



自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

バイオガスとグリーン水素の実用性 スコープ1削減の効果と課題

2023年12月



表紙写真

上:垂水処理場(兵庫県神戸市)のバイオガス製造設備

下:米倉山電力貯蔵技術研究サイト(山梨県甲府市)の水素運搬トレーラー

撮影:自然エネルギー財団

謝辞

本レポートの作成にあたり、企業、自治体、研究機関の皆様にご協力いただきましたことを感謝いたします。

執筆担当者

石田 雅也 自然エネルギー財団 シニアマネージャー（ビジネス連携）

免責事項

本レポートに記載した情報の正確性については万全を期しておりますが、自然エネルギー財団は本レポートの情報の利用によって利用者等に何らかの損害が発生したとしても、かかる損害について一切の責任を負うものではありません。

公益財団法人 自然エネルギー財団とは

自然エネルギー財団は、東日本大震災および福島第一原子力発電所の事故を受けて、孫正義(ソフトバンクグループ代表)を設立者・会長として2011年8月に設立しました。安心・安全で豊かな社会の実現には、自然エネルギーの普及が不可欠であるという信念から、自然エネルギーを基盤とした社会を構築することを目的として活動しています。

目次

第1章 スコープ1削減:選択肢が増える.....	1
●化石燃料から電力へ移行(電化).....	4
●自然エネルギー由来の燃料へ転換.....	7
●合成メタンとガス証書の有効性.....	13
第2章 バイオガス:廃棄物の削減と両立.....	16
●食品廃棄物によるバイオガス.....	17
●畜産廃棄物によるバイオガス.....	21
●下水廃棄物によるバイオガス.....	24
第3章 グリーン水素:先行企業が実証.....	28
●水の電気分解によるオンサイト製造.....	29
●水の電気分解によるオフサイト製造.....	37
●バイオガスによるオンサイト/オフサイト製造.....	41

第1章 スコープ1削減:選択肢が増える

地球規模で加速する気候変動を抑制するために、いまわれわれに求められていることは 2030 年までに温室効果ガス(GHG: Greenhouse Gas)の排出量を半減したうえで、2050 年までに実質的にゼロ(カーボンニュートラル)の状態を実現することである。温室効果ガスの大半を占める二酸化炭素(CO₂)を事業活動で排出する企業にとって、この削減目標を可能な限り前倒しで達成することが求められている。

温室効果ガスの排出量を算定する方法として、「GHGプロトコル」が実質的な国際標準として世界各国の企業で使われている。GHG プロトコルでは、温室効果ガスの排出源をもとに、3 つの範囲に分けて排出量を算定する。

企業が自社で燃料を燃焼して直接排出する「スコープ 1」のほかに、電力や熱を購入して使用することで間接的に(発電時などに)排出する「スコープ 2」、さらに製品やサービスのサプライチェーン(原材料の生産段階から使用・廃棄まで)の中で取引先などが排出する「スコープ 3」に区分して、それぞれにおいて削減を目指す(図 1-1)。

図 1-1: GHG プロトコルにおける温室効果ガス(GHG)排出量の算定範囲



○の数字はScope 3のカテゴリ

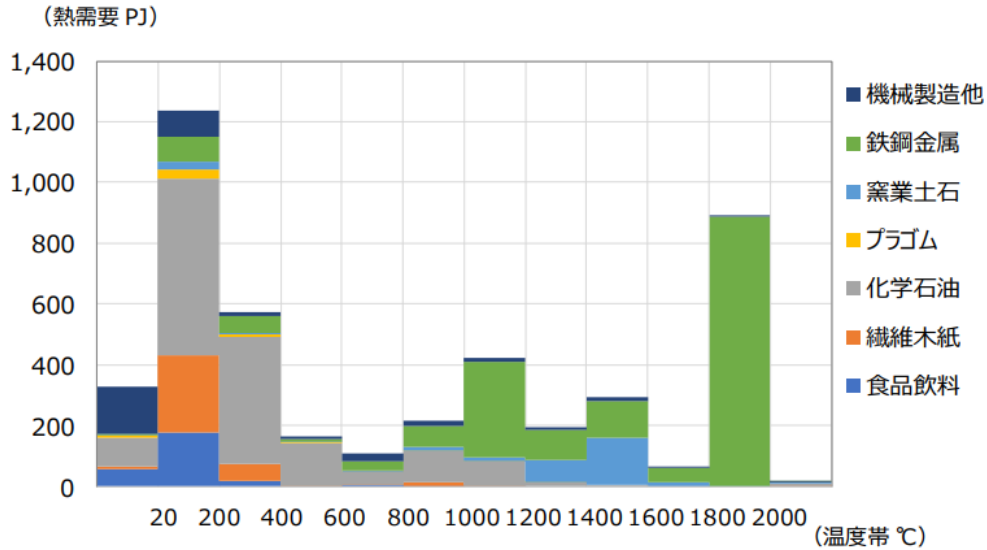
出典: 環境省

スコープ 3 の排出量は取引先や顧客のスコープ 1 と 2 が大半を占める。世界中の企業がスコープ 1 と 2 を削減すれば、結果としてスコープ 3 が減って、地球全体の排出量を低減できる。一方で取引先や顧客の活動に伴うスコープ 1 と 2 の削減に貢献すれば、自社のスコープ 3 の削減につながる。両方の観点からの努力が削減効果を大きくする。

それぞれの排出量を削減するうえで、難易度が高いのはスコープ 3、スコープ 1、スコープ 2 の順になる。すでにスコープ 2 の削減手段は確立している。エネルギーを効率的に使って電力の消費量を低減しながら、CO₂ を排出しない自然エネルギーの電力に切り替えていけばよい。日本でも自然エネルギーの電力を使用することはむずかしくない。通常の電気料金とさほど変わらないコストで購入できる状況になってきた。

これに対してスコープ 1 を削減することは、現状では難易度が高い。自社で燃料を燃焼して熱や蒸気を作る必要があるのは主に製造業である。200℃未満から 1000℃を超える熱まで、温度帯は幅広い(図 1-2)。その大半が化石燃料の燃焼によって作られていて、スコープ 1 の排出源になっている。

図 1-2: 製造業における熱需要(業種別、温度帯別)

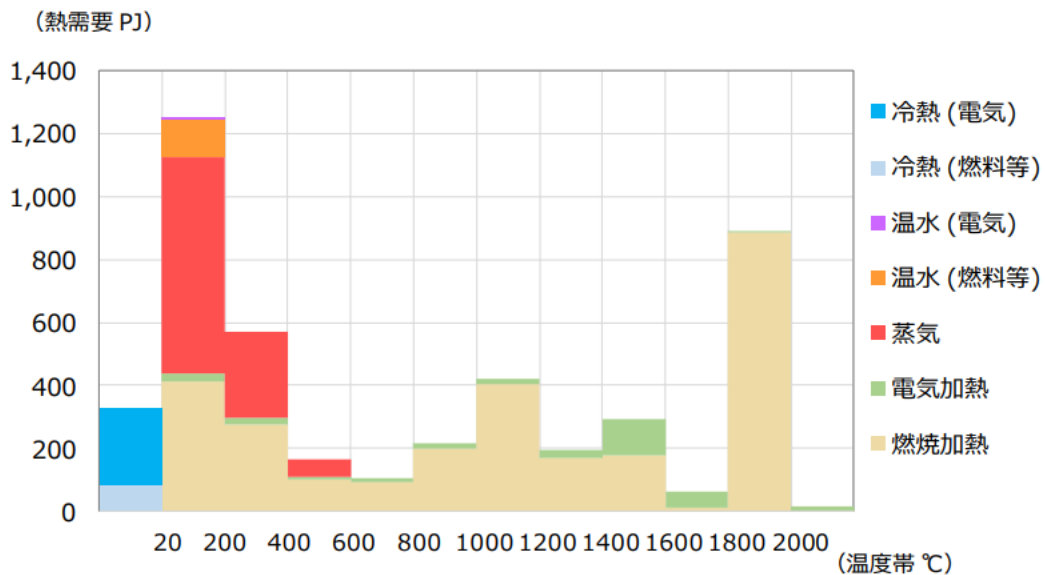


PJ: ペタジュール(1000 兆ジュール)、1PJ=約 2.78 億キロワット時(電力量換算)

出典: 資源エネルギー庁(三菱総合研究所が調査)

製造業が使用する熱や温水・蒸気のは、電力か燃料で作られている。低い温度帯であれば電力で作ることができるが、高い温度帯では燃料の燃焼によるものが圧倒的に多い(図 1-3)。高い温度帯でも電力で加熱する技術が進展しているが、利用例は多くない。今後の技術開発とコスト低減に期待したい。

図 1-3: 製造業における熱利用(形態別、温度帯別)



PJ: ペタジュール(1000 兆ジュール)、1PJ=約 2.78 億キロワット時(電力量換算)

出典: 資源エネルギー庁(三菱総合研究所が調査)

製造業をはじめ大量の熱(温水や蒸気を含む)を利用する企業にとって、化石燃料の使用量を削減することは簡単ではない。スコープ 1 の削減に頭を悩ませているのが現状だ。製造方法を改善してエネルギー効率を上げる、排熱を回収して燃料や原材料の使用量を減らす、といった基本的な対策を実行することが重要だが、そのほかにも利用できる手段が3種類ある。

第1の手段として、可能な限り電力を利用する方法へ切り替える(電化)。そうすれば自然エネルギーの電力を使ってCO₂排出量をゼロに削減できる。

第2の手段はCO₂を排出しない、あるいは排出量の少ない燃料へ転換する。特に可能性が大きいのは、自然エネルギー由来のバイオガスとグリーン水素だ。化石燃料の代わりにCO₂排出量の少ない燃料を使って、高温の熱を大量に作ることができる。現時点では製造・輸送コストが高く、輸送体制も整っていないが、今後はコスト低減と輸送体制の整備を進めることによって実用性は高まっていく。

第3の手段はガスを対象にした証書の活用である。自然エネルギーの電力を調達する手段として、日本でも証書が広く使われている。同様の仕組みを自然エネルギー由来のガスにも適用できる。欧州ではガス証書の取引が始まっていて、日本でも2024年度に「クリーンガス証書(仮称)」の発行・取引が始まる予定である。

3種類の削減手段には利点と課題がある(表1-1)。現状と今後の動向を見通したうえで、最適な手段を選択してスコープ1の削減に取り組むことが製造業に求められる。このほかにCCS(CO₂回収・貯留)という削減手段もあるが、特に貯留設備の立地・建設が大きな課題である。当面はスコープ1の削減手段として具体的に検討できる状況にはならない。

表1-1:スコープ1削減手段の特徴・利点と課題

手段	特徴・利点	課題
電化	<ul style="list-style-type: none"> ●電力を使って熱や蒸気を生成する。生成時にCO₂を発生することなく、廃棄物も生じない。 ●自然エネルギーの電力を利用することでCO₂排出量を削減できる。 ●外気の熱を再利用するヒートポンプはエネルギー効率が高く、化石燃料ボイラーと比べて運転コストが低い。 ●高温の熱を発生させる電気加熱の技術が各種ある。 	<ul style="list-style-type: none"> ●ヒートポンプは100°C以上の熱を生成する用途では導入・運転コストが高くなる。 ●電気加熱は化石燃料を利用する既存の設備と比べて導入・運転コストが高い。
燃料転換	<ul style="list-style-type: none"> ●化石燃料の代わりに、自然エネルギー由来の燃料で熱や蒸気を生成する。 ●化石燃料と比べてCO₂排出量を削減できる。 ●水素は燃焼時に水しか排出しない。 ●廃棄物由来の燃料を活用することで廃棄物を削減できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ●燃料の供給量が少ない。 ●燃料の供給網が整っていない。 ●燃料の製造・輸送コストが高い。 ●法制度が整備されていない。
証書	<ul style="list-style-type: none"> ●電力の証書と同様に、自然エネルギー由来の燃料の環境価値を取引する。 ●燃料の製造拠点と利用拠点が遠隔にある場合に、個別に燃料を輸送する必要がない。 ●需要家は証書で環境価値を購入することによって、自然エネルギー由来の燃料を利用したことを証明できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ●証書の制度が確立されていない。 ●証書の対象になる燃料の基準が定まっていない。 ●証書の利用がCO₂排出量の削減手段として認められるかどうか不確定である。

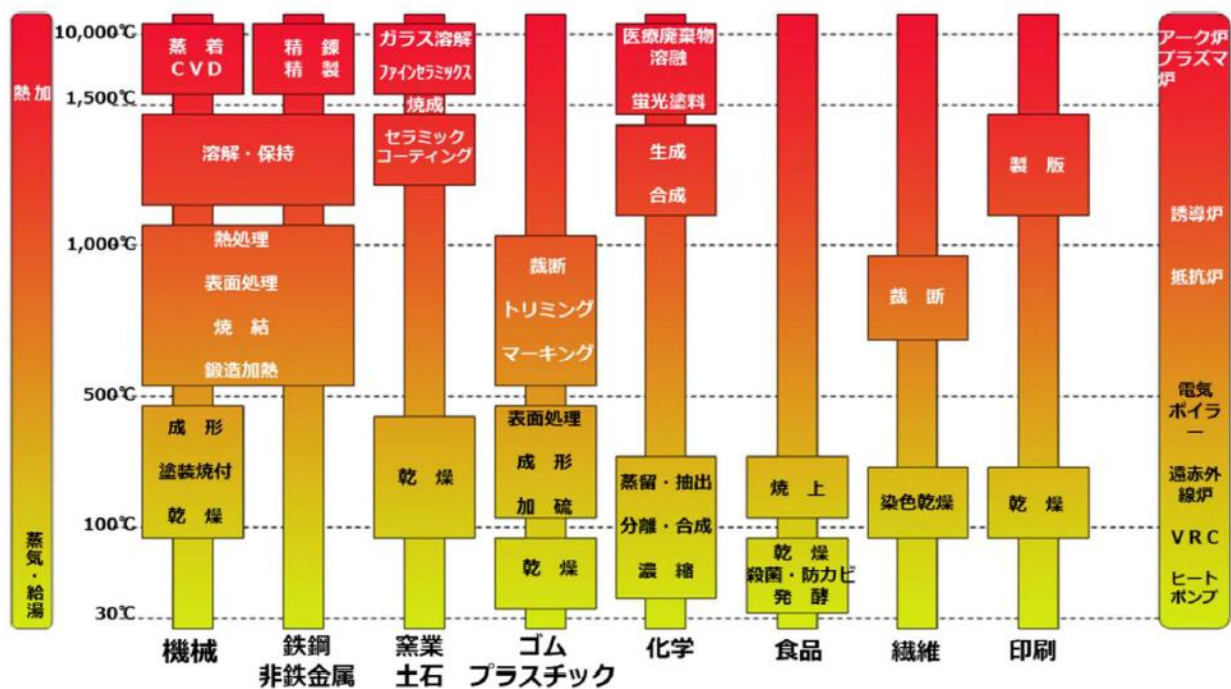
●化石燃料から電力へ移行(電化)

化石燃料の代わりに電力を使って熱を作る方法は大きく分けて2通りある。1つは家庭用のエアコンなどにも使われているヒートポンプである。外気の熱を取り入れながら、熱を運ぶ媒体を電力で圧縮して高温の蒸気を発生させて、その熱を利用する。熱を利用した後に、高温になった媒体の圧力を下げて膨張させると、温度が下がって再び外気の熱を取り入れることができる。

ヒートポンプは外気の熱を利用するため、少ないエネルギー(電力)で熱を供給できる点が特徴である。化石燃料を燃焼させる方法と比べて、コストを削減できる可能性が大きく、CO₂などを排出しない。製造業においても100℃以下の熱(蒸気・温水を含む)を供給する手段として広く使われている。工場の製造工程などで排出する蒸気を回収して利用するVRC(蒸気再圧縮)を採用したヒートポンプもある。

もう1つの電化の方法は電気加熱である。身近な例を挙げると、頭髮を乾かすドライヤーがある。電気を通しにくい性質の抵抗体に電気を流して発熱する方法が代表的だ。1500℃を超える高熱を発生させる方法もある。さまざまな業種において、特定の工程に電気加熱を適用できる可能性がある(図1-4)。

図1-4: 電力による熱の適用領域



VRC: 蒸気再圧縮 (Vapor Re-Compression)

出典: 日本エレクトロヒートセンター

ただし電気加熱は化石燃料で熱を作り出す方法と比べてコストが高い。資源エネルギー庁の試算によると、都市ガスを利用する場合と比べて1.8~4.4倍になる。加えて電気設備の増強が必要になる場合がある。これに対してヒートポンプは設備を導入しやすい。エネルギーの使用効率が高く、都市ガスよりも低いコストで熱を利用できる(図1-5)。実際のコストは都市ガスと電力の価格に依存するものの、CO₂排出量を低減できるなど、環境面を考え合わせればヒートポンプの導入効果は大きい。

図 1-5: 電化によるエネルギーコスト(利用時)の試算例

温度※1	燃焼加熱 (燃料はガスを仮定)		電気加熱			燃焼加熱との比較		
	効率※1	機器効率※1	効率		エネルギーコスト※3 (燃焼加熱=1)	CO2排出量※4 (燃焼加熱=1)		
			1次エネルギー※2	機器効率※1		2020年	2030年	
500℃~ 1500℃程度	溶解炉	0.3	誘導加熱炉	0.6	0.2	1.8	1.3	0.7
	加熱炉	0.4	抵抗加熱炉	0.6	0.2	2.4	1.7	1.0
~500℃程度	蒸気・温水 ボイラ	0.95	電気ボイラ	1	0.4	3.5	2.4	1.4
			赤外加熱炉	0.8	0.3	4.4	3.0	1.7
~165℃			ヒートポンプ	3.7	1.4	0.9	0.7	0.4

