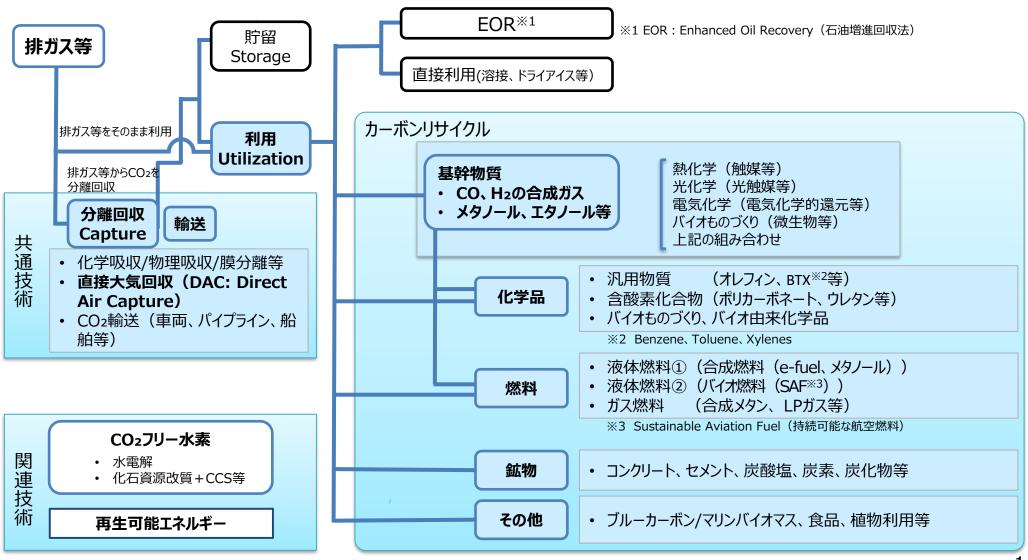


【別冊1】技術ロードマップ

カーボンリサイクル技術とは

● CO₂を有価物(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することで、従来どおり化石燃料を利用した場合と比較して大気中へのCO₂排出を抑制し、カーボンニュートラル社会の実現に貢献する。



共通技術(CO₂分離回収技術)

現状課題

<技術課題> (コスト低減に向けた開発)

- 設備・運転コスト及び所要エネルギーの削減
- ・新しい材料 (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)等
- CO2排出源、用途に応じた分離回収法の選定 「現在の回収コスト]

石炭火力発電排ガス(低圧ガス) + 化学吸収法 コスト 例:6,000円程度/t-CO2(既設石炭火力に追設の場合) 所要エネルギー:2.5GJ程度/t-CO2

(技術の標準評価方法の確立)

• エネルギー消費とコスト評価手法の明示化、評価基盤確立

<その他課題>

- 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)
- 化学品、燃料、鉱物等、回収したCO2を利活用する技術との連携
- •CO2需給量の調整・運用機能
- •輸送、貯蔵技術開発、超臨界CO2の安全性評価
- 輸送コストの低減 (大量輸送、液化技術)

2030年に向けた取組

<具体的な取組>

(コスト低減に向けた技術開発及び実証試験)

- ・圧力、濃度の違いによるCO2分離回収技術の開発 (材料開発、プロセス最適化・高効率化、コスト低減) (低圧ガス用)
- ・固体吸収法、化学吸収法、物理吸着法、膜分離法、 電界法等(適用例:燃焼排ガス、高炉ガス) (高圧ガス用)
- 物理吸収法(適用例: IGCC燃焼前回収)
- 膜分離法(適用例:IGCC燃焼前回収、天然ガス精製)

<その他取組>

- •CO2輸送·貯蔵技術開発/実証
- ・CCSの事業環境整備と整合性のとれたCO₂分離回収・輸送システムの検討
- CO2排出源を踏まえた分離回収技術と用途に適合したビジネスモデルの検討、ルール形成のサポート
- ISO TC265 (二酸化炭素回収・輸送・地中貯留) を中心とした、関連標準化動向の把握
- 排出削減カウントルールの形成に関する情報の収集
- ・CO2回収効率化燃焼・ガス化技術 (酸素富化燃焼・クローズドIGCC、ケミカルルーピング)

くグリーンイノベーション(GI)基金> CO₂の分離回収等技術開発

- ①天然ガス火力発電排ガスからの大規模CO2分離 回収技術開発・実証
- ②工場排ガス等からの中小規模CO2分離回収技術 開発・実証
- ③CO2分離素材の標準評価共通基盤の確立 CO2濃度10%以下の低圧・低濃度の CO2分離回 収技術を確立し、CO2分離回収設備・素材ビジネス の拡大に加えて、カーボンリサイクル市場における我が 国の国際競争力を強化

2030年の目標

<技術目標>

(コスト低減に向けた開発)

(低圧ガス用)

