

「トランジションファイナンス」に関する 化学分野における技術ロードマップ（案）

2021年11月

経済産業省

目次

章	節	概要
1. 前提		- 化学分野の技術ロードマップの必要性 - 技術ロードマップの目的・位置づけ
2. 化学産業について		- 化学産業の生産規模など - 技術ロードマップの対象とする化学産業の範囲 - 化学産業における製造プロセス 脱炭素に向けた方向性
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋	①CNに向けた低炭素・脱炭素技術	カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発の2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	本技術ロードマップで想定する技術およびCO2排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		- 脱炭素電源、水素供給、CCUSなど他分野との連携 - 本技術ロードマップの今後の展開

内容

1. 前提

2. 化学産業について

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

1. 前提 | 化学分野の技術ロードマップの必要性

- トランジションファイナンスに関するロードマップ（以下技術ロードマップ）は、CO₂多排出産業であり、かつ排出ゼロのための代替手段が技術的・経済的に現状利用可能ではなく、トランジションの重要性が高いことなどを理由に、分野を選定している。
- 化学品は生活を支える幅広い製品の材料として組み込まれており、化学産業はサプライチェーンの川上に位置することから産業の基盤としての役割を果たしている。日本の化学産業は、ナフサ分解によりバランス良く基礎化学品の製造・供給により、自動車や電気電子産業など、あらゆる川下産業の競争力の源泉となっている。
- また、化学産業はCO₂を資源として有効利用することができる産業としても期待され、カーボンニュートラル社会の実現に向けては、なくてはならない産業。
- 他方、化学産業は現時点では世界的に多排出な産業分野であり、国内でも製造業の中で鉄鋼業に次ぐ規模のCO₂を排出しており、化学分野のネットゼロに向けた移行は不可欠。移行には低炭素化に向けた省エネ設備の更新・導入等とともに、既存設備や関連機器の有効活用、脱炭素化に向けた革新的技術の研究開発・実装と多額の資金調達が必要となるため、国内外の技術を整理し、2050年までの道筋を描いた。
- 脱炭素に向けた技術革新や事業構造の変革は企業の強みとなる。2020年時点で3,500兆円（35兆ドル：世界持続的投資連合調べ）規模にまで拡大した世界のESG資金を呼び込むために、投資家の視点も理解しながら、多排出産業もその戦略を開示することが求められている。
- 日本の化学産業の国際競争力向上に寄与する観点も踏まえ、技術、金融の有識者および化学分野の事業者の代表を含めて議論を行い、本技術ロードマップを策定した。

1. 前提 | 技術ロードマップの目的・位置づけ①

- 本技術ロードマップは、「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本方針」（2021年5月金融庁・経済産業省・環境省）を踏まえ、我が国化学産業における企業が、トランジション・ファイナンス（注）を活用した気候変動対策を検討するにあたり参照することができるものとして、策定するものである。
- 銀行、証券会社、投資家等に対して、当該企業が行う資金調達において、脱炭素に向けた移行の戦略・取組がトランジション・ファイナンスとして適格かどうかを判断する際の一助とするものである。
- 本技術ロードマップは、2050年のカーボンニュートラル実現を最終的な目標とし、現時点で入手可能な情報に基づき、2050年までに実用化が想定される低炭素・脱炭素技術や、それらの実用化のタイミングについて、イメージを示すものである。
- 本技術ロードマップは、パリ協定に基づき定められた国の排出削減目標（NDC）※¹やグリーン成長戦略※²、グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画※³と整合的なものとなっている。
- 現時点において、化学産業におけるカーボンニュートラルを実現する技術は確立していない。国内化学産業の脱炭素化に向けて、2050年に向けてはいまだ確立されていない技術の研究開発が不可欠であり、官民一体となって取り組む。
- 一方、中間目標の設定が基本指針※⁴ P10で求められており、2030年の排出削減の実行性に一層注目が置かれているところ、化学産業においては、脱炭素技術の確立を待つことなく、本技術ロードマップも参考としつつ、2030年や2040年を見据えたトランジション期間においては、研究開発のみならず、引き続き省エネやエネルギー転換などの「移行」を進めていくことが重要。

※¹ : <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kaisai/dai41/siryou1.pdf>

※² : <https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>

※³ : https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/006_06_00.pdf

※⁴ : <https://www.meti.go.jp/press/2021/05/20210507001/20210507001.html>

（注）「トランジション・ファイナンス」とは、基本指針において、『気候変動への対策を検討している企業が、脱炭素社会の実現に向けて、長期的な戦略に則った温室効果ガス削減の取組を行っている場合にその取組を支援することを目的とした金融手法をいう』とされている。

1. 前提 | 技術ロードマップの目的・位置づけ②

- トランジション・ファイナンスの対象には、自社の低・脱炭素化に向けた設備や研究開発への投資だけでなく、既存設備の解体・撤去費用、排出削減の取組により生じる他の環境や社会的な影響（事業撤退や廃炉等に伴う土壌汚染、雇用への影響等）への対応、他分野のトランジションに貢献する取組・活動等も含まれる。
- 化学分野においても、本資料のP 7に示すような他産業の脱炭素に貢献する製品（エコプロダクツ）は、トランジション・ファイナンスの対象になりうる。なお、クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針P8では、『トランジション・ファイナンスでは、自社の経済活動に伴う排出削減を対象にした戦略・計画を持つ主体だけではなく、自社の製品・サービスを通じて、他社のトランジション戦略の実現を可能にする取り組みを計画している主体も対象となる。』とある。
- これらは脱炭素化に向けた社会経済全体に寄与する重要な要素である一方で、極めて広範囲な取組・活動にわたることから、本技術ロードマップについては、主に化学分野における低炭素・脱炭素に向けた「技術」を取り扱う。

内容

1. 前提

2. 化学産業について

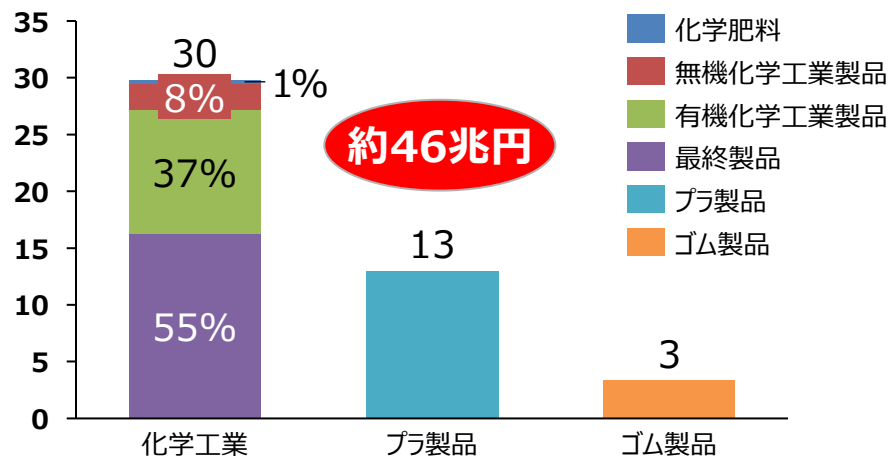
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

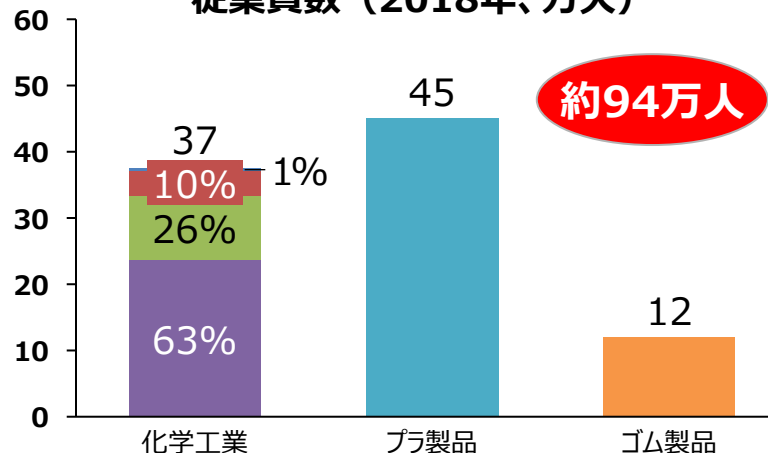
2. 化学産業について | 化学産業の産業規模

- 国内総出荷額は約46兆円。従業員数は約94万人。
- 原材料から化学反応等を用いて加工し、あらゆる分野における部素材や最終製品を製造。

出荷額（2018年、兆円）



従業員数（2018年、万人）



広義の化学工業

川上：石油化学基礎製品、産業ガス、ソーダなど

川中：各種中間化学品・誘導品など

川下：油脂加工製品・石けん・合成洗剤製造業、医薬品製造業、プラスチック製造業、合成ゴム製造業、その他の化学工業 など

自動車部品や電気電子産業等への素材供給を通じて、
最終製品を下支え

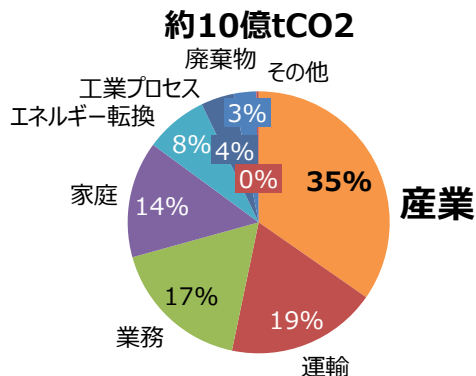


※太陽電池用材料、次世代自動車材料 など、他分野のカーボンニュートラルに貢献する役割も担う。

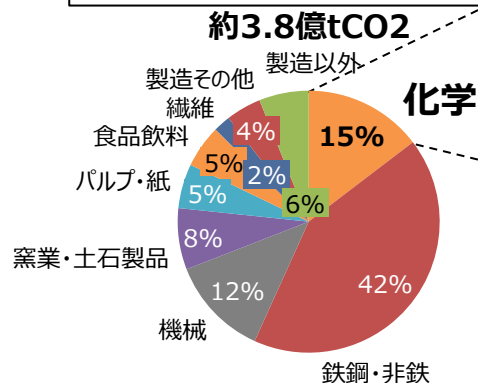
2. 化学産業について | CO2排出量

- 2019年度の我が国のCO2排出のうち、産業部門のCO2排出は35%。
- このうち、約15%を占める化学産業においては、CO2排出量の削減は喫緊の課題。
- 化学産業ではエネルギー排出に加え、ナフサ等の原料利用による潜在的な排出も存在。

