

カーボンリサイクル技術ロードマップ

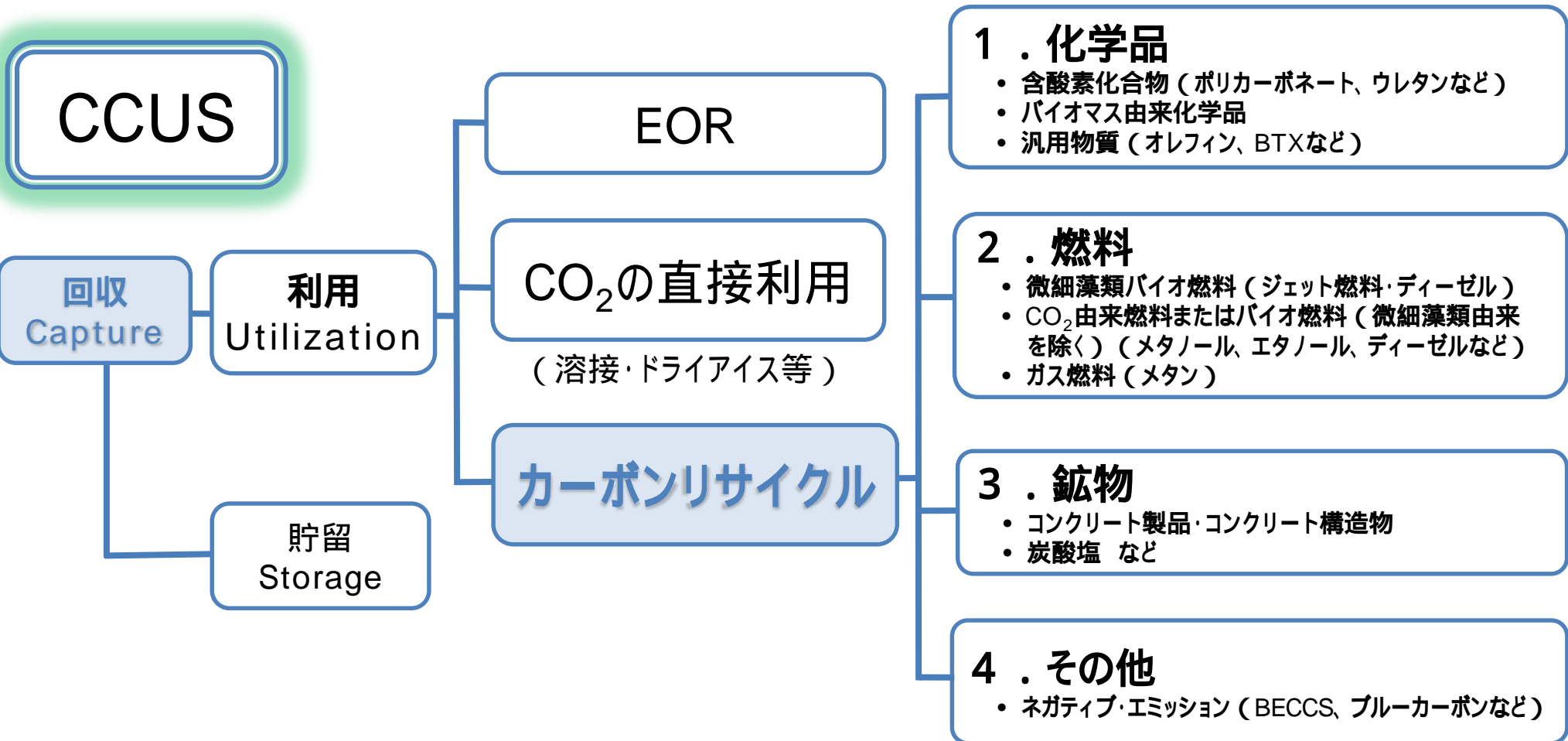
令和元年6月

経済産業省

協力府省 内閣府 文部科学省 環境省

CCUS/カーボンリサイクル

- 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、鉱物化や人工光合成、メタネーションによる素材や燃料への再利用等とともに、大気中へのCO₂排出を抑制していく。
- カーボンリサイクルは、CO₂の利用（Utilization）について、世界の産学官連携の下で研究開発を進め、非連続的イノベーションを進める取り組み。
- 省エネルギー、再生可能エネルギー、CCSなどとともにカーボンリサイクルは鍵となる取り組みの一つ。



1. 化学品

- 含酸素化合物（ポリカーボネート、ウレタンなど）
- バイオマス由来化学品
- 汎用物質（オレフィン、BTXなど）

2. 燃料

- 微細藻類バイオ燃料（ジェット燃料・ディーゼル）
- CO₂由来燃料またはバイオ燃料（微細藻類由来を除く）（メタノール、エタノール、ディーゼルなど）
- ガス燃料（メタン）

