

カーボンリサイクル関連プロジェクト (化学品分野) の研究開発・社会実装の方向性

2021年9月13日

製造産業局

前回WGの委員ご指摘等を受けた対応

- 7月15日の第4回エネルギー構造転換分野ワーキンググループにおける以下のような委員からのご指摘や、化学分野の有識者（アイシーラボ 室井代表）等からのご意見を踏まえ、**研究開発・社会実証計画（案）を修正し、同計画案に基づく予算規模を追記。**

前回WGにおける委員からの主なご指摘事項

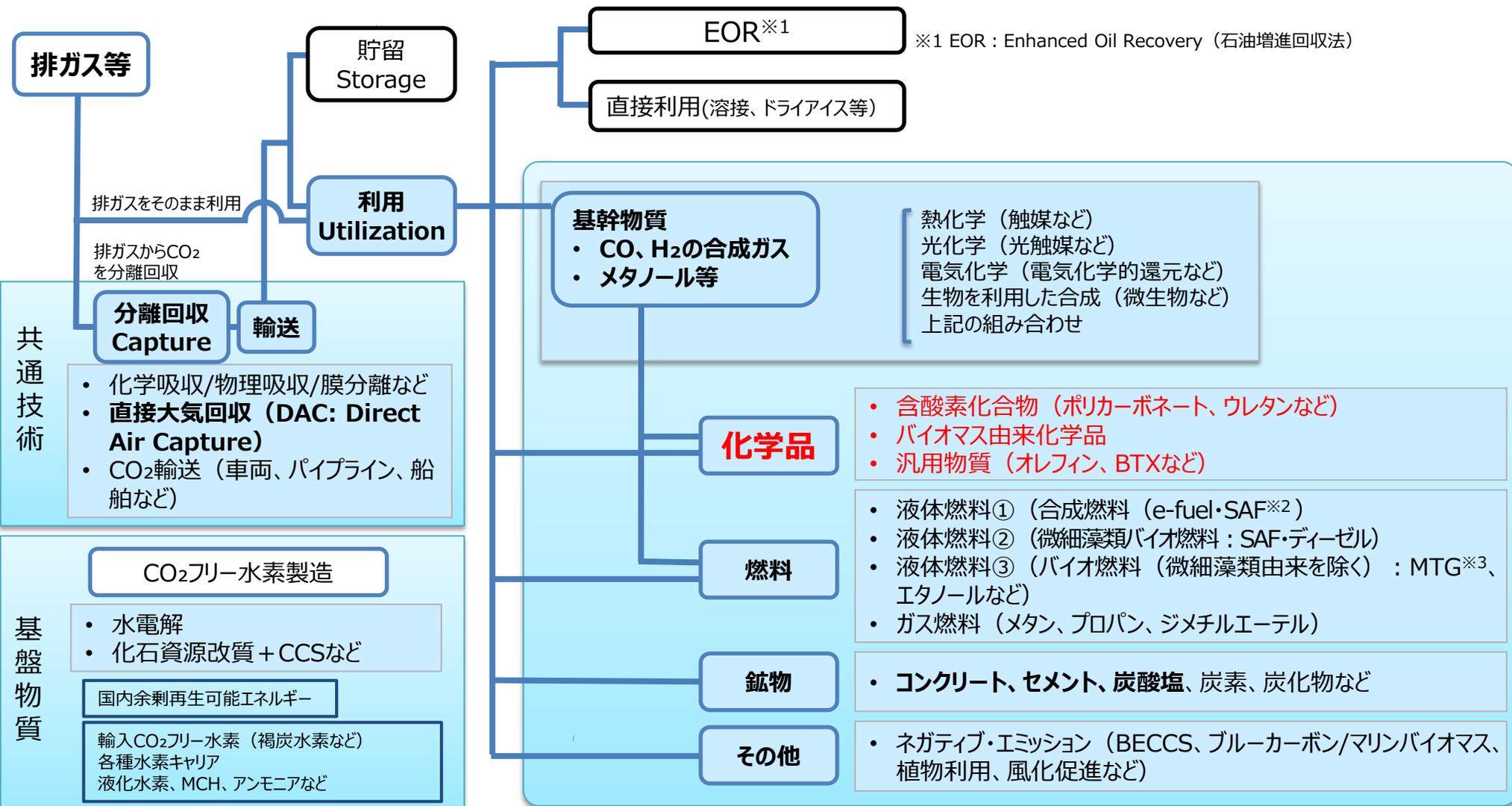
- ナフサ分解炉の高度化によって、日本化学メーカーは基礎化学品における国際競争力を維持できるのか。（高島委員） 熱源転換、原料循環、原料転換のバランスはどのように考えているのか。（西口委員）
- カーボンニュートラル化に向けた取り組みは老朽化したコンビナート更新のチャンスでもあり、石油化学業界のリニューアルの方向性について検討してほしい。（平野座長）
- p.23の図は吸熱・発熱反応等の熱収支を考慮すべき。化学反応として進みにくいものも含まれているので、精査すべき。（関根委員）
- 廃プラ・廃ゴムのケミカルリサイクルについては、回収・分別等の仕組みを含めて、CO₂排出量等のLCA評価が重要。（林委員、関根委員、田村オブザーバ、林田オブザーバ）
- 熱源転換、原料循環、原料転換によってカーボンニュートラルになったCRプラスチック製品の市場導入に向けて、インセンティブの仕組みが必要。（高島委員、馬田委員、伊井委員）
- 人工光合成は技術ハードルが高いが、日本が強みを有する技術であり、中長期的な視野に立って取り組みを実施して欲しい。（佐々木委員、田村オブザーバ）
- スタートアップ企業に対する株式上場等の仕組みが必要ではないか。（馬田委員）

目次

- カーボンリサイクル（化学品分野）の開発意義
- 研究開発項目 1：ナフサ分解炉の高度化技術の開発
- 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
- 研究開発項目 3：CO₂からの機能性化学品製造技術の開発
- 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
- 研究開発スケジュールと社会実装ロジックモデル

カーボンニュートラルの鍵となるカーボンリサイクルとは

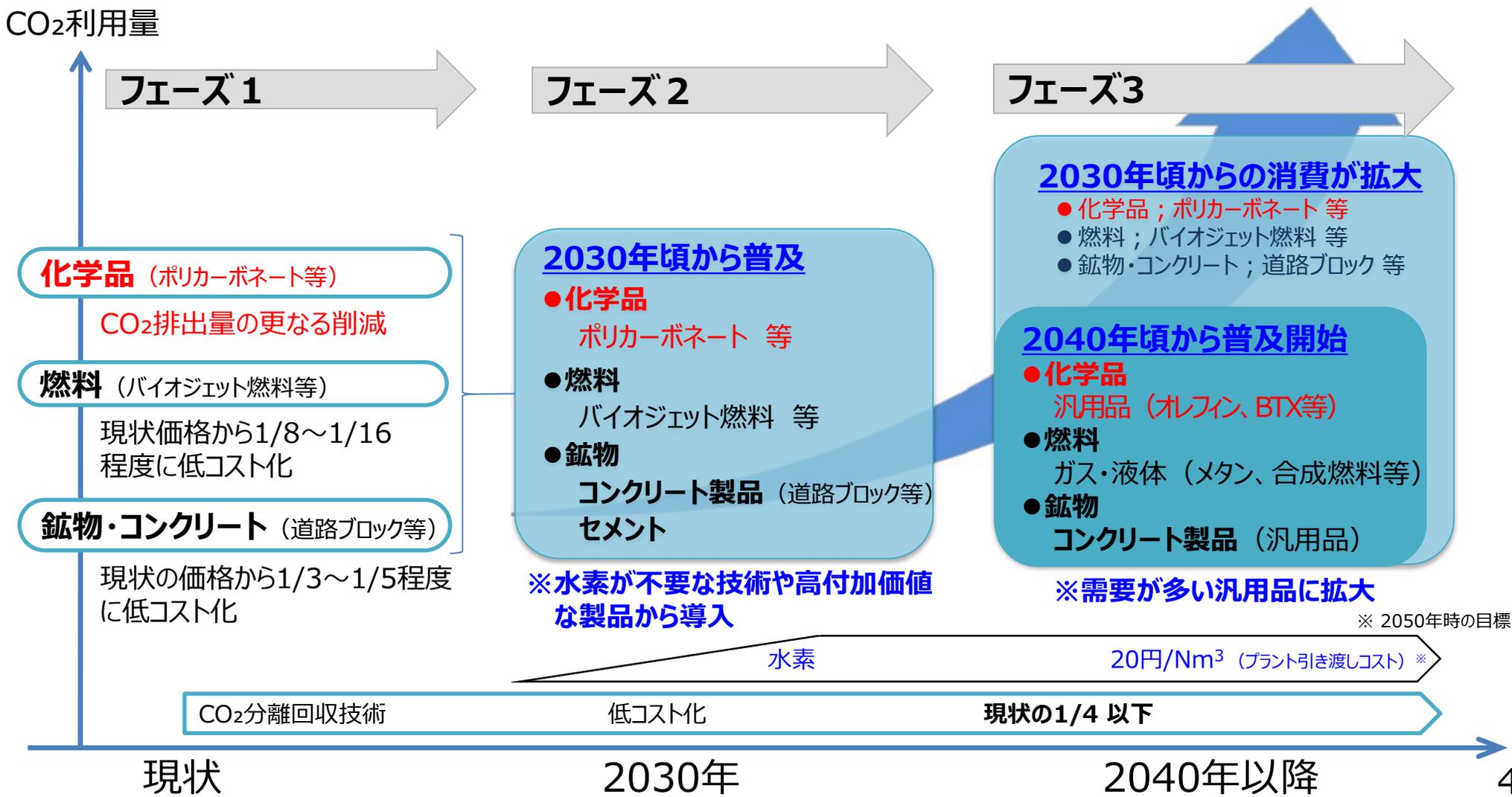
- **カーボンリサイクル** : CO₂を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化によりコンクリート等、人工光合成等により化学品、メタネーション等により燃料へ再利用し、大気中へのCO₂排出を抑制。



※2 SAF:Sustainable aviation fuel
 ※3 MTG:Methanol to Gasoline

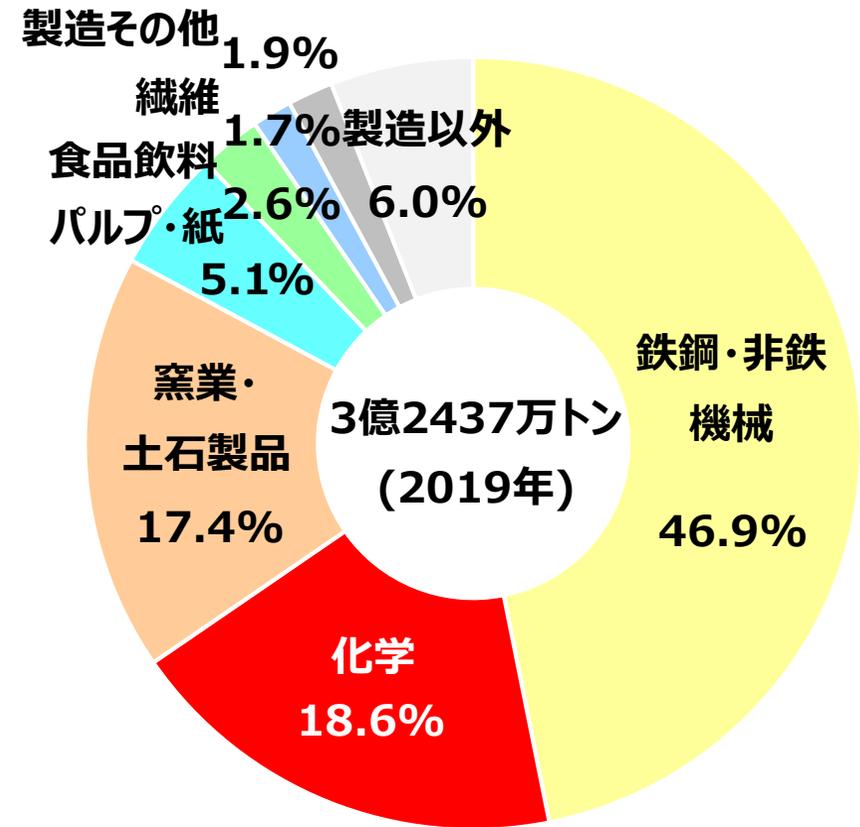
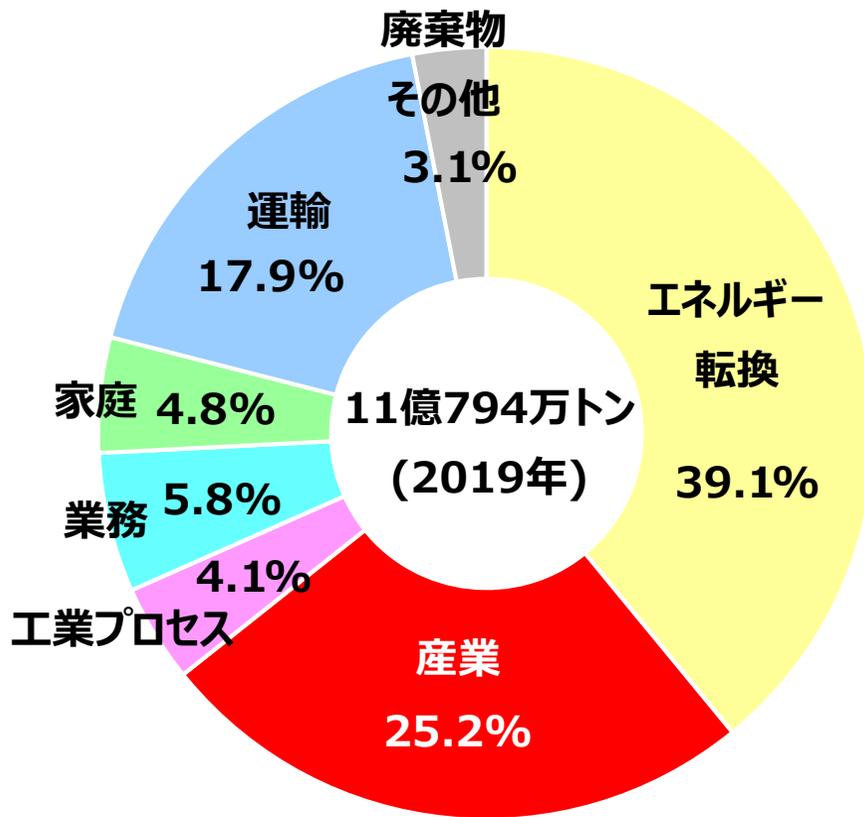
カーボンリサイクルを拡大していく絵姿（カーボンリサイクル技術ロードマップ）

- 菅総理は**所信表明演説**（2020年10月）において、「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち**2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す**ことを、ここに宣言。＜中略＞**鍵となるのは、次世代型太陽電池、カーボンリサイクルをはじめとした、革新的なイノベーション**です。実用化を見据えた研究開発を加速度的に促進。」旨表明。



部門別・産業別CO₂排出量

- 日本の部門別CO₂排出量の内、**産業部門・工業プロセス**が占める割合は全体の**29.3%**。
- この内、**化学**は**18.6%**の年間**6018万トン**を排出しており、2050年のカーボンニュートラル化に向けて抜本的な対策が必要。



※直接排出

プラスチック原料の現状

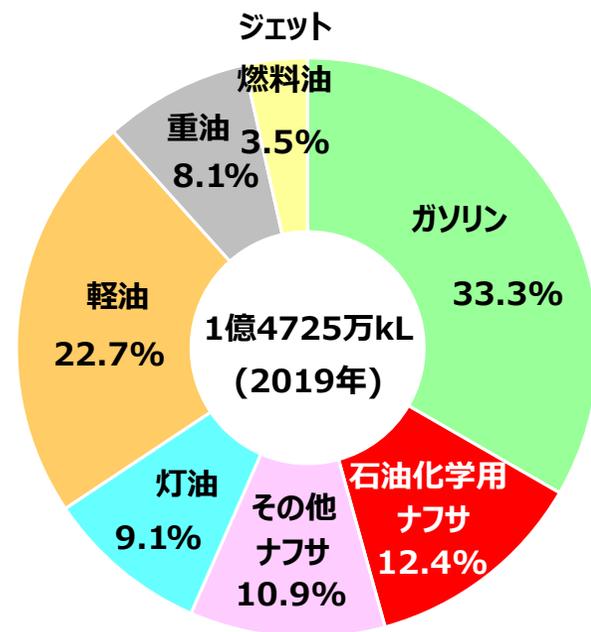
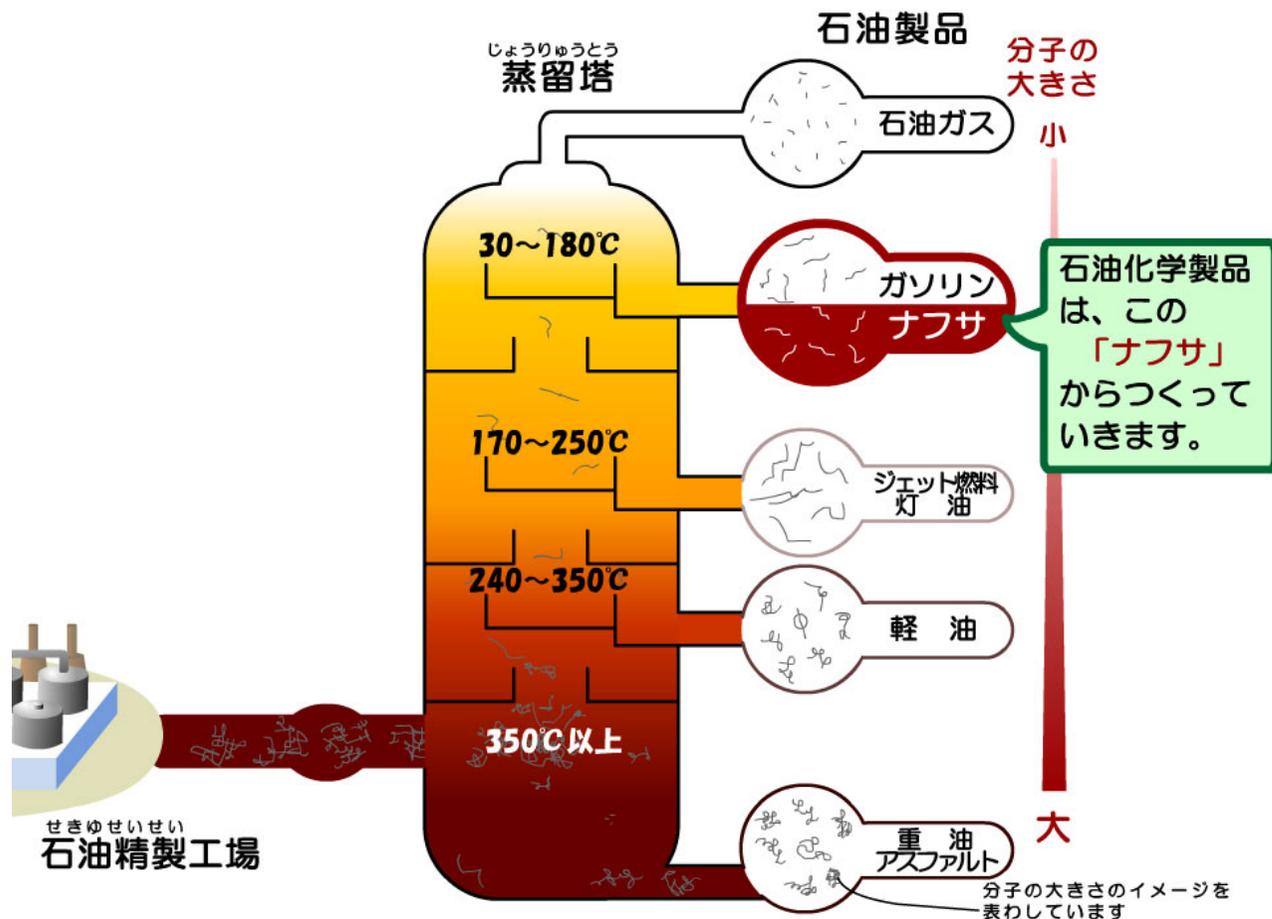
石油精製