- <燃焼排ガス、高炉ガス等、濃度数%~、常圧程度>
- -2,000円台/t-CO2【GI基金】
- -所要エネルギー1.5GJ/t-CO2
- -化学吸収法、固体吸収法、物理吸着法、膜分離法等 (高圧ガス用)
- <化学プロセス、燃料ガス等、濃度数十%、数MPa>
- -1,000円台/t-CO2
- -所要エネルギー0.5GJ/t-CO2
- -物理吸収法、膜分離法等

(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)

<その他取組>

- CO2排出源を踏まえた分離回収技術と用途に適合したCO2 純度の組み合わせを考えた社会システム構築
- ・省エネルギー、低コストとなるCO₂輸送・貯蔵手段の確立 -液化(冷却、圧縮)、貯蔵(コンテナ、タンク)、輸送 (車両、パイプライン、船舶等)

<分離素材標準評価技術の確立>

・評価プロトコル確立による素材開発加速の実現【GI基金】

<技術目標>

- •1,000円/t-CO2に向けた技術革新
- CO2分離回収システムの耐久性、信頼性の向上、小型化
- 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

<普及への課題>

• CO2分離回収および輸送システムの本格普及

2030~2050年までの 取組・ターゲット

共通技術 (DAC: Direct Air Capture)

現状課題

<技術課題> (DACシステムの構築)

- 吸収剤/吸着剤/膜と大気との接触技術(Air contactor)の開発
- 分散型(小型化)の開発
- •大規模型(高効率化)の開発 [現在の回収コスト]
- 30,000~60,000円/t-CO₂
- ※大規模実証の例がなく、また、適用システム、適用技術、規模によりコストが大きく変化

(コスト低減に向けた開発)

※別頁【共通技術(CO2分離回収技術)】の部分再掲

- 設備・運転コスト及び所要エネルギーの削減
- 新しい材料(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)等

<その他課題>

- CO2分離回収法の発展形として、回収効率、所要エネルギー の削減等の技術開発
- 再生可能エネルギー等の非化石電源の利用や回収したCO2 の貯留・利用手法と併せた開発
- ・設置場所(回収に最適な気候、エネルギー源や再利用先の 近傍)の選定
- エネルギー消費とコスト評価手法の明示化、評価基盤確立

2030年に向けた取組

<具体的な取組>

(技術開発:ムーンショット型研究開発事業)

- 化学吸収法、物理吸着法、固体吸収法、膜分離法の開発
- DACプロセスの構築
- -新規吸収液、固体吸収剤の開発
- -新規分離膜の開発
- -プロセス最適化・高効率化(熱、物質、動力、エネルギー等)
- -コスト低減(設備、運転)
- スケールアップ検討
- -CO2昇華回収プロセスの開発
- -蒸気再生方式DACシステムの開発
- -ハニカムロータリー式DACの開発(ハニカム基材の最適化)

<その他取組>

• LCA評価モデルの構築

2030年の目標

<技術目標> (DACシステムの構築)

•2030年代の市場で競争力を発揮するCO2分離回収コスト を達成

[目標事例]

- -10,000円/t-CO2、ICEFロードマップ
- -10,000円/t-CO₂、企業の2025年または2030年における価格として公表している値
- ・省エネルギー、低コストとなるCO2分離回収のシステム化

<その他>

• LCAの観点からも有効であることをパイロット規模で確認

2030~2050年までの 取組・ターゲット

<DAC実用化>

- •2,000円台/t-CO2の達成(2050年)
- ・DACシステムの耐久性、信頼性の向上
- DACシステムの本格普及

基幹物質(一酸化炭素と水素の合成ガスの製造技術)

現状課題

2030年に向けた取組

2030年の目標

<技術課題>

(熱化学(触媒等))

• 現行プロセスの更なる改善(逆シフト反応)

(光化学(光触媒等))

(人工光合成(光触媒))

- 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

(電気化学(電気化学的還元等))

(電解還元 (electrolytic reduction))

- 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>

(熱化学)

•水蒸気改質プロセスの改良(プロセス、触媒、分離)、メタンの熱分解、太陽熱を活用したCO2の熱分解

(人工光合成)

- 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

(電解還元)

- 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
- ・安価かつ大量の安定したCO2フリー電力の確保

(生物を利用した合成(微生物等))

• 各種研究開発の実施

<具体的な取組>

(熱化学(触媒等))

・水蒸気改質プロセスの改良(プロセス、触媒、分離)、メタンの熱分解、太陽熱を活用したCO2の熱分解

(光化学(光触媒等))

•太陽光エネルギー変換効率改善

(電気化学(電気化学的還元等))

- 電極の大面積化と大容量化に適したスタックを開発
- ・ 電解装置の構造最適化開発、検証
- 電解作動雰囲気下で使用可能な材料の評価選定、 検証

<その他>

- 再エネ融合システムの開発
- ハイブリットシステムの開発 (光+電気等)
- セクターカップリング:コンビナート等の産業間連携による 基幹物質の融通やカーボンリサイクル事業の導入

