

カーボンニュートラル社会の実現に向けた 炭素-水素循環技術の開発

旭化成株式会社

上席理事 研究・開発本部 化学・プロセス研究所長

鈴木 賢

Profile



鈴木 賢 (Ken SUZUKI) 出身 静岡県富士宮市

旭化成株式会社 上席理事

研究・開発本部 化学・プロセス研究所長, 環境ソリューション事業本部 技術開発総部長

プリンシパルエキスパート, 博士 (工学)

社歴

1991年4月 - : 旭化成工業入社 (現旭化成)、一貫して石化分野の触媒・プロセス開発に従事@岡山県倉敷市

1991年 化成品開発研究所、2005年 新素材・プロセス開発研究所 主幹研究員、2008-09年 高度専門職 (上級)

2009年10月 - : 本社スタッフとしてケミカル領域の研究開発戦略策定、技術企画、対外交渉などに携わる@東京本社

2009年10月 技術企画・マーケティング部 主幹研究員、2010年4月 研究開発総部 主幹研究員

2014年4月 - : マネージャーとして石化、エネルギー分野における触媒・材料の開発を担当@岡山県倉敷市

2014年4月 モノマー・触媒研究所 第二研究室長、2016年4月 化学・プロセス研究所 無機材料研究室長

2017年4月 化学・プロセス研究所 無機・フッ素化学開発部長、2017年10月 プリンシパルエキスパート (2020年再任)

2019年4月 化学・プロセス研究所長 兼 技術開発総部長

2022年4月 上席理事 (現在に至る)

専門

触媒化学、金属ナノ粒子、金属酸化物、水素化反応、酸化反応、プロセス化学

「Studies on Catalytic Methods for Aerobic Oxidative Functionalization」で博士号取得 (大阪大学名誉教授 村橋俊一氏に師事)

対外活動

JST さきがけ研究領域「革新的触媒」領域アドバイザー(2016-21), JST ERATO 評価委員 (2019-)

触媒学会 理事 (2018-19), 東京工業大学 非常勤講師(2018), 北陸先端科学技術大学院大学 客員教授 (2018-)

受賞歴

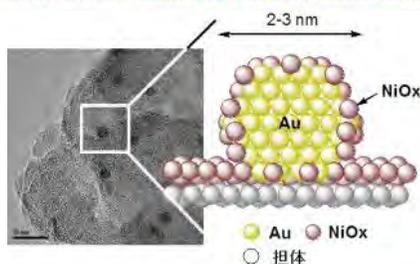
旭化成グループ表彰 科学・技術賞 (2008), 同表彰 有功賞特級 (2010), 同表彰 特別賞 (2019)

触媒学会 学会賞 (2013), 石油学会 学会賞 (2014), 日本化学会 化学技術賞 (2014)

発明協会 全国発明表彰 発明協会会長賞 (2015), 文部科学省 文部科学大臣表彰 科学技術賞・開発部門 (2019)

コアシェル型金-酸化ニッケルナノ粒子触媒

—世界初、金ナノ粒子を触媒成分として用いた化学品製造プロセスの実用化—



Au-NiOx触媒のTEM像とナノ粒子断面イメージ図



MMA製造プラント@川崎製造所

本日の内容

- **カーボンニュートラルに向けた化学産業の動向**
- **旭化成のカーボンニュートラルへの取り組み**
 - 旭化成の考える「カーボンニュートラルでサステナブルな世界」
 - 炭素-水素循環技術の開発
 - ✓ CO₂利用（CO₂ケミストリー）
 - ✓ グリーン水素製造
 - ✓ CO₂分離回収

カーボンニュートラルとは産業革命の再来である

- ✓ 2050年カーボンニュートラル(CN)実現は極めて挑戦的な課題。CNとは「化石資源から再エネをはじめとする新しいエネルギーへの転換」であり、根本的な変革が不可欠となる。
- ✓ 化学産業はあらゆる産業に素材を提供する重要な基幹産業の一つ。CNに向けた戦略は、**エネルギー転換**（LNG、バイオマス、水素、アンモニア、化学プロセスの電化）と**原料転換**（CO₂、バイオマス、廃棄プラスチックの利用）の双方における化石資源からの脱却。
- ✓ 我々は、**化学の力**で地球温暖化を解決し、持続可能な社会の成長に貢献する**イノベーション**を創出していく責務がある。

私たちの暮らしを支える化学製品

食品保存フィルム・容器

食品・飲料素材
(結晶セルロース)

ソファ表地
(人工皮革)

ゲーム機器
(ポリアセタール)

紙おむつ
(スパンボンド不織布、ポリウレタン繊維)

スポーツウェア
(キュブラ繊維)

水濾過用フィルター
(中空糸濾過膜)



アスファルト改質剤
(熱可塑性エラストマー)

自動車部品
(各種高機能樹脂)

エアバッグ
(ナイロン66繊維)

自動車用内装材
(人工皮革)

タイヤ
(合成ゴム、ナイロン66繊維)

車載電池向け素材
(電池用セパレーター)

スーツの裏地
(キュブラ繊維)

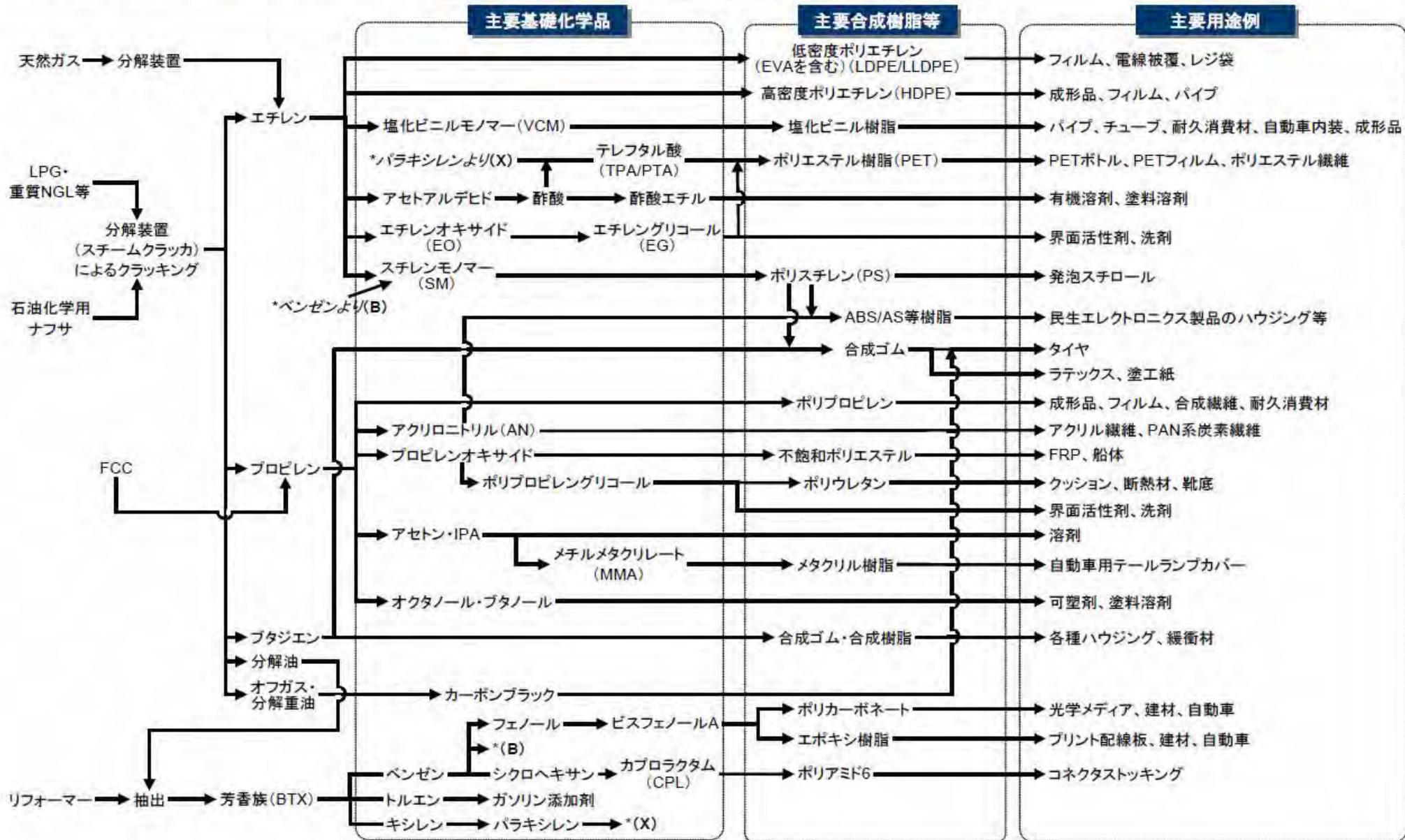
シャンプー
(界面活性剤、ポリエチレン樹脂)

インナーウェア
(キュブラ繊維)

フェイスマスク
(キュブラ不織布)

スキンケア用品
(香料品原料)

