

地域内経済活性化のための 省エネ・再エネ技術

平成31年4月10日

環境省 地球温暖化対策事業室

佐藤 滋芳



大前提

「徹底した省エネルギーを推進し、我が国に賦存する再生可能エネルギーを最大限活用すること等によって我が国のエネルギー需給構造を転換することは、地球温暖化対策の主要な柱であると同時に、一次エネルギー輸入の減少を通じてエネルギー自給率が拡大し、エネルギー安全保障の実現に寄与するとともに、国際収支の改善、日本の産業競争力強化にも資するものである。」

(出典：第5次環境基本計画（平成30年4月閣議決定）)

我が国の化石燃料輸入額は約20兆円／年



平均すると1市町村あたり毎年100億円以上が地域外へ流出！

省エネ・再エネ促進により
地域外への資金流出の蛇口を閉じない限り、
まち・ひと・しごとの活性化は困難

地域を活性化する省エネ・再エネ策（例）

政策分野（例）	域外への 資金流出の減少	地域内活性化(例)
自家用車に頼らない街づくり （コンパクトシティ化）	ガソリン購入量減	・ 工務店への発注 ↑ ・ 中心街の居酒屋 ↑ ・ 人の交流 ↑ ・ 老人子供の生活の質 ↑
省エネ建築化	電力・ガス・灯油の購入減	・ 工務店への発注 ↑ ・ 健康 ↑
地域の再エネ活用	電力・ガス・灯油の購入減	・ 新電力関連産業 ↑ ・ 首都圏へ再エネ価値等を 販売する収益 ↑

注：表は筆者が環境首都フライブルクに居住した際の体験によるものであり、省としての統一見解ではない

本日は以下の3点に関する技術を紹介

- ① 省エネ建築化
- ② 既設ガスパ管を用いた再エネ活用促進
- ③ ブロックチェーンによる再エネ活用促進

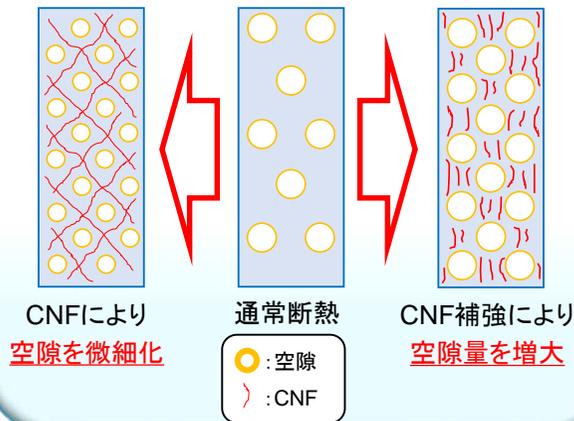
国内初のネット・ゼロ・エネルギービル（ZEB）の実証（2013～2015、環境省から大成建設へ委託）

- 次世代採光システム、機器排熱を活用した躯体放射冷暖房システム等の活用により、従来ビル比75%の省エネを実現。残り25%分の太陽光発電による創エネを実施。
- 年間のエネルギー収支“ゼロ”を達成（H27年6月）した国内初のZEB実証棟を建設。



セルロースナノファイバーで住宅部品の断熱性向上（2015～2020、環境省から静岡大学等へ委託）

CNFにより、空隙を制御



繊維素材での断熱
発泡素材での断熱

<CNFにより高断熱化を図る素材>

⇒ウレタン系断熱材、セルロース断熱材、グラスウール断熱材、無機ボード、フロア材等々

<ターゲットとする部品>

住宅外皮部品

……外壁、天井、床、開口

住宅内装部品

……内壁、浴室(天井、壁)