ナフサ分解

プラスチック製造

リサイクル

- プラスチック原料の殆どが石油由来で、石油精製過程で得られるナフサ（粗製ガソリン）を原料としている。
- 石油製品の内、**12.4%**が石油化学用ナフサ。



プラスチック原料の現状

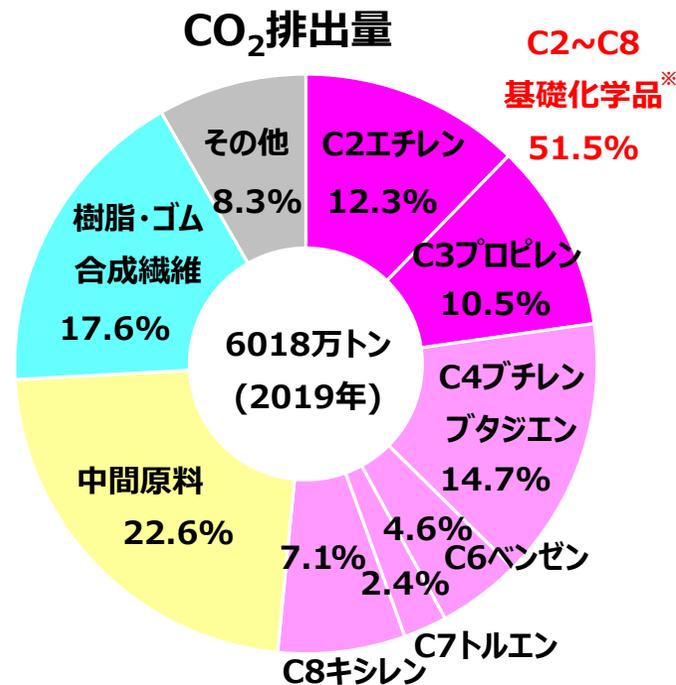
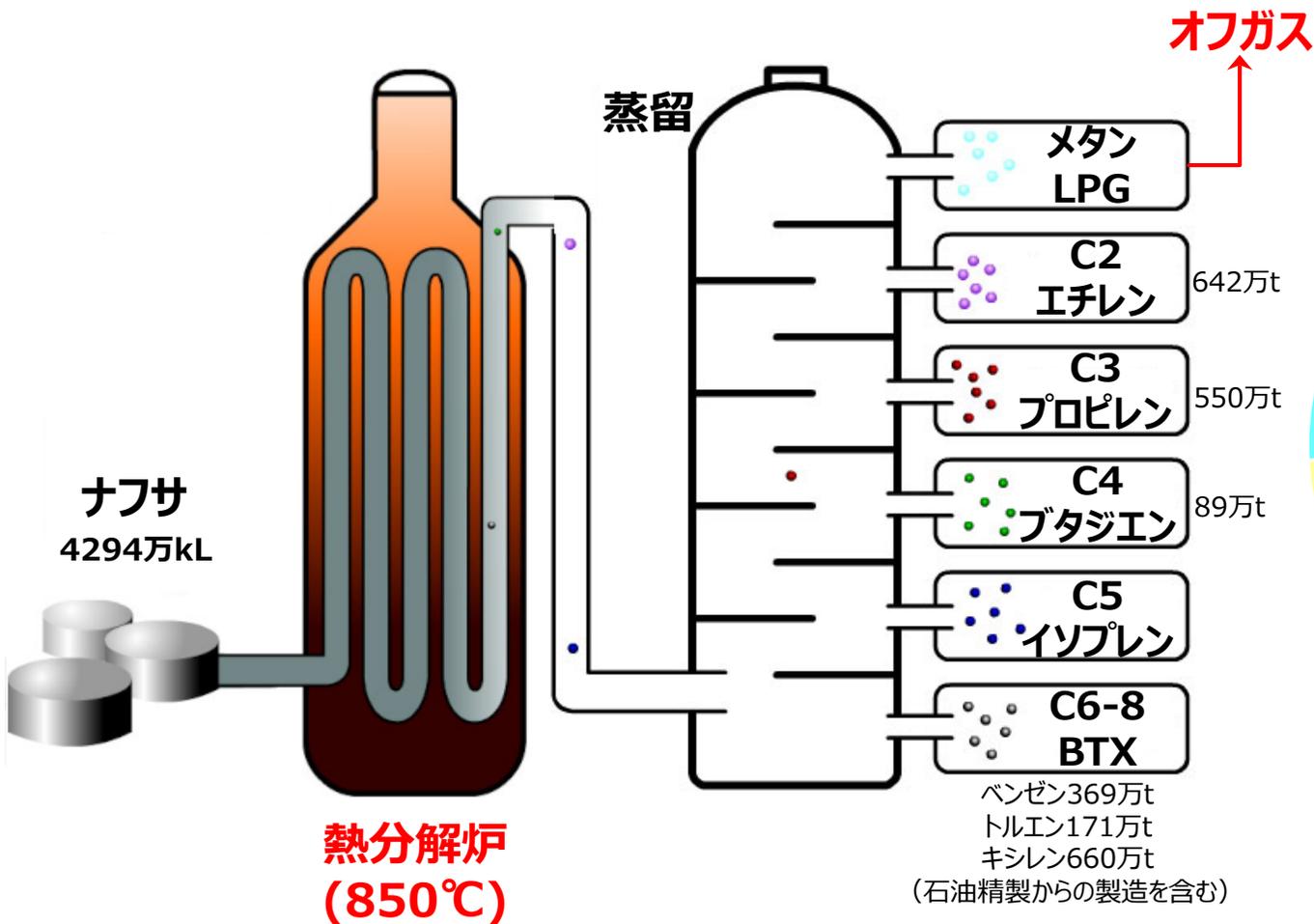
石油精製

ナフサ分解

プラスチック製造

リサイクル

- ナフサを約850℃の高温で分解し、**オレフィン**（C2エチレン、C3プロピレン、C4ブタジエン等）と**BTX**（C6ベンゼン、C7トルエン、C8キシレン）等の**基礎化学品**を製造。
- C2～C8基礎化学品製造で年間3100万トンのCO₂が排出されており、抜本的な対策が必要。



*ナフサ分解炉以外からの排出を含む

石油化学工業協会「石油化学工業の現状2020年」より

「化学品ハンドブック2020」国内生産量に「IDEA v.2.3」CO₂排出原単位を掛けて石油精製時のCO₂排出量を差し引いて算出

プラスチック製品と用途

石油精製

ナフサ分解

プラスチック製造

リサイクル

- 主なプラスチック原料はオレフィン（C2エチレン、C3プロピレン、C4ブタジエン）とBTX（C6ベンゼン、C7トルエン、C8キシレン）。特にC2エチレン、C3プロピレンは殆どの樹脂で必要。

ゴム・タイヤ

C4ブタジエン、C5イソブレン※を重合

※天然ゴムを含む

タイヤ、チューブ



ポリウレタン

C7トルエン等から合成



スポンジ、自動車部品

ABS樹脂

C3プロピレン + 窒素とC4ブタジエン、スチレンから合成

家電筐体



PET樹脂、ポリエステル

C2エチレンとC8キシレンから合成

ペットボトル、繊維



ポリスチレン

C2エチレンとC6ベンゼンから合成

CDケース、食品トレイ



ポリエチレン

C2エチレンを重合



レジ袋、ラップ

ポリプロピレン

C3プロピレンを重合

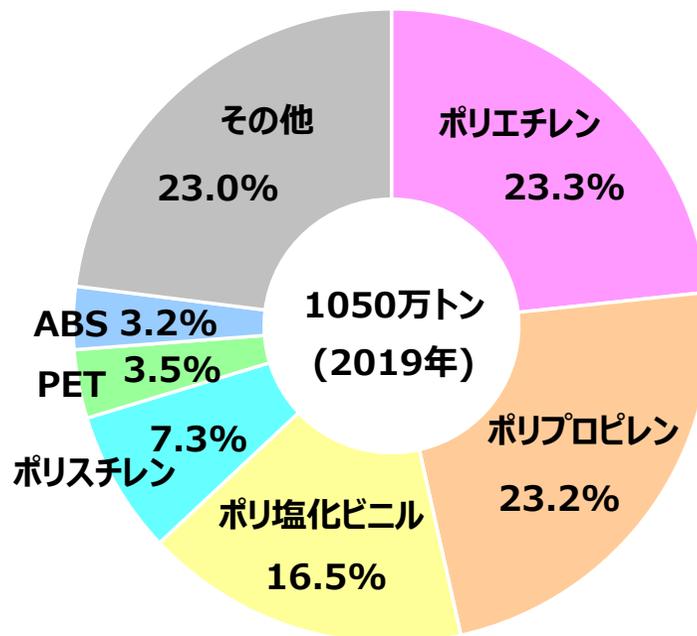


ストロー、医療機器

ポリ塩化ビニル

C2エチレンと塩素から合成

消しゴム、ホース



1050万トン
(2019年)

プラスチック循環利用協会 プラスチックリサイクルの基礎知識2020
<http://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf>

廃プラスチックのリサイクルと課題

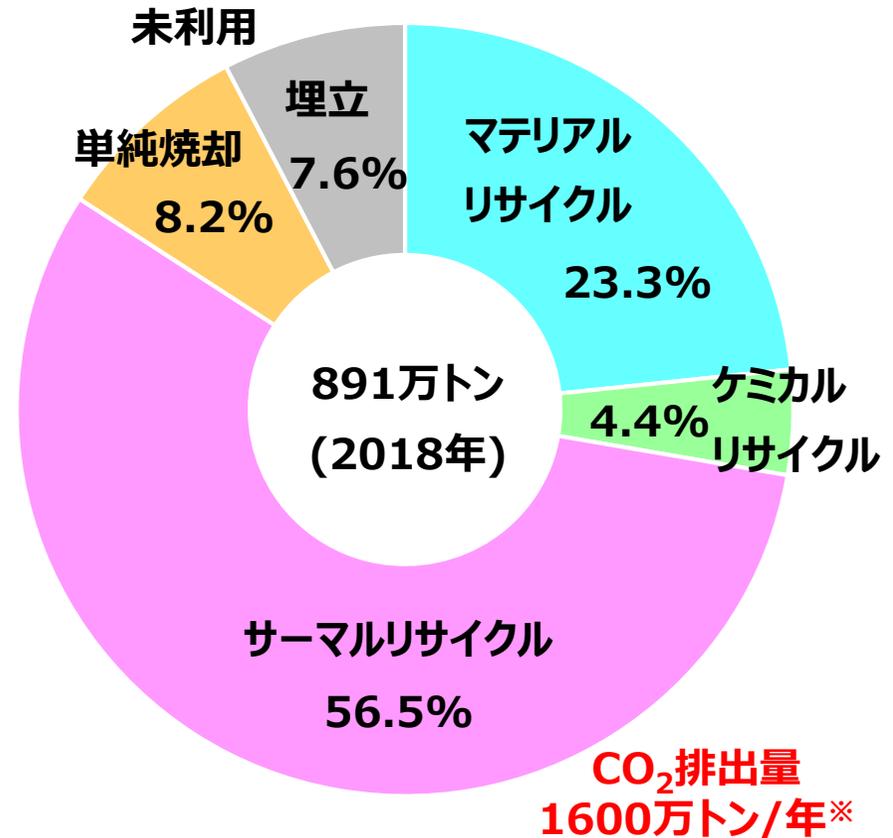
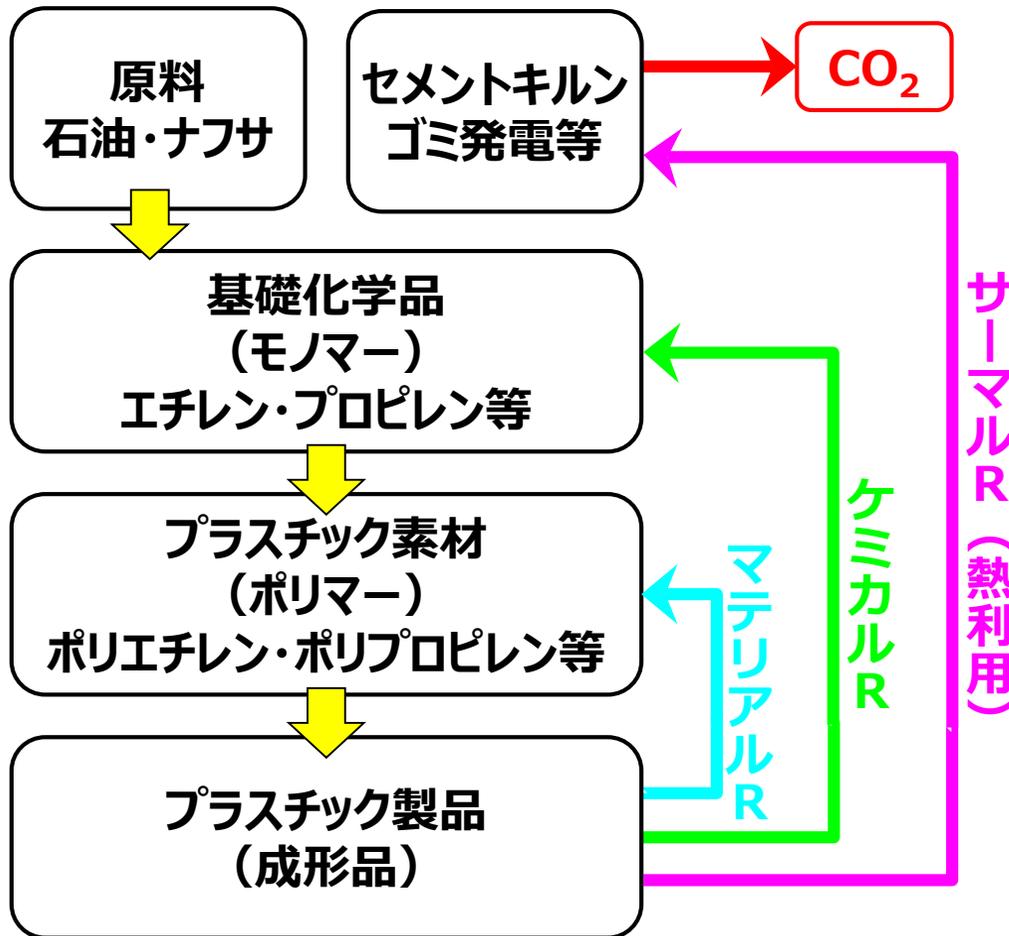
石油精製

ナフサ分解

プラスチック製造

リサイクル

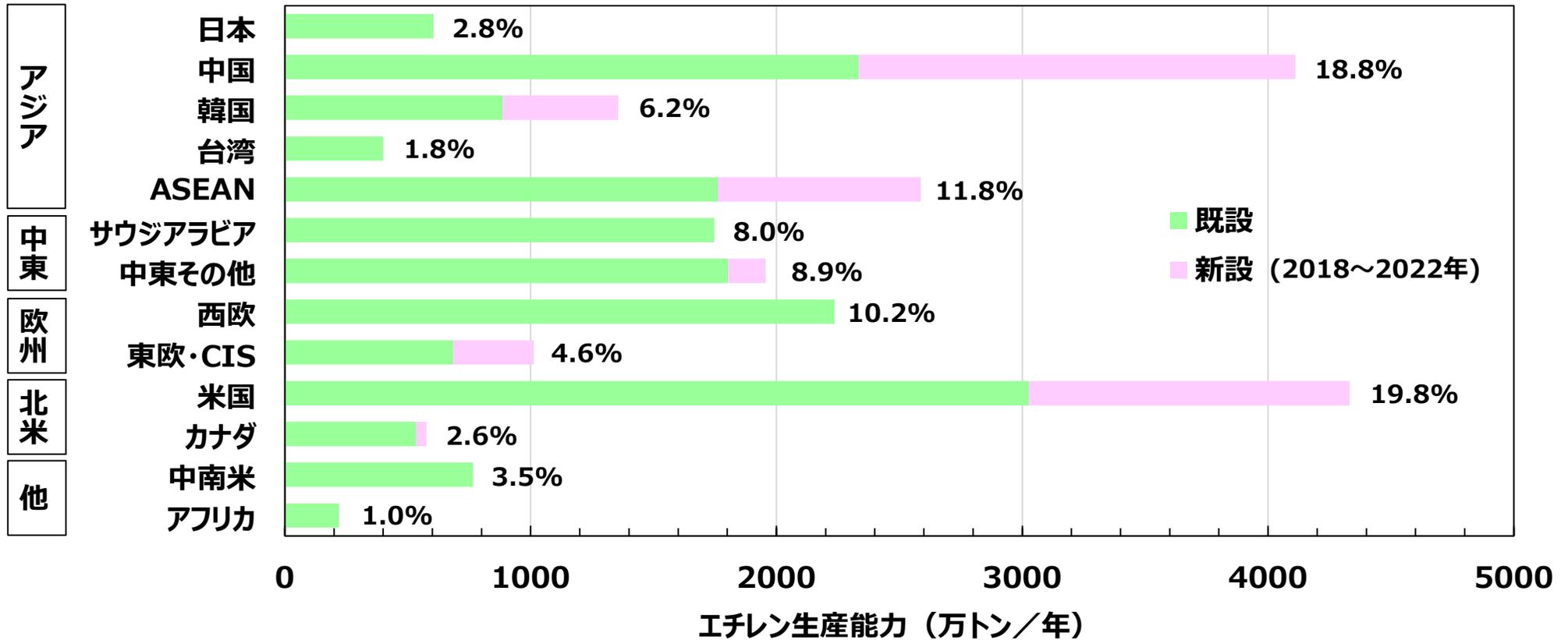
- 年間891万トン排出される廃プラスチックは約84%がリサイクルされているが、この内約57%がごみ焼却発電やセメント製造の熱源として利用（サーマルリサイクル）されている。
- しかし、最終的には単純焼却を含めて年間1600万トンのCO₂として排出されているため、廃プラスチックを元のプラスチック原料に戻すケミカルリサイクル等の技術確立が求められる。



プラスチック循環利用協会 プラスチックリサイクルの基礎知識2020
<http://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf>
 *一般廃プラスチックの排出係数2.77kg-CO₂/kg-廃プラから算出

世界のプラスチック原料製造プラント

- 世界全体でエチレン生産能力2億1909万トン分のプラスチック原料製造プラントがあり、内4898万トンが2018～2022年に新設（建設中を含む）。
- 日本のシェアは2.8%。中国、韓国、ASEAN、米国でプラスチック原料製造プラントが新設され、シェアを拡大している。



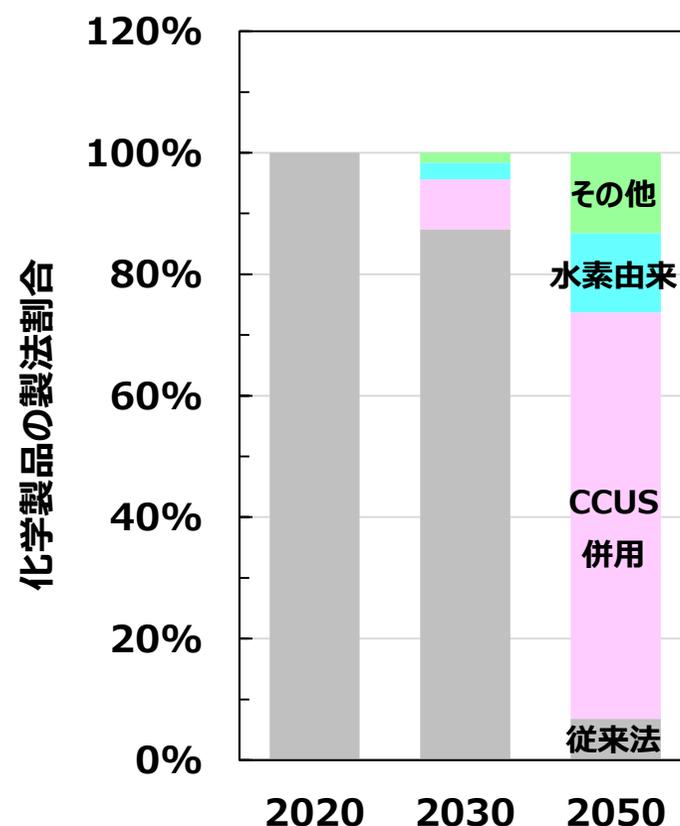
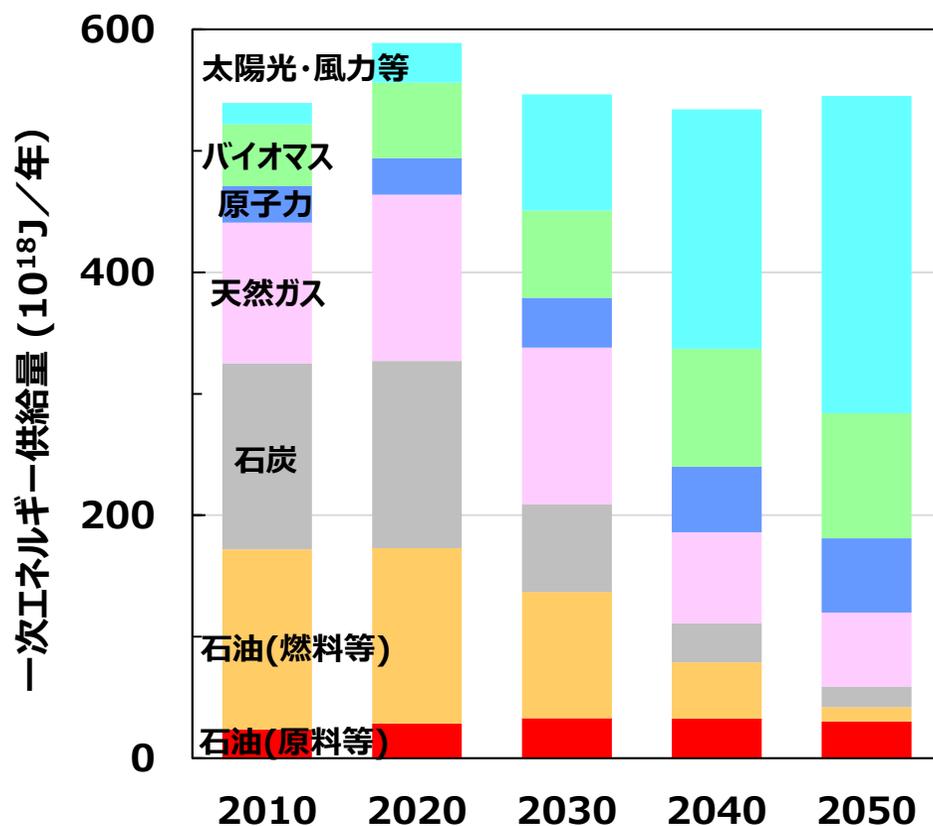
経済産業省「世界の石油化学製品の今後の需給動向(2019年10月)」

https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/chemistry/sekaijukyudoukou201910.html