くグリーンイノベーション(GI)基金事業>

CO2等を用いた燃料製造技術開発

- •液体燃料収率の向上に係る技術開発
- 気体燃料製造のエネルギー変換効率向上に係る技術関系

<技術目標>

(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))

• 電流密度500mA/cm² (常温・常圧、変換効率50%) の達成(電気化学) ^(注)

(触媒)

• 更なる耐久性向上、低コスト化

(コスト)

• 製造コストの低減

<その他>

- 再エネ融合システムの開発
- ハイブリットシステムの開発(光+電気等)
- ・セクターカップリング:コンビナート等の産業間連携による基幹物質の融通やカーボンリサイクル 事業の導入

(注) 100MWプラント、稼働率16.3%、2円/kWhでの試算 稼働率の出典:資源エネルギー庁資料より

2030~2050年までの 取組・ターゲット

<コスト>

- ・製造コストの更なる低減 **<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11t/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) **く反応速度(電流密度)**
- ・熱化学、光化学、電気化学、 生物を利用した合成等、あらゆる 反応・技術のベストミックス

基幹物質(メタノール等の製造技術)

現状課題

<技術課題>

(熱化学(触媒等))

(CO2を原料としたメタノールの製造)

- ・反応低温化のための触媒開発(転換率・選択率の向上)
- 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

(合成ガスからメタノール(またはDME*1)の製造)

- メタノール製造における収率の改善
- メタノールとDMEの生産制御技術

(光化学(光触媒等))

(電気化学(電気化学的還元等))

(バイオものづくり(微生物等))

- ギ酸、メタノールの直接合成(水中のプロトン利用)
- •FT*2合成等のプロセス改善(反応速度や効率の向上)

くその他課題> (熱化学(触媒等))

(CO2を原料としたメタノールの製造)

- •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

(光化学(光触媒等))

(電気化学(電気化学的還元等)) (バイオものづくり(微生物等))

・安価かつ大量の安定したCO2フリー電力の確保(電気利用 の場合)

- **%1** Dimethyl Ether
- **%2** Fischer Tropsch

2030年に向けた取組

<具体的な取組> (熱化学(触媒等))

- 圧力スイング吸着法による低コスト型CO₂分離技術に より低純度な濃度90~95%程度のCO2からメタノール を製造
- CO2から高効率なメタノール合成が可能なH2O膜分離 型反応器を開発
- C○っからメタノールを合成する低コストで耐久性のある。 触媒を開発
- CO2からメタノールを低温低圧で合成可能な触媒を開

(光化学(光触媒等)) (電気化学(電気化学的還元等)) (バイオものづくり(微生物等))

- ・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

<グリーンイノベーション (GI) 基金事業> CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発

• アルコール類からの化学品製造技術の開発の要素 技術

2030年の目標

<技術目標> (共通)

- 大規模プロセスにおける反応制御技術の確立
- CO2やH2の需給変動に対応する製造技術の開発

(燃料としてメタノールの利用)

- 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

(CO2を原料としたメタノールの製造)

- CO2純度を含めたメタノール合成システムの確立
- 耐圧性、耐熱性等、実操業を想定した条件での触媒性能の
- メタノール合成触媒の低コスト化の達成
- 低温低圧でメタノール合成可能な触媒の開発

(コスト)

・既存のCO2原料メタノールよりも低い製造コスト

くその他>

- 再エネ融合システムの開発
- ハイブリットシステムの開発(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

<コスト>

- 製造コストの更なる低減
- 天然ガス由来のメタノール合成製品並の価格程度

2030~2050年までの 取組・ターゲット

基幹物質(メタンケミストリー※1等(水素が低コスト化されるまで、CO₂の代わりに廃プラやメタン(CH₄)等を利用))

現状課題

2030年に向けた取組

2030年の目標

<技術課題> (プロセスの改良)

- 合成ガスの製造についいて、部分酸化・自己熱改質法 (ATR※2)、ドライリフォーミングにおける反応の低温化(①)
- 高温状態におけるメタンから水素やベンゼン等の分離技術
- •CO2フリー水素が得られるメタン熱分解(炭素除去・利用技術)
- ・農業残渣等のバイオガスからの効率的なメタン生成
- メタン等からのメタノール(②)やエチレン(③)の直接合成等
- ・廃プラや廃ゴム等から解重合によるオレフィン合成技術における 前処理(不純物除去等)

(触媒開発)

- 合成ガス製造における触媒探査、耐久性向上
- 廃プラ等からのオレフィン合成における転換率、選択率向上
- メタン熱分解等からCO2フリー水素を生成するための触媒開発

(現行プロセス:ナフサの熱分解)