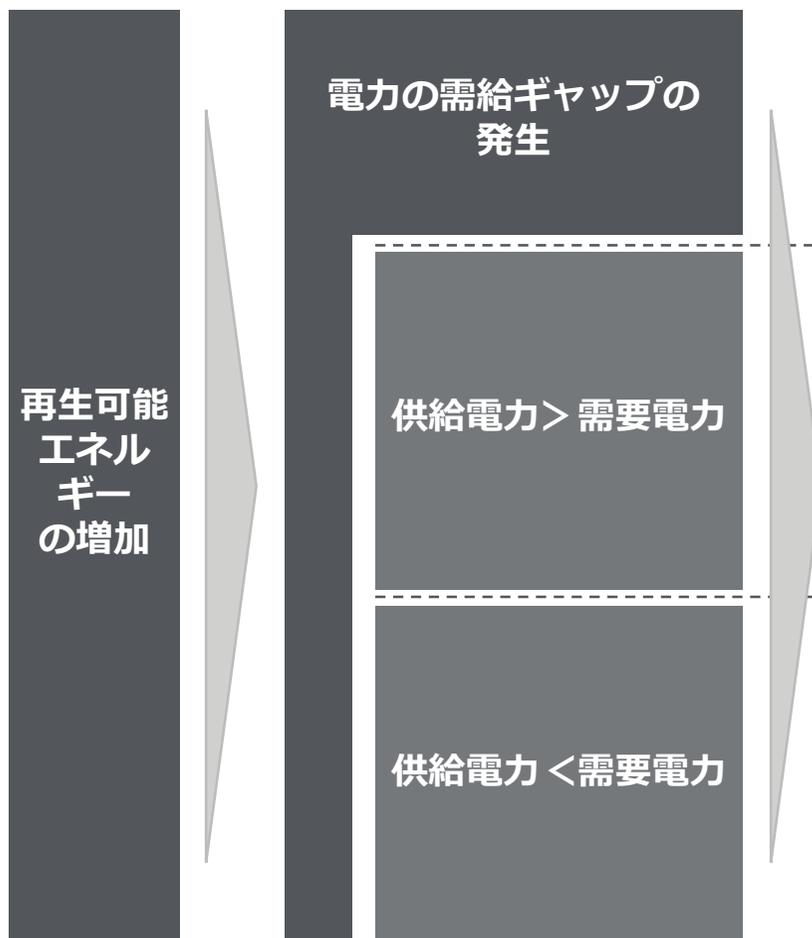
住宅の高断熱化
=暖房エネルギーの削減

【技術の普及について】

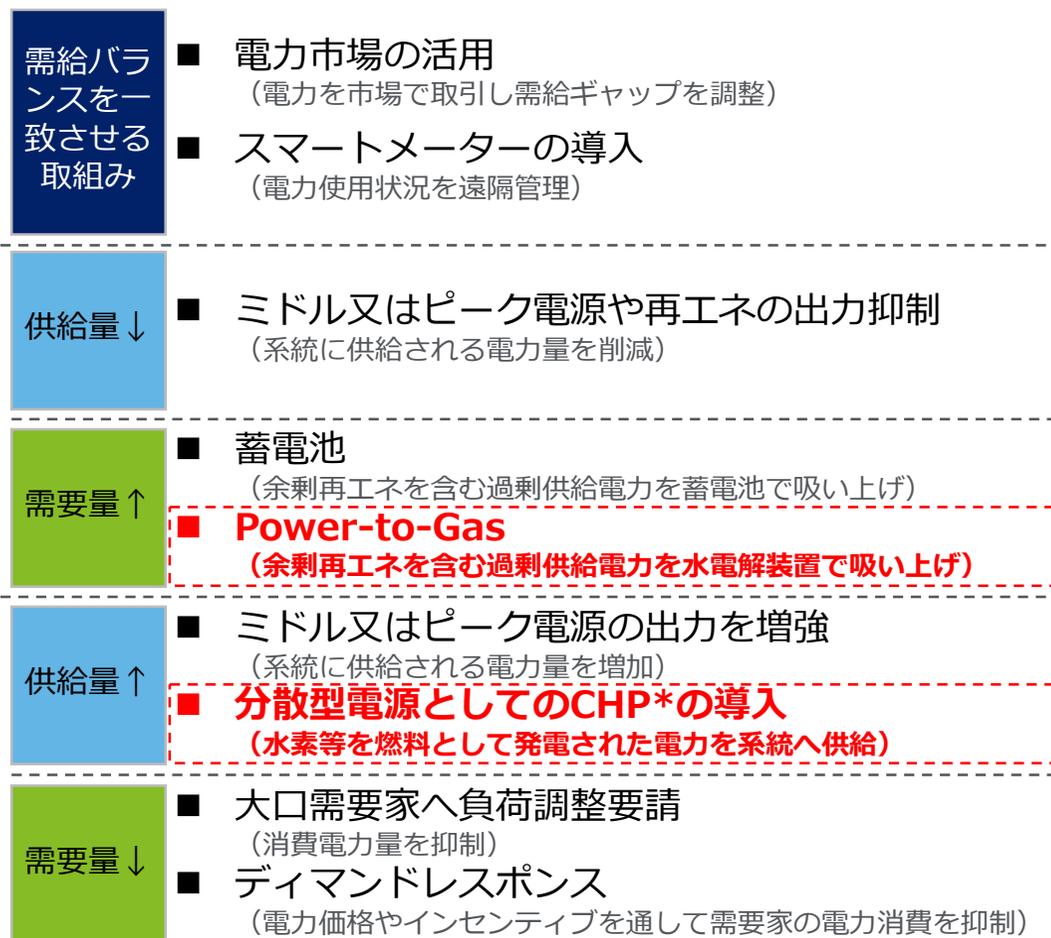
地球温暖化対策計画（平成28年5月閣議決定）には「2020年までに新築建築物について段階的に省エネルギー基準への適合を義務化する。」とあるので、上記のような技術の普及に弾みがつくと期待。

再生エネルギーの増加に伴う電力需給ギャップに対して、欧州では水素又はメタンを活用することも対策の一つとして認識されている。

再生エネルギー増加に伴う電力需給ギャップの発生



対策事例



*CHP: **C**ombined **H**eat and **P**owerの略で、熱電供給システムを指す

ガス管を活用した電力需給調整の事例（欧州）

②ガス管注入

余剰再エネから水素を製造する「Power-to-Gas」の事例が複数見られる。
水素の利用先として都市ガスインフラを活用する事例が多い。

#	地域	国	関連企業	水電解装置規模	利用アプリケーション						電力需給ギャップ対応方針	
					水素		ガス導管へ混入				供給＞需要	供給＜需要
					モビリティ*1	産業ガス	混入形態*3	家庭用	CHP*5	モビリティ*2	需要量↑	供給量↑
											P2G*4	CHP*5
①	マインツ	ドイツ	Mainzer Stadtwerke、Siemens、Linde Group、RheinMain University of Applied Sciences	6,000 kW	○	○	H2	○	○	-	○ (余剰再エネ)	○
②	ダンケルク	フランス	Dunkirk municipality、DK'BUS Marine、ENGIEなど	90 kW	-	-	H2	○	○	○	○ (余剰再エネ)	- *6
③	フランクフルト	ドイツ	Thüga Group、ITM Power、Fraunhofer ISE	320 kW	-	-	H2	○	○	○	○ (余剰再エネ)	- *6
④	イッベンビューレン	ドイツ	RWE、ITM Power	150 kW	-	-	H2	-	○	-	○ (余剰再エネ)	- *6
⑤	ファルケンハーゲン	ドイツ	Uniper、SWISSGAS、Uniper、Thyssenkrupp、Karlsruhe Institute of Technology、DVGW	2,000 kW	-	-	CH4	(-) ※混入後の利用先不明			○ (余剰再エネ)	-
⑥	ハンブルク	ドイツ	Uniper、HanseWerk、SolviCore、NOW、Hydronics、DLR、Fraunhofer ISE	1,500 kW	-	-	H2	(-) ※混入後の利用先不明			○ (余剰再エネ)	-
⑦	アレンドルフ	ドイツ	MicrobEnergy、Viessmann Group、CUBE Engineering、EnergieNetz Mitte、EAM EnergiePlus、IdE	300 kW	-	-	CH4	-	-	○	○ (余剰再エネ)	-