石油化学主要製品のプロダクト・フロー



出所: 石油化学工業協会、重化学工業通信、パークレイズ・リサーチ

世界に誇る日本発の工業触媒プロセス

モノマー分野：1980-1999年

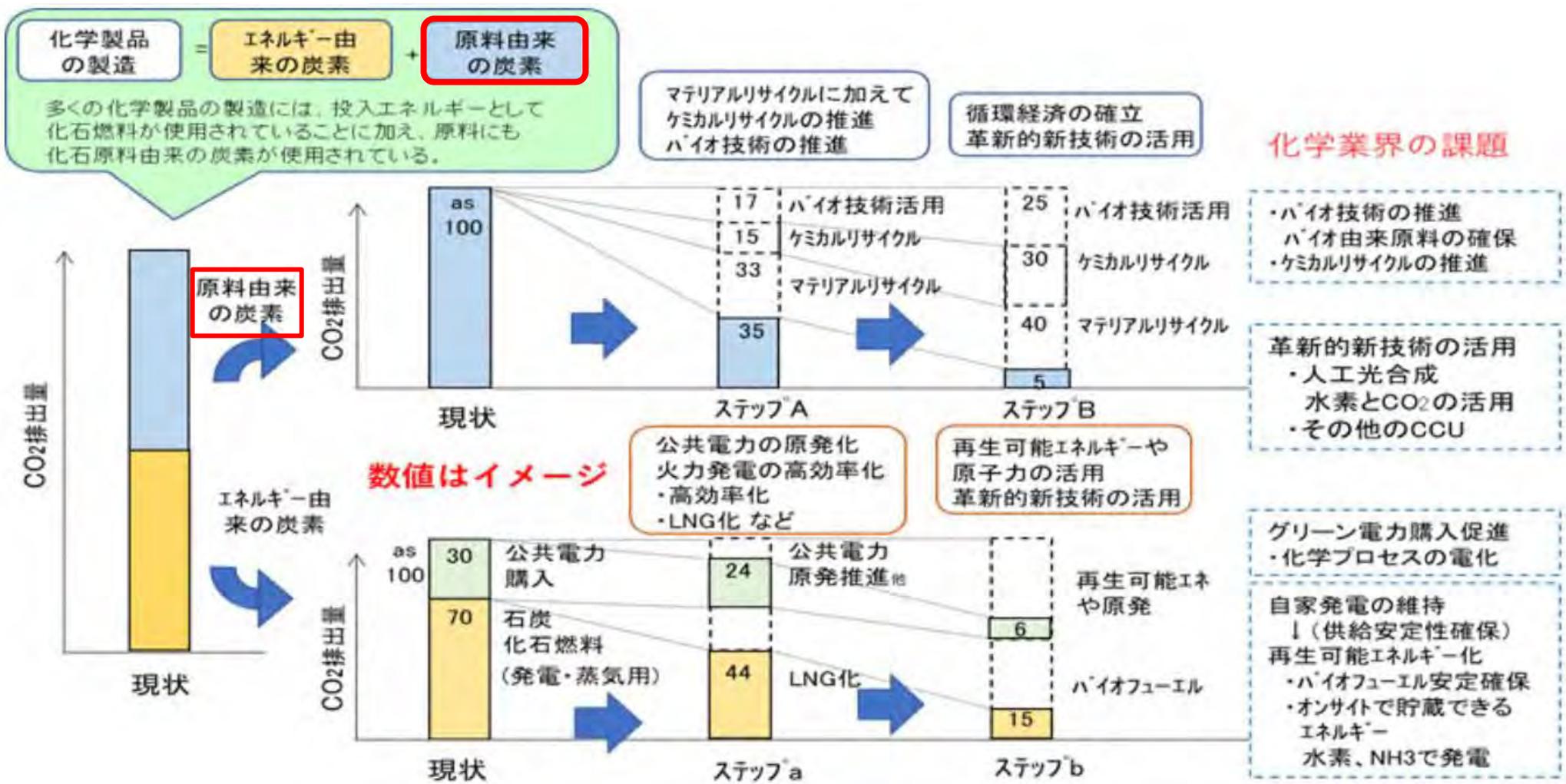
製品	プロセス	触媒	会社
1 1,4-ブタンジオール/THF (20,000t/y, 1982)	ブタジエンのアセトキシ化、水和	Pd-Te	三菱化成
2 メタクリル酸メチル(47,000t/y, 95,000t/y, 1982)	イソブテンからの二段酸化 (直酸法)	Mo-Bi-O Mo-V-P-O	日本触媒 三菱レイヨン
3 t-ブチルアルコール (56,000t/y, 1984)	高濃度ヘテロポリ酸溶液による イソブテンの水和	H ₃ PMo ₁₂ O ₄	旭化成工業
4 l-メントール(800~ 1,000t/y, -)	BINAP触媒による不斉合成	Rh(I)BINAP	高砂香料工業、 名大野依
5 1-オクタノール、ジオール	官能基含有オレフィンのヒドロホル ミル化	Rh錯体	クラレ
6 シクロヘキサノール (60,000t/y, 1990)	ベンゼン部分水素化、 シクロヘキセン水和	Ru-Zn, ZSM5ゼオライト	旭化成工業
7 炭酸ジメチル (15,000t/y, 1993)	ナイトライド法炭酸ジメチル	Pd	宇部興産
8 酢酸 (13,000t/y, 1997)	固体ヘテロポリ酸によるエチレンの 酸化	Pd- H ₄ SiW ₁₂ O ₄₀	昭和電工、東大 奥原、御園生
9 メタクリル酸メチル (60,000t/y, 1999)	メタクロレインの酸化エステル化 (直メタ法)	Pd-Pb	旭化成

2000年～

製品	プロセス	触媒	会社
10 ジフェニルカーボネート (PC: 65,000t/y, 2002)	副生CO ₂ を原料とする非ホスゲン 法DPC (ポリカーボネート原料)	非公表	旭化成
11 ε-カプロラクタム (60,000t/y, 2003)	気相ベックマン転位	High silica MFI	住友化学
12 プロピレンオキシド (150,000t/y, 2003)	プロピレンオキシド単産製法	メソポーラス系 Ti触媒	住友化学
13 ジエタノールアミン (50,000t/y, 2003)	液体アンモニアとエチレンオキシド からのジエタノールアミン選択合成	ペンタシル型 ゼオライト	日本触媒
14 アダマンタンノール	N-ヒドロキシイミド触媒によるアダマ ンタンの酸素酸化	Co-NHPI	ダイセル、 関大石井
15 メタクリル酸メチル (100,000t/y, 2008)	メタクロレインの酸化エステル化 (直メタ法触媒転換)	Au-NiOx	旭化成
16 アクリロニトリル (200,000t/y, 2013)	プロパンのアンモ酸化	Mo系	旭化成
17 ヘキセン-1 (-, 2018)	エチレン三量化	Cr系	三菱ケミカル

出典：著者作成

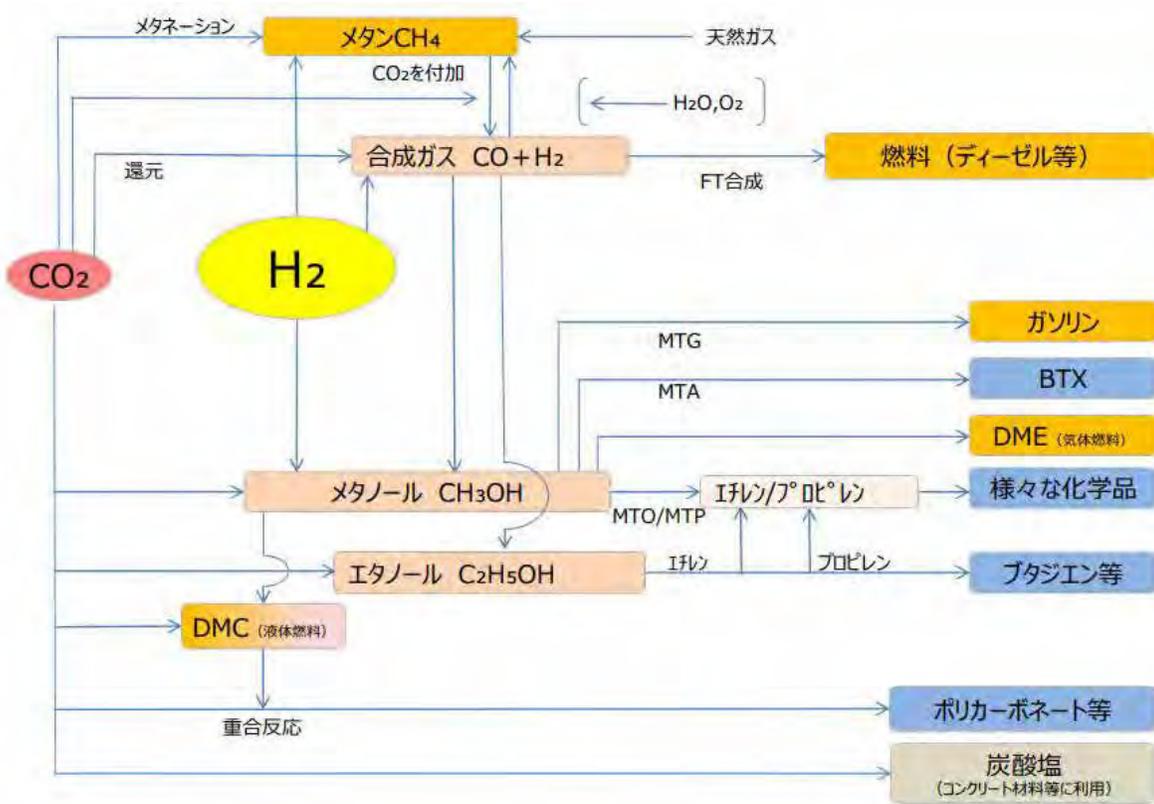
化学産業のカーボンニュートラルへの取組 (イメージ図)



