52.27
	100:7	36.03	52.61
	100:8	36.15	52.95
	100:9	36.25	53.27
	100:10	36.36	53.59
CH ₄ 97.5%	100:5	36.21	53.55
	100:6	36.33	53.87
	100:7	36.44	54.19
	100:8	36.54	54.50

	100:9	36.64	54.80
	100:10	36.74	55.09
CH ₄ 100%	100:5	36.62	55.21
	100:6	36.72	55.50
	100:7	36.82	55.79
	100:8	36.92	56.07
	100:9	37.01	56.35
	100:10	37.10	56.62

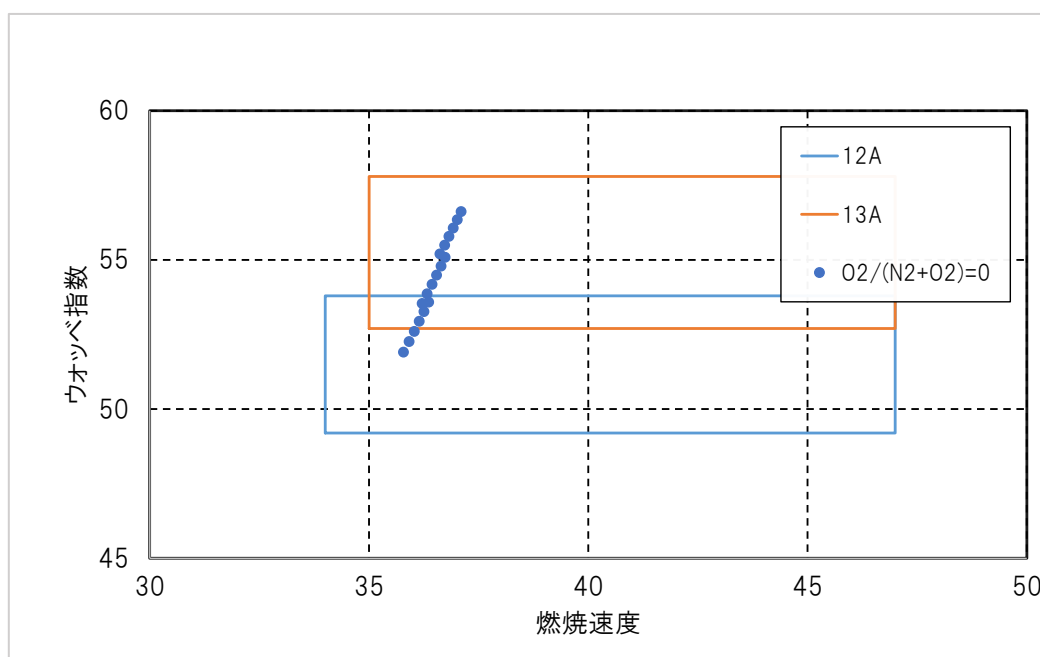


図 2-7 試算②

試算③ 高 CO₂ 濃度条件

試算③の条件は以下の通りである。

- ・ 精製バイオメタンの CH₄ 濃度は 95%、97.5%、100% の 3 通り
- ・ 精製バイオメタンの CH₄ 以外の組成はすべて CO₂
- ・ 精製バイオメタンと LP ガスの混合比は 100 : 5 ~ 100 : 10 の 6 通り
- ・ LP ガスの C3 ガス : C4 ガス比率は 10 : 0

試算③の結果を表 2-10 及び図 2-8 に示す。

表 2-10 試算結果③

メタン濃度	混合比	MCP(燃焼速度)	WI(ウォッペ指数)
CH ₄ 95%	100:5	34.60	50.83
	100:6	34.74	51.20
	100:7	34.88	51.56
	100:8	35.01	51.91
	100:9	35.14	52.26
	100:10	35.26	52.59
CH ₄ 97.5%	100:5	35.61	52.97
	100:6	35.73	53.31
	100:7	35.85	53.63
	100:8	35.97	53.95
	100:9	36.07	54.26
	100:10	36.18	54.57
CH ₄ 100%	100:5	36.62	55.21
	100:6	36.72	55.50
	100:7	36.82	55.79
	100:8	36.92	56.07
	100:9	37.01	56.35
	100:10	37.10	56.62

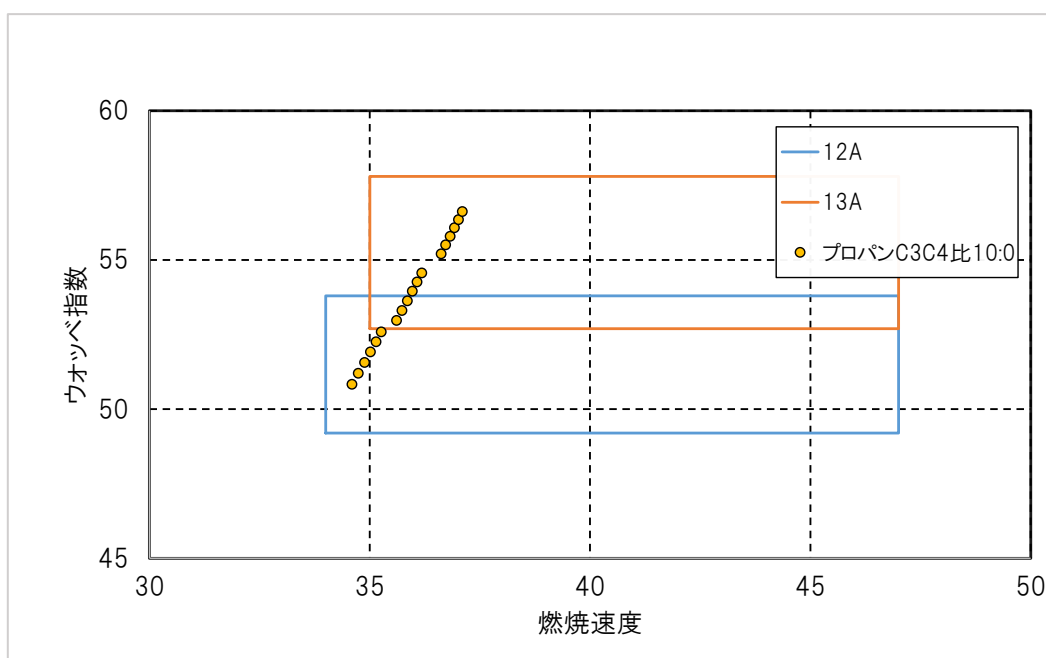


図 2-8 試算③

試算④ 高 C4 濃度条件

試算④の条件は以下の通りである。

- ・ 精製バイオメタンの CH₄ 濃度は 95%、97.5%、100% の 3 通り
- ・ 精製バイオメタンの CH₄ 以外の組成はすべて CO₂
- ・ 精製バイオメタンと LP ガスの混合比は 100 : 5~100 : 10 の 6 通り
- ・ LP ガスの C3 ガス : C4 ガス比率は 8 : 2

試算④の高 C4 条件については、C4 ガスの増加により燃焼速度の低下が想定されたため、試算①~③のうち最も燃焼速度が遅い「試算③ 高 CO₂ 濃度条件」をベースに、市販 LP ガスの規格内で最も C4 ガスが多い組成を想定した条件とした。

試算④の結果を表 2-11 及び図 2-9 に示す。

表 2-11 試算結果④

メタン濃度	混合比	MCP(燃焼速度)	WI(ウォツベ指数)
CH ₄ 95%	100:5	34.54	51.02
	100:6	34.68	51.42
	100:7	34.81	51.81
	100:8	34.93	52.20
	100:9	35.05	52.57
	100:10	35.16	52.93
CH ₄ 97.5%	100:5	35.55	53.15
	100:6	35.66	53.51
	100:7	35.77	53.87
	100:8	35.88	54.22
	100:9	35.98	54.56
	100:10	36.07	54.89
CH ₄ 100%	100:5	36.56	55.37
	100:6	36.65	55.70
	100:7	36.74	56.02
	100:8	36.82	56.33
	100:9	36.91	56.63
	100:10	36.98	56.93

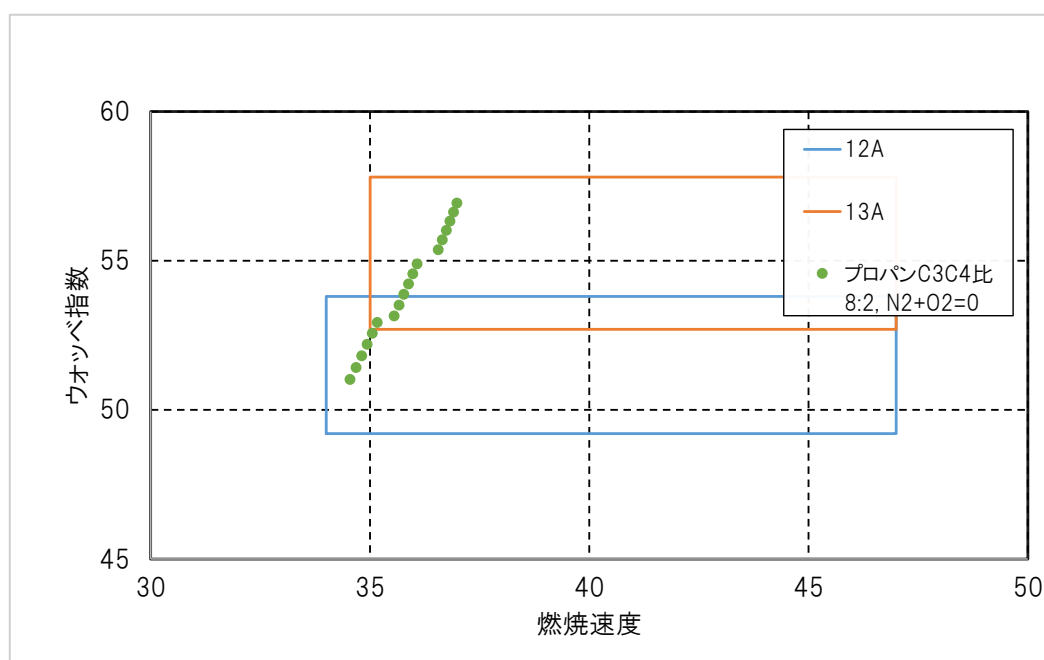


図 2-9 試算④

検討の結果、一部のケースでは製品ガスが 13A ではなく 12A のガスになる可能性があるが、いずれのケースでも CNG 専焼車の走行は可能であり、エンジンのノッキング判定レベルを超えないことをいすゞ自動車株式会社にも確認を行った。今後、設備設置後の試運転期間（2022 年秋頃を予定）に実際の精製バイオメタンの熱量範囲を確認し LP ガスとの混合比の調整を行う。また、窒素分は精製段階で除去できないため、精製実証期間中は、脱硫補助用に使用しているエアの供給を止めることとした。

2.2.4 精製設備の検討

ハイブリッド精製設備の規模は、収集車両の走行距離及び燃料消費量から設定した。1 日当たりの収集車両走行距離を最大 150km とし、1 回あたりに必要なガス充填量を 28m³/d と算出した。必要なガス充填量は実証で使用予定の CNG 車の燃料消費率から算出している。精製設備の稼働時間は 1 日 8 時間とし、約 30Nm³/d の精製バイオメタンが製造できる。原料バイオガスのメタン濃度を 60% とし、24 時間稼働する場合で考えると 1 日当たりの最大能力は、入り口ガス量が 150Nm³/d、出口ガス量が 90Nm³/d となる。