※1 効率・適用温度域はおおよその目安であり、過去の補助事業の要件や、事業者ヒアリングをもとに設定。ヒートポンプの入り口温度は12℃~90℃を想定。 ※2 省エネ法に基づき、受電端発電効率を36.9%として1次エネルギーベースの効率を算出。 ※3 「エネルギー経済統計要覧」より、エネルギー価格を電気(大口):22円/千kcal(再エネ賦課金含む)、ガス(工業用):6円/千kcalと仮定し、機械効率の逆数に乗じることでコストを計算。 ※4 「地球温暖化対策計画の進捗状況」より、電気の排出係数を2020年:0.439kg-CO₂/kWh、2030年:0.25kg-CO₂/kWh、都市ガスの排出係数を2.2kg-CO₂/mとし、機械効率の逆数に乗じることで単位加熱量当たりの排出量を算出。

出典: 資源エネルギー庁

製造業などで使用する産業用のヒートポンプは、供給する熱の温度帯によって2つのタイプに分かれる。100℃以下の温水は空気を熱源に、100℃以上の蒸気は水を熱源に利用する。ヒートポンプで水から蒸気を作ると、最高で165℃前後の蒸気を供給できる(図1-6)。

図 1-6: 産業用ヒートポンプ(HP)の高温化



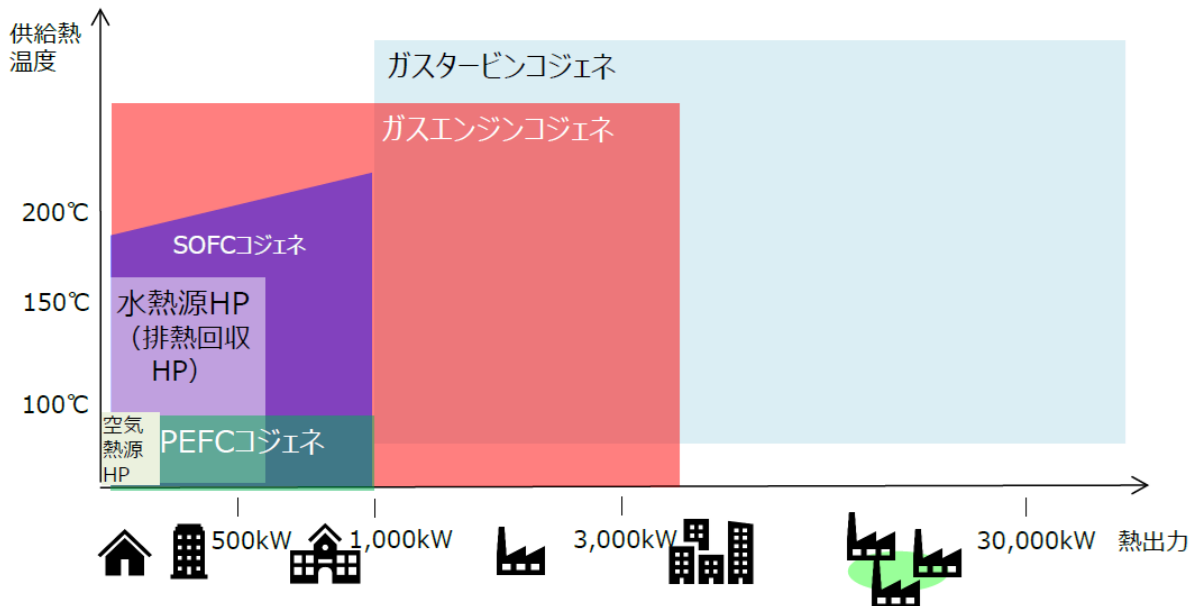
出典: 日本エレクトロヒートセンター

水を熱源に利用する高温タイプのヒートポンプは、導入時と利用時を合わせてコストが高く、化石燃料を燃焼させる方式と比べて経済性が劣る。それに加えて水を供給する設備が必要になり、化石燃料ボイラーよりも広い設置スペースを確保しなくてはならない。コストの低下とサイズの縮小が進めば実用性が高まる。

以上の点を考え合わせると、ヒートポンプは 100℃以下の熱の利用に適用することが現実的だ。高温の熱にはガスや水素を利用する燃料電池、さらに 200℃以上の高温の領域ではガスエンジンやガスタービンによるコージェネレーション(熱電併給)システムが適している(図 1-7)。

燃料電池を含めてコージェネレーションシステムは電力と熱の両方を効率的に作ることができ、停電時でも電力を供給できる利点がある。電力と熱をバランスよく利用できる用途に適している。熱を十分に利用できないと効率は悪くなる。さらに燃料電池は導入コストの高さも課題だ。

図 1-7: 熱供給システムの適用領域(温度別・規模別、温水・蒸気)



HP: ヒートポンプ、PEFC: 固体高分子形燃料電池、SOFC: 固体酸化物形燃料電池

コージェネ: コージェネレーション(熱電併給)

出典: 資源エネルギー庁(日本エレクトロヒートセンターと大阪ガスの情報をもとに三菱総合研究所が作成)

● 自然エネルギー由来の燃料へ転換

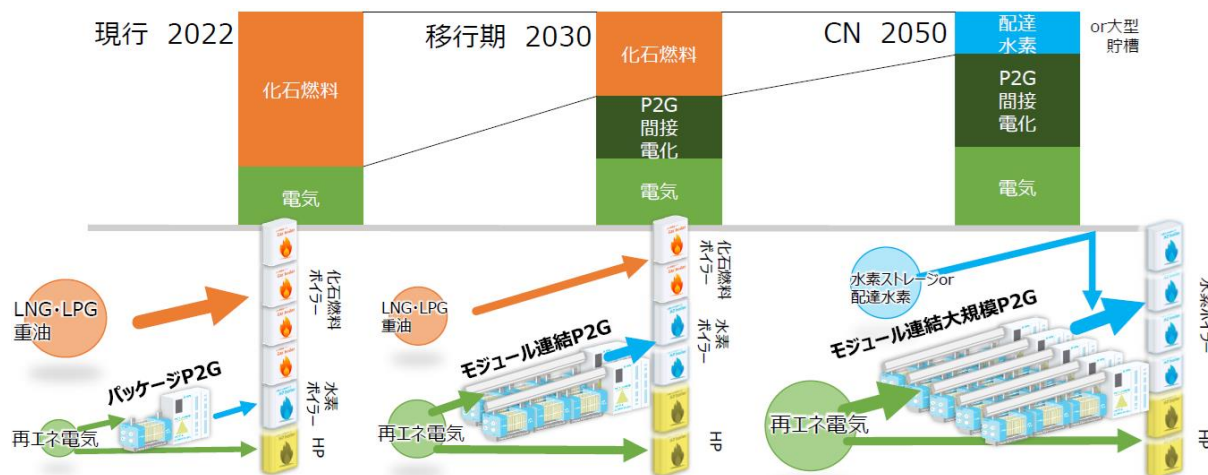
製造業におけるスコープ 1 の削減手段として、高温の熱を利用する場合にはガスが使われている。天然ガスは石油や石炭よりも CO₂ 排出量が少ないが、将来のカーボンニュートラルに向けて段階的に廃止していく必要がある。今後は自然エネルギー由来のバイオガスやグリーン水素で排出ゼロを目指す必要がある。

排出量の算定で実質的な国際標準である GHG プロトコルでは、バイオガスを利用した場合にはスコープ 1~3 に含めずに、スコープの範囲外で報告することになっている。現在はスコープ 1 の排出量から除外できるが、今後は算定方法を変更する可能性があるため、その点に留意する必要がある。水素については規定がなく、検討課題になっている。日本国内の温対法では、バイオガスはライフサイクルを通じた排出量で算出する。水素は現在のところ対象外で、取り扱いを検討中である。

バイオガスとグリーン水素の CO₂ 排出量をゼロで算定できない場合でも、化石燃料と比べると排出量は大幅に少なくなる。日本国内でも先進的な企業や自治体がバイオガスやグリーン水素を活用して CO₂ 排出削減に取り組み始めた。

グリーン水素を推進する山梨県では、2050 年のカーボンニュートラルに向けて、水素を活用した脱炭素工場の移行モデルを提案している。自然エネルギーの電力で水を電気分解してグリーン水素を作る P2G (Power to Gas) システムを開発中で、工場の化石燃料ボイラーを水素ボイラーに切り替えて CO₂ 排出量を削減できる。加えてヒートポンプも導入して、自然エネルギーの電力だけで工場の熱を供給する(図 1-8)。

図 1-8: 水素を活用した脱炭素工場の移行モデル



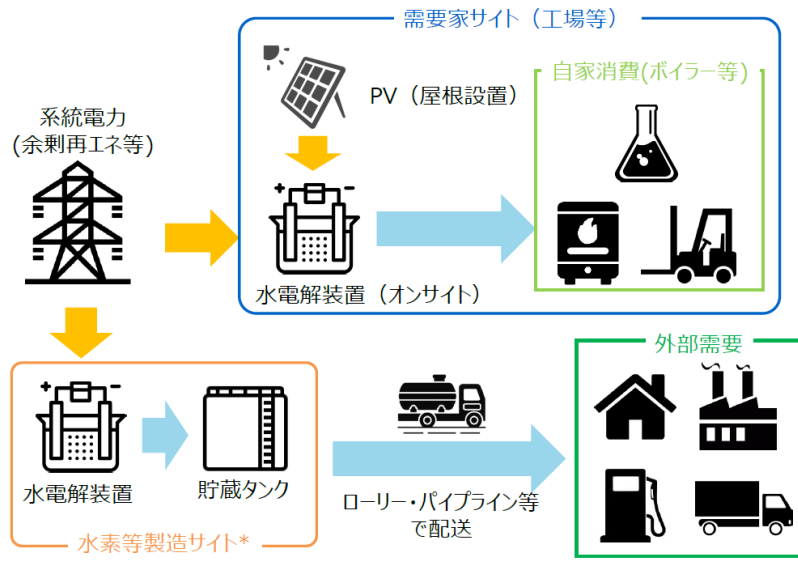
CN: カーボンニュートラル、P2G: Power to Gas (電力からガスへ変換)

LNG: 液化天然ガス、LPG: 液化石油ガス、HP: ヒートポンプ

出典: 山梨県企業局

電力を使って水素を製造する水電解装置(P2Gシステム)を工場内にオンサイトで設置する方法のほか、外部で製造した水素を工場まで輸送するオフサイトの形態もある(図 1-9)。オンサイトの場合には設備の導入コストがかかる代わりに、水素の輸送が不要なためランニングコストはオフサイトの場合よりも大幅に低減できる。水素は製造だけではなく輸送に多額のコストがかかる点が課題である。

図 1-9: 工場などにおける水素(水電気分解による)の活用イメージ

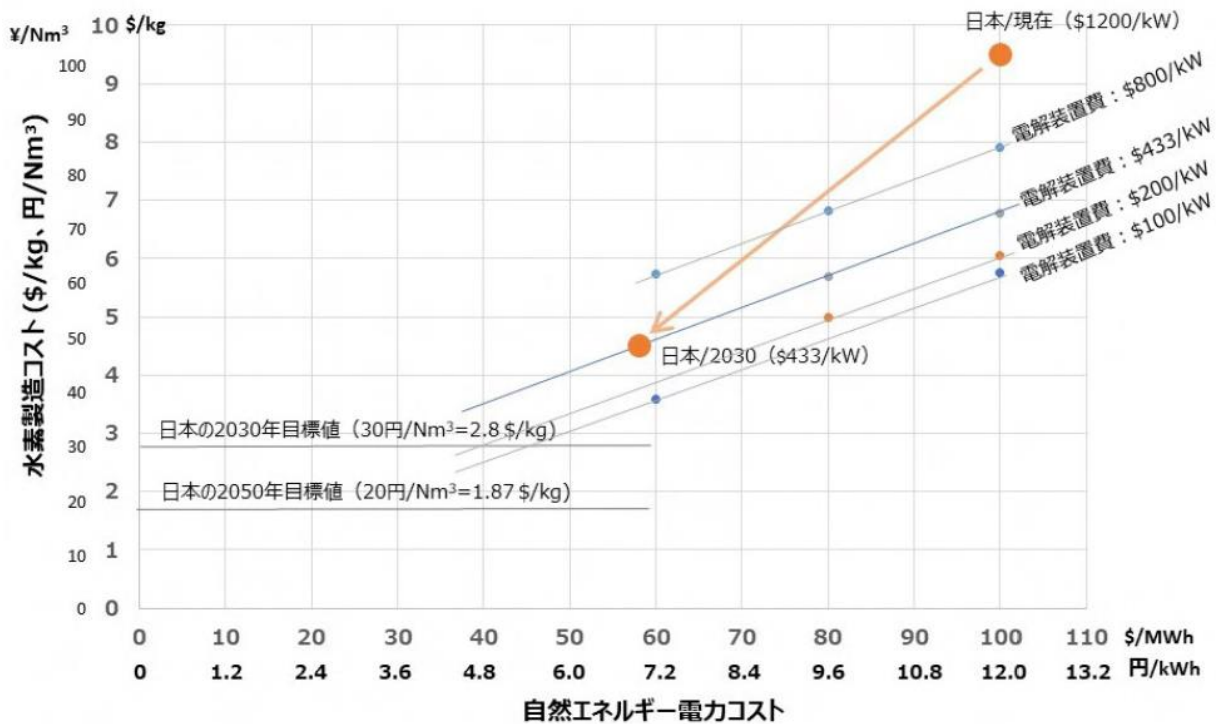


*アンモニア、メタン等の基礎化学品が水素から製造・配送される場合有

出典: 資源エネルギー庁

自然エネルギーの電力で水を電気分解して製造するグリーン水素のコストは、2022 年の時点で約 100 円/Nm³(ノルマルリユーベ)程度と推定できる。今後の自然エネルギーの電力と水電解装置のコスト低減を想定すると、2030 年には約 50 円/Nm³ へ半減することが見込まれる(図 1-10)。それでも政府の目標値(2030 年に 30 円/Nm³)には届かない可能性が大きい。

図 1-10: 自然エネルギーの電力で製造するグリーン水素のコスト試算



Nm³: ノルマルリユーベ(0°C、1 気圧の状態 で 1 立方メートル)、電解装置費は経済産業省の試算による
出典: 自然エネルギー財団

熱利用の分野で水素が化石燃料を代替できる需要は膨大にあるが、最大の課題はコストだ。工業用の都市ガスの価格と同等の水準(パリティコスト)は約 15 円/Nm³である(図 1-11)。このパリティコストは LNG (液化天然ガス)の輸入価格が高騰する前の 2021 年 3 月に政府が比較した値である。2023 年 9 月の時点では LNG の輸入価格が約 2 倍になっている。それを考慮しても、現在のグリーン水素のコスト(約 100 円/Nm³)は約 3 倍の水準だ。さらに輸送コストを加えると差は拡大する。

図 1-11: 熱利用における水素の潜在需要量と化石燃料に対するパリティコスト(対象の燃料と同等になる価格)

燃料	潜在需要量 (万トン/年)	パリティコスト (円/Nm ³)
都市ガス	631.3万トン/年	<ul style="list-style-type: none"> 家庭用:45.0円/Nm³ 商業用:23.5円/Nm³ 工業用:15.1円/Nm³
LPG	185.4万トン/年	<ul style="list-style-type: none"> 卸価格:29.4円/Nm³ 小売価格(家庭、東京):84.5円/Nm³
LNG	37.3万トン/年	<ul style="list-style-type: none"> 輸入価格(CIF):14.3円/Nm³

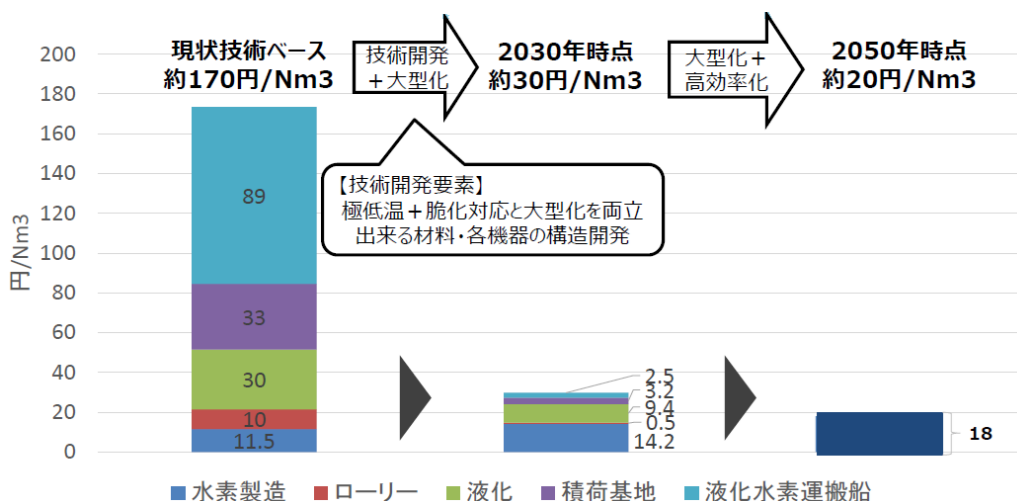
注: 環境価値を含まない。化石燃料の価格は 2021 年 3 月時点
 Nm³: ノルマルリューベ(0°C、1 気圧の状態での 1 立方メートル)
 LPG: 液化石油ガス、LNG: 液化天然ガス、CIF: 運賃・保険料込みコスト

出典: 資源エネルギー庁

グリーン水素の製造コストの大半は、水電解装置の導入費と、電気分解に必要な自然エネルギー由来の電力の購入費である。水電解装置の導入量を拡大して生産量を増やすことによって、コストダウンを図ることが不可欠だ。自然エネルギー由来の電力はコストが低い自家発電のほかに、市場価格が低い時間帯の電力に非化石証書を組み合わせる方法がある。国が明確な戦略のもとに、グリーン水素のコスト低減策を進めていけば、将来に価格競争力を発揮できる可能性は十分にある。