3. 鉱物

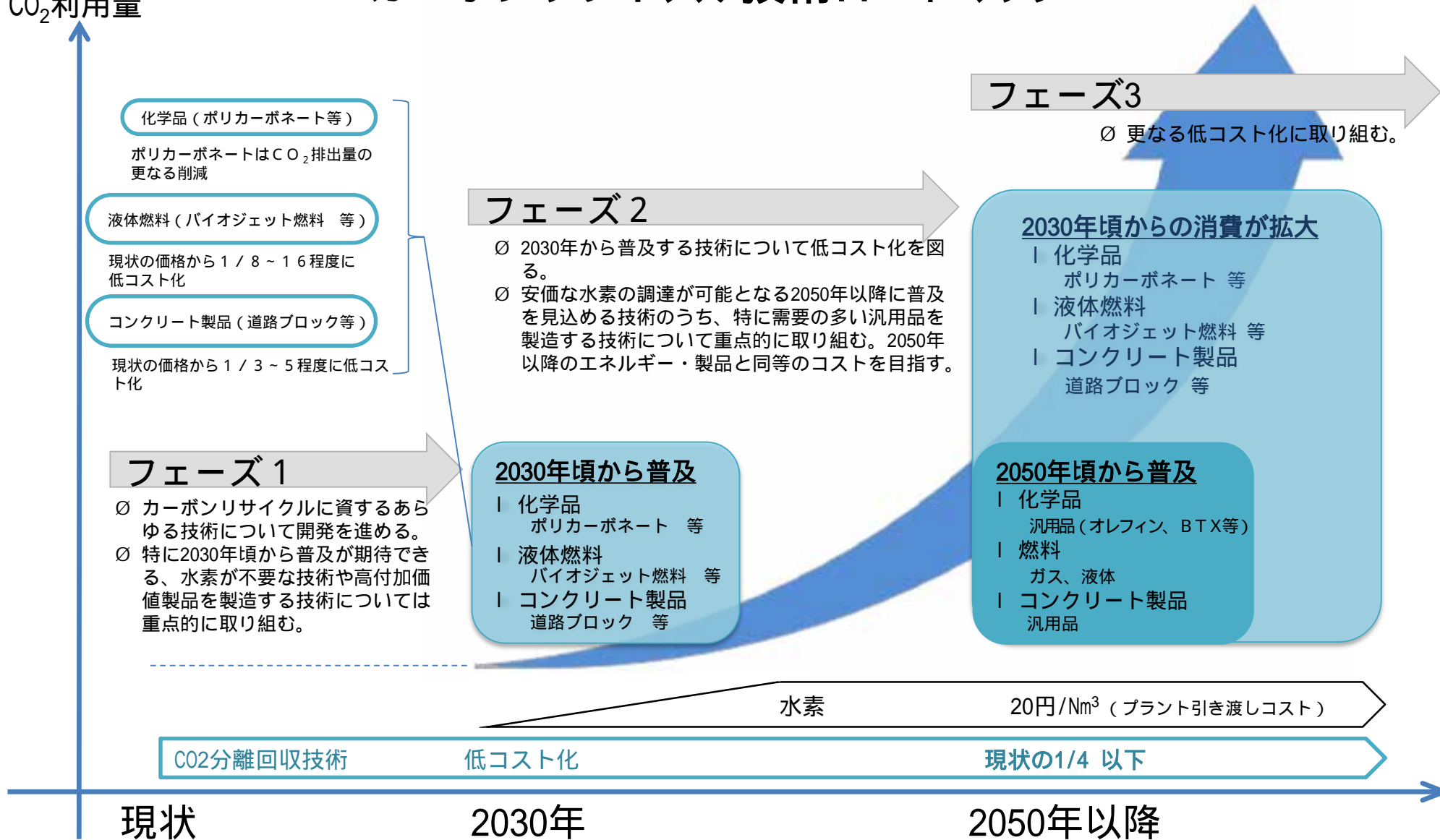
- コンクリート製品・コンクリート構造物
- 炭酸塩 など

4. その他

- ネガティブ・エミッション（BECCS、ブルーカーボンなど）

カーボンリサイクル技術ロードマップ

CO₂利用量



<見直し> カーボンリサイクル産学官国際会議などを通じて得られた国際的な技術の状況や新しい提案を踏まえて柔軟に技術の追加をおこなうとともに、5年を目安として、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略(仮称)(案)」の改訂等の動きを見つつ、必要に応じて見直す。

カーボンリサイクル技術開発の概要

- 1 価格は事務局調べ
- 2 基幹物質、化学品（一部の含酸素化合物を除く）、燃料の多くの技術は普及するために安価で、大量の、CO₂フリー水素が必要。バイオマス由来の場合にも水素化処理等に用いる水素が必要。

カテゴリー	CO ₂ 変換後の物質	現状 ¹	課題	既存の同等製品の価格 ¹	2030年	2050年以降
基幹物質	合成ガス・メタノール等	一部実用化、革新的プロセス（光、電気等利用）は研究開発段階	変換効率・反応速度の向上、触媒の耐久性向上 など	-	プロセスの低コスト化	プロセスの更なる低コスト化
化学品	含酸素化合物	一部実用化（ポリカーボネート等）、その他は研究開発段階 【価格例】 既存の同等製品程度（ポリカーボネート）	ポリカーボネートはCO ₂ 排出量の更なる削減 ポリカーボネート等以外の実用化（転換率・選択率の向上 など）	300-500円程度 / kg （ポリカーボネート （国内販売価格））	既存のエネルギー・製品と同等のコスト	更なる低コスト化
	バイオマス由来化学品	技術開発段階（非可食性バイオマス）	低コスト・効率的な前処理技術、変換技術 など	-	既存のエネルギー・製品と同等のコスト	更なる低コスト化
	汎用品（オレフィン、BTX等）	一部実用化（石炭等から製造した合成ガス等を利用）	転換率・選択率の向上 など	100円 / kg （エチレン（国内販売価格））	-	既存のエネルギー・製品と同等のコスト
燃料	液体燃料（微細藻類バイオ燃料）	実証段階 【価格例】 バイオジェット燃料 1600円 / L	生産率向上、低コスト・効率的な前処理技術 など	100円台 / L （バイオジェット燃料 （国内販売価格））	既存のエネルギー・製品と同等のコスト （100-200円 / L）	更なる低コスト化
	液体燃料（CO ₂ 由来燃料またはバイオ燃料（微細藻類由来を除く））	実証段階（E-Fuel等）、バイオエタノールのうち、可食性バイオマス由来については一部実用化	現行プロセスの改善、システム最適化 など	50-80円 （原料用アルコール （輸入価格）） 約130円 （工業用アルコール （国内販売価格））	-	既存のエネルギー・製品と同等のコスト
	ガス燃料（メタン）	実証段階	システム最適化、スケールアップ など	40-50円 / Nm ³ （天然ガス（輸入価格））	CO ₂ 由来CH ₄ のコストダウン	既存のエネルギー・製品と同等のコスト
鉱物	炭酸塩、コンクリート製品・コンクリート構造物	一部実用化、低コスト化に向けた様々な技術の研究開発が実施中 【価格例】数百円 / kg（道路ブロック）	CO ₂ と反応させる有効成分の分離、微粉化 など	30円 / kg （道路ブロック （国内販売価格））	道路ブロック： 既存のエネルギー・製品と同等のコスト	道路ブロック以外： 既存のエネルギー・製品と同等のコスト
共通技術	CO ₂ 分離回収	一部実用化（化学吸収法）、その他手法は研究・実証段階 【価格例】 4000円程度 / t-CO ₂ （化学吸収法）	所要エネルギーの削減 など	-	1000-2000円台 / t-CO ₂ （化学吸収、固体吸収、物理吸収、膜分離）	1000円以下 / t-CO ₂
基盤物質	水素	概ね技術確立済み（水電解等）、他の手法を含め低コスト化に向けた研究開発が実施中	低コスト化 など	-	30円 / Nm ³	20円 / Nm ³ （プラント引き渡しコスト）

カーボンリサイクル技術ロードマップのスコープ

カーボンリサイクル技術は、CO₂を資源として捉え、少量でも、既存製品を置き換えた分だけCO₂が利用できる。このため、費用対効果を踏まえつつ、一つでも多くの分野での技術の確立、普及を目指していく。その際、2030年を比較的短期のターゲットとして、2050年以降を中長期のターゲットとして定める。