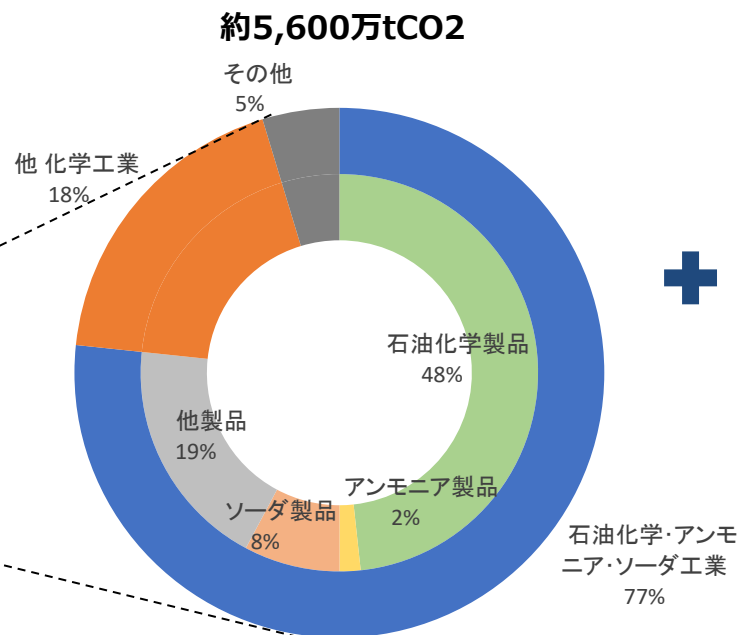
我が国全体（2019年度）



産業部門（2019年度）



化学工業排出内訳（2019年度）



プラ・ゴム製品など

- プラ製品製造業やゴム製品製造業は、標準産業分類上は化学工業に含まれないが、広義の化学工業として扱われる場合がある。
- プラ・ゴム製品製造業は合計で約1,000万tCO2を排出している。

非エネルギー排出

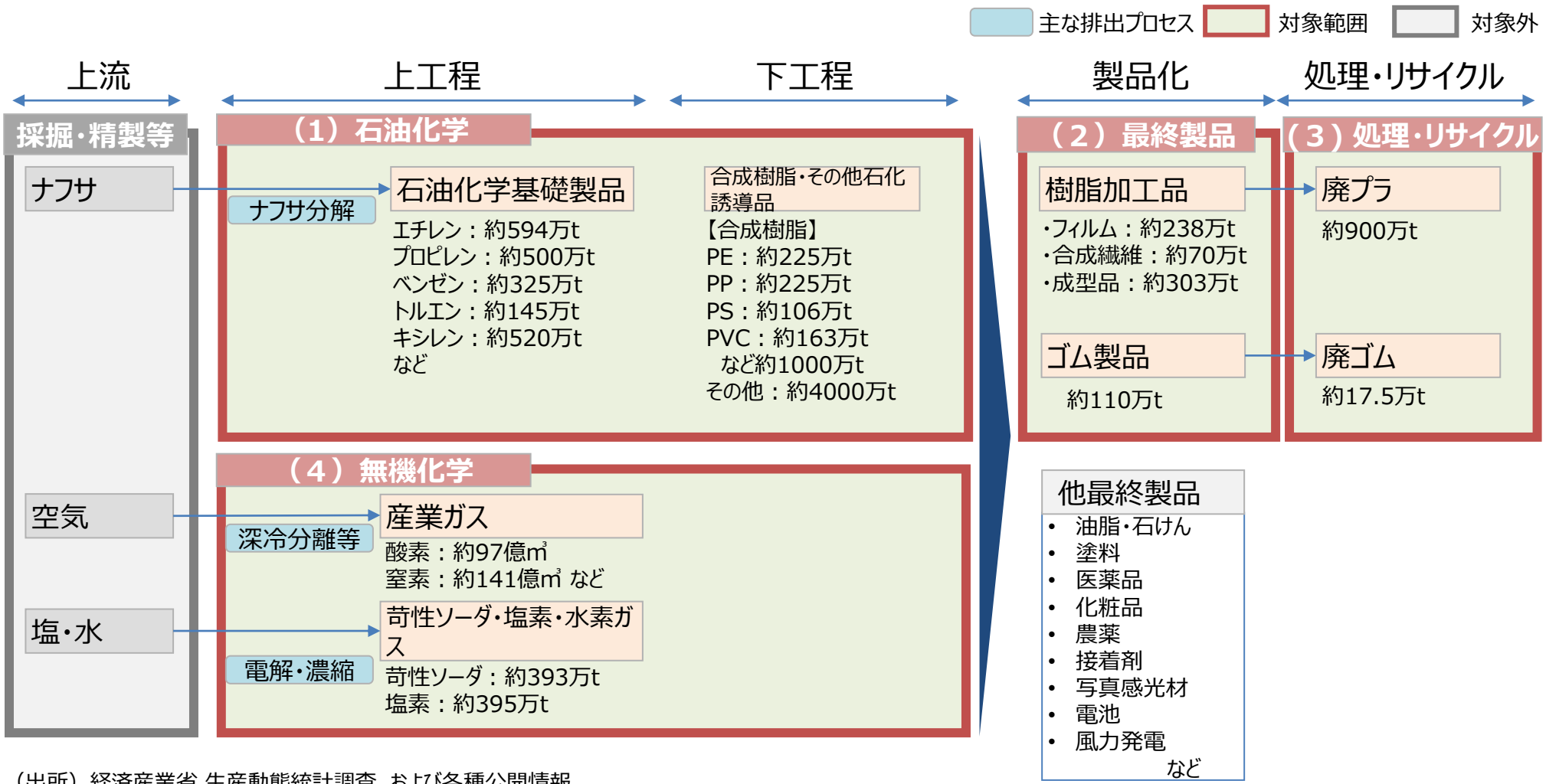
- 石油化学の原料として、**ナフサ**を年間約4,300万KL利用。
- 利用先製品が焼却された場合などにのみ排出されるため、**潜在的な排出**といえる。
- 例として、プラスチックの焼却により、年間約1,600万tのCO2が排出されている。

（出典）国立研究開発法人国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ」（2019年度確報値）

（出典）経済産業省「総合エネルギー統計」（2019年度確報値）

2. 化学産業について | 技術ロードマップの対象とする化学産業の範囲

- 本技術ロードマップでは、ナフサ分解などの上工程から誘導品・最終製品・処理・リサイクルまでの一連を対象として策定する。

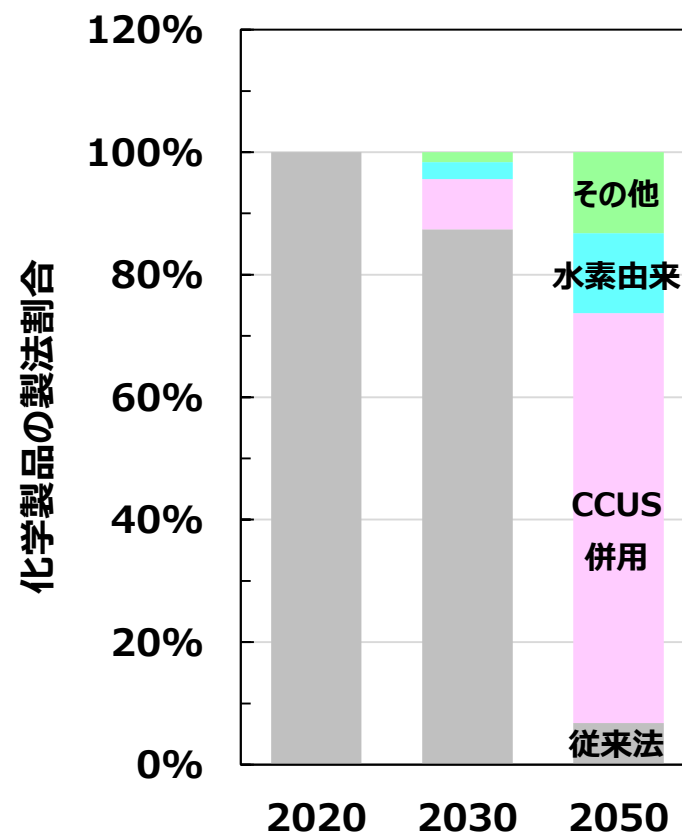
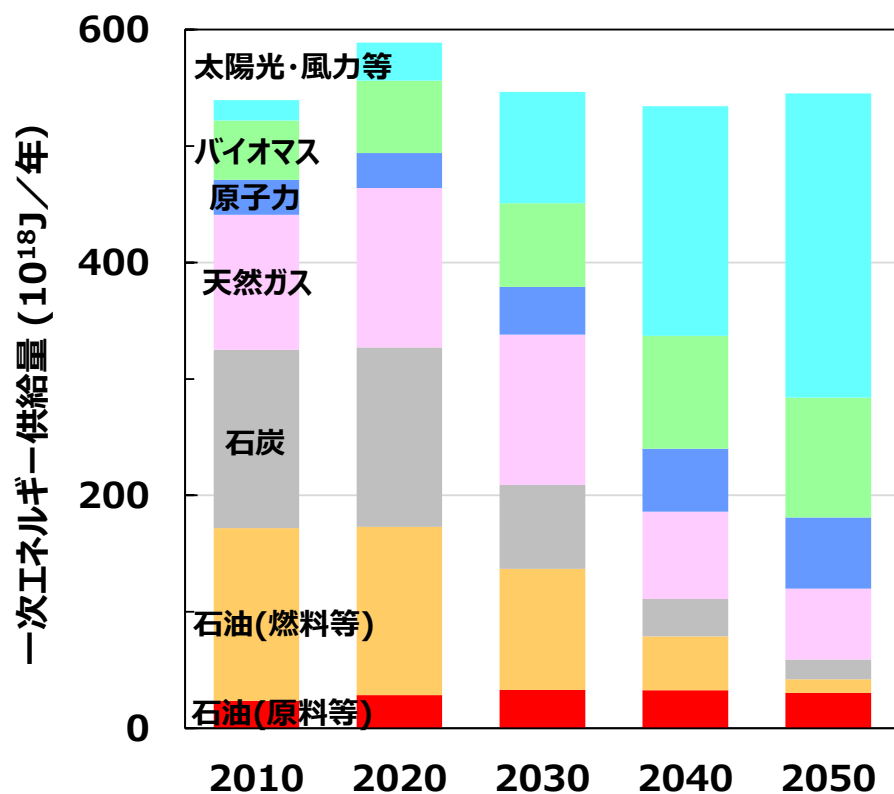


