

2024年2月27日

バイオマス産業社会ネットワーク研究会

# バイオガスとグリーン水素の実用性

---



自然エネルギー財団  
シニアマネージャー  
石田 雅也

# バイオガスとグリーン水素の実用性



2023年12月発行

上の画像をクリックすると  
ダウンロードできます。

## 第1章 スコープ1削減：選択肢が増える

- 化石燃料から電力へ移行（電化）
- 自然エネルギー由来の燃料へ転換
- 合成メタンとガス証書の有効性

## 第2章 バイオガス：廃棄物の削減と両立

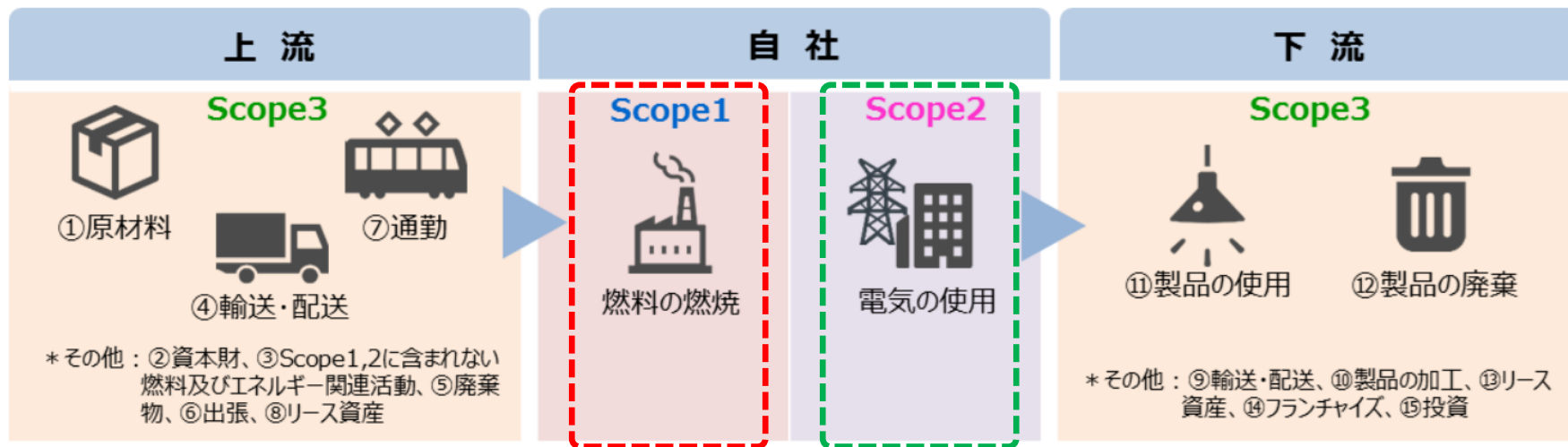
- 食品廃棄物によるバイオガス
- 畜産廃棄物によるバイオガス
- 下水廃棄物によるバイオガス

## 第3章 グリーン水素：先行企業の実証

- 水の電気分解によるオンサイト製造
- 水の電気分解によるオフサイト製造
- バイオガスによるオンサイト/オフサイト製造

# 脱炭素を求められる企業

# 温室効果ガスの算定対象



○の数字はScope 3のカテゴリ

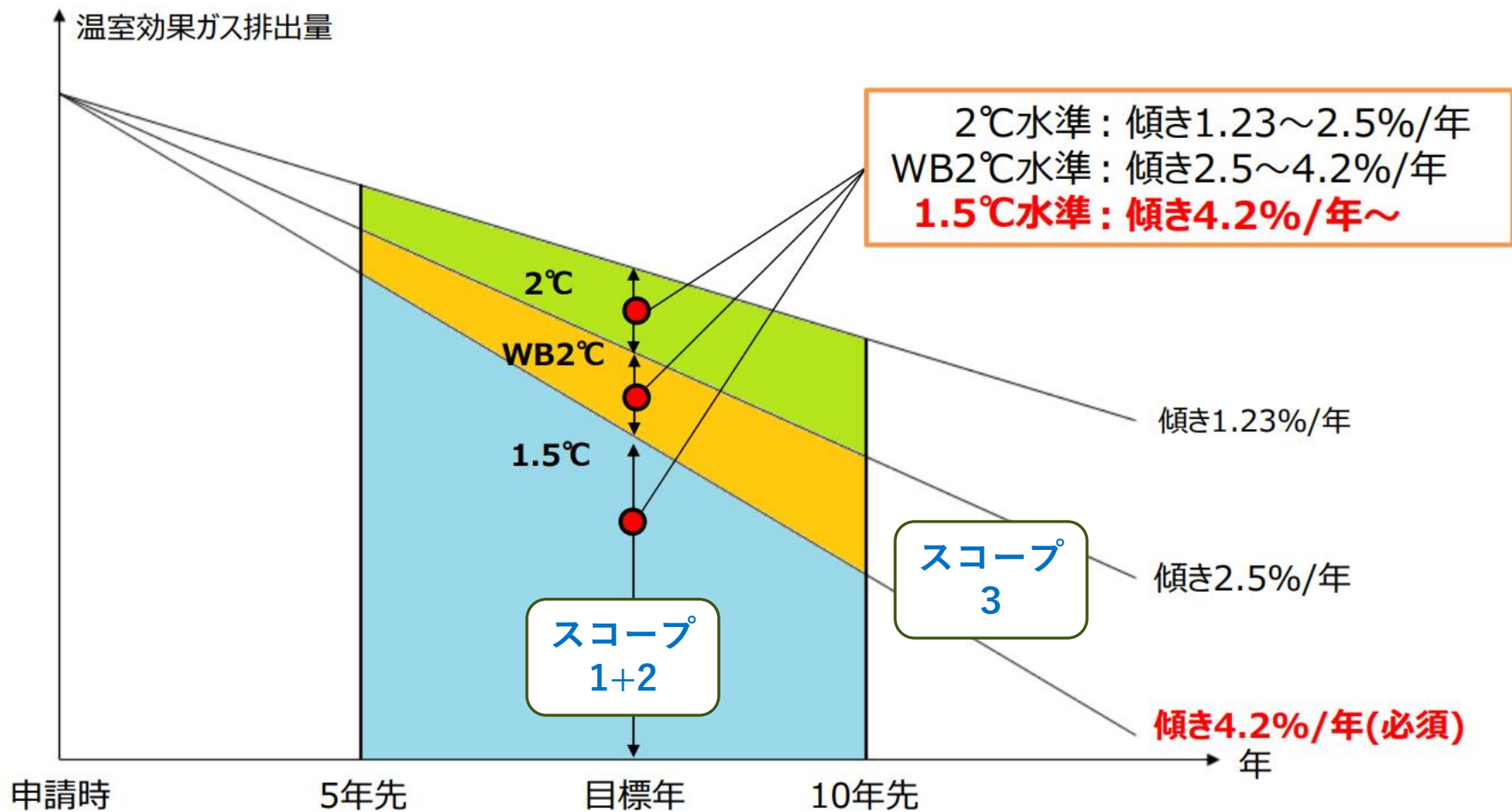
**Scope 1** : 事業者自らによる温室効果ガスの直接排出(燃料の燃焼、工業プロセス)

**Scope 2** : 他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出

**Scope 3** : Scope 1、Scope 2以外の間接排出(事業者の活動に関連する他社の排出)

出典：環境省

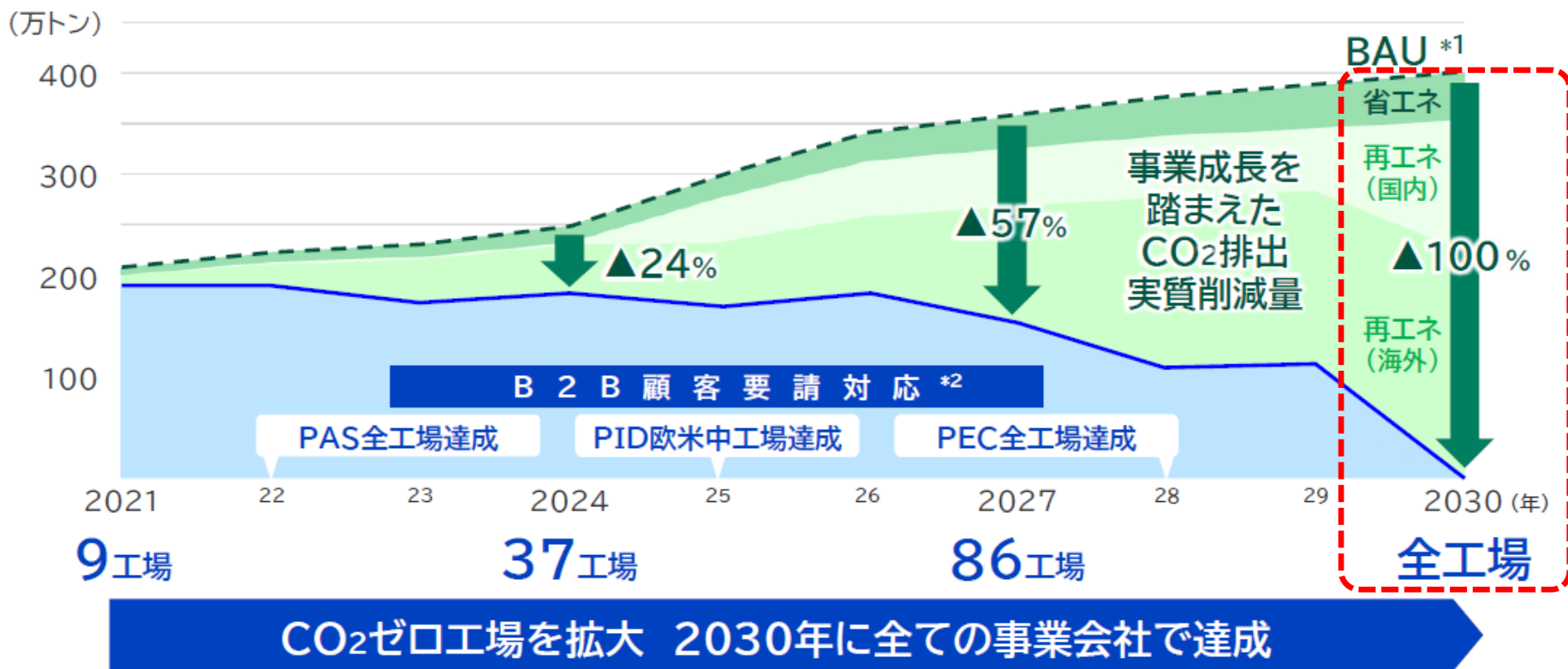
# SBT (Science Based Targets) による削減目標



出典：環境省

# パナソニック：2030年までに全工場をCO<sub>2</sub>ゼロ

事業成長による排出量増加を上回る  
省エネと再エネの導入・調達でCO<sub>2</sub>ゼロ工場を拡大



出典：パナソニックホールディングス

# CO<sub>2</sub>ゼロ工場：パナソニックエナジー

2023年11月20日

企業・経営 / プレスリリース

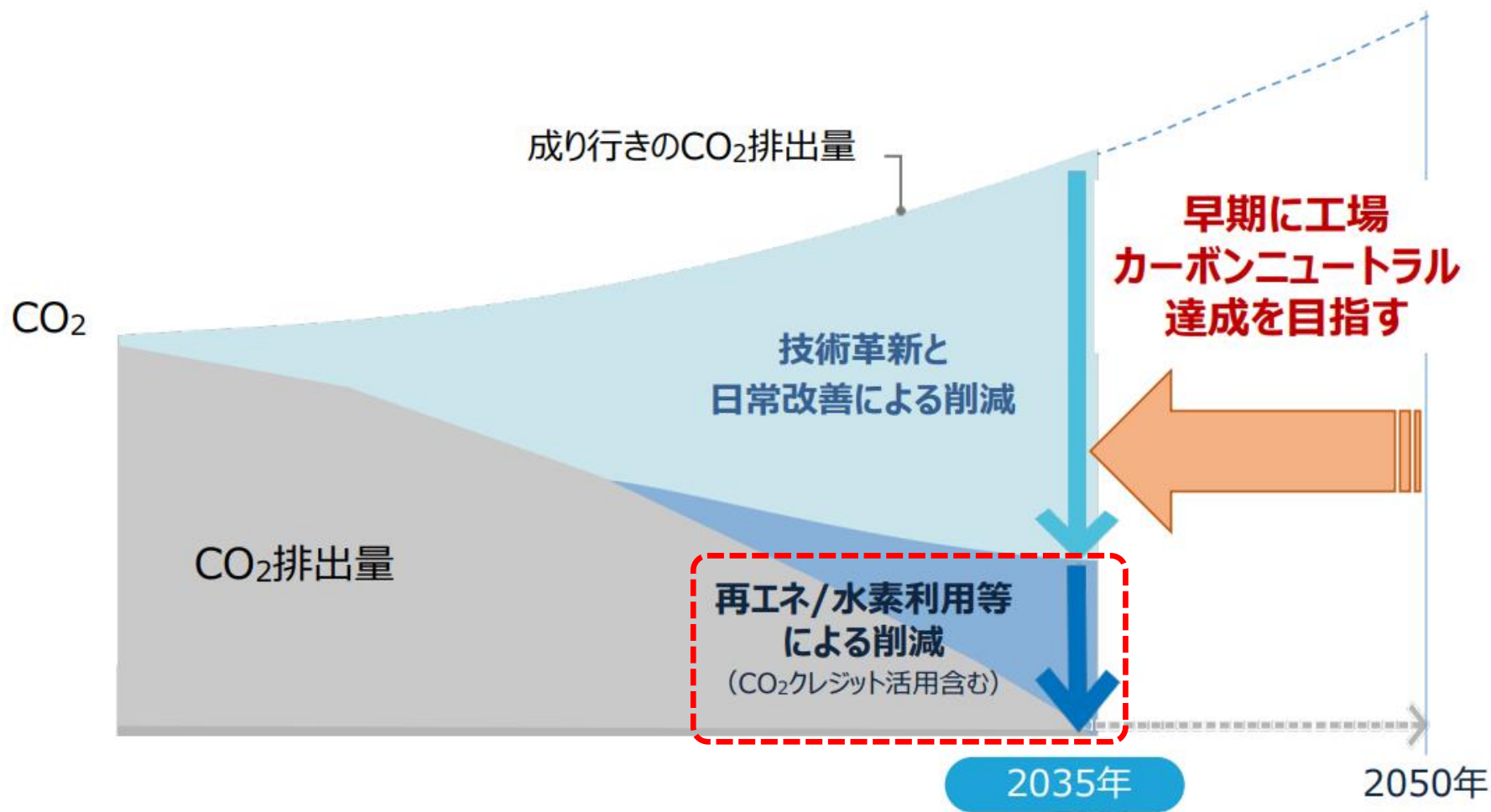
## パナソニック エナジー、国内最大級<sup>※1</sup>の乾電池生産拠点 「二色の浜工場」が本格稼働を開始