- CO₂排出原単位1.6*kg-CO₂/kg(エチレン、プロピレン)
- CO2排出原単位2.1*kg-CO2/kg(ブタジエン)
- *石油精製によるナフサ製造時のCO2排出量も含む

<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)

<具体的な取組> (プロセスの改良)

- 部分酸化・自己熱改質法(ATR)、ドライリフォーミング: 反応の低温化
- メタン熱分解による水素製造技術の先導研究

(触媒開発)

• 合成ガス製造における触媒探査、耐久性向上

<グリーンイノベーション(GI)基金事業> CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発

- •使用済タイヤ(廃ゴム)からの化学品製造技術の開発
- ・廃プラスチックを原料とするケミカルリサイクル技術の 問発

<技術目標> (プロセスの改良)

- ・CH4→合成ガス反応温度600℃以下
 - (触媒:8,000時間程度の寿命)
- •600℃で使用可能な水素分離膜の開発
- 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【GI目標】

(コスト)

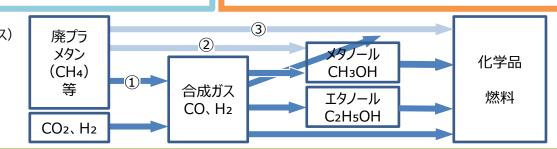
・製造コスト2割減(現行ケミカルリサイクルプラスチック比)

(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

※1 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合成ガス) 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

%2 Auto Thermal Reaction



2030~2050年までの 取組・ターゲット

<商用化>

- 商用化による牛産量の拡大
- **〈コスト〉**
- 製造コストの更なる低減
- <CO₂排出原単位>
- 更なる削減

化学品(基礎化学品(オレフィン、BTX等)の製造技術(炭素源として、CO2の直接利用、リサイクル、バイオマス技術等も併用))

現状課題

2030年に向けた取組

2030年の目標

<技術課題>

(MTO (Methanol to Olefins) - オレフィン) (ETO (Ethanol to Olefins) - オレフィン)

- ・触媒開発(転換率・選択率の向上) (例)
 - -プラスチック原料 (C2エチレン、C3プロピレン、C4ブテン等) の牛成割合の制御
 - -ゴム原料 (C4ブタジエン、C5イソプレン) 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 (Methanol to Aromatics) - BTX)

- ・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
- ・触媒の量産化技術(原料の影響、形状、サイズ等)
- 触媒の長寿命化
- ・触媒の被毒対策
- 適切なプロセスの検討 ← 2反応器/1反応器

(合成ガス→オレフィン、BTX)

- ・触媒開発(転換率・選択率の向上) (例)
- -プラスチック原料 (C2エチレン、C3プロピレン、C4ブテン
 - 等)の生成割合の制御
- -BTX (C6ベンゼン、C7トルエン、C8キシレン) の生成割合の制御
- CO2やメタン、重質油発生の抑制

(CO₂→オレフィン)

- 電気化学的な反応技術の開発
- 電極触媒、電解質、反応器の開発
- FT合成技術の開発
- 合成触媒、反応器の開発

2030~2050年までの

取組・ターゲット

<具体的な取組> (MTO、ETO、合成ガス→オレフィン)

- C2~C5の選択合成技術の確立
- ・ナンスの多うでは、アンジャーを
- さらなる収率の向上と選択性の制御触媒の量産化・低コスト化技術の確立
- ・オレフィン蒸留・分離プロセス確立

(MTA-BTX)

- 更なる収率の向上と選択性の制御、耐久性向上
- 商用プラントを見据えたプロセス確立

(CO2→オレフィン)

- •エネルギー変換効率、生成速度のさらなる向上
- 実ガス試験実施

$(CO_2 \rightarrow BTX)$

• CO2からのBTX合成プロセスの開発

<グリーンイノベーション(GI)基金事業> CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発

- 廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術の開発
- アルコール類からの化学品製造技術の開発

(MTO-オレフィン)

・革新的MTO触媒プロセスの開発:目的とするエチレンまたは プロピレンを高収率で製造可能な触媒を開発する。また、1万 時間以上の連続生産を可能にする【GI目標】

(MTA-BTX)

• 商用化の実現

(CO2→オレフィン)

- •a. CO2からの高効率アルコール類製造:新規の高効率な触媒を開発することにより、CO2を原料としたアルコール類の高効率合成法を完成させる。触媒と新たに開発する内部凝縮型反応器を組み合わせることで、収率を大幅に改善させる【GI目標】
- b. アルコール類からのオレフィン製造: C3以上のオレフィンの高効率製造プロセスの開発を目指す【GI目標】

$(CO_2 \rightarrow BTX)$

• CO2からのBTX合成プロセスの開発

(コスト)

・製造コスト約2割減(現行メタノールtoオレフィン比)

【GI目標】

(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を目指す

<商用化>

- ・商用化による生産量の拡大
- <コスト>
- ・製造コストの更なる低減

<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(機能性化学品(含酸素化合物)の製造技術)