※CEDEC（欧州・地域エネルギー会社連盟）の、水素を活用した電力需給調整の実証事例を調査対象として抽出

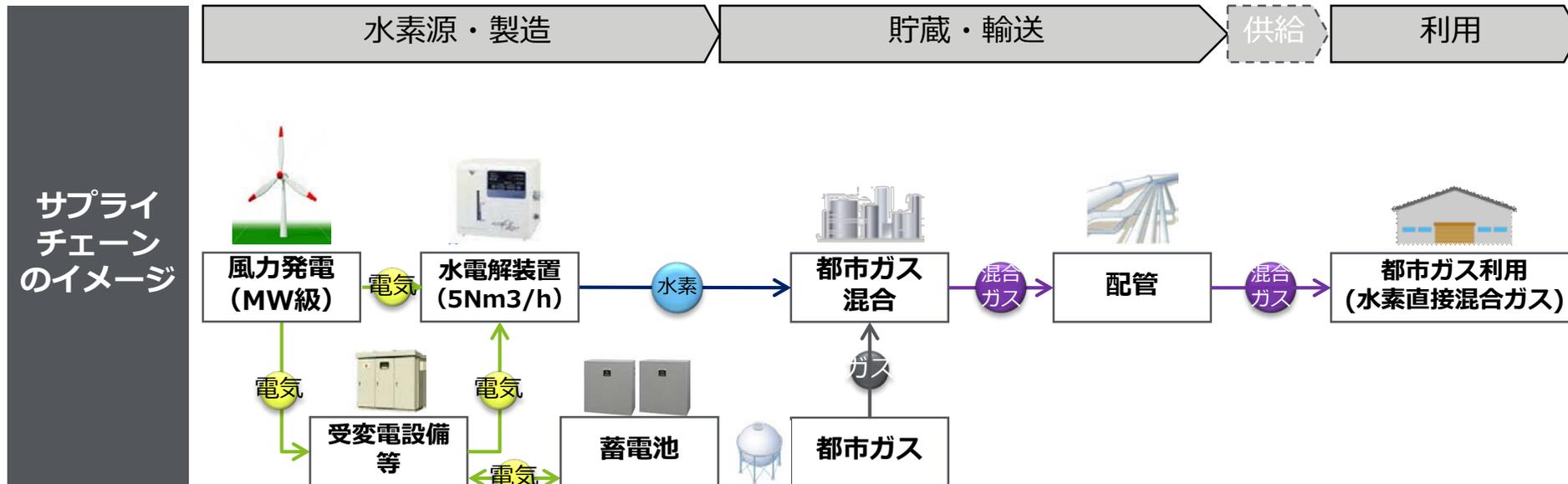
*1 FCVやFCバスを想定 *2 天然ガス自動車を想定 *3 H2はガス導管への水素直接混合を示し、CH4は水素とCO2からメタン（CH4）を生成しガス導管で利用することを示す *4 Power to Gas

: 水電解装置によって系統電力を吸い上げることによる調整力 *5 CHP: Combined Heat and Powerの略で、熱電供給システムを指す *6 電力需給ギャップ対応としてのCHP利用は無し

水素の都市ガス混合実証（国内）

環境省では、秋田県能代市において、風力発電由来の再エネから水素を製造し、都市ガス配管へ混合することを想定した技術実証事業を行っている。

概要	<ul style="list-style-type: none"> ■ 風力発電により水素を製造し、都市ガスに近似したガスに混合。同混合ガスをガス配管により隣接地に設置した利用場所へ供給し、市販ガス機器において、水素混合ガスを実際に使用する。 	
期間	<ul style="list-style-type: none"> ■ 平成30年度～平成31年度 	
場所	<ul style="list-style-type: none"> ■ 秋田県能代市 	
体制	<ul style="list-style-type: none"> ■ NTTデータ経営研究所：事業統括、事業性評価 ■ 大日機械工業：プロジェクト監理、技術管理 ■ 三菱化工機：電解ラインの設計・調達・運転等 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 大森建設：実証事業場所提供等 ■ 東部ガス：熱量調整コンサル等 ■ みらいえね企画：事業性評価支援、安全管理等