しかし日本政府は海外で製造した水素の輸入に期待をかけている。水素を輸送するためには天然ガスと同様に液化する必要があり、それに関連するコストが大きい。新しい技術の開発と規模の拡大によって、輸送関連のコストを低減させる計画だ(図 1-12)。ただし大幅なコスト削減はむずかしい状況にある。

図 1-12: 液化水素サプライチェーンのコスト低減見通し



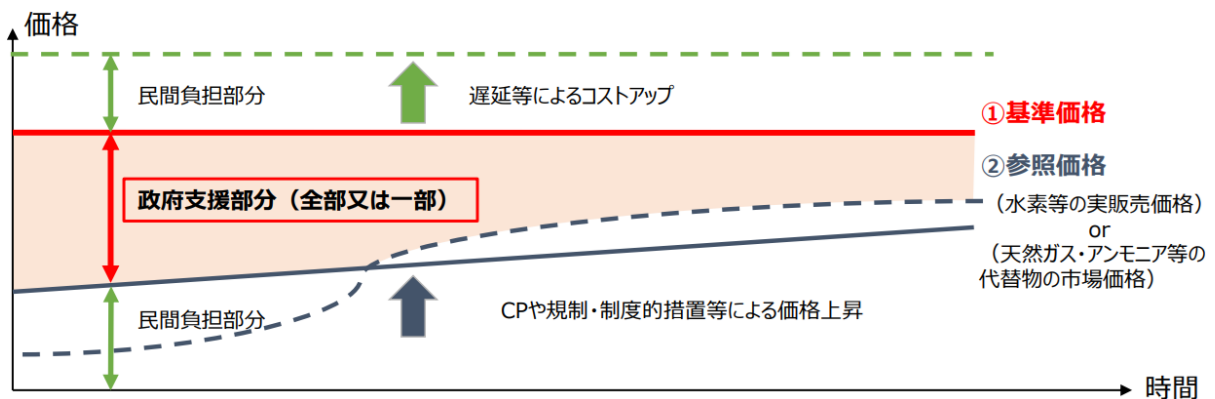
出典: 経済産業省

海外で製造する水素には、化石燃料由来のものも含まれる。さらに液化と長距離の輸送において大量のエネルギーを消費する。輸送に伴う CO₂ 排出量を加えると、国内で製造するグリーン水素と比べて排出削減効果は小さい。

政府は国内と海外で製造する水素のうち、1kg あたりの CO₂ 排出量(原料生産から水素製造装置の出口まで)が 3.4kg 以下の場合に「低炭素水素」とみなして、供給事業者の販売価格を低減する支援制度を導入する方針だ。水素の製造プロジェクトごとに、設備投資と事業運営費をもとに基準価格を設定して、実際の販売価格との差額を補填する(図 1-13)。支援期間は 15 年間を想定している。

海外で製造する水素に対しては、日本までの輸送に伴う CO₂ 排出量を考慮しない。それにもかかわらず、基準価格の算定においては、海外からの輸送コストを含める方法になる見通しだ。国内産よりも海外産の水素を優遇する制度になる懸念がある。

図 1-13: 低炭素水素の供給事業者に対するコスト支援イメージ(上)、基準価格の設定方法(下)



基準価格 ※原則固定	
IRR	{ 一定の利益
OPEX (事業運営費)	{ ① 為替の変動や、原料費等の変動の一部については、算定式を用いて自動調整 オペレーション、メンテナンス、保険、委託費等
CAPEX (設備投資)	{ ② 設備投資に対する予備費 製造、輸送、キャリア変換、CCS等に必要な設備費や、EPC費用等

CP: カーボンプライシング、IRR: 内部収益率、CCS: 二酸化炭素(CO₂)回収・貯留、EPC: 設計・調達・建設

出典: 資源エネルギー庁

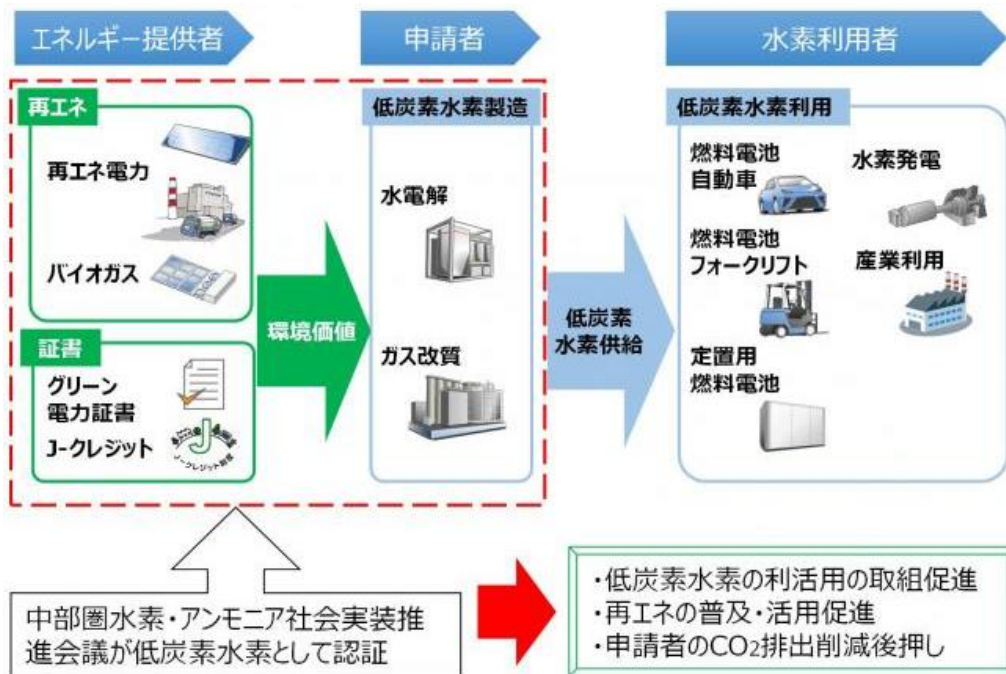
低炭素水素の対象になるのは、自然エネルギー由来のグリーン水素だけではなく、原子力発電の電力で水を電気分解したピンク水素や、化石燃料由来の水素に CO₂ 回収・貯留(CCS)を組み合わせたブルー水素、さらに化学品などの製造工程で生まれる副生水素がある。イエロー水素は CO₂ 排出量が少ないが、放射性廃棄物の問題があり、持続可能な燃料とは言えない。ブルー水素も CO₂ を地中に貯留する必要がある、しかも CO₂ の回収・貯留率を 100%に近づけないと低炭素にならない。

企業が持続可能性を重視してスコープ 1 の排出削減に取り組むためには、グリーン水素か自然エネルギー由来の副生水素を選択することが望ましい。

政府の支援制度が実施されると、CO₂ 排出量の少ない水素の販売価格が下がる。それと合わせてカーボンプライシングの導入によって都市ガスの販売価格が上がっていく。両社の価格差が縮まれば、製造業を中心に水素の利用拡大につながる。とはいえ本来は低炭素水素の基準をもっと厳しく設定して、輸送時を含めて CO₂ 排出量の少ない国内で製造したグリーン水素を支援すべきである。

中部圏の 3 県(愛知県、岐阜県、三重県)では、「中部圏低炭素水素認証制度」を 2023 年 4 月から運用している。もともと愛知県が 2018 年 4 月に開始した制度で、水素の製造・輸送・利用に伴う CO₂ の排出量が少ない水素を認証して証書を発行する(図 1-14)。地域を挙げて CO₂ 排出量の少ない水素を促進すると同時に、自然エネルギーの拡大につなげる狙いがある。

図 1-14:「中部圏低炭素水素認証制度」の対象と目的



出典:愛知県環境局

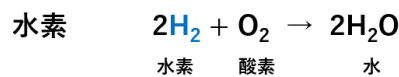
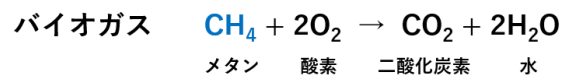
これまでにトヨタ自動車など 5 社の 8 件のプロジェクトが低炭素水素の認定を受けている。トヨタ自動車は愛知県の工場で太陽光発電の電力を使って水素を製造して、工場内で使用する燃料電池フォークリフトや電気自動車の製造工程で使用する水素バーナーの燃料として、低炭素の水素を利用している。

この制度における低炭素の基準は国の支援制度で検討中の基準よりも厳しい。(1)自然エネルギーの電力(証書を含む)かバイオガスから製造した水素(グリーン水素)、(2)自然エネルギーの電力を使って食塩水を電気分解して苛性ソーダや塩素を製造する工程で副次的に生産する水素(副生水素)、のいずれかに限る。水素を化石燃料から製造した場合には CO₂ を排出する。そのような水素を利用しても CO₂ 削減につながらない。

水素と同様に、製造・輸送コストの問題はバイオガスにもある。バイオガスは食品・畜産・下水など生物由来の有機廃棄物を利用する。有機廃棄物に微生物を加えて、2～4 週間ほど加温して発酵させると、バイオガスを発生する(発酵方式によって発酵期間に違いがある)。一連の工程を廃棄物の処理費と考えれば、バイオガスの製造コストはほぼゼロとみなせる。ただし用途によってはバイオガスに含まれる CO₂ や不純物などを除去する必要があり、製造コストが上昇する。

バイオガスの主成分はメタンで、燃焼すると CO₂ と水を排出する(図 1-15)。木質のバイオマスなどと同様に、元になる有機廃棄物が生物由来であり、生育時に光合成などで CO₂ を吸収する効果があることから、燃焼時に排出する CO₂ と相殺あるいは軽減できる利点がある。

図 1-15: バイオガスと水素の燃焼に伴う生成物



バイオガスは 60～70%程度 of メタンを含んでいる(メタン以外は主に CO₂)。そのままでも燃焼できるが、より効率よく燃焼させるために、都市ガスと同等のメタン 90%以上を含むバイオメタンに精製して使う方法がある。バイオメタンであれば都市ガスの導管に注入して供給することも可能になり、輸送コストがかからない。その代わりに精製に必要な設備の導入と運転にコストがかかり、都市ガスよりも高くなってしまふ。

兵庫県の神戸市では下水廃棄物から製造したバイオメタンを都市ガスの導管に注入する実証事業を 2010 年 10 月から 2022 年 3 月までの 10 年以上にわたって実施した。大阪ガスが通常の都市ガスと一緒に導管経由で地域内に供給したが、設備の老朽化もあって実証事業の終了とともにバイオメタンの供給を停止した。商用化にはコストの低減が必要な状況だ。

バイオガスやバイオメタンに対しても、水素と同様の国による支援策が求められる。低炭素水素の基準を厳しく設定して支援対象を絞り、その代わりに低炭素のバイオガスやバイオメタンを支援の対象に加えるべきである。地域の廃棄物を効率的に削減しながら、自然エネルギーを利用して企業のスコープ 1 の排出削減を促進できる。海外産の水素よりも国内産のバイオガスを優先して利用するほうが、エネルギー安全保障の点でも適切である。

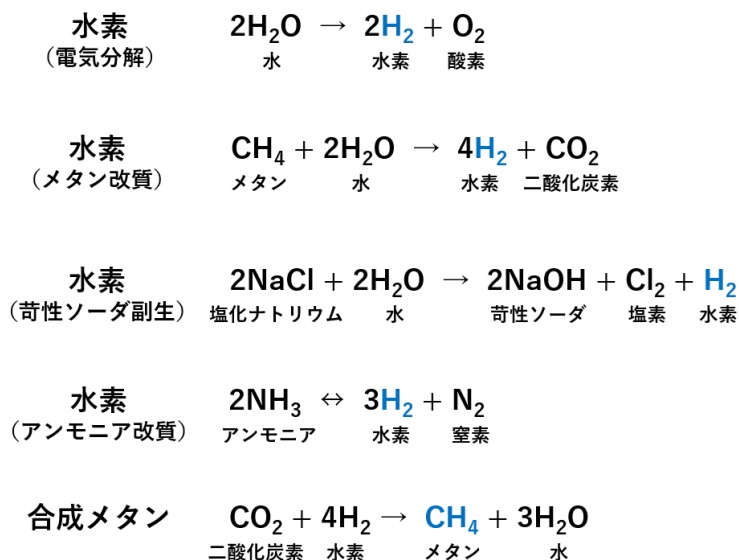
スコープ 1 の削減手段として、燃料を自然エネルギー由来のガスに転換することが有効な対策になる。特に CO₂ 排出量の多い製造業においては、可能な限り電化を進めながら、国内で製造できるバイオガスとグリーン水素の利用拡大を検討すべきである。バイオガスについては第 2 章で、グリーン水素については第 3 章で、日本国内の先行事例をもとに実用性を検証する。

●合成メタンとガス証書の有効性

スコープ 1 の排出量を削減する手段として、合成メタン(e-methane)を利用する方法がある。合成メタンは CO₂ と水素を反応させて製造する。燃焼すると CO₂ を排出するが、製造時に CO₂ を利用するため、両方を合わせて CO₂ 排出量の低い燃料になる。合成メタンは都市ガスと同様に扱えるため、都市ガスの導管に注入して流通させることが可能だ。流通コストを低減できるメリットがある。

ただし合成メタンの製造に利用する水素が自然エネルギー由来でない場合には(化石燃料によるメタン改質など)、水素の製造時に CO₂ を排出するため排出削減効果は小さい(図 1-16)。自然エネルギー由来の水素を利用して合成メタンを製造すると、水素よりもコストが高くなる。さらに CO₂ も大気中から回収したものなどを使わないと、燃焼時に CO₂ を排出するため合計で CO₂ ゼロにならない。現在のところ合成メタンによって CO₂ 削減とコスト低減を両立させることはむずかしい。

図 1-16: 水素と合成メタンの製造に伴う生成物

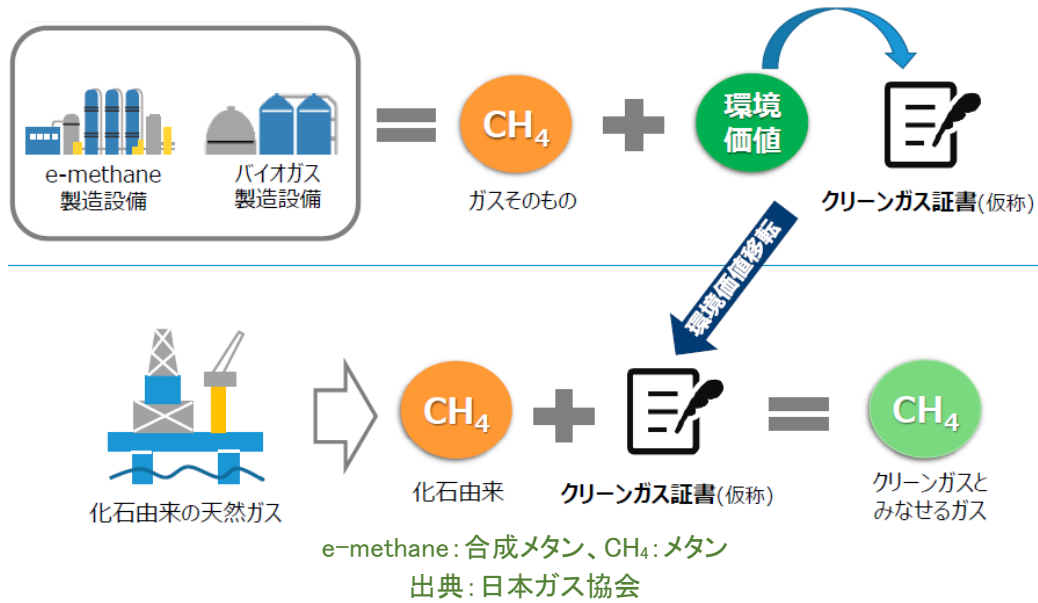


* 水素と窒素からアンモニアを製造することも可能

バイオガスや合成メタンを活用する新たな手段として、「クリーンガス証書(仮称)」が 2024 年度から利用できる見通しだ。CO₂ 排出量の少ないバイオガスや合成メタンの環境価値(CO₂ を排出しない価値など)を証書で発行・取引できるようになる。都市ガス事業者で構成する日本ガス協会が民間の事業として、2024 年度の運用開始に向けてガイドラインや実施体制の整備を進めている。現在のところグリーン水素は対象に入っていない。

クリーンガス証書の仕組みは電力の証書と同様である。バイオガスを都市ガスの導管を通じて需要家に供給すると、都市ガスと区別できなくなるため、CO₂ 排出量の少ないバイオガスの環境価値をガスと切り分けて証書で発行する(図 1-17)。需要家が証書を購入して、通常の都市ガスと組み合わせることによって、環境価値を伴う CO₂ 排出量の少ないガスを利用したとみなすことができる。原則として、バイオガスを注入した導管とつながっている供給網から都市ガスを購入することが条件になる。

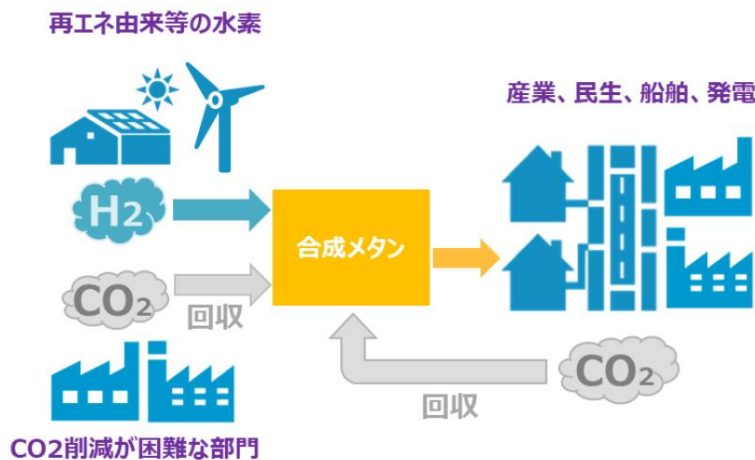
図 1-17: クリーンガス証書による環境価値の移転・利用イメージ



バイオガスを都市ガスで供給する取り組みは、神戸市が 2022 年 3 月まで実施したが、現在は終了している。このほかに鹿児島市を中心に都市ガス事業を運営する日本ガスが 2022 年 1 月に、清掃工場で発生するバイオガスを都市ガスで供給する事業を開始した。鹿児島市内の清掃工場で生ごみや紙ごみ、し尿をメタン発酵させてバイオガスを製造・精製し、日本ガスの工場に輸送して都市ガスの原料として供給する。環境価値を証明・取引する仕組みとしてガス証書を利用できると、バイオガスの拡大を促進できる。