世界の一次エネルギー供給量と化学製品の製法割合の予測

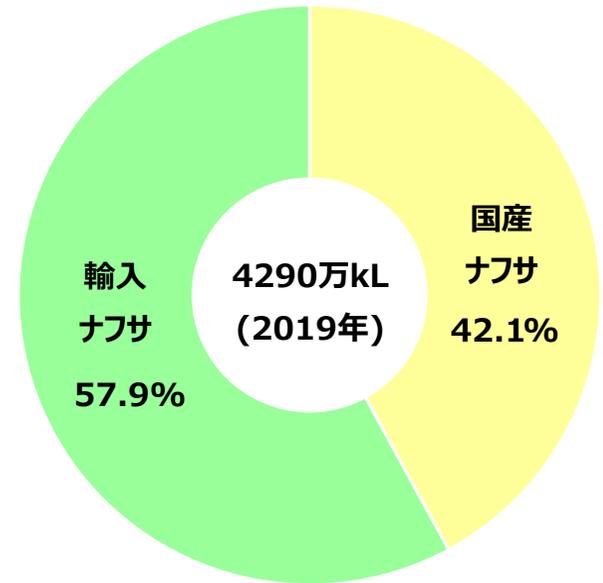
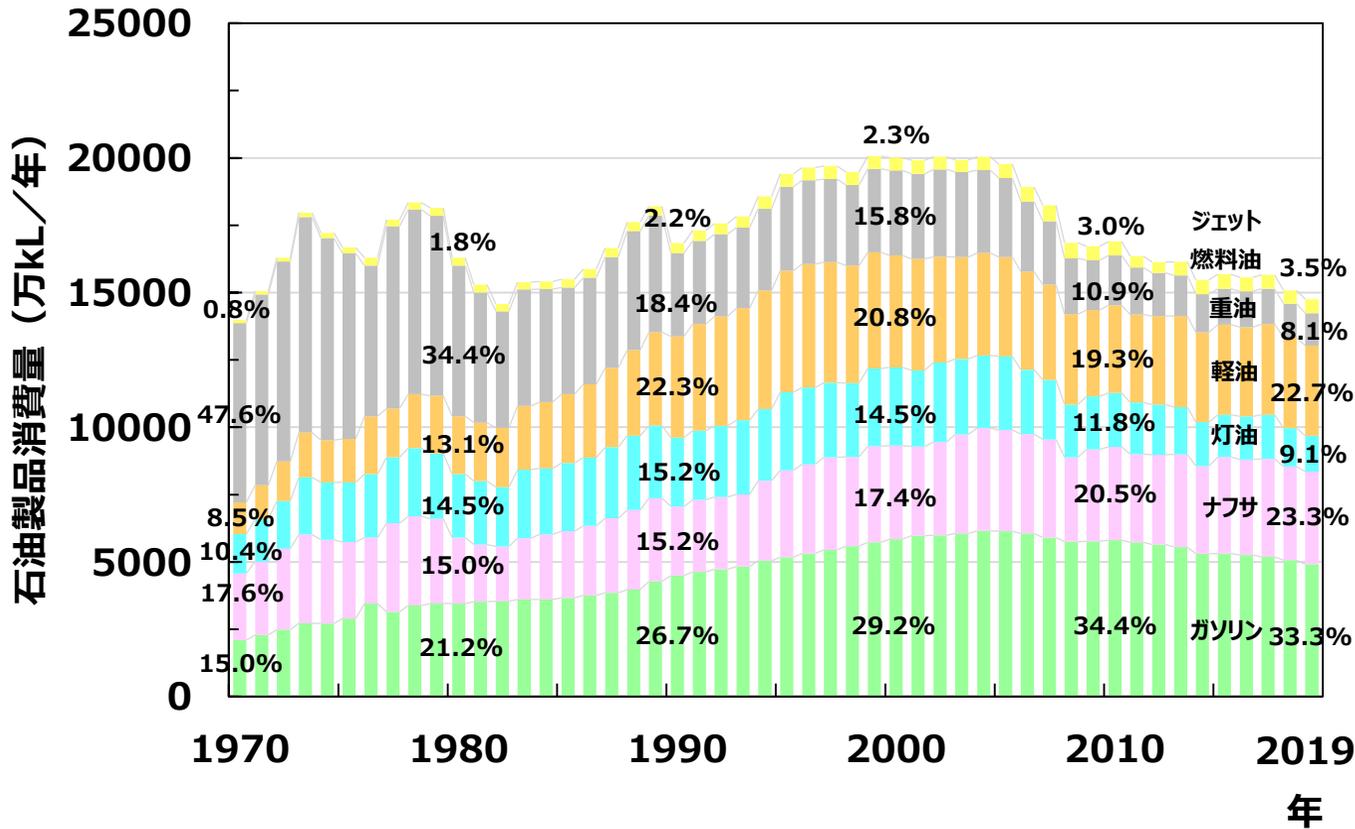
- 燃料用途の石油や石炭はバイオマスや太陽光・風力等の再生可能エネルギーに置き換わるが、**プラスチック原料となる石油の需要は横ばい**で、世界的にも当面使い続ける予測になっている。
- 欧州や中東等では**再エネ活用やCO₂回収利用・貯留（CCUS; Carbon Capture Use & Storage）**による削減を見込んでいるが、**日本では場所やコスト面での制約から、水素や廃プラスチック等からの化学品製造の割合を増やす必要がある。**

世界のエネルギー需要予測



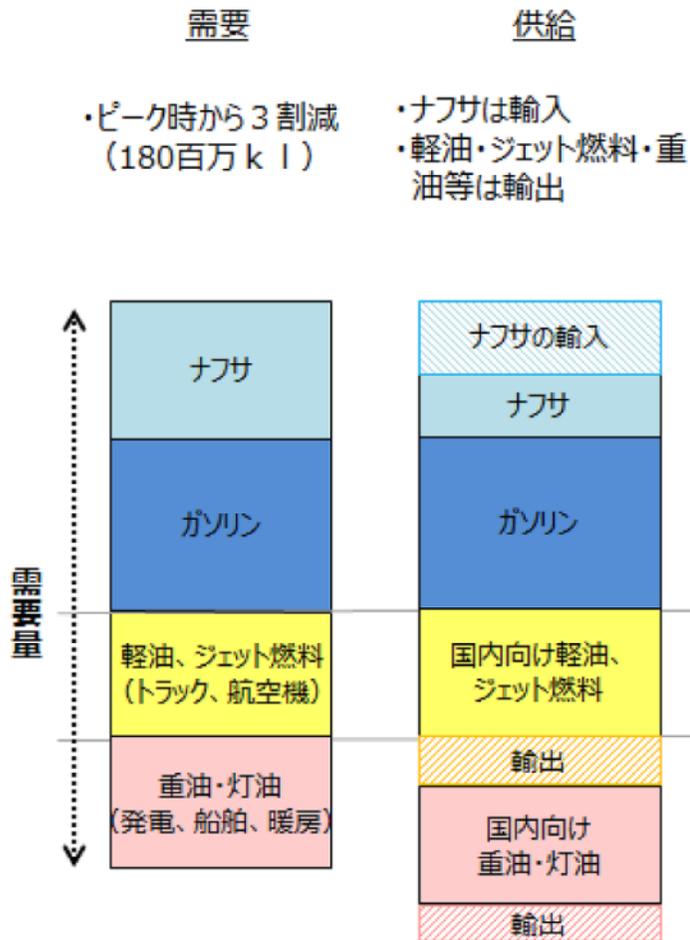
国内の石油製品需要の推移

- プラスチックには炭素成分が不可欠であるが、石油製品の需要が減少する中で、その原料となるナフサの消費量は横ばいとなっており、当面一定量を使い続けることが見込まれる。
- 国内の石油精製で得られるナフサだけでは不足するため、**国内需要の57.9%を輸入ナフサに依存**。

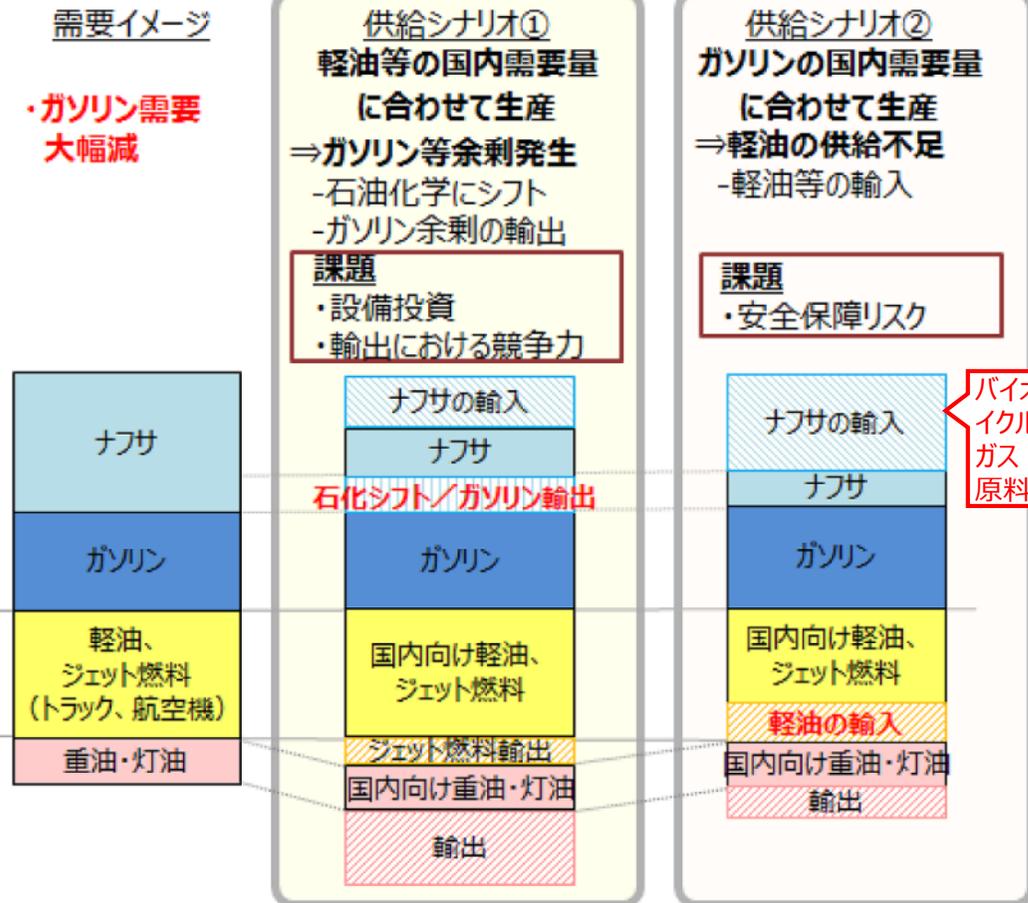


- 今後の国内石油製品の需要はガソリンを中心に減少が見込まれるものの、**ナフサ原料の国内需要は引き続き存在する予測**（2030年エチレン生産量見通し570万トン(2018年11月時点)）が示されている。
- ナフサの輸入の増加等のシナリオも想定されるが、石油化学プロセスの脱炭素化に向けては、**原料転換や原料循環の他、ナフサ分解炉の脱炭素化が必須**。

国内石油需給（2010年代）



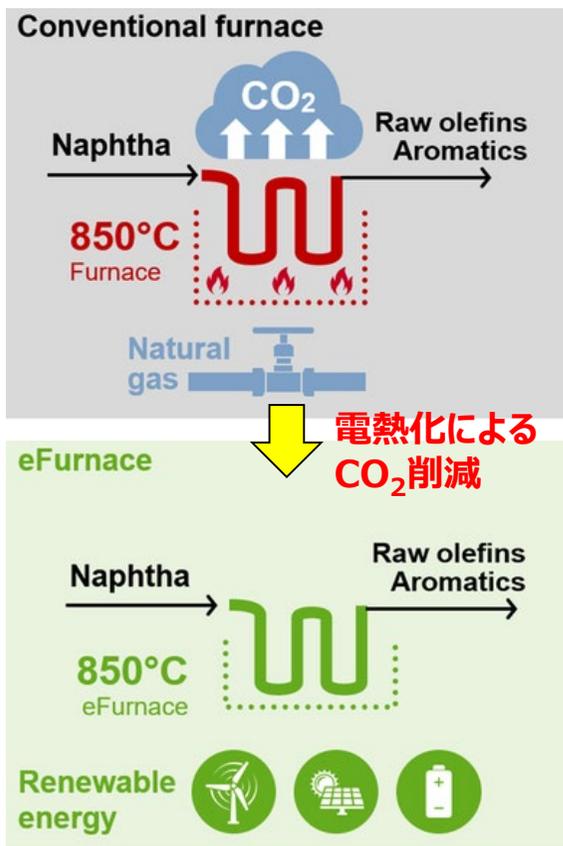
国内石油需給（2030～2040年代）



欧州におけるプラスチック原料製造

- 欧州では、安価な再生電力をナフサ分解炉の熱源として用いる電熱化によるCO₂削減が検討されている。
- また、廃プラスチック・廃ゴムのケミカルリサイクルについても検討が行われており、熱分解プラント等の実証が開始されている。

独BASFのナフサ分解炉

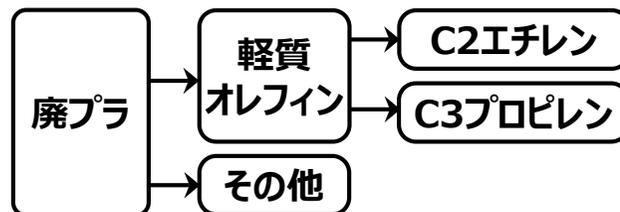


BASFホームページより

ケミカルリサイクル実証



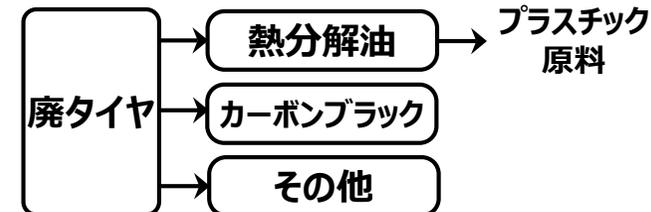
廃プラ熱分解プラント (LyondellBasell社)



<https://www.lyondellbasell.com/en/news-events/corporate--financial-news/lyondellbasell-successfully-starts-up-new-pilot-molecular-recycling-facility/>



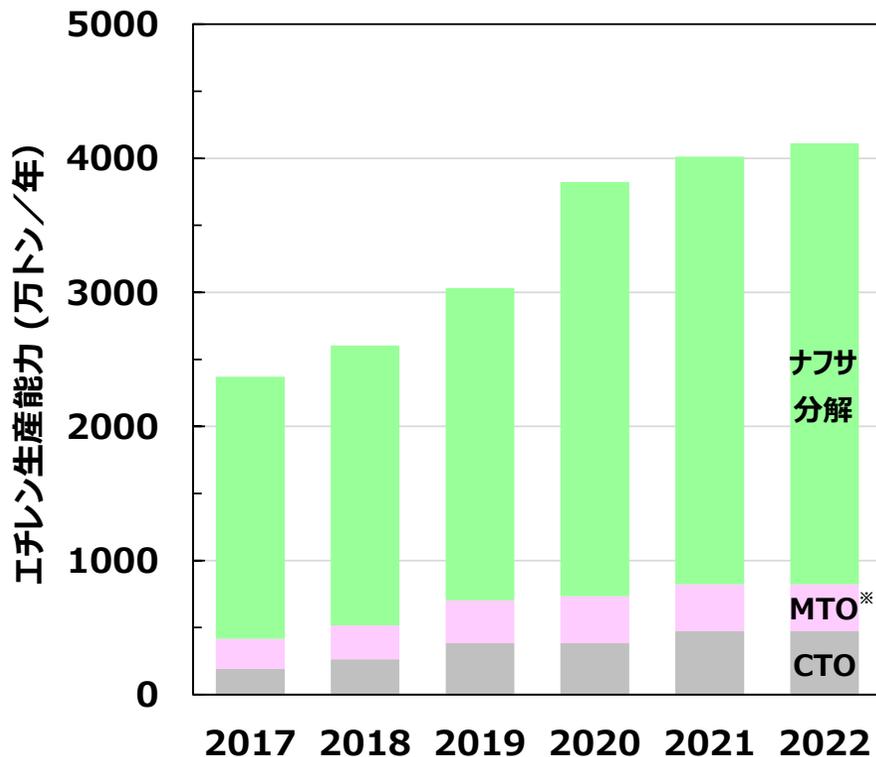
廃ゴム熱分解プラント (Pyrum社)



<https://www.pyrum.net/en/about-us/technology/>

石炭化学（CTO）によるプラスチック原料製造（中国）

- 中国では2022年までにナフサ分解炉が新設されるのに加えて、**473万トン/年分のエチレン等が安価な石炭を原料に用いたCTO（Coal to Olefin）**によって製造される予定。
- 従来ナフサ法と比べてCTOのCO₂排出係数が約**5倍**と大きく、CO₂排出量の削減が課題。

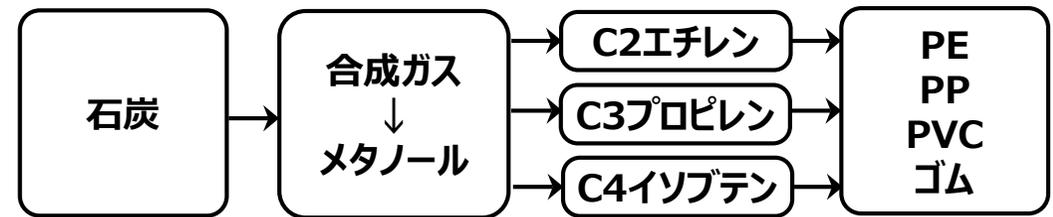


*MTO(Methanol to Olefin) : 石炭以外の原料からメタノールを経由してオレフィンを製造



CTOプラント (Shenhua Baotou)

M. Ye, P. Tian, Z. Liu, Engineering 7 (2021) 17.

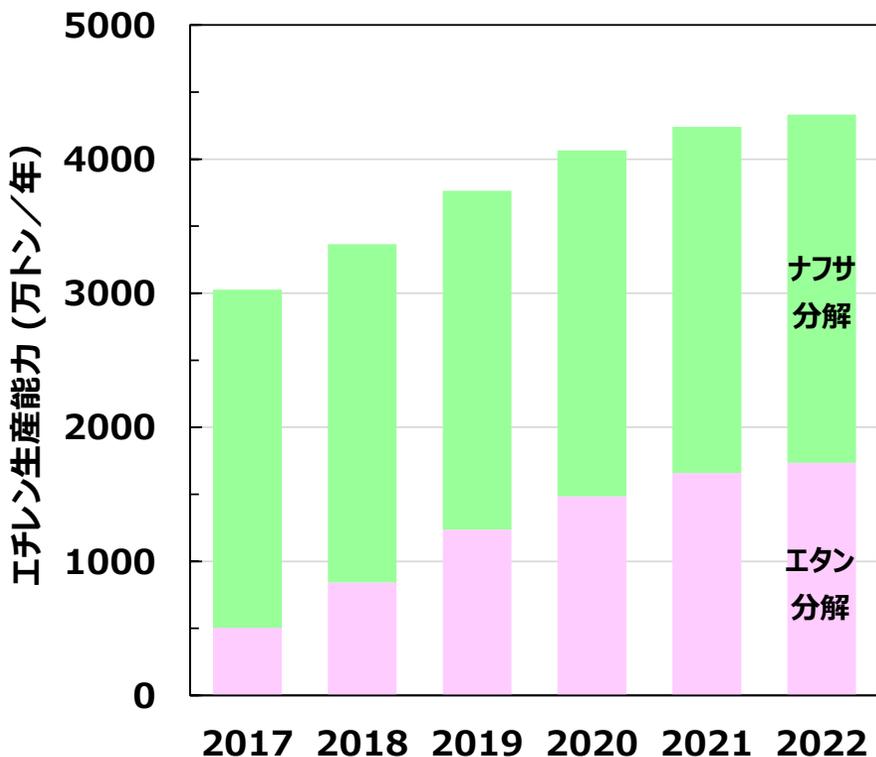


CO₂排出係数（中国国内）

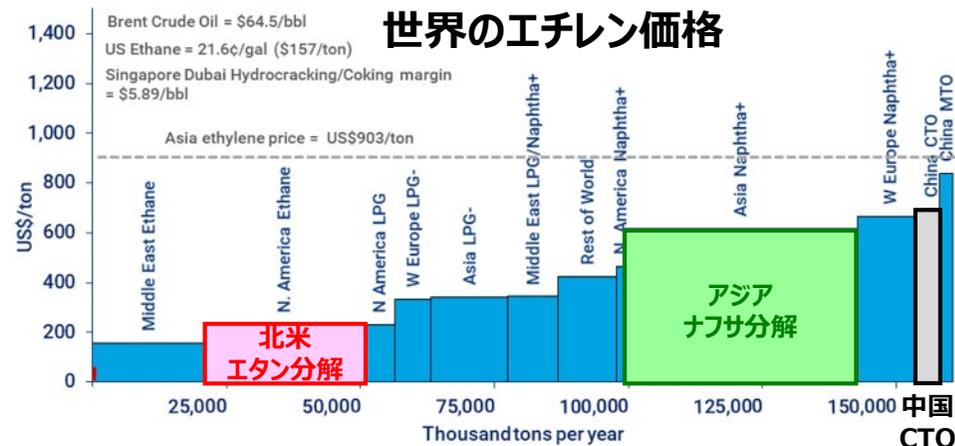
従来ナフサ法	CTO
2kg-CO ₂ /kg-olefin	10 kg-CO ₂ /kg-olefin

シェールガス（エタン分解）によるプラスチック原料製造（米国）

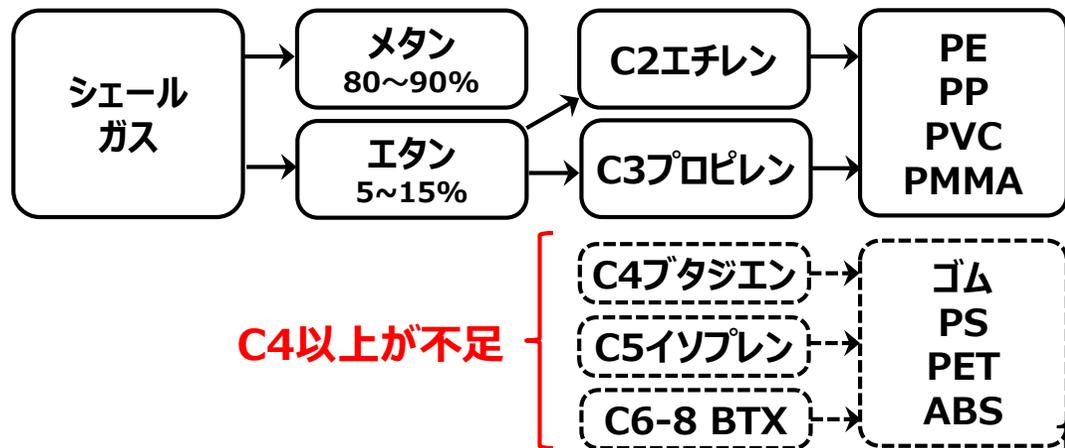
- 米国では、2022年までに1230万トン/年分のエチレン等がシェールガスから得られるエタンの分解によって製造される予定。
- 従来ナフサ法と比べてエチレン価格が安く、高い国際競争力を武器に攻勢を強めている。
- 一方、エタンからC4以上のオレフィンを得るのが難しく、ゴム原料等が不足（海外へ依存）する可能性がある。