大規模メタネーション実証（国内）

②ガス管注入

環境省では清掃工場から排出される二酸化炭素からメタンを生成する、いわゆるメタネーションの実証事業を行っている。

課題名：清掃工場から回収した二酸化炭素の資源化による炭素循環モデルの構築実証

代表事業者：日立造船株式会社

事業期間（予定）：平成30年度から平成34年度まで

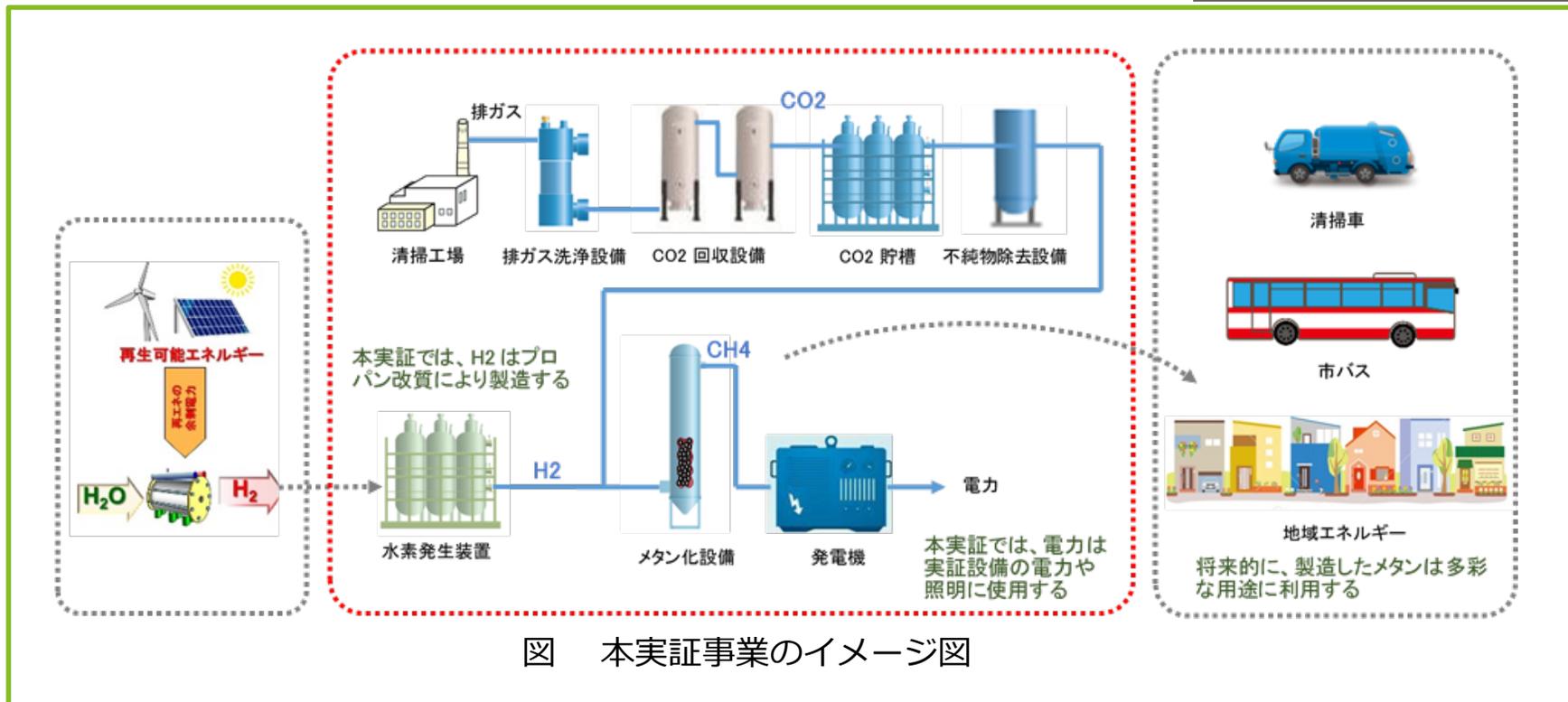


図 本実証事業のイメージ図

- 再エネ由来水素（から作ったメタン）を、既に整備されている都市ガス導管網へ注入することは、再エネの出力変動対策となりえる。他方、一般ガス供給約款等を踏まえると、日本の都市ガス導管網に水素等を混合できる量は限定的。
- 現在、一定の範囲（バンド）内の熱量で都市ガスを供給する「熱量バンド制」が、「規制改革推進会議」等で議論されており、導管注入できるガス量に大きく関わるため、その動向を注視。

エネルギー分野の規制改革に関する意見（平成30年5月18日規制改革推進会議）（一部抜粋）

3. ガス小売市場における競争促進のために

(1) 現行の標準熱量制から熱量バンド制への移行

我が国では「標準熱量制（注1）」が採用され、LNGにLPGを添加して熱量を調整したガスでなければ、都市ガス事業者（一般ガス導管事業者）の導管（パイプライン）に流通させることができない。また、都市ガス事業者以外の者による導管網の整備も一定の範囲に制限されている（注2）。これらの結果、LNGを輸入して都市ガスの小売供給を行う事業者にとっては、熱量調整設備の確保が実質的な参入要件、参入障壁となっている。

一方、欧州各国や韓国など諸外国では、一定の範囲（バンド）内の熱量で都市ガスを供給することができる「熱量バンド制」が採用されている。現行の標準熱量制をやめ、熱量バンド制に移行すれば、小売事業者の新規参入を促すだけでなく、熱量調整に要する費用が軽減し、ガス料金の引下げにつながる可能性がある。また、熱量が異なる導管でも広域的に接続しやすくなり、地域間の競争が促進される。工業炉など微妙な熱量調整を必要とする需要家は存在するが、一部の需要家のためにガス全体の熱量調整をするのは無駄であり、不公平である。

現行の標準熱量制から熱量バンド制への移行については、従来から議論はあったが、進められてこなかった。したがって、熱量バンド制への移行について、諸外国における都市ガスの供給状況等を踏まえて早急に検討し、必要な措置を講ずるべきである。