同様の環境価値を合成メタンにも認めるかどうかは、製造に使用する水素と CO₂ の由来による(図 1-18)。自然エネルギー由来のグリーン水素と大気中から回収した CO₂ を組み合わせれば、合成メタンの燃焼時に排出する CO₂ を相殺できる。しかし水素と CO₂ が化石燃料由来のケースでは、製造した合成メタンで燃焼時の CO₂ を相殺できない。気候変動の抑制効果を考えると、化石燃料由来の合成メタンはガス証書の対象から除外することが適切である。

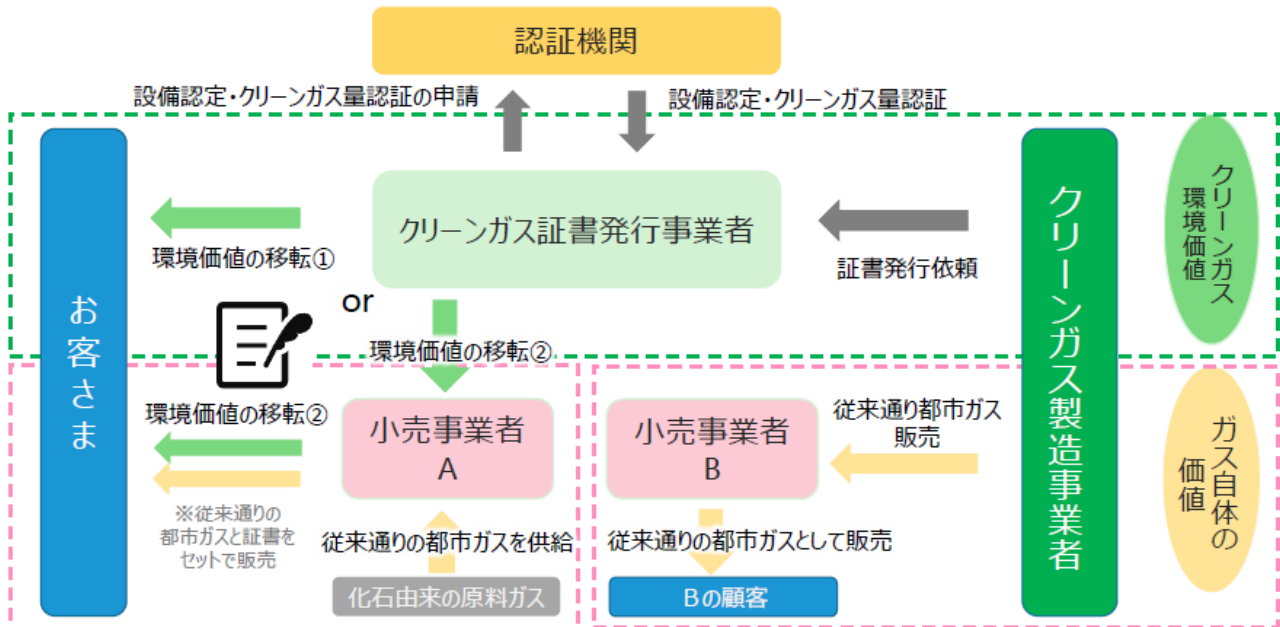
図 1-18: 合成メタンの製造形態(CO₂が化石燃料由来のケース)



出典: 資源エネルギー庁

クリーンガス証書の制度が始まれば、バイオガスの製造事業者は環境価値を需要家に販売してコストの一部を回収できるようになる(図 1-19)。製造したバイオガスを需要家の拠点まで輸送する必要がなくなり、輸送コストを軽減できる利点もある。需要家は証書を購入することによってCO₂排出量の少ないガスを利用できる。バイオガスの利用拡大につながる期待がある。

図 1-19:クリーンガス証書の実施スキーム案



出典:日本ガス協会

ただし現在の GHG プロトコルでは、スコープ 1 の排出量を削減する手段としてガス証書の利用を認めていない。GHG プロトコルの見直しが進められていて、2025 年末までに改定する見通しだ。改定によってガス証書の利用が認められると、スコープ 1 の削減手段として有効になる。すでに欧州ではガス証書の流通が始まっている。GHG プロトコルで利用を認められることがガス証書の拡大には不可欠である。

日本の温対法でも、ガス証書による排出削減については現在のところ規定がない。クリーンガス証書の運用が始まって取引の実績が増えていけば、ガス証書を利用した排出量の削減を認めることになるだろう。国内・海外ともに、気候変動の抑制に対するガス証書の効果を明確に示すことが求められる。

日本国内では「カーボンニュートラル LNG」という名称の都市ガスを事業者が販売している。CO₂ 排出量がゼロの LNG(液化天然ガス)のように受け取られがちだが、実態は違う。需要家がカーボンニュートラル LNG を購入しても、ガスの使用に伴うスコープ 1 の排出量を削減することはできない。

カーボンニュートラル LNG はガス事業者が森林保全などのプロジェクトのカーボンクレジットを購入して、都市ガスの製造や燃焼に伴う CO₂ 排出量の一部をスコープ 1~3 の範囲外でオフセット(削減ではなく除去)するものである。バイオガスやグリーン水素のような CO₂ 排出量の少ないガスではない点に注意が必要だ。

第2章 バイオガス: 廃棄物の削減と両立

生物由来の廃棄物は年間を通じて全国で大量に発生している。特に発生量が多いのは、家畜の排せつ物と下水の汚泥である。それぞれ年間 8000 万トン前後に達する(図 2-1)。このほかに紙や食品廃棄物の発生量も多い。いずれも生物由来の有機廃棄物で、メタン発酵などによってバイオガスを作ることができる。

図 2-1: バイオマスの発生量(2021 年 4 月時点)

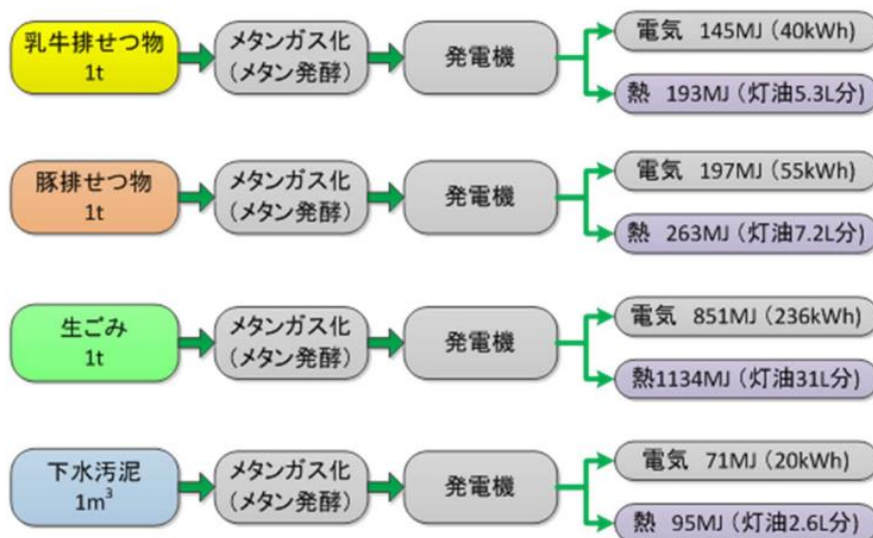
バイオマスの種類		現在の年間発生量(※2)	現在の利用率	2030年の目標
廃棄物系	家畜排せつ物	約 8,000 万トン	約 86%	約 90%
	下水汚泥	約 7,900 万トン	約 75%	約 85%
	下水道バイオマスリサイクル(※3)	—	約 35%	約 50%
	黒液	約 1,200 万トン	約 100%	約 100%
	紙	約 2,500 万トン	約 80%	約 85%(※5)
	食品廃棄物等(※4)	約 2,400 万トン	約 58%	約 63%
	製材工場等残材	約 510 万トン	約 98%	約 98%
	建設発生木材	約 550 万トン	約 96%	約 96%
未利用系	農作物非食用部(すき込みを除く。)	約 1,200 万トン	約 31%	約 45%
	林地残材	約 970 万トン	約 29%	約 33%以上

- ※1 現在の年間発生量及び利用率は、各種統計資料等に基づき、2021年(令和3年)4月時点で取りまとめたもの(一部項目に推計値を含む。)
- ※2 黒液、製材工場等残材及び林地残材については乾燥重量。他のバイオマスについては湿潤重量。
- ※3 下水汚泥中の有機物をエネルギー・緑農地利用した割合を示したリサイクル率。
- ※4 食品廃棄物等(食品廃棄物及び有価物)については、熱回収等を含めて算定した利用率に改定。
- ※5 本目標値は「資源の有効な利用の促進に関する法律」(平成3年法律第48号)に基づき、判断基準省令において定めている古紙利用率の目標値とは異なる。

出典: 農林水産省

メタン発酵によるバイオガスの利用は、家畜の排せつ物、食品廃棄物(生ごみなど)、下水汚泥の3つの分野で進んでいる。発電用の燃料のほかに、熱源の燃料としても利用できる(図 2-2)。

図 2-2: 廃棄物系バイオマスによるエネルギー転換



MJ: 100 万ジュール、1MJ=約 0.278 キロワット時(電力量換算)

出典: 環境省

●食品廃棄物によるバイオガス

食品廃棄物の分野では、大手のビールメーカーが早くからバイオガスの利用に取り組んでいる。麒麟ビールは 1996 年に兵庫県の神戸工場にバイオガスボイラーを導入して以降、全国 9 カ所のビール工場にバイオガスを利用できるボイラーやコージェネレーション(熱電併給)システムを導入してきた(図 2-3)。

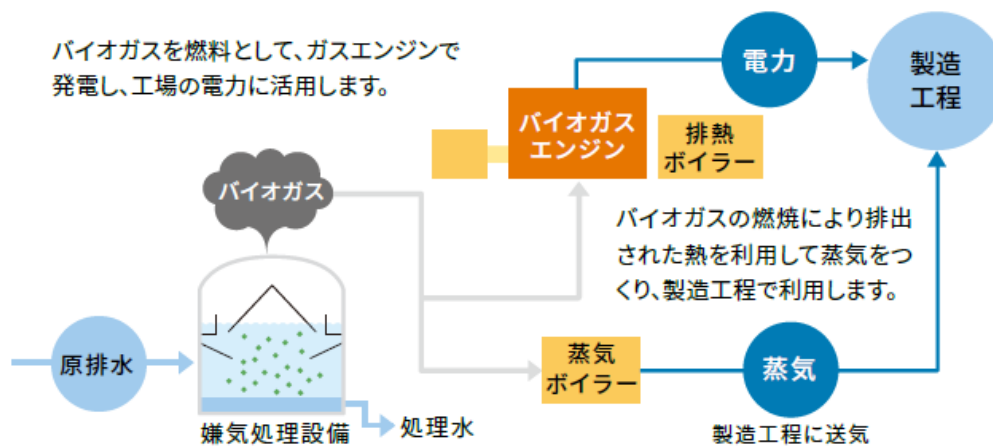
図 2-3: 麒麟ビールの工場における自然エネルギーの利用状況(数字は開始年)

	太陽光発電 Solar power generation	バイオガスボイラー Biogas boilers	バイオガスエンジン式 コージェネレーションシステム Biogas engine cogeneration system	PPAモデルによる 大規模太陽光発電導入 Use of large-scale Solar power use the on-site PPA	購入電力の再生可能 エネルギー比率100% 100% renewable energy for purchased electricity
北海道工場 Hokkaido Chitose Plant	—	○ 2009	—	○ 2022	—
仙台工場 Sendai Plant	—	—	○ 2005	○ 2021	○ 2022
取手工場 Toride Plant	○ 2007 (20 kW)	○ 1999	○ 2006	○ 2022	○ 2023
横浜工場 Yokohama Plant	○ 2006 (30 kW)	○ 2008	○ 2004	—	—
名古屋工場 Nagoya Plant	○ 2008 (20 kW)	—	○ 2009	○ 2021	○ 2021
滋賀工場 Shiga Plant	○ 2006 (10 kW)	○ 2009	—	○ 2021	—
神戸工場 Kobe Plant	○ 2005 (20 kW)	○ 1996	○ 2002	○ 2021	—
岡山工場 Okayama Plant	○ 2007 (20 kW)	○ 2011	○ 2007	○ 2022	○ 2023
福岡工場 Fukuoka Plant	○ 2006 (20 kW)	○ 2012	○ 2006	○ 2022	○ 2023

出典: 麒麟ホールディングス

燃料に利用するバイオガスは、ビールを製造した後の排水から作る。ビールは麦芽などの原料を煮沸・発酵させて製造する。製造後の排水には、原料に使った麦芽など植物由来の有機物が含まれている。この排水を処理する過程で、微生物を加えてメタン発酵させるとバイオガスが発生する(図 2-4)。

図 2-4: ビール工場におけるバイオガスの発生から利用までの流れ



出典: 麒麟ホールディングス

バイオガスはタンクに貯めて、工場内にあるボイラーやコージェネレーションシステムの燃料として利用できる(写真 2-1)。ビールの製造工程では原料の煮沸に大量の蒸気を必要とするほか、設備の洗浄などにも蒸気を使う。100℃以上の蒸気が必要になるため、ヒートポンプに切り替えることはコストの問題を含めてむずかしい。バイオガスで蒸気を作ることによって、都市ガスの使用量を減らすことができ、エネルギーの購入コストとCO₂排出量(スコープ 1)を削減できる。

写真 2-1: バイオガスを燃料に利用して電力と熱を供給するコージェネレーションシステム



出典: キリンホールディングス

麒麟ビールの 2022 年におけるスコープ 1 の排出量は 14 万 7000 トンだった。バイオガスの熱量をもとに CO₂ 排出量(都市ガス換算)の削減を計算すると、約 1 万 3000 トンになる。スコープ 1 の排出量の約 8% をバイオガスで削減できたことになる。しかもバイオガスは排水処理の過程で作ることができるため、製造コストは実質的にゼロとみなせる。

従来は各工場の電力と熱の需要をもとに、熱だけを作るボイラーか、電力と熱の両方を作ることができるコージェネレーションか、どちらを導入するかを決めていた。電力については自然エネルギー100%で外部から購入する手段が増えてきたため、今後はバイオガスを熱の利用にシフトさせて、スコープ 1 の排出削減に生かすことも選択肢になる。

ビール工場におけるバイオガスの発生量はビールの生産量に依存する。年ごとに変動するほか、季節によっても変動するため、安定した量を確保することがむずかしい。ビールの生産量が増えなければバイオガスの発生量を増やすことはできない(図 2-5)。今後はバイオガスを熱源に利用する割合を高めていく方法に加えて、100℃以下の低温の熱の需要にヒートポンプを適用して電化を進めることが主要な対策になる。

図 2-5: キリンビールのバイオガス発電量と発生量

	バイオガス発電量 (単位:百万kWh) Biogas electricity generated (Unit: million kWh)	バイオガス発生量 (単位:千Nm ³) Biogas generated (Unit: thousand Nm ³)
2018	18.6	8,689
2019	21.9	9,009
2020	22.5	8,526
2021	18.6	7,547
2022	16.2	8,129

Nm³:ノルマルリューベ(0°C、1 気圧の状態)で 1 立方メートル)

出典:キリンホールディングス

アサヒビールでも同様に、工場の排水処理で発生するバイオガスを熱源として活用している。バイオガスボイラーとコージェネレーションシステムを導入しているほか、環境省の実証事業で茨城県の工場に大型の燃料電池(固体酸化物形)を導入して実用性を検証中だ(写真 2-2)。

写真 2-2: アサヒビールの茨城工場に導入したバイオガスによる燃料電池



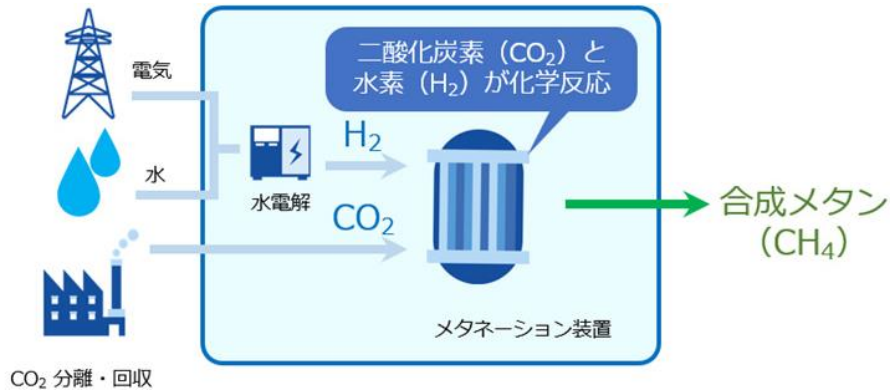
出典:アサヒグループホールディングス

燃料電池はバイオガスから水素を分離して、酸素と反応させることで発電する。発電時に水だけを排出するため、環境面で優れている。さらに発電に伴う排熱を利用できるコージェネレーションも可能で、電力と熱の両方を効率よく作れる利点がある。