2030年：早期の普及実現を目指すもの。

CO₂を利用しやすい環境の確立（分離・回収・利用の低コスト化）

既に基礎技術が確立し、低コスト化を図ることで既存製品の代替が可能なもの

（水素の低コストでの利用を前提としないもの、高付加価値で代替が進みやすいもの）

2050年：中長期に普及を目指すもの。

いまだ未確立の技術である一方、実現した場合、CO₂利用量が多いもの

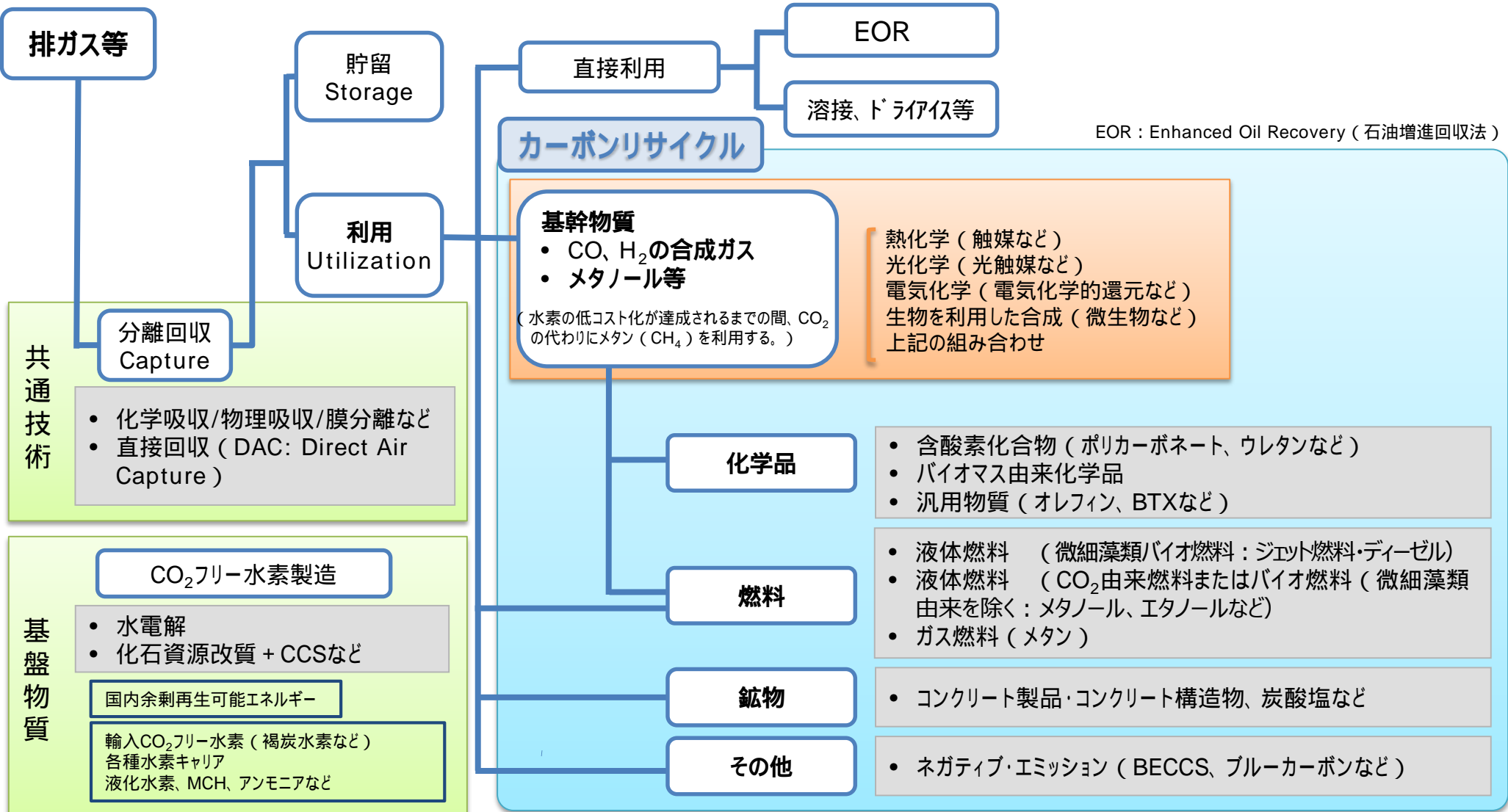
（水素の低コストでの利用を前提とするもの）

	2030（短期）	2050以降（中長期）
分野	水素が不要なものや高付加価値なものから導入 <ul style="list-style-type: none">• 化学品（ポリカーボネート等）• 液体燃料（バイオジェット燃料等）• コンクリート製品（道路ブロック等）	需要が多い汎用品に拡大 <ul style="list-style-type: none">• 化学品（汎用品：オレフィン、BTX等）• 燃料（ガス、液体）• コンクリート製品（汎用品）

個別技術

CCUS/カーボンリサイクル

1 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、鉱物化や人工光合成、メタネーションによる素材や燃料への利用等とともに、大気中へのCO₂排出を抑制していく。



共通課題： 熱・圧力・物質等の全体最適化 (低コスト化など)、LCA (現行プロセスとの比較)

I CO₂分離回収技術

< 技術課題 >

- 設備・運転コスト及び所要エネルギーの削減
新しい基材（吸収材、吸着材、分離膜）の開発
（選択性、容量、耐久性の向上）
基材の製造コストの低減
プロセスの最適化（熱、物質、動力等） など
- CO₂排出源、用途に応じた分離回収法の選定
- CO₂発生源と需要・供給先を連携させたカーボンリサイクルに適合するCO₂分離回収システムの構築（コプロダクション）
- 輸送、貯蔵

< 個別技術 >

- 化学吸収法（温度差（現行プロセス））
4,000円程度 / t-CO₂
所要エネルギー2.5GJ程度 / t-CO₂
- 物理吸収法（圧力差（実証段階））
- 固体吸収法（温度差）（研究開発段階）
- 物理吸着法（圧力差・温度差、大型化の利点少、
選択率、容量、耐久性の向上）
- 膜分離法（圧力差）
- その他、深冷分離法、Direct Air Capture など

< CO₂回収を容易にするためのプロセス技術 >

- 酸素富化燃焼・クローズドIGCC
低コスト酸素供給技術の開発
- ケミカルルーピング
低コスト、長寿命の酸素キャリアの開発

2030年のターゲット

- 低圧ガス用（燃焼排ガス、高炉ガスなどからのCO₂分離）
2,000円台 / t-CO₂
所要エネルギー 1.5 GJ / t-CO₂
化学吸収法、固体吸収法など
- 高圧ガス用（化学プロセス、燃料ガスなどからのCO₂分離）
1,000円台 / t-CO₂
所要エネルギー 0.5 GJ / t-CO₂
物理吸収法、膜分離法など
- その他プロセス全体の見直し
クローズドIGCC・ケミカルルーピングなど
1,000円台 / t-CO₂
所要エネルギー 0.5 GJ / t-CO₂