注1：熱量の標準値を定め、熱量の変動を制限する仕組みのこと。経済産業大臣の認可を受けた託送供給約款等で定められている。

注2：ガス事業法で定められている。「二重導管規制」と呼ばれる。

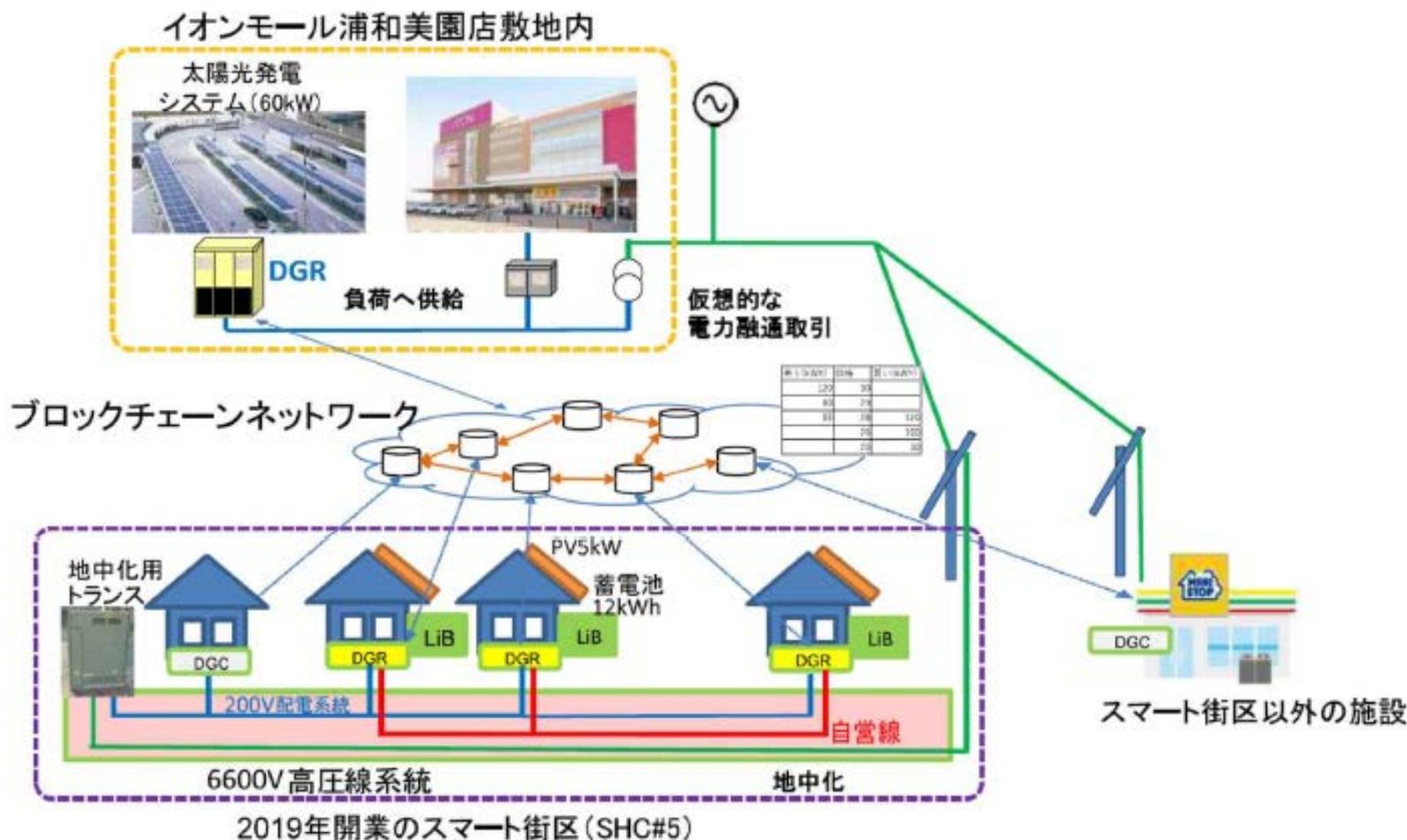
出所：規制改革推進会議 第32回（平成30年5月18日） 資料2「エネルギー分野の規制改革に関する意見」

浦和美園地区でのブロックチェーン実証事業

③ブロックチェーン

環境省 CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業（平成29~31、デジタルグリッド(株)が受託）

- 自律分散型エネルギーシステムの構築に向け、浦和美園地区の実証において、ブロックチェーンを用いて再エネ電力の融通を行うシステムに関する実証事業を実施中。
- 今後増加するFIT期間終了後の太陽光電気の新たな市場創出や、再エネの目に見えない環境価値を商品化することにより、さらなる再エネの利用拡大を期待。



<参考>

欧州におけるガスパ管を活用した電力需給調整の事例



1

【欧州における水素を活用した電力需給調整の事例：事例詳細 #1】 マインツPower-to-Gasのシステム構成

利用アプリケーション			
水素利用	ガス専管混入		
モビリティ	産業ガス	H ₂ 直接混合	メタン混合

システム構成

	水素源・製造	貯蔵・輸送	供給	利用
基礎情報	<ul style="list-style-type: none"> ① 風力由来の余剰再生エネ、スポット市場使用 ② 水電解規模：6 MW 	<ul style="list-style-type: none"> ③ 貯蔵容量：780 kg-H₂ 	<ul style="list-style-type: none"> ④ 天然ガス網混入混入率：0-15% 	<ul style="list-style-type: none"> ⑤ トレーラー充填後にモビリティと産業で利用
備考	<ul style="list-style-type: none"> Siemens社PEM型水電解装置を使用 数秒で起動し、部分負荷運転が可能 出力圧力は3.5 MPa（機械圧縮なし） 	<ul style="list-style-type: none"> 貯蔵圧力は2~8 MPa 	<ul style="list-style-type: none"> シュタットベルケの高圧天然ガス網に接続。ガス網の膨大な貯蔵容量をエネルギー貯蔵として利用 	<ul style="list-style-type: none"> 充填後は水素ST*1や産業用に水素供給。月に20台充填 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 充填圧力は20 MPa ➢ 貯蔵容量は300~600 kg-H₂ ➢ 充填時間は~3時間 ガス網から住宅やCHP*2に供給



*1: Station *2: CHP: Combined Heat and Powerの略で、熱電供給システムを指す



2

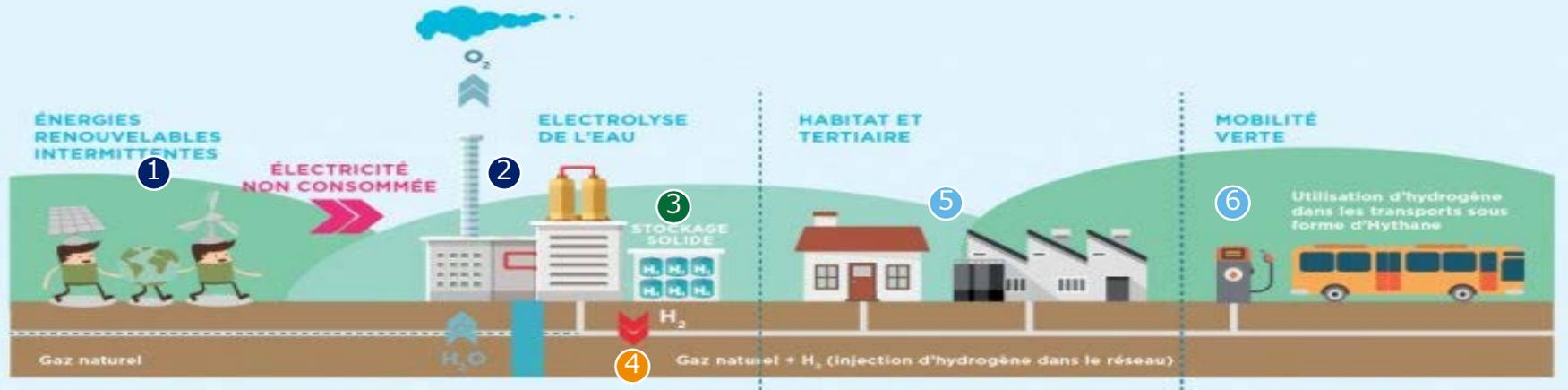
【欧州における水素を活用した電力需給調整の事例：事例詳細 #2】 ダンケルクPower-to-Gasのシステム構成