～月産4,800万個<sup>※1</sup>、CO<sub>2</sub>ゼロ工場で進化したモノづくりを具現化～



出典：パナソニックエナジー

# トヨタ自動車：2035年までに全工場でCO<sub>2</sub>ゼロ



出典：トヨタ自動車



# 工場で風力発電、太陽光の電力で水素を製造



田原風力発電

再生可能エネルギー



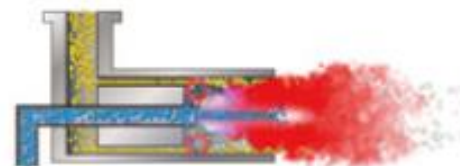
オンサイト太陽光電力

水素製造



アルカリ水電解装置

電池パック工程



水素バーナー

出典：トヨタ自動車

# Audi：カーボンニュートラルな車両生産

2024/02/19 | Company

アウディ インゴルシュタット：2024年1月からネットカーボンニュートラルな生産を開始



- ▶ 発表予定の電気自動車Audi Q6 e-tronシリーズをはじめ、インゴルシュタット拠点で生産されるすべての車両はネットカーボンニュートラルな方法で生産
- ▶ 生産およびロジスティクス担当取締役 ウォーカー：「インゴルシュタット拠点のエネルギー源を再生可能エネルギーに切り替えることで、ネットカーボンニュートラルな車両を生産するという目標に向けて大きな一歩を踏み出した」

アウディグループ環境保護責任者Dr. リュディガー レクナゲル（Rüdiger Recknagel）は、「インゴルシュタット工場に隣接する製油所と都市廃棄物リサイクルプラントから、ネットカーボンニュートラルな廃熱が供給されています。さらに、ネットカーボンニュートラルな熱供給を確保するために、大量のバイオガスを確保しました」と説明しています。

出典：Audi

# Apple：取引先にもCO<sub>2</sub>排出ゼロを要請

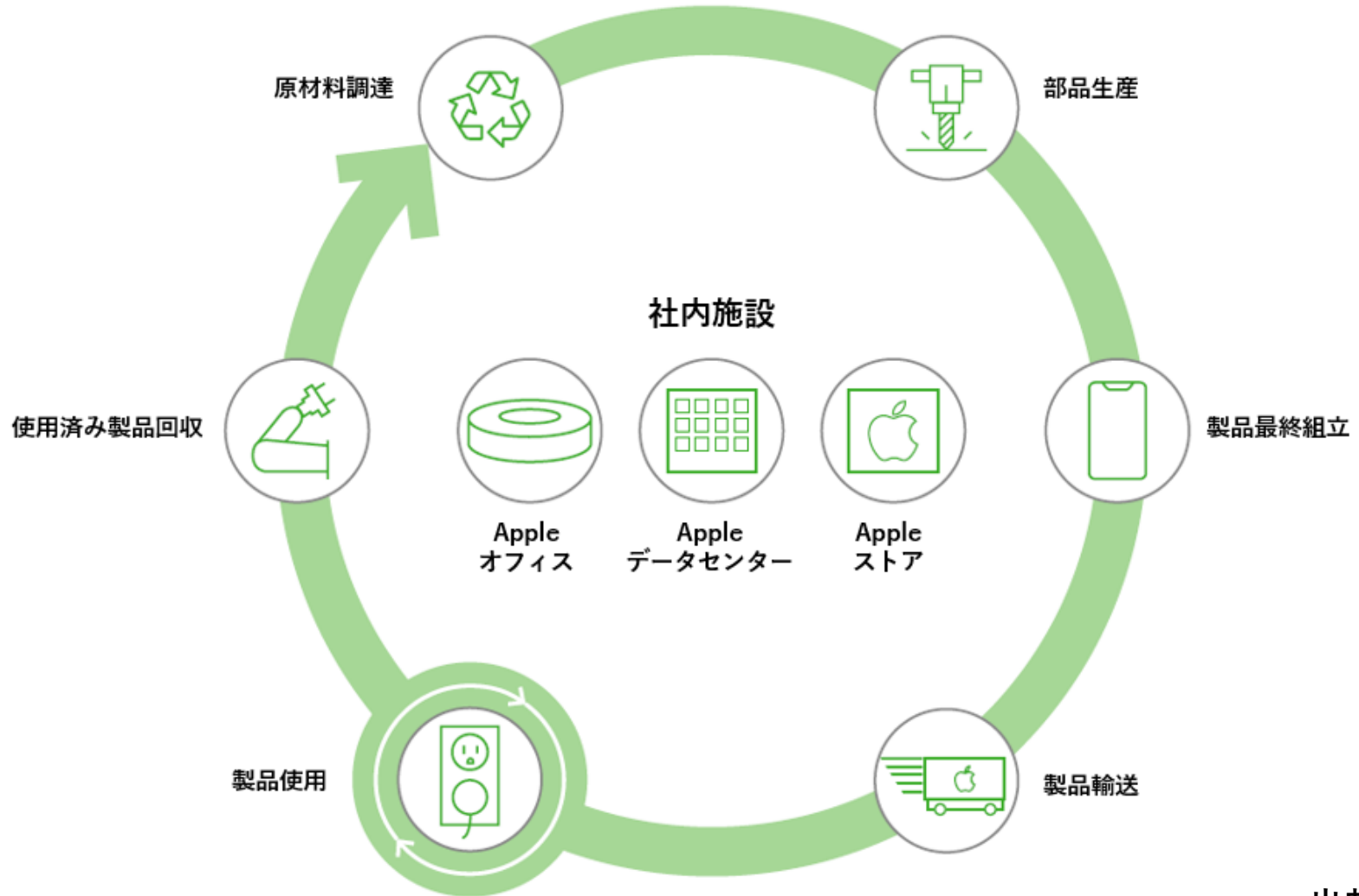
7月 21, 2020

**Apple、2030年までに  
サプライチェーンの100%  
カーボンニュートラル達成を約束**

出典：Apple

# Appleのサプライチェーン

## 製品ライフサイクル



出典：Apple

# サプライヤー250社以上が協力

2023年4月5日

## Appleと世界中のサプライヤーが再生可能エネルギーを13.7ギガワットに拡大

世界中の250社以上の製造パートナーが、2030年までにApple製品の製造を脱炭素化するという取り組みを進めています

Appleの直接製造費の85パーセント以上をカバー  
脱炭素化の対象はサプライヤーのスコープ1&2

出典：Apple

# Apple Watch カーボンニュートラルモデル



2023年9月に発売

出典：Apple

# Appleのサプライヤーは日本に約1000社



## Appleの日本への投資と雇用創出

**1,000億ドル  
以上**

2018年以降、Appleから  
日本のサプライヤーネット  
ワークへ行なった投資額

**100万人以上**

Appleが日本全国で  
雇用に貢献した人数

**約1,000社**

サプライヤーは  
海外展開する大手から  
小規模の家族経営の  
企業までさまざま

出典：Apple

# GMのサプライチェーンCO<sub>2</sub>削減計画

## GM Asks Suppliers to Sign Pledge Advancing Global Climate Action and Human Rights

- This innovative supplier pledge incorporates environmental, social and governance standards.
- Suppliers commit to achieving carbon neutrality for Scope 1 and 2 emissions and confirm they have advanced management systems in place for labor and human rights, ethics and sustainable procurement practices through a third-party assessment by EcoVadis.
- Fifty-three percent of GM's tier 1 material annual purchase value has already signed the pledge.
- Achieving carbon neutrality for their Scope 1 and Scope 2 emissions by dates based on their respective industry. These are 2025 or earlier for Professional Services, 2035 or earlier for Manufacturing and 2038 or earlier for Raw Materials and Logistics.

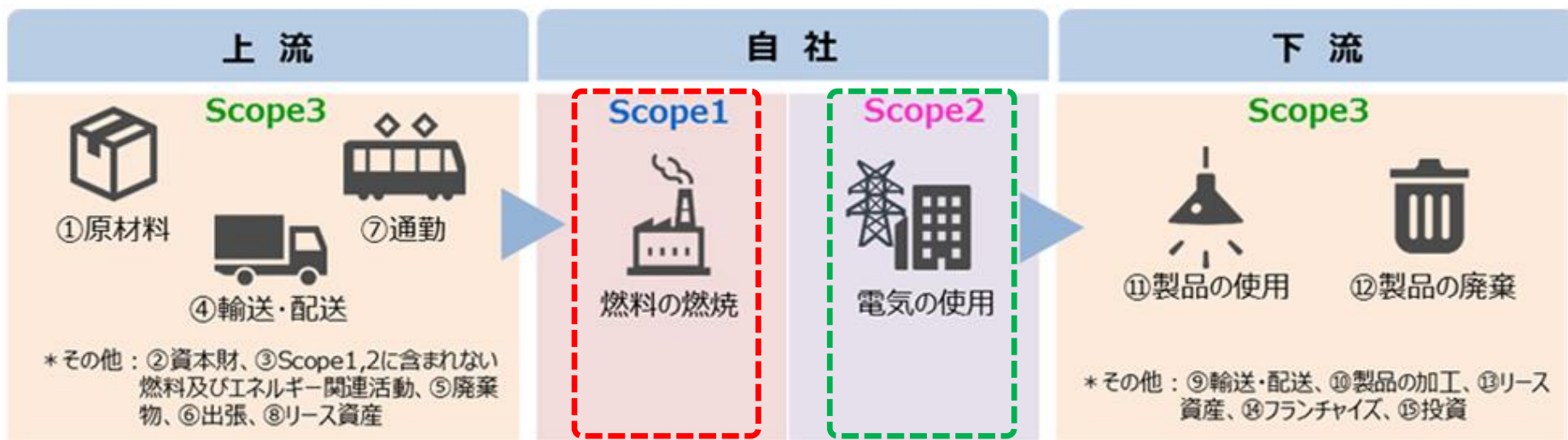
専門サービスは2025年、製造は2035年、素材と輸送は2038年までに  
サプライヤーのスコップ1&2をカーボンニュートラルに