< CO₂分離回収システムの構築 >

- CO₂排出源および用途に適合した省エネルギー、
低コストとなるCO₂分離回収のシステム化
- 10,000時間連続運転の実現（耐久性、信頼性の実証）

2050年以降のターゲット

< 分離回収実用化 >

- 1,000円以下 / t-CO₂
の達成
- CO₂分離回収システムの
耐久性、信頼性の向上
- CO₂発生源と用途先の運用
に応じたCO₂分離回収
システムの最適化
- CO₂分離回収システムの
本格普及

共通技術

I CO₂分離回収技術の説明

分離回収技術	技術概要	適用先
化学吸収法	・CO ₂ と液体との化学反応を利用して分離回収する方法。	火力・セメント・鉄鋼・石油精製・化学工業・天然ガス採取
物理吸収法	・CO ₂ を液体中に溶解させて分離回収する方法。 ・吸収能は液体に対するCO ₂ の溶解度に依存する。	火力(高圧)・石油精製・化学工業・天然ガス採取
固体吸収法	・固体吸収材によるCO ₂ 分離回収技術。 ・アミン等を含浸させた多孔質材(低温分離用)や、CO ₂ 吸収能のある固体剤(高温分離用)に吸収させる方法等がある。	火力・セメント・石油精製・化学工業
物理吸着法	・ゼオライトなどの多孔質固体への昇圧・降圧(圧カスイング)や昇温・降温(温度スイング)などによる吸着・再生操作	火力・鉄鋼・セメント・石油精製・化学工業
膜分離法	・分離機能を持つ薄膜を利用し、その透過選択性を利用して混合ガスの中から対象ガス(CO ₂)を分離する方法。	火力(高圧)・石油精製・化学工業・天然ガス採取

基幹物質

I メタンケミストリー等（水素の低コスト化が達成されるまでの間、CO₂の代わりにメタン（CH₄）を利用する。）

【CH₄ 合成ガス】

- 商業プロセスとして確立
- 部分酸化・ATR、ドライリフォーミング:反応の低温化、触媒探索・耐久性向上等の改善余地

【CH₄ その他】

- 高温状態での分離（水素とベンゼン等）
- メタノールの直接合成、エチレンの直接合成等は研究開発段階
- CO₂フリー水素が得られるメタン熱分解は研究開発段階（触媒開発、炭素の除去・利用技術）

【廃棄物 有用物質】

- 廃プラスチック等を利用したリサイクル技術の高度化（プラスチックの物理選別、不純物除去、耐ハロゲン触媒等）
- 工業化プロセスの確立

<その他課題>

- 熱マネジメント,設備コスト,低コスト酸素供給技術開発（電解時に併産される酸素利用等）

2030年のターゲット

<技術目標>

- CH₄ 合成ガス反応温度600 以下（触媒：8000時間程度の寿命）
- 600 で使用可能な水素分離膜の開発

<コスト>

- 既存のエネルギー・製品と同等のコスト

<CO₂排出原単位>

- LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位以下の実現

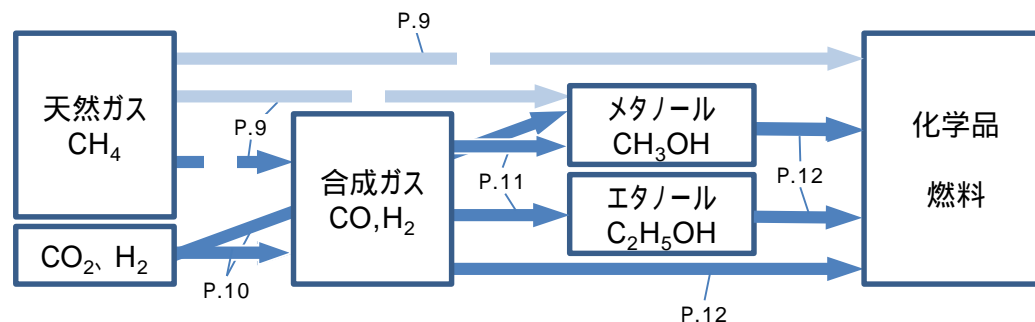
2050年以降のターゲット

<コスト>

- 原料がCO₂に置き換わり（スライド10,11）、既存のエネルギー・製品と同等のコスト

<CO₂排出原単位>

- さらなる削減



基幹物質

I 一酸化炭素と水素の合成ガスの製造技術

熱化学（触媒など）

- < 技術課題 >
- 現行プロセスの更なる改善（逆シフト反応）
- < その他課題 >
- 反応系から副生するCO₂の回収、再利用
- < 具体的な取組例 >
- 太陽熱を活用したCO₂の熱分解

光化学（光触媒など）

- 人工光合成（光触媒）
- < 技術課題 >
- 触媒開発
 - 水素合成（光触媒）
 - 逆シフト反応
 - COの直接合成
 - 変換効率の向上と発生する気体の分離
- < その他課題 >
- 実用化が可能なプラントのシステム設計
- 現行CO製造プロセス（メタン由来）との比較検討

電気化学（電気化学的還元など）

- 人工光合成（PV-electrochemical cell）
- < 技術課題 >
- 高電流密度対応の触媒電極の開発（反応速度の向上）
- 触媒電極の高集積化技術の開発（単位容積あたりの電流密度向上）
- 共電解による合成ガスの製造（負荷変動対応、装置規模）
- < その他課題 >
- 実用化が可能なプラントのシステム設計
- 現行CO製造プロセス（メタン由来）との比較検討
- 安価かつ大量の再エネ由来の安定した電力の確保

生物を利用した合成（微生物など）

- 各種研究開発の実施

2030年のターゲット

- < 共通課題 >
- プロセスの低コスト化
- < 変換効率（光化学） >
- 太陽光エネルギー変換効率：10%の達成
- < 反応速度（電流密度） >
- CO₂処理速度6 t/年/m²
（電流密度500mA/cm²（@常温・常圧、変換効率50%）の達成（電気化学）^{注1}）
- < 触媒 >
- 更なる耐久性向上、低コスト化
- （その他）
- 再エネ融合システムの開発
- ハイブリッドシステムの開発（光 + 電気等）
- セクターカップリング：製鉄の還元剤としてCOを利用することの実証

2050年以降のターゲット

- < 共通課題 >
- プロセスの更なる低コスト化
- < 変換効率（光化学） >
- 更なる変換効率の向上
- < 反応速度（電流密度） >
- CO₂処理速度11 t/年/m²
（電流密度1000mA/cm² @常温・常圧、電解効率50%）の達成（電気化学）^{注1}）
- （その他）
- 熱化学、光化学、電気化学、生物を利用した合成など、あらゆる反応・技術のベストミックス。