経済産業省「世界の石油化学製品の今後の需給動向(2019年10月)」

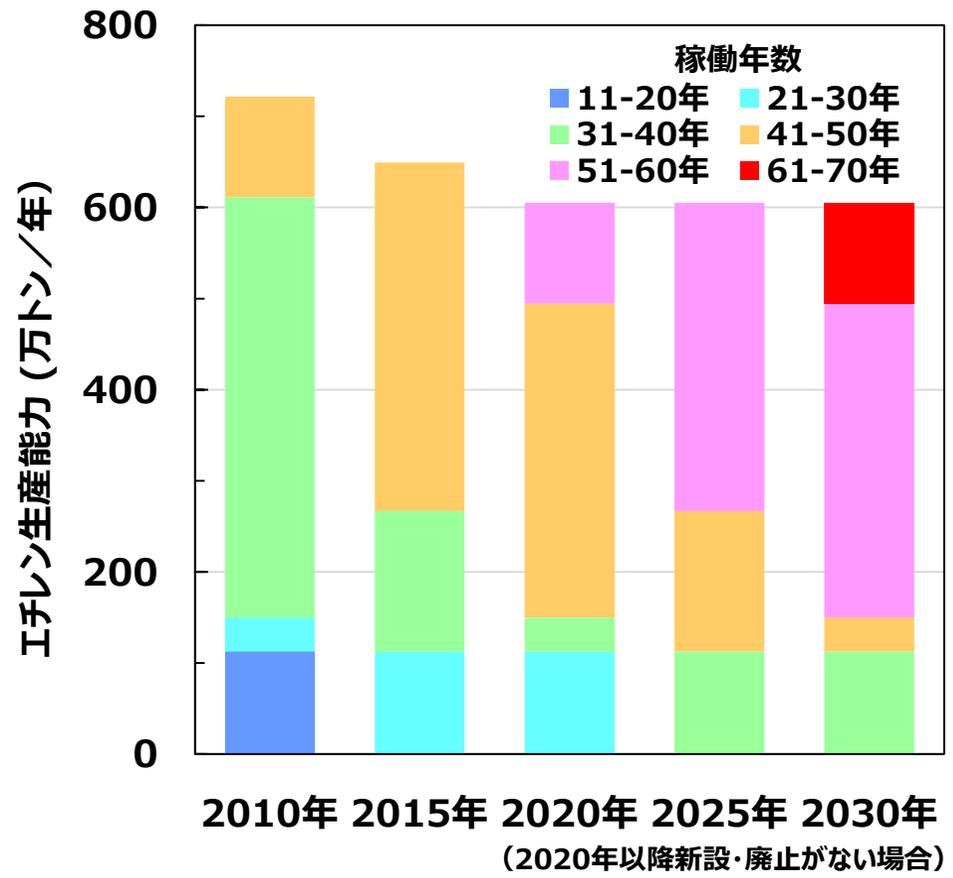
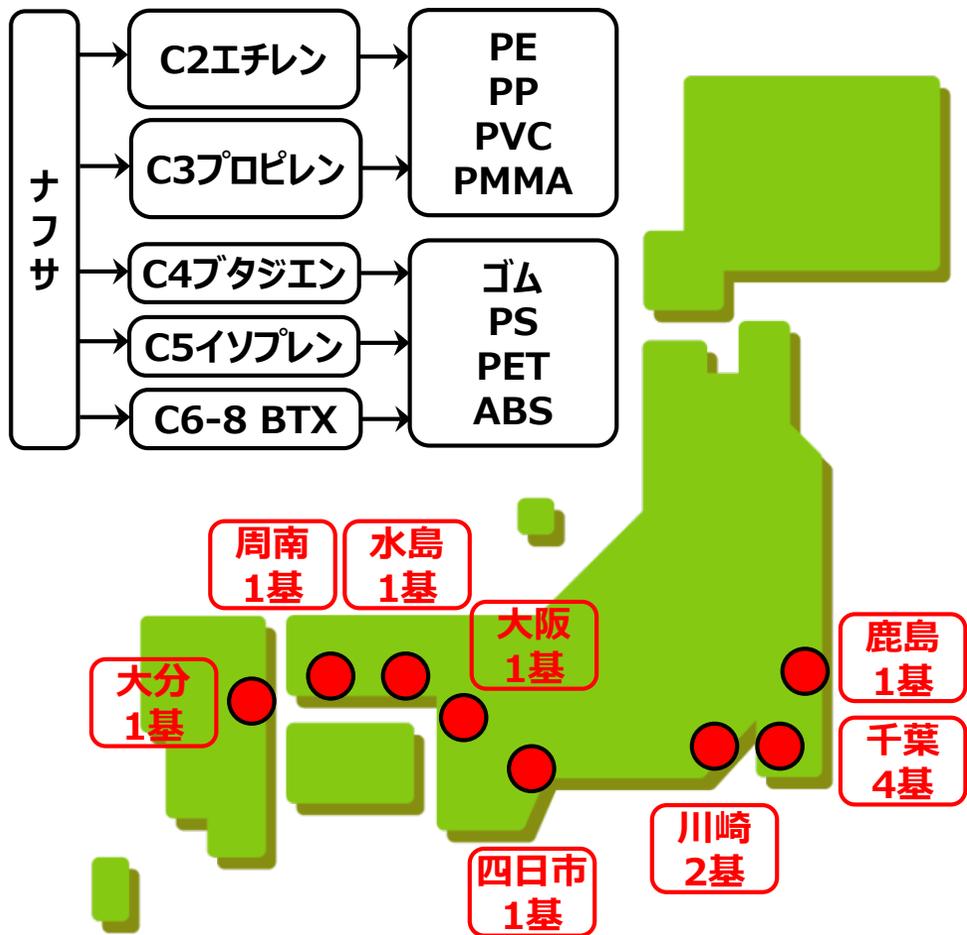


Wood Mackenzie Why crude-to-chemicals is the obvious way forward
<https://www.woodmac.com/news/opinion/why-crude-to-chemicals-is-the-obvious-way-forward/>



国内のナフサ分解炉

- 国内では**12基**のナフサ分解炉が稼働しており、年間4290万トンのナフサから約**600万トン**のエチレンを生産する能力があり、**C2~5のオレフィン**、**C6~8のBTX**をバランス良く生産している。
- 稼働から**45年以上**が経過するプラントが半数を占め、老朽化が課題。



「日本の石油化学工業50年データ集」より

各国との比較から日本が取るべき戦略

	ナフサ分解（日本）	CTO（中国）	エタン分解（米国）
製法	<pre> graph LR Naphtha --> C2Ethylene Naphtha --> C3Propylene Naphtha --> C4Butadiene Naphtha --> C5Isoprene Naphtha --> C68BTX </pre>	<pre> graph LR Coal --> SynGas Coal --> Methanol SynGas --> C2Ethylene SynGas --> C3Propylene SynGas --> C4Isobutene Naphtha --> BTX Note[BTXは分解油等から製造] </pre>	<pre> graph LR ShaleGas --> Methane[メタン 80~90%] ShaleGas --> Ethane[エタン 5~15%] Methane --> C2Ethylene Ethane --> C3Propylene Ethane --> C4Butadiene Ethane --> C5Isoprene Ethane --> C68BTX Note[C4以上が不足] </pre>
強み	<ul style="list-style-type: none"> ナフサ分解炉では、C2～5オレフィン、C6～8BTXをバランス良く得ることができ、プラスチック原料からゴム原料まで幅広く製造可能 	<ul style="list-style-type: none"> 安価で豊富な石炭を原料として使用可能 メタノール to オレフィン(MTO)の技術開発が進んでいる 	<ul style="list-style-type: none"> 豊富なシェールガスから生産されるエチレンが安価 プラスチック原料のエチレン、プロピレンの大量製造にメリット
弱み	<ul style="list-style-type: none"> ナフサ分解炉の稼働年数が長くなり、老朽化対策が課題 	<ul style="list-style-type: none"> CTOのCO₂排出係数が従来ナフサ法の5倍と大きい 合成メタノールが高価 	<ul style="list-style-type: none"> C4以上のオレフィンを得るのが難しく、ゴム原料等が不足する恐れも

【戦略1】 ナフサ分解炉の老朽化対策を克服しつつ、①熱源転換、②原料循環、③原料転換によるカーボンニュートラルを目指し、オレフィン、BTXをバランス良く得ることができるレトロフィットな生産体制を維持。

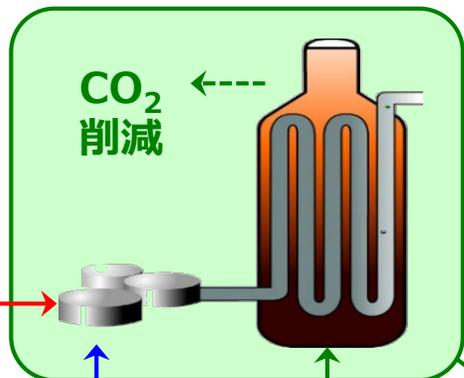
【戦略2】 化学業界で一般的に行われているライセンスビジネスの強化により、日本の最先端技術を海外で幅広く展開。

【戦略1】レトロフィットな生産体制の維持とカーボンニュートラルへの貢献

修正

- ナフサ分解炉の老朽化対策を克服しつつ、①熱源転換、②原料循環、③原料転換によるカーボンニュートラルを目指し、オレフィン、BTXをバランス良く得ることができるレトロフィットな生産体制を維持。原料転換(CCU)については、CO₂分離・回収PJと連携。

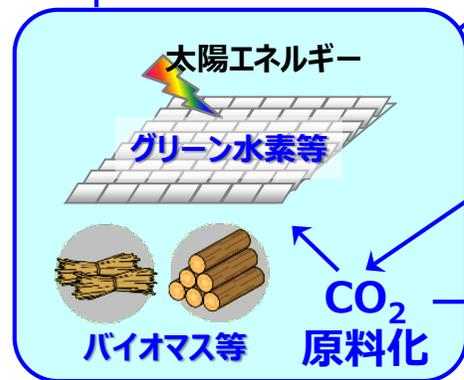
①熱源転換



PJ内連携

NH₃, H₂PJとの連携

③原料転換



基礎化学品
C2~5 オレフィン
約1200万トン
C6~8 BTX

CO₂分離・回収PJとの連携

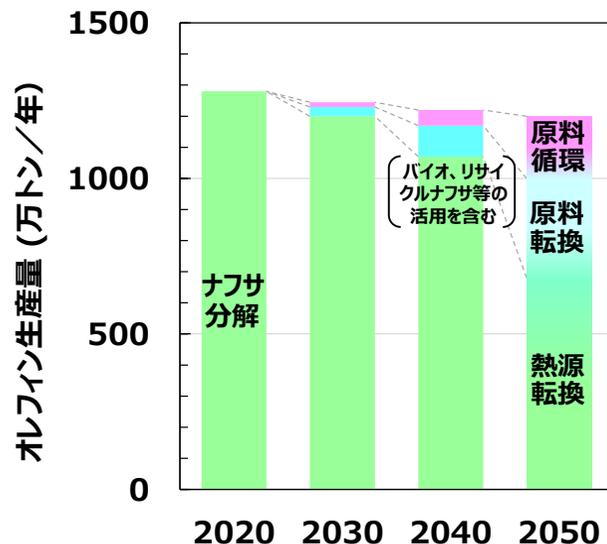
機能性化学品
ポリカーボネート
ポリウレタン等

②原料循環



CO₂削減

基礎化学品製造 トランジションイメージ (国内)

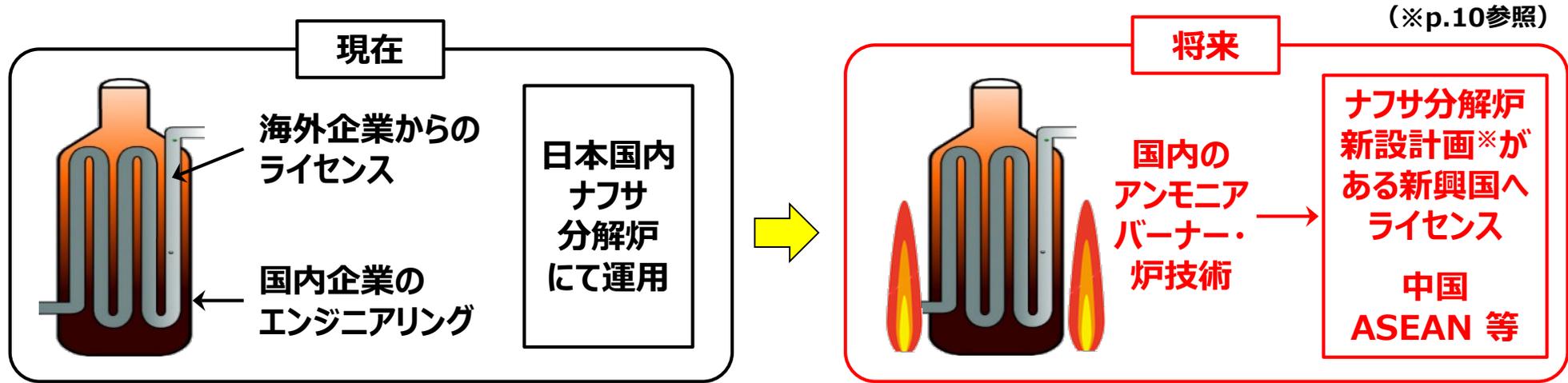


上図は石油製品の生産状況や技術進展等によって割合は変化するものの、基礎化学品の生産とカーボンニュートラルの両立、海外展開等の多面的な対応が取れる体制を目指す。

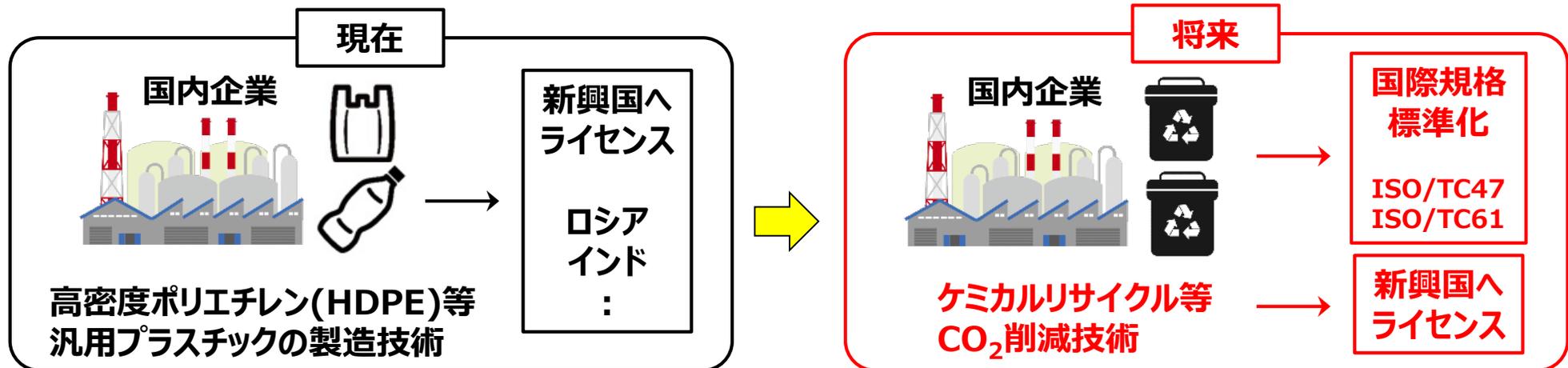
【戦略2】カーボンリサイクルプラスチック原料製造技術の海外展開

- カーボンリサイクルプラスチック原料製造技術を国際標準化し、化学業界で広く行われているライセンスビジネスにより海外で幅広く活用することで、新興国等での新規需要を日本が積極的に獲得。

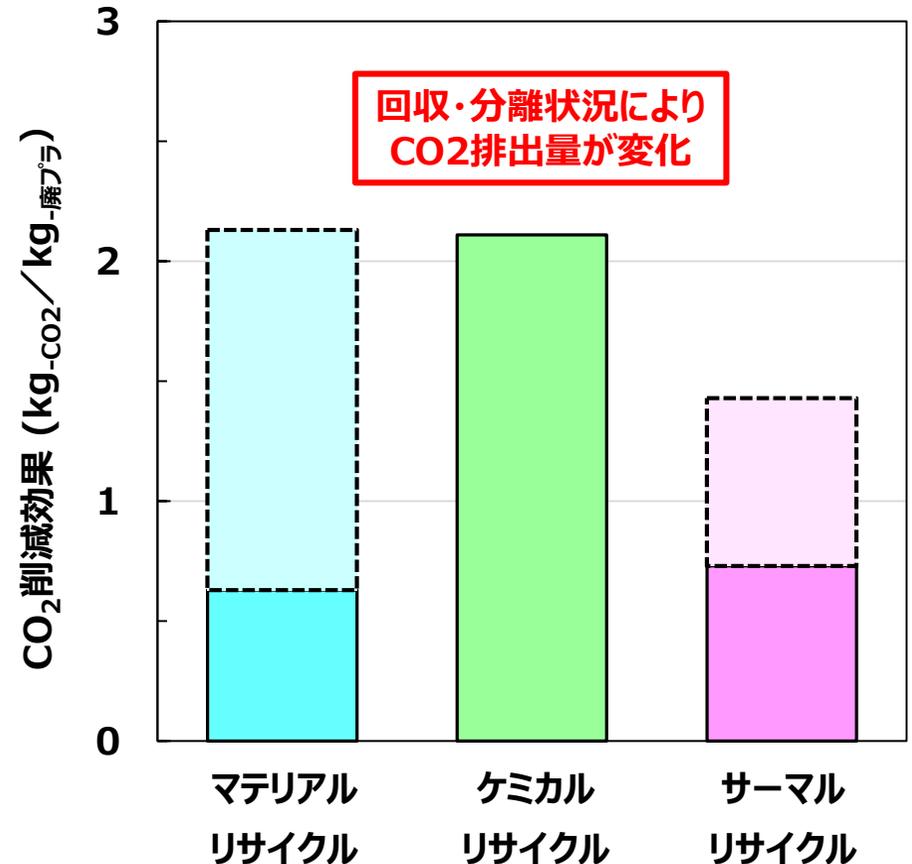
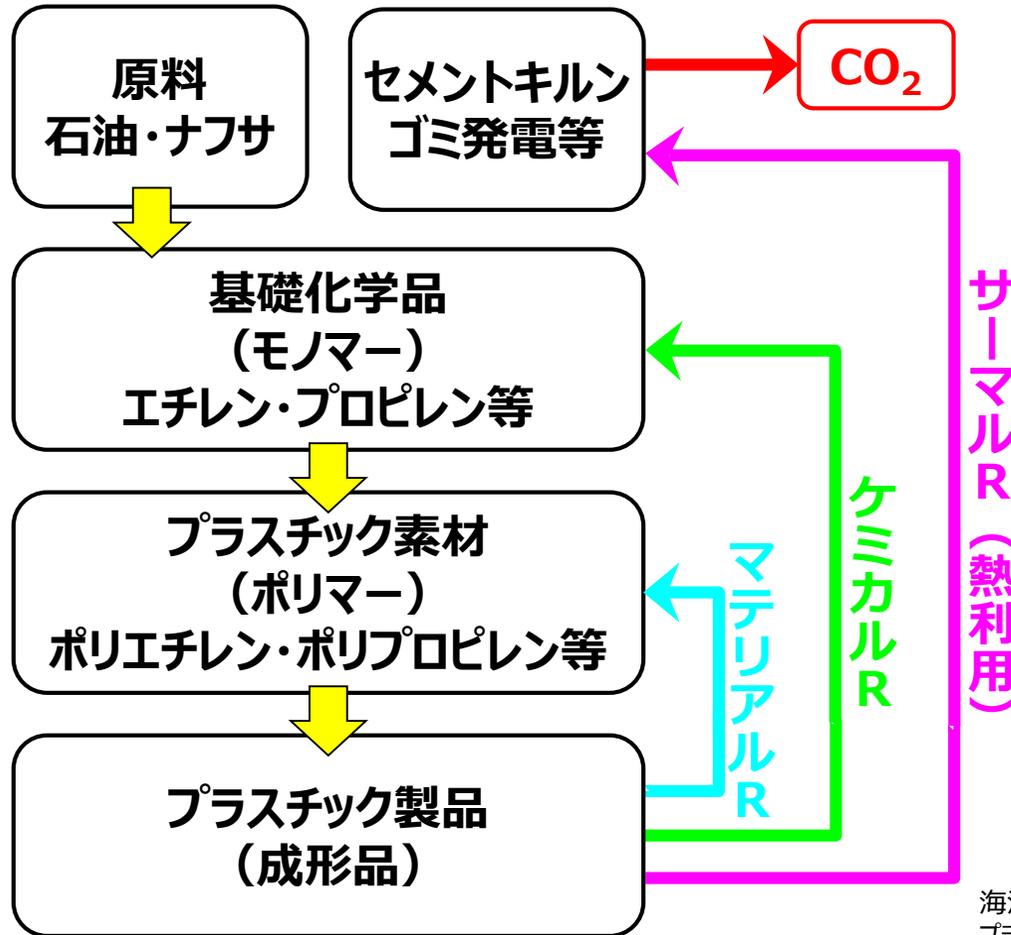
ナフサ分解炉の高度化技術



廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術



- 廃プラ・廃ゴムリサイクルについては、ライフサイクルアセスメント(LCA)によるCO₂排出量評価が重要。
- 回収・分別状況によりLCA評価結果が大きく変わることから、回収・分離の仕組み作りも必要。



海洋プラスチック問題対応協議会(JaIME)
 プラスチック製容器包装再商品化手法およびエネルギーリカバリーの環境負荷評価(LCA)
https://www.nikkakyo.org/system/files/Summary_JaIME_LCA_report.pdf

- プラスチックの資源循環の促進等を総合的かつ計画的に推進するため、「プラスチック廃棄物の排出の抑制、再資源化に資する環境配慮設計」「ワンウェイプラスチックの使用の合理化」「プラスチック廃棄物の分別収集、自主回収、再資源化」の事項等に関する基本方針を策定。

【新政策】プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律

2021.6 制定

①設計・製造段階



リデュース 解体しやすい 素材代替
 プラ製品の設計を環境配慮型に転換

②販売・提供段階



使い捨てプラをリデュース

③排出・回収・リサイクル段階



排出されるプラをあまねく回収・リサイクル

回収・分離の仕組みを検討中

【従来】個別物品の特性に応じた規制

容器包装 リサイクル法	家電 リサイクル法	食品 リサイクル法	建設 リサイクル法	自動車 リサイクル法	小型家電 リサイクル法
1995.6 制定	1998.5 制定	2000.5 制定	2000.5 制定	2002.7 制定	2012.8 制定
〔びん、ペットボトル、紙製・プラスチック製容器包装等〕	〔エアコン、冷蔵庫・冷凍庫、テレビ、洗濯機・衣類乾燥機〕	〔食品廃棄物〕	〔木材、コンクリート、アスファルト〕	〔自動車〕	〔小型電子機器等〕

カーボンリサイクルプラスチック普及拡大のための施策例

追加 資6(p.17)

- カーボンリサイクルプラスチックの普及拡大に向けては、**リサイクル原料が活用された商品であることに価値を認める者に対して適切に商品をお届けることが重要。**
- そのことを合理的に達成するためには、ある特性を有する原料の投入量に応じて、生産する製品の一部を「その特性を持つ原料（だけ）で生産した」と見なすマスバランス方式等の活用が有効。
- マスバランス方式を含むchain of custody（加工流通過程の管理）の**国際標準を策定すべく、本年ISOの下に専門委員会（TC308）の設置が正式に決定。我が国も議論に参画**（代表：日本化学工業協会）。
- また、**認証制度の活用がすでに欧州を中心に活用が進められている中で、国内でも具体的な活用を目指す企業が出始めており、関心が高まってきている。**



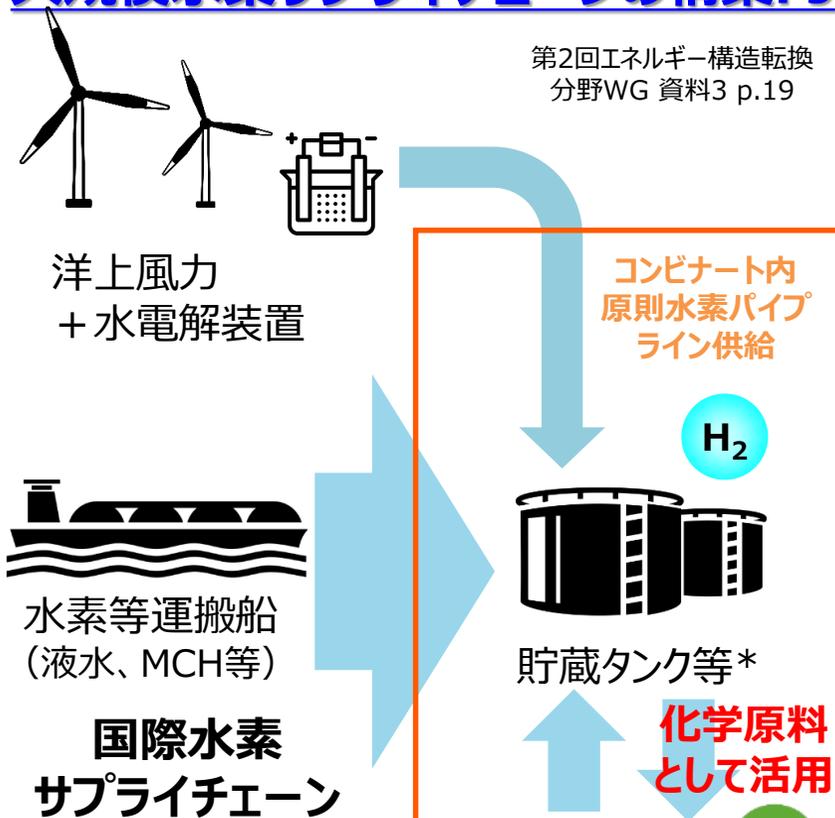
三井化学プレスリリースより一部改編

https://jp.mitsuichemicals.com/jp/release/2021/2021_0520.htm 24

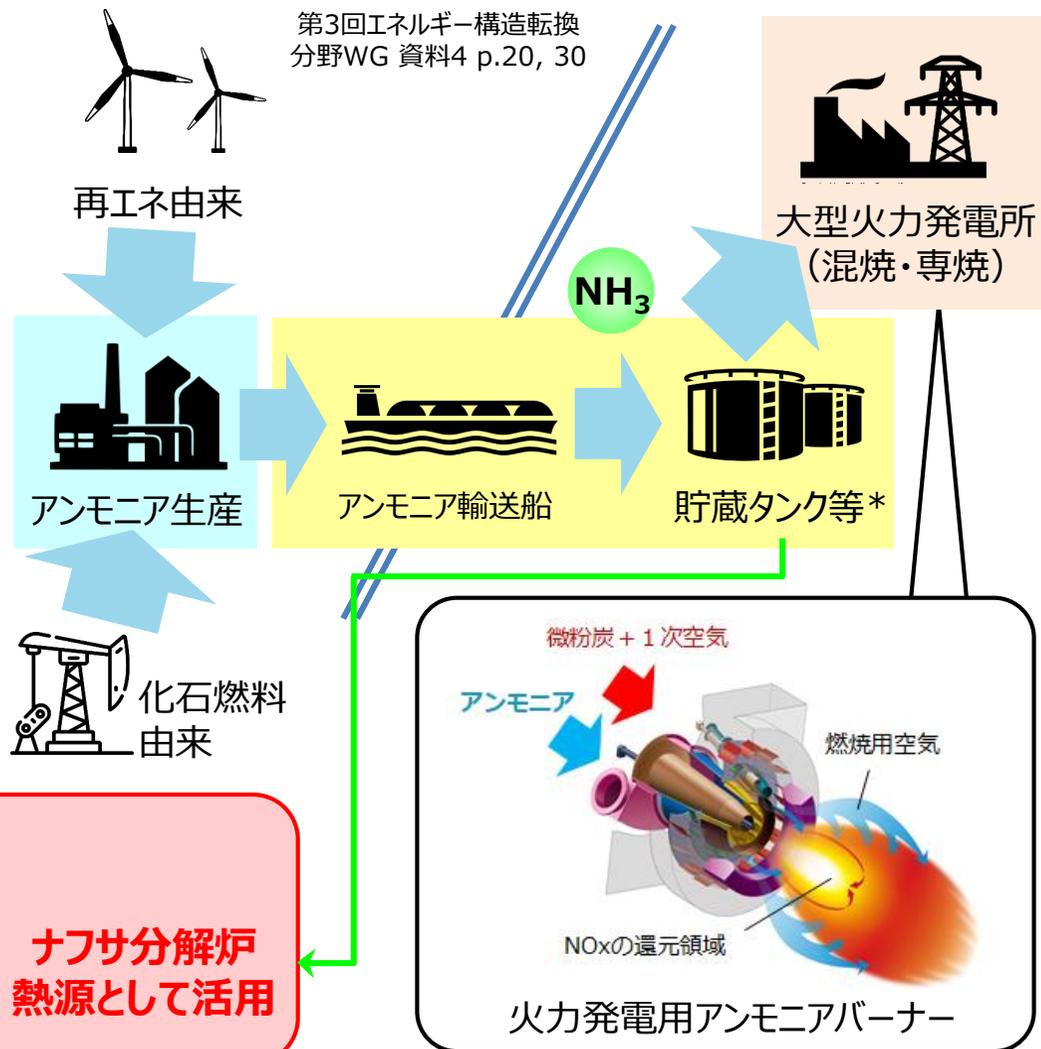
水素、アンモニア関連プロジェクトとの連携

- 水素、アンモニア等他のグリーンイノベーション基金プロジェクトと連携しながら、社会実装に向けた効率的な研究開発を推進。

大規模水素サプライチェーンの構築PJ



燃料アンモニアサプライチェーンの構築PJ



- **プラスチック原料製造プロセスの上流（水素、CO₂、廃プラスチック、廃ゴム等）から下流（基礎化学品、機能性化学品等）までが一定以上のつながりがあり、最終的に多様なプラスチック原料が製造できる研究開発体制が望ましい。**
- **複数の研究開発項目、内容を組み合わせて、幅広い事業者が連携して実施することも可能とする。**
- **プロセス、原料の転換によるCO₂削減量のLCA評価や、製造されるプラスチック原料の選択性（ベストミックス）等を重視する。**
- **アルコール原料の共用や熱分解油の原料化、グリーン水素の活用等において、プロジェクト内の事業者が連携して、早期社会実装に向けた取り組みを実施する。**
- **プロジェクト後期において社会実装に向けた大規模実証を行うこととし、プロジェクト開始時、及び事業化段階の切れ目において設定したキーマイルストーン・ステージゲートにおいて、技術成熟度レベル(TRL)を評価し、開始・継続可否を判断する。**

カーボンリサイクルプラスチック原料製造技術の工程表（詳細版）

●導入フェーズ：

1. 開発フェーズ

2. 実証フェーズ

3. 導入拡大・
コスト低減フェーズ

4. 自立商用フェーズ

	現状	2025年	2030年	2040年	2050年
1. ナフサ分解炉の高度化技術の開発	・オフガス燃焼によるナフサ分解	・アンモニアバーナー、炉開発 (TRL4)	・1万トン級テスト炉実証 ・既存炉等での実証 (TRL7)	・ナフサ分解炉の更新に合わせて、熱源をCN化 熱分解油の原料化	・全てのナフサ分解炉に適用
2. 廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術の開発	・PS、PET等を除き、収率数%レベル	・ガス化、熱分解(油化)技術開発(TRL4) ・熱分解(オレフィン)触媒開発(TRL4)	・ガス化、熱分解(油化)技術実証(TRL6) ・熱分解(オレフィン)技術実証(TRL6)	・ガス化、油化技術商用化 ・サーマル→ケミカルR転換 ・熱分解(オレフィン)技術商用化	・既製品と同価格を実現
3. CO ₂ から機能性化学品製造技術の開発	・毒性原料が必要な製造プロセス	・毒性原料が不要でCO ₂ からPC、PUR製造技術開発 (TRL5)	・CO ₂ からPC、PUR製造技術実証 (TRL7)	・CO ₂ からPC、PUR製造技術商用化 ・アクリル酸等の含酸素化合物への応用展開	・量産化により既製品と同価格を実現 ・耐熱性や軽量化等の機能性を向上
4. グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発	・光触媒の変換効率は7%。 ・100m ² 級の光触媒パネルを実証。(TRL4)		・量産性の高い光触媒で変換効率10%。 ・数ha～数km ² 級の光触媒パネルを実証。(TRL6)		・日照時間が長い海外へ展開 ・大規模製造によりCN化
アルコール類からの化学品製造技術の開発	・収率80%以上のMTO触媒開発(TRL5) ・実証開始段階(TRL4)	・10万トン級MTOを実証 (TRL7) ・エタノール合成触媒開発 ・ETO触媒開発(TRL5)	・MTO商用化 ・グリーン、ブルー水素利用 ・10万トン級ETOを実証 (TRL7)	・ETO商用化 ・グリーン、ブルー水素利用	・量産化により既製品と同価格を実現 ・既製品と同価格を実現

アルコール原料の共用

カーボンリサイクルプラスチック原料製造のアウトプット目標

①アウトプット目標（設定の考え方は次ページ以降に掲載）

- 従来プロセスのCO₂排出量※を参考にして、目標値を設定。

※IEA The Future of Hydrogen - Data and assumptions、IDEA v.2.3より算出

- CO₂排出量以外の技術目標（収率、規模、コスト等）については、p.32以降に記載。

	従来プロセス	開発プロセス目標	CO ₂ 削減効果 (左の差分)
1.ナフサ分解炉の高度化	従来法(C2,C3) : 1.15kg-CO ₂ /kg-オレフィン	熱源CN化 : 0.35kg-CO₂/kg-オレフィン	0.8
2.廃プラ・廃ゴムからの化学品製造	従来法 : C2-3 : 1.6kg-CO ₂ /kg-オレフィン C4 : 2.1kg-CO ₂ /kg-オレフィン	廃プラ、廃ゴム : C2-3 : 0.8kg-CO₂/kg-オレフィン C4 : 1.2kg-CO₂/kg-オレフィン	C2-C3 : 0.8(+2.5 ³) C4 : 0.9(+2.4 ⁴) (プラス分は焼却CO ₂ 回収量)
3.CO ₂ から機能性化学品製造	ホスゲン製造 : 1.0kg-CO ₂ /kg-DRC ¹ 0.5kg-CO ₂ /kg-MDI ²	CO ₂ 原料化 : -0.3kg-CO₂/kg-DRC,MDI	DRC : 1.3 MDI : 0.8
4.グリーン水素等からの化学原料製造	光触媒変換効率 : 7% 水蒸気改質 : 8.9kg-CO ₂ /kg-H ₂	光触媒変換効率 : 10% グリーン水素製造 0kg-CO₂/kg-H₂	8.9
アルコール類からの化学品製造	従来法(C2,C3) : 1.6kg-CO ₂ /kg-オレフィン	MTO : 0kg-CO₂/kg-オレフィン ETO : 0kg-CO₂/kg-オレフィン	MTO : 1.6 ETO : 1.6

¹DRC : ジアルキルカーボネート（ポリカーボネート、ポリウレタン原料）

²MDI : ジフェニルメタンジイソシアネート（ポリウレタン原料）

³一般廃プラスチックのCO₂排出係数（環境省）

⁴合成ゴムのCO₂排出係数（日本自動車タイヤ協会）

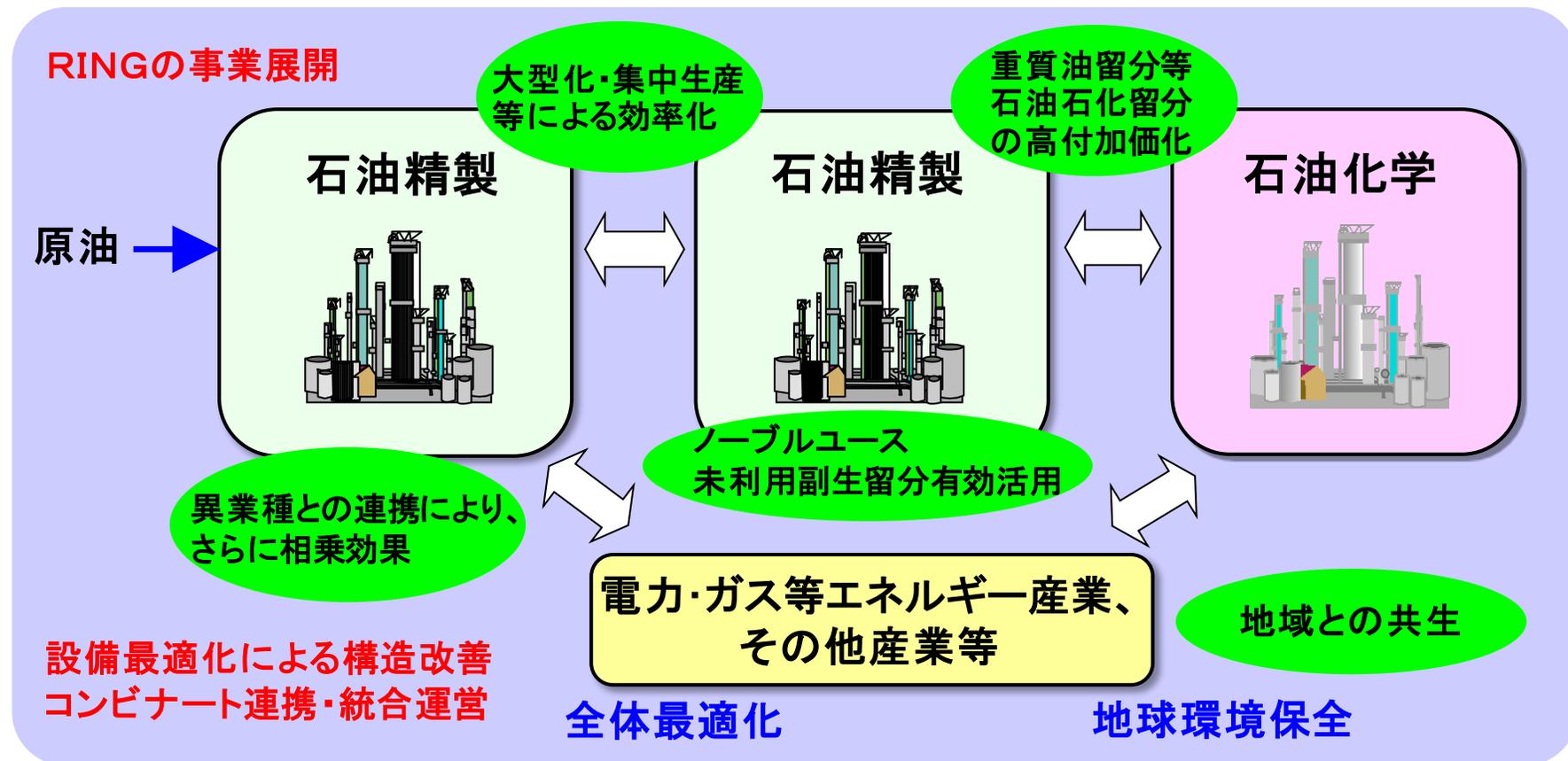
カーボンリサイクルプラスチック原料製造のアウトカム目標

②アウトカム目標

- 2030, 2050年のCO₂削減量は、実証規模や導入規模（想定）から算出。
- 2050年の市場規模は、現在と同程度と想定。2030年実証規模は、2050年導入規模の3%程度。

		CO ₂ 削減係数 (kg-CO ₂ /kg)	2030年		2050年	
			実証規模 (万トン)	CO ₂ 削減量 (万トン)	導入規模 (万トン)	CO ₂ 削減量 (万トン)
ナフサ分解炉の高度化技術		0.8	—	—	680	544
廃プラ・廃ゴムからの化学品製造	廃プラ	3.3	4	13.2	150	495
	廃ゴム	3.3	10.2	33.7	50	165
CO ₂ 等からの化学品製造	DRC	1.3	0.3	0.4	50	65
	MDI	0.8	10	0.8	50	40
アルコール類からの化学品製造	グリーン水素	8.9	0.416	3.7	150	1335
	MTO	1.6	20	32.0	220	352
	ETO	1.6	10	16.0	100	160
国内のCO ₂ 削減量				107.0		3156
世界のCO ₂ 削減量				0.4億トン		11億トン
国内の経済効果				0.3兆円		10兆円
世界の経済効果				10兆円		360兆円

- 欧米において1社で一体運用しているコンビナートでは物質・エネルギー等の融通が進んでいるが、日本では複数の事業者から成り立っており、**石油精製－石油化学の水平・垂直連携・統合やリニューアルによる国際競争力の強化**が求められる。
- カーボンニュートラルポートの形成に向けた検討が国土交通省でも進められており、これと連携しながら**コンビナートのカーボンニュートラル化**について検討を継続。



- **成長戦略実行計画**（令和3年6月18日に閣議決定）を踏まえて以下の制度等の検討（スタートアップの育成の在り方に関するワーキンググループ（内閣官房））が進められている。
- また、**NEDO等で取り組まれている各種スタートアップ支援の仕組み**（例：シード期の研究開発型スタートアップ支援、企業間連携スタートアップ支援）を**活用**するとともに、**素材・化学産業に特化したベンチャーキャピタルの取組**も行われており、それらと連携をしながら少しずつ広がりつつある化学産業におけるスタートアップの育成を進めていく。

成長戦略実行計画より抜粋

第7章 ウィズコロナ・ポストコロナの世界における我が国企業のダイナミズムの復活～スタートアップを生み出し、かつ、その規模を拡大する環境の整備

我が国のスタートアップの数は近年増加傾向にあるが、企業年齢0-2年の企業が企業全体に占める割合は13.9%にとどまり、米国（20.5%）、英国（22.4%）、フランス（22.8%）に比べて低い。

また、我が国の上場企業は、ソニーや本田技研工業など1945-1954年に設立された企業が119社と最多である一方、米国の上場企業は、アマゾンやフェイスブックなど1995-2004年に設立された企業が124社と最多である。

さらに、我が国では成長するスタートアップが少なく、ユニコーン（時価総額10億ドル超の未公開企業）の数は、2021年3月1日現在、米国274社、中国123社、欧州67社であるのに対して、日本は4社に留まる。

ウィズコロナ・ポストコロナの世界を見据えて、我が国においても、未開拓の分野に進出し、成長の担い手となる企業を創出する環境整備を図る必要がある。

1. 新規株式公開（IPO）における価格設定プロセスの見直し
2. SPAC（特別買収目的会社）制度の検討
3. 私募取引の活性化に向けた環境整備
4. スタートアップと大企業の取引適正化のための競争政策の推進
5. スタートアップのエコシステム形成に向けた包括的支援