ただしビールの排水から作ったバイオガスには硫黄系などの不純物が含まれていて、燃料電池の動作に悪影響を及ぼす。アサヒビールの工場ではバイオガスを精製して不純物を除去することによって、燃料電池が正常に稼働することを実証で確認した。残る課題は燃料電池の導入コストが高いことである。小型で高効率の燃料電池を低コストで導入できるようになれば、全国各地の工場に展開することが可能になる。

アサヒビールが属するアサヒグループでは、ビール工場や食品工場などで使用する化石燃料に代わる燃料として、合成メタン(メタネーション)の実証も進めている。工場で排出する CO₂ を分離・回収して、水の電気分解で生成した水素と反応させて合成メタンを製造する(図 2-6)。

図 2-6:アサヒグループで実証中のメタネーションの仕組み



出典:アサヒグループホールディングス

茨城県にあるアサヒグループの研究開発センターに CO₂ 分離回収試験装置とメタネーション装置を導入して、2021 年から実証試験を続けている(写真 2-3)。化石燃料ボイラーから排出する CO₂ を分離・回収した後、回収した CO₂ をメタネーション装置で水素と反応させて、合成メタンを製造する試みだ。長時間の連続運転によるシステム全体の性能を評価し、合成メタンの品質や製造コストなどを検証している。

写真 2-3:アサヒグループ研究開発センターで実証中の CO₂ 分離回収試験装置(左)、メタネーション装置(右)



出典:アサヒグループホールディングス

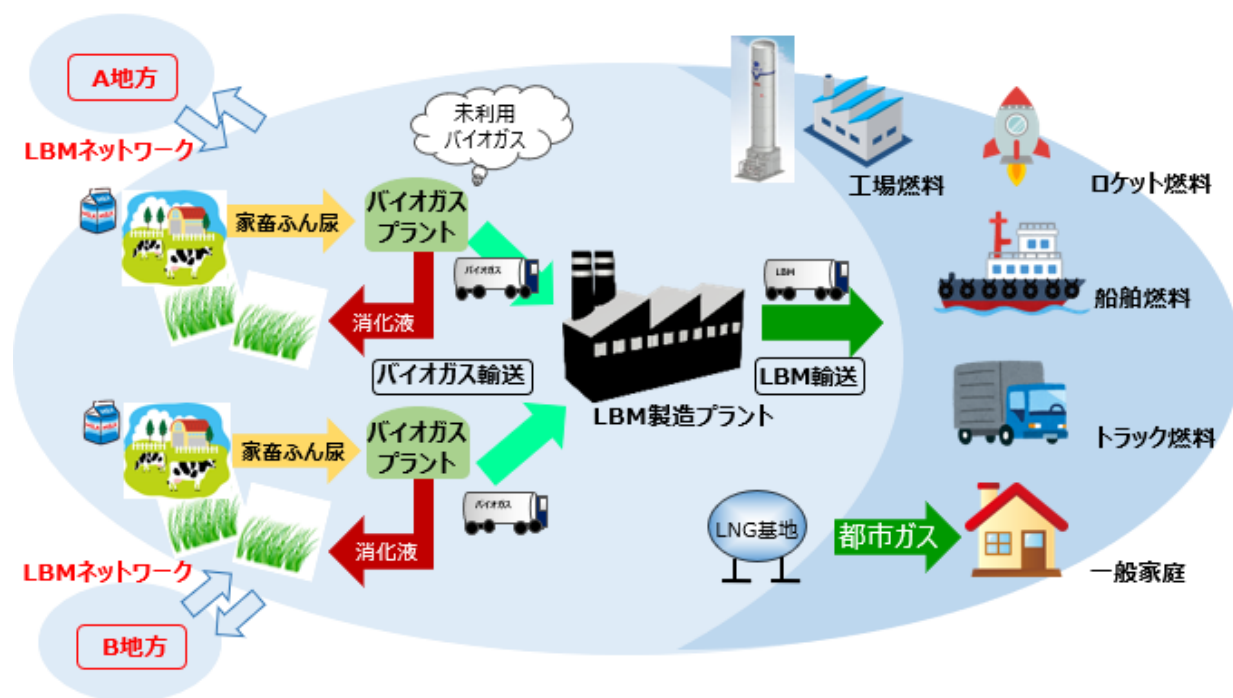
合成メタンの利点は、通常の化石燃料ボイラーでも利用できることである。設備を入れ替える必要がない。化石燃料の代わりに合成メタンを利用できるようになると、工場などで排出するスコープ 1 の削減に効果を発揮する。課題は CO₂ 分離・回収とメタネーションにかかるコストである。さらに合成メタンの燃焼によって CO₂ を排出するため、排出ゼロにはならないという問題もある。合成メタンは自然エネルギー由来の水素と吸収系の CO₂(バイオマス由来、大気からの吸収など)で製造した場合に、燃焼しても排出ゼロとみなせる。

●畜産廃棄物によるバイオガス

酪農が盛んな北海道の十勝地区では、乳牛が排せつする大量のふん尿の処理が長年の課題になっている。田や畑に肥料として散布する方法が一般的だが、周辺の地域に悪臭が広がり、地域の住民を悩ませてきた。この問題を解消する方策として、ふん尿をメタン発酵させてバイオガスとして活用する取り組みが進められている。牛のふん尿を放置すると、温室効果ガスになるメタンが放出されるため、回収してバイオガスとして利用すれば、温室効果ガスの排出削減効果は大きい。

牛のふん尿にはメタン菌が含まれている。発酵槽に入れて3~4週間ほど加温すると、バイオガスを発生する。十勝地区ではバイオガスを利用した発電事業に自治体が取り組む一方、精製してメタンの含有率を高めた液化バイオメタン(LBM)を製造して流通させるプロジェクトが進行中だ(図 2-7)。

図 2-7: 北海道の十勝地区における家畜ふん尿由来のバイオガス製造・利用イメージ



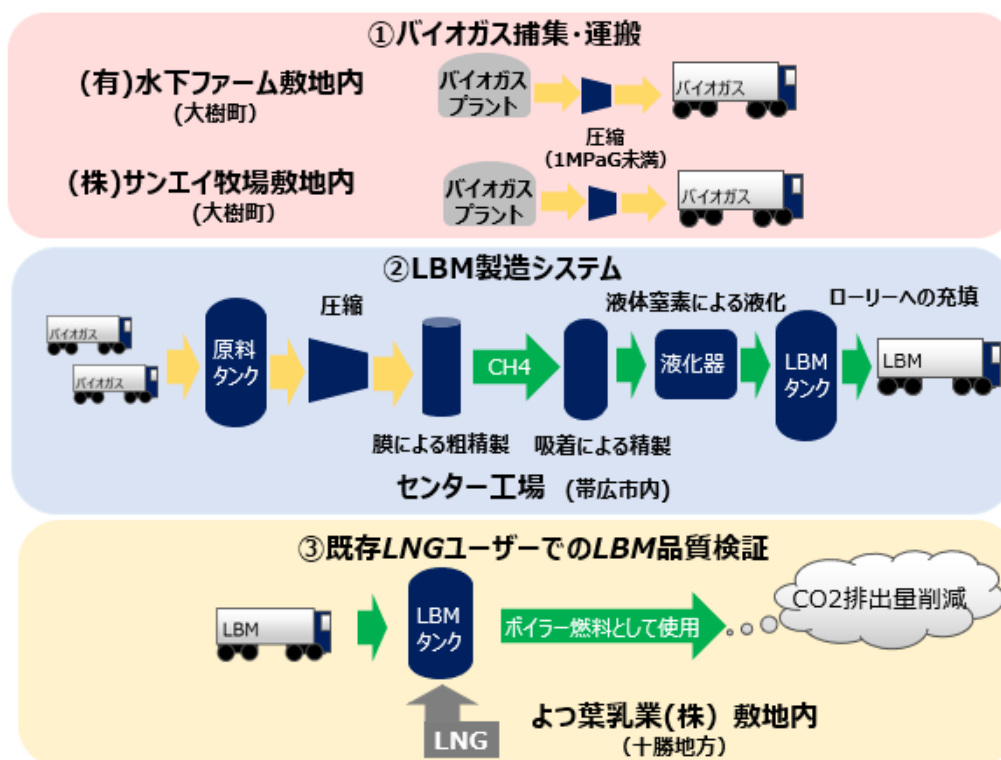
LBM: 液化バイオメタン

出典: 帯広ガス、エア・ウォーター

北海道などで液化天然ガス(LNG)や液化石油ガス(LPG)を販売するエア・ウォーターが、乳牛のふん尿をメタン発酵させたバイオガスから液化バイオメタンを製造する事業を実施している。十勝地区の中心地である帯広市に、液化バイオメタンの製造プラントを2022年10月に開設して、周辺の工場などに出荷を開始した。環境省が実施する実証事業の一環で液化バイオメタンのサプライチェーンを構築する。

この実証事業では、酪農家の牧場の敷地内に、乳牛のふん尿からバイオガスを生成・捕集するプラントを設置した。捕集したバイオガスは吸着剤を充填した容器に取り込み、液化バイオメタンの製造プラントへ輸送する。さらに高純度のメタンに精製してから液化して、タンクローリーで近隣の工場などに運び、LNGと同様の燃料として利用する計画だ(図 2-8、写真 2-4)。

図 2-8: バイオガスの捕集・運搬～製造～使用の流れ



MpaG: メガパスカル(ゲージ圧力)、CH₄: メタン、LBM: 液化バイオメタン、LNG: 液化天然ガス
出典: エア・ウォーター

写真 2-4: バイオガス捕集システム(左)、液化バイオメタン製造プラント(右)

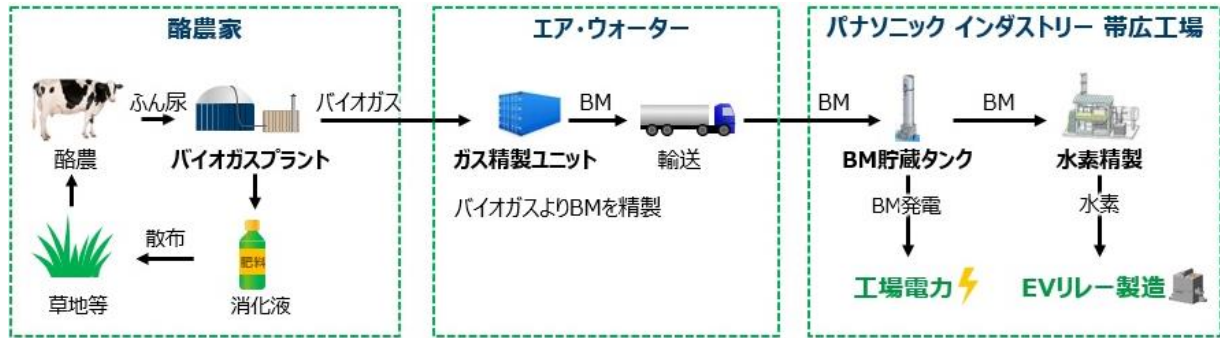


出典: エア・ウォーター

十勝地区に主力工場がある乳業メーカー、よつ葉乳業が 2021～2022 年度に実証事業の一環で、工場のボイラーの燃料に液化バイオメタンを使用して実用性を確認した。さらに電気・電子部品などを製造するパナソニックインダストリーが帯広市の工場から、2025 年度から、バイオメタンの使用を開始する計画だ。

パナソニックインダストリーの帯広工場では、スコープ1の排出量のうち97%はA重油(軽油に近い性質の重油)を燃料に利用する自家発電が占める。残りの3%は空調に使用する都市ガスである。自家発電に使用するA重油の3分の2をバイオメタンに切り替えて、スコープ1の排出量を削減する(図2-9)。2027年度には事業の拡大による電力使用量の増加を見込んでも、工場全体のスコープ1の排出量を50%以上削減(2022年度比)できる見込みだ。

図2-9: 家畜ふん尿由来のバイオガスを工場で使用するまでの流れ



BM: バイオメタン、EV: 電気自動車

出典: パナソニックインダストリー、エア・ウォーター

パナソニックインダストリーはパナソニックグループの中核事業会社の1つで、グループのCO2排出量(スコープ1・2)の30%を占めている(2022年度)。パナソニックグループはすべての事業会社を対象に、2030年までに工場のCO2排出量を実質ゼロに削減する目標を掲げている。目標を達成するうえでスコープ1の排出削減が欠かせない。

帯広工場では自家発電用のコージェネレーションシステムの燃料として、バイオメタンを使用する。設備容量が1メガワット(=1000キロワット)級のシステム2台を導入する予定だ。燃料の熱エネルギーに対する発電効率は42%で、熱も30%の効率で供給できる。合わせて72%の高いエネルギー効率になり、燃料の削減にもつながる。

さらに同工場で製造する電気自動車の部品(リレー)には水素を封入する工程がある。バイオメタンから水素を製造する装置を工場内に導入して、自然エネルギー由来の水素に切り替えていく計画である(グリーン水素の利用についてはp41を参照)。

バイオメタンの課題はコストである。酪農家に設置するバイオガスプラントの導入費とバイオガスの輸送費が大きい。製造元のエア・ウォーターによると、液化天然ガスと比べてコストが約3倍になる。原料になる排せつ物は酪農家ごとに分散しているため、規模の拡大によるコストの低下は期待しにくい。当面は国の補助やカーボンプライシングによる価格差の調整が加わらないと、普及させることはむずかしい状況だ。

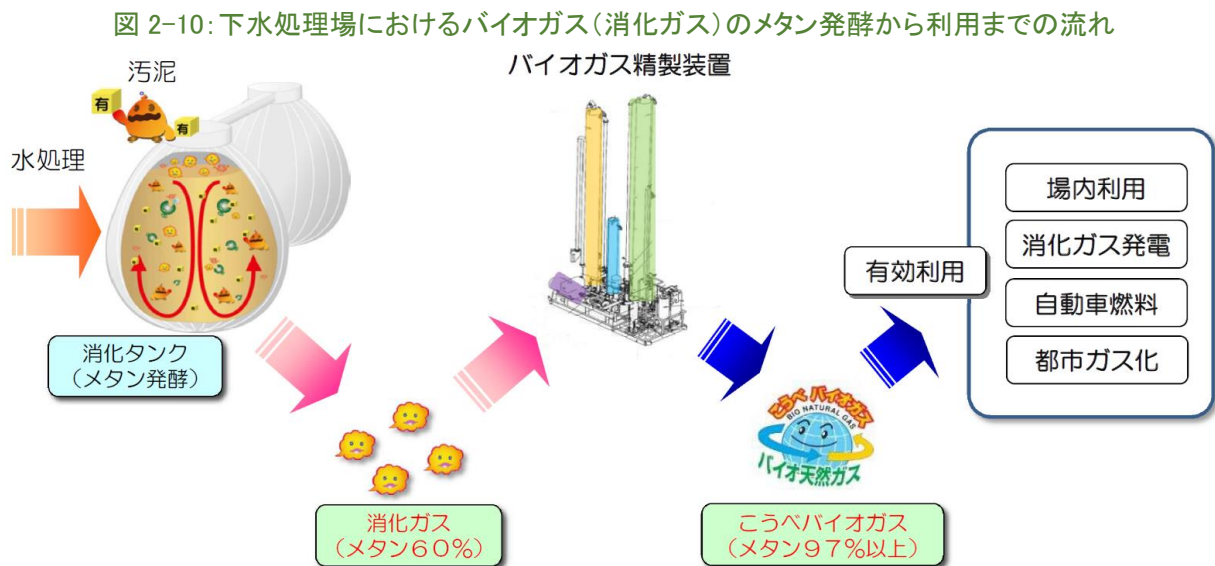
コストの問題を解決できれば、北海道だけではなく、畜産業が盛んな他県でも同様にバイオガスの製造・利用を拡大できる。地域の課題である排せつ物の処理と合わせて、自然エネルギーを地産地消する効果は大きい。

●下水廃棄物によるバイオガス

全国各地に資源が存在する点では、下水の汚泥から作るバイオガスも有望だ。下水処理場には大量の下水が集められる。処理する下水の容量を減らすために、下水に含まれている汚泥(人間の排せつ物など)をメタン発酵させてバイオガスを発生させる方法がある。発酵用のタンクで汚泥を1カ月ほど加温することで、タンク内に常駐する微生物が汚泥の中の有機物を分解して、バイオガスの一種である消化ガスを発生する。消化ガスにはメタンガスが60%くらい含まれていて、残りはCO₂である。

消化ガスの状態でも燃料として利用できるが、兵庫県の神戸市では下水処理場に設置した精製装置で都市ガス並みのメタンガス97%以上に純度を高めて、バイオメタン(神戸市では「こうべバイオガス」と呼ぶ)を製造して利用する(図2-10)。

消化ガスの中には、下水に含まれている「シロキサン」と呼ぶケイ素加工物(シャンプーやリンスの成分)が残っていて、燃焼させるとボイラーなどの装置に付着して故障の原因になる。このシロキサンも精製によって除去する。



出典: 神戸市建設局

消化ガスをバイオメタンに精製する過程でCO₂を分離できるが、現在は大気中に放出している。分離したCO₂を排出しないためには、水素と組み合わせて合成メタンを製造する方法などが考えられる。ただし追加で発生するコストを回収する対策が必要になる。

神戸市には下水処理場が6カ所ある。汚泥処理を実施しているのは4カ所で、残る2カ所は他の下水処理場に汚泥を送って処理する。汚泥処理によるバイオガスの年間発生量は4カ所の合計で約1350万リューベ(2022年度)にのぼる。精製したバイオガスの供給量は年間に505万リューベになり、都市ガスに換算すると約1万4000世帯の使用量に相当する。

精製したバイオガスは下水処理場に設置した発電機やボイラーに供給して、処理場の電力と熱(冷暖房、消化タンクの加温)に使用する。さらに発電した電力を固定価格買取制度(FIT)で売電して、バイオガスの製造や精製の費用を回収する(写真 2-5)。FIT ではメタン発酵によるバイオガス発電の買取価格が 39 円 /kWh(2022 年度認定分まで)と高いため、最優先でバイオガスを供給している。それでもバイオガス発生量の 30%程度は余って、用途がないまま焼却している状況だ。