（出所）経済産業省 生産動態統計調査 および各種公開情報

2. 化学産業について | (1) 石油化学 ①CNに向けた動向

- 石油化学では、ナフサ分解に代表される製造プロセスの熱利用が大きく、また原料利用によるCO2排出も存在するため、燃料・原料いずれにおいてもCNに向けた対応が必要。
- IEAのNet Zero by 2050 のシナリオでは、プラスチック原料となる石油の需要は横ばいで、2050年ネットゼロに向けた化学産業の生産構成の一つの姿としては、9割以上をCCUS・水素など革新的手法に転換する形を示している。

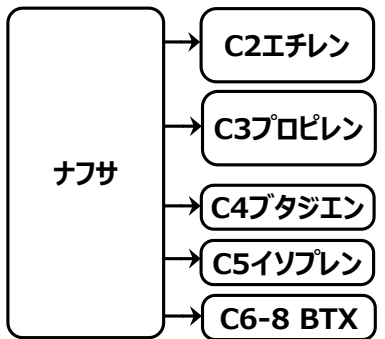
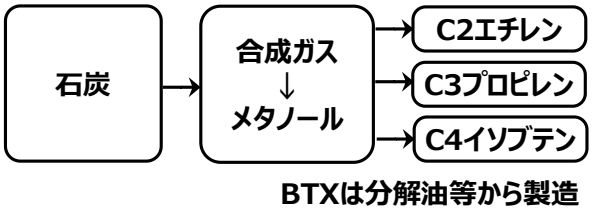
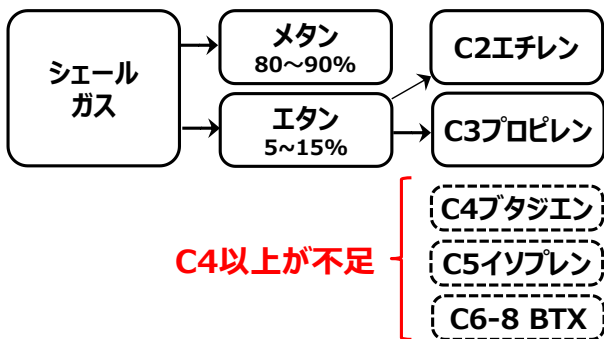
世界のエネルギー需要予測



出所) IEA「Net Zero by 2050」より

2. 化学産業について | (1) 石油化学 ②日本における石油化学産業の特徴

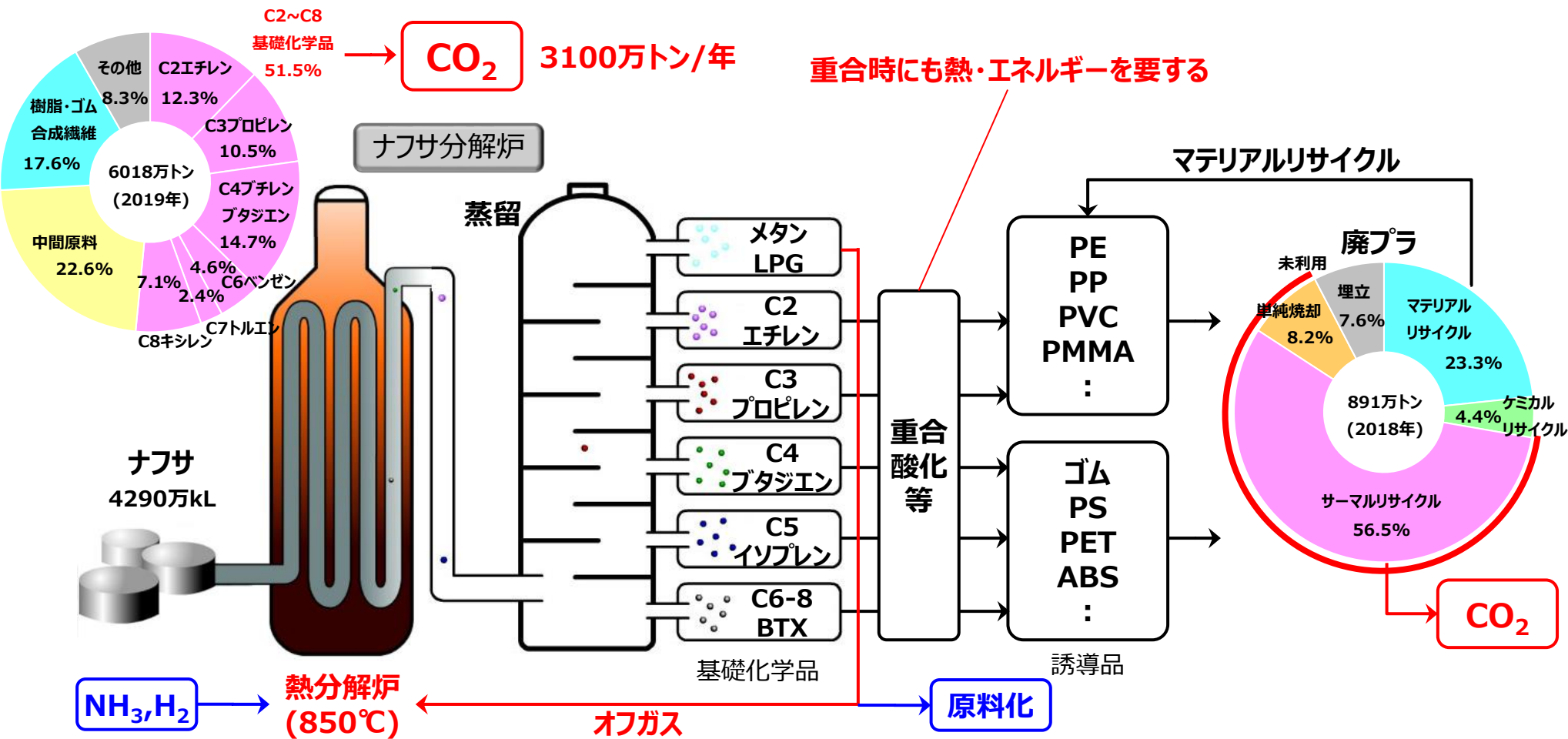
- 日本のナフサ分解は、C2～C8までバランスよく製造できる強みがある。
- 他方、CTOやエタン分解と比較して必ずしもコスト競争力に優れているわけではないが、基礎化学品から誘導品における品質優位性などを日本の技術力により保っている。

	ナフサ分解（日本）	CTO（中国）	エタン分解（米国）
製法			
強み	・ 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	・ 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	・ 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	・ ナフサ分解炉の稼働年数が長くなり、老朽化対策が課題	・ <u>CTOのCO₂排出係数が従来ナフサ法の5倍と大きい</u> ・ 合成メタノールが高価	・ 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

※中国は、COTC（Crude Oil To Chemicals）により、芳香族からの基礎化学品製造なども行っている。

2. 化学産業について | (1) 石油化学 ③製造プロセス詳細

- ナフサ分解炉では、基礎化学品その他、メタン等のオフガスが得られるため、850℃にするための熱源として利用されているが、このオフガスが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必要。

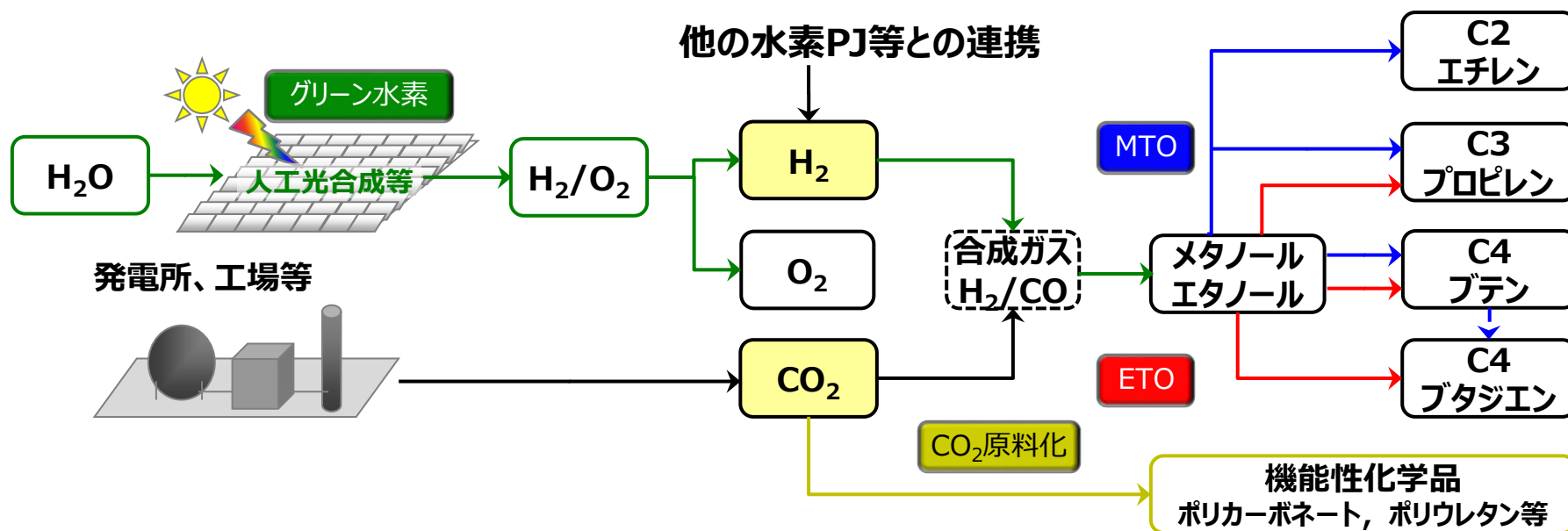


(出典) : (左図) 「化学品ハンドブック2020」国内生産量に「IDEA v.2.3」CO₂排出原単位を掛けて石油精製時のCO₂排出量を差し引いて算出
(右図) プラスチック循環利用協会 プラスチックリサイクルの基礎知識2020 一般廃プラスチックの排出係数2.77kg-CO₂/kg-廃プラから算出