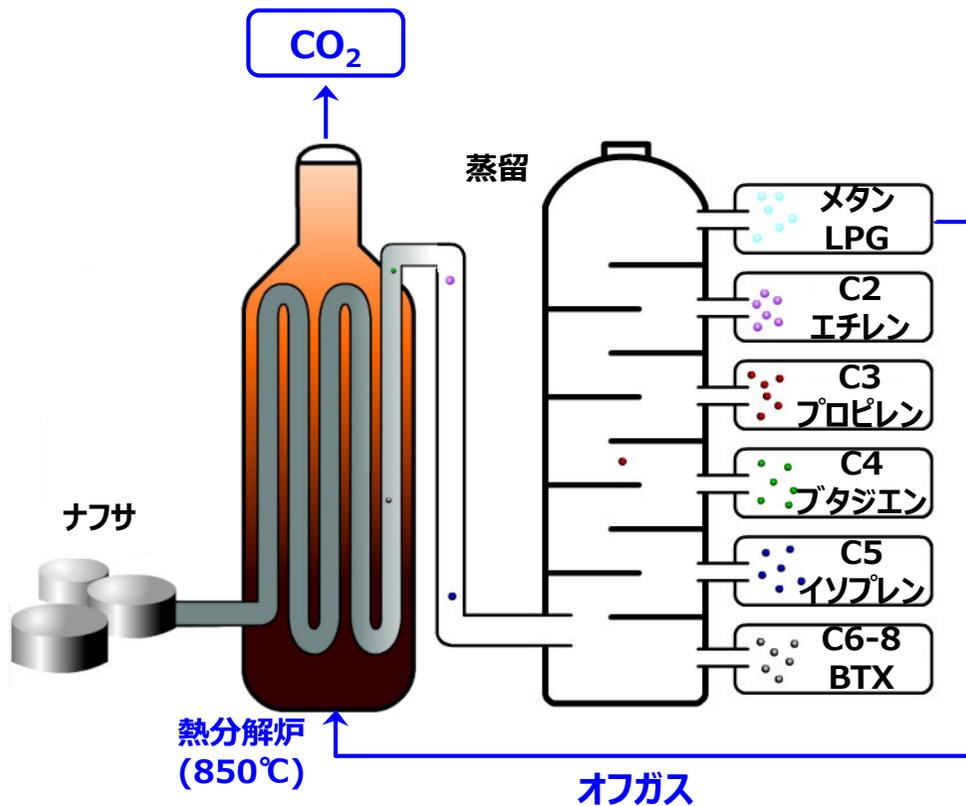
目次

- カーボンリサイクル（化学品分野）の開発意義
- 研究開発項目 1：ナフサ分解炉の高度化技術の開発
- 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
- 研究開発項目 3：CO₂からの機能性化学品製造技術の開発
- 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
- 研究開発スケジュールと社会実装ロジックモデル

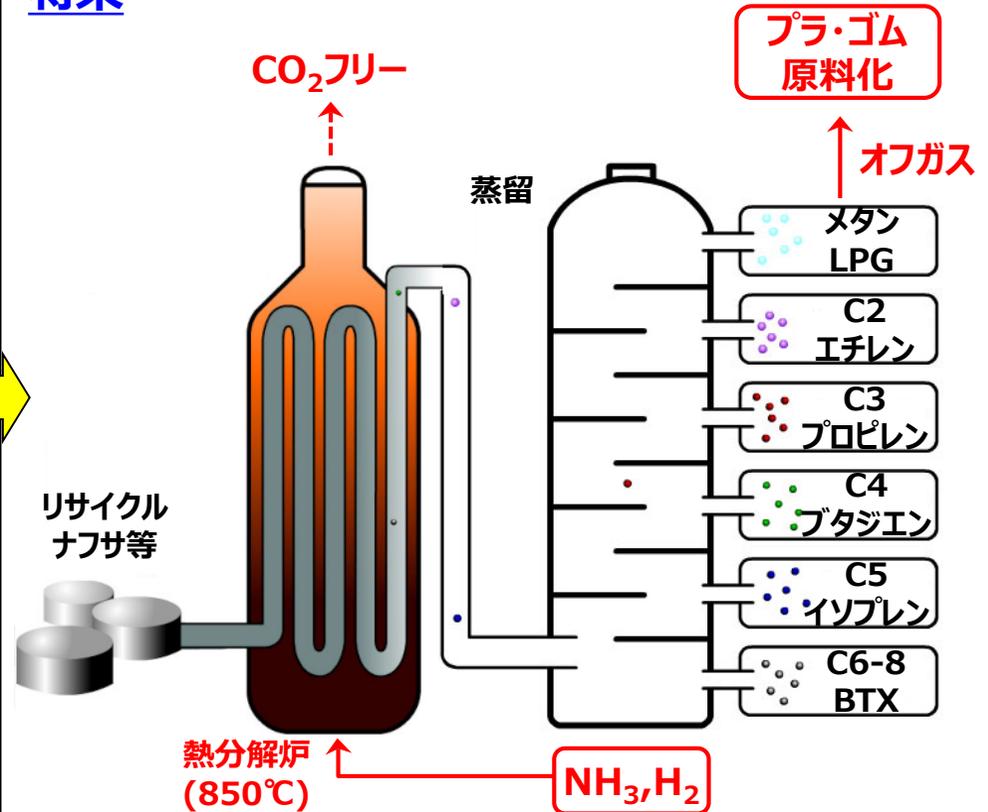
【研究開発項目1】 ナフサ分解炉の高度化技術の開発

- ナフサ分解炉では、オレフィン（C2エチレン、C3プロピレン、C4ブタジエン等）やBTX（C6ベンゼン、C7トルエン、C8キシレン）等の基礎化学品の他、メタン等のオフガスが得られ、ナフサ分解炉を850℃に維持するための熱源として利用されている。
- オフガス燃焼はCO₂排出源になっているため、熱源のカーボンニュートラル化、及びオフガスの原料化に取り組む。

現状

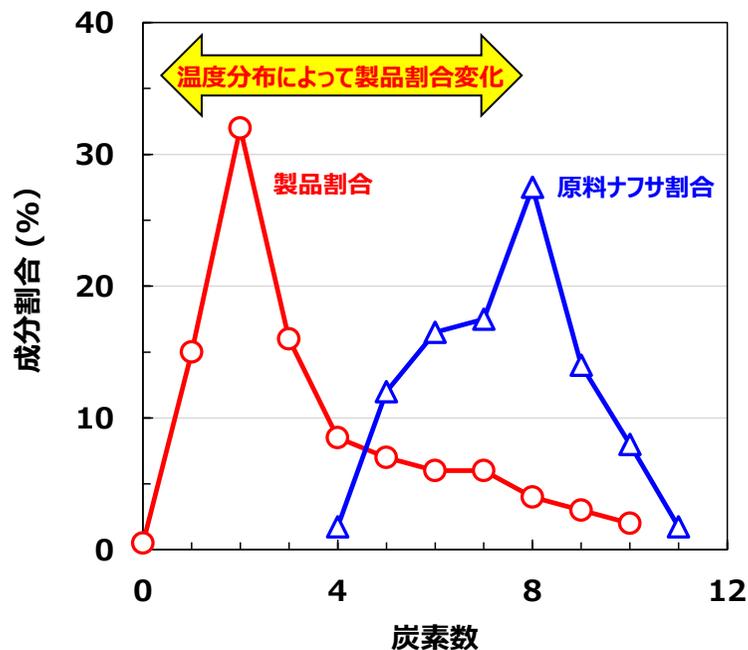


将来



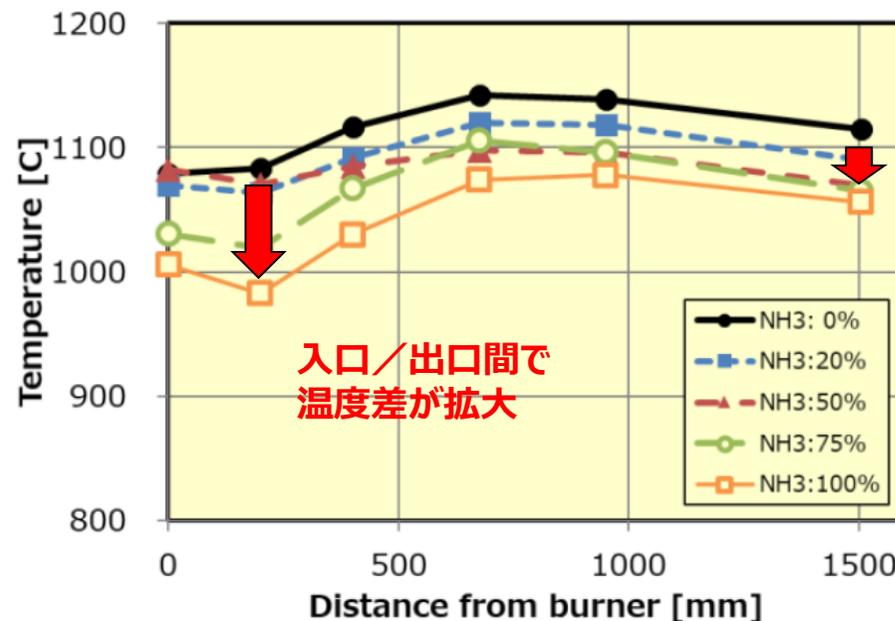
- アンモニア(水素)燃焼については工業炉やタービン、エンジン等で実証実績があるものの、**ナフサ分解炉では温度分布の変化によって得られる基礎化学品の割合が変わるため、より繊細な制御が必要。**

ナフサ分解時の成分割合



化学工学会「Web版 化学プロセス集成」

アンモニア燃焼工業炉の温度分布



SIPIエネルギーキャリア終了報告書

ナフサ分解炉において温度分布が不均一になると

- オレフィン割合変化、収率低下
- 反応管内の炭素析出等により設備稼働率低下

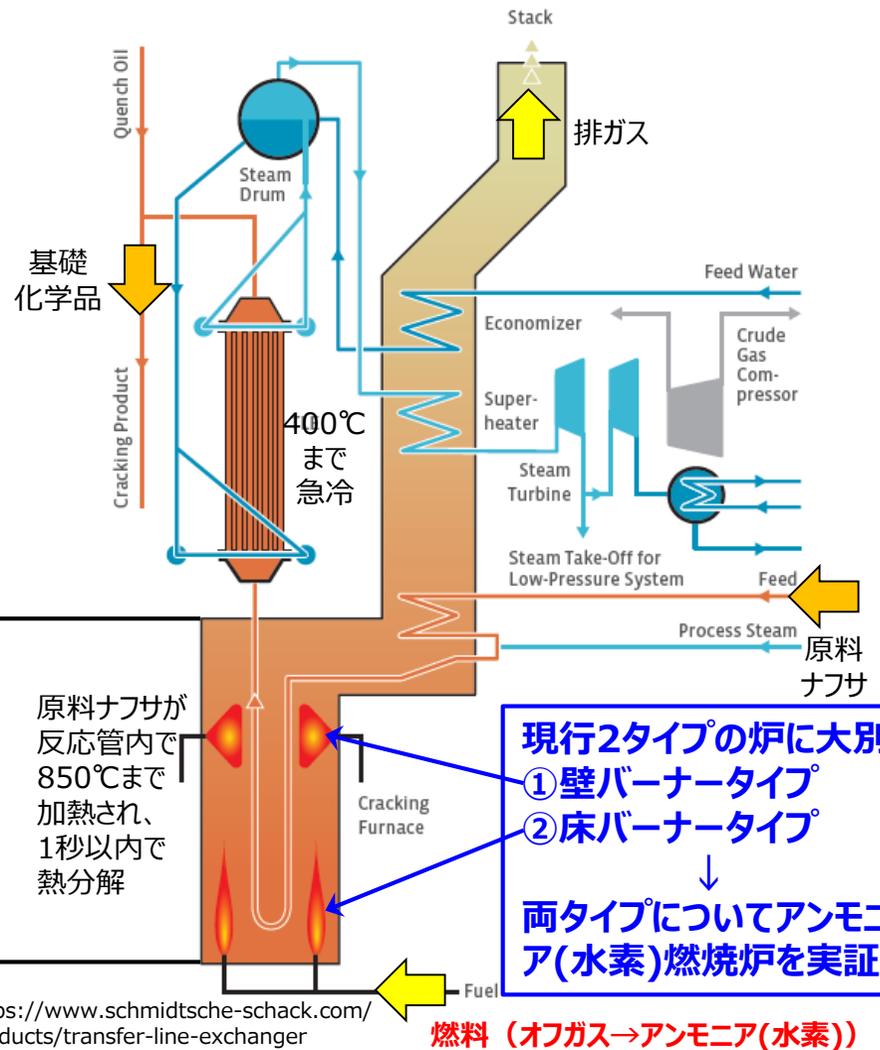
工業炉において、アンモニア燃料の割合が大きくなると

- 全体の温度が低下
- 入口/出口間で温度差が拡大

オレフィン割合や収率に影響を与えないアンモニア燃焼ナフサ分解炉の開発が必要

- 本事業では、ナフサ分解炉に適したアンモニア(水素)燃焼バーナー及び炉等を開発し、2030年までに数万トン/年スケール試験炉を実証し、国内・海外展開に向けた検討を行う。

開発のポイント
 一般的な工業炉と比べると巨大(高さ約10m)であり、燃焼条件が異なるアンモニア(水素)でも温度分布がより均一な炉を開発する必要がある。



ナフサ分解炉
 高さ約10m

原料ナフサが反応管内で850℃まで加熱され、1秒以内で熱分解

現行2タイプの炉に大別
 ①壁バーナータイプ
 ②床バーナータイプ
 ↓
 両タイプについてアンモニア(水素)燃焼炉を実証

<https://www.essentialchemicalindustry.org/processes/cracking-isomerisation-and-reforming.html>

<https://www.schmidtsche-schack.com/products/transfer-line-exchanger>

燃料 (オフガス→アンモニア(水素))

【研究開発（アウトプット）目標】

- 2030年までに、アンモニア(水素)等CO₂フリー熱源でナフサを熱分解するバーナー及び炉を開発し、エチレン、プロピレン等基礎化学品の収率や製造時の消費エネルギーを現行のナフサ分解炉と同程度にする技術を実現。数万トン/年スケール試験炉で現行と同程度の製造コストの実現を見通す。

【目標設定の考え方】

- 石油精製分を除くと、エチレン、プロピレンはナフサ分解法で製造時に1.15kg-CO₂/kg-オレフィンのCO₂を排出しているが、基礎化学品の収率や製造時の消費エネルギーが現行のナフサ分解炉と同程度であれば、アンモニア(水素)等を用いて熱分解炉の熱源をカーボンニュートラル化することによって、ここから排出される0.8kg-CO₂/kg-オレフィンのCO₂を削減することができる。
- 数十万トン/年の既存ナフサ分解炉は複数の燃焼バーナー（壁バーナー、床バーナーの2タイプ）等から構成されており、最小単位となる数万トン/年スケール試験炉の実証を目指す。

【目標達成の評価方法】

- アンモニア(水素)等を用いて、現行のナフサ分解炉に近い温度分布等が得られることを評価する。
- 現行のオフガス燃焼とアンモニア(水素)等燃焼の消費エネルギー量を比較する。

【研究開発内容（例）】

- ・熱源のカーボンフリー化によるナフサ分解炉の高度化開発・実証【9/10委託→1/2補助】

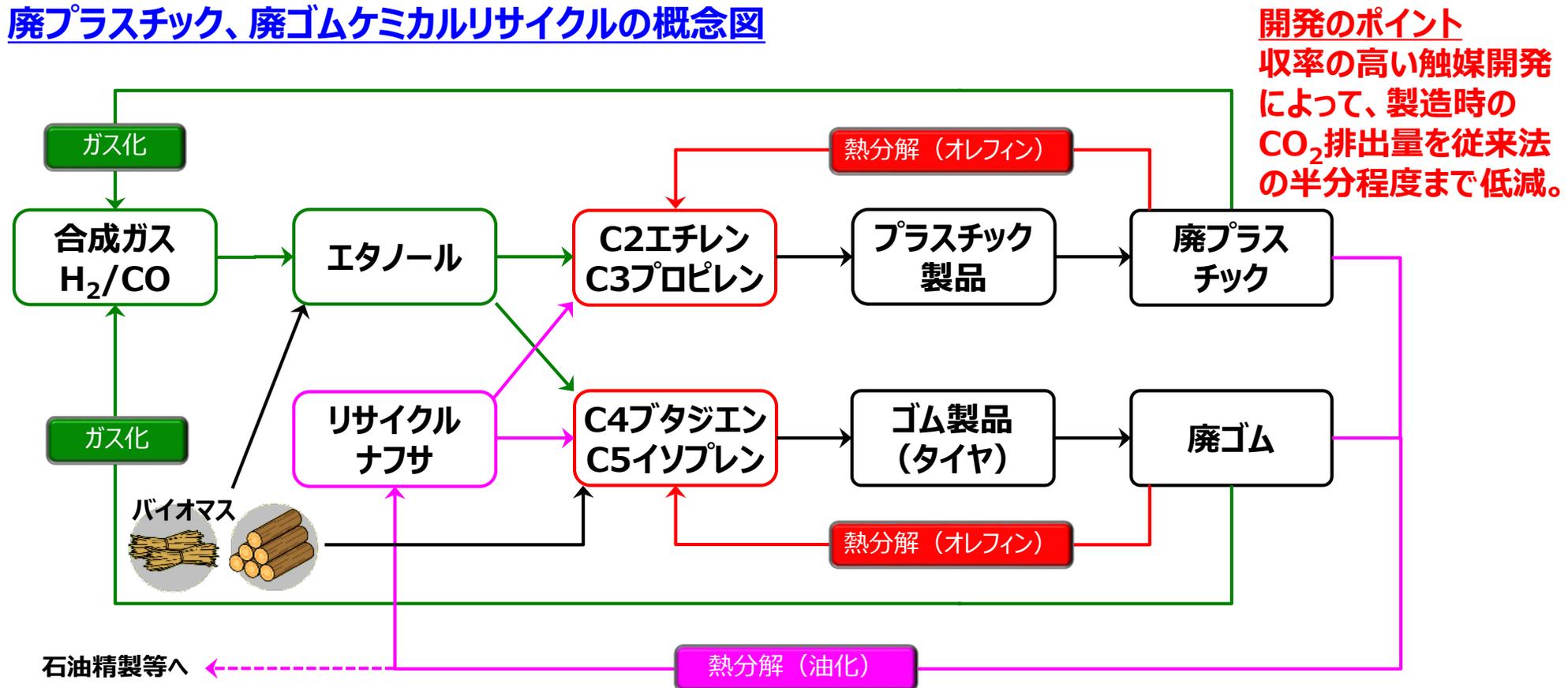
目次

- カーボンリサイクル（化学品分野）の開発意義
- 研究開発項目 1：ナフサ分解炉の高度化技術の開発
- 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
- 研究開発項目 3：CO₂からの機能性化学品製造技術の開発
- 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
- 研究開発スケジュールと社会実装ロジックモデル

【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

- 廃プラスチックや廃ゴムのケミカルリサイクルには、酸素存在下で**ガス化**して合成ガスから基礎化学品を製造する方法と、無酸素条件下で**熱分解**して**オレフィン**合成または**油化**する方法等があるが、いずれもポリスチレンやPET等一部のプラスチックにしか適用されておらず、**ケミカルリサイクル**されている**廃プラスチック等は全体の約3%に留まっている**。
- 本事業では、プロピレン、ブタジエン等の基礎化学品を**収率60%~80%**で製造するケミカルリサイクル技術を確立し、2030年までに**数千~数万トン/年スケールの実証**を行う。

廃プラスチック、廃ゴムケミカルリサイクルの概念図



【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・廃ゴムのガス化、熱分解（油化、オレフィン）はいずれも一長一短あり、現時点では海外でも競争状態にある。
- 本事業では、それぞれの要素技術について取り組みを行った上で、ステージゲート時に技術成熟度(TRL)等を見極め、プロジェクト後期では日本が強みを発揮できる有望技術に絞り込んで実証試験を実施する。

	ガス化	熱分解（油化）	熱分解（オレフィン）
分別			
強み	<ul style="list-style-type: none"> 木質バイオマス等との混合原料が使用可能 ポリ塩化ビニル(PVC)の前処理が不要 	<ul style="list-style-type: none"> 混合廃プラを原料として使用可能 得られた熱分解油を既存のナフサ分解炉にて利用可能 	<ul style="list-style-type: none"> 分別廃プラであれば、着色物や汚染物の影響を受けにくい 他のケミカルリサイクルより低コスト、低CO₂の可能性あり
弱み	<ul style="list-style-type: none"> 純酸素が高コスト CO₂削減効果が小さい（ガス化にエネルギーが必要、副生CO₂が発生） 	<ul style="list-style-type: none"> 現状ではナフサ収率が低いため、ナフサ分解炉で利用するための精製が必要 PVCの前処理が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 廃プラの分別が必要（現状ではPS, PETのみ対応可） 分解温度が高いPE、PPへの適用が難しい
海外での取り組み企業	<ul style="list-style-type: none"> Enerkem（カナダ） Air Liquide（フランス） Nouryon（オランダ） 	<ul style="list-style-type: none"> LyondellBasell（ドイツ） BASF（ドイツ） Sabic（サウジアラビア） Borealis（オーストリア） Dow, Shell（アメリカ） 	<ul style="list-style-type: none"> Loop Industries（カナダ） Agilyx（アメリカ） Pyrowave（カナダ）