出典：General Motors



# スコープ1の削減策

# 電力に続いて工場内の燃料も再エネに



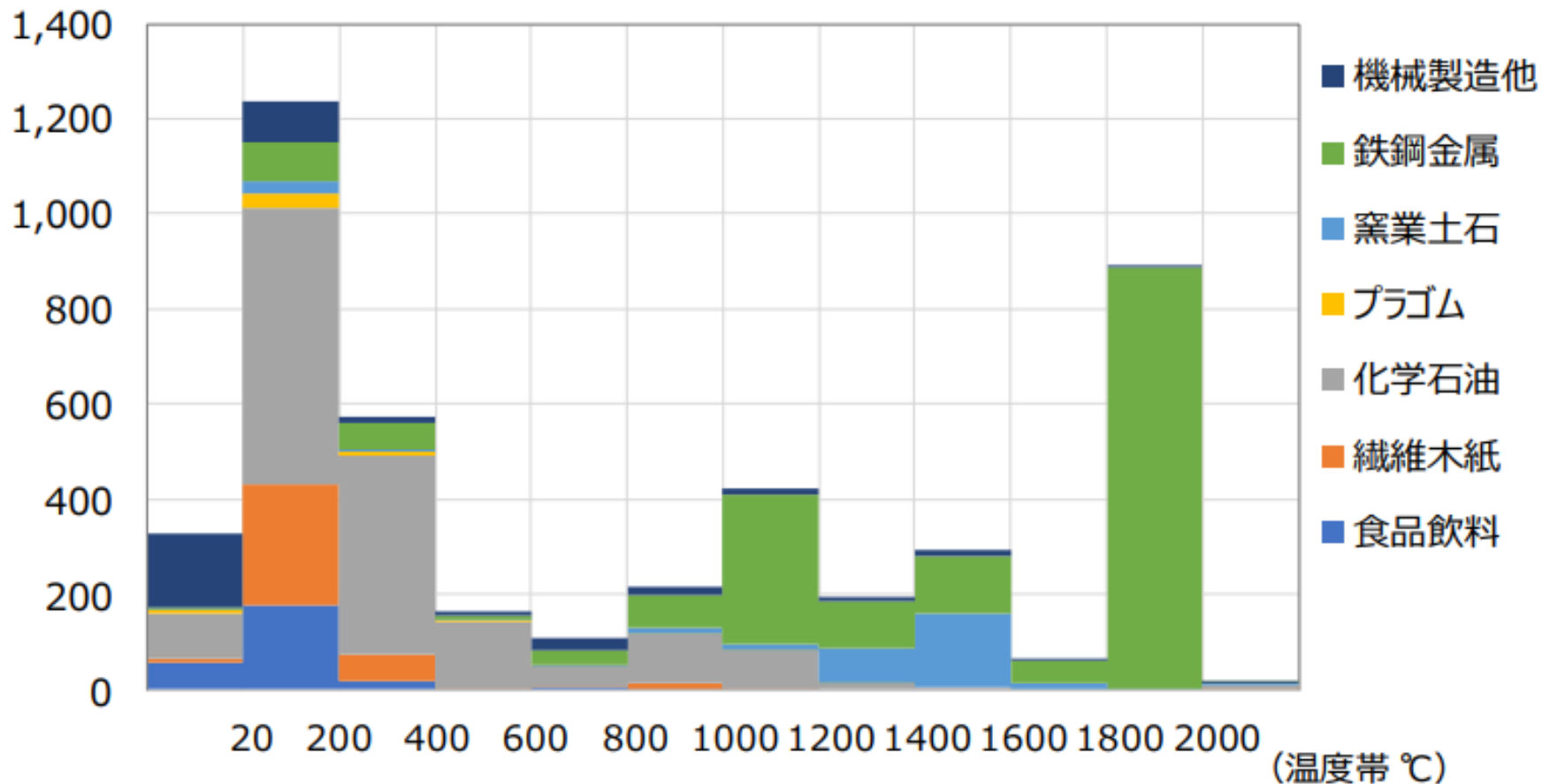
↓ 排出削減 ↑

- ①電力に切り替え
- ②再エネ由来の燃料を使用  
(バイオガス、グリーン水素など)
- ③再エネ由来のガス証書を購入

出典：環境省

# 製造業における熱需要

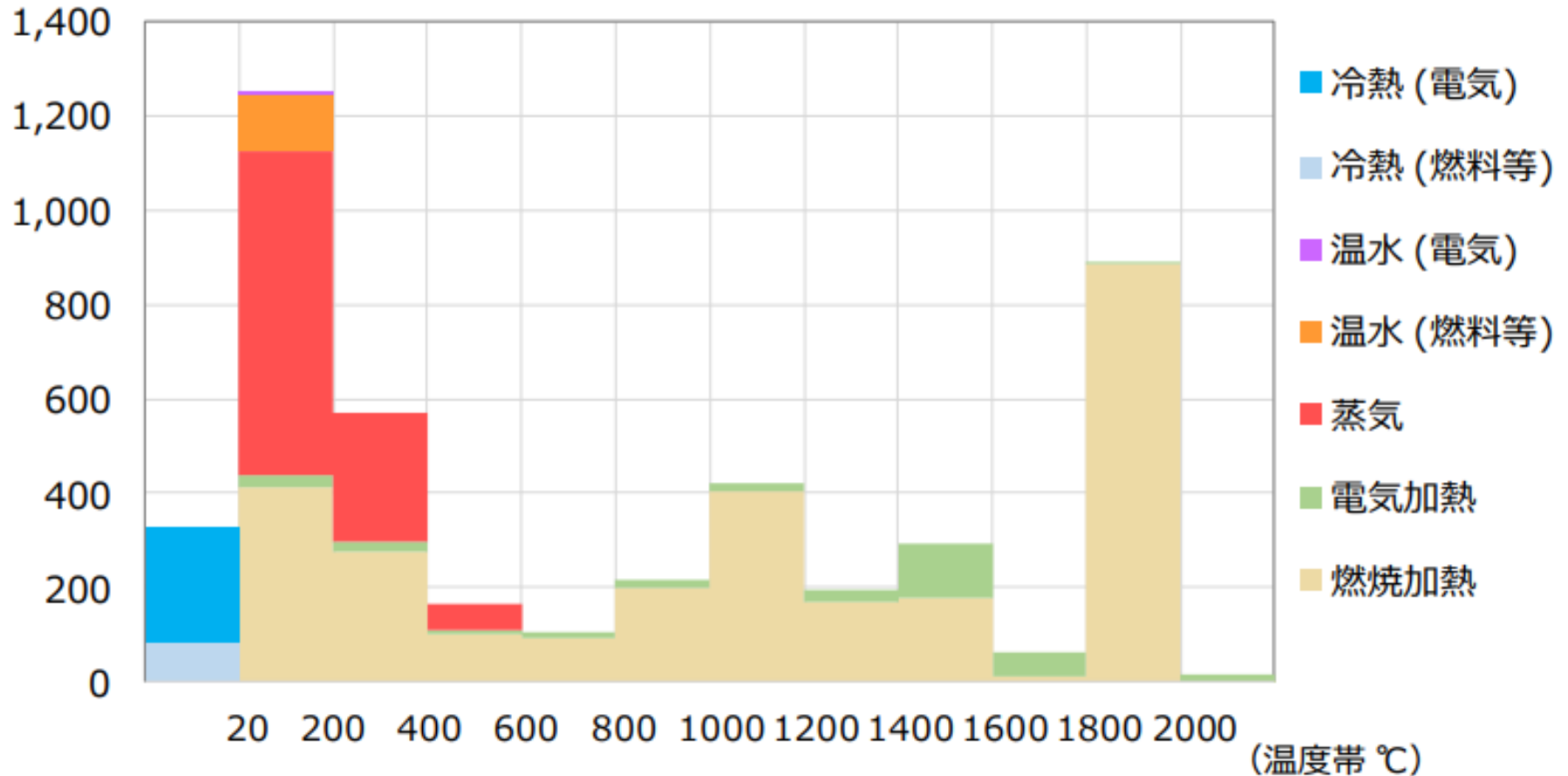
(熱需要 PJ)



出典：資源エネルギー庁

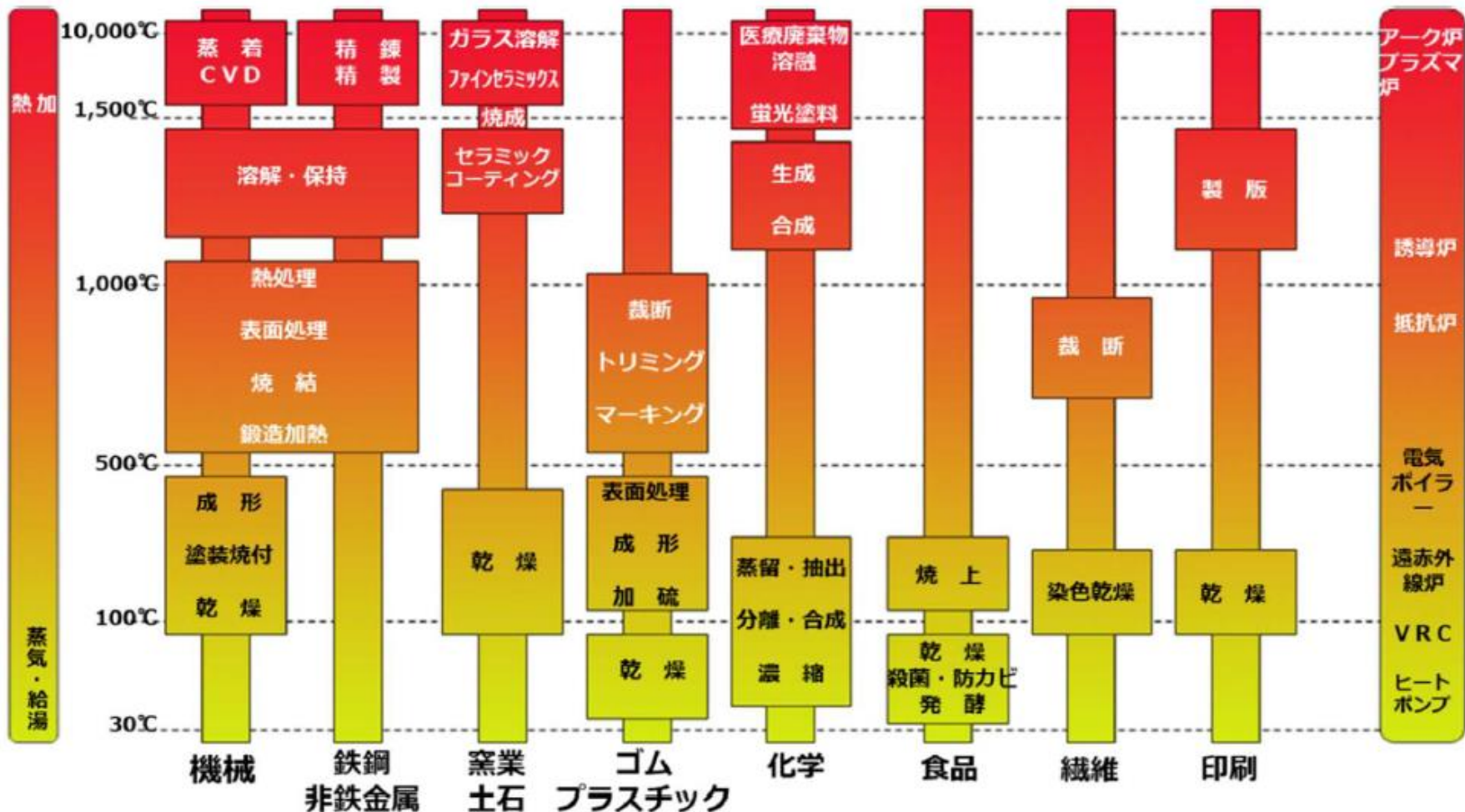
# 製造業における熱供給

(熱需要 PJ)



出典：資源エネルギー庁

# 電気加熱の適用範囲



出典：日本エレクトロヒートセンター

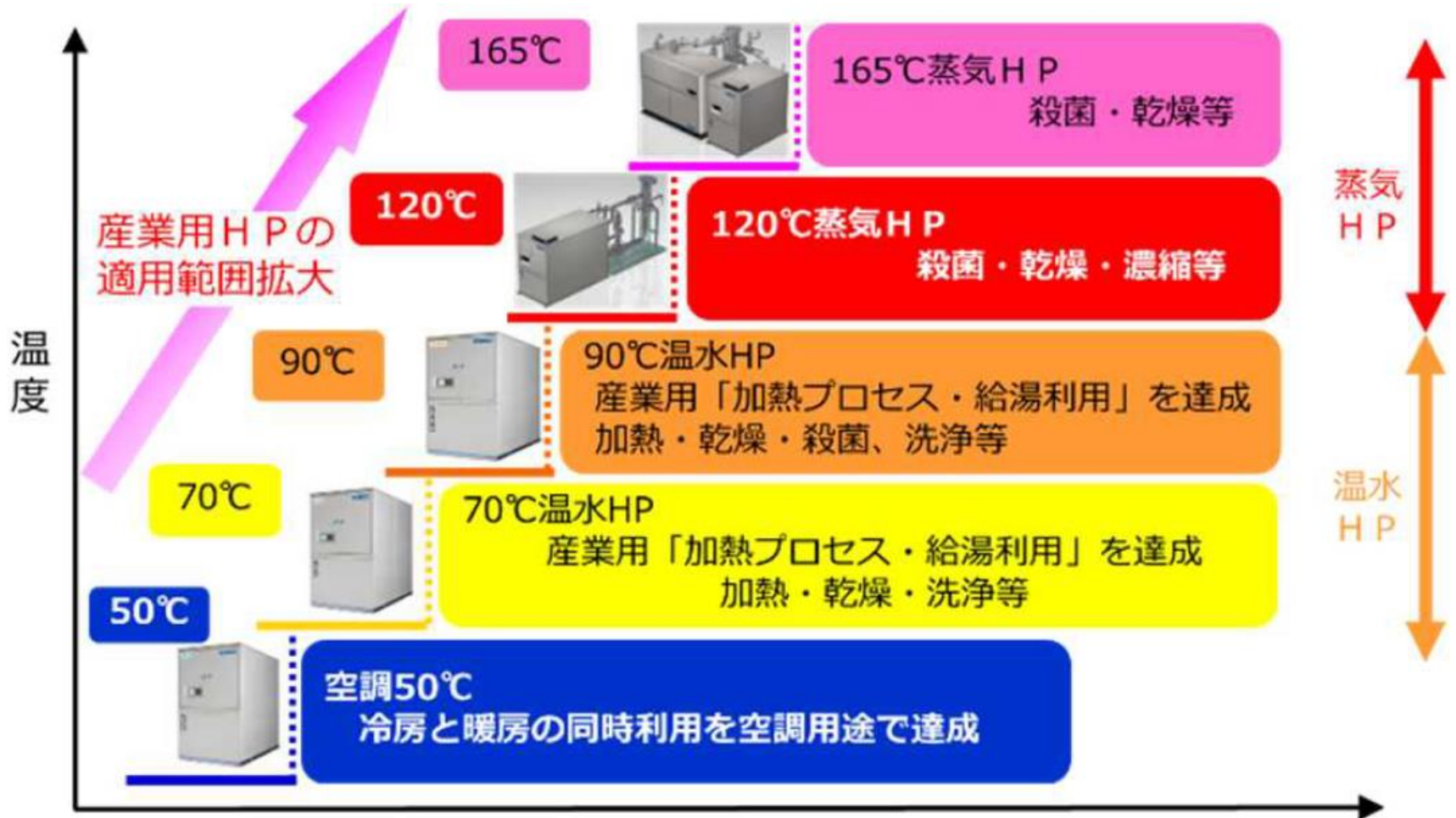
# 電気加熱と燃焼加熱（ガス）のコスト比較

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		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)		
			機器効率※1	1次エネルギー※2		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によりコストを計算。 ※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-CO<sub>2</sub>/kWh、2030年:0.25kg-CO<sub>2</sub>/kWh、都市ガスの排出係数を2.2kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>とし、機械効率の逆数に乗じることにより単位加熱量当たりの排出量を算出。