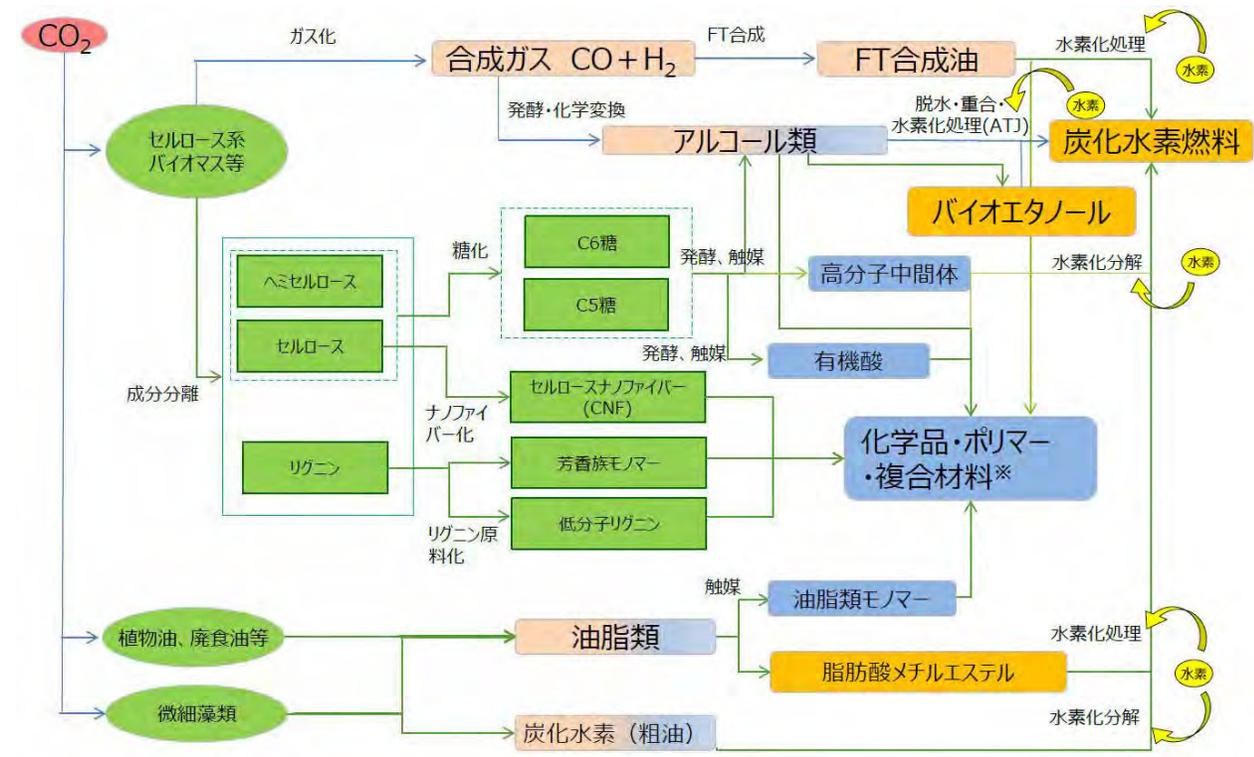
出典：日本化学工業協会

化石資源に依らないサステナビリティ社会では、原料を、CO₂およびバイオマス資源、廃棄物に頼ることが求められる

CO₂利用のフロー図（化学品、燃料、炭酸塩）



CO₂利用のフロー図（バイオ由来燃料・化学品）



※「化学品・ポリマー・複合材料」への工程においても還元反応や水素化分解等、水素を用いる場合もある。

出典：カーボンリサイクル技術ロードマップ改訂版（経産省）

カーボンニュートラルの実現に向けた プラスチック原料製造技術開発

【研究開発項目 1】

熱源のカーボンフリー化によるナフサ分解炉の高度化技術の開発

- 現行はナフサ分解炉から発生するオフガス(メタン等)が熱源。
- 本事業では、ナフサ分解炉の熱源を**カーボンフリーであるアンモニアに転換**する世界初の技術を開発する。【CO₂排出の7割程度削減を目指す】



約850℃でナフサ熱分解している炉の熱源をアンモニアに転換

【研究開発項目 2】

廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術の開発

- **廃プラ・廃ゴムからエチレン、プロピレン等のプラスチック原料を製造する技術**を確立。
- 収率60～80%で製造し、さらに製造時に排出するCO₂も従来の半分程度を目指す。【CO₂排出の半減程度削減を目指す】



廃プラ熱分解油
(プラスチック原料)

【研究開発項目 3】

CO₂からの機能性化学品製造技術の開発

- ポリカーボネートやポリウレタン等の機能性化学品は**水素を必要とせず**CO₂から合成が原理的に可能。
- **電気・光学・力学特性等の機能性向上**にも取り組む。【CO₂原料化を目指す】



高機能ポリカーボネート
(カメラレンズ)

【研究開発項目 4】

アルコール類からの化学品製造技術の開発 【グリーン水素とCO₂から製造】

- **メタノール等からエチレン、プロピレン等のオレフィン**を製造(MTO)する触媒収率を向上(80～90%)。
- 人工光合成については、**高い変換効率と優れた量産性が両立できる光触媒を開発**し、実用化を目指す。



MTO実証



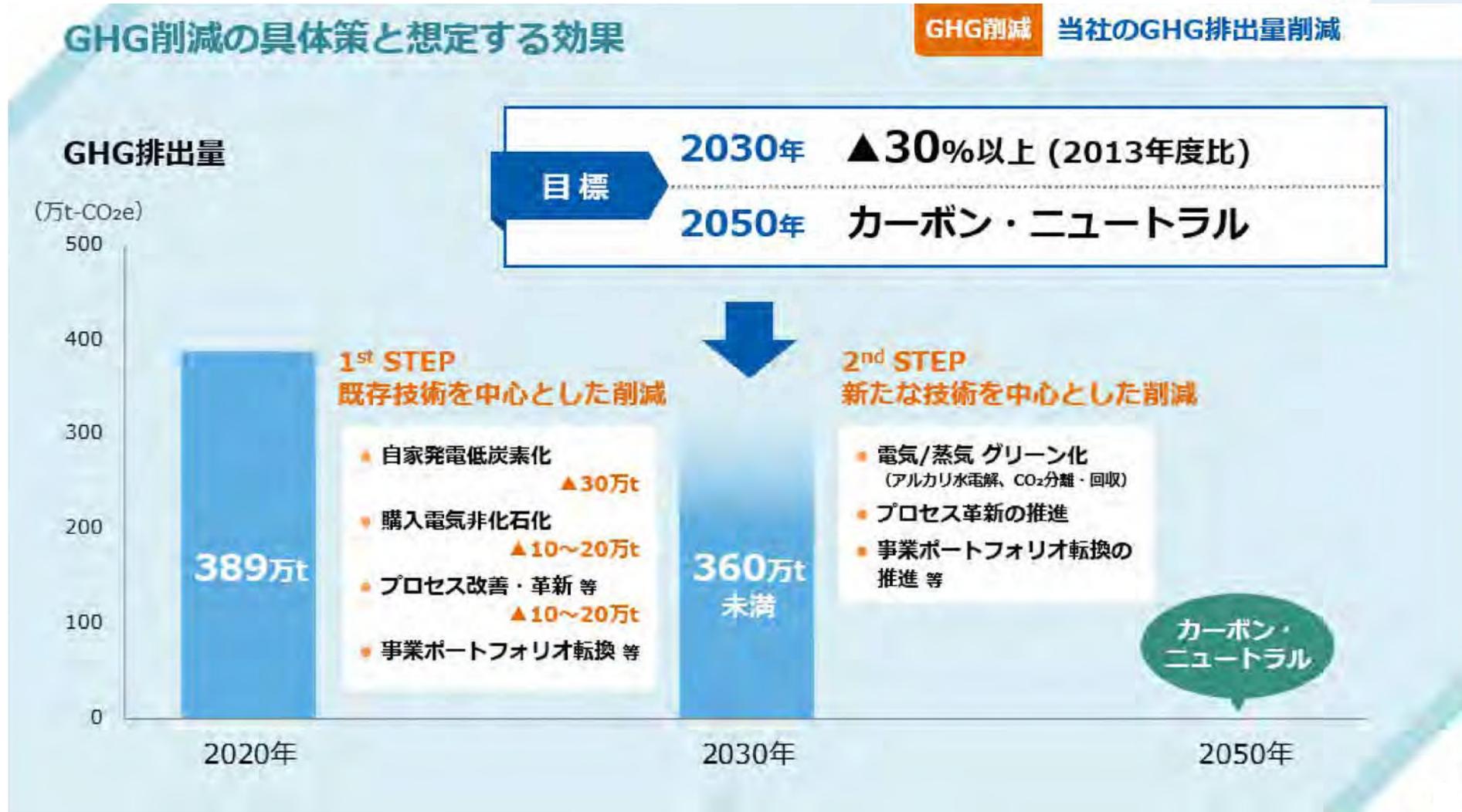
光触媒パネルの大規模実証

主要な化学企業のカーボンニュートラルに向けた戦略

GHG削減目標*1	三菱ケミカルグループ GHG排出量 (2019年対比) 	三井化学 GHG排出量 [万吨-CO ₂ e] 	住友化学 GHG排出量 [万吨-CO ₂ e] 	旭化成 GHG排出量 [万吨-CO ₂ e]
イノベーション事例*2	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 人工光合成の実用化による炭素資源多様化への挑戦 ➢ バイオプラスチックを活用した温室効果ガスの排出と吸収のバランスへの挑戦 ➢ ネットゼロ・カーボンエミッションに貢献するモビリティ実用化への取り組み 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 世界初のバイオポリプロピレン製造実証事業 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 効率的なエネルギー利用に向けて ～二次電池部材～ ➢ 促進輸送膜による高効率な二酸化炭素分離 ～CCUS技術への適用～ ➢ サークラーエコノミーの取組み① ～“ごみ”を原料にしてポリオレフィンを製造～ ➢ サークラーエコノミーの取組み② ～ケミカルリサイクル技術～ 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 低コストなグリーン水素普及を目指したアルカリ水電解システムの開発 ➢ CO2を活用したカーボネート、イソシアネート製造技術の開発 ➢ 殺菌用深紫外LEDによる省エネ及び脱水銀社会へのチャレンジ ➢ 高機能密閉ボックスを活用した低環境負荷輸送へのチャレンジ