旭リサーチセンター(ARC)レポート

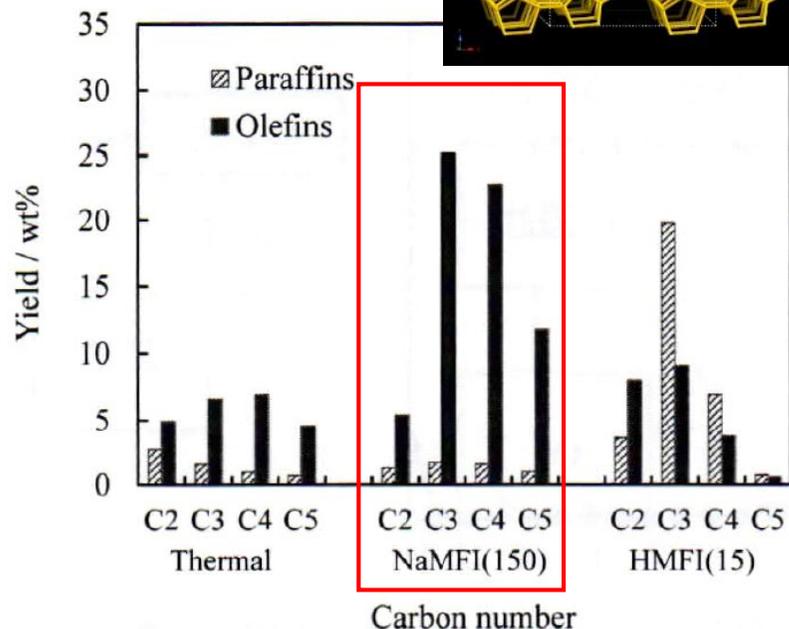
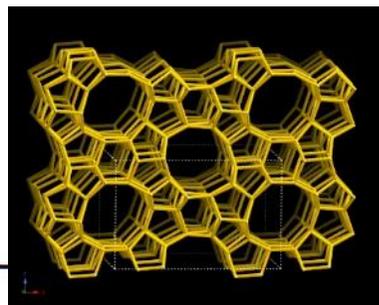
「プラスチックのケミカルリサイクルとその技術開発（上）」より一部改変

https://arc.asahi-kasei.co.jp/report/arc_report/pdf/rs-1046.pdf 39

- 廃プラスチックや廃ゴムの熱分解（オレフィン、油化）については、**収率の高い新たな触媒や添加剤等が発見**されている。
- 本事業では、これらの技術等も活用して、**実用化開発や社会実装に向けた大規模実証を実施**する。

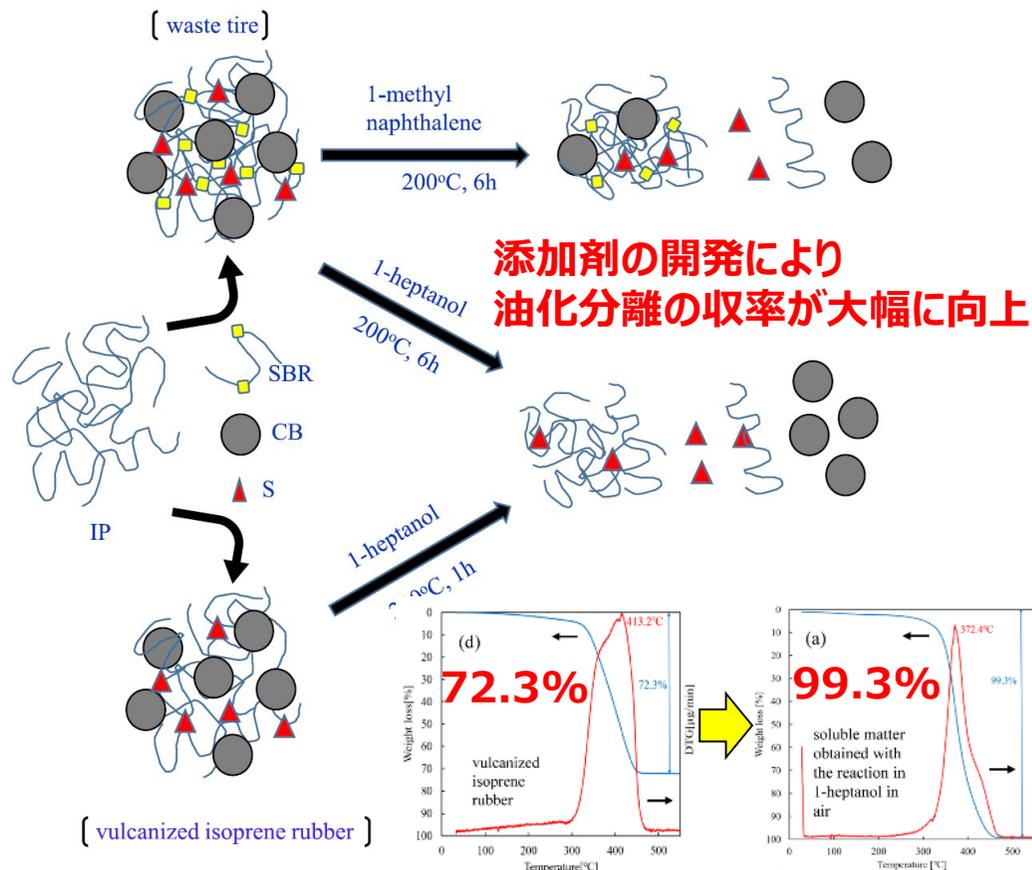
（例1）廃プラオレフィン化

新規触媒の開発により
収率向上（約65%）



上道芳夫ら, ファインケミカル, **46** (2017) 44.

（例2）廃ゴム（タイヤ）油化



D. Yamashita et al., Mater. Today Commun. **28** (2021) 102632.

【研究開発（アウトプット）目標】

- 2030年までに廃プラスチックや廃ゴム等からエチレンやプロピレン、ブタジエン等の基礎化学品を収率60～80%で製造し、製造時に排出されるCO₂をそれぞれ0.8、1.2kg-CO₂/kg-オレフィン以下にする技術確立。数千～数万トン/年スケールの実証で、現行ケミカルリサイクルプラスチックと比べて製造コスト2割減を目指す。

【目標設定の考え方】

- エチレン、プロピレンは1.6kg-CO₂/kg-オレフィン、ブタジエンは2.1kg-CO₂/kg-オレフィンのCO₂をナフサ分解法で製造時にそれぞれ排出しているが、廃プラスチックや廃ゴム等からの製造時に従来の半分程度（エチレン、プロピレン：0.8kg-CO₂/kg-オレフィン、ブタジエン：1.2kg-CO₂/kg-オレフィン）までCO₂排出量を削減することを目指す。
- 2050年までに既製品と同価格を目指すため、その途中段階の2030年の製造コスト目標として、現行ケミカルリサイクルプラスチック比2割減を設定する。

【目標達成の評価方法】

- 廃プラ・廃ゴムリサイクル時における電力・蒸気等のプロセスCO₂を定量的に評価する。
- 実証スケールごとに収率やCO₂排出量等技術目標や製造コスト目標の達成度を評価し、スケールアップの可否を判断する。

【研究開発内容（例）】

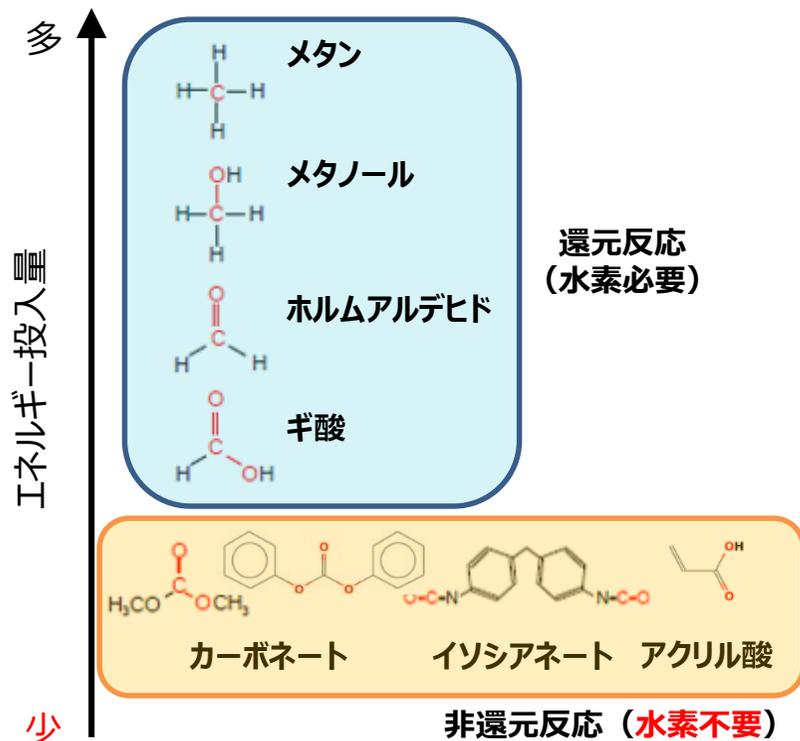
- ・ 廃プラ・廃ゴムからエチレン、プロピレン、ブタジエン等基礎化学品製造技術の開発・実証
【9/10委託→2/3補助→1/2補助】

目次

- カーボンリサイクル（化学品分野）の開発意義
- 研究開発項目 1：ナフサ分解炉の高度化技術の開発
- 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
- 研究開発項目 3：CO₂からの機能性化学品製造技術の開発
- 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
- 研究開発スケジュールと社会実装ロジックモデル

- ポリカーボネートやポリウレタン等O-C=O構造を有する含酸素化合物は、**水素を用いることなく、低エネルギーでCO₂を原料として製造可能**であり、CO₂排出量削減に寄与する。
- ポリエチレンやポリプロピレン等の汎用プラスチックと比べると需要は小さいものの、**ポリカーボネート等の世界シェアは高く、更なる高機能化による市場拡大**が見込まれている。

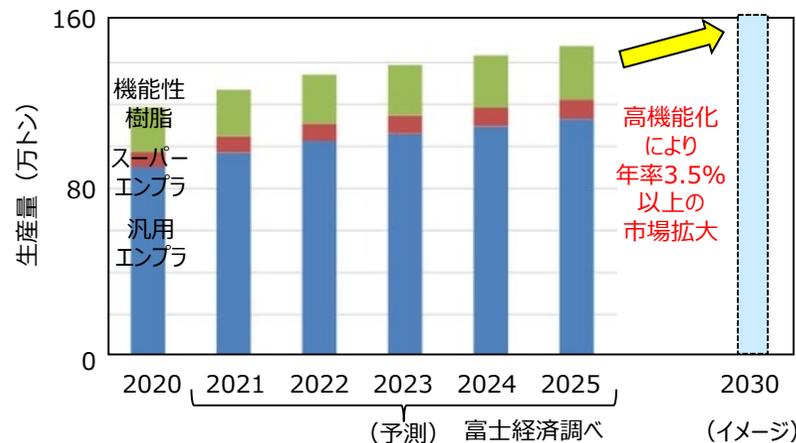
CO₂から直接合成可能な機能性化学品候補



機能性プラスチックの市場と今後の予測

機能性プラスチック (含酸素化合物)	世界需要	日本シェア	日本需要
	百万トン	シェア%	百万トン
ポリカーボネート	4.6	28 (43)	0.3
ポリウレタン原料 (ポリオール、イソシアネート)	21.6	6.4	0.7
高吸水性高分子原料 (アクリル酸)	6.8	16	0.2

カッコ内は海外ライセンス生産を含むシェア

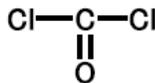


【研究開発項目3】CO₂からの機能性化学品製造技術の開発

- 本事業では、ホスゲン等有毒な原料が不要で、ポリカーボネートやポリウレタン等の機能性化学品製造時の消費エネルギーを現行と同程度以下にする技術を確認し、2030年までに数百～数千トン/年スケールの実証を行う。
- 併せて、新規市場を開拓すべく、用途拡大に必要な機能性の更なる向上にも取り組む。

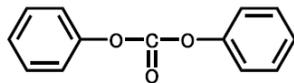
ポリカーボネートの機能性向上 (例)

従来法 (界面法)



ホスゲン
(毒物)

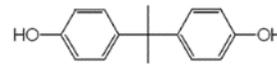
新製法 (熔融法)



ジフェニルカーボネート

開発のポイント

ホスゲン等有毒な原料を使わずに、
更なるCO₂削減と機能性向上を目指す。



ビスフェノールA

原料等は提案に応じて採用。



原料B



原料C



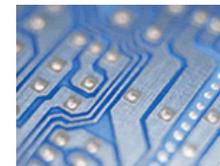
原料D

製造時のCO₂排出量が
少ない原料への転換等



従来用途

汎用ポリカーボネート



プリント基板
(電気特性)



カメラレンズ
(光学特性)



自動車用部品
(力学特性)

機能性向上による用途拡大

新規市場の獲得

本州化学
ホームページより

【研究開発（アウトプット）目標】

- 2030年までにポリカーボネートやポリウレタン等の機能性を向上させ、ホスゲン等の有毒原料を不要とすることで有毒原料製造時のCO₂排出量を削減し、**更に0.3kg-CO₂/kg*以上のCO₂を原料化**できる技術を実現。**数百～数千トン/年スケールの実証で、既製品と同価格**を目指す。（*目的物によって異なる。）

【目標設定の考え方】

- ポリカーボネート、ポリウレタンの原料となるジアルキルカーボネート(DRC)、ジフェニルメタンジイソシアネート(MDI)等について、不要となるホスゲン製造時のCO₂排出量（例：1.0kg-CO₂/kg-DRC、0.5kg-CO₂/kg-MDI）を削減するとともに、製造時の消費エネルギーを現行と同程度以下にすることを旨とする。
- プリント基板やカメラレンズ、自動車用部品等への用途拡大のため、**電気・光学・力学特性等の機能性を向上**させる。汎用プラスチック等とは異なり、ポリカーボネート、ポリウレタン等の含酸素化合物は製造時に水素が不要であることから、より早い段階（2030年までに）で既製品と同価格を目指す。

【目標達成の評価方法】

- CO₂原料化における電力・蒸気等のプロセスCO₂を定量的に評価する。
- ホスゲン等有毒な原料の削減や、電気・光学・力学特性等の機能性向上、製造コストについても評価する。

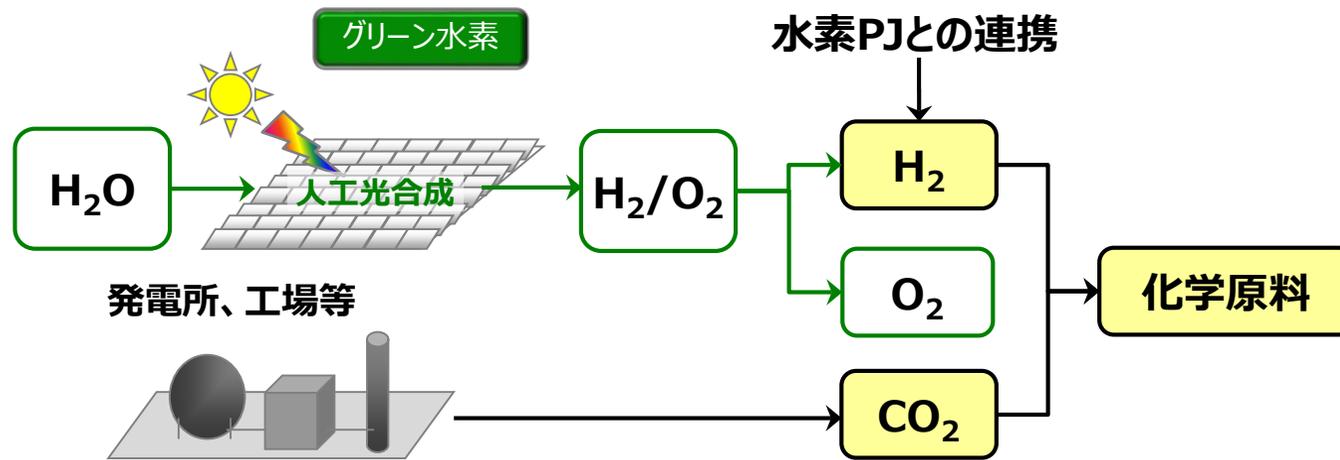
【研究開発内容（例）】

- ・ CO₂からポリカーボネート、ポリウレタン等の機能性化学品製造技術の開発・実証【2/3補助→1/2補助】

目次

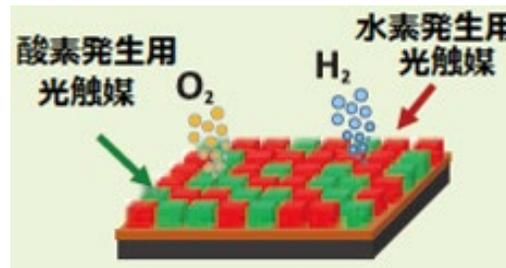
- カーボンリサイクル（化学品分野）の開発意義
- 研究開発項目 1：ナフサ分解炉の高度化技術の開発
- 研究開発項目 2：廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術の開発
- 研究開発項目 3：CO₂からの機能性化学品製造技術の開発
- 研究開発項目 4：アルコール類からの化学品製造技術の開発
- 研究開発スケジュールと社会実装ロジックモデル

- 人工光合成については、これまでに**変換効率7%の光電極触媒**を開発するとともに、**100m²級のフィールドテストが実施できる微粒子触媒**を開発。本事業では**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、フィールドテストの拡張（数ヘクタール規模）**に取り組む。
- 社会実装までの技術ハードルは高いが、日本が強みを有する技術であることから、**ステージゲートにおけるマイルストーン目標を明確**にしつつ、中長期的な視点に立ってこれまでの取り組みを加速する。

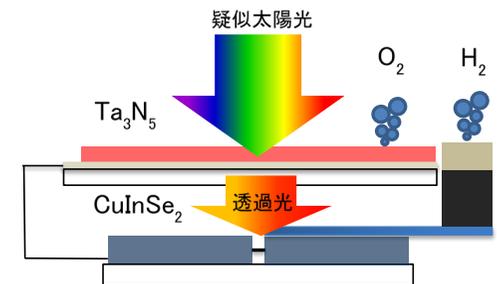


社会実装を見据えて水素製造コストの目標達成が肝要

- **光触媒の変換効率**
- **量産性（製造コストの低減等）の向上を追求していく**

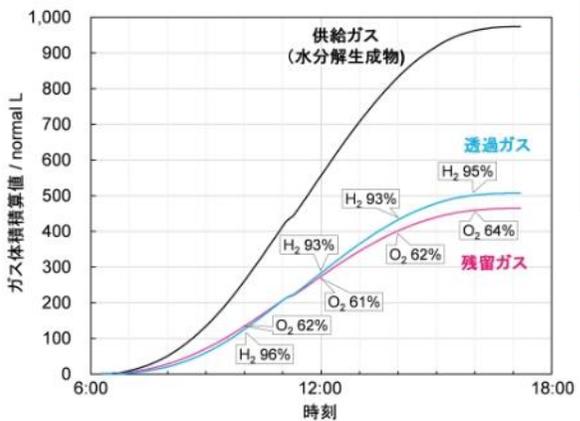


微粒子触媒
(現状：優れた量産性)



光電極触媒
(現状：高い変換効率)

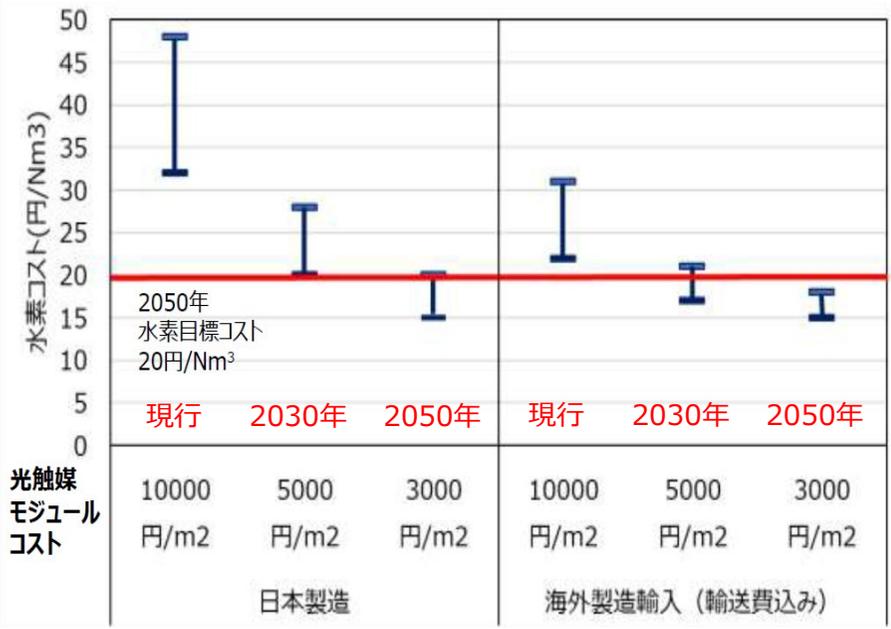
- 100m²級人工光合成フィールドテストは世界初の成果 (NEDO 2021年8月26日プレスリリース)
- 2050年に水素製造コスト20円/Nm³以下を実現するためには、光触媒パネル製造コストの低減(3000円/m²以下)が求められる。



フィールドテストの成果がNature誌に掲載

- ・100m²規模の光触媒パネル反応器の開発・実証
- ・ガス分離モジュールによる混合気体からの水素の分離(95%以上)

人工光合成による水素製造コスト試算



エネルギー変換効率10%, 海外は日照時間4000時間、海外輸送費(キャリア製造、輸送、再水素化)
2050年10円/Nm³を想定。コスト幅は、減価償却中コストと30年の平均コストにて記載 (NEDOプロジェクト成果より)

光触媒モジュール製造コストの低減により、水素製造コスト20円/Nm³以下が実現できる見込み
他の水素製造方式(20~30円/Nm³)より安価

【研究開発（アウトプット）目標】

- 2030年までに**変換効率10%以上**の光触媒を開発し、人工光合成の数ヘクター規模実証によって**水素製造コスト30円/Nm³以下**の見通しを得る。

【目標設定の考え方】

- 2050年目標として、光触媒の変換効率が10%、光触媒パネル製造コストが0.3万円/m²に到達すると、水素製造コストは20円/Nm³以下になると見込まれ、他方式による水素製造（20～30円/Nm³）と比較しても十分競争力があることが見込まれる。天然ガスの水蒸気改質による水素製造と比較すると、8.9kg-CO₂/kg-H₂のCO₂排出量を削減することができる。

【目標達成の評価方法】

- 光触媒の変換効率、パネル製造コスト、耐久性等を総合的に勘案して算出した水素製造コストを評価。
- 本技術については社会実装の不確実性が特に大きいとの意見もあり、ステージゲートにおいてマイルストーン目標の達成度を評価し、継続可否を判断する。