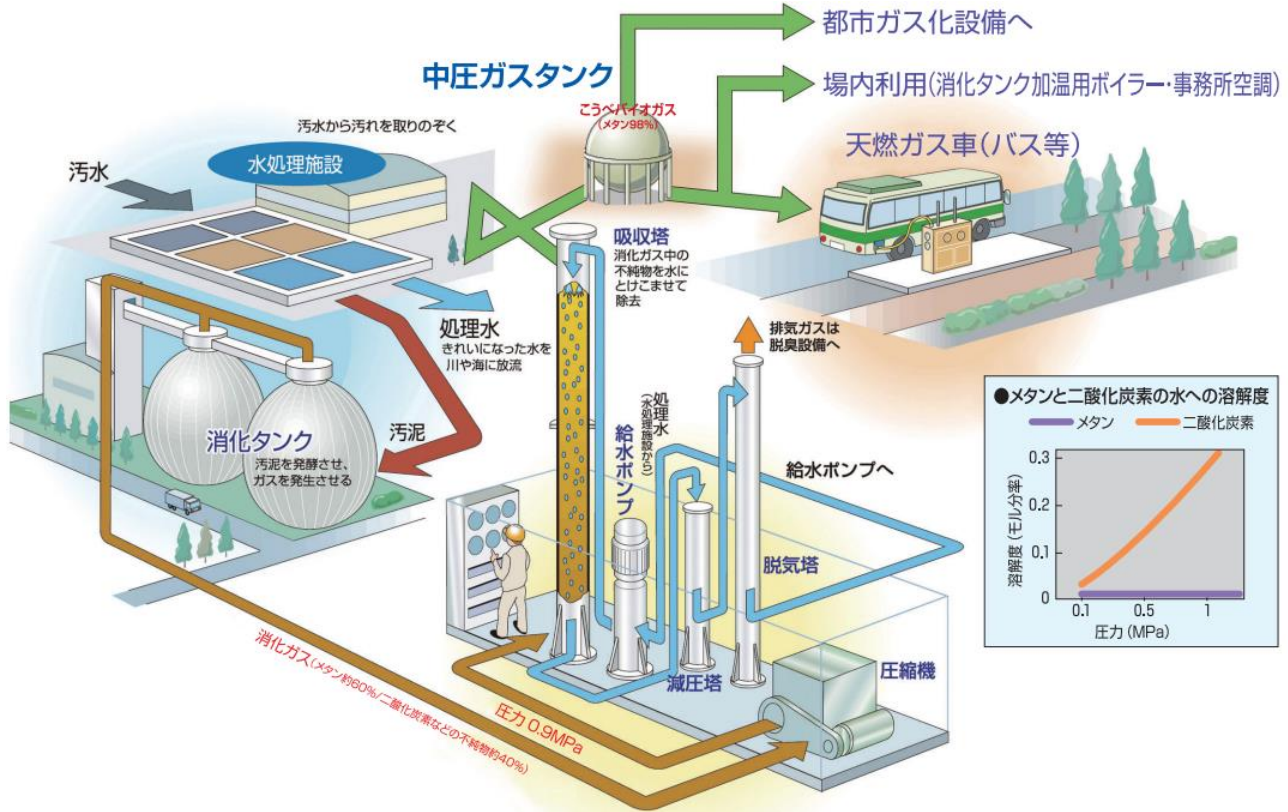
写真 2-5: 下水処理場の消化タンクとバイオガス精製装置(上)、バイオガス発電機(下)



撮影: 自然エネルギー財団(場所: 神戸市垂水処理場)

神戸市はバイオガスの用途を拡大するために、さまざまな試みを実施している。2008 年度から経済産業省の補助事業として、大阪ガスと共同で都市ガスの導管にバイオガスを注入して 2022 年 3 月まで供給を続けた(図 2-11)。バイオガスの注入量は年間に約 3000 世帯分である。

図 2-11: 下水汚泥によるバイオガスを製造・供給する設備の全体イメージ



出典: 神戸市建設局

しかし都市ガスとして供給するためには、バイオガスの精製設備に加えて、ガスの導管に注入するための設備が必要になる(写真 2-6)。さらに成分の調整なども必要になり、運営コストがかかる。既存の設備が老朽化したこともあり、補助事業の終了に伴ってバイオガスの供給事業を終了した。地域で発生する廃棄物から自然エネルギー由来のバイオガスを製造しても、供給網を確立できないために地域内で有効に活用できていない状況だ。

政府は化石燃料に依存しないエネルギーの安定供給を目指して、エネルギー供給構造高度化法の中でガス事業者バイオガスの利用促進を求めている(図 2-12)。バイオガスの発生施設として想定しているのは、下水処理場や食品工場である。

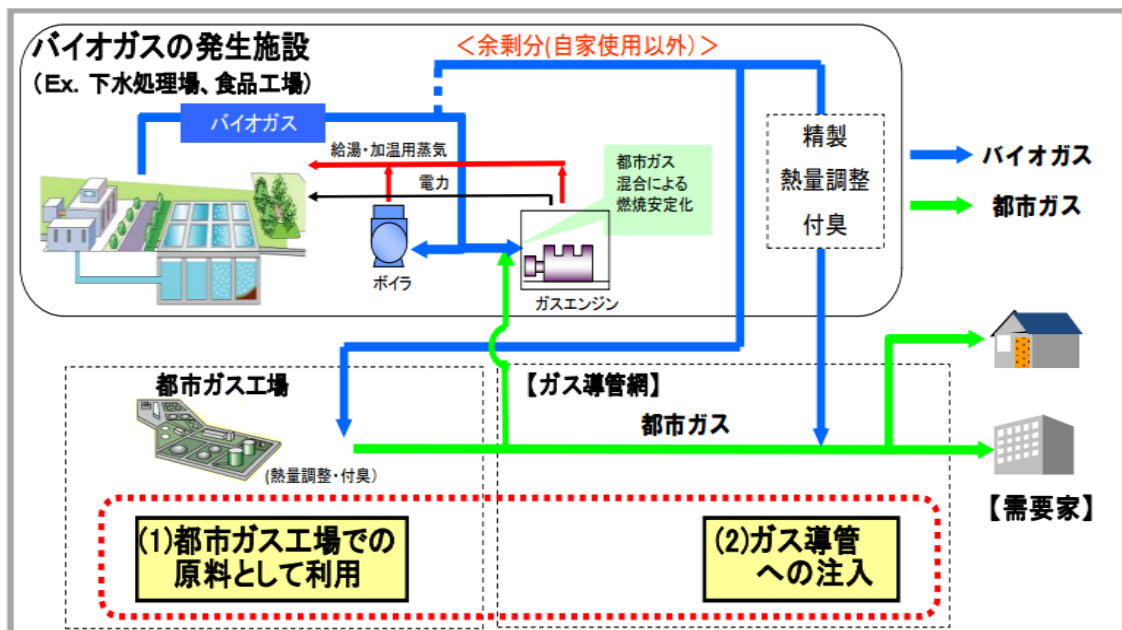
各施設で発生したバイオガスを地域内で活用するためには、バイオガスを都市ガスの工場まで輸送するコスト、さらに導管に注入するコストを低減する対策が必要になる。あるいは近隣の工場まで効率よく輸送する体制を整備する必要がある。現在のところ下水処理場や食品工場のバイオガスを工場などに輸送して利用している事例は見当たらない。

写真 2-6: バイオガスの都市ガス化設備



出典: 神戸市建設局

図 2-12: バイオガスを都市ガスとして利用するイメージ



出典: 資源エネルギー庁

全国には約 2200 カ所の下水処理場があるが、処理の工程で発生する汚泥をエネルギーとして活用している割合は 3 割に満たない(バイオガスのほかに固形化燃料も含む)。各地に豊富に存在するバイオガスの資源を有効に活用するためには、国を挙げた取り組みが欠かせない。官民の連携によってコスト削減と輸送の問題を解決して、製造業におけるスコープ 1 の排出削減にも生かせるようにすることが望まれる。

第3章 グリーン水素: 先行企業が実証

日本国内でグリーン水素を活用できる可能性はバイオガスと同様に全国に広がっている。グリーン水素を製造する代表的な方法は2通りある。自然エネルギーの電力で水を電気分解する方法とバイオガスから水素を抽出する方法である。太陽光発電によるグリーン水素の導入ポテンシャルは東日本を中心に豊富にあり、家畜ふん尿由来のバイオガスの導入ポテンシャルも北海道をはじめ広い範囲に存在する(図3-1)。

図3-1: 太陽光発電とバイオガス(家畜ふん尿由来)によるグリーン水素の導入ポテンシャル

都道府県名	導入ポテンシャル (kWh)	水素量換算 (Nm3/年)
愛知県	3,886,942,780	765,428,732
北海道	3,841,612,667	756,502,187
埼玉県	3,502,781,514	689,778,513
千葉県	3,446,004,402	678,597,790
東京都	3,408,916,127	671,294,253
神奈川県	3,216,148,673	633,333,893
福岡県	2,774,752,415	546,412,783
茨城県	2,653,872,112	522,608,662
大阪府	2,614,036,557	514,764,122
静岡県	2,576,948,282	507,460,585

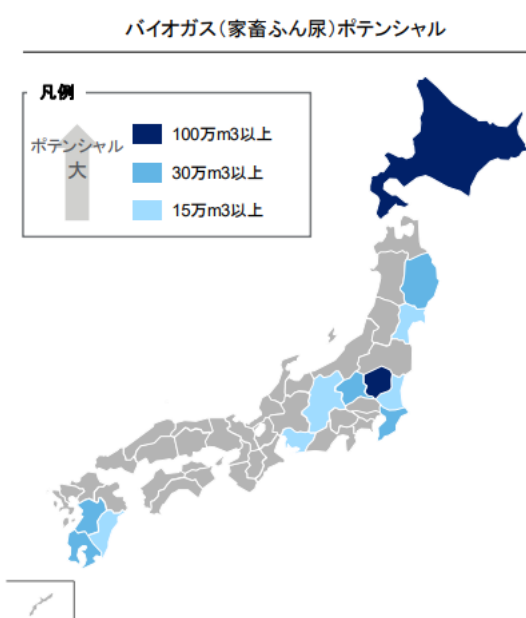
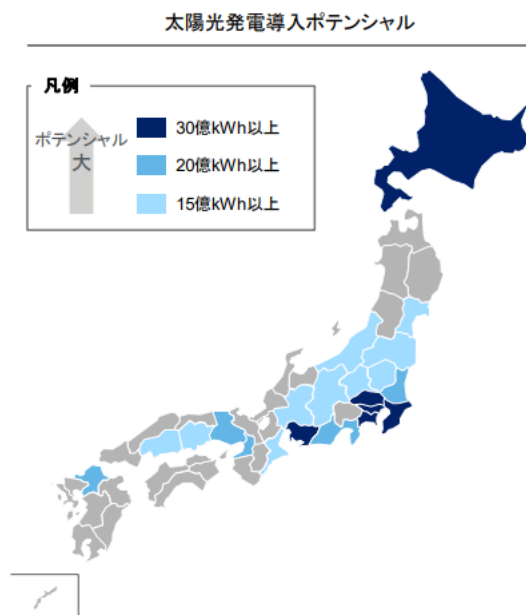
<試算内容>

- 2030年の導入目標量を、現状の導入ポテンシャルに応じて按分
 - 設備稼働率12%、2030年の導入目標749億kWh
- 水素量換算は全て水電解した場合を試算
 - 水電解効率80%、PCS効率96%、水電解消費電力3.9kWh/Nm3-H2

都道府県名	CH4排出量 (m3)	水素量換算 (Nm3/年)
北海道	115,444,144	196,087,061
栃木県	60,422,593	15,444,083
熊本県	4,758,966	12,699,928
岩手県	3,913,377	12,335,653
群馬県	3,801,129	10,925,303
千葉県	3,366,541	10,201,772
鹿児島県	3,143,591	8,580,833
愛知県	2,644,112	8,117,911
茨城県	2,501,466	7,909,940
宮崎県	2,437,382	6,910,776

<試算内容>

- 家畜の飼育頭数に基づきふん尿量とメタン発生量を推計
 - 肉用牛(2歳未満、2歳以上)、乳用牛(搾乳牛、乾・未経産、育成牛)、豚(乳用種、肥育豚、繁殖豚)、鶏(採卵鶏、ブロイラー)が試算対象
- 全て水素に改質した場合の水素供給可能量を試算
 - 水蒸気改質効率70%と仮定



Nm3: ノルマルリューベ(0°C、1気圧の状態)で1立方メートル、PCS: パワーコンディショナー、CH4: メタン

出典: 環境省

これから太陽光発電を中心に全国各地で自然エネルギーの電力が増えていくと、電力の需要が少ない日や時間帯に地域全体の発電量が需要を上回る可能性があり、発電設備の一時的な運転停止を求める「出力制御」の頻度が多くなってしまふ。自然エネルギーの電力でグリーン水素を製造すれば、電力の需要を増やして出力制御の頻度を減らすことができる。一方で出力制御が必要になる状況においては、電力が余って市場価格がゼロ円に近づく。水の電気分解でグリーン水素を製造するコストも低減できる。

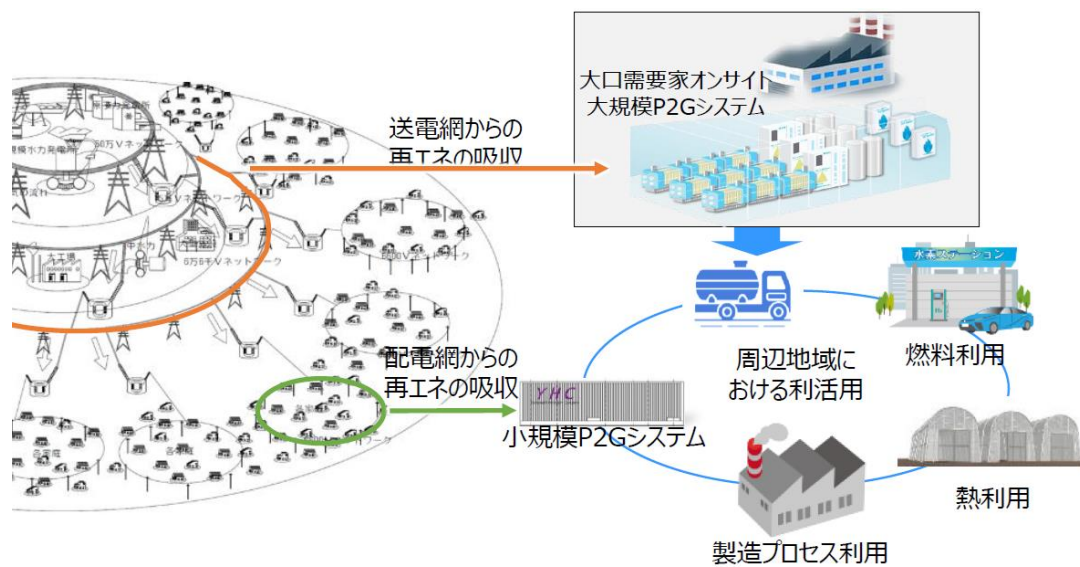
グリーン水素を製造・利用する拠点が全国に広がっていけば、自然エネルギーの電力を地産地消できる用途が増える。地域の脱炭素化を推進して経済効果を高めながら、地域内に立地する企業のスコープ1の排出削減に生かせるメリットは大きい。電化やバイオガスの可能性を含めて、企業と地域の双方に利益をもたらす方法を選択することが望ましい。

●水の電気分解によるオンサイト製造

自然エネルギーの電力を使ってグリーン水素を製造・利用する取り組みは山梨県で進んでいる。NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託事業として、大規模な太陽光発電設備がある甲府市内でグリーン水素を製造して、県内の工場などで利用する実証試験を2021年に開始した。

水を電気分解して水素を製造するP2G(Power to Gas)システムを山梨県と民間企業が共同で開発して実証中だ。開発したP2Gシステムを周辺地域の工場に導入して、オンサイトで水素を製造・利用する試みである(図3-2)。すでにサントリーや大成建設などの工場にP2Gシステムを導入することが決まっている。

図3-2: 山梨県における水素の利用イメージ



P2G: Power to Gas (電力からガスへ変換)

出典: 山梨県企業局

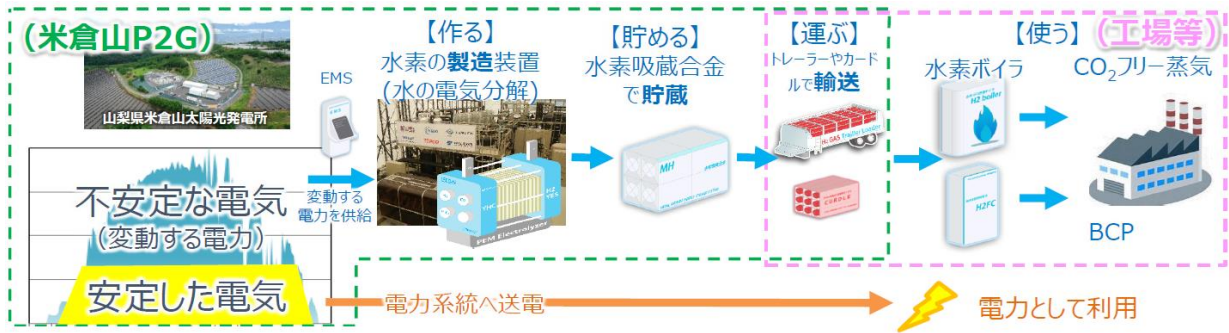
山梨県が実証試験中のシステムは、水の電気分解による水素製造装置のほかに、水素を貯蔵するための水素吸蔵合金、水素を輸送するためのトレーラーなどで構成する(写真3-1、図3-3)。

写真 3-1: 山梨県が実証試験中の水電解装置(上)、水素貯蔵タンク(中)、トレーラー(下)