利用アプリケーション			
水素利用	ガス導管混入		
モビリティ	産業ガス	H ₂ 直接混合	メタン混合

システム構成

	水素源・製造	貯蔵・輸送	供給	利用
基礎情報	<ol style="list-style-type: none"> ① 系統からの余剰再生エネ使用 ② 水電解規模：90 kW 	<ol style="list-style-type: none"> ③ 貯蔵容量：4-5 kg-H₂ (固体貯蔵) 	<ol style="list-style-type: none"> ④ 天然ガス網混入 混入率：6% (最大20%まで) 	<ol style="list-style-type: none"> ⑤ 電力、熱 ⑥ モビリティ
備考	<ul style="list-style-type: none"> AREVA H2Gen社のPEM型水電解装置使用 	<ul style="list-style-type: none"> McPhy社のメタルハイドライドを使用した貯蔵モジュールを使用 	-	<ul style="list-style-type: none"> 住宅100戸とケアセンターの暖房（ボイラー）に供給し、暖房、調理用ガス、温水器、CHPで利用*1 CNGバスST*2に供給し、約50台の燃料として利用。供給時圧力は200 MPa

サプライチェーンイメージ



*1: 将来的には住宅120戸とアパート80棟、混入率20%を予定 *2: Station



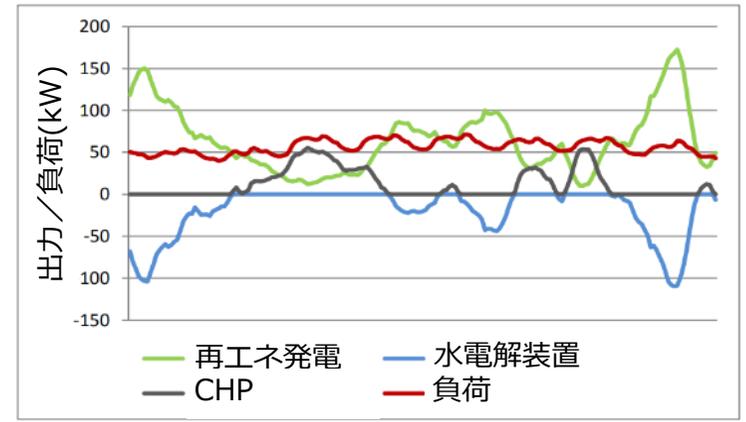
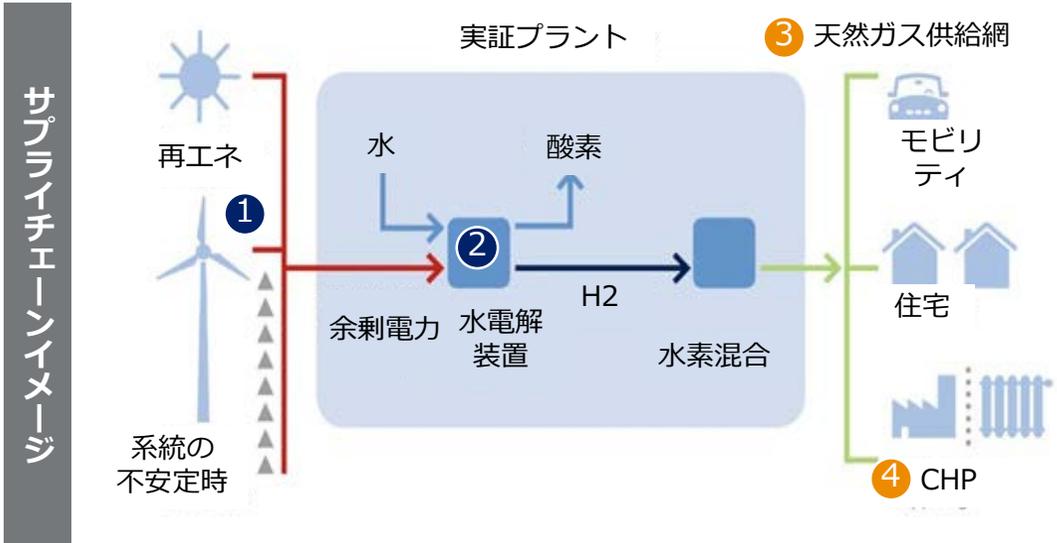
3

【欧州における水素を活用した電力需給調整の事例：事例詳細 #3】 フランクフルトPower-to-Gasのシステム構成

利用アプリケーション			
水素利用	ガス導管混入		
モビリティ	産業ガス	H ₂ 直接混合	メタン混合

システム構成

	水素源・製造	貯蔵・輸送	供給	利用
基礎情報	<ol style="list-style-type: none"> ① 風力由来の余剰再生エネルギーと系統の不安定時の電力 ② 水電解規模：315 kW 	-	<ol style="list-style-type: none"> ③ 天然ガス網混入混入率：2% 	<ol style="list-style-type: none"> ④ CHP*等で利用
備考	<ul style="list-style-type: none"> ITM Power社のPEM水電解装置を使用 系統容量が超過になると、送電事業者の依頼の元水電解装置の負荷を増加 	-	<ul style="list-style-type: none"> 混入圧力：0.35 MPa (圧縮機は使用しない) 	<ul style="list-style-type: none"> システム全体で77%の効率を達成