※マイルストーン目標（例；再掲）

		2024年頃	2028年頃	2030年
変換効率	微粒子触媒	4%	7%	10%
	光電極触媒	8%	9%	
光触媒パネル製造コスト	微粒子触媒	3万円/m ²	1万円/m ²	0.5万円/m ²
	光電極触媒	6万円/m ²	2万円/m ²	
耐久性		1000時間	4000時間	1万時間
水素製造コスト		50円/Nm ³	40円/Nm ³	30円/Nm ³

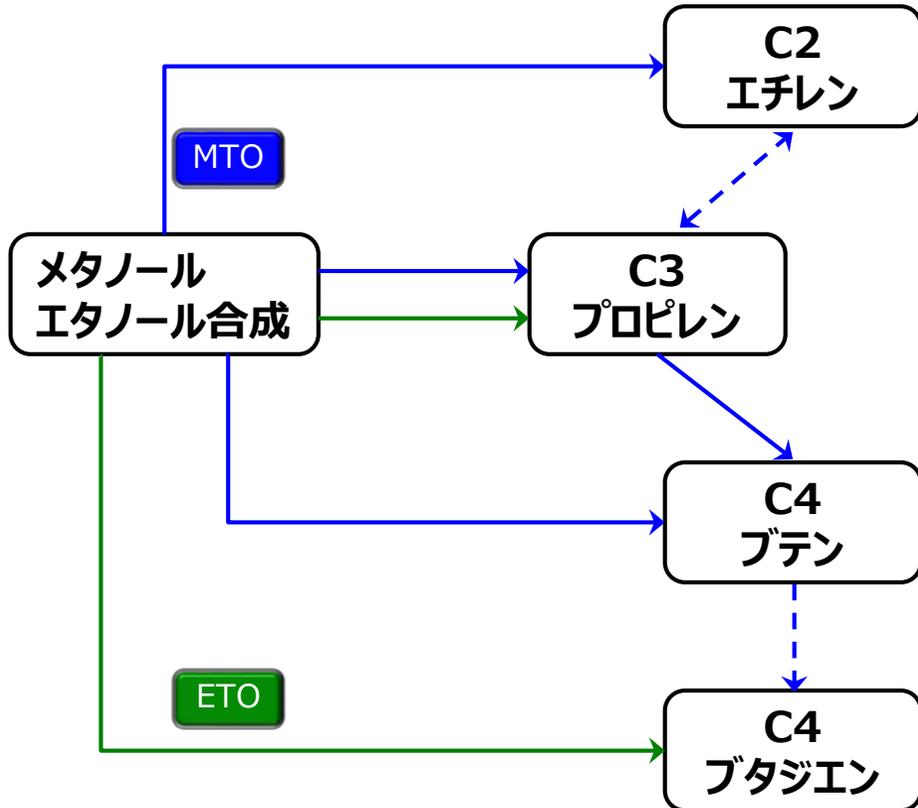
【研究開発内容】

- ・ グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発・実証【9/10委託→1/2補助】

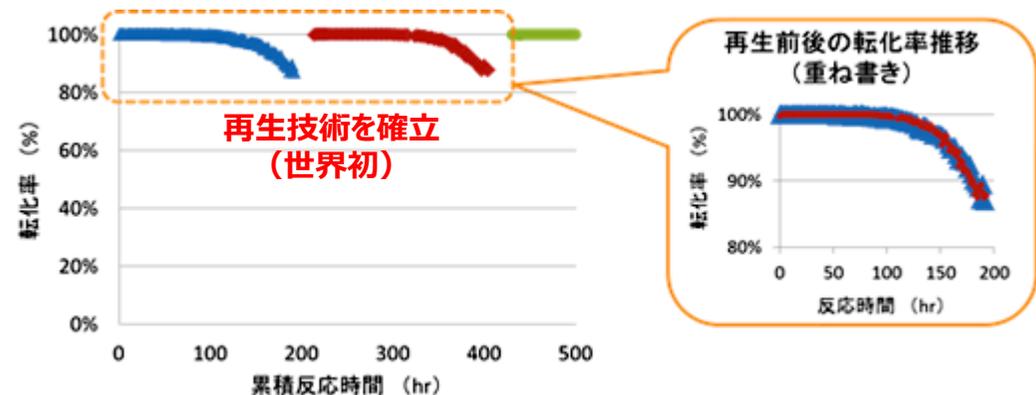
【研究開発項目4】アルコール類からの化学品製造技術の開発②

- これまでに、メタノールからエチレン、プロピレン、ブテン等のオレフィンを製造(MTO)可能な高耐久性ゼオライト触媒を開発。触媒の再生工程により1500時間の耐久性を実現。
- 本事業では、メタノール、エタノール等の化学原料からエチレン、プロピレン等を製造するプロセス(MTO、ETO)の収率を向上させ、大規模実証によって数千~数万トン/年スケール製造の見通しを得るとともに、耐久性向上、低コスト化、製造プロセスにおけるCO₂排出削減等を実現する。

メタノール、エタノールからのオレフィン製造概念図



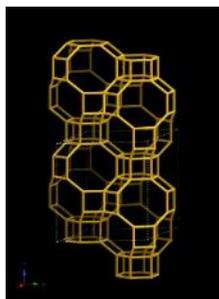
開発のポイント
海外MTOと比較して
低コストでCO₂排出
量が少ない製造プロ
セスを確立



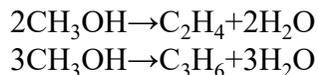
MTO触媒の小型パイロット実証
(2017年3月16日 NEDOプレスリリースより)

- 既存MTOではエチレン：プロピレン比率が約1:1で得られるが、メタノールからエチレンまたはプロピレンの選択性が上がれば、今後のプラスチック需要により合わせた原料生産が可能になる。
- エチレンまたはプロピレンの選択率が70%以上得られる新規触媒を開発するとともに、脱水によってエチレン製造が容易なエタノールについても、高いプロピレン収率を実現する。

高選択性を有するMTO/ETOの開発 (例)



既存MTO	
エチレン	39%
プロピレン	40%



(参考 ナフサ分解炉 エチレン：プロピレン=54：46)

触媒等は提案に応じて採用。



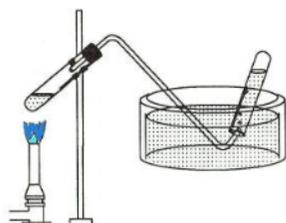
触媒A

Methanol to Ethylene	
エチレン	70%以上
オレフィン全体	80~90%

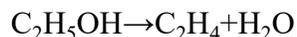


触媒B

Methanol to Propylene	
プロピレン	70%以上
オレフィン全体	80~90%



エタノール脱水	
エチレン	99%



触媒C

Ethanol to Propylene	
プロピレン	70%以上
オレフィン全体	80~90%

【研究開発（アウトプット）目標】

- 2030年までに、水素とCO₂からアルコール類等を経由してエチレン、プロピレン等の基礎化学品を収率80～90%で製造し、製造時に排出するCO₂をゼロにする技術を確立した上で、数千～数万トン／年スケールの実証により、耐久性1万時間以上、現行MTO等と比べて製造コスト2割減を実現する。

【目標設定の考え方】

- エチレン、プロピレンはナフサ分解法で製造時に1.6kg-CO₂/kg-オレフィンのCO₂を排出しているが、メタノール、エタノール合成時にCO₂を原料化することによって、**プロセス全体のCO₂排出量をゼロ**にすることができる。
- 2050年までに既製品と同価格を目指すため、2030年までに現行MTO等比製造コスト2割減を目標とする。

【目標達成の評価方法】

- MTO等における電力・蒸気等のプロセスCO₂を定量的に評価する。
- 実証スケールごとに収率やCO₂排出量、耐久性等技術目標や製造コスト目標の達成度を評価し、スケールアップの可否を判断する。

【研究開発内容】

- ・メタノール、エタノール等からの基礎化学品製造の開発・実証【2/3補助→1/2補助】

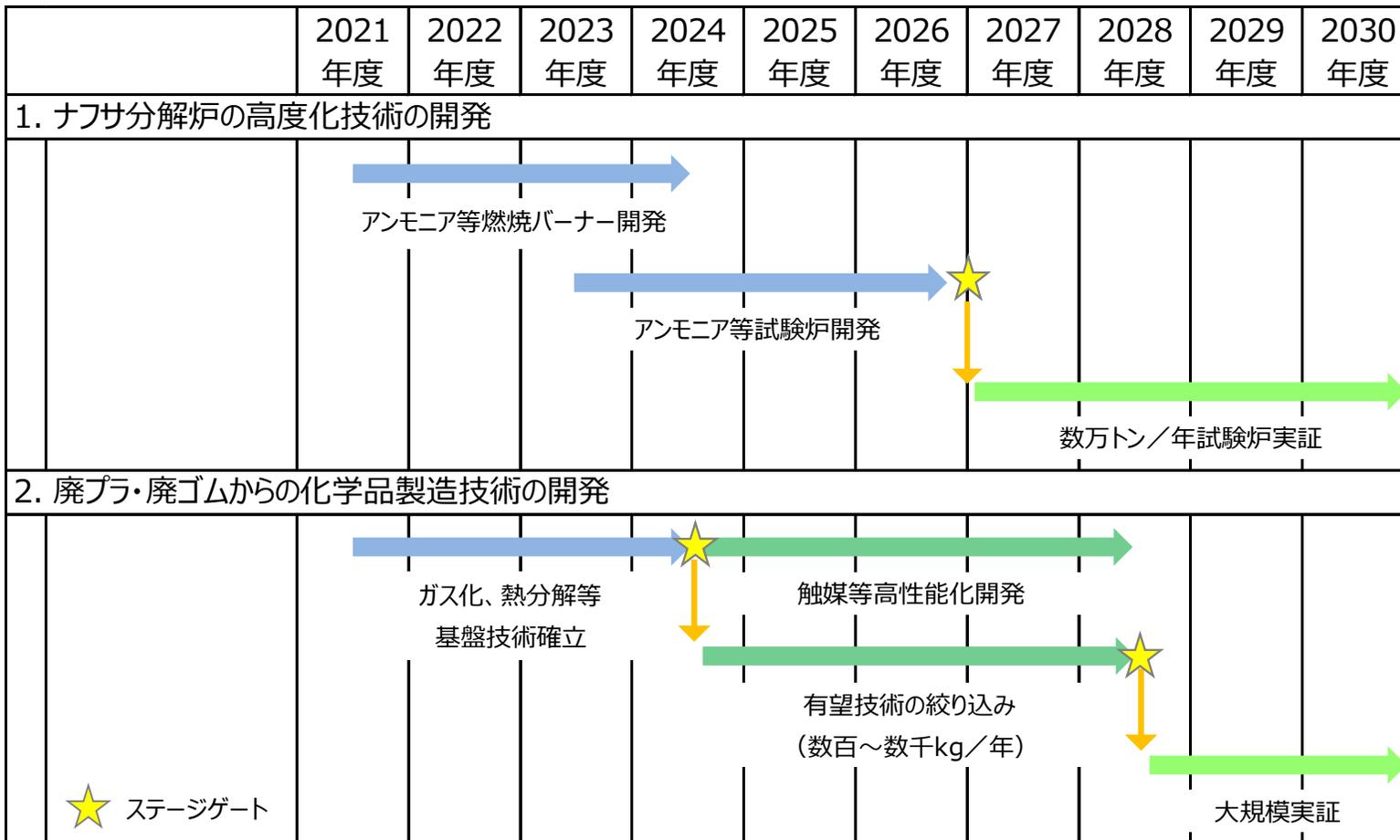
目次

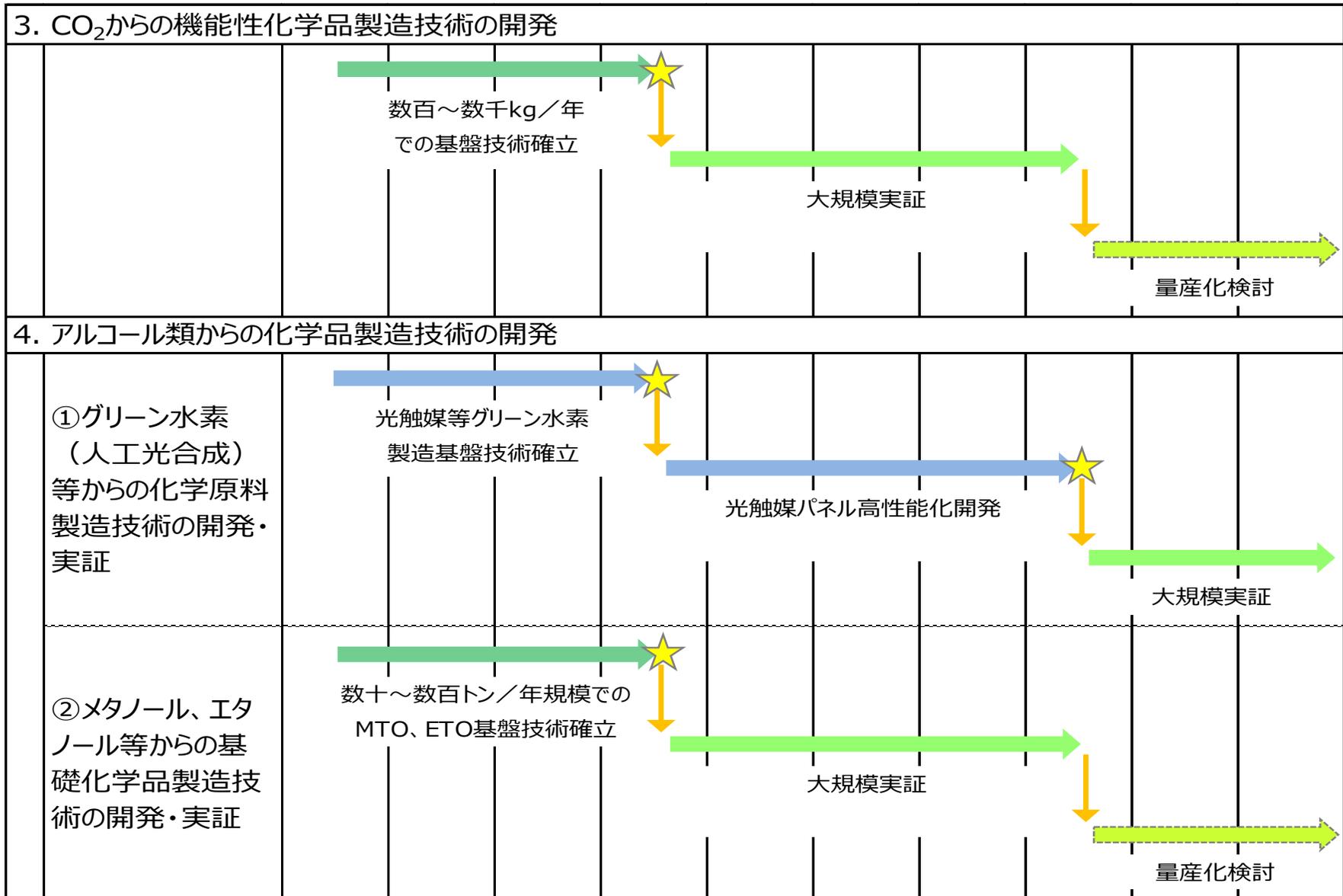
- カーボンリサイクル（化学品分野）の開発意義
- 研究開発項目 1：ナフサ分解炉の高度化技術の開発
- 研究開発項目 2：廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術の開発
- 研究開発項目 3：CO₂からの機能性化学品製造技術の開発
- 研究開発項目 4：アルコール類からの化学品製造技術の開発
- 研究開発スケジュールと社会実装ロジックモデル

研究開発スケジュール

修正
資6(p.21)

- 各研究開発項目について異なる実施者を想定しているが、複数項目の開発・実証を組み合わせることで相乗効果を生み出す場合は、同一の実施者が複数項目に提案することも可とする。
- そのため、以下のスケジュールはあくまで一例であり、**複数の研究開発項目、内容を組み合わせて、早期の目標のために最適なスケジュールを組むことを妨げない。**
- **以下の通り、ステージゲートを設定し、事業の進捗を見て継続可否、技術の絞り込み等を判断。**





★ ステージゲート

- 事業総額（国費負担額のみ。インセンティブ分を含む額）：上限 1,262 億円

【研究開発項目1】ナフサ分解炉の高度化技術の開発（9/10委託→1/2補助）

- 予算額：上限 167 億円
- 主な予算根拠：アンモニア（水素）バーナー、炉等の参考見積（複数社から取得）、ナフサ分解炉の設備費等を参考に、実証規模を数万トン／年スケールとして試算。

【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（9/10委託→2/3補助→1/2補助）

- 予算額：上限 413 億円
- 主な予算根拠：海外を含むケミカルリサイクル実証設備費等（調査報告書等を参照）を元に、実証規模を数千トン／年スケールとして試算。

【研究開発項目3】CO₂からの機能性化学品製造技術の開発（2/3補助→1/2補助）

- 予算額：上限 200 億円
- 主な予算根拠：ポリカーボネート、ポリウレタン等製造設備費等（調査報告書等を参照）を元に、実証規模を数千トン／年スケールとして試算。

【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

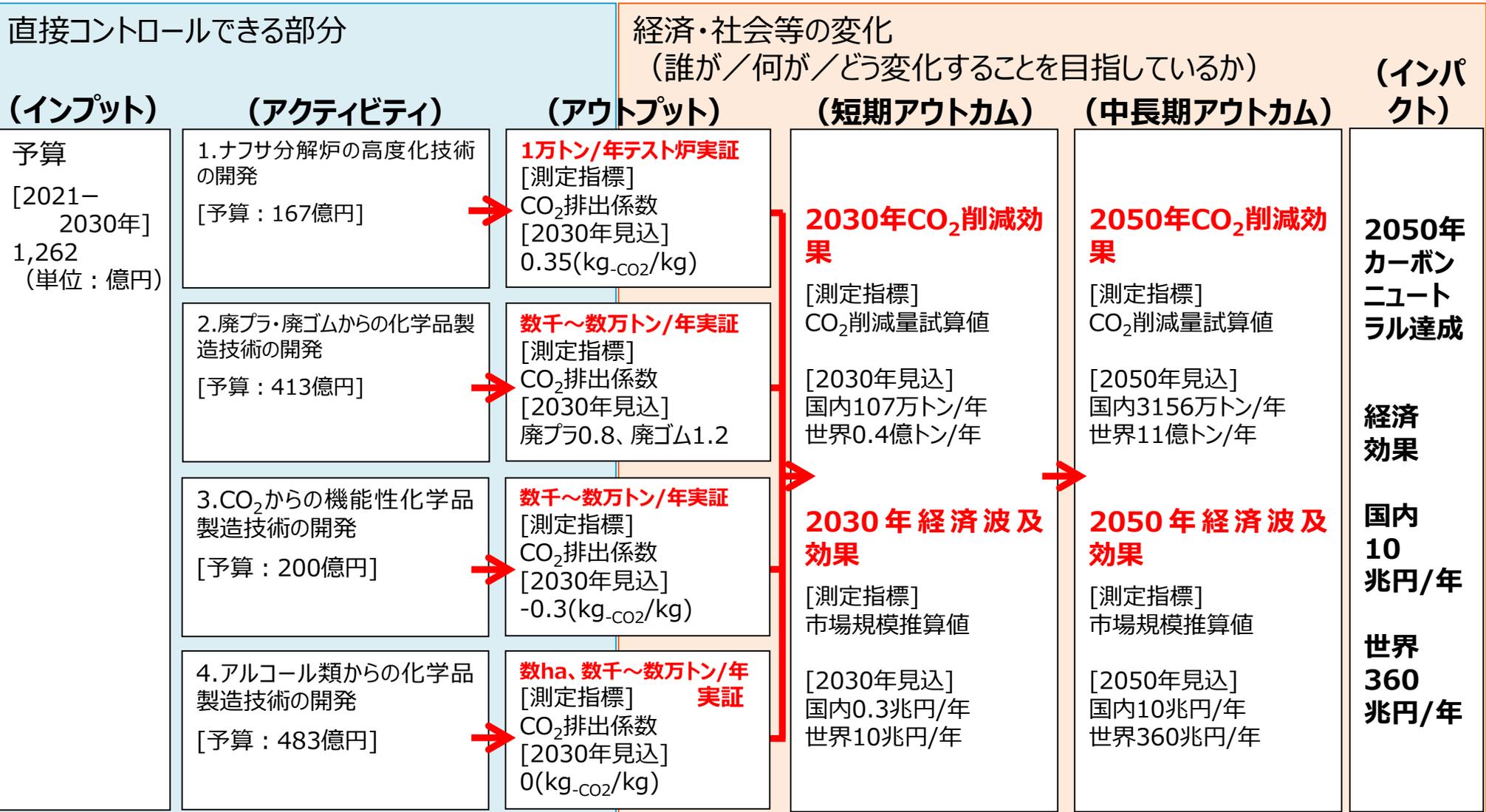
① グリーン水素（人工光合成）等からの化学原料製造技術の開発（9/10委託→1/2補助）

- 予算額：上限 169 億円
- 主な予算根拠：既存事業（省エネ型化学品製造プロセス技術の開発事業）の100m²フィールドテストの設備費等を元に、実証規模を1ヘクタールスケールとして試算。

② メタノール、エタノール等からの基礎化学品製造技術の開発（2/3補助→1/2補助）

- 予算額：上限 314 億円
- 主な予算根拠：海外のMTO設備費等（調査報告書等を参照）を元に、実証規模を数千トン／年スケールとして試算。

社会実装ロジックモデル



アウトプットの達成が、アウトカムの発現につながることを示すエビデンス

※レポートベースでのエビデンスを提示。FSを行った場合には結果に即した記載をする。

① アウトプット目標は、IEA The Future of HydrogenやIDEA v.2.3を参考にして算出。

② 石油化学工業協会「石油化学工業の現状2020年」、国立環境研究所「温室効果ガスインベントリ」より生産量等を算出し、CO₂削減効果を評価。