2. 化学産業について | (1) 石油化学 ④原料転換に向けた動き

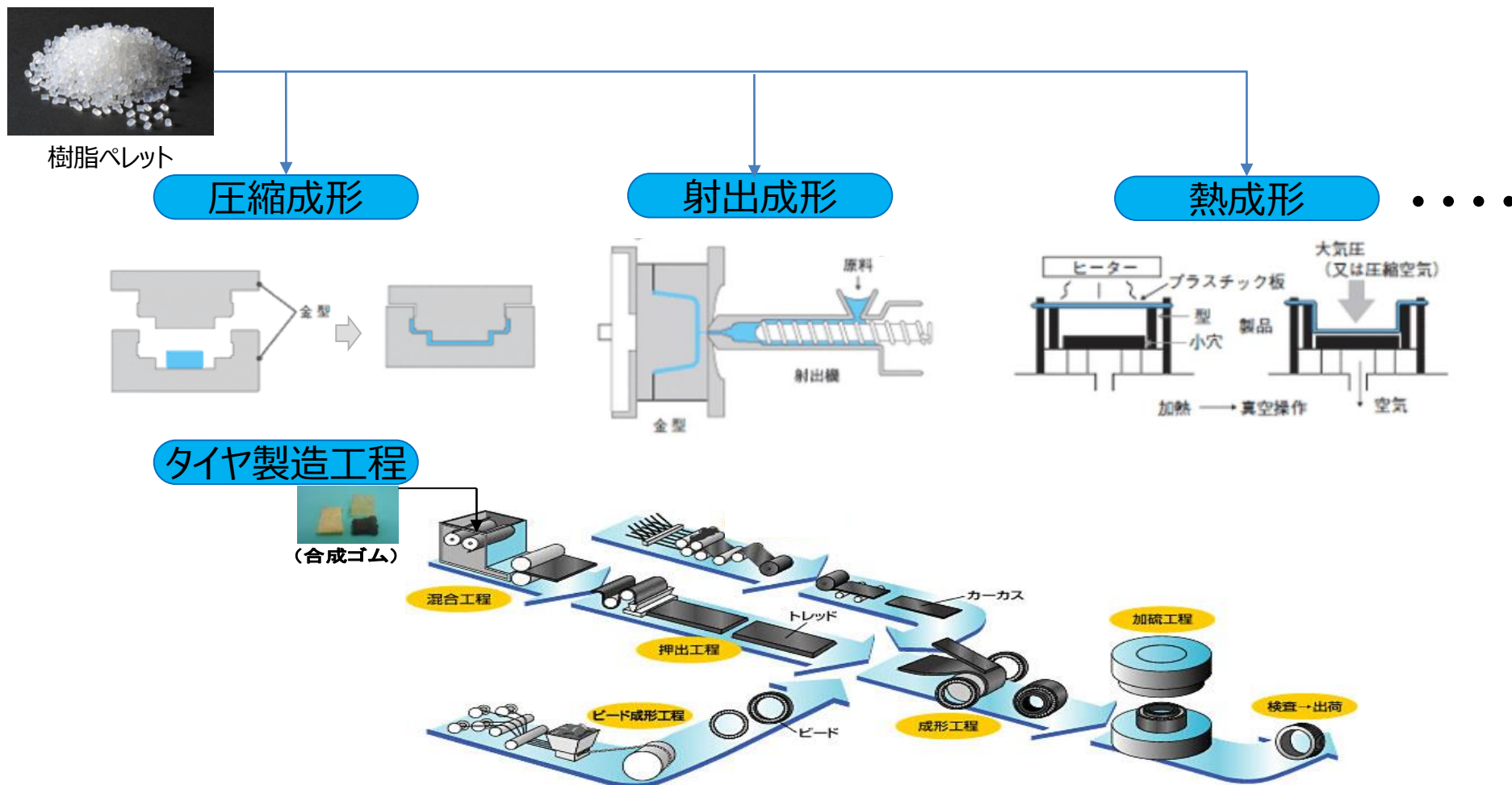
- こうしたナフサ分解炉の高度化を進めつつ、2050年CNに向けてはCO2を資源として捉えて、原料の転換にも取り組む必要がある。
- 日本企業のみが開発中の技術である人工光合成による水素製造等から、メタノール、エタノール等の化学原料を通じて、エチレンやプロピレン等を製造するプロセス (MTO、ETO)の収率向上により原料転換を進める。

原料転換のイメージ



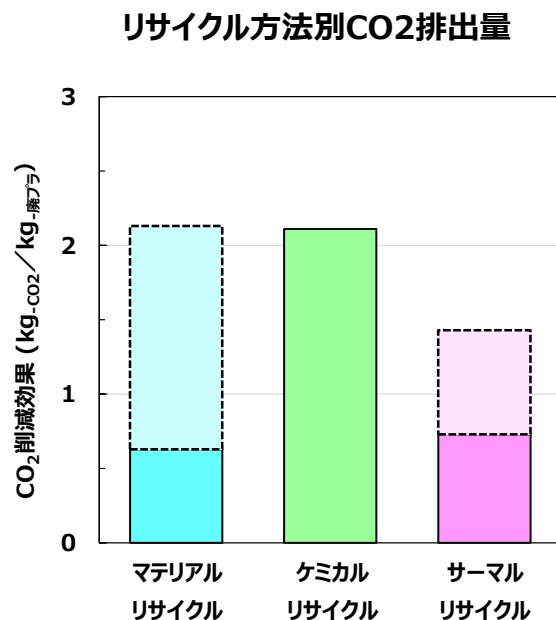
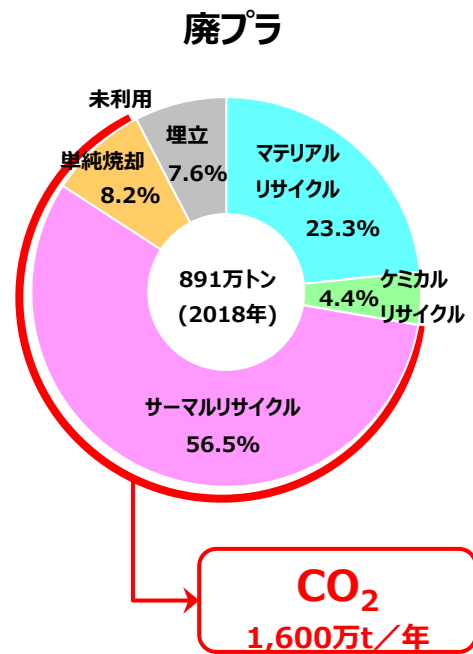
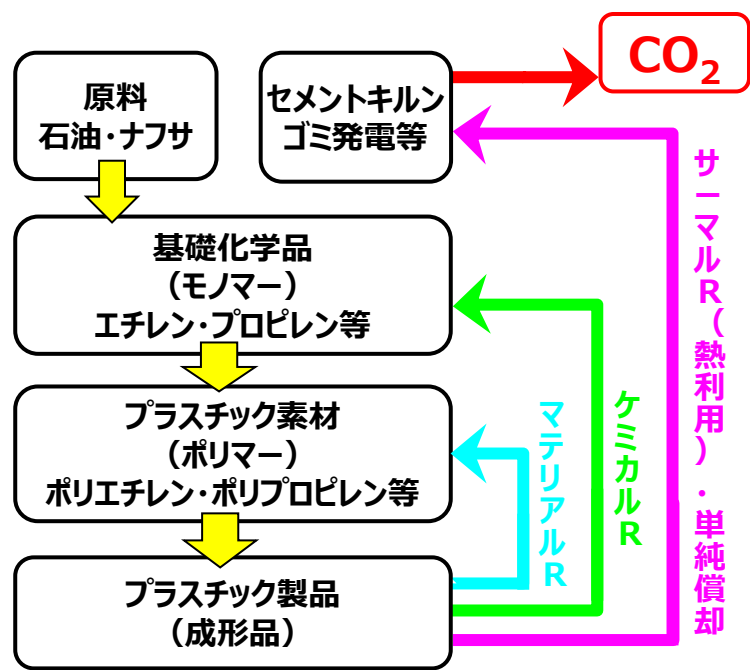
2. 化学産業について | (2) 最終製品 (製造プロセスと方向性)

- コンビナート内で生産される樹脂等を用いて、様々な成形機械で加熱等によりプラスチック製品やゴム製品などの最終製品を製造。
- 加工時において電力や蒸気を中心にエネルギー利用をしており、2050年CNに向けては、①徹底した省エネによる高効率化や②再エネへの調達などにより脱炭素化が必要。



2. 化学産業について | (3) 処理・リサイクル ①CNに向けた動向

- 年間891万トン排出される廃プラは約84%がリサイクルされているが、この内約6割がごみ焼却発電等の熱源として利用（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、ケミカルリサイクルなどによる資源循環が重要。ケミカルリサイクルの技術確立等により、原油由来の原料生産が減少するため、化学産業全体での排出削減にも貢献。



出所) GI基金－社会実装計画資料、
プラスチック資源利用協会資料より抜粋

(出典) 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

2. 化学産業について | (3) 処理・リサイクル ②脱炭素化への方向性

- 廃プラを焼却するエネルギー利用を削減し、資源として循環させる**循環型CR（ケミカルリサイクル）**や**MR（マテリアルリサイクル）**を**拡大**する。その際、収率の高い触媒開発によって、製造時のCO₂排出量を従来法の半分程度まで低減するなど、**低炭素化にも取り組む必要**がある。

廃プラスチック、廃ゴムリサイクルのトランジションイメージ

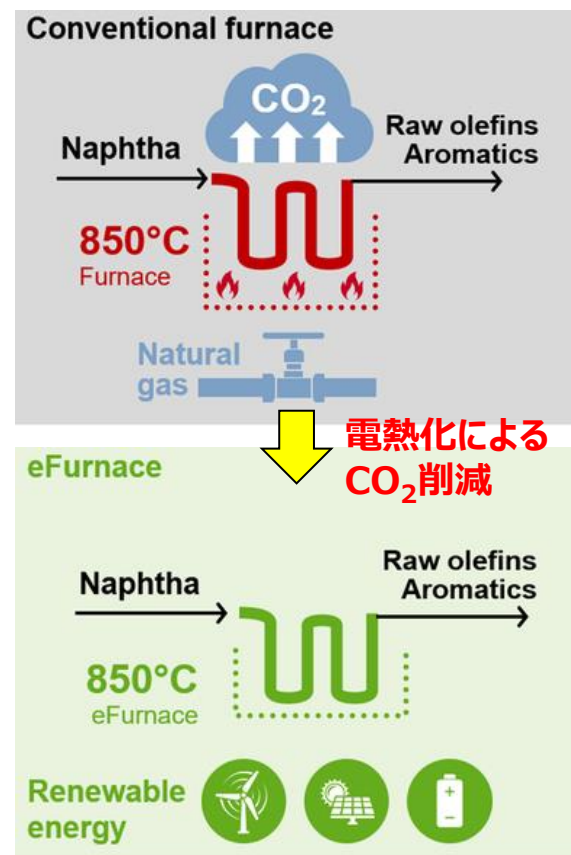


2. 化学産業について | 石油化学 (参考) 世界の大手化学メーカーの動向

- 世界大手化学メーカーでも、カーボンニュートラル実現に向けた取組が進んでいる。
- 欧米では、安価な再エネ電力をナフサ分解炉の熱源として用いる電熱化や触媒等の利用によるCO₂削減が検討されている。