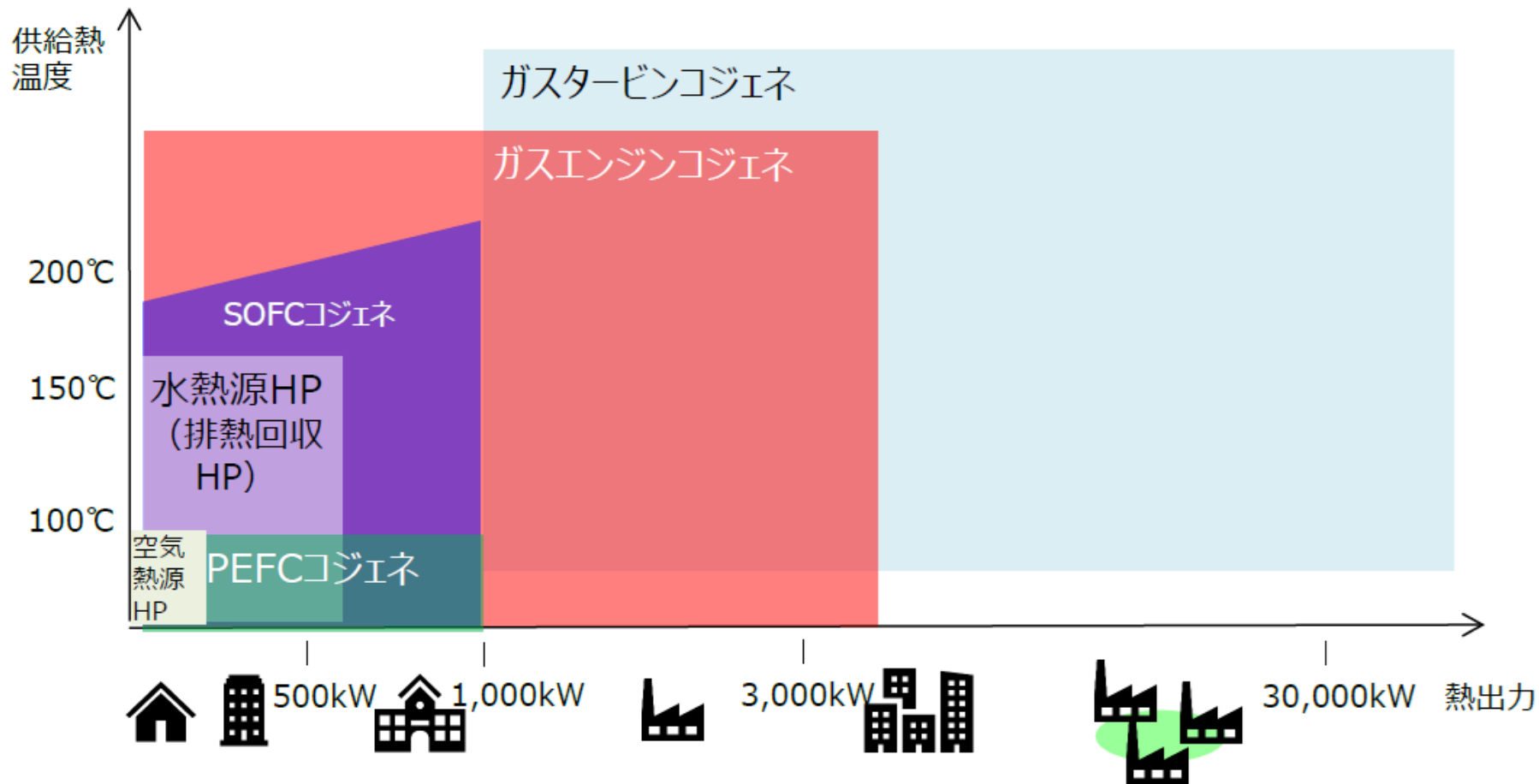
出典：資源エネルギー庁

# ヒートポンプ (HP) の適用範囲



出典：日本エレクトロヒートセンター

# 熱供給システムの適用範囲

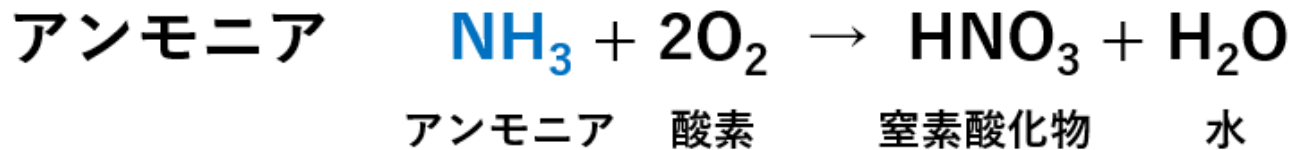
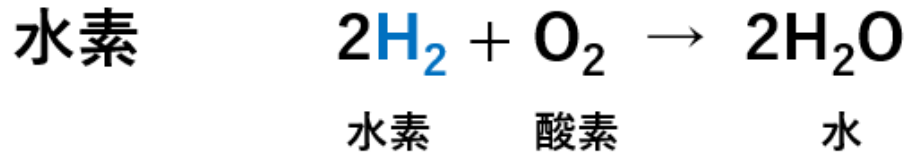
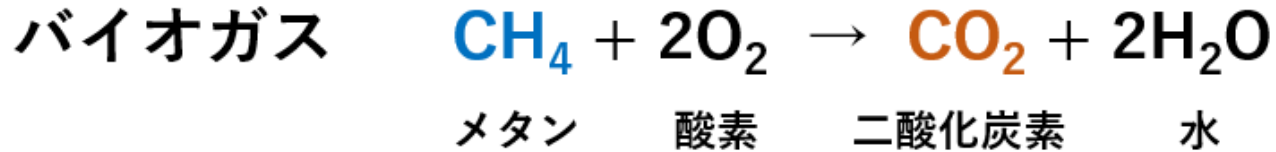


HP：ヒートポンプ、PEFC：固体高分子形燃料電池、SOFC：固体酸化物形燃料電池

出典：資源エネルギー庁



# 低炭素のガス



水素とアンモニアは再エネ由来であればCO<sub>2</sub>排出ゼロ

# バイオガスの活用

# バイオマスの発生量 (2021年4月)

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。

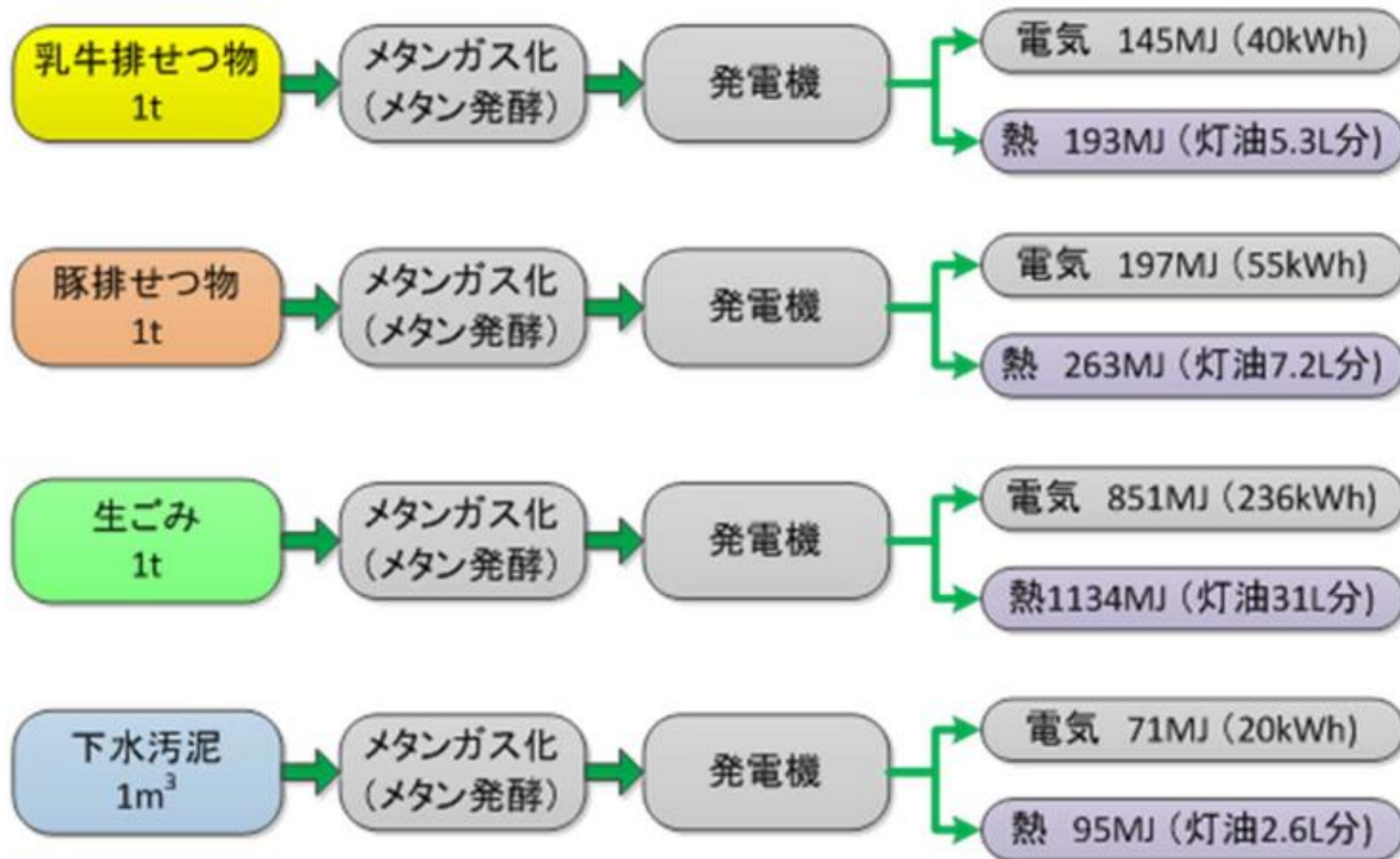
※ 3 下水汚泥中の有機物をエネルギー・緑農地利用した割合を示したりサイクル率。

※ 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

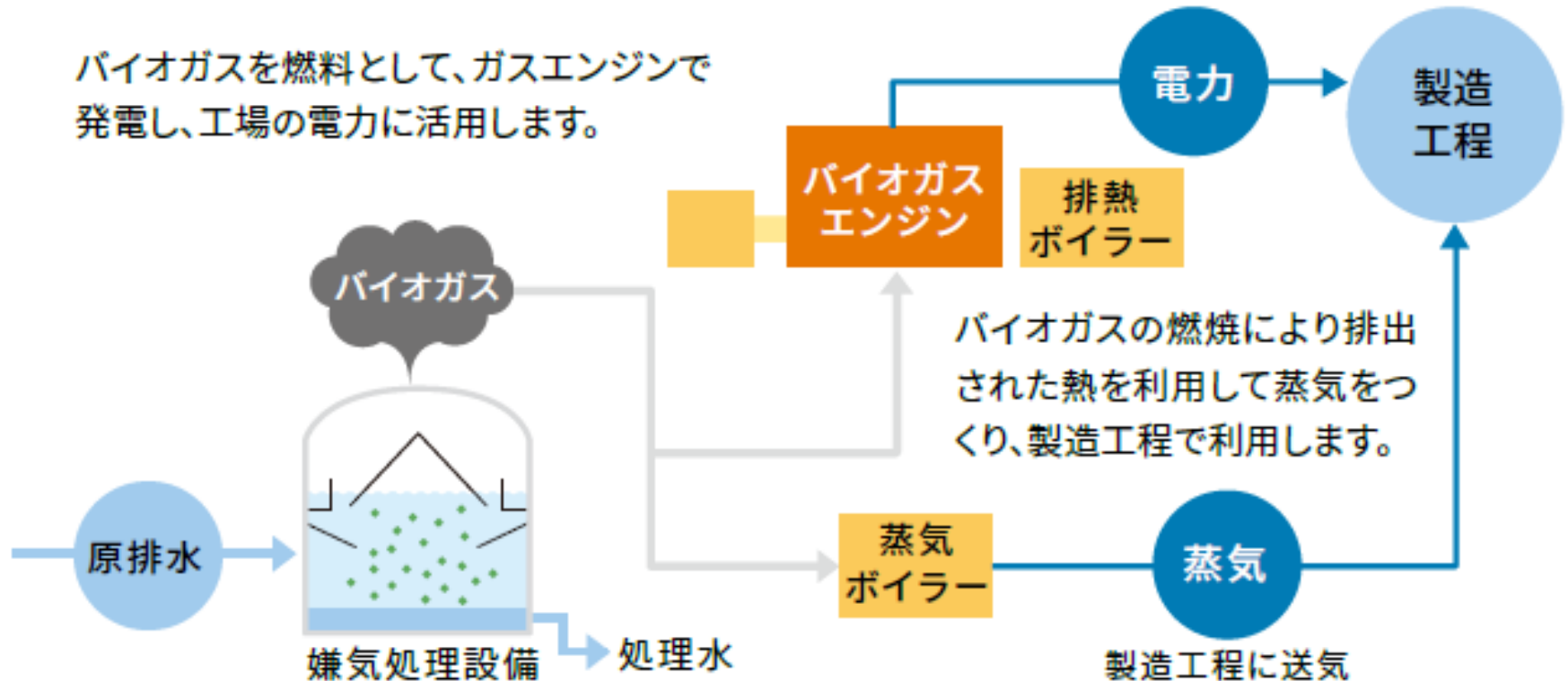
# 廃棄物系バイオマスのエネルギー転換



出典：環境省

# 食品系バイオガスの利用例：キリンビール

バイオガスを燃料として、ガスエンジンで発電し、工場の電力に活用します。



出典：キリンホールディングス

# キリンビール：バイオガス利用状況

	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

バイオガスの利用によりスコープ1の約8%を削減

出典：キリンホールディングス

# 麒麟ビール：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 <sup>3</sup> ) Biogas generated (Unit: thousand Nm <sup>3</sup> )
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