■ 運転の最適化に向け、再生エネルギーと水電解装置・CHPの定格負荷のアルゴリズム開発に関する調査を実施

*Combined Heat and Powerの略で熱電供給を指す

出所：DENA Power to Gas Strategy Platform HP、H2BZ Hessen HP、Thüga Group「The impact of power-to-gas on distribution grids」(2015/5)

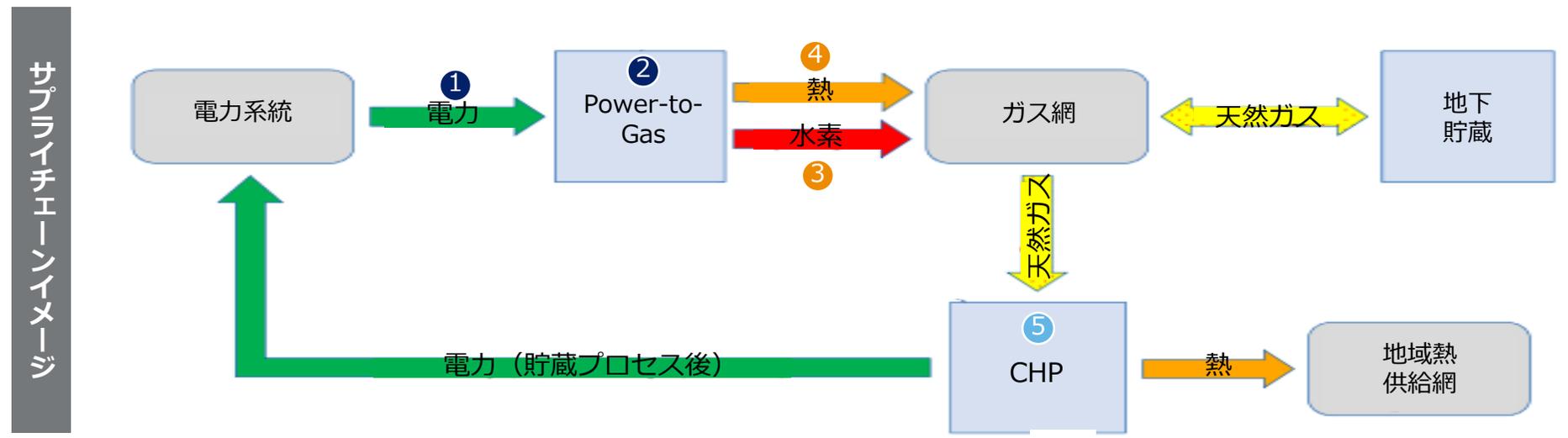


4 【欧州における水素を活用した電力需給調整の事例：事例詳細 #4】 イッベンビューレンPower-to-Gasのシステム構成

利用アプリケーション			
水素利用	ガス専管混入		
モビリティ	産業ガス	H ₂ 直接混合	メタン混入

システム構成

	水素源・製造	貯蔵・輸送	供給	利用
基礎情報	<ul style="list-style-type: none"> ① 系統からの余剰再エネ使用 ② 水電解規模：150 kW 	-	<ul style="list-style-type: none"> ③ 天然ガス網混入の後に地下貯蔵 混入率：1%(追加圧縮無し) ④ 排熱利用 	<ul style="list-style-type: none"> ⑤ CHP*から地域熱供給と系統へ電力供給を行う
備考	<ul style="list-style-type: none"> PEM型水電解装置使用 スタートアップ所要時間：300秒以内 応答時間：2秒以内 電力から水素製造の効率は71% 	-	<ul style="list-style-type: none"> 水電解装置の排熱をガスステーションで利用（55℃） 	<ul style="list-style-type: none"> 利用可能な再エネ電力の不足時、地下貯蔵された天然ガスでCHP*を稼働



*Combined Heat and Powerの略で熱電供給を指す
 出所：RWE「Power-to-Gas demonstration plant Ibbenbüren」(2015/11)、RWE「Power-to-Gas demonstration plant Ibbenbüren」(2015/9)



5

【欧州における水素を活用した電力需給調整の事例：事例詳細 #5】 ファルケンハーゲンPower-to-Gasのシステム構成

利用アプリケーション			
水素利用	ガス専管混入		
モビリティ	産業ガス	H ₂ 直接混合	メタネーション混合

システム構成

第一フェーズ実証（天然ガス混入）

	水素源・製造	貯蔵・輸送	供給	利用
基礎情報	<ul style="list-style-type: none"> ① 風力由来の余剰再エネ ② 水電解規模：2 MW 	<ul style="list-style-type: none"> ③ パイプライン輸送 	<ul style="list-style-type: none"> ④ 天然ガス網混入 混入率：最大2% 	-
備考	<ul style="list-style-type: none"> アルカリ型水電解装置を使用 	<ul style="list-style-type: none"> 約1.6 kmの水素パイプラインを経由 	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮機2台を使用 ガスパイプライン供給時の圧力は5.5 MPa 	-

第二フェーズ実証（メタネーション）

CO2タンク 反応装置 クローズドフレア

制御室 メタネーション圧縮機 ガス調整



出所：Strategieplattform Power to Gas, Uniper HP, Hydrogenics「RENEWABLE HYDROGEN: THE MISSING LINK BETWEEN THE POWER, GAS, INDUSTRY AND TRANSPORT SECTORS」(2018/6)、Uniper「Windgas an important contribution to the „Energiewende“」(2018/6)