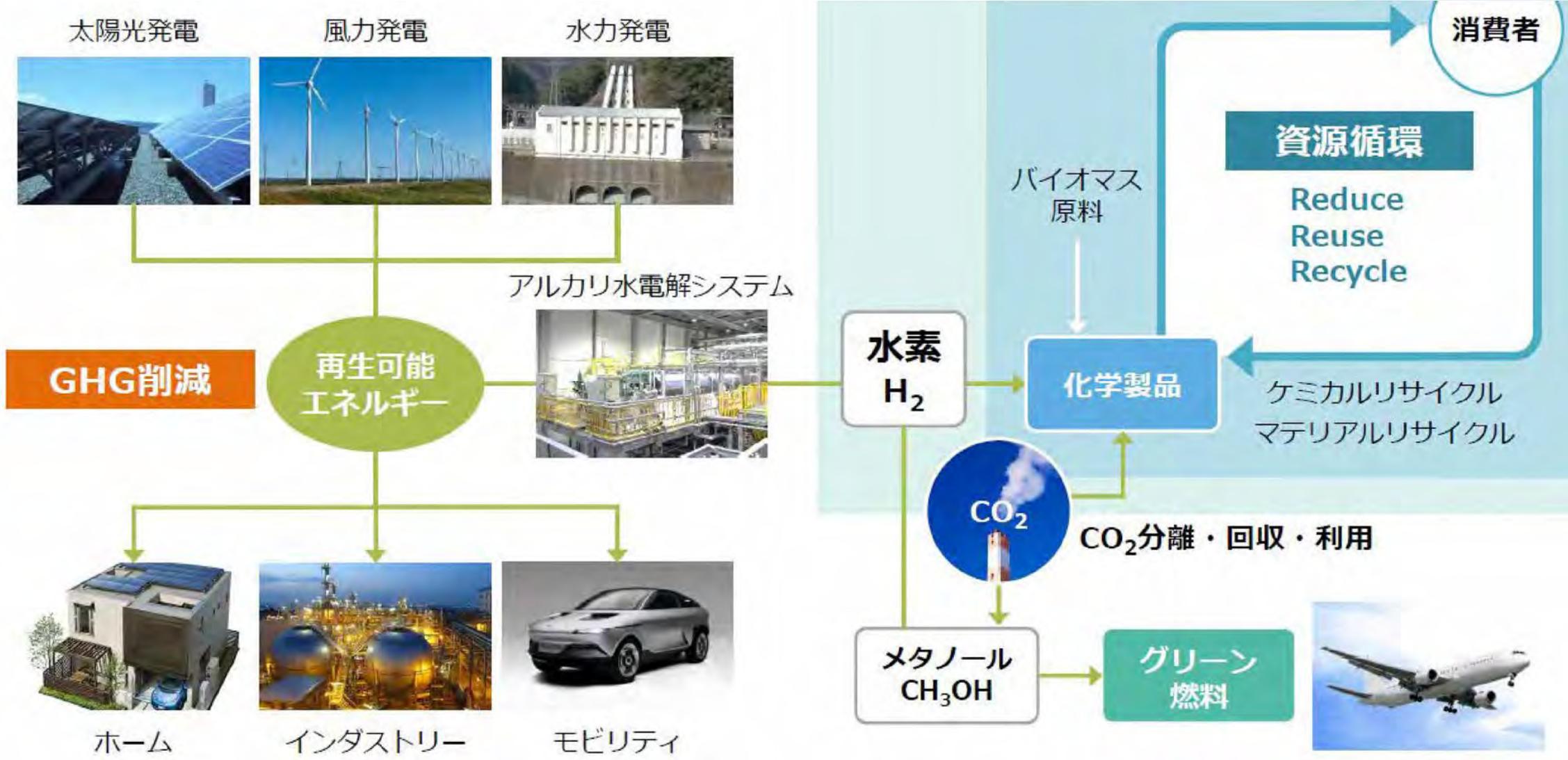
*1)各社HP、*2)経団連「チャレンジ・ゼロ」に登録されている事例

旭化成のカーボンニュートラルへの取り組み



旭化成は2020年時点、グローバルで約400万トンのGHGを排出している。
2030年には2013年対比30%以上のGHGを削減し、2050年にはカーボンニュートラルを実現することを目指す。

旭化成の考える「カーボンニュートラルでサステナブルな世界」



化学・プロセス研究所のご紹介

組織

- 研究・開発本部 化学・プロセス研究所
- 環境ソリューション事業本部 技術開発総部
計7部場, 11グループ
活動拠点：水島、川崎、日比谷

ミッション

化学技術をベースにCN社会の実現に向けた**炭素・水素循環技術**、**高機能性マテリアル**および**触媒高度化**の研究開発を推進・強化し、新事業創出と事業拡大に貢献する。

コア技術

触媒、化学プロセス、無機合成、精密有機合成・分子設計、バイオ化学、電気化学

研究開発領域およびテーマ群

1. **炭素・水素循環技術**：
次世代電解、CO₂分離回収、CO₂ケミストリー、
バイオマス・資源循環
2. **高機能性マテリアル**：機能性ポリマー
3. **触媒高度化**：化学品製造用触媒



水島コンビナート



研究所本館



有機合成実験棟



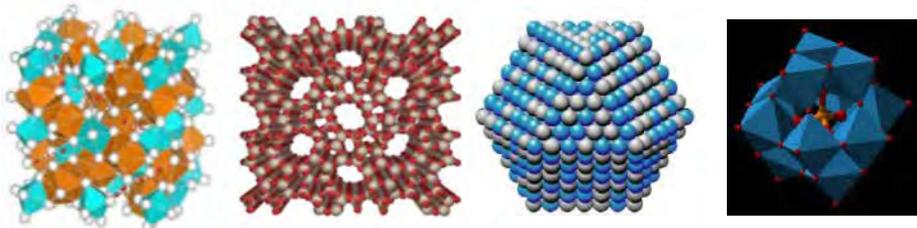
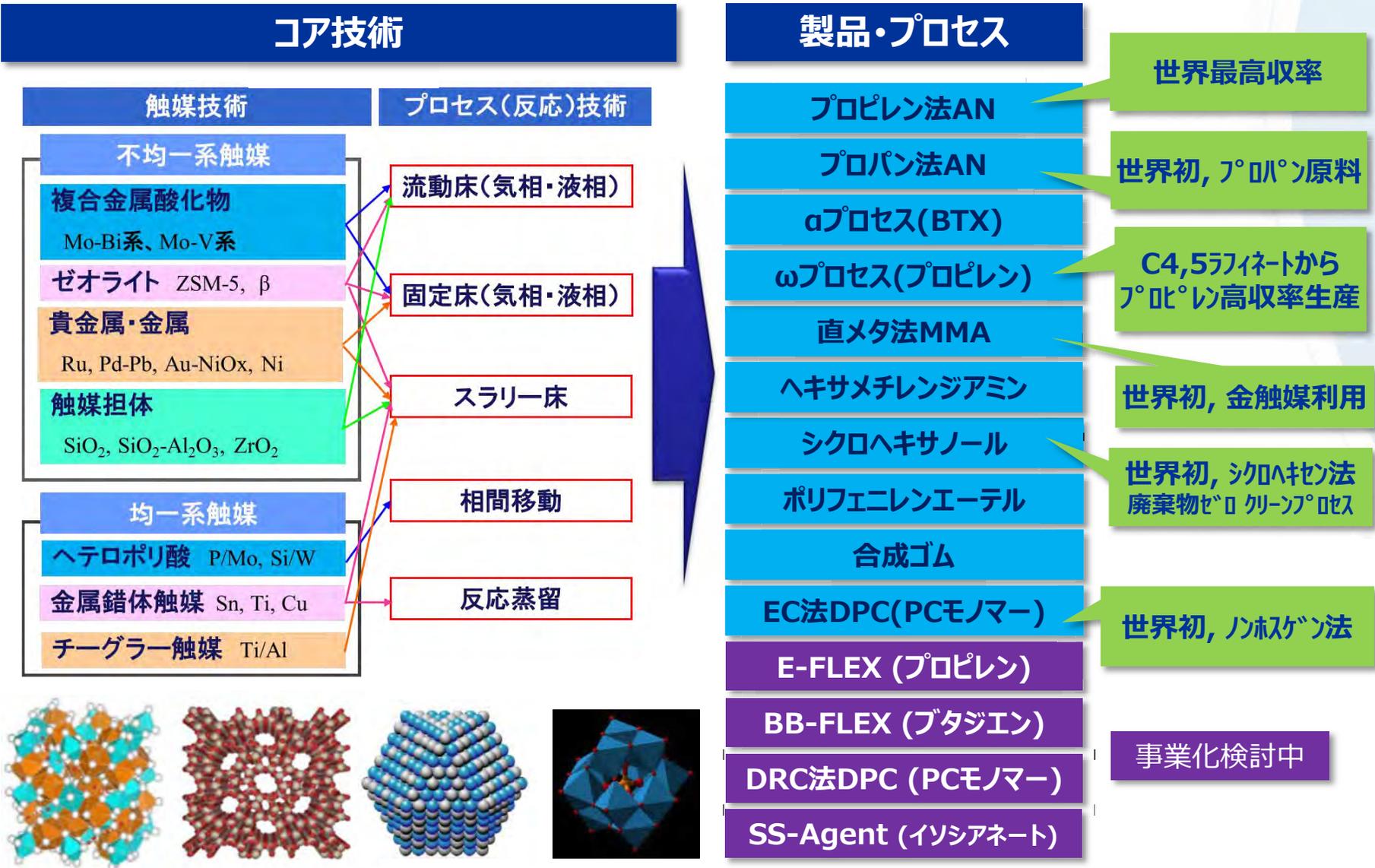
パイロット設備



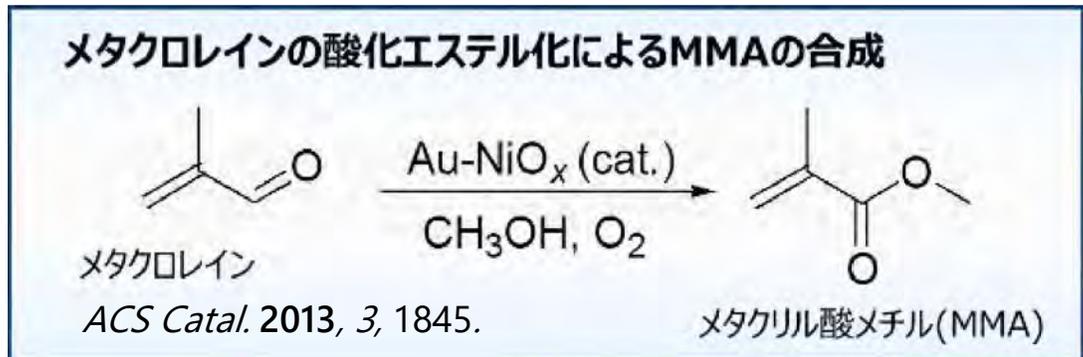
高圧実験室

所在地：旭化成株式会社水島製造所 岡山県倉敷市児島 水島コンビナート内（C地区）

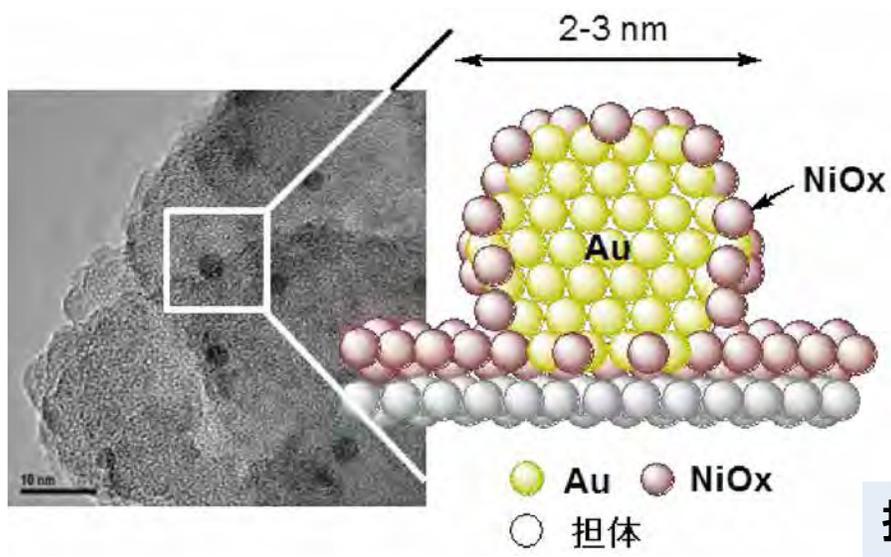
石油化学で培った旭化成の触媒・プロセス技術



世界初、金ナノ粒子を触媒成分として用いた化学品製造プロセスの実用化 コアシェル型金-酸化ニッケルナノ粒子触媒 (直メタ法MMA)