(1) 車両走行距離

本事業では、既存プラントのメタンガスを精製し、生ごみ収集車両の燃料として利用する。そのため、まずは車両燃料の必要量を試算し、ガス精製能力を決定した。真庭市内では旧久世町エリア（面積 75.12km²）の約 4,000 世帯を対象として生ごみ収集実証を行っており、週 2 回×車両 2 台体制で収集を実施している（図 2-10）。現状の収集用車両は平ボディ車

で、市内約 280 か所のステーションの生ごみバケツを収集し、既存プラントまで運搬している（図 2-11）。



図 2-10 生ごみ収集モデル地区



図 2-11 生ごみ収集の様子

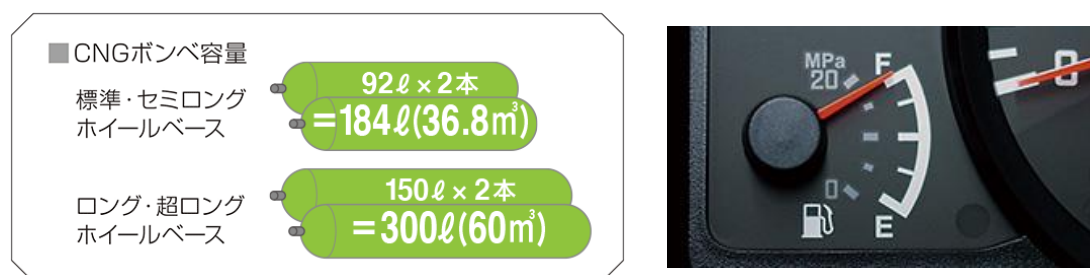
計画では、収集車両 2 台の内の 1 台について精製バイオメタンを燃料とした CNG 車に変更することになっている。収集事業者へのヒアリングにより 1 日 1 車両の走行距離は 1 日 150km 程度とのことであった（表 2-12）。車両、経路、排出されるごみの量等の条件により走行距離は異なる。

表 2-12 2020 年度（2020/04/01～2021/03/31）生ごみ収集車両に関するデータ²⁰

走行距離	車両 A 12,305 km(中心部が主) 車両 B 19,041 km(中山間部が主)
収集曜日	対象エリア別に、週 2 回ずつ 月・木 または 火・金
年間収集回数	205 日(×車両 2 台)
生ごみステーション数	約 280 か所

(2) 燃料ガス必要量

CNG 車の走行距離は、車両によって異なるが一般的な生ごみ収集車両は 184L(約 36.8Nm³)の燃料ボンベ容量であり（図 2-12）、いすゞ自動車株式会社へのヒアリングによると 1 回充填あたりの走行距離は約 180～220km 程度とのことであった。満充填での圧力は 20MPa である。標準的な燃料消費での走行であれば 150km 分として 18MPa 程度まで充填すれば走行に必要な燃料ガスが足りることになる。ただし、燃料消費は車両の積載量、運転方法、道路状況（渋滞や坂道など）により大きく異なるため、規定の 20MPa までの充填をすることが望ましいとのことであった。

図 2-12 CNG ボンベの容量と車載の CNG 圧力計²¹

2.2.5 吸着貯蔵設備の規模検討

吸着貯蔵設備の規模については、車両走行に必要なガス量の 2 日以上を貯蔵できる容量とし、容積 5m³ のものを採用した。原料バイオガスのメタン濃度を 60%と仮定した場合

²⁰ (株)エコライフ商友提供

²¹ いすゞ自動車(株)HP より <https://www.isuzu.co.jp/product/cng/elf.html>

の参考貯蔵量（精製バイオガス貯蔵量から、標準状態での精製前バイオガス量を試算した場合の貯蔵量）は 70Nm³程度となる。

2.2.6 充填設備

充填設備については、市販の小型充填機（昇圧供給装置、または VRA）を利用することで全体の実証施設のコストダウンを検討したが、高圧ガス保安法への対応のため防爆仕様の充填設備を設置することとなった。小型充填機は CNG 車への都市ガス燃料充填用に市販され利用されている設備であり、今回の実証規模の充填であれば能力的には十分に対応が可能である。しかし、本実証は都市ガス同等の製品ガスを製造するが、都市ガス導管からのガス利用ではないためガス事業法は適用されず、高圧ガス保安法の対象となる。図 2-13 に、ガス事業法によるガス工作物としての小型充填機と、高圧ガス保安法における、ガス充填設備について整理した。

圧力	都市ガス導管あり	都市ガス導管なし
1Mpa以上	ガス事業法	高圧ガス保安法
1MPa未満		

図 2-13 高圧ガス保安法とガス事業法の対象範囲イメージ

- (1) ガス事業法による「ガス工作物」としての小型充填機（昇圧供給装置）
小型充填機の概要を図 2-14 に示す。

- 小型充填機（昇圧供給装置）の概要

自動車と原則的に 1 対 1 で設置する小型の燃料供給装置で、ガスを自動車の最高充填圧力まで昇圧し、自動車に供給する装置です。一般の家庭に引かれているガス管に接続すれば、各家庭でも使用できます。取扱いも簡単で、誰にでも操作できます。

圧縮機の能力が小さく、高圧のガスを貯める蓄ガス器を持たないため、充填には数時間程度かかりますが、無人運転が可能で、利用できる急速充填所が近くに無い場合や、少数の天然ガス自動車を運転する事業者等に適しています。

昇圧供給装置は、圧縮機、充填ホース等で構成されています。

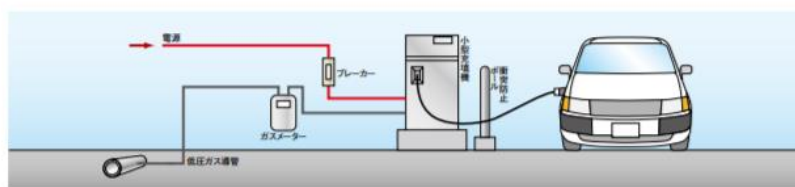
- 小型充填機（昇圧供給装置）の設置にあたっての留意点

昇圧供給装置は、ガス事業法による「ガス工作物」として、即ち、ガス導管、整圧器、バルブ、ガス栓等と同一の取扱いをしています。したがって、設置工事は、ガス事業者によって行われ、また、年 1 回の法定点検もガス事業者によって行われます。家庭のガス栓の開閉をするのと同様の感覚で昇圧供給装置のスイッチを入れることで、簡単に天然ガス自動車への供給が可能です。

（環境省 低公害車ガイドブック 2013）



小型充填機（10m³/h 型）



小型充填機の設置概略図

図 2-14 小型充填機²²

小型充填機については、『ガス事業法による「ガス工作物」として即ち、ガス導管、整圧器、バルブ、ガス栓等と同一の取扱い』をする、とされている。ガス事業法の対象となるのは、配管によって供給する「都市ガス」である。今回のバイオガス精製実証は、都市ガス 13A と同等の製品ガスをバイオガスを使って製造・利用する実証事業である。しかし、中国経済産業局に確認をしたところ、精製バイオメタンの車両利用にはガス事業法は準用されないとのことであった。そのため「ガス工作物」として小型充填機を使用することは認められず、高圧ガス保安法に則った機器を設置する必要があるとの判断であった²³。なお、小型充填機

²² 出典：環境省 低公害車ガイドブック 2013

https://www.env.go.jp/air/car/vehicles2013/LEV_chapter3.pdf

²³ 参考資料 3.3 ガス事業法の準用事業者に係る手続きについて (p.86)

で圧縮できるガスの量は標準状態において 18.5m³/h 未満と昇圧限界が定められている²⁴ため、大規模施設や急速充填が必要な場合には適していない。

(2) 高圧ガス保安法に準じたガス充填設備

本実証では、高圧ガス保安法における高圧ガスの定義の一つである「常用の温度でゲージ圧力が、1MPa 以上の圧縮ガス」を製造し、1 日の製造能力が 100m³ 未満であるため、同法においての「第二種製造者」の扱いとなる（表 2-13）。

表 2-13 高圧ガス製造者の区分²⁵

区分	1 日の処理能力(※1)	
	第一種ガス(※2)	その他のガス
第一種製造者(許可)	300m ³ 以上	100m ³ 以上
第二種製造者(届出)	300m ³ 未満	100m ³ 未満

※ 1 理想気体(0℃、0Pa)に換算した値(単位:Nm³/日)

※ 2 第一種ガス:政令第3条表第1号に掲げるガス

ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素、フルオロカーボン(難燃性を有するものとして省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る)又は空気

高圧ガスの製造(圧力変化、状態変化、充填、移充填などで高圧ガスに該当するガスを作ること)を行うにあたっては、技術上の基準²⁶を順守する必要がある。この基準には多くの項目があるが、第二種製造者であっても処理能力が 30m³ 以上であり、製造設備が定置式製造設備である場合は、第一種製造者の「定置式製造設備に係る技術上の基準²⁷」と同じ基準が適用されることになる。特に、「高圧ガス設備と可燃性ガス(アンモニア及びブロムメチルを除く。)の高圧ガス設備に係る電気設備は、その設置場所及び当該ガスの種類に応じた防爆性能を有する構造のものであること。」という基準があり、設計・設備コストが上がる要因となっている。高圧ガス保安法については 3.2 用語解説 (p.82～) に概要を参考として記載した。

2.2.7 設置工事の進捗状況

設置工事については、今年度は基礎工事と 1 期工事を行った。進捗状況の写真を図 2-15～図 2-28 に示す。1 期工事では、基礎工事のほか、精製設備用の建屋の設置、電柱からのケーブル引き込み、敷地内電柱の新設及びメーターの設置、分電盤/統括制御盤の設置、圧

²⁴ ガス工作物の技術上の基準を定める省令(昭和 45 年 10 月 9 日通商産業省令第 98 号) 第 9 章

²⁵ 詳細は高圧ガス保安法及び関係法令及び基準を参照のこと

²⁶ 一般高圧ガス保安規則第十条(第二種製造者に係る技術上の基準)

²⁷ 一般高圧ガス保安規則第六条(定置式製造設備に係る技術上の基準)

2.2 バイオガスの精製・貯蔵・充填に関する実証施設の設計及び設置工事

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、ケーブルラック、原料バイオガス用水封機の設置等を実施した。

2.2 バイオガスの精製・貯蔵・充填に関する実証施設の設計及び設置工事



図 2-15 2021 年 11 月 1 日 (着工前)



図 2-16 2021 年 12 月 8 日



図 2-17 2022 年 1 月 13 日



図 2-18 2022 年 2 月 7 日



図 2-19 2022 年 2 月 7 日



図 2-20 2022 年 2 月 7 日

2.2 バイオガスの精製・貯蔵・充填に関する実証施設の設計及び設置工事



図 2-21 2022年2月17日



図 2-22 2022年2月17日



図 2-23 2022年2月26日



図 2-24 2022年2月26日



図 2-25 2022年2月26日



図 2-26 2022年2月26日

2.2 バイオガスの精製・貯蔵・充填に関する実証施設の設計及び設置工事



図 2-27 2022年2月26日



図 2-28 2022年2月26日

2.2.8 関係法令等への対応状況

(1) 高圧ガス保安法

本実証施設は、高圧ガス保安法における第二種製造者及び、第二種貯蔵所に該当する。大まかな区分については表 2-14 及び表 2-15 に記載した通りである。いずれも、製造開始前に届け出が必要であるため、次年度の実証開始前に届出を行う。

表 2-14 高圧ガス製造者の区分

区分	1 日の処理能力(※1)	
	第一種ガス(※2)	その他のガス
第一種製造者(許可)	300m ³ 以上	100m ³ 以上
第二種製造者(届出)	300m ³ 未満	100m ³ 未満