出典：麒麟ホールディングス

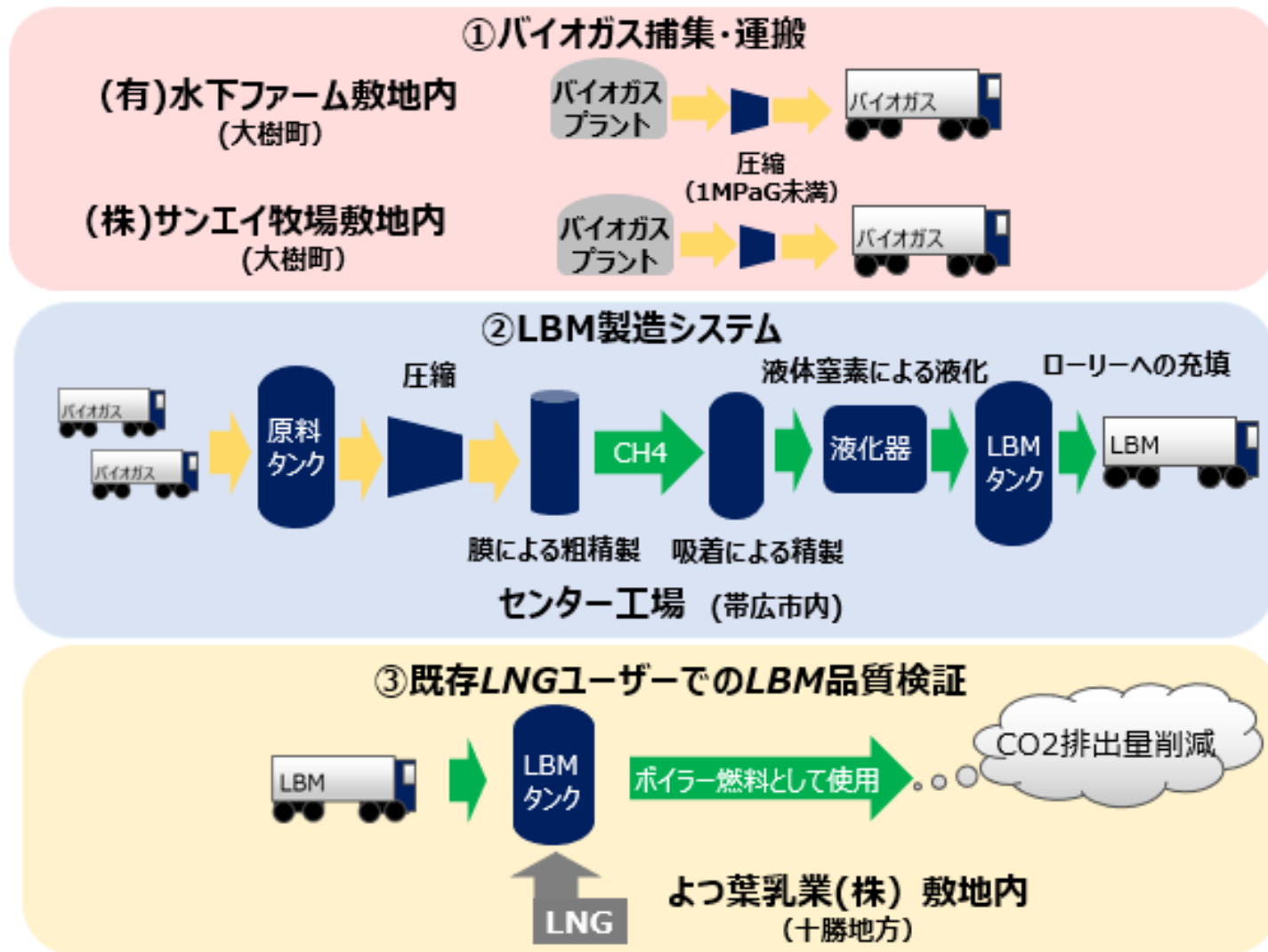
# ビール工場のバイオガスコジェネ



出典：キリンホールディングス



# 畜産系バイオガスの利用例：よつ葉乳業



LBM：液化バイオメタン、LNG：液化天然ガス

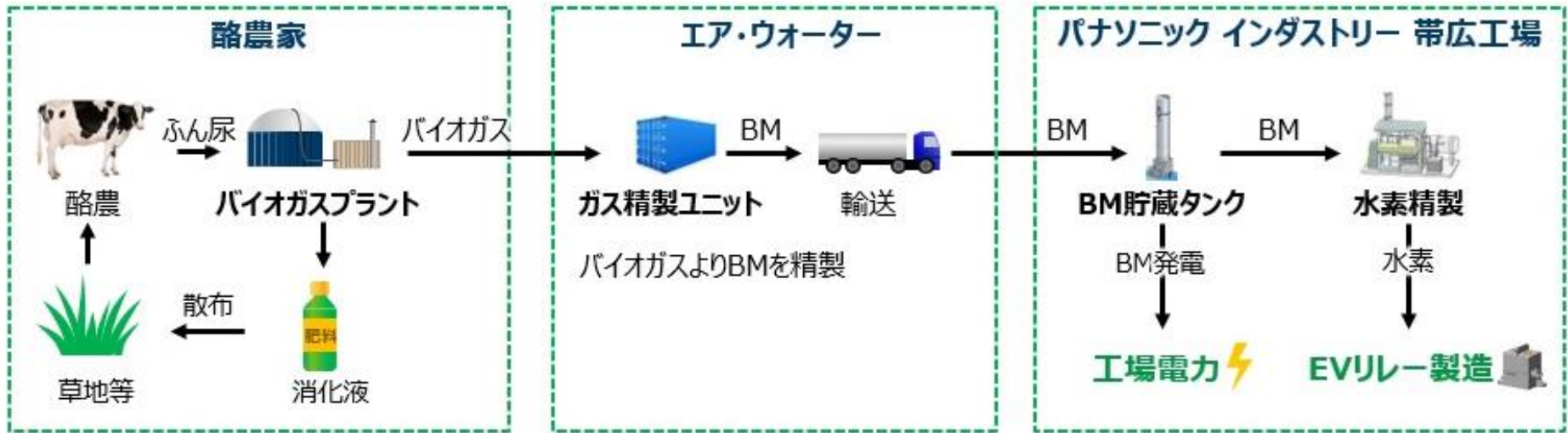
出典：エア・ウォーター

# 牧場のバイオガス捕集システム



出典：エア・ウォーター

# 畜産系バイオガスの利用例：パナソニック

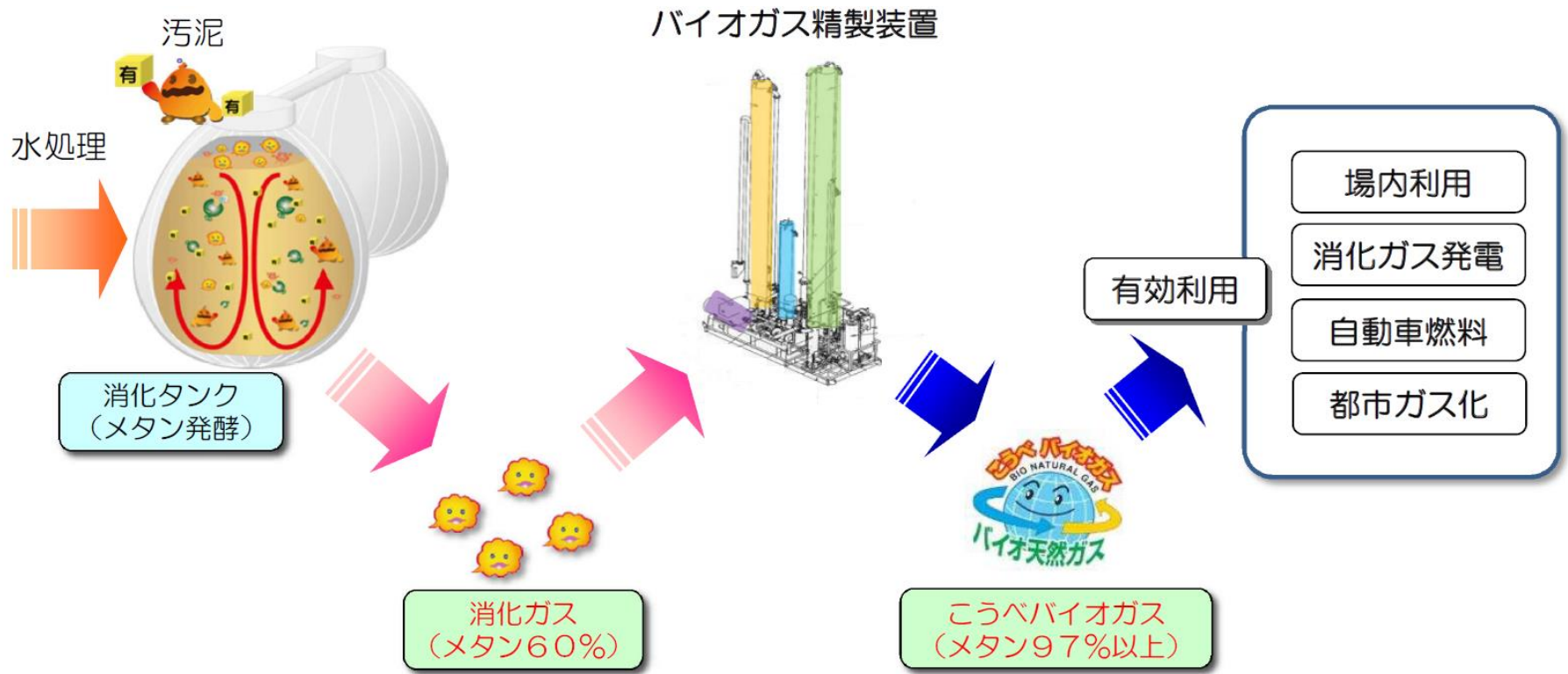


BM：バイオメタン、EV：電気自動車

2025年度に利用開始、スコープ1の50%以上を削減

出典：パナソニックインダストリー、エア・ウォーター

# 下水系バイオガスの利用例：兵庫県神戸市



バイオガス供給量：都市ガス換算で1万4000世帯分

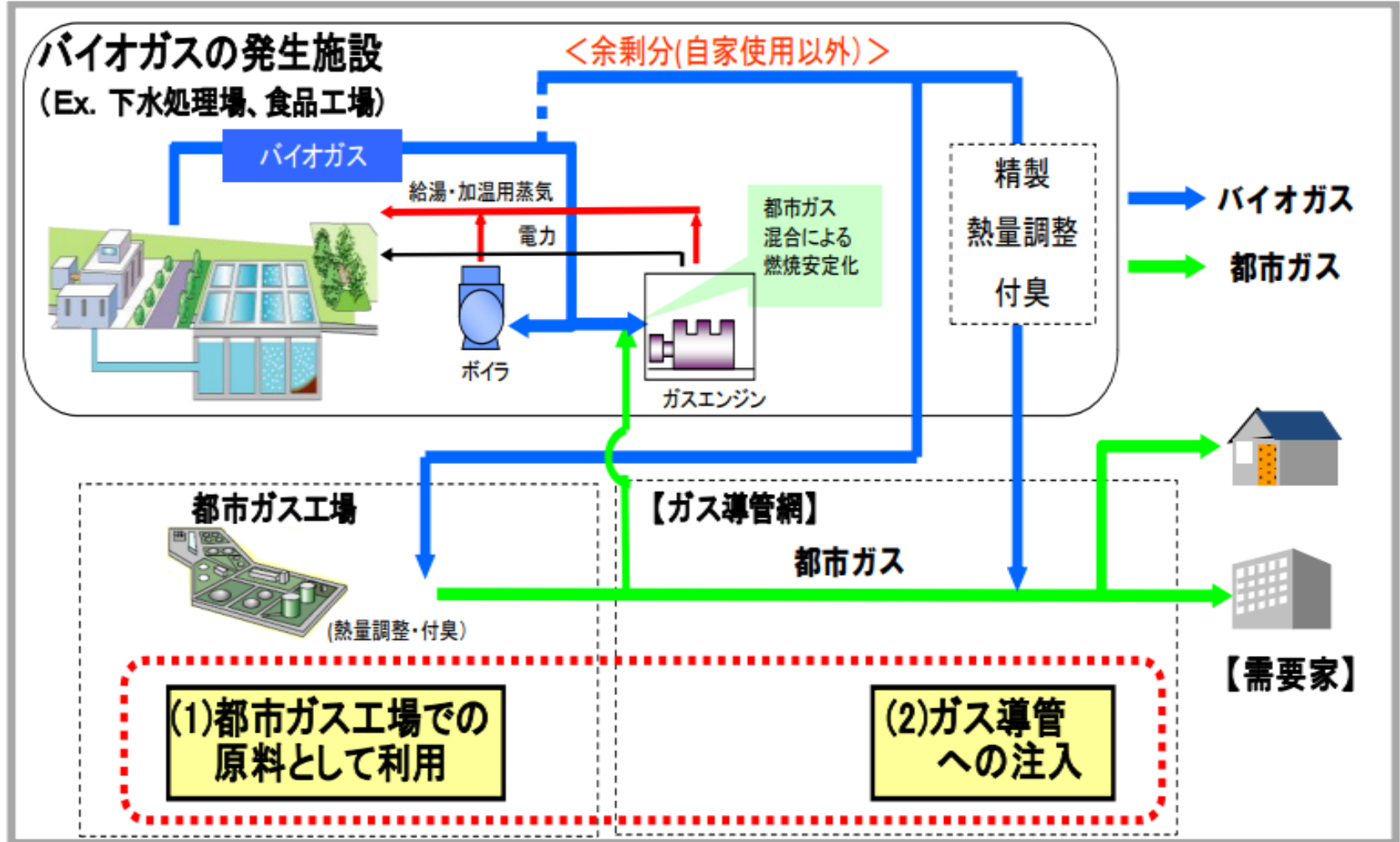
出典：神戸市建設局

# 下水処理場の消化タンクとバイオガス精製装置





# バイオガスを都市ガスとしても利用

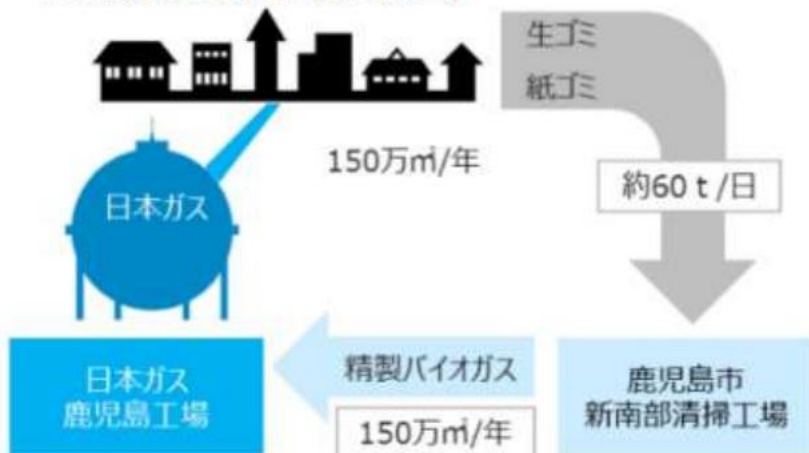


出典：資源エネルギー庁

# 都市ガスの製造例

## 日本ガス・鹿児島市

- 日本ガスは近隣の清掃工場の生ごみから発生するバイオガスを都市ガス原料として有効利用
- 2022年1月から約20年間にわたって、150万Nm<sup>3</sup>/年を受入れ予定（日本ガスにおける家庭用都市ガス需要の約6.5%に相当）



※出典：令和3年1月28日「第5回2050年に向けたガス事業の在り方」研究会」資料10

## 北陸ガス・新潟県長岡市

- 北陸ガスは長岡中央浄化センターから、余剰ガスとして焼却していた「消化ガス※」を受け入れ、都市ガス原料として有効利用
- 1年間で一般家庭約800世帯分に相当する量を利用（2020年度実績）