メタクリル酸メチル(MMA)モノマー：
透明性・耐候性に優れたアクリル樹脂などの原料
アクリル樹脂(PMMA) の用途

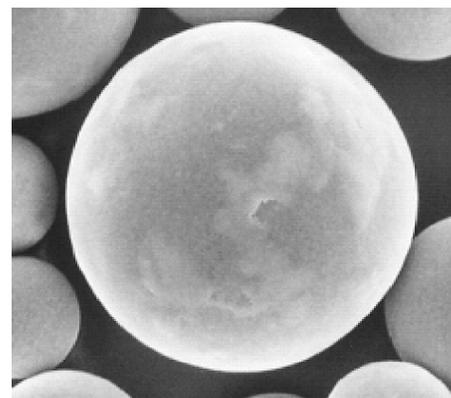


Au-NiOx触媒のTEM像とナノ粒子断面イメージ図

優れた性能を有する**コアシェル型金-酸化ニッケルナノ粒子触媒**を見出し、直メタ法MMA製造プラント(10万t/y)にて、実用化に成功@2008年

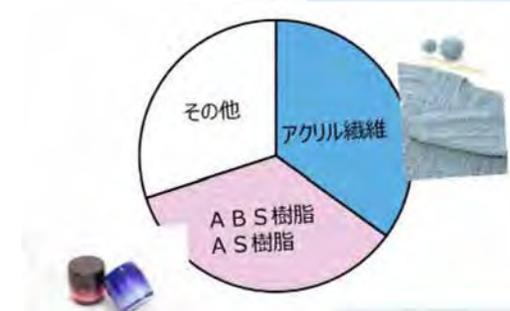
技術の特徴：本触媒は、**金を核とし、その表面が数原子層の高酸化型酸化ニッケルで被覆された球状のナノ粒子が、担体上に固定化**されている。コアシェル構造と特異な化学状態を有するナノ粒子の創製によって、優れた触媒機能を生み出すことに成功。

天然ガスを原料とするプロパン法アクリロニトリル(AN)



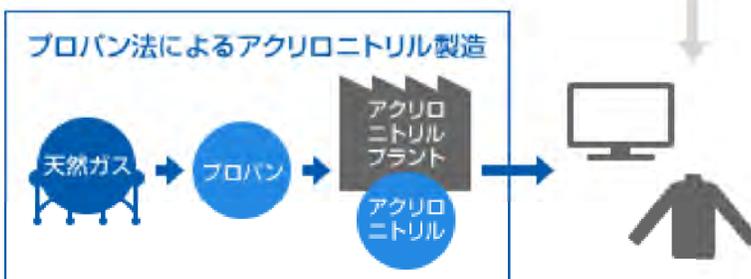
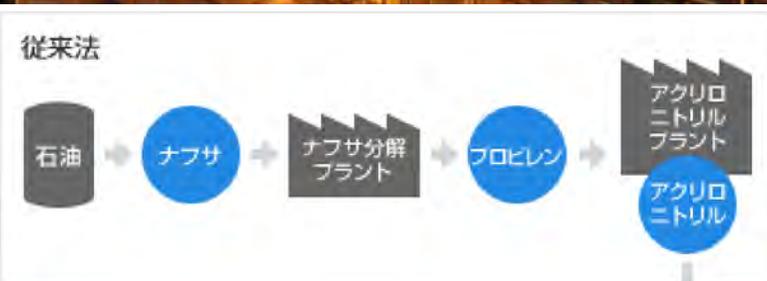
プロパン法AN触媒

アクリロニトリル(AN)の用途



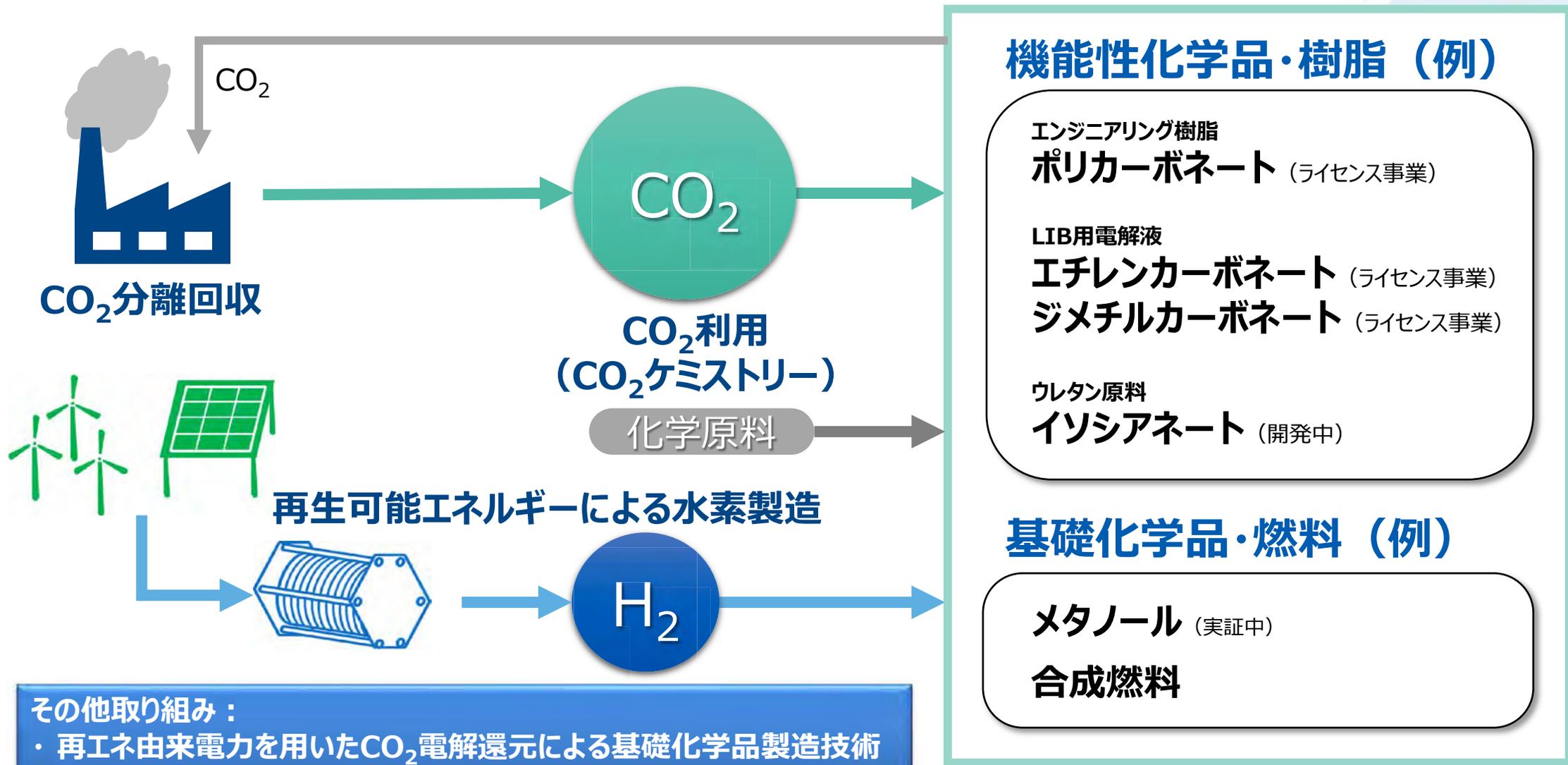
人々の「いのち」と「暮らし」に貢献するその他用途

用途	成長分野 23-30年成長率予想	SDGsターゲット
アクリロアמיד	水処理。環境規制対応。 5.9%↑	6 安全な水と衛生 14 海洋資源 15 陸域生態系
炭素繊維	洋上風力発電。 6.5%↑	7 再生可能エネルギー 9 産業と革新 13 気候変動
NBラテックス	医療用手袋。 8.7%↑	3 持続可能な健康と福祉



世界初のプロパン法AN商業触媒技術 (2012年タイ工場稼働)
洗練された高性能のMo系流動床触媒技術
ナフサクラッカーに依存しないプロパンからのAN合成技術

CN社会の実現に向けた炭素・水素循環技術の開発



- その他取り組み :
- ・ 再エネ由来電力を用いたCO₂電解還元による基礎化学品製造技術
 - ・ バイオエタノールを原料に用いた基礎化学品製造技術
 - ・ バイオ化学品製造技術 ・ 廃プラケミカルリサイクル技術

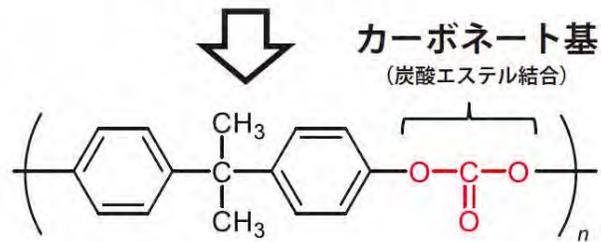
CO₂を原料にした機能性化学品製造技術

- ✓ 旭化成は、**CO₂を原料に使用するポリカーボネート（PC）樹脂製造プロセスを世界で初めて確立**（ライセンスビジネス展開中）
- ✓ 2002年に第1期プラントの商用運転開始、現在10プラント稼働中
- ✓ 旭化成プロセスは2020年時点で世界の製造能力の約17%（約89万トン）に拡大



旭化成PC製造プロセスの第1期プラント
(2002年に商業運転)