※ 1 理想気体(0℃、0Pa)に換算した値(単位:Nm³/日)

※ 2 第一種ガス:政令第3条表第1号に掲げるガス

ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素、フルオロカーボン(難燃性を有するものとして省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る)又は空気

表 2-15 高圧ガス貯蔵所の区分

区分	1 日の処理能力(※1)	
	第一種ガス(※2)	その他のガス
第一種貯蔵所(許可)	3,000m ³ (30トン)以上	1,000m ³ (10トン)以上
第二種貯蔵所(届出)	300m ³ (3トン)以上 3,000m ³ (30トン)未満	300m ³ (3トン)以上 1,000m ³ (10トン)未満

※ 1 理想気体(0℃、0Pa)に換算した値(単位:Nm³/日)

※ 2 第一種ガス:政令第3条表第1号に掲げるガス

ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素、フルオロカーボン(難燃性を有するものとして省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る)又は空気

(2) 労働安全衛生法

本実証施設は、労働安全衛生法第 88 条 1 項における業種または規模に関わらず届出を要する機械等(表 2-16)のうち化学設備に該当するため、工事開始の 30 日前までに機械等設置届の提出が必要である。事業開始後すぐの 2021 年 11 月 1 日に届出を行った。

提出書面：機械等設置届及び必要書類一式

期日：工事開始の 30 日前

提出先：労働基準監督署長

表 2-16 業種又は規模にかかわらず届出を要する機械等²⁸

届出をすべき機械等	届出を要しない仮設の建設物等
<p>【特定機械等】</p> <p>ボイラー (小型ボイラーを超えるもの) (ボ則 10 条,41 条)</p> <p>第一種圧力容器 (ボ則 56 条,76 条)</p> <p>クレーン (つり上げ荷重 3t 以上のもの) (ク則 5 条,44 条)</p> <p>移動式クレーン (同 3t 以上のものの変更) (ク則 85 条)</p> <p>デリック (同 2t 以上のもの) (ク則 96 条,129 条)</p> <p>エレベータ (積載荷重 1t 以上のもの) (ク則 140 条,163 条)</p> <p>建設用リフト (同 0.25t 以上でガイドレールの高さが 18m 以上のもの) (ク則 174 条,197 条)</p> <p>ゴンドラ (ゴ則 10 条,28 条)</p>	なし(則 85 条)
<p>1 有機則第 5 条又は第 6 条の有機溶剤の蒸気の発散源を密閉する設備、局所排気装置プッシュプル型換気装置又は全体換気装置(移動式のを除く。)</p> <p>2 鉛則第 2 条、第 5 条から第 15 条まで及び第 17 条から第 20 条までに規定する鉛等又は焼結鉱等の粉じんの発散源を密閉する設備又は局所排気装置</p> <p>3 四アルキル鉛等業務に用いる機械又は装置</p> <p>4 特定化学物質のうち第一類物質又は特定第二類物質等を製造する設備</p> <p>5 特定化学設備(特定二類物質又は第三類物質を製造し、又は取扱う設備)及びその附属設備</p> <p>6 特定化学物質のうち管理第二類物質のガス、蒸気又は粉じんが発散する屋内作業場に設ける発散抑制の設備</p> <p>7 アクロレインに係る排ガス処理装置</p> <p>8 排液処理装置(特化則第 11 条第 1 項)</p> <p>9 電離則第 15 条第 1 項の放射線装置、同項の放射線装置室、電離則第 22 条第 2 項の放射性物質取扱作業室又は電離則第 2 条第 2 項の放射性物質に係る貯蔵施設</p> <p>10 事務所衛生基準規則第 5 条の空気調和設備又は機械換気設備で中央管理方式のもの</p> <p>11 粉じん則別表第 2 第 6 号及び第 8 号に掲げる特定粉じん発生源を有する機械又は設備並びに同表第 14 号の型ばらし装置</p> <p>12 粉じん則第 4 条又は第 27 条第 1 項ただし書の規定により設ける局所排気装置又はプッシュプル型換気装置</p>	6 か月未満の期間で廃止するもの(則 85 条)
<p>1 動力プレス(機械プレスでクランク軸等の偏心機構を有するもの及び液圧プレスに限る。)</p> <p>2 金属その他の鉱物の溶解炉(容量が 1t 以上のものに限る。)</p> <p>3 化学設備(製造し、若しくは取り扱う危険物又は製造し、若しくは取り扱う引火点が 65 度以上の物の量が労働大臣が定める基準に満たないものを除く。)</p> <p>4 乾燥設備(令 6 条 8 号イ又はロのものに限る。)</p> <p>5 アセチレン溶接装置(移動式のを除く。)</p> <p>6 ガス集合溶接装置(移動式のを除く。)</p> <p>9 軌道装置</p>	6 か月未満の期間で廃止するもの(則 85 条)
<p>7 機械集材装置(原動機の定格出力が 7.5kW を超えるものに限る)</p> <p>8 選材索道(支間の斜距離の合計が 350m 以上のものに限る。)</p> <p>11 架設道路(高さ及び長さが夫々 10m 以上のものに限る。)</p> <p>12 足場(つり足場、張出し足場以外の足場にあつては高さが 10m 以上の構造のものに限る。)</p>	組立てから解体までの期間が 60 日未満のもの(則 85 条)
<p>10 型わく支保工(支柱の高さが 3.5m 以上のものに限る。)</p>	なし(則 85 条)
(則 86 条、則別表 7)	

²⁸ 厚生労働省岡山労働局 HP より引用、編集

https://jsite.mhlw.go.jp/okayama-roudoukyoku/hourei_seido_tetsuzuki/anzen_eisei/tetsuzuki/keikaku.html

2.3 天然ガス自動車の仕様検討

天然ガス自動車（NGV）の仕様については、市販されている圧縮天然ガス自動車（CNG車）のうち、現在の生ごみ収集車両と同じ用途で利用できる車両を選定した。CNG ボンベの容量は、184L（36.8m³）の仕様である。また、生ごみ収集作業に合わせて、荷台に垂直ゲートを設置し、アルミ板でサイドパネルを設置する仕様とした。

2.4 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.76～）に掲載した。

2.4.1 第一回検討会

第一回検討会は真庭市内の落合総合センターで開催し、実証計画について説明後に意見交換を行った。また、閉会后には、実証予定地の視察を行った。

日 時 2021 年 11 月 1 日（月）14：00～

場 所 落合総合センター第 5 会議室

参加者 （順不同・敬称略）

環境省	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 田中嘉彦 環境専門員 越智俊二 環境専門員 菊池風太
事業主体	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
収集事業者	有限会社エコライフ商友	代表取締役 河野文雄
協力自治体	真庭市生活環境部環境課	課長 今石久嗣
専門家	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
オブザーバー	Daigas エナジー株式会社 ビジネス開発部	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

委託事業者	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 大饗嘉子 業務部 大石すみれ

議事次第

1. 開会
2. 参加者紹介
3. 事業概要説明
 - ・ 事業概要（資料①）
 - ・ 設備概要（資料②）
 - ・ スケジュール（資料③）
4. 意見交換
5. 次回日程
6. 閉会

資料：

- 資料① 脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業概要
 資料② バイオガス精製設備 P&ID、配置図
 資料③ 【工程表】BG 精製吸着貯蔵実証設備工事



図 2-29 第一回検討会の様子



図 2-30 実証予定地の視察の様子

2.4.2 第二回検討会

第二回の検討会は新型コロナウイルスまん延防止等重点措置への対応としてオンラインでの開催とした。

日 時 2022年2月1日(火) 14:00～

場 所 オンライン会議 (zoom)

参加者 (順不同・敬称略)

環境省	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 田中嘉彦 環境専門員 越智俊二
事業主体	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
収集事業者	有限会社エコライフ商友	代表取締役 河野文雄
協力自治体	真庭市生活環境部環境課	参事 山崎学 課長 今石久嗣 主査 杉尾高行
専門家	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
オブザーバー	Daigas エナジー株式会社 ビジネス開発部	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 田中豊和
	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
	株式会社ガスネット	取締役 米崎優
委託事業者	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. 参加者確認
3. 事業進捗説明
 - ・ 工事の進捗状況について 大阪ガスリキッド(株) (資料①)
 - ・ 審査会での報告事項について (株) Fermento (資料②)
 - ・ 今後のスケジュールについて
4. 意見交換
5. 閉会

資料：

資料① 工程表（1期工事）、配置図・基礎図面

資料② 脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業 審査会資料（案）

2.5 「審査等委員会」への出席

2月10日（木）15：00～15：30にWeb会議（WebEx）により「令和3年度脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業 審査等委員会」に出席し、事業の進捗状況報告及び、審査委員各位からの質問に回答を行った。

2.6 令和3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ヒアリング等への協力

環境省が別途実施する「令和3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」検討会にオブザーバーとしてオンライン出席をした。また、取りまとめの際の資料についての確認等を行った。

2.6.1 検討会への参加

日時：2022年1月20日（木）9：00～11：00

場所：佐賀市神野東2丁目1-3 サンシティオフィスビル5階Aホール及びオンライン

内容：令和3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、第2回検討会への参加（オブザーバーとしてオンライン出席）

日時：2022年3月8日（火）10：00～11：50

場所：航空会館会議室（事務局）及びオンライン

内容：令和3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、第3回検討会への参加（オブザーバーとしてオンライン出席）

2.6.2 実証事業のCO₂排出の確認

日時：2022年2月10日（木）

内容：「令和3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」において、受託者がとりまとめている事業実施前後のCO₂排出量の算出資料の確認を行った。

2.7 業務委託先との打合せ

本事業の実施にあたり、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2-17の通りである。記載以外にも適宜オンライン等での打合せを実施している。

表 2-17 業務委託先との主な打合せ

日付	相手先・内容等
2021年11月1日(月)	大阪ガスリキッド(株) (株)J-BUILD 現場打合せ
2021年11月10日(水)	(株)J-BUILD 基礎工事打合せ
2021年11月17日(水)	CNG 車両仕様打合せ
2021年11月20日(土)	(株)J-BUILD 基礎工事打合せ
2021年12月1日(水)	(株)J-BUILD 基礎工事打合せ CNG 車仕様打合せ
2021年12月8日(水)	(株)Fermento 進捗状況打合せ

2021年12月21日(火)	大阪ガスリキッド㈱ ㈱Fermento 打合せ
2022年1月13日(木)	大阪ガスリキッド㈱打合せ
2022年1月20日(木)	大阪ガスリキッド㈱電気工事打合せ
2022年2月5日(土)	大阪ガスリキッド㈱電気工事立ち合い
2022年2月8日(火)	関係者オンライン打合せ
2022年2月16日(水)	大阪ガスリキッド㈱工事打合せ
2022年2月20日(日)	大阪ガスリキッド㈱工事打合せ
2022年3月4日(金)	㈱Fermento 次年度計画打合せ

2.8 技術開発・実証の目標設定

技術開発・実証の目標は表 2-18 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、仕様の確定、用地契約、基礎工事、昇圧機（1台）の設置を完了した。既存プラントのCO₂排出量の試算については、2.9 二酸化炭素排出量削減効果（p.63～）に記載した通りである。

表 2-18 目標設定

	項目	最終目標	2021 年度(令和3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"> ・ 2021 年度(令和 3 年度)は実証設備の詳細設計と設置に向けた作業を進める。 ・ 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 回目では設備設置状況や次年度以降の実際の生ごみ収集の開始スケジュールなどの詳細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。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 用地契約後、基礎工事 100%完了 ・ 詳細設計 100%完了 ・ 昇圧機① 設置完了 ・ 検討会 2 回程度開催 ・ 実証に利用する車両の仕様検討
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。	
3	車両利用に関する技術検証	生ごみ収集車両(天然ガス自動車(CNG車))で燃料として利用するための実証を行う。	
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。	
			既存プラントの CO ₂ 排出量試算用のデータを収集し、分析作業を実施