社名	C N実現に向けた取組例
B A S F (独)	➢ 電気加熱式蒸気クラッカーによる基礎化学品製造 ➢ 水電解法・メタン熱分解法によるCO₂フリーな水素製造 ➢ 風力発電プロジェクトへの投資 ➢ CCS
DOW Chemical (米)	➢ 流動接触脱水素化クラッカーによる基礎化学品製造 ➢ 再エネの利用促進
LG Chemical (韓)	➢ 100%再エネ導入 ➢ CCUS
INEOS (英)	➢ クリーン水素燃料の開発 ➢ 炭化水素原料をバイオ原料へ転換
SINOPEC (中)	➢ クリーンエネルギー開発 (天然ガス、バイオマスなど) ➢ CCUS (メタンガス回収)

独BASFのナフサ分解炉



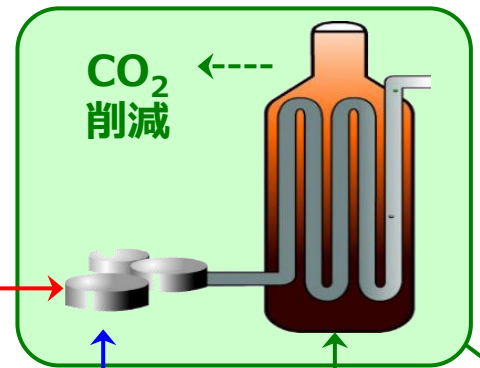
(出所) 各社プレスリリース等により素材課作成

BASFホームページより

2. 化学産業について | 石油化学 日本における脱炭素化への方向性

- 石油化学産業については、①熱源転換、②原料転換、③原料循環、による国内でのカーボンニュートラル化を目指す。その際、サーキュラーエコノミー推進の観点から地方自治体や他産業との連携も不可欠であるほか、排ガスの回収などCCUSの活用も行っていく必要がある。

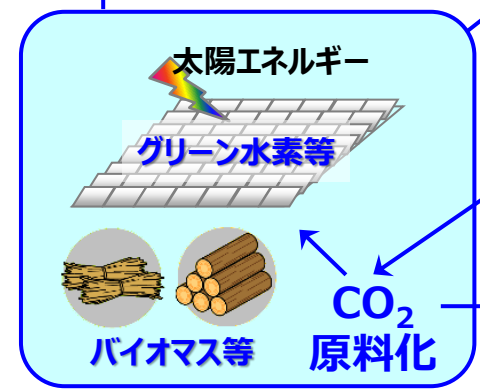
①熱源転換



PJ内連携

NH₃, H₂ PJとの連携

②原料転換



基礎化学品
C2～5 オレフィン
約1200万トン
C6～8 BTX

③原料循環

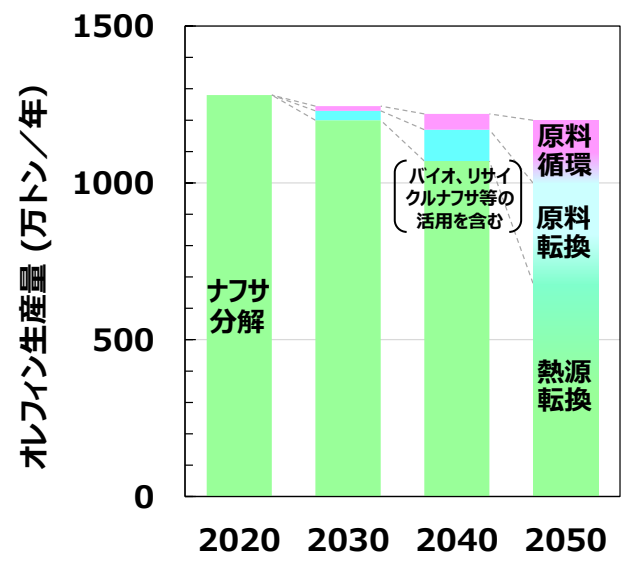


CO₂分離・回収
PJとの連携

機能性化学品
ポリカーボネート
ポリウレタン等

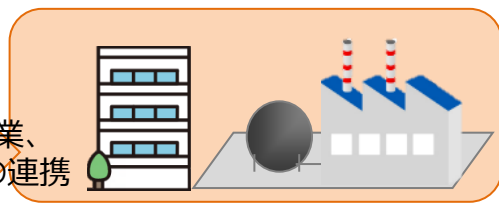
基礎化学品製造

国内でのトランジションイメージ



※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。

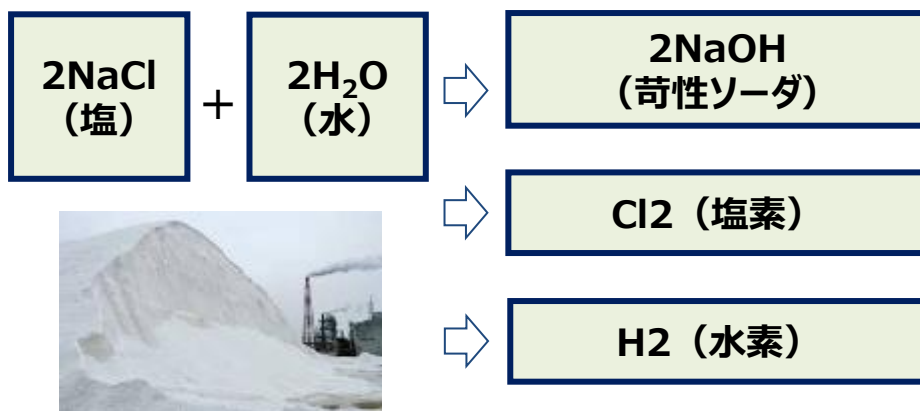
地方自治体や他産業、
コンビナート大での連携



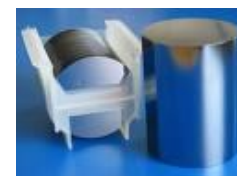
2. 化学産業について | (4-1) 苛性ソーダ ①製造プロセス

- 塩を原料とし、幅広い産業分野の原料・副原料、反応剤などに使われる化学薬品を製造。塩水に電気を加え、電気分解反応で苛性ソーダと塩素、水素を製造する。
- 同製品は、付加価値額に占めるエネルギーコストの割合が極めて高い (製造原価の約 5 割が電気代)。そのため、エネルギー課税に大きな影響を受けやすいビジネスモデル。
- 苛性ソーダはEV車用などリチウムイオン電池の正極材（材料前駆体）の製造における中和剤に使われており、今後、世界的なEV市場活性化・本格普及のフェーズにおいて正極材メーカーでの中和剤として需要が高まることが見込まれる。

工業塩 > 溶解 > 電気分解 > 様々な製造工程 > 最終製品



車載用リチウムイオン電池、電気自動車



ポリシリコン
(太陽電池・半導体等向け)

など

2. 化学産業について | (4-1) 苛性ソーダ ②日本のソーダ工業の特徴

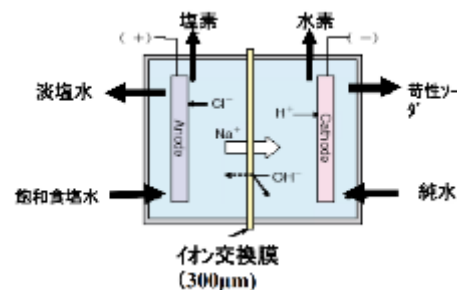
- ソーダ工業はエネルギーコストが企業競争力に直結するため、自家発電による電力消費が使用電力全体の7割を超え、製造業全体平均の2割を大きく超えている。
- こうした電力消費を抑えるべく、エネルギー消費量が少ないイオン交換膜法の導入に加え、研究開発の推進により電力原単位は年々改善し世界トップクラスの水準。ライセンスにより国内外でのCO2削減にも貢献している。
- また、原料塩は100%（メキシコ・オーストラリア・インド）輸入に依存している。