※下水処理汚泥中の有機質が微生物によって分解されて生ずるバイオガス



長岡中央浄化センター  
ガスタンク

消化ガス受入設備

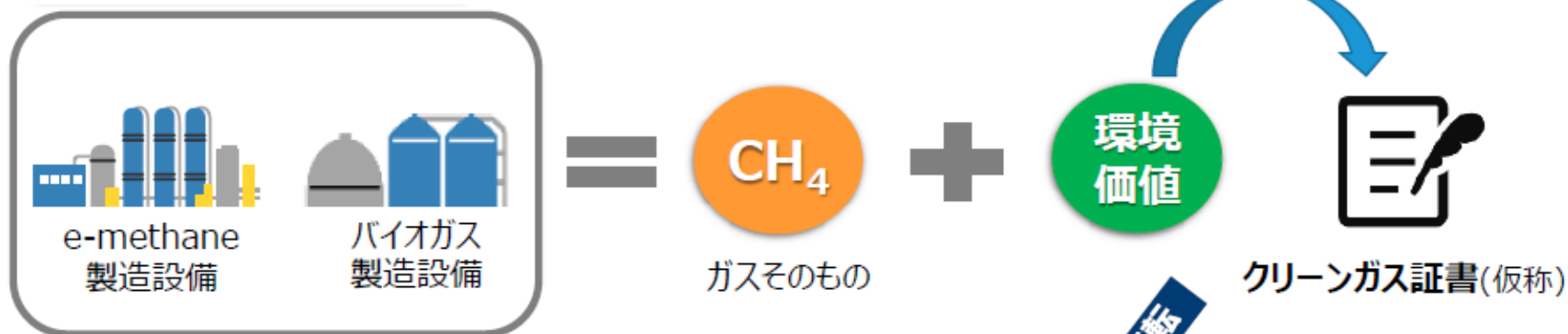
※出典：令和3年8月17日「新潟県長岡市 第1回持続可能な循環型社会の構築に向けた研究会」資料7-3

出典：資源エネルギー庁



# バイオガスを対象にした証書

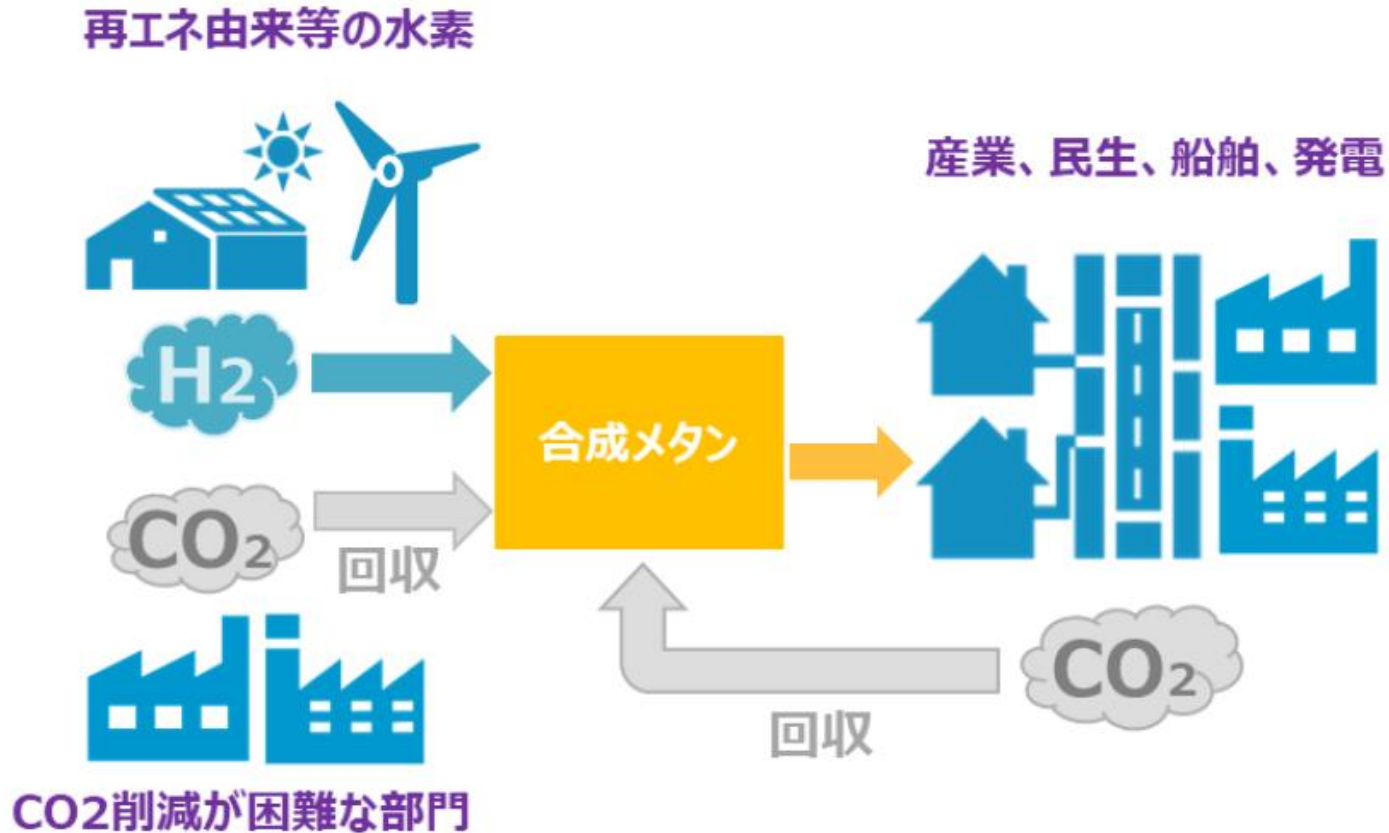
e-methane : 合成メタン



2024年度に運用開始、当初はバイオガスに適用予定

出典：日本ガス協会

# 合成メタンの製造方法



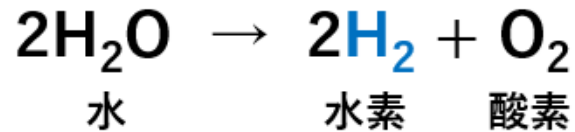
大気中のCO<sub>2</sub>を回収して製造した合成メタンは燃焼してもCO<sub>2</sub>ゼロ  
工場などからCO<sub>2</sub>を回収して製造した場合にはCO<sub>2</sub>ゼロにならない

出典：資源エネルギー庁

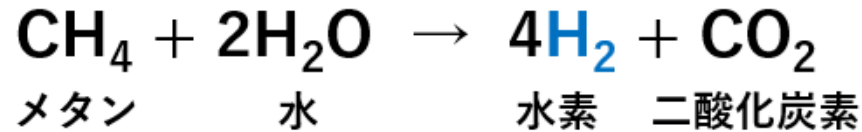
# グリーン水素の活用

# 水素の製造方法

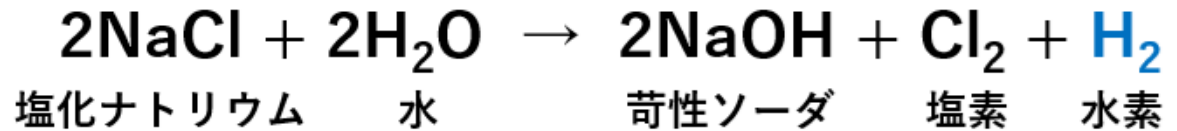
水素  
(電気分解)



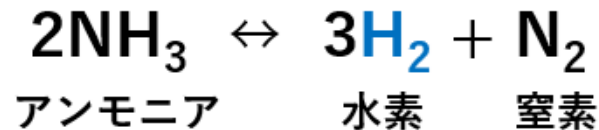
水素  
(メタン改質)



水素  
(苛性ソーダ副生)



水素  
(アンモニア改質)

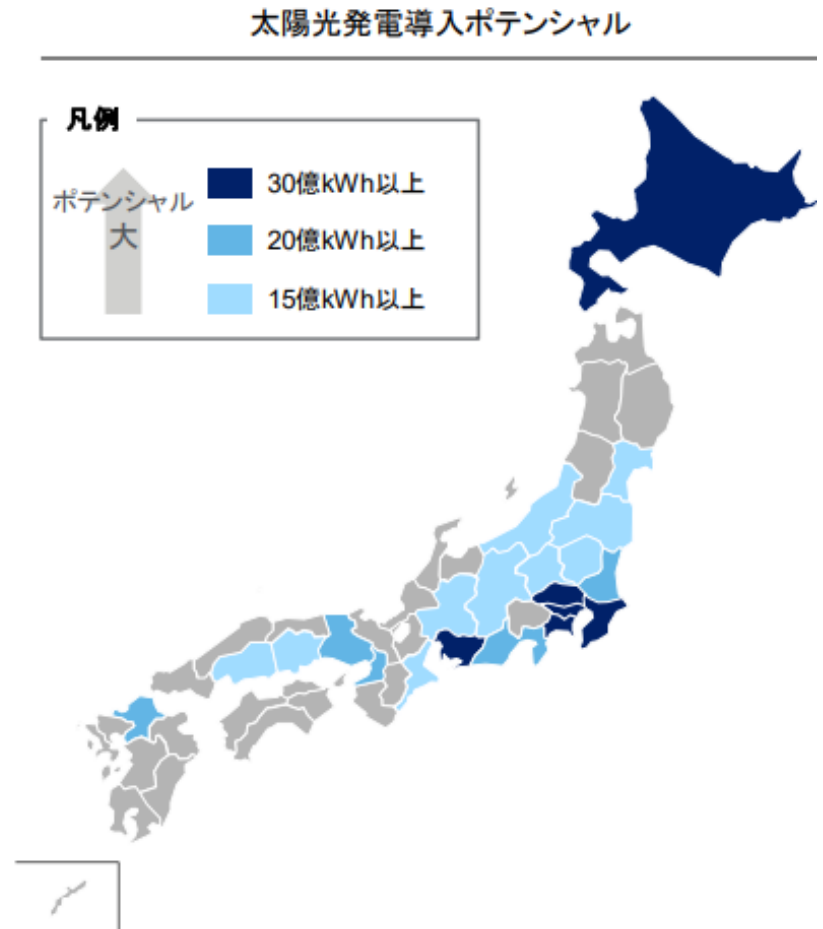


# グリーン水素のポテンシャル (太陽光発電、水電解)

都道府県名	導入ポテンシャル (kWh)	水素量換算 (Nm <sup>3</sup> /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/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>



出典：環境省

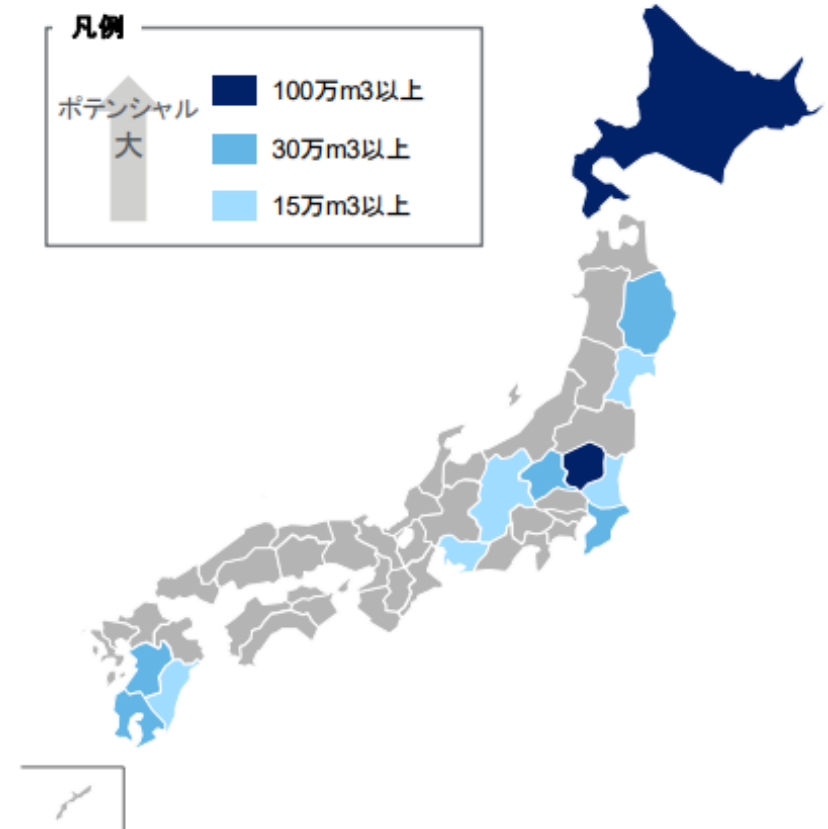
# グリーン水素のポテンシャル (畜産系、メタン改質)