2.9 二酸化炭素排出量削減効果

二酸化炭素排出量削減効果については、現時点では実証がスタートしておらず評価することができないため、基本事項の整理を行った。本実証は実証設備単体で CO₂ の大幅な排出削減につながるものではなく、将来的な普及とそれによる CO₂ 排出削減効果を期待するものである。そのため、実証終了時点までに、普及に適し、かつ CO₂ 削減効果の高い設備規模について検討を行う。

CO₂ の排出削減効果については、実証期間を通じ、実証設備及び想定される普及機での評価を行うこととする。評価にあたっては、従来処理方法、現状処理方法、提案システムの3種類の評価を行う。

今年度の報告では、従来処理方法、現状処理方法、提案システムそれぞれの「実証施設での処理に関しての排出量」を試算した。いずれのケースにおいても施設でのエネルギー起源 CO₂ (熱・電気・燃料の使用) については考慮していない。次年度以降、実証データを取得・分析する際に、評価範囲、評価方法については検討し、実証レベルと普及機レベルを想定した試算を行う計画である。

2.9.1 従来処理方法

従来処理方法は、既存プラントで受け入れている、生ごみ、し尿、浄化槽汚泥等の原料について焼却施設及びし尿処理場等で従来の処理を行う場合とする。現在、既存プラントで受け入れている原料は一般廃棄物では生ごみ、廃食用油、し尿、浄化槽汚泥であり、その他一部事業系の脱水ケーキも受け入れを行っている。地球温暖化係数(表 2-19)、従来処理方法の排出量の試算に利用した係数一覧(表 2-20)、従来処理方法の概略図(図 2-31)を示す。この係数は環境省温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」に基づいている。生ごみについては従来処理はクリーンセンターでの焼却処理である。廃食用油は、従来処理では BDF 化して利用している。BDF 化では廃食用油の 80% 程度の製品油と、20% 程度の廃グリセリンが生成するが、廃グリセリンについては処分方法が不明のため焼却として試算を行った。し尿、浄化槽汚泥は市内のし尿処理施設で処理している。脱水ケーキについては従来処理方法が不明のため製造業に係る有機性の汚泥を埋め立てする場合の排出係数を使用している。

試算にあたり、し尿・浄化槽汚泥は 1,000kg=1t=1m³ として計算している。また、し尿・浄化槽汚泥の窒素含有量についてはし尿 2,40mg/L、浄化槽汚泥 570mg/L の値を使用した²⁹。CO₂ 排出量への換算の際の地球温暖化係数については表 2-19 の値を使用した。

²⁹ し尿・浄化槽汚泥における 標準的性状の抽出と性状分析の効率化 表 3 の平均値より
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jswtb/52/1/52_19/_pdf

表 2-19 地球温暖化係数

CH ₄	25
N ₂ O	298

表 2-20 原料別の従来処理方法と試算に利用した係数

	従来処理	係数	単位	算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧※
生ごみ	単純焼却	0.000076	tCH ₄ /t	一般廃棄物の焼却/機械化バッチ式 (別表 12)
		0.0000724	tN ₂ O/t	一般廃棄物の焼却/機械化バッチ式 (別表 19)
事業系生ごみ	単純焼却	0.000076	tCH ₄ /t	一般廃棄物の焼却/機械化バッチ式 (別表 12)
		0.0000724	tN ₂ O/t	一般廃棄物の焼却/機械化バッチ式 (別表 19)
し尿	し尿処理場	0.000005	tCH ₄ /m ³	高負荷脱窒素処理 (別表 11)
		0.0029000	tN ₂ O/tN	高負荷脱窒素処理 (別表 18)
浄化槽汚泥	し尿処理場	0.000005	tCH ₄ /m ³	高負荷脱窒素処理 (別表 11)
		0.0029000	tN ₂ O/tN	高負荷脱窒素処理 (別表 18)
脱水ケーキ	埋立	0.150000	tCH ₄ /t	製造業に係る有機性の汚泥 (別表 10)
廃食用油	BDF 化	0.0000098	tN ₂ O/t	廃油の焼却(別表 19) ※BDF 化後の廃グリセリンは焼却として試算
発酵不適物	単純焼却	0.000076	tCH ₄ /t	一般廃棄物の焼却/機械化バッチ式 (別表 12)
		0.0000724	tN ₂ O/t	一般廃棄物の焼却/機械化バッチ式 (別表 19)

※ ()内の別表番号は環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」³⁰の別表番号である。

³⁰ <https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calcul>

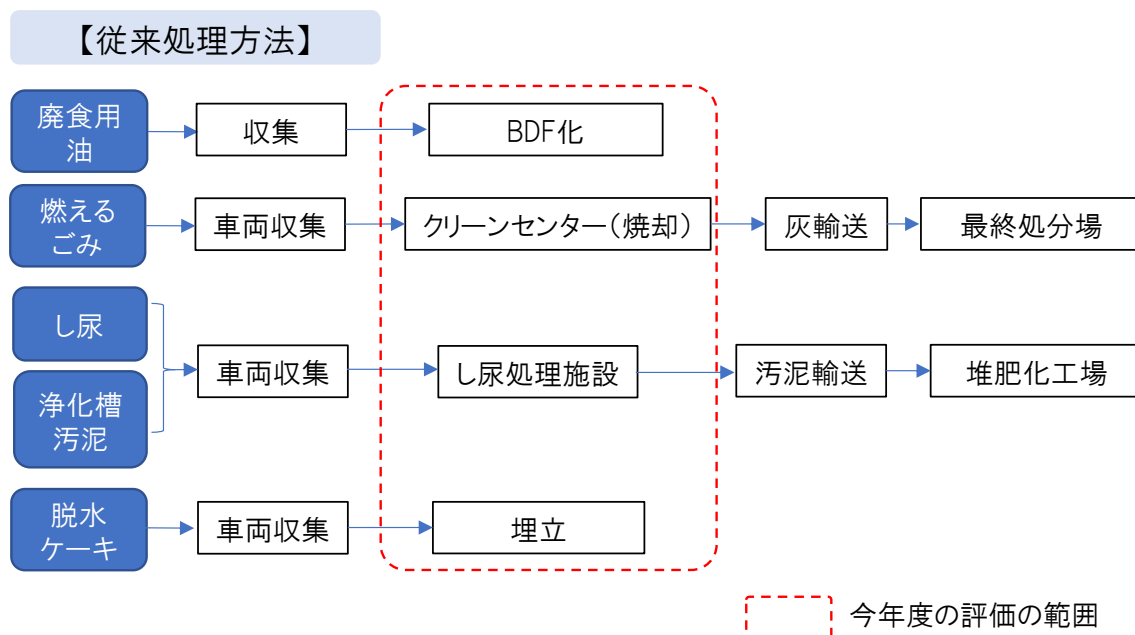


図 2-31 従来処理方法

従来処理方法について、CO₂排出量を試算した結果が表 2-21 である。従来処理では CO₂換算で約 581t の排出になっていたと試算される。

表 2-21 従来処理方法の CO₂ 排出量

	実証プラント受入量 (kg/年)	従来処理	合計排出量 (t-CO ₂ e)
生ごみ	317,770	単純焼却	7.46
事業系生ごみ	82,472	単純焼却	1.94
し尿	371,040	し尿処理場	265.41
浄化槽汚泥	150,880	し尿処理場	25.65
脱水ケーキ	76,735	埋立	287.76
廃食用油	3,636	BDF 化	-7.50
発酵不適物	2,328	単純焼却	0.05
合計	1,004,861		580.77

2.9.2 現状処理方法

現状処理方法は、既存プラントで行っているメタン発酵処理とバイオガスコージェネレーションによる発電、残渣利用の場合とする（図 2-32）。現状処理では、メタン発酵施設での発電については FIT による売電を行っている。FIT による売電については環境価値を含めた売電とされているため、CO₂ 排出削減には寄与していないとして CO₂ の排出量の評価を行った。現状処理では、発酵不適物はクリーンセンターで焼却処理をされているため、発酵不適物の焼却についてのみ従来処理方法と同様の係数を使用した。また、メタン発酵残渣はすべて液肥として農業利用されている（表 2-22）。

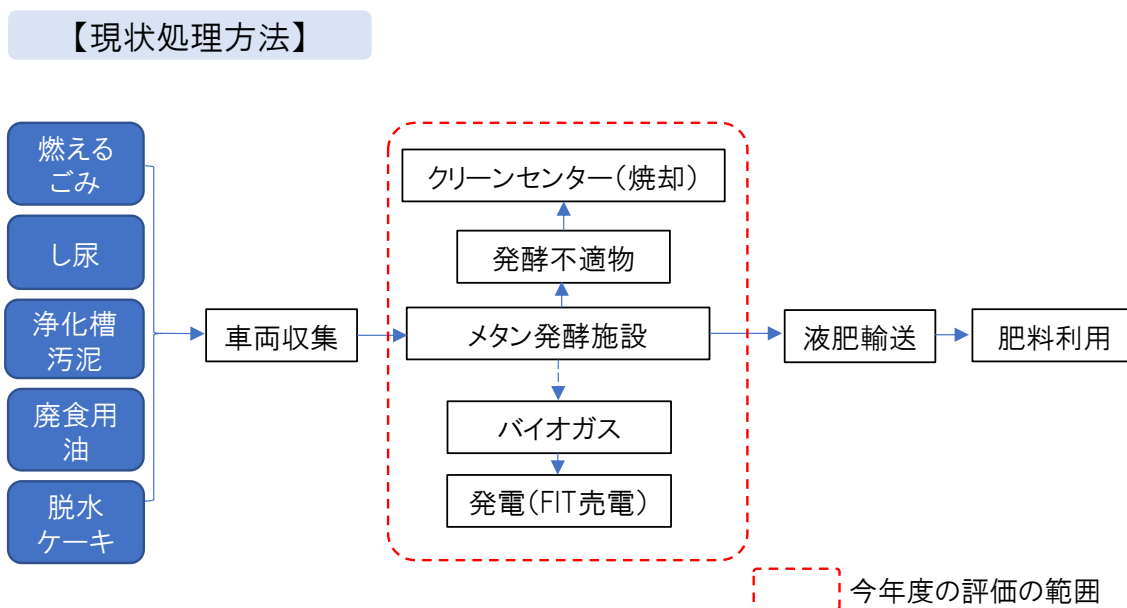


図 2-32 現状処理方法

表 2-22 現状処理方法の CO₂ 排出量

	実証プラント受入量 (kg/年)	処理方法	合計排出量 (t-CO ₂ e)
生ごみ	317,770	メタン発酵プラントで 処理後、残渣は液 肥として全量利用	0
事業系生ごみ	82,472		
し尿	371,040		
浄化槽汚泥	150,880		
脱水ケーキ	76,735		
廃食用油	3,636		
発酵不適物	2,328	単純焼却	0.05
合計	1,004,861		0.05

メタン発酵により生成したバイオガスは現状処理ではコージェネレーションで発電と排熱利用を行っている。発電については年間 93,239kWh の発電量（2020 年度実績値）であり、全量 FIT 制度により売電されている。参考値として FIT 制度での売電をせず、全量自家消費をする場合、排出係数を 0.47t-CO₂/MWh とすると、43.82t-CO₂ の排出削減となる。