現状課題

2030年に向けた取組

2030年の目標

<技術課題> (ポリカーボネート、ポリウレタン)

- ・CO2からの直接合成によるCO2排出量の更なる削減
- ホスゲンや酸化エチレン等毒性が強い原料をCO2で代替し、 CO2排出量を削減する合成法の開発
- ・量産化・低コスト化技術の確立
- 従来の製造手法において、ポリカーボネート、ポリウレタンの製造工程で利用するホスゲン製造時のCO2排出量: 1.0kg-CO2/kg

(プロセス技術(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CO2排出削減(バイオマス、廃プラ利用等)

くその他課題>

- ・化学品によるCO2貯留の検討(シュウ酸等)
- ・微生物を用いてCO2を有機酸や油脂に固定化するプロセスの 検討

(参考) 含酸素化合物に含まれる化合物 アクリル酸、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、ポリウレタン、ポリエステル、ポリカーボネー ト等(五十音順)

<具体的な取組> (ポリカーボネート、ポリウレタン)

- 反応条件最適化、主反応収率向上、連続プロセス検討最適化
- ・脱水剤検討、触媒検討、溶媒使用量の削減などの反応条件の最適化による脱水剤再生消費熱量の削減
- •CO2反応速度向上のための触媒改良
- スケールアッププロセスの開発

<技術目標> (コスト)

・既製品と同価格を目指す(ポリカーボネート、ポリウレタン)

(CO2排出原単位)

- •LCAで現行プロセスのCO2排出原単位以下の実現
- ・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0.3kgCO2/kg以上のCO2を原料化できる技術を実現(*目的物によって異なる)【GI目標】

<その他>

• 商用プラントを見据えたプロセス確立

くグリーンイノベーション(GI)基金事業> CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発

• CO2からの機能性化学品製造技術の開発

<商用化>

• 商用化による生産量の拡大

<コスト>

- ・製造コストの更なる低減
- <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

2030~2050年までの 取組・ターゲット

化学品(バイオものづくり等)

現状課題

<技術課題>

(原料調達·前処理技術)

- ・国内における原料の確保
- [海外からの原料調達]
- -安定調達や輸送時のGHG排出、輸送コスト
- -糖等の原材料に対する関税等によって海外生産より国内生産の方が割高となり、国内での事業促進を阻害
- [国内での原料調達]
- -全国各地で発生する廃棄物やCO2等の未利用資源の収集・濃縮や流通等に係る前処理技術の開発
- コスト低減が課題

(微生物改変技術)

- DBTL*プロセスを回しながら微生物等の開発・設計を担う微生物設計プラットフォーム事業者の技術の高度化
- ※DBTL: Design(デザイン)-Build(構築)-Test(実験) -Learn(学習)のサイクル
- 事業者間の連携の促進等

(培養・精製・加工)

- ・微生物を用いた生産段階の培養・精製・加工のプロセスにおいては、大型・高価な設備への投資
- ラボレベルとは異なる大量生産に対応した高度な発酵技術
- ・セルロース等バイオマスの低コスト・高効率な分離・加工技術、 触媒等を用いたプロセス改善、高機能化等

[現在の製造コスト]

• 当面は既存品に比べてコストが高く、コスト低減が課題

<その他課題>

- 技術人材の不足
- ・消費者のニーズ・受容

2030~2050年までの

取組・ターゲット

•規格化 等

2030年に向けた取組

<具体的な取組>

(研究開発投資による技術の確立、社会実装)

- ・未利用資源の収集・資源化から、微生物設計プラット フォーム高度化、菌体開発、スケールアップ、加工に至 る生産実証及び社会実装までのバイオものづくりのバ リューチェーンを一貫して支援
- セルロースナノファイバー等の革新的な製造技術及び製品化技術の開発、社会実装
- バイオマスからブタジエン等を製造する技術の開発

(課題への施策対応)

- 規制や公共調達による市場創出
- LCA認証手法等の確立
- ・付加価値の製品表示・クレジット化
- 廃棄物回収への自治体・消費者への協力
- 国際標準化の推進
- 消費者とのリスクコミュニケーション

<グリーンイノベーション(GI)基金事業> バイオものづくり技術によるCO2を直接原料と したカーボンリサイクルの推進

- ・水素細菌等CO2を直接原料とするバイオものづくりを念頭に、①微生物等設計プラットフォーム技術の高度化、②微生物等の開発・改良、③微生物等による製造技術の開発・実証等を推進
- これを通じて、有用微生物開発期間を事業開始年度比1/10に短縮、CO2を原料に物質生産可能な商用株を開発、製品の製造コストを代替製品の1.2倍以下へと低減することを目指す