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>

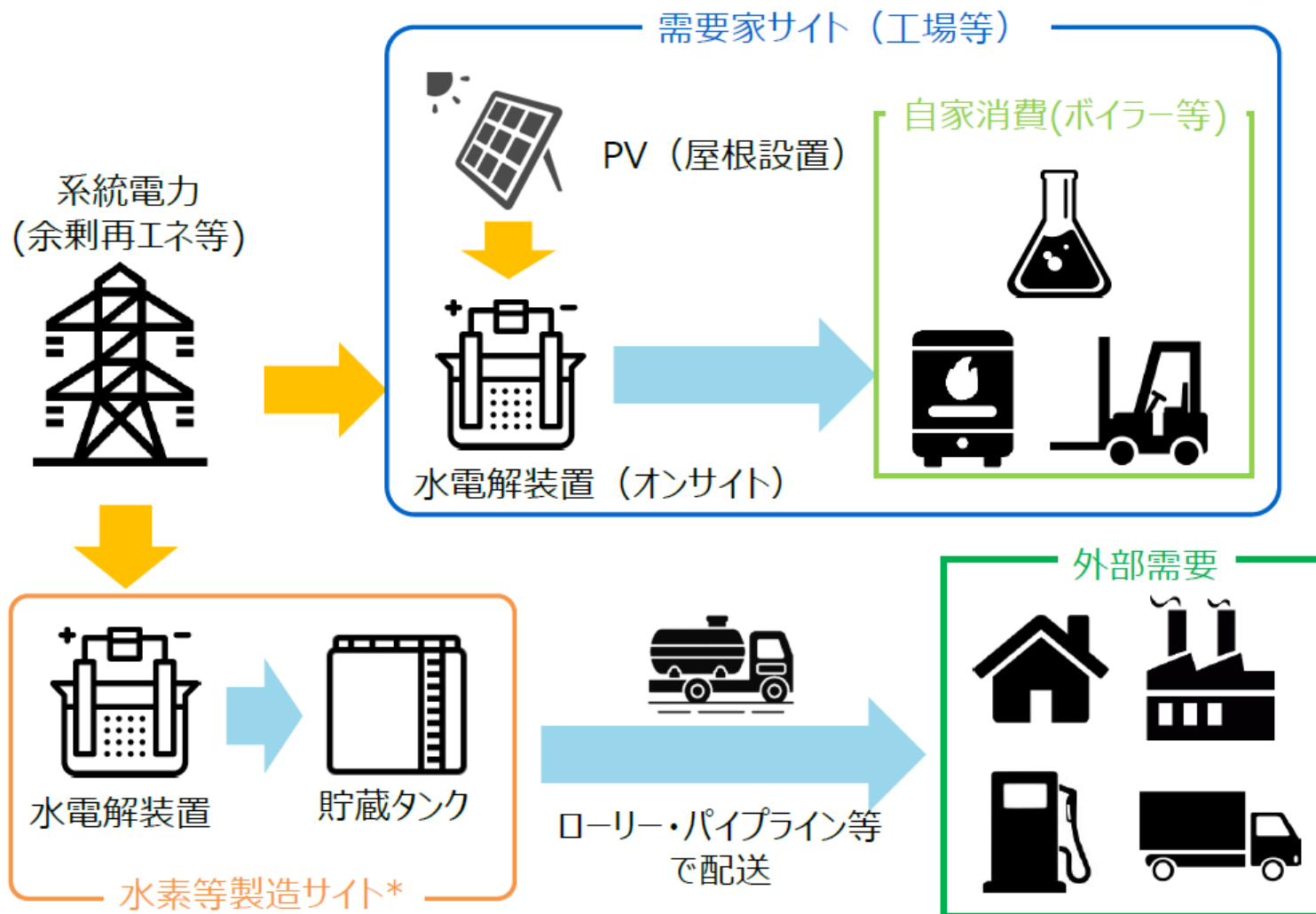
- 家畜の飼育頭数に基づきふん尿量とメタン発生量を推計
  - 肉用牛(2歳未満、2歳以上)、乳用牛(搾乳牛、乾・未経産、育成牛)、豚(乳用種、肥育豚、繁殖豚)、鶏(採卵鶏、ブロイラー)が試算対象
- 全て水素に改質した場合の水素供給可能量を試算
  - 水蒸気改質効率70%と仮定

バイオガス(家畜ふん尿)ポテンシャル



出典：環境省

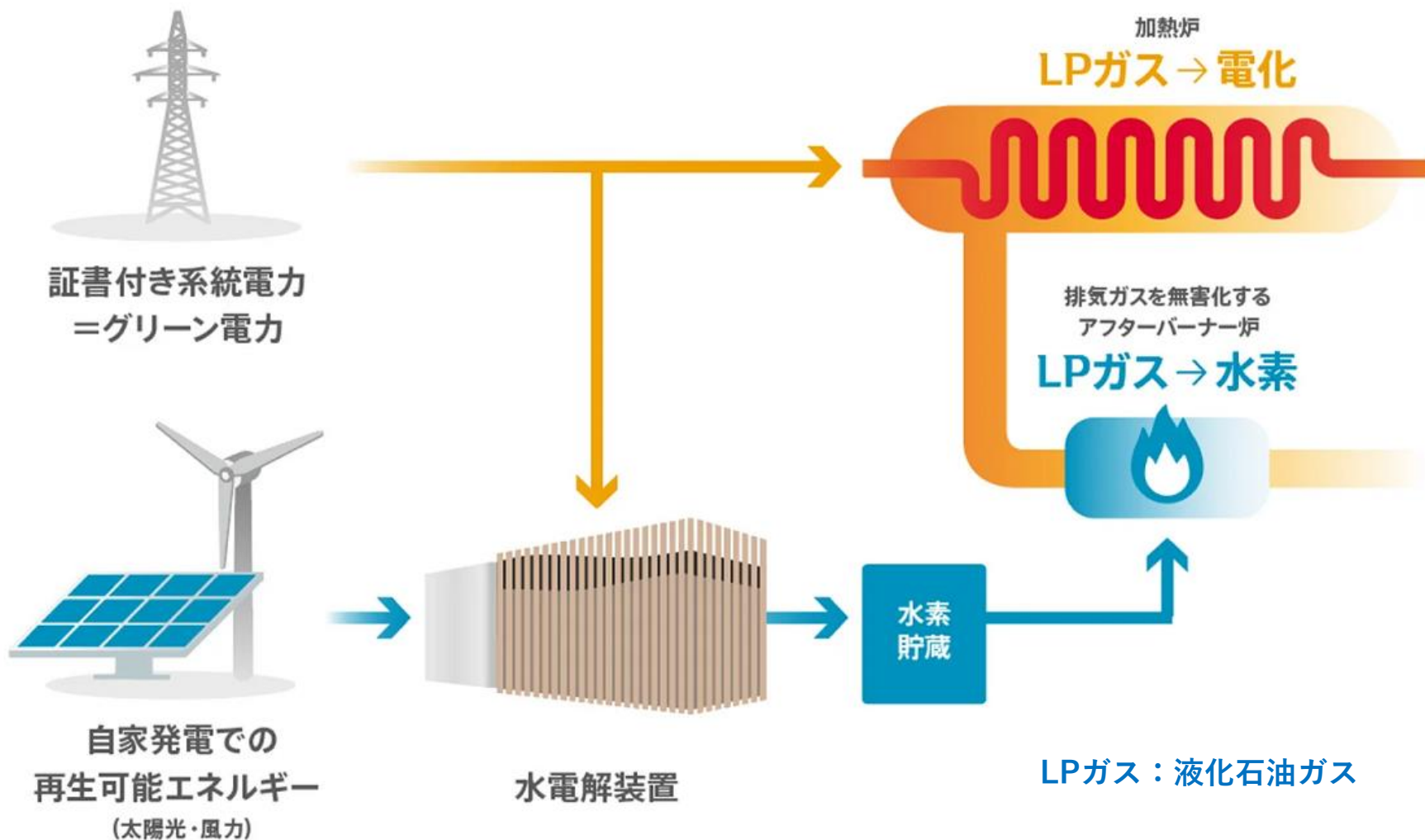
# グリーン水素の導入形態



\*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

# グリーン水素（オンサイト）の利用例：デンソー

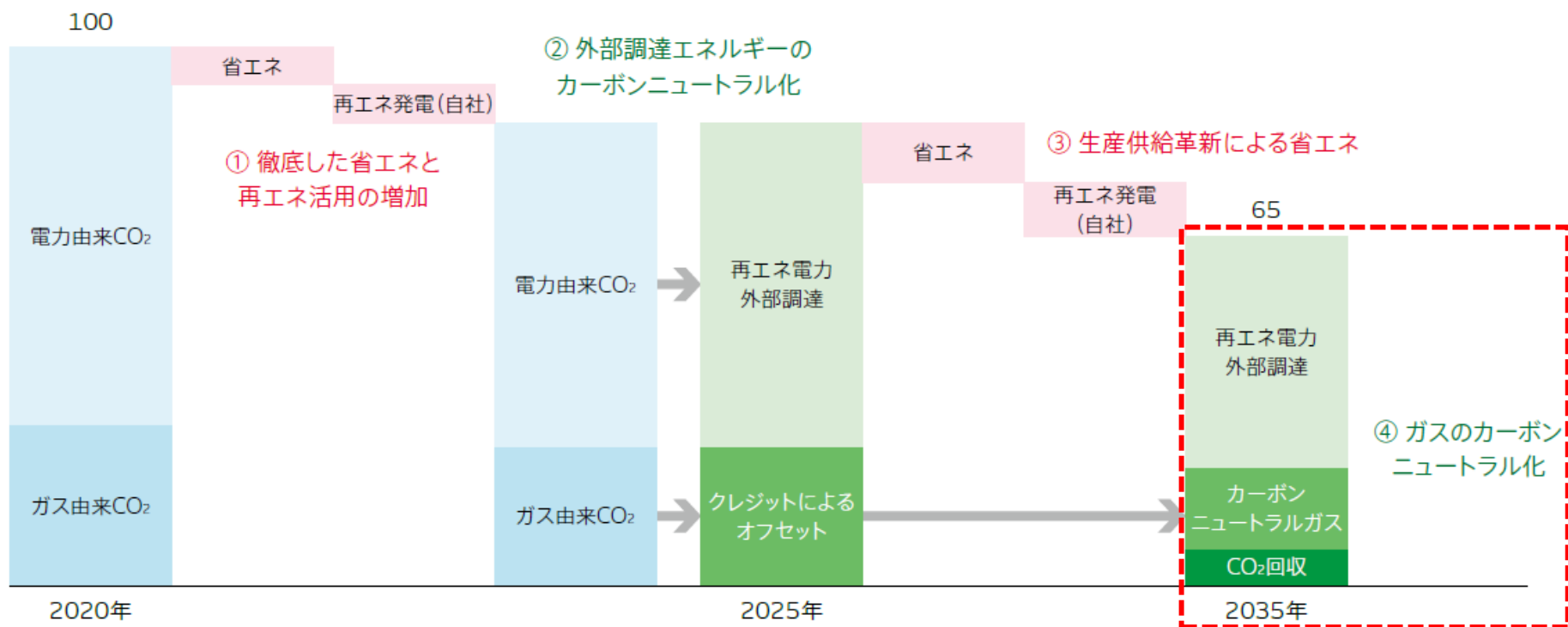


福島県の工場で2023年3月に実証開始

出典：デンソー



# 2035年までにカーボンニュートラルへ



出典：デンソー

# グリーン水素（オンサイト）の利用例：サントリー



山梨県の工場で2025年春に開始予定

出典：サントリーホールディングス

# オンサイトのグリーン水素製造装置

東レ炭化水素系電解質膜  
高プロトン伝導性  
低ガス透過性

日立造船水電解装置  
モジュール連結式  
6MW  
高効率  
4.7kWh/Nm<sup>3</sup>

三浦工業水素ボイラ  
業界最高のボイラ効率  
東京都低NOx認定取得  
2,000kg/h x 3台  
効率 105%  
NOx 40ppm  
TDR 1:5

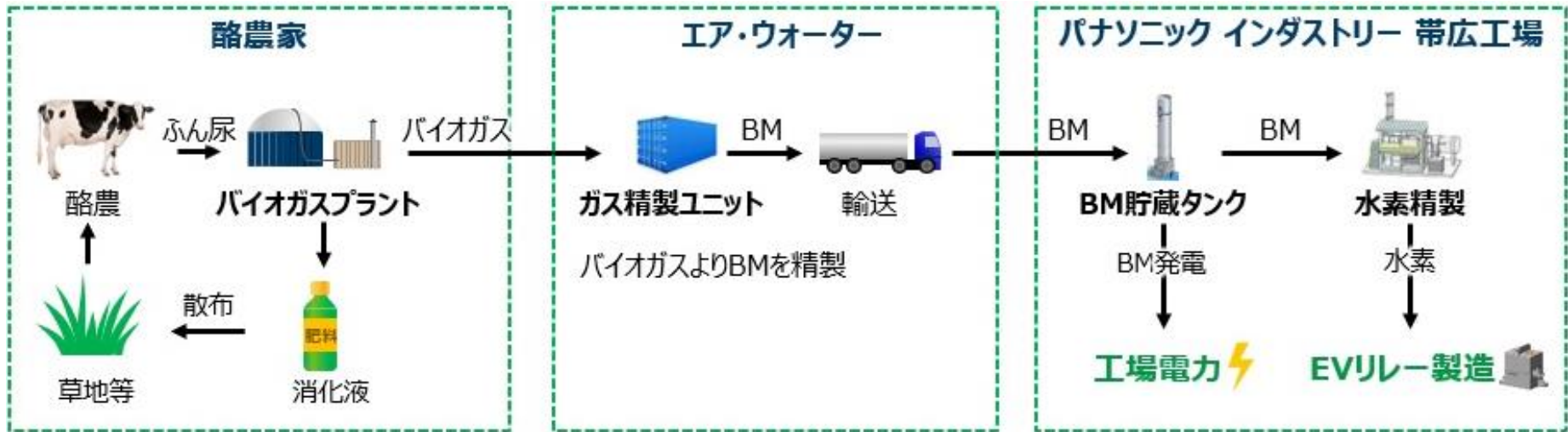
水素製造規模	16MW(最大)
水素パイプライン	約2km
水素製造能力	2,500Nm <sup>3</sup> /h(2,200ton/年)
工事	東京電力グループ
設置場所	隣接の山梨県有地 3,000m <sup>2</sup>
CO2削減量	16,000トン/年(見込)

P2G : Power-to-Gas (電力でガスを製造)