2.9.3 提案システム

提案システムは、既存プラントに本実証の設備を追加し、メタン発酵処理と精製バイオメタンを車両利用する場合とする（図 2-33）。なお、実証設備では車両の走行に必要な量だけのバイオガスを精製するが、提案システムについての適正な評価と従来処理及び現状処理との比較のため、CO₂ 排出削減効果等については精製バイオメタンの全量を精製し車両利用するという前提での試算を行う。精製に必要なエネルギーについては電力会社からの購入を想定しているが、今年度の試算では従来処理方法、現状処理方法と条件を同じにするため施設でのエネルギー起源 CO₂ については考慮していない。また、精製バイオメタンの車両利用に際しては充填にもエネルギーが必要になるが、充填に必要なエネルギー等に関しては次年度以降、実証が開始してから検証を行う。従来処理方法、現状処理方法、提案システムのいずれのケースでも、今年度の評価はあくまで簡易的なものであり、評価範囲を今後確定し、実証開始後に詳細な評価を行う計画である（表 2-23）。

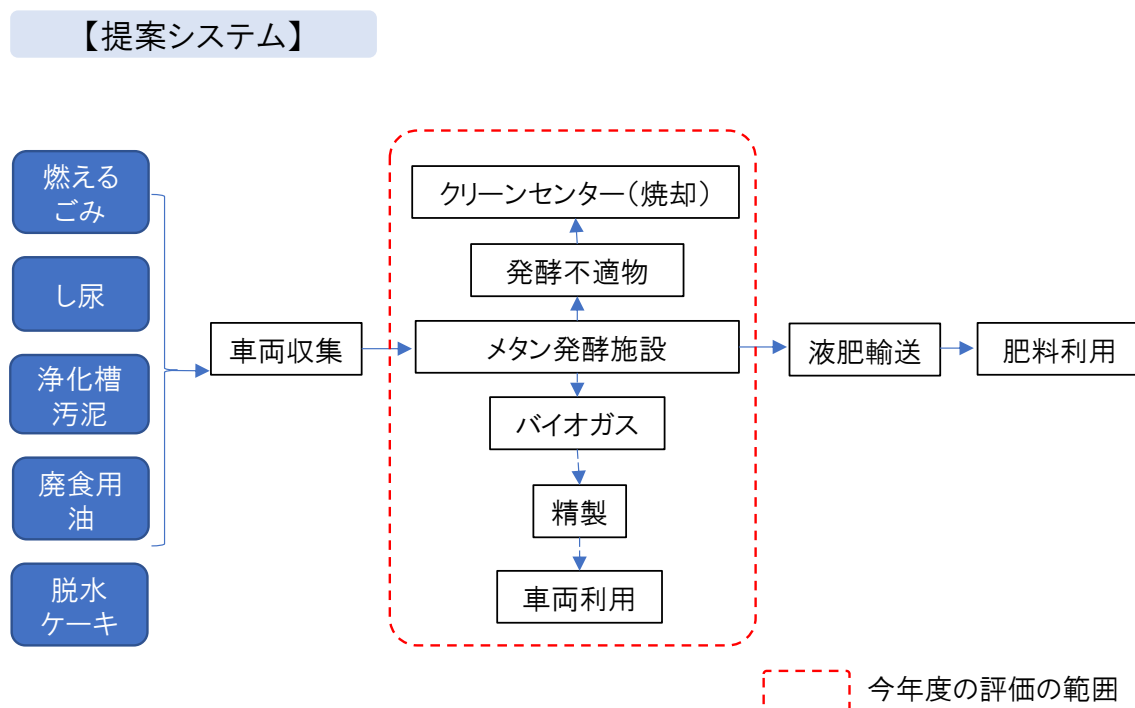


図 2-33 提案処理方法

表 2-23 提案処理方法の CO₂ 排出量

	実証プラント受入量 (kg/年)	処理方法	合計排出量 (t-CO ₂ e)
生ごみ	317,770	メタン発酵プラントで 処理後、残渣は液 肥として全量利用	0
事業系生ごみ	82,472		
し尿	371,040		
浄化槽汚泥	150,880		
脱水ケーキ	76,735		
廃食用油	3,636		
発酵不適物	2,328	単純焼却	0.05
合計	1,004,861		0.05

提案システムの CO₂ 排出削減量は、軽油代替燃料としての使用と想定して軽油代替分を評価した。年間のメタン生成量については、既存プラントのバイオガス量が把握できていないため、発電量実績と発電機の仕様から定格運転時間を算出し、バイオガスに含まれるメタンの量を推計した。試算の結果、提案システムでは発酵不適物の焼却で 0.05t-CO₂ の排出、エネルギー利用で 68.27t-CO₂ の排出削減となり、トータルでは 68.22t-CO₂ の排出削減となる（表 2-24）。

表 2-24 提案システムの CO₂ 排出削減量

利用方法	バイオガス精製後、車両で軽油代替燃料として利用
年間メタン生成量 (m ³)	26,383.93
メタン回収率 (%)	95%
メタン熱量 (MJ/Nm ³)	39.80
軽油熱量 (GJ/kl)	37.70
軽油代替量 (kl)	26.46
軽油排出係数 (tCO ₂ /kl)	2.58
CO ₂ 換算 (t-CO ₂ e)	-68.27

2.9.4 削減効果のまとめ

従来処理方法、現状処理方法、提案システムの CO₂ 排出量についてまとめたものが図 2-34 である。従来処理方法では、脱水ケーキやし尿の処理で多くの温室効果ガスが排出されていることが分かる。ただし、いずれの処理方法についても処理プロセスにかかるエネルギー消費やライフサイクルでの評価を行っていないため、次年度以降の実証を進めながら適正な評価方法、評価範囲を設定していく。

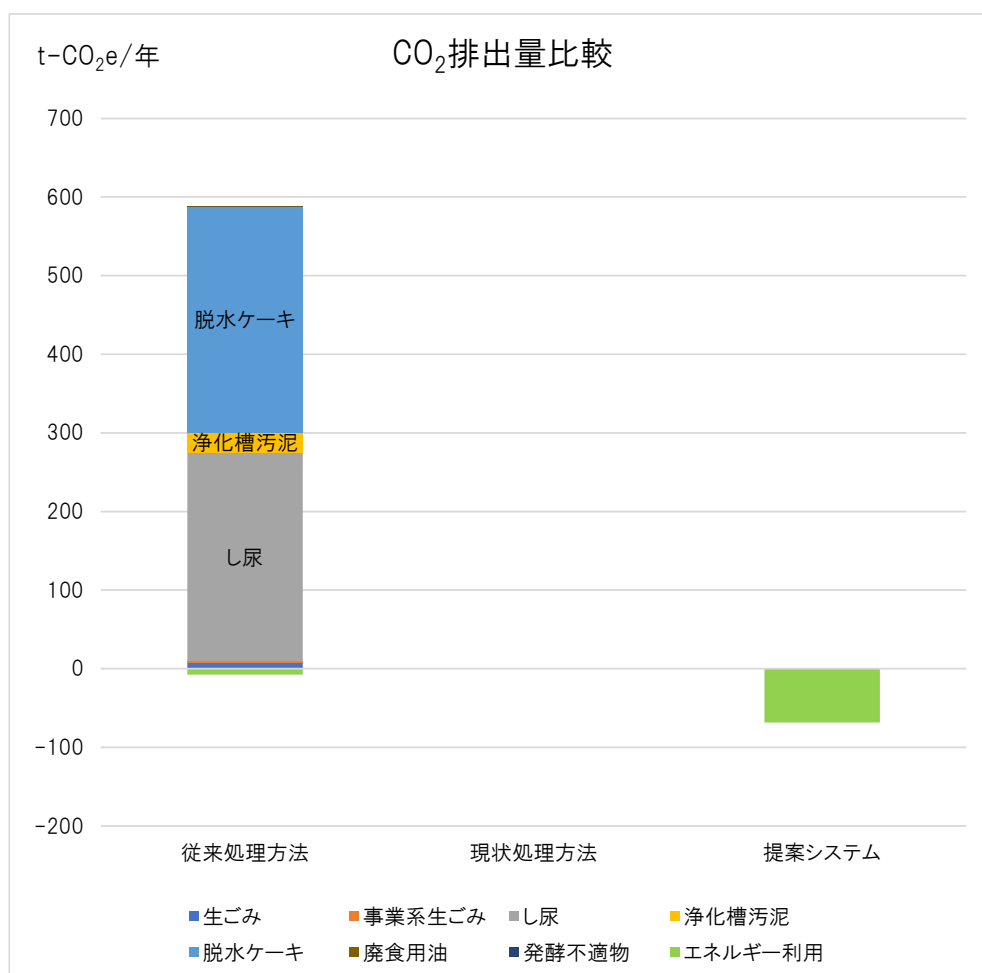


図 2-34 CO₂ 排出量比較

2.10 事業終了後の横展開の可能性

2.10.1 技術の事業化の見込み

ハイブリッド精製については、日本での導入実績はないものの技術開発は完了しており、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が本事業で確認できれば事業化は可能な段階である。一方で車両利用に関しては日本国内での事例が少なく、関連法規の対応や車両の保証など、普及に向けての制約がある可能性がある。

2.10.2 普及の見込み

バイオガスの車両燃料利用については、過去にも検討がなされていたが、FITの開始により発電・売電が最も経済的に優位な選択肢となってからは導入が進んでいない。今後はFIT制度がFIP制度へと移行することや、電力の買取価格や条件が変更になる可能性があることから、バイオガスの有効活用として車両燃料利用が売電よりも優位な選択肢となる見込みがある。また、卒FITを迎える施設や、FIT制度を利用していないメタン発酵施設等でも利用できるため、これらの施設へも普及の見込みがある。2.10.4 国内外の事例・動向(p.71～)で後述するが、精製バイオメタンの車両燃料利用はヨーロッパを中心に実用技術としてすでに普及しており、運輸部門のCO₂排出削減のキーとなる技術・政策となっている。

2.10.3 一般廃棄物処理施設への水平展開の可能性

家庭系の可燃ごみ（一般廃棄物）の重量の約40%は生ごみと言われている。多くの自治体では可燃ごみとして処理されているが、生ごみは含水率が高く（80%前後）焼却処理には適していない。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場がその64%を占めている³¹。また、67%は使用開始後20年以上が経過した施設である。焼却処理場でのごみ発電で効率が高くなるのは日量処理量が100t/日以上 of 施設であると言われているが、人口減少が続く中で、地方にある多くの焼却処理場を100t/日以上 of 処理能力のある高効率発電が可能な焼却施設にリプレースしていくことは今後ますます難しくなると考えられる。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、焼却施設を縮小または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。

また、し尿処理についても人口減少と下水道普及率の向上により処理量は減少傾向にあり、焼却施設同様に老朽化が進行している施設が全国各地にある。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か所程度であり、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。その一方で下水道未普及の地域も多くあるため、し尿処理場の完全廃止も難しい状況である。メタン発酵プラントは生ごみとし