PCの化学式



PC樹脂の主な用途

- スマートフォンや家電の筐体
- 車載用ヘッドランプカバー
- 航空機や新幹線の窓
- DVDやBDの基板



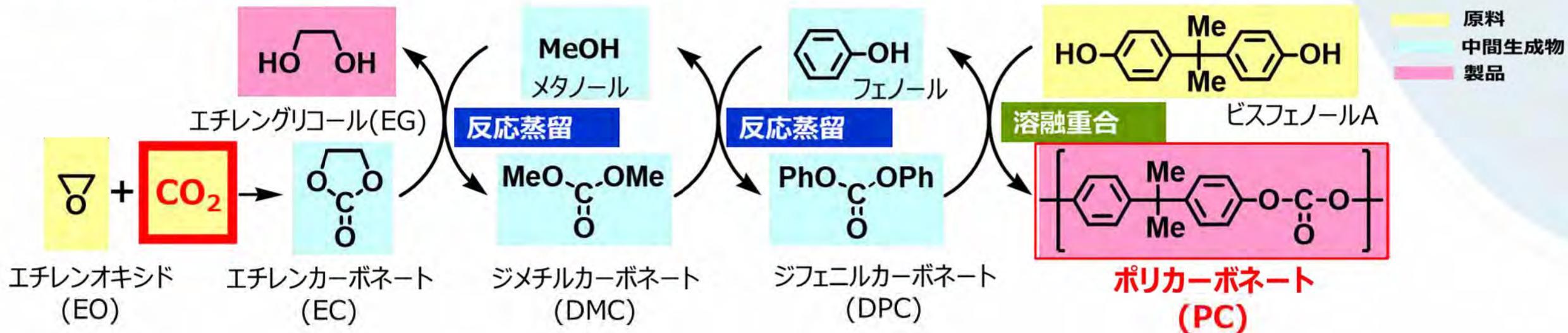
PC生産能力：520万トン@2020

旭化成のCO₂原料PC製造プロセスの特徴と価値

社会実装を可能にしたポイント

- ✓ 旭化成が保有する**触媒技術**および**プロセス技術**（反応蒸留法、新コンセプトの溶融重合法）により、高選択性と省エネルギープロセスを開発した
- ✓ **有毒な化合物（ホスゲン）**を用いる**従来法**から、**CO₂を原料に代替し**、省資源・省エネルギーで、要処理排水の少ない、高純度・高品質なポリカーボネート製造方法を実現した

反応スキーム



LiB用電解液原料製造技術への展開

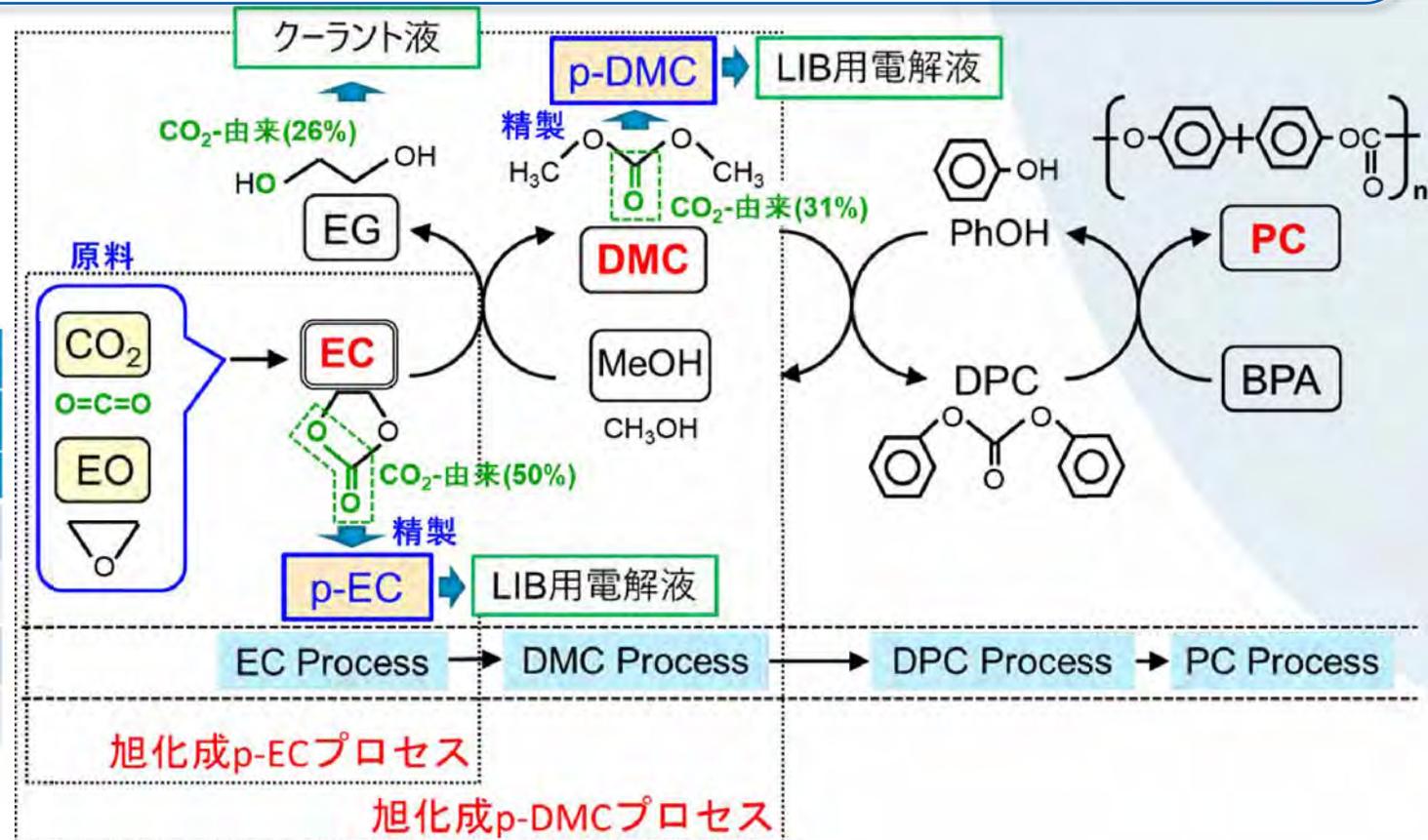
- ✓ CO₂を原料に、**LiB用電解液原料のEC/DMCの生産プロセス**の技術ライセンスを開始
- ✓ 副生成物のEGもCO₂由来としてEV用クーラントで検討中
- ✓ 本製法のDMCは**従来製法に比べカーボンフットプリントが50%**であり、7万トンの生産で14万トンのCO₂が削減できる

LiB電解液原料市場でのCO₂削減

- 2033年カーボネート系需要：120万トン
- もし全量、旭化成法であれば、60万トンのCO₂が固定化できる

Process Name	Production Capacity			Net Consumption	
	p-EC [kTa]	p-DMC [kTa]	MEG [kTa]	EO [kTa]	CO ₂ [kTa] (*)
p-EC38	38	—	—	19	19 (50%)
p-EC70	70	—	—	36	36 (51%)
p-DMC38	—	38	25	19	19 (50%)
p-DMC70	—	70	46	35	35 (50%)

*) [CO₂ net consumption] / [production capacity] (%)



新CO₂原料PC製造プロセスの実証

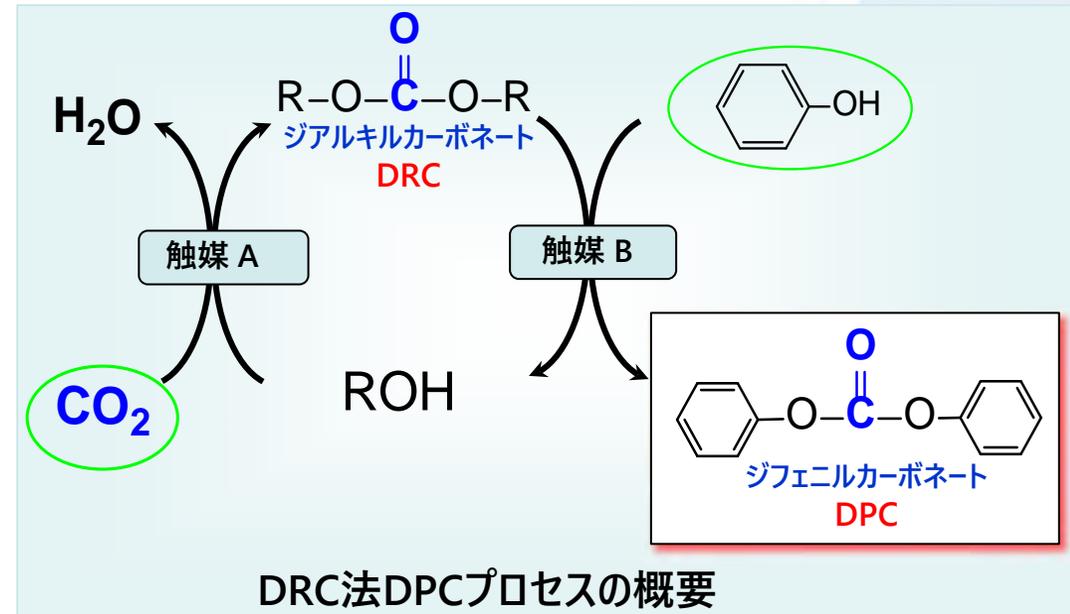


生産能力：DPC 1,000 トン／年

旭化成水島製造所
(岡山県倉敷市)



NEDOプロジェクト（平成26年度～28年度）
戦略的省エネルギー技術革新プログラム事業/
二酸化炭素を原料とする化学品製造プロセスの開発

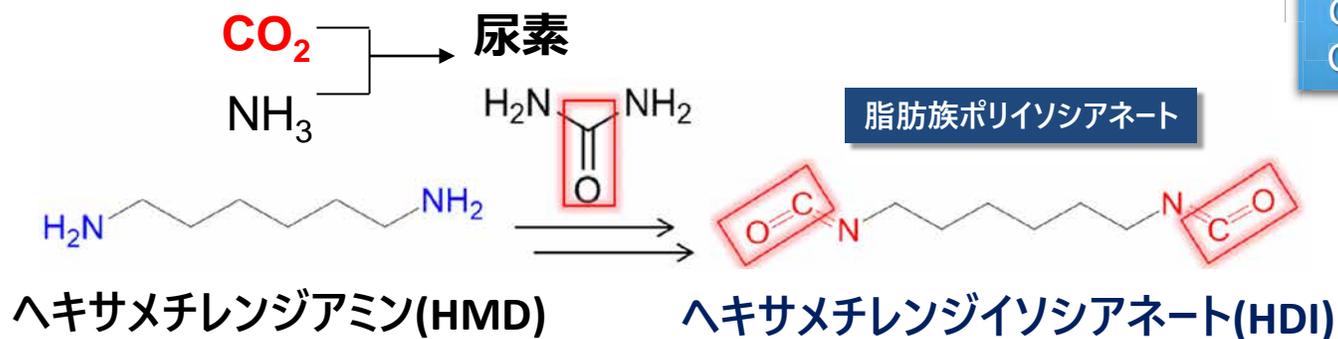


- ✓ 本新製法では、特定の触媒を用いて**CO₂とアルコール**から**直接製造したジアルキルカーボネート(DRC)**を用いて**PC原料のDPCを製造**する
- ✓ 連続運転時間は1,000時間以上に達し、工業プロセスとしての運転安定性と、その操作性を確認
- ✓ 省エネ、CO₂排出量削減プロセスを実現