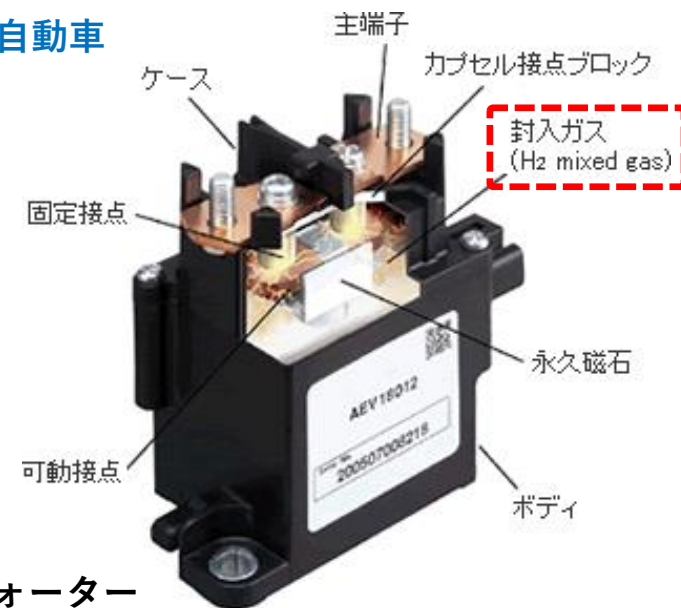
2024年2月20日に工事開始

出典：サントリーホールディングスほか

# グリーン水素 (オンサイト) の利用例：パナソニック



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

# 畜産系グリーン水素のサプライチェーン



出典：エア・ウォーター

# バイオガスによるグリーン水素製造プラント



# 水素運搬用のカードル



# 太陽光発電によるグリーン水素製造プラント



福島県浪江町で2020年に運転開始、太陽光発電10MW

出典：NEDO



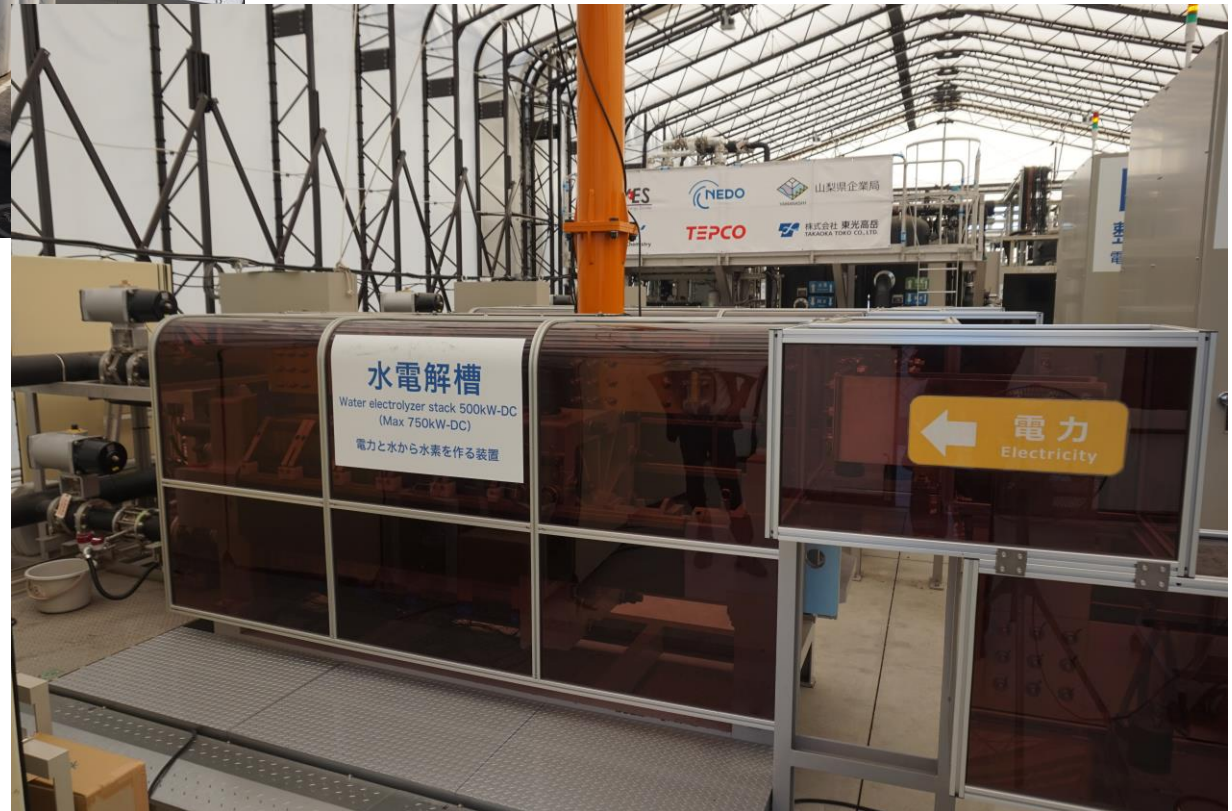
# グリーン水素（オフサイト）の利用例：住友ゴム



福島県の工場で2023年1月に生産開始

出典：住友ゴム工業

# 水電解によるグリーン水素製造プラント



山梨県甲府市で  
2021年に実証開始、  
系統経由のグリーン  
電力を使用

# グリーン水素の運搬トレーラー



# グリーン水素（オフサイト）の利用例：上島珈琲



静岡県の工場で2025年4月に開始予定

出典：UCC上島珈琲

# 地熱発電によるグリーン水素製造プラント



大分県九重町で2021年に実証開始、地熱発電125kW

出典：大林組

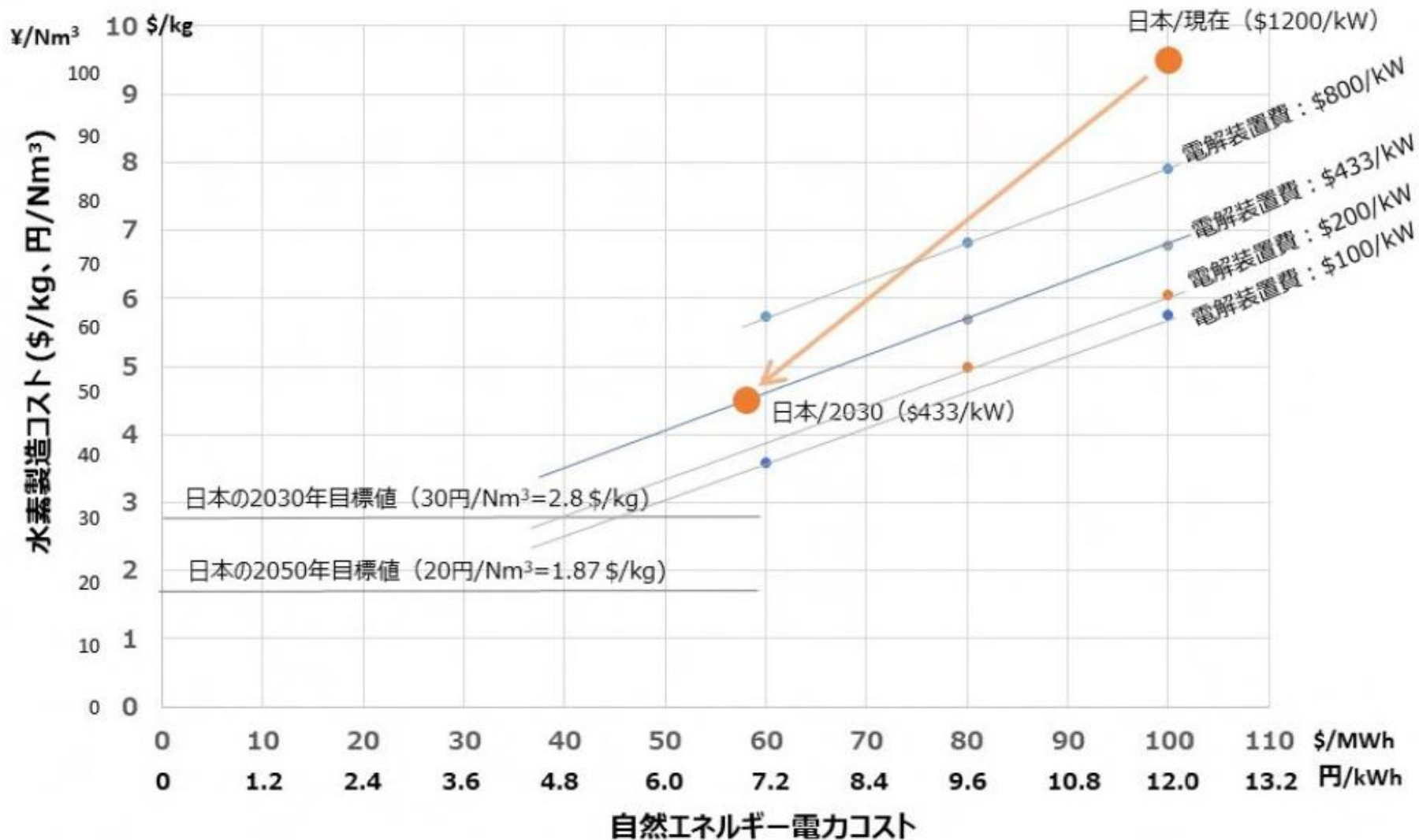
# 水素を利用したアスファルト製造設備



埼玉県久喜市で2020年に実証開始、水素の由来は不明

出典：大林道路

# グリーン水素の製造コスト（水電解、2022年）



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

# 水素の潜在需要とパリティコスト (2021年3月)

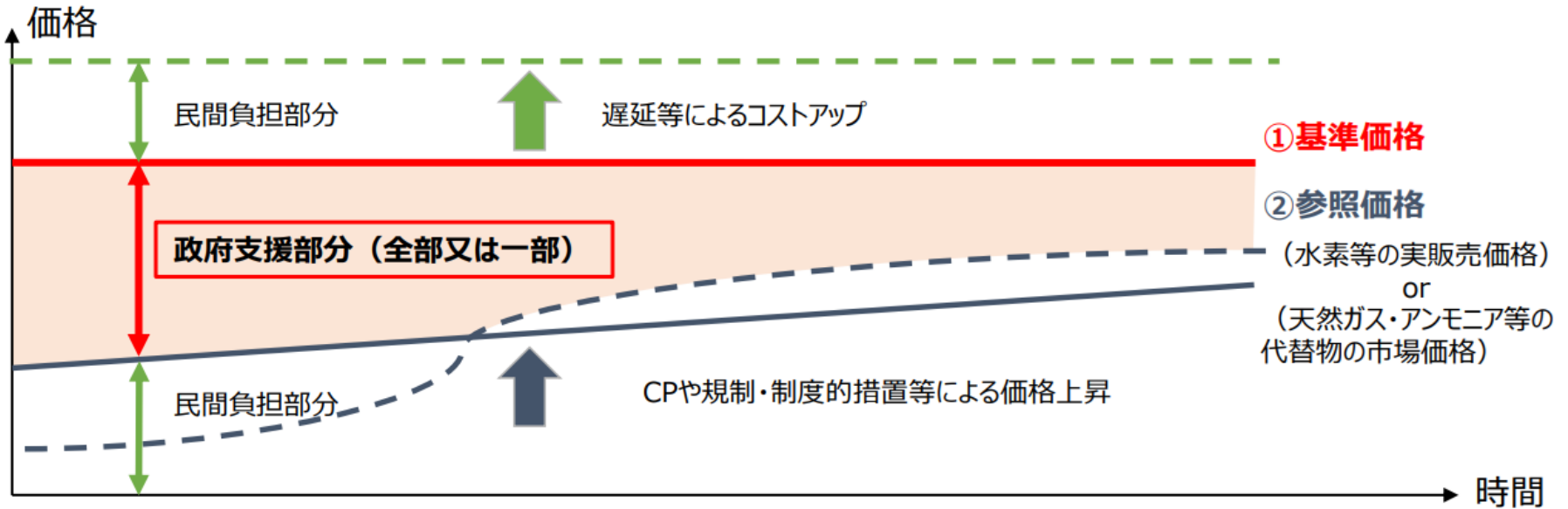
燃料	潜在需要量 (万トン/年)	パリティコスト (円/Nm <sup>3</sup> )
都市ガス	631.3万トン/年	<ul style="list-style-type: none"><li>家庭用:45.0円/Nm<sup>3</sup></li><li>商業用:23.5円/Nm<sup>3</sup></li><li>工業用:15.1円/Nm<sup>3</sup></li></ul>
LPG	185.4万トン/年	<ul style="list-style-type: none"><li>卸価格 : 29.4円/Nm<sup>3</sup></li><li>小売価格 (家庭、東京)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

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

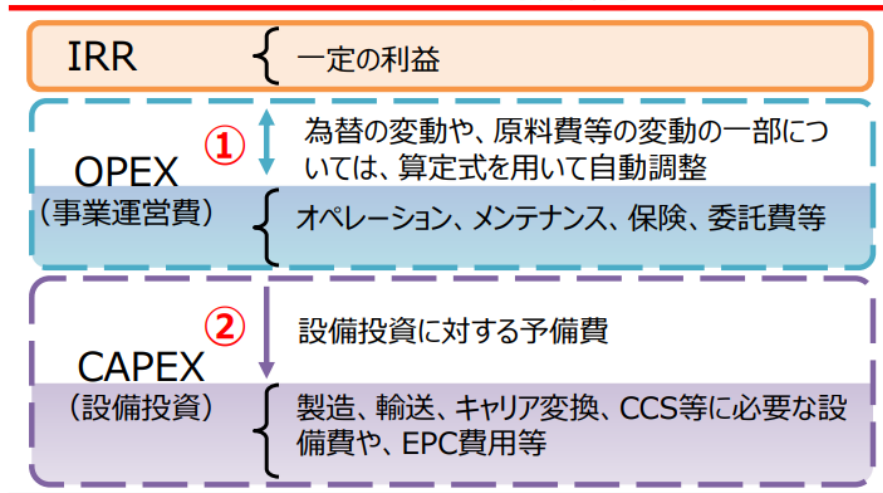
出典 : 資源エネルギー庁



# 低炭素水素に対する価格支援策



基準価格 ※原則固定



支援期間は15年  
2024年度から申請受付予定

出典：資源エネルギー庁

# 電化と再エネ燃料の特徴・利点・課題

手段	特徴・利点	課題
電化	<ul style="list-style-type: none"><li>●電力を使って熱や蒸気を生成する。生成時にCO<sub>2</sub>を発生することなく、廃棄物も生じない。</li><li>●再生可能エネルギーの電力を利用することでCO<sub>2</sub>排出量を削減できる。</li><li>●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。</li><li>●高温の熱を発生させる電気加熱の技術が各種ある。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>●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。</li><li>●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。</li></ul>
再エネ燃料	<ul style="list-style-type: none"><li>●再生可能エネルギー由来の燃料（バイオガスやグリーン水素）で熱や蒸気を生成する。</li><li>●化石燃料と比べてCO<sub>2</sub>排出量を削減できる。</li><li>●水素は燃焼時に水しか排出しない。</li><li>●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。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>●燃料の供給量が少ない。</li><li>●燃料の供給網が整っていない。</li><li>●燃料の製造・輸送コストが高い。</li><li>●法制度が整備されていない。</li></ul>

# ご清聴ありがとうございました。

本資料の中で出典の記載がない図や写真は、自然エネルギー財団の作成・撮影によるものです。