³¹ 環境省 一般廃棄物処理実態調査 2020年（令和元年）データ

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（図 2-35）。

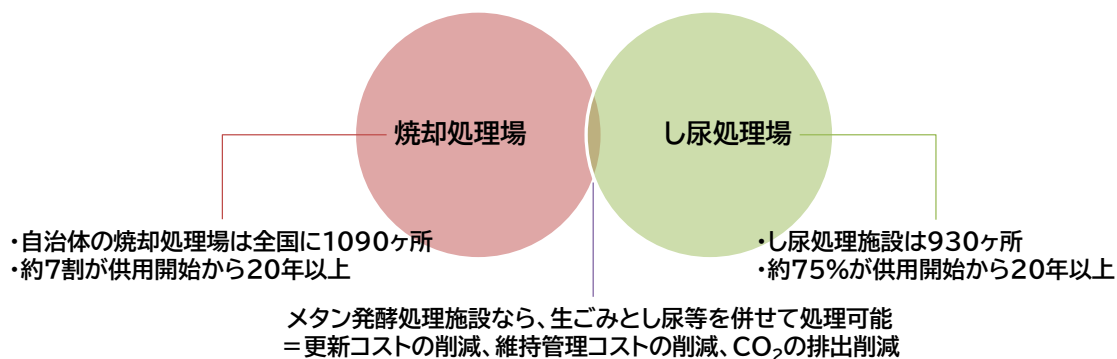


図 2-35 一般廃棄物処理施設としてのメタン発酵処理施設の可能性

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。バイオガスエネルギーの用途拡大や、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、本事業の結果はメタン発酵プラントの可能性を広げ、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。

2.10.4 国内外の事例・動向

日本国内では、ほとんど普及が進んでいない精製バイオメタンの車両利用であるが、海外、特にヨーロッパでは普及が進んでいる国がある。以下に国内及び海外の天然ガス自動車（NGV）及び充填インフラと精製バイオメタンの利用状況についての動向を取りまとめた。

(1) 日本国内の事例及び動向

日本国内では、精製バイオメタンを車両燃料として利用しているケースはまだ少ない。神戸市が下水処理場由来のバイオガスを精製し、車両燃料として利用しているほか、都市ガスへの供給利用を行っている。稚内市では、生ごみ、下水汚泥、水産廃棄物などを原料としてメタン発酵し、バイオガスの一部を収集車両用に利用している。また、北海道の鹿追町ではバイオガスを水素化して燃料電池車に利用する実証を行っている。

国内の天然ガス自動車を巡る状況としては 2020 年度で 48,768 台となっており、そのうちトラックが最も多い。普及台数の内、44.9%が関東圏に集中しており、近畿圏で 25.4%、東海・北陸圏で 14.2%と、大都市圏に集中している³²。これは、充填設備も同様の傾向にあり、充填インフラを普及させないと NGV が導入できないという状況にあると考えられる。

³² 天然ガス自動車の普及に向けて 一般社団法人日本ガス協会
https://www.gas.or.jp/ngvj/pdf/ngvj_catalog_spread.pdf?20210913

図 2-36 に充填設備の数を示す。本実証で導入を検討した小型充填機については 270 台設置されているが、そのうちの約半数にあたる 133 台が関東圏に集中している。

地域ごとの充填所数		2021年3月末時点							
種類	導入地区	北海道	東北圏	関東圏	東海・北陸圏	近畿圏	中国・四国圏	九州圏	合計
天然ガススタンド (ガス事業者関与)		5	3	39	25	22	12	7	113
天然ガススタンド (一般資本)		0	0	24	13	15	2	0	54
自家用充填所		1	1	16	5	9	2	2	36
合計		6	4	79	43	46	16	9	203
昇圧供給装置 (小型充填機)		2	0	133	85	26	14	10	270

図 2-36 急速充填設備 (エコ・ステーション、天然ガススタンド) ・小型充填機³³

(2) 海外の動向

日本国内では事例の少ない精製バイオメタンの車両利用であるが、海外ではすでに実用技術として導入が進んでいる。バイオガス精製の一般的な手法としては PSA、膜分離法、高圧水吸収法、極低温分離等がある。利用についても LNG 代替として液化した精製バイオメタンを利用する方法と、CNG 代替として圧縮ガスの状態で利用する方法がある。また都市ガス管への供給も一般的に行われている。

ヨーロッパでは 2017 年末までに、17,783 の発電用バイオガスプラントが稼働しており、ガス供給用バイオメタンプラントの数も、2011 年の 187 プラントから 2017 年の合計 540 プラントまで、急速に増加している³⁴。特に、デンマーク、スウェーデン、ドイツ、イタリア、フランス等では発電用バイオガスプラント、ガス供給用バイオメタンプラント共に施設数が増加している。ヨーロッパ天然ガス自動車協会 (NGVA ヨーロッパ) によると、ヨーロッパ全体で NGV 車両は現在推計 1,300 万台程度あり、2030 年までにガス駆動のバスやトラック、乗用車などで使用されるガス燃料の 40%がバイオメタンにより供給できるとしている。

ヨーロッパでの CNG、LNG ステーションの数も急速に増加しており、2020 年の NGVA ヨーロッパの統計によると CNG ステーションの数は 4,000 以上、LNG ステーションの数は 400 以上に達している³⁵。そのうちの 25%以上のステーションでは、すでにバイオメタンを燃料として供給している。天然ガスはガソリンと比較して CO₂ 排出が少なく、天然ガス自動車と供給インフラは、精製バイオメタンを車両用天然ガスの規格に合わせて製造す

³³ 天然ガス自動車の普及に向けて 一般社団法人日本ガス協会

https://www.gas.or.jp/ngvj/pdf/ngvj_catalog_spread.pdf?20210913

³⁴ 海外情報 2020 年 2 月号 (一般社団法人日本産業機械工業会) 及び EBA Statistical Report 2018

³⁵ <https://www.ngva.eu/medias/ngva-europe-has-published-2020-gas-vehicle-statistics-and-europe-has-reached-a-new-gas-refuelling-infrastructure-milestone/>

ることができれば完全に互換性がある。導入の進んでいる国ではまず天然ガスの供給インフラや天然ガス自動車を増加させ、並行して精製バイオメタン供給用のプラントを増やすことで天然ガスから精製バイオメタンへの切り替えを進め、中長期での CO₂ 排出削減を計画的に進めている。欧州自動車工業会（ACEA）によると、2020年に欧州連合で販売された新しいバスの11.4%は代替燃料車であり、そのほぼすべてが天然ガスを動力源としている³⁶。

図 2-37 にヨーロッパの CNG ステーション数を、図 2-38 にヨーロッパの運輸部門での供給 CNG に占める精製バイオメタンの比率を示す。2020年に運輸部門での精製バイオメタン利用を牽引しているのはデンマークとスウェーデンで、デンマークでは17か所の CNG ステーションの全てでバイオメタンを供給しており、スウェーデンでは205か所の CNG ステーションの95%でバイオメタンを供給している。その他にもオランダでは185ステーションでバイオメタン供給率90%、ドイツでは821ステーションで60%となっている。イタリアでも2019年には9%であったバイオメタン供給率が2020年には19%（ステーション数1392か所）になるなど飛躍的な伸び率となっている³⁷。



図 2-37 ヨーロッパの CNG ステーション数³⁸

³⁶ <https://www.acea.auto/fuel-cv/fuel-types-of-new-buses-electric-6-1-hybrids-9-5-diesel-72-9-market-share-in-2020/>

³⁷ <https://www.ngva.eu/medias/2510-biocng-in-2020-new-data-proves-rapid-growth-of-biomethane-in-transport/>

³⁸ <https://www.ngva.eu/stations-map/>（2022/2/25 時点 CNG ステーションは 4121、LNG ステーションは 515 となっている。）



図 2-38 運輸部門での供給 CNG に占める精製バイオメタンの比率（ヨーロッパ・国別）³⁹

また NGVA ヨーロッパのサイトでは、ヨーロッパ全体での CNG、LNG ステーションのマップが公開されており、個別のステーション情報の中には精製バイオメタンの割合（バイオシェア）が示されている（図 2-39）。利用者はこのバイオシェアを確認してステーションを選ぶことができる⁴⁰。

³⁹ https://www.ngva.eu/wp-content/uploads/2022/02/bioCNG-in-2020_NGVA-Europe_7FebVersion.jpg

⁴⁰ ただし、一部の国や運営企業によりバイオシェアが表示されないステーションもある。

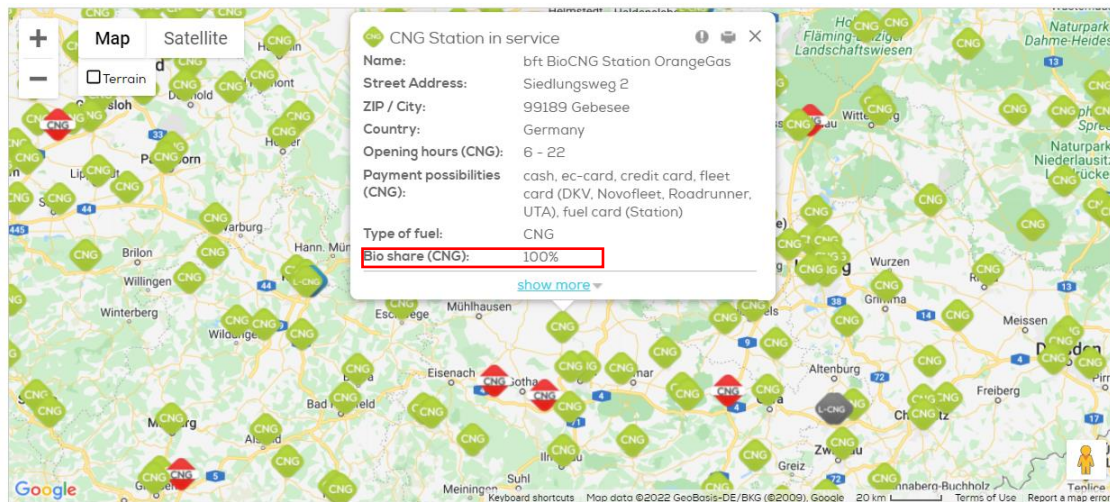


図 2-39 CNG、LNG スターションマップの例⁴¹

北米でも、約 17 万 5 千台の NGV が普及しており、CNG スタンドは約 1,600 か所、LNG スタンドが約 140 か所存在している。NGV は市バスなどの巡回バス、ごみ収集車、配送トラックを中心に緩やかに増加している。市バス、ごみ収集車についてはバイオガス利用も進んでおり、バイオガス利用率は 30% 程度に達している⁴²。

⁴¹ <https://www.ngva.eu/stations-map/>

⁴² 天然ガス自動車の普及に向けて 一般社団法人日本ガス協会
https://www.gas.or.jp/ngvj/pdf/ngvj_catalog_spread.pdf?20210913

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
 - ・ 環境省田中様よりご挨拶
 - ・ 各位自己紹介
3. 事業概要説明
 - ・ 事業概要 株式会社 Fermento
 - ・ 精製技術、貯蔵技術の概要 大阪ガス株式会社
 - ・ 設備概要 大阪ガスリキッド株式会社
P&ID 図、配置図により、設備概要を説明
 - ・ スケジュール
11 月後半～ 土木工事開始
2022 年 2 月～ 1 期工事
2022 年 6 月～ 2 期工事
2022 年 8 月～ 試運転
2022 年 9 月～ 実証開始
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
Fermento	スケジュールに問題はないか？
いすゞ	車両について、コロナ禍の影響もあり、納車までおおよそ 10 か月かかる見込み。
真庭リ協	環境省との契約関係もあるので、確認してから対応を検討する。
環境省	吸着貯蔵の特徴や利点は？
Daigas エナジー	吸着貯蔵は低圧で貯められるのが特長。小規模よりは大きな規模でメリットがある。土地に制約がありスペースが無い場合などにメリットがある。
藤原教授	吸着材は交換不要なのか？
Daigas エナジー	吸着材は通常の使い方であれば交換不要。水分に弱いですが直前までで除去するようにしている。シロキサンを吸着するとよくないが、数年間は持つ。また、高分子の炭化水素が吸着してしまうと能力が落ちてくるが手前で除去出来ていれば能力をほぼ保つことができる。