注1）100MWプラント、稼働率16.3%、2円/kWhでの試算
注2）安価なCO₂フリー水素が重要

稼働率の出典：資源エネルギー庁資料より

基幹物質

I メタノール等の製造技術

熱化学（触媒など）

【CO₂ メタノール】

< 技術課題 >

- 反応低温化のための触媒開発（転換率・選択率の向上）
例：CO、DMEの生成の制御
- 反応により発生した水の分離・除去
- 低質排ガスの直接利用（研究段階）
触媒劣化対策、耐久性向上

< その他課題 >

- 現行実用プロセス（合成ガス経由の反応）との比較検討
- 既存メタノール製造設備でのCO₂の利用

【合成ガス メタノール（またはDME）】

< 技術課題 >

- メタノール製造における収率の改善
- 合成ガスを原料とする、メタノールとDMEの併産システム（生産調整技術）

光化学（光触媒など）

電気化学（電気化学的酸化還元など）

生物を利用した合成（微生物など）

各種研究開発の実施

< 技術課題 >

- ギ酸、メタノールの直接合成（水中のプロトン利用）
- 反応速度や効率の向上

< その他課題 >

- 安価かつ大量の再エネ由来の安定した電力の確保（電気利用の場合）

< 具体的な取組例 >

- 微生物を利用した合成ガス（清掃工場由来）からのバイオエタノールへの一貫製造の実証（2023年までに技術確立：目標 500～1,000kL/y規模の実証を実施）
追加的な水素が不要なプロセスも含む。

2030年のターゲット

< 共通課題 >

- プロセスの低コスト化

< その他 >

- 再エネ融合システムの開発
- ハイブリッドシステムの開発（光 + 電気等）
- 大規模メタノールサプライチェーンの検討
- 既存製造システムへの適用、親和性確保

< 燃料としてメタノールの利用する場合の課題 >

- 実環境でメタノールを利用する技術の実証
- 既存燃料との混合利用・混合割合の拡大

2050年以降のターゲット

< 共通課題 >

- プロセスの更なる低コスト化

< コスト見込み >

- 天然ガス由来のメタノール合成製品並の価格程度

I 汎用物質（オレフィン、BTX等）の製造技術

< 技術課題 >

【MTO - オレフィン】（実稼働プラントあり）

- 触媒開発（転換率・選択率の向上）
例：エチレン、プロピレン、ブテン等の生成割合の制御
- 触媒の被毒対策（カーボンの析出制御）

【MTA - BTX】（プロジェクトあり）

- 触媒開発（転換率・選択率の向上）
例：ベンゼン、トルエン、キシレンの生成割合の制御

MTOやMTAについては、中国において、主に石炭から製造されたメタノールを用いたプロセスが実施（または検討）されているところ。

【合成ガス オレフィン、BTX】

要素研究

- 触媒開発（転換率・選択率の向上）
例：ベンゼン、トルエン、キシレンの生成割合の制御
- CO₂やメタン発生の抑制

2030年のターゲット

【MTO - オレフィン】

< 触媒 >

- C2～C4の選択合成技術の確立
- さらなる収率の向上と選択性の制御
- 小型パイロット規模のプロセスを確立

【MTA - BTX】

< 触媒 >

- さらなる収率の向上と選択性の制御

【合成ガス オレフィン、BTX】

< 触媒 >

- さらなる収率の向上と選択性の制御

< CO₂排出源単位 >

- LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位以下の実現

2050年以降のターゲット

< コスト見込み >

- 既存のエネルギー・製品と同等のコスト

< CO₂排出原単位 >

- LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位の半減以下の実現

化学品

I 含酸素化合物の製造技術

< 技術課題 >

- 現行プロセスや実用化に向けた低コスト化（ポリカ合成等）
- CO₂排出量の更なる削減
- 製造コスト削減

低TRLプロセスの要素研究（アクリル酸合成等）

- 触媒開発（転換率・選択率の向上）
- 反応相手の低LCA化（バイオマス、廃プラ利用等）

< その他課題 >

- 化学品によるCO₂貯留の検討（シュウ酸等）

2030年のターゲット

< コスト見込み >

- 既存のエネルギー・製品と同等のコスト

< CO₂排出源単位 >

- LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位以下の実現

2050年以降のターゲット

< コスト見込み >

- 更なる低コスト化

< CO₂排出原単位 >

- LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位の半減以下の実現

含酸素化合物に含まれる化合物は、アクリル酸、ウレタン、エタノール、エチレングリコール、サリチル酸、酢酸および酢酸エステル、シュウ酸、ポリアミド、ポリエステル、ポリカーボネート等（五十音順）

I バイオマス由来化学品の製造技術

< 技術課題 >

(セルロース系バイオマス)

- 低コスト・効率的な前処理技術（セルロース、リグニン等の分離）
- 脱水・乾燥、不純物除去等の手法確立
- 非可食性バイオマスから高付加価値化学品生産プロセス
- 新規微生物資源のスクリーニング技術と培養技術
- バイオテクノロジー利用(ゲノム編集・合成)、分離・精製、反応プロセス技術確立
- 不純物に強い発酵技術や触媒技術
- バイオマス原料の効率的な物質変換技術の開発
- バイオマス由来化学品の高機能化（海洋生分解性機能の付与等）

< その他課題 >

- 一貫製造プロセス構築（生産規模、品質等の安定性の確保等）
- 誘導品含む対象製品の拡大（含酸素化合物 オレフィン等）
- バイオマス由来化学品の用途拡大と経済性の検証
- バイオマス原料の効率的な収集システムの確立
- バイオマス由来化学品・中間体の規格化

普及イメージ

- ・可食性バイオマス利用（主にエタノール、アミノ酸）
- ・油脂類等利用
- ・バイオ・廃棄物発電
- ・高付加価値な化学品合成（機能性化学品）

当該技術開発は燃料分野（バイオエタノール等）にも共通する技術
バイオマス育成・回収は海洋利用も含まれる（燃料合成も同様）。

2030年のターゲット

< コスト見込み >

- 既存のエネルギー・製品と同等のコスト

< CO₂排出源単位 >

- 代替石油化学製品（含酸素化合物等）と比較して、LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位の半減以下の実現

< その他 >

- バイオマス由来化学品の多品種化・高機能化（海洋生分解性コントロール機能の付与等）
- 水素化処理で水素が必要

2050年以降のターゲット

< 共通課題 >

- 大規模生産（製紙インフラ・農林業・廃棄物等を活用した地域分散型の化学品生産）

< コスト見込み >

- 更なる低コスト化

< CO₂排出源単位 >

- 代替石油化学製品（オレフィン等）と比較して、LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位の半減以下の実現
- 市場導入（海洋生分解性プラスチック：8500億円（世界の日本シェア率25%））