CO₂原料イソシアネートの製造プロセス技術（開発中）

- ✓ CO₂から誘導される尿素的原料化に成功した、**世界初のサステナブルなポリウレタン原料**（イソシアネート）製造方法を開発
- ✓ 本製造技術を**多官能イソシアネート**にも展開。透明性、低粘度、高外観、**低温硬化性**（80℃）などの特徴を有し、**自動車塗装工程の消費エネ由来のCO₂削減**も期待される

ヘキサメチレンジイソシアネート（HDI）



LCAベースCO₂削減量

CO₂利用量：0.73t-CO₂/t-HDI
CO₂収支（CO₂排出量-CO₂利用量）

既存ホスゲン法
に対して
20%削減



ポリウレタン用途

- ・フォーム、クッション
- ・断熱フォーム
- ・エラストマー
- ・塗料、接着剤
- ・繊維

イソシアネート生産量
952万トン@2018年

脂肪酸 HDI：24万トン
IPDI：5万トン
芳香族 MDI：705万トン
TDI：218万トン

多官能イソシアネートの展開

多官能イソシアネート
R- (NCO)_n
開発品

- ・透明性
- ・超低粘度
- ・非揮発性
- ・低温硬化性
- ・高外観

自動車塗装での
CO₂削減例

塗装工程数削減と焼付低温化により、
省エネ・CO₂削減が期待される

旭化成における水素の取り組み：アルカリ水電解システム開発

- ✓ **再エネ変動**に対応した**世界最大規模の水電解システム**を2019年11月に立ち上げた
- ✓ 今後、2022年度末まで各種実証試験を実施し、運用コストや耐久性を検証していく

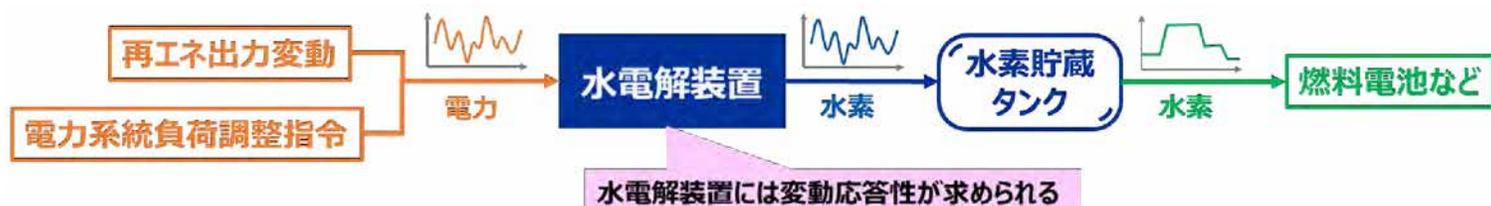
FHER
FUKUSHIMA
HYDROGEN
ENERGY
RESEARCH
FIELD

福島水素エネルギー研究フィールド



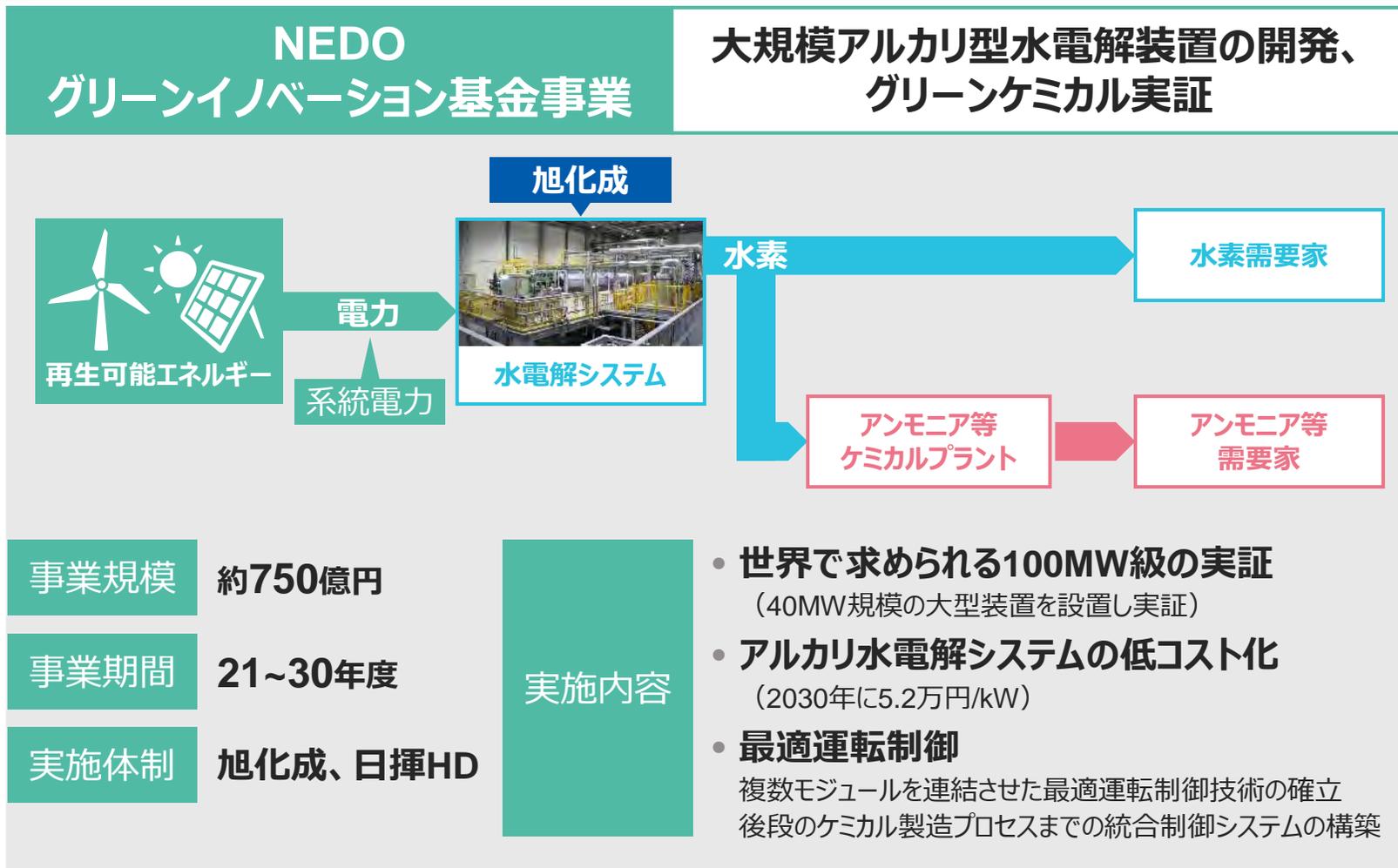
本装置の性能

水素製造量	300～2000 Nm ³ /h (≒トヨタMIRAI 30台/時間)
消費電力	12MW以下 @ 2000Nm ³ /h
供給水素圧力	8気圧以上
供給水素純度	99.97%以上 (ISO14687-2 Grade)



大規模アルカリ型水電解装置の開発・実証

✓ **NEDOグリーンイノベーション基金事業**での実証を活用して水素事業基盤の構築を加速し立ち上がる世界各地のプロジェクトへの参画を通じた早期事業化を図る



実証プロジェクトを活用しながら事業基盤を構築、25年度事業化

水素事業のキープレーヤーとして、サプライチェーン体制構築を牽引

マテリアル領域の将来の成長牽引事業として積極的な投資を検討

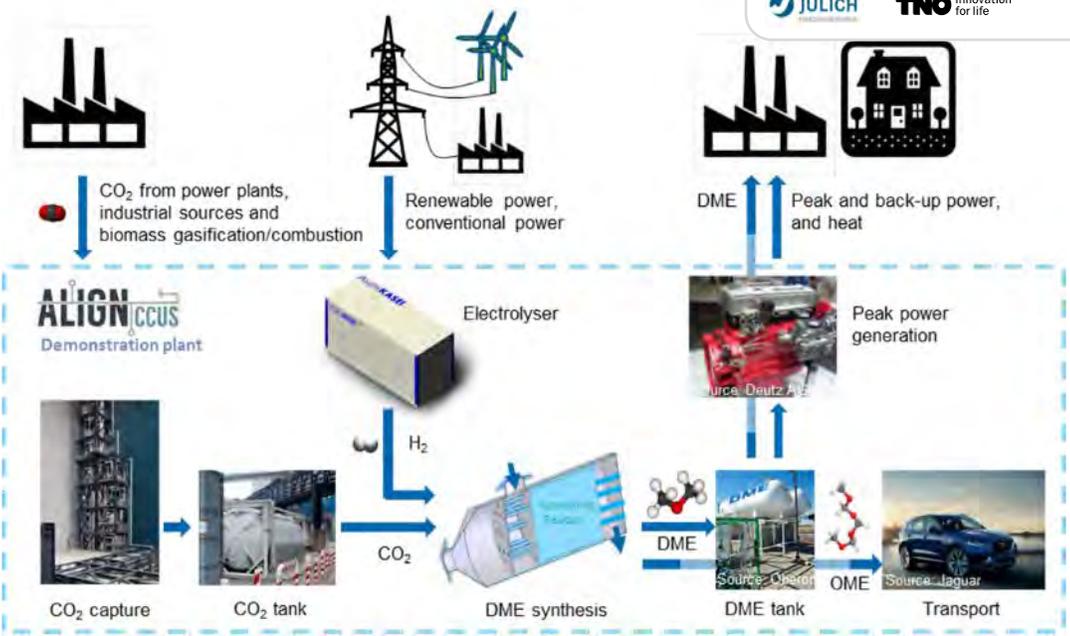
NEDO「グリーンイノベーション基金事業／再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造／水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X大規模実証／大規模アルカリ水電解水素製造システムの開発およびグリーンケミカルプラントの実証」

欧州におけるCCUプロジェクトへの参画

- ✓ 再生可能エネルギー利用が進む**欧州のEUプロジェクトに参画**し、開発を加速してきた
- ✓ プロジェクトにおける実証により、事業化に向けた課題を明確化