<革新的GX技術創出事業>

・微生物、植物等に関するバイオものづくりに資する革 新的技術開発(新規代謝経路開発、DNA合成・ ゲノム編集技術開発等)を推進。

2030年の目標

<技術目標>

(CO2を直接原料としたバイオものづくり)

- 有用微生物開発期間を事業開始年度比1/10に短縮
- 【GI目標】
- CO2を原料に物質生産可能な商用株を開発【GI目標】 • 製品の製造コストを代替製品の1.2倍以下へと低減

【GI目標】

(CO2以外の未利用資源を活用したバイオものづくり) ※2030年頃の目標

- 海外のバイオマス原料等と同等以下の価格水準を実現する 技術の確立
- 市場での流通・収集・原料化が可能なサプライチェーンの構築
- •製品の製造コストを代替製品の1,2倍以下へと低減

(その他バイオマスからの化学品製造)

- セルロースナノファイバー等の製品化
- バイオマス由来の基礎化学品製造技術の確立

<その他>

- ・世界最先端のバイオエコノミー社会の実現 (2030年までに市場規模92兆円の内数)
- バイオマスプラスチック約200万トンの導入

<実用化・生産コスト低減・市場拡大>

- 商業ベースで生産可能な化学品の種類・機能の拡大
- •大気中のCO2を原料とするバイオものづくりの実用化
- •林材、廃棄物等を活用した商業ベースでの化学品生産
- <国内市場の転換・国際ルールに基づく海外市場の獲得>

燃料(液体燃料の製造技術① ※合成燃料(e-fuel等))

現状課題

<技術課題> (コスト低減)

・水素コストの低減を待つことなく、製造効率の向上かつ大規模 な製造技術の確立

[合成燃料の製造コスト]

・約300~700円/L (出典) 合成燃料研究会中間取りまとめ(2021年4月 合成燃料研究会)

(製造技術の確立)

- •回収されたCO2を再利用し、水素との合成反応での合成燃料を一貫製造する革新的製造技術の開発
- 高効率化のための既存技術の見直し、触媒を含む革新的な製造技術の開発
- 軽油に特化したアップグレーディング運転実績はあるが、各油種・多様な製品製造への運転実績は無いため、条件を最適化。

<その他課題>

- 合成燃料が脱炭素燃料であるとの国際的評価を確立
- •環境価値(CO2の削減効果)の扱いの明確化
- 原料の安定的な確保の観点から、水素関連やCO2の分離・ 回収等の他のGI基金プロジェクトと連携、社会実装に向けた 効率的な研究開発
- 合成燃料(e-fuel)の早期供給を目指した国内外のプロジェクトの組成や参画
- ・燃料の信頼性を確立するための品質確認
- 販売手法を含めたビジネスモデルの構築
- 合成燃料 (e-fuel) の利用推進に関する国際連携
- 合成燃料 (e-fuel) の商用化・導入拡大までの移行期におけるバイオ燃料の拡大に向けた検討

2030年に向けた取組

<具体的な取組> (コスト低減)

 既存技術(逆シフト反応+FT合成プロセス、MTG (Methanol to Gasoline)等)を用いて早期供給を目指した製造実証の実施

(製造技術の確立)

• 革新的な製造技術(例: CO₂電解、共電解、直接合成 (Direct – FT))の開発

(その他)

「合成燃料 (e-fuel) の導入促進に向けた官民協議会」を 活用した各種課題の検討

くグリーンイノベーション(GI)基金事業> CO₂等を用いた燃料製造技術開発プロジェクト

- ①液体燃料収率の向上に係る技術開発/CO2からの合成反応を用いた高効率な液体燃料製造技術の開発
- ・航空・船舶・モビリティ分野などのカーボンニュートラル化に向けて、CO2と再エネ由来水素を原料とし、FT合成を活用した幅広い液体燃料製品の製造技術開発
- 合成燃料コストの大半を占める原料(H2・CO2)の消費量低減のため、個別工程の高性能化とリサイクル技術適用による液体燃料収率の大幅な向上
- 大規模製造を実現するため、2025年に製造を開始し、 2028年までにパイロットプラントでの技術検証を通してスケールアップ技術を確立することで、商用規模の技術確立 につなげる。
- ②燃料利用技術の向上に係る技術開発/乗用車 及び重量車の合成燃料利用効率の向上とその 背反事象の改善に関する技術開発
- ・燃料の効率的な活用に向けた、燃焼技術・排ガス処理 技術の高度化の基礎研究及び利用実証技術開発
- 合成燃料の製品性状に合わせた燃料利用技術進化

2030年の目標

<技術目標> (コスト低減)

パイロットスケール(300BPD規模を想定)で液体燃料収率80%の達成【GI基金】(2028年)

(製造技術の確立)

- CO2と再エネ由来水素を原料とし、FT合成を活用し、幅広い 液体燃料製品の一貫製造技術確立【GI基金】
- ・電解合成ガス製造技術の高度化
- 次世代FT触媒による高性能化
- ・パイロット規模(準プラント)による製造運転検証を踏まえた、 商用化規模プラントへのスケールアップ