＜電力消費量、買電・自家発電比率の推移＞



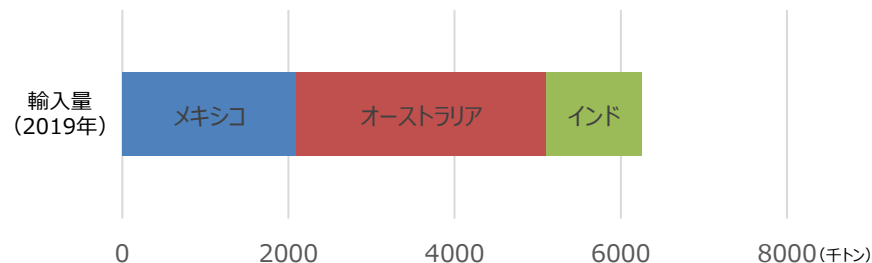
(出典) ソーダ工業ガイドブック2020 (日本ソーダ工業会) より

＜電解装置（イオン交換膜法）＞



苛性ソーダの新型電解槽

＜原料塩の輸入実績＞

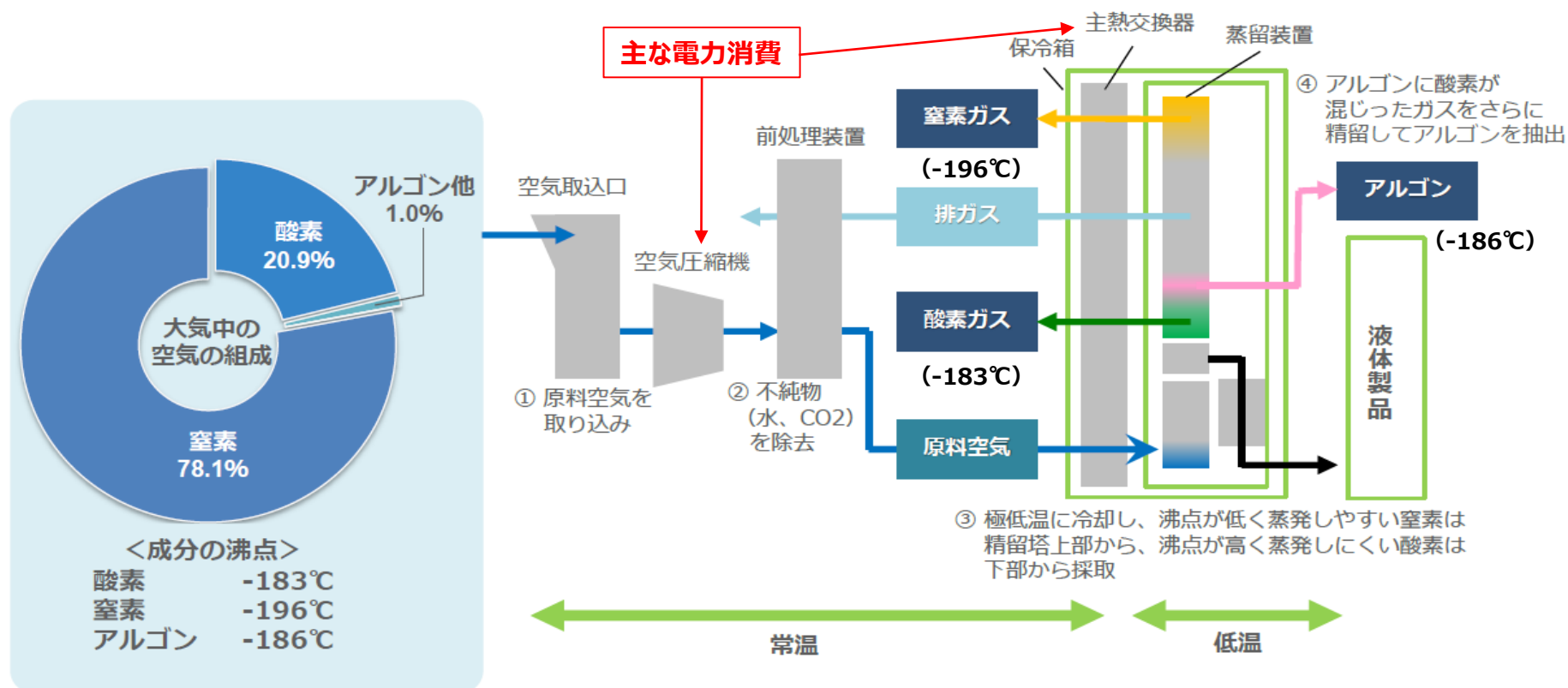


(出典) ソーダ工業ガイドブック2020 (日本ソーダ工業会) より作成

2. 化学産業について | (4-2) 産業ガス ①製造プロセス

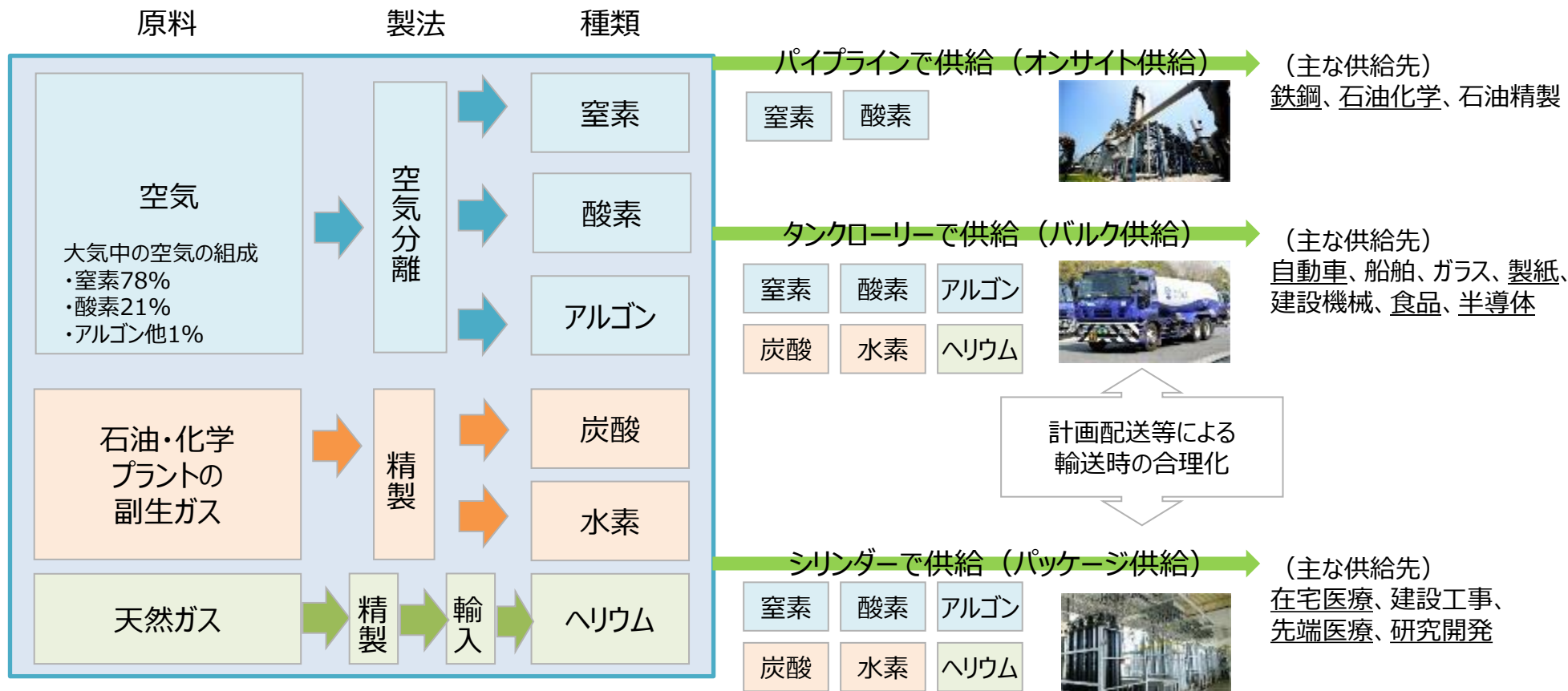
- 鉄鋼・化学・エレクトロニクスなどを支えるモノづくりのインフラ。
- 主な産業ガスは、①空気を分離して得られる酸素、窒素、アルゴン、②石油・化学プランの副生物として得られる水素、炭酸ガス、③天然ガスの副生物として得られるヘリウム等。
- 酸素・窒素・アルゴンの製造方法は、空気中の沸点の違いを利用して空気の成分を分離させ、取り出す深冷分離法が主流。圧縮・熱交換で電力を消費し、製造コストの大半を電力が占める。

＜深冷分離法による酸素・窒素・アルゴンの製造＞



2. 化学産業について | (4-2) 産業ガス ②日本の産業ガスの特徴

- 様々な製法により産業ガスを製造し、供給量等に応じてオンサイト・バルク・パッケージ供給により我が国国民生活やモノづくりを支えている。
- 供給の際におけるCO2排出削減のため、計画配送等の導入による配送時の走行距離を短くするなどの取組を進め、サプライチェーン全体でのCO2排出削減にも取り組んでいるところ。



2. 化学産業について | (4) 産業ガス・苛性ソーダ 脱炭素に向けた方向性

- いずれも**電力多消費産業**であり、製造工程で大量の電気を利用するため、2050年カーボンニュートラルに向けては、①**徹底した省エネ**に加えて、②**調達電源の非化石化及び自家発電の燃料転換**、③**物流も含めたサプライチェーン全体でのCO2排出削減**の取り組みを進める必要がある。

＜脱炭素化に向けた方向性＞

① 徹底した省エネ技術の導入



② 調達電源の非化石化及び自家発電の燃料転換による脱・低炭素化



③ 物流も含めたサプライチェーン全体でのCO2排出削減



＜国内大手メーカーのCNに向けた動向＞

● 苛性ソーダ

- ・ 電解槽の更なる省エネ技術の開発とライセンス供与によるCO2削減。
- ・ 自家発電設備の燃料を石炭からバイオマス等へ転換し、エネルギー起源CO2排出の削減。

● 産業ガス

- ・ 省エネルギー型空気分離装置等の導入による電気使用量削減
- ・ 地域液化ガスプラントによる「安定供給」「省エネ」「CO2排出量低減」の実現
- ・ 物流の合理化によるサプライチェーン全体でのCO2排出削減。

2. 化学産業について | (5) 主要な排出源・脱炭素への手法まとめ

分野		主な排出源	脱炭素への手法
石油化学	基礎製品	ナフサ熱分解時における熱及びエネルギー利用	- 省エネ技術等の活用 - ナフサ分解炉の熱源脱炭素化 - 人工光合成等の活用による原料の転換
	誘導品	基礎化学製品からの重合等による熱及びエネルギー利用	熱及びエネルギー利用時の燃料転換・電化
	最終製品	製品成形時の熱及びエネルギー利用	- 省エネ技術等の活用 - 熱及びエネルギー利用時の燃料転換・電化
	リサイクル	- 廃プラ等燃焼時による排出 - リサイクル時のエネルギー使用	- ケミカル・マテリアルリサイクルの拡大 - ケミカル・マテリアルリサイクルの効率向上、低炭素化プロセスの開発
無機化学 (苛性ソーダ、産業ガス)		苛性ソーダ、産業ガス製造時における電解等による熱及びエネルギー利用	- 省エネ技術等の活用 - 熱及びエネルギー利用時の燃料転換・電化

2. 化学産業について | (参考) 化学産業における自主的な取組

- 日本化学工業協会は本年5月、「カーボンニュートラルへの化学産業としてのスタンス」を発表。
また大手化学メーカー各社も今年に入り2050年カーボンニュートラルを宣言している。

カーボンニュートラルへの化学産業としてのスタンス（日本化学工業協会、R3.5）（一部抜粋）

1. 化学産業としてのカーボンニュートラル（以下「CN」）に対する貢献要素 日本化学工業協会(以下「日化協」)は、世界が直面する地球温暖化問題に取り組むべく、2017 年 5 月 に「地球温暖化問題への解決策を提供する化学産業としてのあるべき姿」を策定・公開している。今般の日本政府の 2050 年カーボンニュートラル宣言を受けて、その政策を実現すべく、化学産業は、ソリューションプロバイダーとして、「化学」の潜在力を顕在化させることで、地球規模の課題を解決し 持続可能な社会の成長に貢献するイノベーションの創出を推進・加速する。

2. 化学産業の CN に対する取り組みの基本骨子

(1) 化学産業における GHG 排出の発生メカニズムと削減の取り組み

- ① 生産活動におけるGHG排出の発生源
- ② 生産活動におけるGHG排出削減の取組
 - ・ プロセスの合理化（収率向上）
 - ・ 革新技術の導入（省エネルギー、BAT、DX、電化等）
 - ・ 自家発電設備の燃料切り替え：燃料の低・循環・脱炭素化
 - ・ 購入電力の切り替え（ゼロエミッション電力化への進展）
 - ・ 再生可能エネルギー利用
 - ・ カーボンリサイクル技術の開発
 - ・ CO₂の分離回収・利用（CCU・人工光合成など）
 - ・ クレジット利用