撮影: 自然エネルギー財団(場所: 山梨県米倉山電力貯蔵技術研究サイト)

図 3-3: 水素の製造・貯蔵・輸送から使用までの流れ



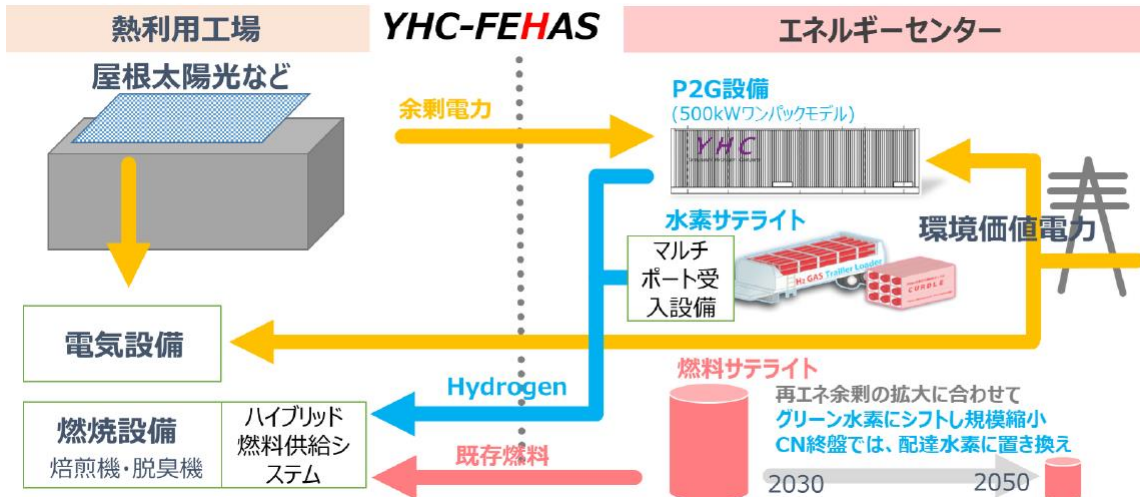
EMS: エネルギー管理システム、BCP: 事業継続計画

出典: 山梨県企業局

工場などにオンサイトで導入して水素を製造できる P2G システムは 2 種類を開発中だ。1 つは大規模なシステムで、最大 10MW(メガワット=1000 キロワット)の電力を使って水素を製造する。もう 1 つは 500kW (キロワット)の電力で水素を製造する小規模なシステムである。水の電気分解に使う電力は自家発電の余剰電力や、小売電気事業者から環境価値(CO₂を排出しないなどの価値)の付いた電力を購入する。

P2G システムで製造した水素は工場内のボイラーなどに供給して、燃焼して熱を作る。当初は都市ガスなどと併用しながら、オフサイトから輸送する分を含めてグリーン水素の割合を徐々に高めていく。最終的にグリーン水素 100%に切り替えて、CO₂ 排出量をゼロに削減することが理想形だ(図 3-4)。

図 3-4: 工場におけるグリーン水素の利用イメージ



P2G: Power to Gas(電力からガスへ変換)、Hydrogen: 水素、CN: カーボンニュートラル

出典: 山梨県企業局

サントリーは山梨県の北杜市にある白州工場に大規模な P2G システム 2 台を導入して、2025 年の春に運転を開始する計画を進めている。NEDO の実証事業の一環で、最大 16MW の電力を使ってグリーン水素を製造する予定だ。

白州工場では天然水とウイスキーを製造している(写真 3-2)。16MW 級の P2G システムで製造する水素によって、天然水の製造工程で使用する蒸気、あるいはウイスキーの製造工程で使用する蒸気と高温の熱、どちらか一方の製造工程における熱需要のほぼ全量を供給できる見込みである。

写真 3-2: 大規模な P2G システムを導入するサントリーの白州工場



出典: サントリーホールディングス

当初は天然水の製造工程で水素を利用する。天然水の製造には殺菌が必要で、100℃以上に加熱した設備に水を流して殺菌する工程がある。従来は都市ガスを使ってボイラーで高温の蒸気を発生させて工場内の配管で供給している。水素を利用できるボイラーを配管に接続すれば、同様に熱源として利用できる。当面は既設のガスボイラーと併設して導入効果を見極める方針だ。将来は水素ボイラーだけで工場を運営できれば、スコープ 1 の排出量をゼロに削減できる。

水の電気分解に使う電力は、山梨県内で発電した自然エネルギーの電力を購入する予定だ。山梨県には大規模な太陽光や水力の発電設備が数多くある。県内の発電設備の環境価値(非化石証書)が付いた自然エネルギーの電力を使って、オンサイトでグリーン水素を製造する。

最大の課題はコスト。自然エネルギーの電力を購入して水素を製造すると、現状では都市ガスと比べてコストが 3~4 倍になってしまう。NEDO の実証事業で P2G システムの補助金を得ても、都市ガスの 2 倍近いコストがかかる。電力の価格が安い時間帯に購入するなどの工夫が必要になるが、それでも都市ガスと比べた価格差を埋めることはむずかしい。国の支援策に期待する一方、バイオガスの利用や電化の可能性を含めて総合的に判断する方針だ。

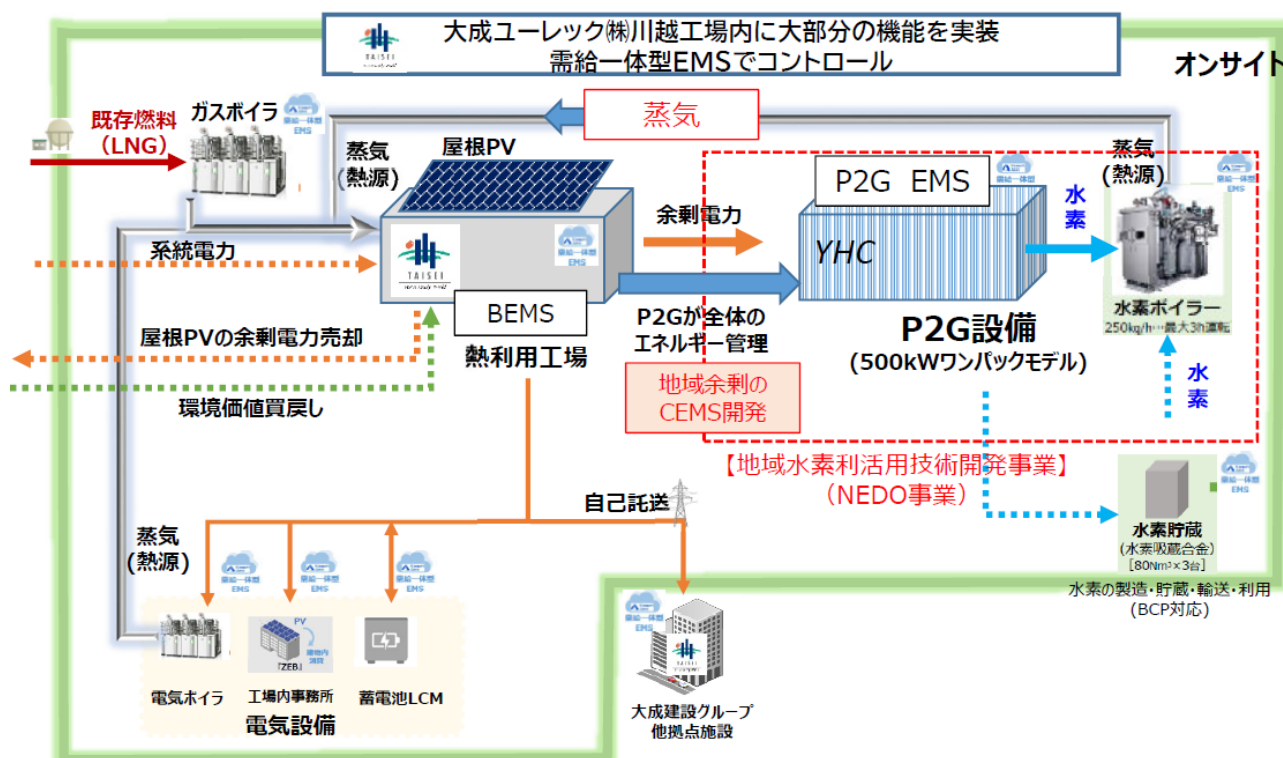
サントリーは他のビールメーカーと同様に、飲料や食品の製造工程で生じる廃棄物を活用して、工場内でバイオガスを製造して利用している。ヒートポンプによる電化を含めて、コストや温度帯、既存の設備との親和性や設置スペースなどをもとに、最適な熱源を選択していく。

山梨県で開発中の P2G システムのうち小規模なパッケージは、大成建設グループがコンクリート部材の製造工場に導入する。グループ会社の大成ユーレックが埼玉県の川越市で運営する工場に 500kW 級の P2G システムを導入して、2024 年 3 月までに運転を開始する予定である。

建設用のコンクリート部材を製造する工程の中で、コンクリートの硬化を促進するために蒸気で加熱する「養生」と呼ぶ工程がある。化石燃料の代わりにグリーン水素をボイラーの燃料に使うことで蒸気を供給して、CO₂ 排出量(スコープ 1)を削減する試みだ。水素の製造に使う電力は工場の屋根に設置した太陽光発電設備から供給する。

工場内の電力や熱の需給状況は BEMS(ビルエネルギー管理システム)を使って最適化を図る。さらに周辺地域のエネルギーの需給状況を CEMS(コミュニティエネルギー管理システム)で把握して、地域内で連携をとりながら脱炭素工場の実証に取り組む計画だ(図 3-5)。地域の余剰電力を工場で利用できるようにする一方、工場で製造したグリーン水素を地域で有効に活用するモデルを検討していく。

図 3-5: 建設用コンクリート部材の製造工場における脱炭素モデル

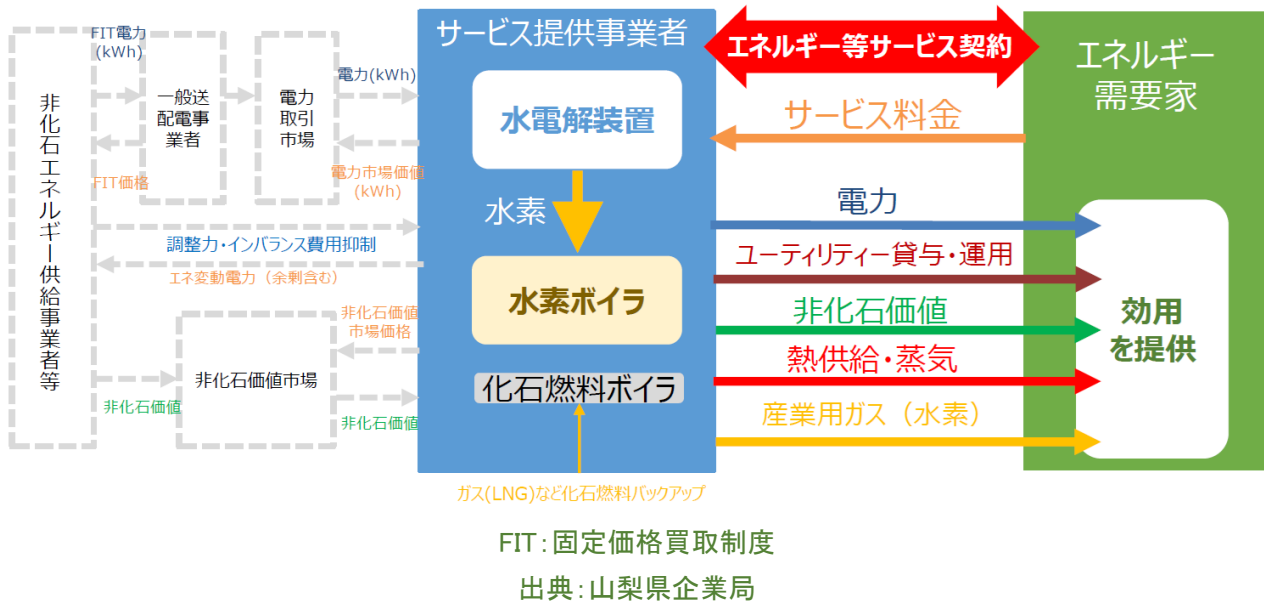


EMS: エネルギー管理システム、PV: 太陽光発電、BEMS: ビルエネルギー管理システム
 CEMS: コミュニティ(地域)エネルギー管理システム、BCP: 事業継続計画、LCM: ライフサイクルマネジメント
 NEDO: 新エネルギー・産業技術総合開発機構

出典: 大成建設、山梨県企業局

山梨県では P2G システムの導入拡大に向けて、第三者所有モデルによる水素エネルギー供給サービスを計画中だ。建物の屋根などを利用した太陽光発電のオンサイト PPA(電力購入契約)と同様に、事業者が工場に P2G システムを設置して、電力や熱・蒸気、あるいは水素のまま需要家に販売するモデルである(図 3-6)。

図 3-6: 工場を対象にした第三者所有モデルによる水素エネルギーの供給サービス



第三者所有モデルでは需要家の設備投資が不要になり、水素を製造する必要もなく、エネルギーを購入するだけで済む。工場などで水素の利用を促進するための有効な対策になる。山梨県が東京電力ホールディングスと東レの3者で2022年に設立した「やまなしハイドロジェンカンパニー」が2025年度まで事業性を検証した後に、商用化を目指す。当面の水素の製造コストを考えると、国の支援策が前提になる。

山梨県の P2G システムは福島県の工場でも導入が決まっている。半導体に欠かせない石英ガラス製品を製造するヒメジ理化が、福島県の田村市に半導体製造用のガラス工場を新設して P2G システムを導入する予定だ。石英ガラスの製造工程で水素が必要になるため、自然エネルギーの電力を使って工場内でグリーン水素を製造して利用する。半導体産業でもカーボンニュートラルな製品のニーズが高まっている。グリーン水素によるスコープ1の排出削減が事業を拡大するうえで重要になってきた。

福島県は山梨県と並んでグリーン水素の製造・利用が進んでいる。太平洋沿岸の浪江町に、大規模な太陽光発電設備と水電解装置を備えた「福島水素エネルギー研究フィールド(FH2R)」が2020年に運転を開始した(写真 3-3)。太陽光発電を主体に最大で10MWの電力を使って水素を製造する。ここで製造した水素を使って、住友ゴム工業が福島県内の工場「カーボンニュートラルタイヤ」の製造に取り組んでいる(p39を参照)。

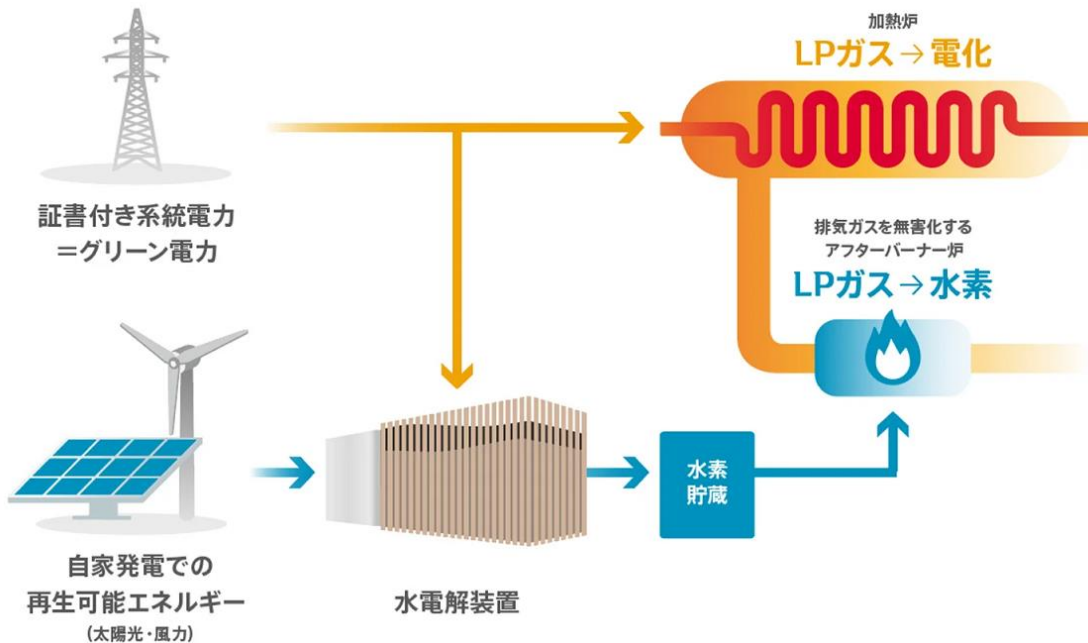
写真 3-3:「福島水素エネルギー研究フィールド(FH2R)」の全景



出典:NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)ほか

福島県では自動車部品メーカー大手のデンソーが、グループ会社のデンソー福島の工場に水電解装置を導入して、グリーン水素を製造・利用する実証を 2023 年 3 月に開始した。水電解装置はトヨタ自動車が開発したもので、燃料電池自動車の「MIRAI」に使われているシステムと共通化して導入コストを低減した。工場内で作る太陽光発電と風力発電の電力に加えて、自然エネルギーの電力を購入して水素を製造する(図 3-7)。