- ・非可食性バイオマス利用・微細藻類利用
- ・バイオ発電（究極的にはBECCS）
- ・バイオマス化学品・燃料の多品種化

I 液体燃料の製造技術

微細藻類バイオ燃料（ジェット燃料・ディーゼル）

2030年のターゲット

<コスト見込み>

- バイオジェット燃料：既存のエネルギー・製品と同等のコスト（100 200円/L（現状1600円/L））

<生産率>

- 75 L-oil / 日・ha（現状35 L-oil / 日・ha）

<CO₂排出源単位>

- バイオジェット燃料については、既存のジェット燃料と比べ、LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位の半減以下の実現

<その他>

- 燃料規格適合
- 実用化へスケールアップとサプライチェーンの構築
- 既存燃料との混合利用・混合割合の拡大
- 油の改質に水素を比較的少量使用するため、CO₂フリー水素があればGHG削減効果は高くなる。

2050年以降のターゲット

<コスト見込み>

- 更なる低コスト化

<CO₂削減量>

- 航空部門のCO₂排出量の2005年比50%削減への貢献

（参考）温室効果ガス排出削減率50%のバイオジェット燃料が10万kL / 年導入された場合、CO₂が12.3万t / 年削減できる。

<技術課題>

（微細藻類 バイオジェット燃料・バイオディーゼル）

- 生産率向上（培養システム・遺伝子組み換え）
- 低コスト・効率的な前処理技術
- 脱水・乾燥、搾油、不純物除去等の手法確立
- 油脂類残渣の利用技術開発
- スケールアップ（ベンチからパイロットへ、後実証レベルへ）
- 大規模技術実証
- コストダウン追求

<その他課題>

- 用途拡大と経済性の検証
- 原料の効率的な収集システムの確立

当該技術開発は化学品分野にも共通する技術
（微細藻類を使った化粧品・サプリメント等の高付加価値品の製造は一部実用化）

I 液体燃料の製造技術 CO₂由来燃料またはバイオ燃料（微細藻類由来を除く） （メタノール、エタノール、ディーゼル、ジェット、DMC、OMEなど）

2030年のターゲット

2050年以降のターゲット

< 技術課題 >

- FT合成（現行プロセス）の改善（転換率・選択率の向上）
- その他合成反応（現行プロセス）の改善

< その他課題 >

- システム最適化
（再エネ導入（E-Fuel））

< 具体的な取組例 >

- 微生物を利用した合成ガス（清掃工場由来）からのバイオエタノールへの一貫製造の実証（2023年までに技術確立：目標 500～1,000kL/y規模の実証を実施） 追加的な水素が不要なプロセスも含む。

< CO₂排出源単位 >

- LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位以下の実現

< その他課題 >

- ナフサ・原油由来の燃料では問題のない規制や装置、機器に対するCO₂由来の燃料の影響
- 実環境での実証
- 既存燃料との混合利用・混合割合の拡大

< コスト見込み >

- 既存のエネルギー・製品と同等のコスト

< CO₂排出源単位 >

- LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位の半減以下の実現

バイオ燃料のコスト、CO₂排出のターゲットについては、バイオ由来化学品や微細藻類バイオ燃料同様、2030年に既存のエネルギー・製品と同等のコスト、LCAで現行プロセス（原油由来）のCO₂排出原単位の半減以下の実現を目指す。

I ガス燃料（メタン）の製造技術

< 技術課題 >

既存技術（サバティエ反応）

- 触媒長寿命化
- 熱マネジメント（発熱の利用）
- 活性マネジメント
- スケールアップ検討

革新技术（共電解等）研究開発

【Power to Methane】

- 共電解による電解メタンの製造（都市ガス利用等）
- CO₂を利用した電解メタン合成・発電の一体化
- 効率向上

< その他課題 >

- システム最適化（再エネ導入）
- 大型化 / 低コスト化
- 設備コスト

< 具体的な取組例 >

- 清掃工場の排ガスのCO₂を利用した商用規模（125Nm³/h）の実証
- 石炭火力の排ガスのCO₂を利用した都市ガス導入の実用化規模（6万Nm³/h）の実証に向けた基盤技術開発

2030年のターゲット

< コスト見込み >

- CO₂由来CH₄のコストダウン

< CO₂排出源単位 >

- LCAで現行プロセスのCO₂排出原単位以下の実現

< その他 >

- ガス導入管への挿入実証
- 販路・用途開拓
- 既存燃料との混合利用・混合割合の拡大

2050年以降のターゲット

< コスト見込み >

- 既存のエネルギー・製品と同等のコスト

< CO₂排出源単位 >

- LCAで現行プロセスのCO₂排出原単位の半減以下の実現

I 炭酸塩、コンクリート製品・コンクリート構造物などの製造技術

< 技術課題 >

- 鉄鋼スラグ、廃コンクリート、石炭灰等の産業副産物、廃鉱物、海水（かん水）等からの有効成分（CaやMgの化合物）の分離（分離後の副生物の処理を含む）
- CO₂との反応性を高めるための有効成分の微粉化等の前処理の省エネ化（乾式プロセス）
- 湿式プロセスでの省エネ化（重金属類等の安価な排水処理等）
- 安価な骨材、混和材等の開発
- スケールアップ

< 1トンのCO₂を固定化するために必要なエネルギー >

- 500 kWh/t - CO₂（高炉スラグ利用、乾式プロセス）

< その他課題 >

- CO₂発生源から製造・供給までの連携したシステム構築・プロセスの最適化（CO₂固定化量や経済性の最適化）
- 用途拡大と経済性の検証（炭酸塩の利用技術の開発と実証 - コンクリート製品・コンクリート構造物への適用への検証、蛍光材料等の高付加価値品の開発等）
- 土木・建築資材としての長期間の性能評価、規格・ガイドラインの整備