(2) 製品・サービスを通じた GHG 排出削減貢献の考え方

(3) CN 取り組みにおける政府への要望

内容

1. 前提

2. 化学産業について

3. **カーボンニュートラルへの技術の道筋**

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

①-1 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「ナフサ分解炉」

ナフサ分解炉

技術名	概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
BPT (エチレン製造設備)	✓ 運転方法の改善、排出エネルギーの回収、プロセスの合理化、設備・機器効率の改善	39万t削減※2	既に導入	✓ 低炭素社会実行計画
天然ガスへの燃料転換	✓ 立ち上げ時の石炭などの燃料を天然ガスに転換	- ※5	既に導入	✓ 低炭素社会実行計画
アンモニア、水素等への燃料転換	✓ 石油・重油などからアンモニア、水素等への燃料転換 ✓ アンモニア、水素バーナー等を利用	0.35	2030年代	✓ <u>GI基金-社会実装計画</u>
オフガスメタンの原料化	✓ ナフサ分解炉から排出されるメタン等のオフガスをプラスチック等向けに原料化	0～0.35	2040年代	✓ <u>GI基金-社会実装計画</u>

※1：排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。
※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。
※3：実装年の参照先には下線を付加。
※4：導入割合・もともと利用していた燃料の構成により削減幅が異なる
※5：転換前の燃料構成により削減幅は異なる

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

①-2 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「原料転換」

原料転換

技術名		概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
バイオマス による 原料転換	基礎 化学品	✓ バイオマス利用により、メタノールやエタノールなどの化学品原料、もしくはエチレン・プロピレン・BTXなどの基礎化学品を生産	0~2.0※7 CO2吸収：3.14	既に導入	✓ グリーン成長戦略、IEA ETP2020、Material Economics、DECHEMA
	ポリマー 及び原料	✓ バイオマスを利用したバイオポリマー及びそのモノマー原料の生産 ✓ バイオ原料となる植物育成	-	2030年代	✓ カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発
バイオマスによる原料転換 + CO2回収		✓ バイオマスを化学品とする際にCCSを実施（BECCS等を含む）	-	2020年代	✓ IEA ETP2020
水素・CO2からメタノール生産		✓ 水素とCO2を原料とし、化学品原料であるメタノールを生産	0.6~ CO2利用：1.373t	2030年代	✓ カーボンリサイクル技術ロードマップ ✓ IEA ETP2020 ✓ DECHEMA
MTO・ETO		✓ メタノールやエタノールからオレフィン（エチレン・プロピレンなど）を生産	0.0 （再エネ前提）	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画、Material Economics
CO2からオレフィン等の炭化水素生産		✓ CO2の電気分解・合成を利用した炭化水素の生産	-	2030年代	✓ ムーンショット型研究開発事業 ✓ IEA ETP2020 ✓ DECHEMA
CO2を原料とした機能性化学品の生成		✓ ポリカーボネート、ポリウレタン原料、DMCなどをCO2から生産	0.95、0.45tCO2/t 削減(DRC、MDI) 0.35kgCO2原料化	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画
CO2からメタン生産		✓ 水素を利用したメタネーション	-	2020年代	✓ 第1回メタネーション推進官民協議会（2021.6.28） ✓ IEA ETP2020
人工光合成		✓ 人工光合成により、メタノールなどの化学原料に利用する水素を生成する	0.0 （再エネ前提）	2040年代	✓ GI基金-社会実装計画

※1：排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。
※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。
※3：実装年の参照先には下線を付加。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

①-3 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「最終製品・リサイクル」

最終製品
リサイクル

技術名		概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
高効率生産技術		✓ 機能性化学品の生産に際し、従来のバッチ法ではなくフロー法による連続生産などを行う	2030:491万t/年 2050:1,170万t/年	2020年代	✓ 革新的環境イノベーション戦略、 NEDO資料
軽量強化部材 (セルロースナノファイバー等)		✓ 多様なCNFの複合技術により、自動車用等の軽量強化材料を製造。石油由来素材の削減に資する技術など。	373万tCO2 /年削減※4	2020年代	✓ NEDO資料※4
N ₂ O等抑制技術		✓ 排ガス・半導体ガス処理、排水/汚泥/廃棄物/バイオマス、処理、農業分野等におけるN ₂ O等抑制技術（CO2以外のGHG抑制技術）	-	2035年代	✓ NEDO資料※5
マテリアルリサイクル		✓ 廃プラスチックからプラスチック製品を生産等	0～1.0	一部既に導入	✓ 革新的環境イノベーション戦略 ✓ IEA ETP2020 ✓ Material Economics など
ケミカル リサイクル	廃プラ	✓ ガス化、油化、熱分解等により、廃プラスチックからオレフィンを生産	0.8	2030年代	✓ <u>GI基金-社会実装計画</u> ✓ Material Economics
	廃ゴム	✓ ガス化、油化、熱分解等により、廃ゴムからオレフィンを生産	1.2	2040年代	✓ <u>GI基金-社会実装計画</u> ✓ Material Economics

※1：排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。
※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。
※3：実装年の参照先には下線を付加。
※4：NEDO 炭素循環社会に貢献するセルロースナノファイバー関連技術開発 説明資料の令和12年度時点の成果目標より抜粋
※5：NEDO 温室効果ガスN2O の抑制分野の技術戦略策定に向けて Vol. 105 2021 年 6 月

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

①-4 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「無機化学・自家用」

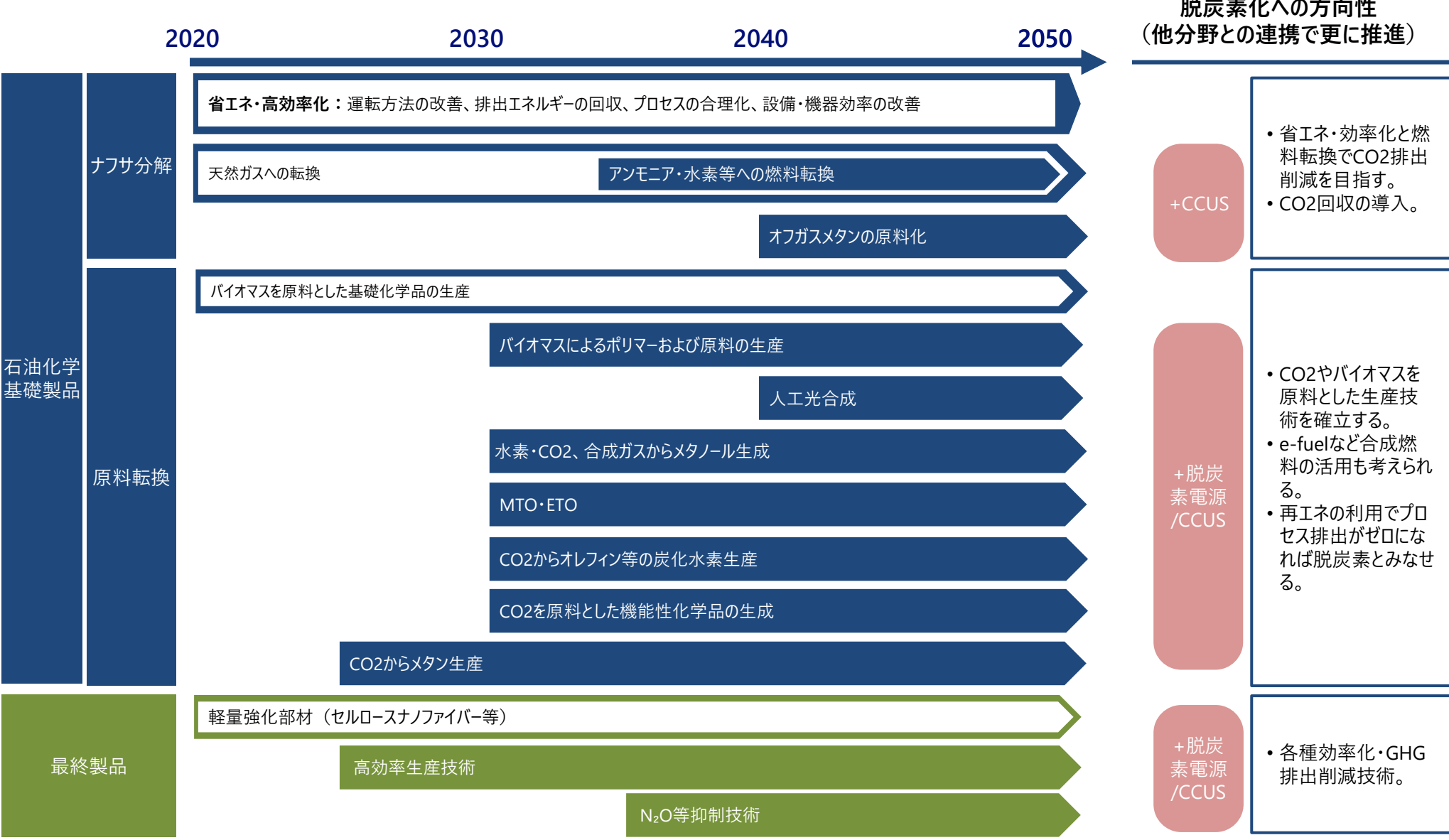
無機化学
産業ガス
ソーダ
電解
自家用蒸気・自家用電力等

技術名	概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
BPT	✓ 省エネ・高効率化技術：高効率の深冷分離装置等の導入、ポンプ・圧縮機等のインバーター化、配送基地の見直し等	—	既に導入	✓ JIMGA省エネルギー事例集
BPT	✓ 省エネ・高効率化技術：高度制御/設備の更新・高効率化/ゼロキャップ電解槽の導入/複極式電解槽の導入/濃縮設備の熱回収 等	78万t削減	既に導入	✓ 低炭素社会実行計画
BPT	✓ ボイラーの小型化、運転管理、省エネ蒸留技術、省エネ型スチームトラップの適用範囲拡大、コジェネレーション、ヒートポンプ等	78万t削減	既に導入	✓ 低炭素社会実行計画
天然ガスへの燃料転換	✓ 自家用電力・蒸気について、石炭・重油などから天然ガスに転換	0.32~0.415 ※4 (kgCO2/kwh)	既に導入	✓ 低炭素社会実行計画 ✓ グリーン成長戦略 ✓ BATの参考表 など※5
バイオマスへの燃料転換	✓ バイオマスの混焼・専焼など	—	既に導入	✓ IEA ETP2020
水素・アンモニア等への燃料転換	✓ 水素発電、アンモニア混焼、ガスタービンにおけるアンモニア専焼技術など	最大100%削減	2020年代以降	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ グリーン成長戦略 ✓ IEA ETP2020
電化	✓ 電熱により水蒸気を製造 ✓ 再エネ（太陽電池、水力等）導入	最大100%削減 (再エネの場合)	—※6	✓ DECHEMA
排ガス等からのCO2分離回収	✓ 天然ガス火力、化学プロセス、焼却処理等からのCO2回収 ✓ 化学吸収、化学吸着、物理吸収、膜分離等 ✓ CCSの導入	最大100%削減	2030年代	✓ グリーン成長戦略 ✓ GI基金-社会実装計画 ✓ IEA ETP 2020