ALIGN CCUS プロジェクト

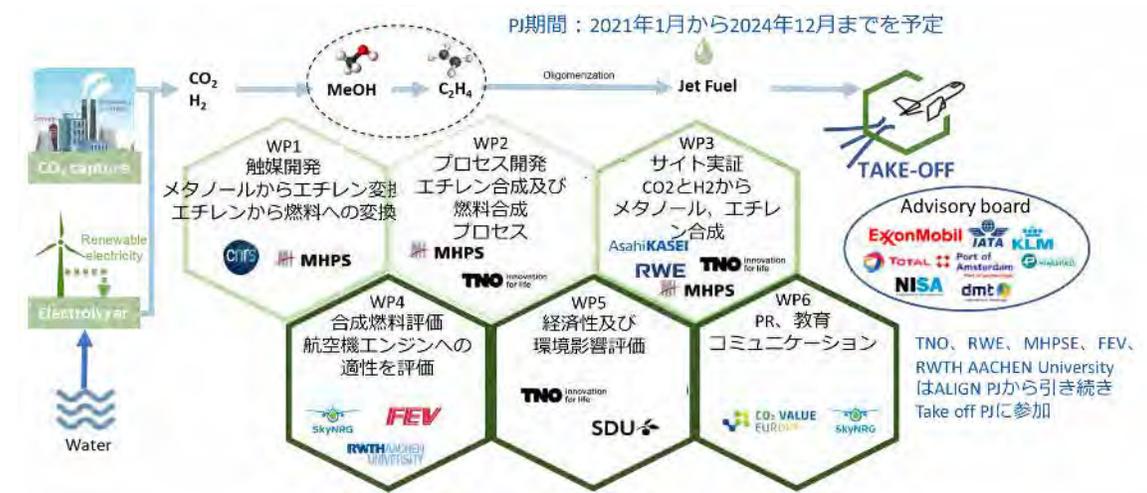
- ✓ CCSの社会実装検討、CO₂とH₂からの合成燃料（DME）合成、経済性検討（CCU）を目的とする
- ✓ 旭化成ヨーロッパは水電解システムを提供



出典：ALIGN-CCS

Take off プロジェクト

- ✓ CO₂、H₂から航空燃料の製造（実証）を目的とする



- ✓ ALIGN CCUS PJで設置した電解設備をそのまま、同じ場所（RWEサイト）で再利用して水素製造に使用する
- ✓ 水素はCO₂からのメタノール合成に利用されるが、PJの最終目的はCO₂とH₂からの航空機燃料合成プロセスを開発する

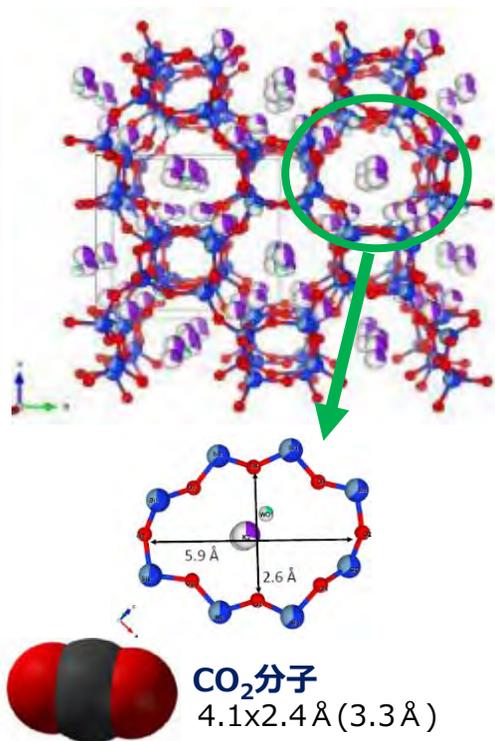
ゼオライト系CO₂分離回収システム（開発中）

- ✓ CO₂/N₂およびCO₂/CH₄の混合ガスからCO₂を高選択吸着する**K-GIS型ゼオライト**を開発。CO₂吸脱着消費エネルギーは**現行アミン法の約1/2**、回収コストダウンが期待される
- ✓ 高純度CO₂精製やCO₂除去をターゲットに分離回収システムを開発中

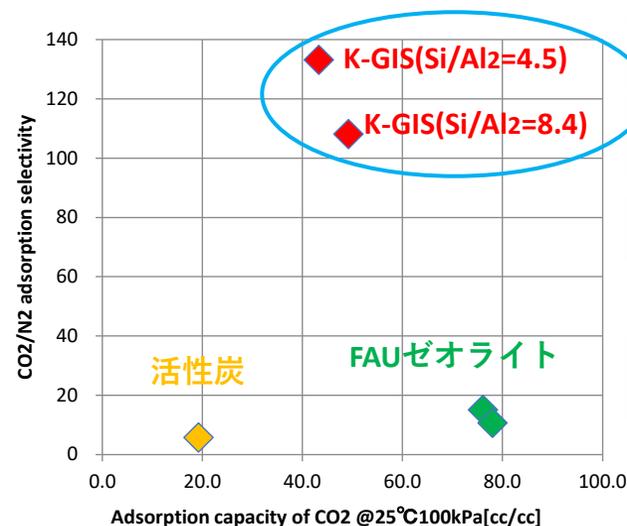
K-GIS型ゼオライト



固定床VSA用
ゼオライト成型体

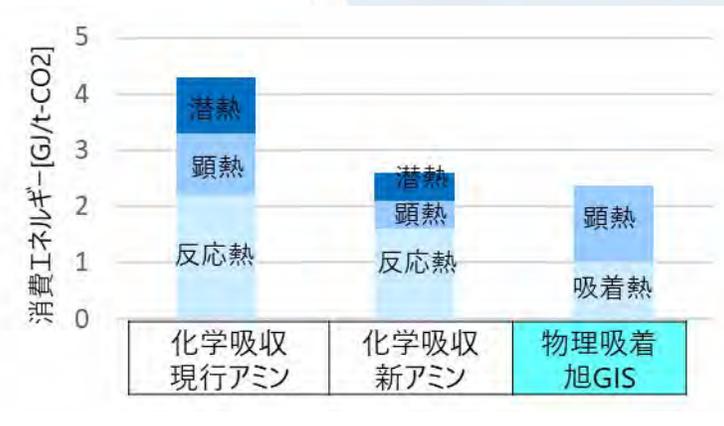


CO₂/N₂吸着選択性と吸着容量



K-GIS型ゼオライトは、既存吸着剤と比較して、CO₂を高選択吸着する

消費エネルギーの比較

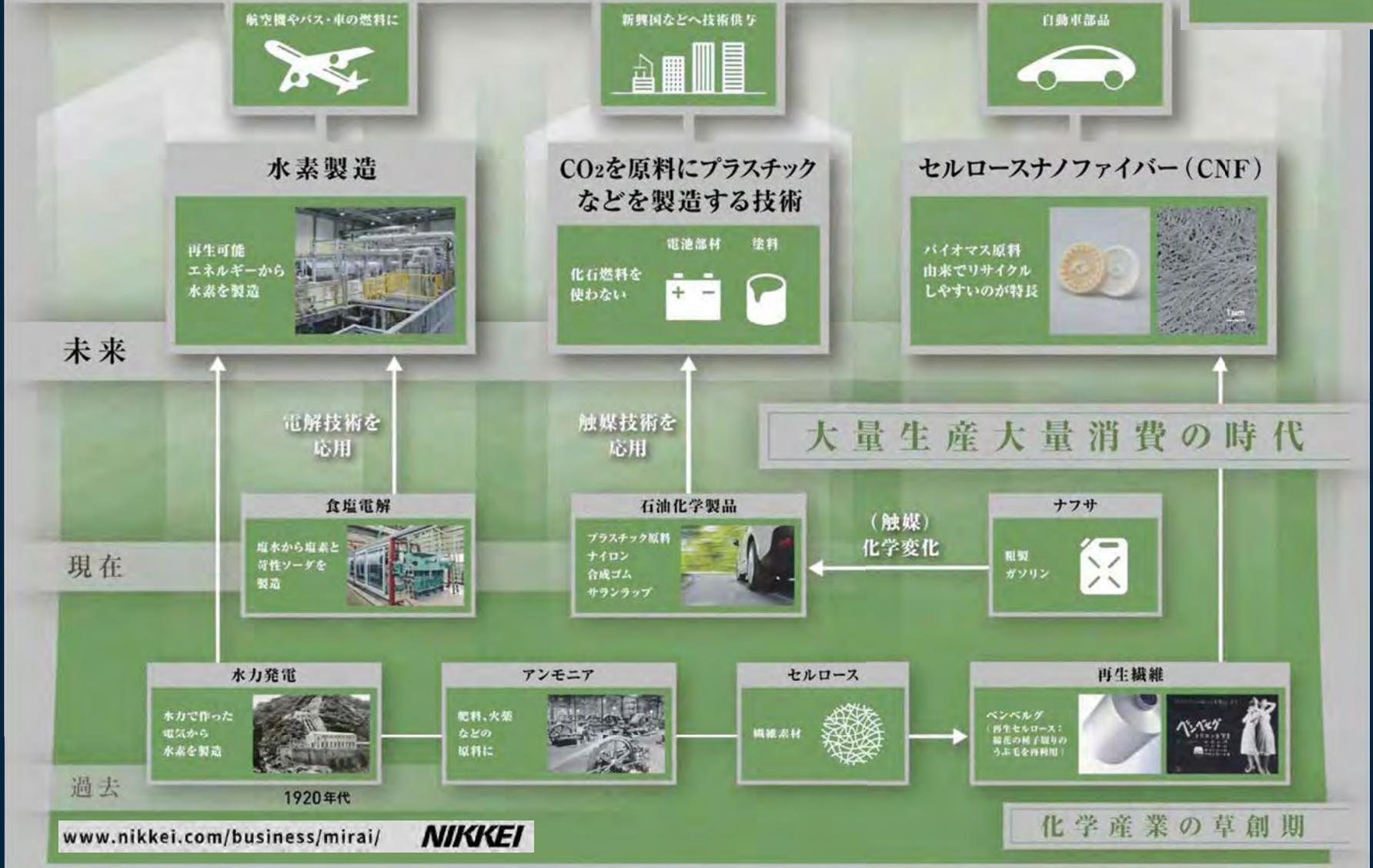


CO₂吸脱着消費エネルギーは現行アミン法より低く、省エネ化、回収コストダウンが期待される

カーボンニュートラル/サーキュラーエコノミーの実現へ

イノベーション未来面

旭化成



AsahiKASEI

昨日まで世界になかったものを。

私たち旭化成グループの使命。

それは、いつの時代でも世界の人びとが“いのち”を育み、

より豊かな“暮らし”を実現できるよう、最善を尽くすこと。

創業以来変わらぬ人類貢献への想いを胸に、

次の時代へ大胆に応えていくために一。

私たちは、“昨日まで世界になかったものを”創造し続けます。