(燃料利用技術の確立)

- 燃料利用段階のCO2排出量を半減する基盤的技術(乗用車)及び正味熱効率(最高点)55%以上となる内燃機関技術(重量車)の確立【GI基金】
- ・国際的な規格の確立

<合成燃料の商用化>

- ・2030年代前半までの商用化を目指す。更なる加速化も視野に不断の努力を継続。
- •世界に先駆けて技術確立
- •世界市場の獲得

<コスト>

• 2050年に既存の製品と同等のコストを実現(約100-150円/L:ガソリン)

取組・ターゲット

2030~2050年までの

燃料(液体燃料の製造技術② ※バイオ燃料(SAF))

現状課題

〈技術課題〉

(培養規模の拡大)

・海外にて屋外10,000m²の試験プラントでの微細藻類の培養に成功しているが、更なる培養規模に拡大

(培養手法・条件)

環境条件(光、温度、養分等)や設備稼働条件(水深、 曝気量等)、異物の混入防止等の最適な培養手法・条件 の標準化

(回収·乾燥技術)

・効率的かつ安価な藻類回収・乾燥技術の確立

(併産品の利活用)

• 併産品の利活用により、燃料の製造費用の低減

(環境負荷の削減効果)

・温室効果ガス排出量の削減効果や化石エネルギー収支の改善等

<その他課題>

・CO2由来燃料を活用したCORSIA認証

2030年に向けた取組

<具体的な取組> (コスト低減に向けた取組)

- 50,000m²程度の微細藻類培養実証設備を構築し、 安定的な大量培養、低コストかつ効率的な藻類の回収・乾燥にかかる実証(国外展開中)
- 商用化に際しての共通課題の解決を図るため、国内基盤研究拠点において、最適な標準培養手法・条件確立に向けて推進
- ・微細藻類からニートSAFを製造する際に発生する多種 併産品(ナフサ他/バイオ化成品、健康食品、藻油抽 出後の残渣等)の利活用によるSAF製造原価の低減 に向けた技術研究の推進
- カーボンニュートラルに向けた確実な貢献を図るため、 CORSIA基準にもとづき、温室効果ガス排出量削減 効果やエネルギー収支にかかる確度の高い試算を実施

くその他課題>

- ASTM (D7566) 適合後の新規CORSIA認証取得 に向けた整理
- SAF製造や二酸化炭素吸収効率化を主眼とした微細 藻種の選定や育種(ゲノム編集等を含む)

2030年の目標

<技術目標>※

(培養規模の拡大)

・本邦SAF需要に補完し得る生産規模での安定した培養の 実現

(培養手法・条件)

• 最適な培養手法・条件の検討による培養効率の向上ならびに培養システムのコスト低減

(回収·乾燥技術)

・本邦SAF需要に補完し得る生産規模でのTEA・LCAの優れた回収・乾燥技術の確立

くその他目標>

- SAF製造時に発生する併産品(ナフサ他/バイオ化成品、健康食品、藻油抽出後の残渣等)の高付加価値化、収益化
- ・微細藻類やSAF本邦技術に精通した本邦CORSIA認証スキーム(SCS)の導入
- 2030年の航空機燃料使用量の10%をSAFに置き換える 目標を設定

※2020年度~2021年度成果報告書

バイオジェット燃料生産技術開発事業/技術動向調査/微細藻類技術によるバイオジェット燃料実用化に係る技術ロードマップの策定 (NEDO)

<技術目標>

• 商業規模での、より一層の微細藻類生産技術の拡大

<普及への課題>

・航空分野における2050年カーボンニュートラル実現への貢献

燃料(ガス燃料(合成メタン、LPガス)の製造技術)

現状課題

<技術課題>

(既存技術:サバティエ反応)

- ・総合エネルギー変換効率の向上(現状約50%程度)
- 反応熱のマネジメント
- 大規模生産技術開発・実用化/コスト低減

(革新技術)

- ・ 高温電解・水電解に必要なセル開発
- メタン合成触媒の耐久性・反応制御の向上
- 高温で一連の反応を連続するシステムの構築
- 合成メタン製造に係る一連のプロセスの総合エネルギー変換 効率の向上
- ・大規模生産技術開発・実用化/コスト低減
- ・触媒によるグリーンLPガス合成技術(高効率化、量産化、プロセスの最適化等)

<その他課題>

- ・導入に必要な制度・仕組み (認証や環境価値の移転等) の検討・整備
- ・燃焼時のCO2排出の取扱いに関する国際・国内ルールの整備に向けた調整
- 実用化・低コスト化に向けた様々な支援のあり方の検討

2030年に向けた取組

<具体的な取組>

技術開発

(既存技術:サバティエ反応)