※1：排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。
※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。
※3：実装年の参照先には下線を付加。
※4：天然ガス火力発電（従来型LNG火力・GTCC）の発電量あたりCO2排出量を記載
※5：環境省「電気事業分野における地球温暖化対策の進捗状況の評価結果について」
※6：DECHEMA（2017）では、TRL7として記載。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

②-1 技術ロードマップ[°]（ナフサ分解、原料転換、最終製品）



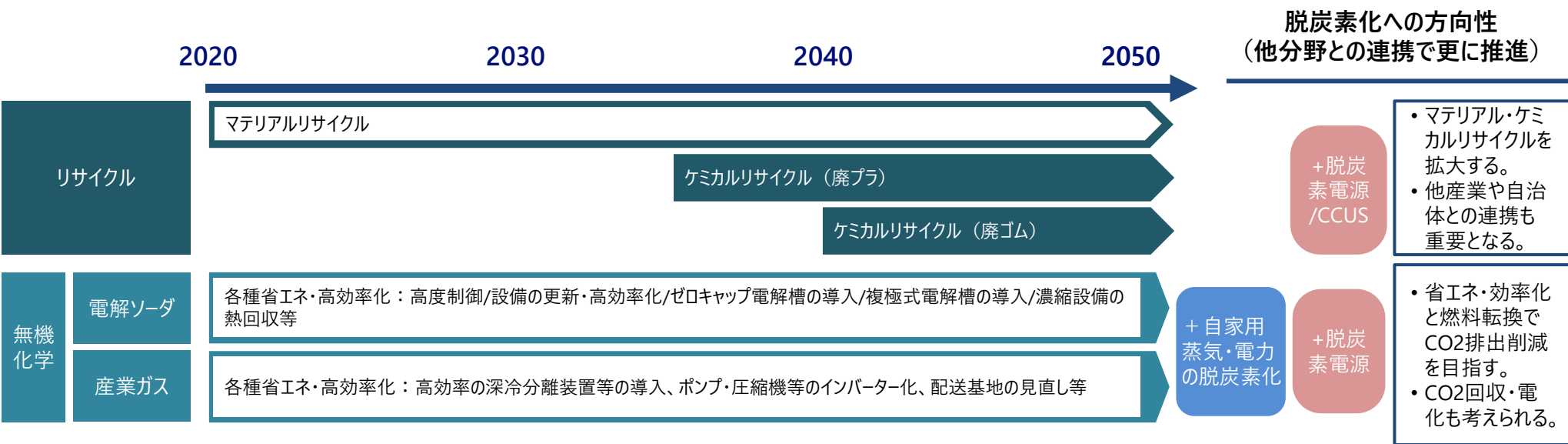
(参考) 実用化までのフロー (ナフサ分解、原料転換、最終製品)

2050

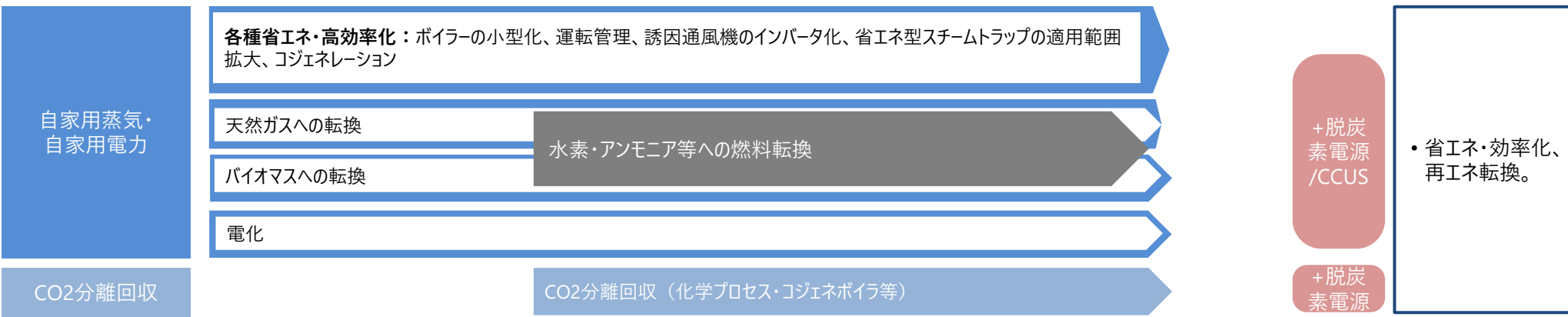


3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

②-2 技術ロードマップ（リサイクル、無機化学、自家用）



【複数分野に関わる技術】



(参考) 実用化までのフロー (リサイクル、無機化学、自家用)



3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

③科学的根拠／パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照したもので、パリ協定と整合する。
- 各種省エネ・効率化や燃料転換、リサイクル拡大などによる着実な低炭素化に加え、人工光合成などの革新的技術の導入により、2050年のカーボンニュートラルを実現する。

主な参照先・作成根拠

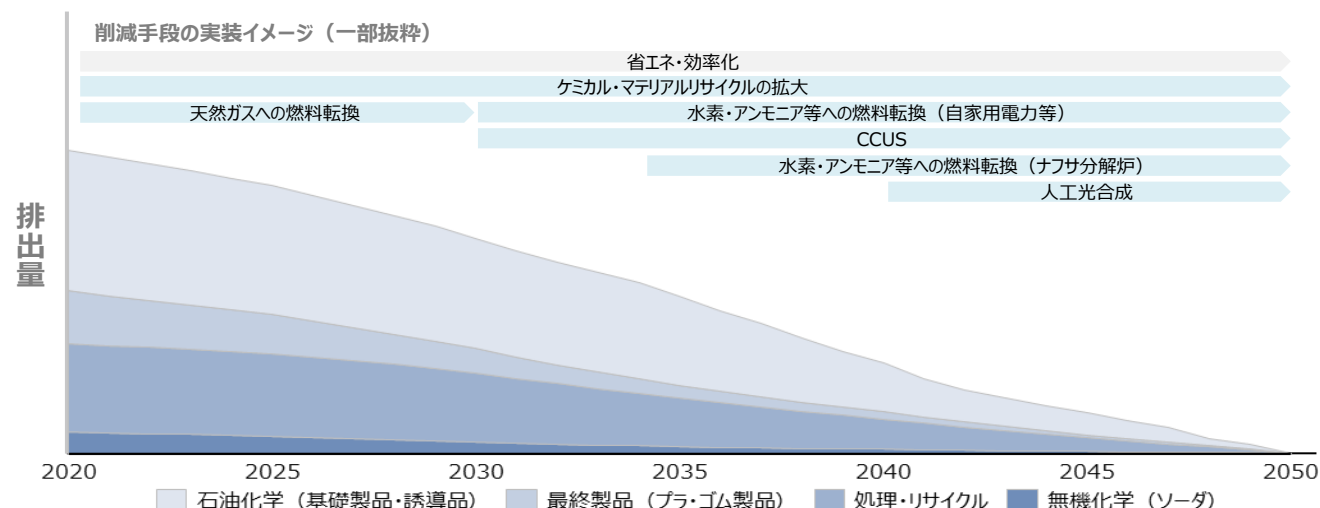
各種政府施策

- ✓ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（カーボンリサイクル・マテリアル産業）
- ✓ 「カーボンリサイクル関連」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 革新的環境イノベーション戦略
- ✓ エネルギー基本計画
- ✓ 温暖化対策計画
- ✓ カーボンリサイクル技術ロードマップ

パリ協定と整合する海外のシナリオ・ロードマップ等

- ✓ Clean Energy Technology Guide (IEA)
- ✓ Energy Technology Perspective 2020 (IEA)
- ✓ Industrial Transformation 2050 (Material Economics)
- ✓ Science Based Target initiative

CO2排出の削減イメージ※1、2



主要な削減方法	対象	概要
(1) 燃料転換	全部門	ナフサ分解炉や自家用発電等について、短期的には天然ガス、中長期的には水素・アンモニア等に燃料を転換する。
(2) 原料循環（リサイクル）	処理・リサイクル、石化	廃プラ・廃ゴムの焼却・サーマルリサイクルを減らし、ケミカル・マテリアルリサイクルを拡大する。
(3) 原料転換	石化、最終製品	バイオマスやCO2由来の原料を利用した化学品・製品に転換する。人工光合成技術も活用する。

※1 我が国における化学産業のうち本ロードマップの対象分野としての削減イメージであり、実際には化学各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

※2 省エネ技術の進展や水素・アンモニアなどの新燃料の安定・安価な供給、他産業との連携によるDAC等を含めたCCUSやその関連のインフラ、サーキュラーエコノミーなど新たな社会システムの構築などが整備されていることが前提。

内容

1. 前提

2. 化学産業について

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

- 本技術ロードマップは、現時点で想定されている低炭素・脱炭素技術を選択肢として示すとともに、これら技術の実用化のタイミングについて、イメージを提示するものである。
- 化学分野における技術開発は長期にわたることが想定されており、経済性など不確実性も存在する。そのため、本技術ロードマップに記載されている以外の低炭素・脱炭素技術が開発・導入される可能性もある。
- また、化学分野における低炭素・脱炭素技術の実用化は、脱炭素電源、水素供給、CCUSなど他分野との連携を含む社会システムの整備状況にも左右されるため、他分野と連携しつつカーボンニュートラルの実現に向けた取組を進めていくこととなる。
- 今後、本分野における技術開発や各社・政策の動向、その他技術の進展や、投資家等との意見交換を踏まえ、技術ロードマップの妥当性を維持し、活用できるよう、定期的・継続的に見直しを行うこととする。
- 化学・石油化学メーカー各社においては、長期的な戦略の下で、各社の経営判断に基づき、本技術ロードマップに掲げた各技術を最適に組み合わせ、カーボンニュートラルの実現を目指していくこととなる。
- また、各事業主体の排出削減の努力は本技術ロードマップの「技術」にとどまらず、カーボンクレジットの活用やカーボンオフセット商品の購入等も考えられる。