< 具体的な取組 >

- 未利用の産業副産物を活用した炭酸塩化技術開発（既以前処理の省エネが見込める石炭灰等）

鉄鋼スラグや石炭灰等は、現在でも多くがコンクリート材料として利用されているが、炭酸塩の形では使われていない。

2030年のターゲット

< コスト見込み >

- 道路ブロック：既存のエネルギー・製品と同等のコスト

< 1トンのCO₂を固定化するために必要なエネルギー >

- 200 kWh/t - CO₂（原材料と反応プロセス問わず）

< CO₂利用 >

- 鉄鋼スラグや石炭灰の10%程度を炭酸塩化

< その他 >

- 大規模実証
- コストダウン追求
- 国内外の適地調査
- なんらかのインセンティブを付けることによる需要の促進（公共事業等における調達など）

< 具体的な取組 >

- 原料の拡大（石炭灰、バイオマス混焼灰、廃コンクリート等 鉄鋼スラグ、廃鉱物、海水（かん水）利用等）

2050年以降のターゲット

< コスト見込み >

- 道路ブロック以外：既存のエネルギー・製品と同等のコスト

< CO₂利用 >

- 鉄鋼スラグや石炭灰の50%程度

カーボンリサイクル技術開発に関する留意点

I 気候変動対策・資源確保の必要性に着目して、カーボンリサイクル技術開発を効果的に進めるための留意点は以下のとおり。

ü 多くの技術開発において、安価なCO₂フリー水素が重要。

ü 水素基本戦略の水素・燃料電池戦略ロードマップにおいて、2050年で水素のプラント引き渡し価格20円/Nm³がターゲット

ü 水素供給に課題が残る状況においても、バイオマス、その他水素が必要ない技術開発を進めるとともに、水素供給の確立を待つことなく研究開発や天然ガスを利用した橋渡しの取り組みを進める。

ü カーボンリサイクル技術には、ゼロエミッション電源の活用が重要。

ü 安定物質であるCO₂を有用物質に転換するには、多大なエネルギー投入が必要。

ü カーボンリサイクル技術の評価には、LCAの視点が重要であり、分析・検証をしっかりと行う。

ü その他、CO₂の分離回収もコスト低減を図る。

参考

用語集

基幹物質（メタンケミストリー等）

メタンケミストリー...天然ガス由来のメタンを合成ガス（一酸化炭素と水素の混合ガス）やメタノールといった炭素数が1の化合物に改質し、これを原料に用いて、炭素数が1の化合物の相互変換や、炭素数が2以上の化合物を合成する技術法。

ATR...Auto Thermal Reaction

基幹物質（メタノール等）

DME...Dimethyl Ether

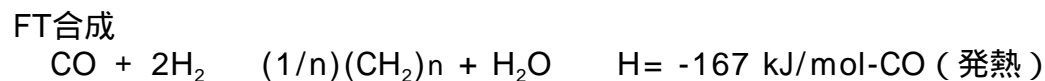
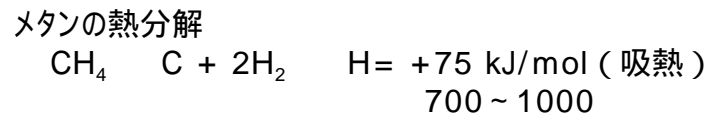
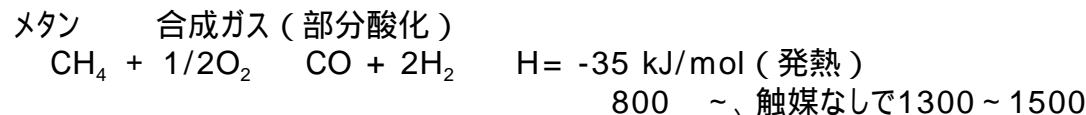
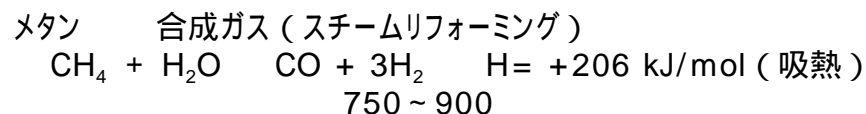
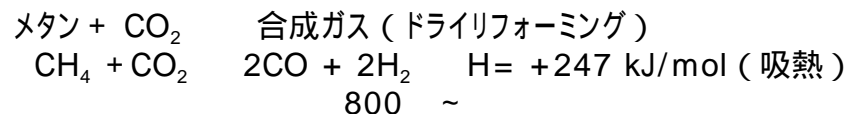
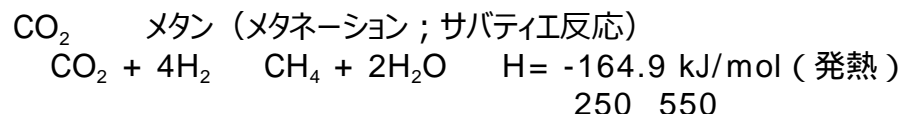
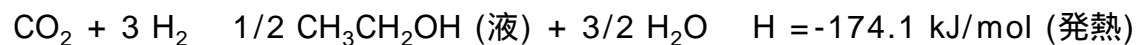
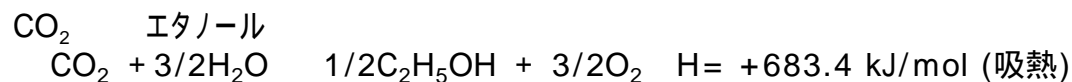
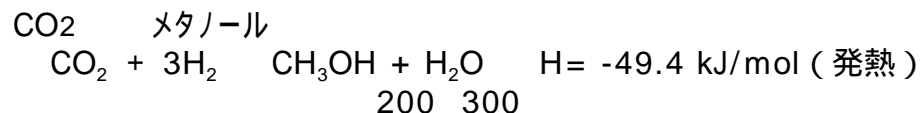
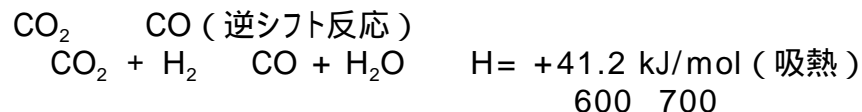
化学品（汎用物質：オレフィン、BTX等）