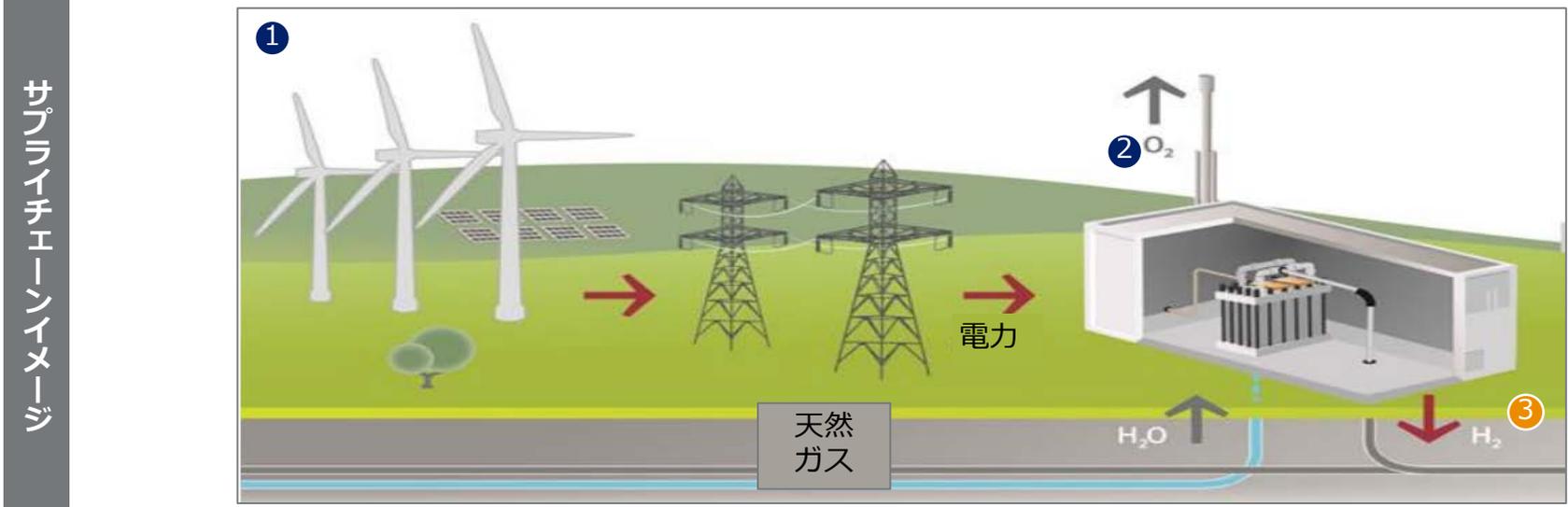


6 【欧州における水素を活用した電力需給調整の事例：事例詳細 #6】 ハンブルクPower-to-Gasのシステム構成

利用アプリケーション			
水素利用	ガス導管混入		
モビリティ	産業ガス	H ₂ 直接混合	メタン混合

システム構成

	水素源・製造	貯蔵・輸送	供給	利用
基礎情報	<ul style="list-style-type: none"> ① 系統からの余剰風力使用 ② 水電解規模：1.5 MW 	-	<ul style="list-style-type: none"> ③ 天然ガス網混入 混入率：最大2% (将来は10%を目指す) 	-
備考	<ul style="list-style-type: none"> PEM型水電解装置使用 	-	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮機は不使用 供給時の圧力は3 MPa 	-



出所：Strategieplattform Power to Gas、Uniper HP、Hydrogenics「RENEWABLE HYDROGEN: THE MISSING LINK BETWEEN THE POWER, GAS, INDUSTRY AND TRANSPORT SECTORS」(2018/6)、Uniper「Windgas an important contribution to the „Energiewende“」(2018/6)、HanseWerk「Power to Gas Die Prozesskette in Norddeutschland」(2017/4)



7

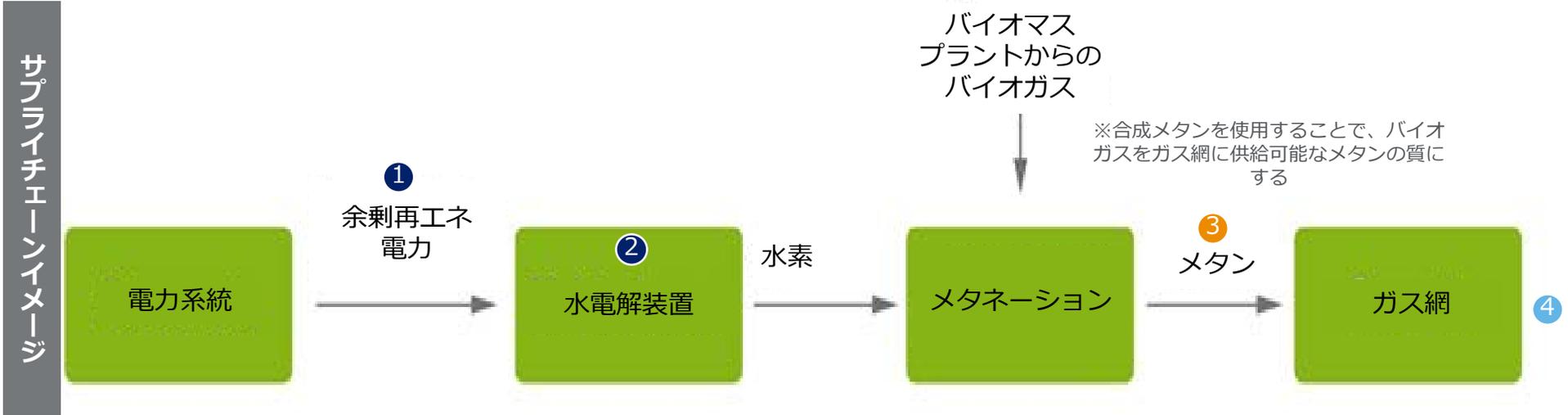
【欧州における水素を活用した電力需給調整の事例：事例詳細 #7】 アレンドルフPower-to-Gasのシステム構成

利用アプリケーション

水素利用	ガス専管混入
モビリティ	産業ガス
	H ₂ 直接混合
	メタネーション混合

システム構成に係る詳細情報

	水素源・製造	貯蔵・輸送	供給	利用
基礎情報	① 系統からの余剰風力使用 ② 水電解規模：300 kW	-	③ 天然ガス網混入	④ モビリティ
備考	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> CNG車を持つ自動車会社が燃料として契約購入



出所：IEA Bioenergy 「BioPower2Gas in Germany」(2018/2)、BioPower2Gas HP