バイオガ斯拉ボ 三崎氏	バイオメタン 85%と資料にあるが、実際は 95%? CO ₂ 分離膜は回収率の向上が目的?
大阪ガス	ハイブリッド精製によるメタン (CH ₄) は実質 95%と今回の実証ではしている。85%はタイで実証した際の指標。 分離膜をつけているのはメタン (CH ₄) の回収率の向上のためである。オフガスによる温室効果ガスの大気放散を回避することが目的。製品ガス濃度を調節することだけであれば PSA のみで可能。
藤原教授	下水処理場では高圧ガスを水で精製する方法 (高圧水吸収法) も使われているが、それと比較してこの方法のメリットは?
大阪ガス	高圧水吸収法では大量の水が必要になる。ハイブリッド精製では水が不要。また、高圧水吸収法を採用する場合は、関連法規の対応も複雑になる。PSA のメリットとして、エネルギーの消費量削減が挙げられる。大規模 (処理能力 2,000m ³ /h、アメリカの大規模な埋め立て処理場などの規模) の施設であれば水を使った方法が優位であるが、中規模以下であれば PSA が優位。今回の事業規模 (150m ³ /日) であれば PSA がよい。
藤原教授	例えば 20t トラックの CNG 車などでごみの中継輸送をして移動回数を減らすというような、ガスの有効利用を真庭市全体として可能性を検討してみてはどうか。
いすゞ	トンキロベースで考えるならかなりの効率向上になる。
環境課	効率化を図りたいと市長も常に発言している。3か所のクリーンセンターを1つに集約する方向性を検討するにあたり、ごみ中継等は今後の検討課題である。
大阪ガス	市内で CNG 車への補給ができるステーションは他にあるのか?
Fermento	実証用の CNG 車に1回あたりの補給ができるように計画しており、補給場所は市内に実証施設1か所のみ。CNG の実証収集車は1台のみ。走行距離を確認して設計協議の上、実証施設の規模設定をしているのでガス欠にはならないと思う。当初は施設のバイオガス全量を精製と計画していたが、収集車両の走行に必要な精製ガス量を賄える施設として、余ったガスは従来通り発電に利用する予定に変更した。
バイオガ斯拉ボ 三崎氏	精製したガスを使って発電効率が上がるかの検証は行うか?
Daigas エナジー	今回の実証では行わないことにしている。
真庭り協	計算上は1回の充填でルートを回れるのではないかとシミュレーションしている。

	雪が降る地域であるのでそのあたりも含めてこれから検証していく。
バイオガ斯拉ボ 三崎氏	LPG は付臭用？バイオガスを膜で精製してガス分析をしたら付臭しなくてもいいのではないか。
大阪ガス	吸着材に活性炭を使用するので臭気の成分が除去されて匂いが足りなくなると思う。ガス会社としては所定の付臭材を入れて欲しい。
藤原教授	環境特性やアセスメント的にみてどれくらいの CO ₂ 削減になるか等の評価をするために、燃焼効率や膜の材質など含め基になる情報を提供していただければと思う。 環境省としては地域循環共生圏などの地域で何%の温室効果ガス排出削減等の目標値を設定されているか。
環境省	環境省としては地域ごとに目標を設けていない。
真庭り協	次回日程は 1 月末～2 月上旬で調整
環境省	次年度については、2 月の審査会で方向性が決まる。年度ごとの契約となる。

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

- ・ 工事の進捗状況について 大阪ガスリキッド株式会社
設備を置くに当たって労働基準局へ機械室等設置届を 11 月 1 日に提出し、12 月 1 日より基礎部分(配置図参照)の工事に着工した。現状基礎はほぼ完成しつつある。
2 月 15 日頃から電気の引き込み工事の予定で株式会社 J-BUILD から中国電力株式会社へ申請を行っているが、申請方法が電子化したため通常より手続きに時間がかかっている。翌週に配管工事を予定しており、2 月中には今年度の工事を完了できる見込みである。部品の納期に遅れが出ているものもあるので、そちらについては別途相談したい。
- ・ 審査会での報告事項について 株式会社 Fermento
今年度事業については若干の遅れがありながらも概ね予定通り進んでおり、計画していた事項は年度内に完了の見込みである。

応募事業の事業費は初年度計画の応募額よりも採択額の方が少なく、約 700 万円のコストダウンをした。コストの削減に関しては VRA（小型充填機）を導入して大幅削減を狙っていたが、高圧ガス保安法の関係で認められなかった。

2022 年度（令和 4 年度）の計画として夏頃にハイブリッド精製装置・吸着貯蔵設備等設置 100%完了、バイオガスの精製・貯蔵・車両利用の実証を開始する。最終年度まで実証を継続し、実証規模と普及を想定した規模の施設での CO₂ 排出削減量評価を実施する。

CO₂ 削減効果等について、今年度はまだ実証がスタートしておらず、詳細な評価を出すには難しい状況。

設備は 2022 年 8 月までに設置完了、実証は秋から 1 年以上を予定しているが車両及び機器について納期が不透明な状況もある。

当初計画からガス精製量の変更、吸着貯蔵ホルダーの容量変更、圧縮機の変更を行った。

- ・ 今後のスケジュールについて

審査委員会 2 月 10 日 15 : 00～

3. 質疑応答・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	次年度以降の目標として 20 回以上の生ごみ収集となっているが収集エリアは現状どこを想定しているか。実証プラントのフロー図では汚泥や廃食用油等も投入する想定だったが今回は生ごみだけか。
Fermento	現状、真庭市の久世地区で収集している 2 台の収集車のうち 1 台を CNG 車両にする予定。車両の用途としては生ごみのバケツ収集を想定している。
藤原教授	PSA には脱硫したガスをそのまま入れて分離するという事によいか。 60%メタンガスには窒素はどれくらい含まれるか。PSA を使用すれば窒素は排出されるか。
大阪ガス	脱硫後のガスを PSA に投入する予定である。 PSA では窒素は除去されず出てしまうが、上流側の窒素が少ないと事前に判っているので問題ないと考えている。
Fermento	窒素はバイオガスの組成分析を行った結果では 4 回計測してすべて 1%以下であった。
バイオガ斯拉ボ 三崎氏	（設備図について）ガス設備範囲・高圧ガス設備範囲・高圧ガス範囲外とあるが、違いは何か。 ガス充填の際に高圧ガス保安法がいつもネックになるが、日本でこれが外れる可能性はないのか。

ガスネット	<p>高圧ガス設備は高圧ガスの定義に基づいた設備。1MPa以上の圧力のガスを全て高圧ガスという。高圧ガスを精製する前段の設備を高圧ガス設備の中の「ガス設備」と呼んでいる。「ガス設備」及び「高圧ガス設備」範囲として表示してある部分が高圧ガス製造としての届出範囲内となっている。</p> <p>高圧ガス保安法を避けて高圧ガスを充填する設備について、VRAという昇圧供給装置（小型充填機）があり、それで車両に充填することは高圧ガス保安法からは外れており、ガス事業法の範疇で可能である。現状日本ではこの1つだけである。</p>
Fermento	<p>ガス事業法は一般的な都市ガスを利用しているところでの法律の適用になるので、都市ガスが来ている家庭用でも小型充填機に繋いで充填することが可能と聞いている。ただし今回の事業では都市ガスと同じようなガスを作るがバイオガスなので都市ガスの法規が適用されず、高圧ガス保安法の範囲になる。</p>
いすゞ自動車	<p>全体日程において、エンジン性能試験を実施する時期を現在の計画表では2023年夏頃としてあるが、この時期でなくともよいという認識でよいか。エンジン性能試験の性質上、ガスを使い始める段で性能試験ができていた方が実証全体として素直な流れかと思う。車両が走り始めてから確認行為として行うか、車両が走り出す段階で排ガスを含めガスの安全性を証明済みしておくのか、エンジン性能試験の立ち位置を確立しておきたい。2022年夏頃、車両実証時期に合わせてエンジン性能試験を行った方がよいのではないかな。</p>
Fermento	<p>スケジュール的にはガスが取ればいつでも試験できるが、ある程度ガスが安定的に取れることと、予算の関係でこの時期にとなった。</p>
大阪ガスリキッド	<p>今回の製造能力的に1時間当たり4m³/hの充填設備となっている。エンジン性能試験の必要量はおよそ200m³とのことなので、連続で運転して充填に50時間かかる。発酵槽や発電の兼ね合いで20m³～30m³/日になると思われる。カードルに充填するが計算上で10日かかり、機械に付きっきりというわけにもいかないのが充填するだけで1か月近くかかると想定している。</p>
Fermento	<p>次年度以降のスケジュールについて、事業の開始はいつ頃になるか。</p>
環境省	<p>事業の開始は4月1日契約で進めたいと考えている。その間の手続きと、今年度からの環境省の方針の変更等についてまた連絡する。</p>
Fermento	<p>高圧ガス保安法について、こういった課題があるか、こういった緩和があれば普及に繋がるか等の情報提供が欲しい。</p>

ガスネット	設備費等が安価になるので今回は VRA の設置を試みたが、経産局からは承認を得られなかった。VRA はガス工作物であるので、ガス事業を行っているものが設置しないといけない。バイオガスの製造設備はガス事業法の準用という位置付けになっており、準用の中に VRA という昇圧供給装置を設置してもよいということになれば、普及が進むのではないかと思う ⁴³ 。
バイオガ斯拉ボ 三崎氏	それは充填という作業にかかるものということか。以前膜によるガス精製を行ったときは通常 0.9MPa だが、ガス精製膜は 1.5MPa でも 2MPa でも十分性能が出て効率も上がっていく傾向にあるので、そこが緩和されれば膜によるガス精製も普及するのではないかと思っている。バイオガス施設はガス事業法準用事業者であるから、事業者と同じようにガス工作物の適用を受けたりもしている。どうすれば確認することができるか。
大阪ガスリキッド	都市ガスで CNG 車の充填の際に VRA を使えばということで中国地方の経産局に訊いたが高圧にするならばすべて高圧ガス設備とのことだった。関西圏では VRA が普及しており、ガスの組成も都市ガスと変わらないものを取り扱うが、ガス事業法部分でのガス工作物というところで使えると思っている。バイオガスも都市ガスと同じ方向で認められるよう持っていければ、VRA は現在の高圧ガス設備と比べてずっと安価なので普及も進むのではないか。
バイオガ斯拉ボ 三崎氏	VRA は 24 時間連続稼働できるか。
大阪ガスリキッド	例えば日中車両走行させて、夕方に充填装置を繋いで翌日の朝に満タンになっている、というような使い方になる。
ガスネット	24 時間連続稼働は想定していない。8 時間か 10 時間ほど連続使用すると停止するような安全装置が入っている。機械がガスが漏れていると認識してしまうため。一旦停止し、また入れれば使えるようになる。

4. 閉会挨拶

- ・ 真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合 田村事務局長

⁴³ この点に関してはガス事業法の準用事業者にかかる手続きについての資料を 3.3 に掲載した。

3.2 用語解説

● 高圧ガス⁴⁴

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

⁴⁴ 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。

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、態様に依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っては 300m³）未満であって、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って冷凍能力が 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って冷凍能力が 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、ディスプレイ、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って、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っては 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。