MTO...Methanol to Olefins

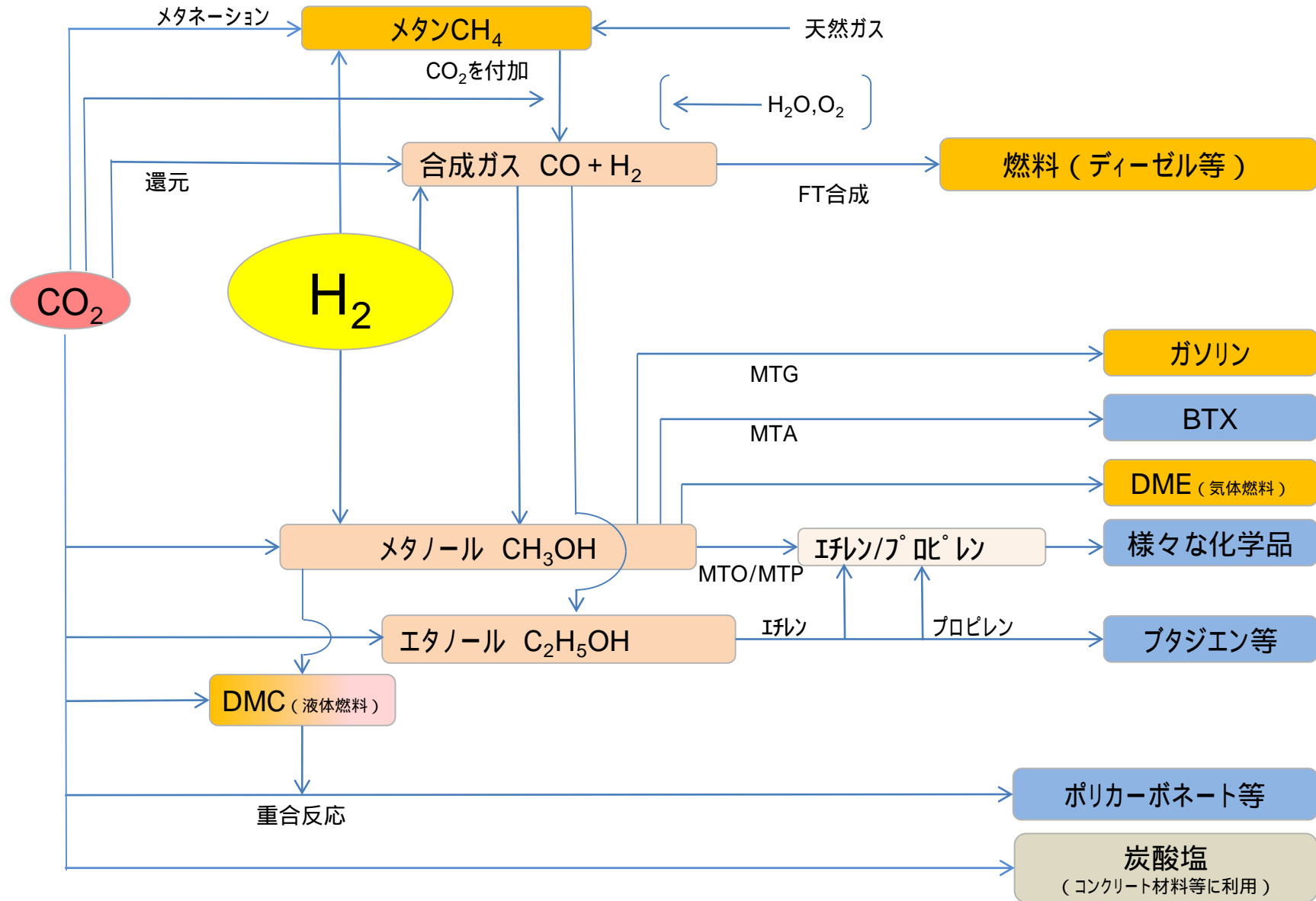
MTA...Methanol to Aromatics

BTX...Benzene, Toluene, Xylenes

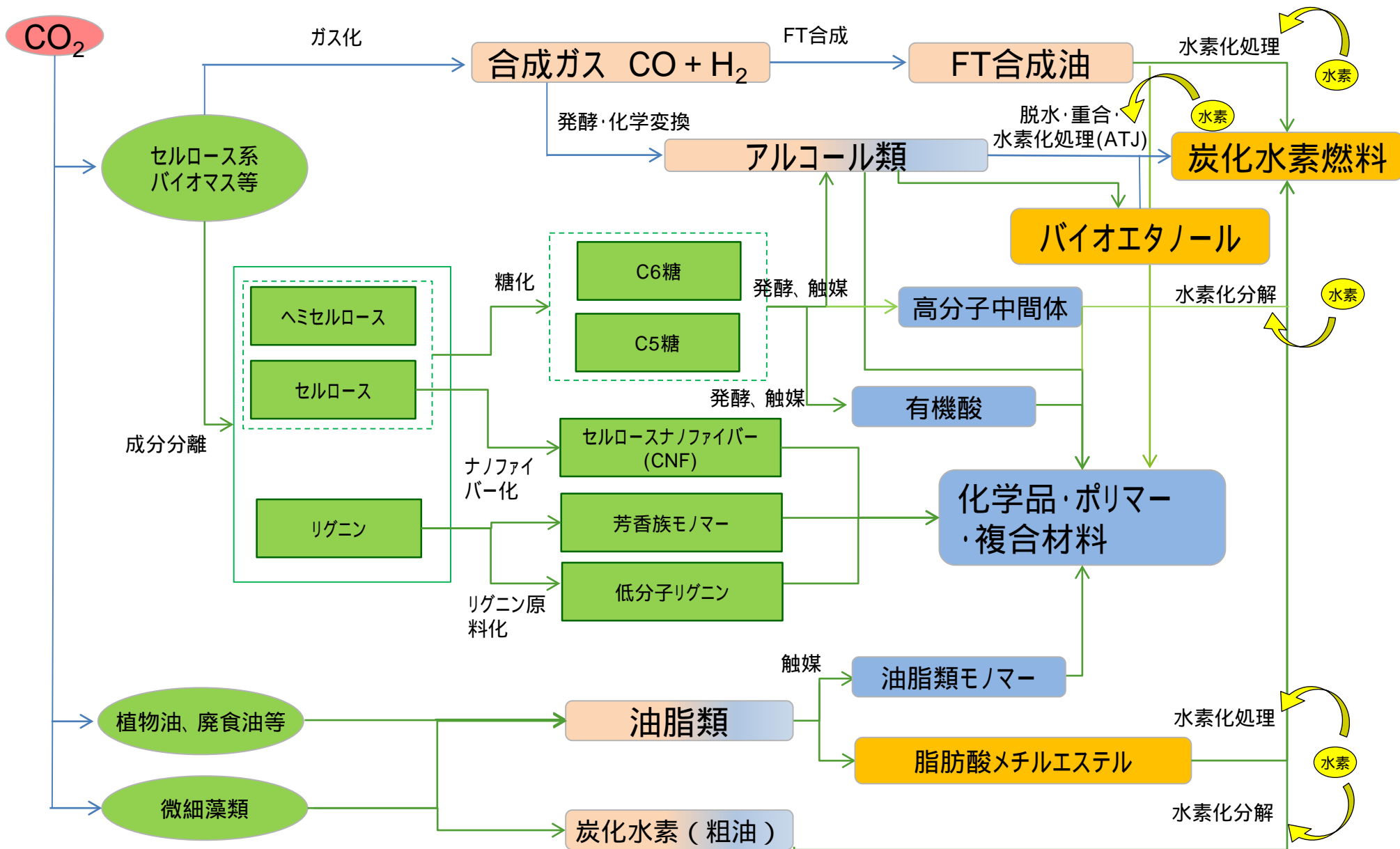
反応式集



参考：CO₂利用のフロー図（化学品、燃料、炭酸塩）



参考：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。