図 3-7:デンソー福島の工場におけるグリーン水素の製造・利用方法

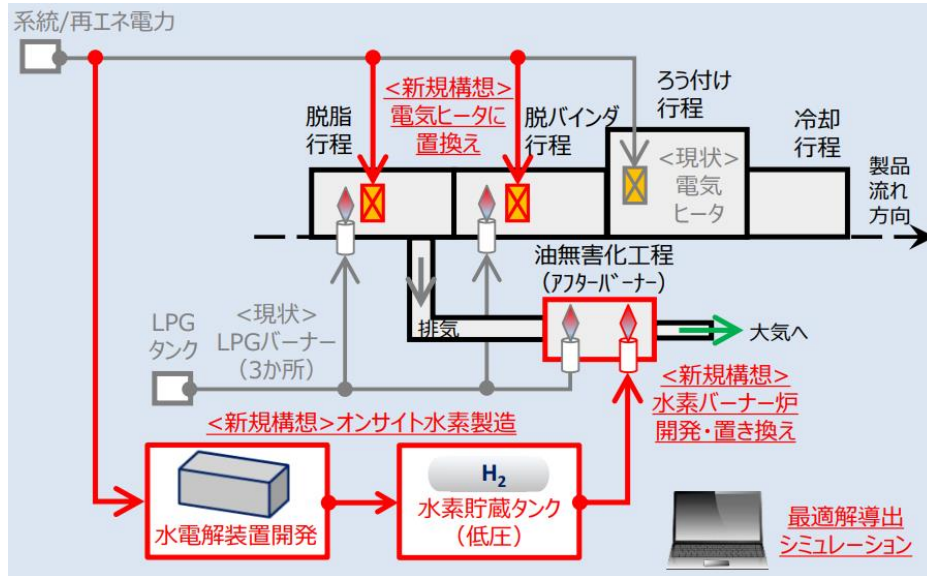


LP ガス: 液化石油ガス

出典:デンソー

デンソー福島の自動車部品を製造する工程の中で、排気に含まれる油をバーナーで燃焼させて無害化する「アフターバーナー」と呼ぶ工程がある。従来はバーナーの燃料にLP(液化石油)ガスを使ってきたが、水素バーナーに置き換えて CO₂ 排出量を削減する(図 3-8)。さらに別の工程で必要な熱源を LP ガスのバーナーから電気ヒーターに置き換える。

図 3-8: 水素や電気ヒーターによる熱の脱炭素化(デンソー福島で実証)

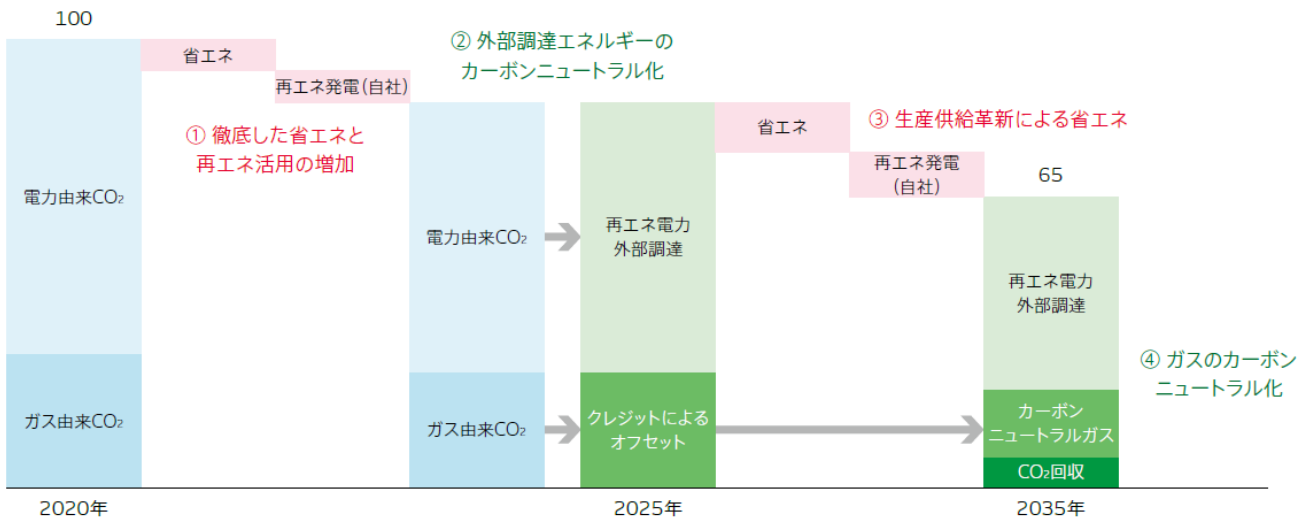


LPG: 液化石油ガス

出典: NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)

デンソーはグループ全体の生産活動を対象に、2035 年までにカーボンニュートラルを達成する目標を掲げている。省エネによってエネルギーの消費量を削減しながら、電力は自然エネルギーに、ガスは CO₂ を排出しないグリーン水素などに切り替えて、スコープ 1・2 の排出量を削減する方針だ(図 3-9)。

図 3-9: デンソーの 2035 年カーボンニュートラルに向けたロードマップ



出典: デンソー

●水の電気分解によるオフサイト製造

工場から離れた場所(オフサイト)で製造した水素を利用する事例も増えてきた。大手ゼネコンの大林組は地熱が豊富な大分県の九重町で、地熱発電の電力を使って水を電気分解してグリーン水素を製造する実証プラントを2021年に運転開始した(写真3-4)。発電能力は最大で125kW、そのうち50~60kWを水素の製造に利用する。

写真3-4:地熱発電の電力から水素を製造する実証プラント



出典:大林組

地熱発電の電力で製造したグリーン水素は、大林グループの大林道路が舗装に必要なアスファルトの材料(アスファルト混合物)の製造に2023年1月から使用している。大分県から佐賀県にあるアスファルト製造プラントまで、グリーン水素をカードル(高圧ガス容器)に充填して、約80キロメートルの距離をトラックで1時間ほどかけて運搬する。

道路の舗装に使うアスファルト混合物は、石や砂などの骨材を180℃前後の高温に加熱して、原油から作るアスファルトと混合して製造する。通常はバーナーで化石燃料を1000℃以上に燃焼させる方法で骨材を加熱する。

大林道路はバーナーの燃料にA重油(軽油に近い性質の重油)を使用してきたが、排ガスの中に硫黄酸化物が含まれる問題などを解消するために、都市ガスに切り替えを進めてきた。この都市ガスの代わりにグリーン水素を使えばCO₂も削減できる。現在は都市ガスと水素を混焼しているが、水素100%でもアスファルトの製造に問題がないことを確認できている。

大林道路は埼玉県の高橋市にある研究開発専用プラントにおいて、水素を活用する新しい製造方法の実用性を検証中だ(写真3-5)。通常のプラントで使用しているバーナーの5分の1程度の大きさの水素バーナーを設置して、実際にアスファルト混合物を製造して品質などを確認する。

写真 3-5: アスファルトの製造における水素の実用性を検証するプラント



出典: 大林道路

このプラントでは千葉県で製造した水素(製造方法は不明)を購入して、トラックで埼玉県まで輸送する。燃料費だけで都市ガスの 3 倍くらい、輸送費を加えると 10 倍くらいのコストになる。コストの点では実用的ではない。

大林道路のアスファルト製造プラントのうち、都市ガスを燃料に使用している拠点は全国で 8 カ所ある。そのうちの 5 カ所を対象に、2050 年度までに水素を利用する計画だ。コストのほかに供給網の整備、水素関連設備の設置や輸送に関する法整備も遅れている。本格的に水素を利用できる状況にはないことから、長期に導入拠点を増やしていく方針である。

とはいえ大林組ではグループ全体の CO₂ 排出量(スコープ 1・2)を 2030 年に 46%削減(2019 年比)する目標を掲げている。大林道路はグループの CO₂ 排出量の 23%を占めているため、早期に排出削減に取り組まなくてはならない。CO₂ 排出量が多いのは、アスファルト製品を製造する工程で使用する燃料である。一定のコストをかけても排出量を削減する必要に迫られている。

大林道路は水素の利用に取り組む一方で、バイオ燃料(廃食用油)への転換も進めている。アスファルトの製造プラントで使用している A 重油の代わりにバイオ燃料を使うことで CO₂ を削減していく。バイオ燃料は A 重油と比べてコストが 2 倍くらいになるが、プラントの周辺地域で供給量を確保しやすい。

現在 A 重油を使っている大規模なアスファルト製造プラントを中心に 10 拠点程度をバイオ燃料 100%に切り替えれば、2030 年の 46%削減が可能になる見込みだ。それに加えて都市ガスを使用しているプラントを長期的に水素に切り替えて、スコープ 1 の排出削減を進めていく。

福島県では住友ゴム工業が浪江町で製造したグリーン水素を使って、タイヤの製造工程の CO₂ 削減に取り組んでいる。グリーン水素を製造する「福島水素エネルギー研究フィールド(FH2R)」からトレーラーで、約 130 キロメートル離れた白河市にある工場まで水素を運搬する(FH2R については p34 を参照)。

タイヤの製造工程の中で「加硫」と呼ぶ工程がある。タイヤの部材を貼り合わせた後に、熱と圧力を加えることによって、ゴムの成分と硫黄が結合して弾力と耐久性を強化することができる。100℃を超える高温・高圧の蒸気が必要で、従来は天然ガスを燃料に使用している。この加硫に使用する燃料をグリーン水素に切り替えて CO₂ 排出量を削減する。

住友ゴム工業は 2023 年 7 月から 8 月にかけて約 1 カ月間、FH2R からグリーン水素の供給を受けて、量産タイヤを製造した(写真 3-6)。同工場で使用する燃料の数%を水素に転換できる段階だが、2050 年のカーボンニュートラルの目標に向けて、タイヤ製造の脱炭素を実現するための主要な課題の解決にめどをつけた。

写真 3-6: 水素の運搬用トレーラー(左)、工場に設置した水素ボイラー(右)



出典: 住友ゴム工業

オフサイトで製造した水素を活用する取り組みは、コーヒー豆の焙煎にも広がろうとしている。コーヒーの輸入・加工・販売を手がける UCC 上島珈琲は、静岡県にある主力の富士工場に水素を利用できる焙煎機を導入して 2025 年 4 月に運転を開始する予定だ。

UCC 上島珈琲は NEDO の助成を受けて 2022 年から、水素を熱源とするコーヒー豆の焙煎技術を開発してきた(写真 3-7)。コーヒー豆の焙煎には 200℃前後の熱を必要とする。通常は天然ガスを燃料に使用するが、グリーン水素に切り替えることでカーボンニュートラルなコーヒーの製造を目指す。水素を都市ガスなどと混合して利用できるハイブリッドバーナーを備えた大型の焙煎機を富士工場に導入する。

写真 3-7:水素で熱を供給する焙煎機(実験用)



出典:UCC 上島珈琲

コーヒー豆の焙煎に使用する水素は、山梨県が運営する水素製造プラントから供給を受ける(山梨県の水素製造プラントについては p29 を参照)。水素製造プラントから富士工場まで、約 80 キロメートルを輸送する計画である。

UCC 上島珈琲は当初、山梨県内に新しい焙煎所を建設して、オンサイトで水素を製造・利用する計画を進めていた。焙煎所の屋根などに太陽光発電設備を導入して、山梨県が開発中の P2G システムと組み合わせてグリーン水素を製造する予定だった。しかし建築コストの大幅な高騰などを受けて計画を延期した。代わりに富士工場でおフサイトの水素を利用して CO₂ 排出削減に取り組み、将来の工場新設に備える。UCC 上島珈琲はグループ全体で 2040 年までにカーボンニュートラルを達成する目標を掲げている。

● バイオガスによるオンサイト/オフサイト製造

北海道で家畜ふん尿由来のバイオガスの利用に取り組むパナソニックインダストリーは、帯広市の工場ではバイオガスから水素を製造して利用するプロジェクトを 2025 年度に開始する予定だ(バイオガスの利用については p23 を参照)。この工場で生産する電気自動車向けのリレー(電流を遮断する部品)は、水素を封入することによって性能を高めた製品で、パナソニックグループが世界で初めて実用化した技術である。製品の競争力を高めるうえで水素は不可欠な要素になっている。

現在は苫小牧市にある化学品メーカーの工場が発生する副生水素を購入している。約 180 キロメートルの距離を輸送する必要があり、輸送コストのために水素の価格が高くなる。自社の工場ではグリーン水素を製造すれば、コストを削減できる可能性が大きい。

パナソニックインダストリーはバイオガスを精製したバイオメタンを購入して、バイオメタンの改質あるいはバイオメタンで発電した電力による水の電気分解によって、オンサイトでグリーン水素を製造する計画だ。リレーの製造に必要な水素の全量をバイオガス由来のグリーン水素で供給できるかどうかは現時点では不明である。2025 年度に水素の製造・利用に着手して、状況を見ながらグリーン水素へ転換を進めていく。

帯広市を中心とする十勝地区は酪農が盛んで、乳牛の飼育数は合計で 20 万頭を超える。牛が排せつするふん尿を効率的に処理するために、帯広市に隣接する鹿追町では 2007 年から、ふん尿をメタン発酵させてバイオガスに転換する事業に取り組んできた。バイオガスで発電した電力の売却益をふん尿の処理に充当している。

この発電事業は 2013 年に FIT(固定価格買取制度)の認定を受けて、1kWh あたり 39 円で売電している。発電設備の運転開始から 20 年を経過する 2027 年には FIT の買取期間が終了する。それ以降の収益源の 1 つとして、バイオガスからグリーン水素を製造して地域で活用する事業を進めている(図 3-10)。

図 3-10: 北海道の十勝地区における水素サプライチェーン



FC: 燃料電池、FCV: 燃料電池自動車
出典: エア・ウォーターほか

環境省の実証事業で鹿追町のバイオガスプラントに水素の製造プラントを建設して、バイオガス由来のグリーン水素の製造を 2015 年度に開始した(写真 3-8)。当面はバイオガスを発電に利用するため、水素の製造量は限られる。バイオガスプラントに水素ステーションを併設して、鹿追町役場が公用車として使用する燃料電池自動車に供給するほか、燃料電池を設置した近隣の公共施設にカードルで水素を輸送して利用する。

写真 3-8: 家畜ふん尿由来のバイオガスから水素を製造するプラント



撮影: 自然エネルギー財団(場所: 鹿追町環境保全センター、2019 年に撮影)

2021 年度に実証事業が終了して、2022 年 4 月から新会社「しかおい水素ファーム」が水素の製造・販売事業を引き継いだ。実証事業に参画したエア・ウォーターと鹿島が共同で設立した会社で、バイオガス由来のグリーン水素の事業を拡大していく。十勝地区だけではなく北海道の全域を対象にグリーン水素を販売することを想定している。製造業の工場などで使用するためには、水素の供給量の拡大と輸送体制の整備、コストの低減が課題になる。

バイオガス由来のグリーン水素は、神戸市でも新しいプロジェクトを開始する。6 カ所ある下水処理場のうち 1 カ所を老朽化のために改築する必要があり、それに合わせてバイオガスの新たな活用策に着手する(神戸市のバイオガスについては p24 を参照)。その 1 つがグリーン水素の製造・供給事業である。

周辺地域の工場などから食品廃棄物や木質廃棄物を収集して、下水の汚泥と一緒にメタン発酵させてバイオガスを増やす計画で、バイオガスの発生量は 1.7 倍に増加する。バイオガスで発電した電力を FIT で売電するほか、水を電気分解してグリーン水素を製造して販売する。民営の事業として神戸製鋼グループが 2024 年 4 月に開始する予定だ。

FITによる売電を収益源に位置づけているため、水素の製造量は 1 日あたり燃料電池自動車の 1 台分である。当面は地域の廃棄物を活用したバイオガス由来のグリーン水素の有用性を検証することになる。これから工場などでグリーン水素の需要が高まっていけば、将来に向けて事業拡大の可能性が広がる。

●参考文献

- 「The GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard」(2015年)、World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development
- 「GHG プロトコルと整合した算定への換算方法について(案)」(2022年9月12日)、環境省
- 「平成29年度 新エネルギー等の導入促進のための基礎調査(熱の需給及び熱供給機器の特性等に関する調査) 調査報告書」(2018年2月)、資源エネルギー庁(三菱総合研究所が調査)
- 「産業の発展に貢献するエレクトロヒート技術」(2020年3月)、日本エレクトロヒートセンター
- 「バイオマスの活用をめぐる状況」(2023年4月)、農林水産省
- 「廃棄物系バイオマス利活用 導入マニュアル」(2017年3月)、環境省
- 「こうべバイオガスの現状 新型バイオガス精製システムの展開」、神戸市建設局
- 「循環型エネルギー こうべバイオガス」、神戸市建設局
- 「都市ガスのカーボンニュートラル化に係る今後の議論について」(2023年11月9日)、資源エネルギー庁
- 「クリーンエネルギー戦略の策定に向けた検討」(2022年4月22日)、経済産業省
- 「水素基本戦略」(2023年6月6日)、再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議
- 「水素社会実現に向けた社会実装モデルについて」(2021年8月)、資源エネルギー庁
- 「今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理(案)」(2021年3月22日)、経済産業省
- 「低炭素水素等の供給・利用の促進に向けて」(2023年11月14日)、資源エネルギー庁
- 「水素サプライチェーン事業化に関する調査・報告書(2023年版)」(2023年3月)、環境省
- 「始動するGX! やまなしから始まる水素エネルギー社会」(2023年10月)、山梨県企業局
- 「カーボンニュートラルの実現へ! 山梨県における水素エネルギー社会の実践とYHCにおけるエネルギー需要転換への挑戦」(2022年3月29日)、山梨県企業局
- 「福島県における再エネ・水素分野別の取組の方向性 水素編」(2023年3月23日)、福島県、エネルギー・エージェンシーふくしま
- 「合成メタンに関する最近の取組と今後の方向性」(2022年4月)、資源エネルギー庁
- 「e-methane の環境価値認証・移転に向けたクリーンガス証書(仮称)の検討状況」(2023年2月24日)、日本ガス協会
- 「日本の水素戦略の再検討 水素社会の幻想を超えて」(2022年9月)、自然エネルギー財団

バイオガスとグリーン水素の実用性
スコープ1削減の効果と課題

2023年12月

公益財団法人 自然エネルギー財団

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-10-5 KDX虎ノ門一丁目ビル 11F TEL:03-6866-1020 (代表)

info@renewable-ei.org
www.renewable-ei.org