3.3 ガス事業法の準用事業者に係る手続きについて

図 3-1 は、関東東北産業保安監督部東北支部のホームページに掲載されている資料である。「下水汚泥、食品残渣、家畜排せつ物等の有機物をメタン発酵処理することにより得られるバイオガス、工場における副産ガス、その他の可燃性ガスの利用を計画している事業者の方は、これらのガスを導管により供給する場合や、自ら使用する場合には、ガス事業法が適用され、届出手続きが必要となるほか、ガス工作物の技術基準への適合などが義務づけられます。」とある。準用範囲にガス充填設備までを入れることができれば、小型のバイオガスプラントでガス精製、車両利用等を行う際に、ガス工作物である小型充填機が利用できることになる。



図 3-1 ガス事業法の準用事業者に係る手続きについて⁴⁵

⁴⁵ https://www.safety-tohoku.meti.go.jp/sangyo_hoan/r0212kaisei/h310219jyunyo.pdf

3.4 見積仕様書

JOB No. OGL-TO-210913-A

真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合殿バイオガス精製・吸着貯蔵・充填設備見積仕様書

2021年10月

大阪ガスリキッド株式会社

配布先						
客先						
	3	2021年10月26日	大戸	杉田	大西	
	2	2021年10月25日	大戸	杉田	大西	
	1	2021年9月30日	大戸	杉田	大西	
	0	2021年9月6日	大戸	杉田	大西	
控	改訂	作成日	承認	照査	担当	関係者
計						記事

目 次

1. 概要	.....	3
2. 設計条件	.....	3
3. 設備仕様	.....	4
4. 供給ガス	.....	5
5. 設備エリア	.....	5
6. 運転制御・監視	.....	5
7. 見積範囲	.....	5
8. 見積範囲外	.....	6
9. 特記事項	.....	6
10. 保証	.....	7
11. 検収	.....	7

1. 概要

本仕様書は、真庭広域廃棄物リサイクル事業協同組合様より御引合いを頂きました「天然ガス自動車(CNG 車)への充填設備」の設計、製作、搬入、試運転、メンテナンス、撤去について適用いたします。本設備は、貴組合製造のバイオガスを原料とし、ハイブリッド精製装置(PSA 膜ハイブリッド方式)でメタンガスを濃縮し、吸着貯蔵ホルダで貯蔵、LP ミキシングユニットにて所定の熱量に調整・蓄ガスし、CNG 車へ充填する設備です。

・ 名称	バイオガス精製・吸着貯蔵・充填設備
・ CNG 車への充填能力	28Nm ³ /day
・ 納入場所	岡山県真庭市西河内696-43 真庭環境衛生管理株式会社 構内指定場所
・ 納期	御下命後、試運転完了引き渡しまで約 12 か月 ・1 期工事:御下命後約 6 か月 ・2 期工事:用役開通後試運転調整約 1 か月を含めて約 12 か月 (3 期工事:貴社実証試験終了後約 1 か月)

2. 設計条件

2-1 適用法規及び規格

- ・ 高圧ガス保安法
- ・ 液化石油ガス法
- ・ JIS、JPI、JEM、JEC
- ・ 労働安全衛生法
- ・ ボイラー及び圧力容器安全規則
- ・ 大気汚染防止法
- ・ 振動規制法、騒音規制法
- ・ 消防法及び関連条例

※ ハイブリッド精製装置の可燃性ガスラインの設計圧力は 0.99MPaG のため、高圧ガス保安法は適用されません。

2-2 設置条件

- ・ 設置場所 屋外、及び屋内(添付資料 2 ご参照)
- ・ 気温 0~40℃
- ・ 湿度 15~95%

2-3 用役条件(お客様支給)

- ・ 原料バイオガス 0.05MPaG 以上/常温
(組成 CH₄ ≧ 60 mol %, CO₂ ≦ 40 mol %, H₂S < 1ppm)
- ・ LP ガス 50kg ボンベ×2 本/約 7 日 (運転時:1kg/h 以上)
- ・ 供給電源 3 相 200V 60Hz
単相 100V 60Hz
- ・ 工水または上水 0.2MPaG 以上/常温
- ・ 窒素 7m³ ボンベ×2 本 (純度 99.99vol%以上)

2-4 用役消費量

- ・ 原料バイオガス 150Nm³/day(最大)

- ・ 電力 49kW 以下
- ・ 工水または上水 0.8m³/h (冷却水用の原水として)
- ・ 窒素 0.5Nm³/h(パージ用)

3. 設備仕様(防爆仕様の設備は「※」とする)

3-1 ハイブリッド精製装置

- ・ 出口ガス量 90Nm³/day
- ・ 運転圧力 0.95MPaG 以下

3-2 吸着貯蔵ホルダ※

- ・ 容積 5m³
- ・ 圧力 0.1~0.7MPaG
- ・ 参考貯蔵量 約 70Nm³(0.7MPaG のとき)

3-3 ミキシングユニット

- ・ LPG ボンベ容量 50kg×2 本
- ・ ミキシングタンク容積 200L

3-4 圧縮機①

- ・ 圧縮能力 5.5Nm³/h
- ・ 吸入圧力 0.1MPaG
- ・ 吐出圧力 0.9MPaG

3-5 蓄ガス・充填ユニット※

- ・ 容量 250L×4 本
- ・ 充填圧力 24.5MPaG 以下

3-6 圧縮機②※

- ・ 圧縮能力 4.0Nm³/h
- ・ 吸入圧力 0.5MPaG
- ・ 吐出圧力 25MPaG

4. 供給ガス
- ・ 温 度 40℃以下
 - ・ 圧 力 24.5MPaG 以下
 - ・ 性 状 12A または 13A 相当
 - ・ 露 点 -55℃以下(大気圧下)
5. 設備エリア(概寸)
- ・ W15.0m × D11.0m × H10.0m
6. 運転制御・監視
- ・ ハイブリッド精製装置及び圧縮機①の運転制御は、建屋内の制御盤タッチパネル操作で行うことができます。
 - ・ ガス漏れ等の重故障が発生した場合は、電源供給を遮断し各機器を停止します。その他の故障時はユニット毎に自動停止します。
 - ・ 制御盤タッチパネルで、運転状態やトレンドデータの確認を行うことができます。
7. 見積範囲
- 各工期における工事範囲は、添付資料 1 にて明示するものとします。
- 7-1 1 期工事 (新設工事)
- | | | |
|-----|-----------|-----|
| (1) | 全体システム設計 | 1 式 |
| (2) | 配管工事 | 1 式 |
| (3) | 電気工事 | 1 式 |
| (4) | 機器 | |
| | ① 圧縮機① | 1 式 |
| (5) | 諸経費 | |
| | ① 届出書類作成費 | 1 式 |
| | ② 工事進捗報告書 | 1 式 |
- 7-2 2 期工事 (新設工事)
- | | | |
|-----|--------------|-----|
| (1) | 配管工事 | 1 式 |
| (2) | 電気工事 | 1 式 |
| (3) | 制御システム | 1 式 |
| (4) | 機器 | |
| | ① ハイブリッド精製装置 | 1 式 |
| | ② 吸着貯蔵ホルダ | 1 式 |
| | ③ ミキシングユニット | 1 式 |
| | ④ 圧縮機② | 1 式 |
| | ⑤ 蓄ガス・充填ユニット | 1 式 |
| | ⑥ 小型空気圧縮機 | 1 式 |
| | ⑦ 冷却塔・冷却水ポンプ | 1 式 |
| | ⑧ 遠隔監視システム | 1 式 |
| (6) | 試運転 | 1 式 |
| (7) | 諸経費 | |

① 届出書類作成費	1式
② 完成図書	1式

7-3 3期工事（撤去工事）

(1) 電気設備廃棄(電力会社からの貸与品を除く)	1式
(2) 吸着貯蔵ホルダ廃棄	1式
(3) ハイブリッド精製装置廃棄	1式
(4) 窒素パーージ作業	1式
(5) 諸経費	1式

7-4 メンテナンス

各機器のメンテナンスは、添付の「メンテナンス周期表」に基づいて実施するものとします。

8. 見積範囲外

- (1) 基礎、建築工事等の全ての土木建築工事(基礎図面は提出します)
- (2) 用役設備(電力、LP、工水、排水など、また、トイレ、工事用車輛の駐車場、工具・道具・資材置場等)
- (3) 原料バイオガス
- (4) 弊社指定位置までの一次側工水配管工事
- (5) 防消火設備、避雷設備、火災警報設備、照明設備
- (6) 弊社指定位置までの一次側工水配管の凍結対策
- (7) 積雪対策
- (8) 官庁届出手続き(書類作成の助成は弊社範囲内とします)
- (9) ご支給品
 - ・ 工事、試運転時の用役
 - ・ 補機類の潤滑油(ただし初期充填分は弊社範囲内)
- (10) お客様の工場立会検査
- (11) その他本仕様書に記載なき事項

9. 特記事項

- (1) 接地工事

以下の接地工事を施工、各ユニットへ配線します。

 - ・動力制御盤(動力回路)、200V系電動機等 D種接地工事
 - ・動力制御盤(制御回路)、制御用機器類 D種接地工事
 - ・その他100V系 D種接地工事
 - ・各設備 静電気除去 D種接地工事
- (2) 試験・検査

納入範囲内の機器、配管、計装品類については、弊社及びメーカー標準の試験・検査を実施し、検査記録を提出します。
- (3) 塗装仕様

納入範囲内の機器、配管、計装品類の塗装仕様は弊社及びメーカー標準といたします。
- (4) 上記以外については、詳細打ち合わせの上決定させていただくものとします。

10. 保証

弊社の設計、製作、調達の不備によるものと認められる不具合については、速やかに無償にて補修または取替を行います。但し、上記保証期間は試運転完了後1ヵ年に限るものとし、その条件は以下の通りとさせていただきます。

- (1) 保証期間内であっても、一切の営業責任は無い事といたします。
- (2) 次の事項は免責されるものといたします。
 - ・設計条件と異なる取扱い運転による支障
 - ・自然消耗、性能劣化による支障
 - ・第三者(動物含む)による破壊行為、部品・部材の窃盗行為による支障
 - ・不可抗力で生ずる損害(2次災害を含む)
 - ・積雪や凍結による機械の故障や損失
 - ・性能の欠落を伴わない軽微な損傷

11. 検収

各工期の完了毎に検収いただくものとします。

11-1 1期工事（新設工事）

現地工事完了後、当該工期において完了した範囲の工事進捗報告書の提出をもって、検収させていただきます。

11-2 2期工事（新設工事）

現地工事完了後、試運転調整および性能確認運転を実施し、下記性能を満たすことを確認いたします。

CNG車への充填量	28N m ³ /day 以上
供給ガス性状	12A または 13A 相当
蓄ガス圧力	23.0MPaG
温度	40℃以下
露点	-55℃以下/大気圧下

性能確認後、完成図書の提出をもって検収させていただきます。

11-3 3期工事（撤去工事）

撤去工事完了後、マニフェストの提出をもって検収させていただきます。

11-4 メンテナンス

各メンテナンス完了報告書をもって検収とさせていただきます。

[添付資料]

- (1) 添付資料 1 バイオガス精製、吸着貯蔵、充填設備 P&ID 図
- (2) 添付資料 2 バイオガス精製、吸着貯蔵、充填設備 配置図
- (3) 添付資料 3 メンテナンス周期表

以上

添付資料 3

メンテナンス周期表

メンテナンス周期	1ヶ月毎	6ヶ月毎	1年毎	所掌範囲
ハイブリッド精製装置		○		弊社所掌
ハイブリッド精製装置用 圧縮機		○		弊社所掌
ミキシングユニット			○	弊社所掌
圧縮機①		○		弊社所掌
蓄ガス・充填ユニット			○	弊社所掌
圧縮機②		○		弊社所掌
冷却塔薬注	○			手配:弊社所掌、管理:貴社所掌
補機類一式		○		弊社所掌

以上

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。