- 天然ガスの鉱場内で回収したCO2を活用した合成メタン製造にの実証(400Nm³/h)
- 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(60,000Nm³/h)の実証に向けた基盤
- 2030年に米国及び豪州等で合成メタン (e-methane) を製造し日本への輸出を検討するFS調

(革新技術:グリーンイノベーション(GI)基金 事業)

CO₂等を用いた燃料製造技術開発プロジェクト (合成メタン)

- ・SOEC*1/メタン合成連携反応を用いたメタネーション
- ・水電解/低温サバティエ連携反応を用いたメタネー ション
- ・PEM※2を用いたメタネーション (グリーンLPガス)
- ・牛成率の高い触媒等の基盤技術の開発
- ・商用化を実現するための大規模製造が可能なプラントの運用方法の確立

<その他の取組>

- メタネーション推進官民協議会等における合成メタンの 導入に必要な制度・仕組みや、支援のあり方、合成メ タン燃焼時のCO2カウントに関するルール整備等の方向 性の検討
- グリーンLPガス推進官民検討会において、社会実装に向けたLPガス業界としてのロードマップ作り等の検討

2030年の目標

<技術目標>

(既存技術:サバティエ反応)

- ・大規模商用スケール(1万Nm³/h)の実現
- 製造コストの低減 120円/Nm³

(革新技術)

(合成メタン)

- 合成メタン製造の総合エネルギー変換効率80%を見通す技術レベルの確立【GI目標】 (グリーンLPガス)
- ・生成率50%となるグリーンLPガス合成技術の確立

【GI目標】 ・グリーンLPガスを年間1,000t以上生産し商用化を実現

「GI目標」

<その他>

- •海外から国内へ合成メタンの輸送を開始
- 既存インフラへ1%注入
- 既存燃料との混合利用・混合割合の拡大
- 販路•用途開拓

- ※1 Solid Oxide Electrolysis Cell (固体酸化物形電解セル)
- ※2 Polymer Electrolyte Membrane(固体高分子電解膜)

<技術目標>

- 革新的メタネーションについて、2040年代に10,000Nm³/ h ~の大量生産技術を実現
- <導入目標・コスト目標>
- 2050年までに既存インフラに合成メタンを90%注入し、コストはLNG価格(約50円)と同水準を目指す

鉱物(コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物等の製造技術)

現状課題

<技術課題>

(効率的な鉱物化技術・CO2削減技術等)

- ・鉱物化の原料となるCaやMgの分離
- CO2との反応性を高めるための有効成分の微粉化及び分離等の前処理の省エネ化(乾式プロセス)
- 重金属類等の安価な排水処理等(湿式プロセス)
- ・コンクリート製造・養生時のCO2固定量の最大化
- ・セメント製造時に排出されるCO2の排出抑制
- ・炭素・炭化物の非化石原料からの製造、CO2排出抑制

(コスト低減に向けた開発)

[現在のCO2を固定したコンクリート製造コスト]

既存コンクリートの3~5倍程度

- 安価な骨材、混和材等の開発、配合の最適化等
- 生産規模スケールアップ

(その他)

- コンクリート・セメント以外の用途拡大
- 高品質な炭酸塩の製造プロセスの確立

<1トンのCO₂を固定化するために必要なエネルギー>

500kWh/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(利用技術の開発と実証等)
- ・土木・建築資材としての長期間性能評価、規格・ガイドラインの整備
- 製鉄でのコークスの利用減に伴う炭素原料の確保
- Ca含有廃棄物の処理体制の構築

2030年に向けた取組

<具体的な取組>

(効率的な鉱物化技術・CO2削減技術等)

- ・産業廃棄物や産業副産物等に含まれるCa・Mg等のアルカリ源を活用した炭酸塩化技術開発(原料の拡大)
- CO₂供給源ごとの濃度、不純物等を考慮した適切な処理技術、調達方法の最適化
- 製造プロセス中のマテリアルフローの検討

(コスト低減に向けた開発)

•より低コストな製造技術の開発

(その他)

- CO2還元、炭素化要素技術開発
- コンクリート用骨材、土壌改良材、ガラス原料等への用途拡大のための技術開発

<その他の取組>

- 国交省、地方自治体工事における現場実証の実施
- •展示イベント(大阪万博等)を利用した認知度向上
- コストダウン追求
- ビジネスモデルの検討
- 公共事業での低炭素・脱炭素化に資する建設材料活用の 推進体制の構築
- JIS/ISO整備に向けた評価手法の検討

くグリーンイノベーション(GI)基金事業> CO2を用いたコンクリート等製造技術開発

- (コンクリート分野)
- ①「CO2排出削減・固定量最大化コンクリート」の開発
 - ・CO2を原料とするコンクリート材料の開発
- ・より低コストな製造・現場施工技術の開発
- ②コンクリート内CO2量評価及び品質管理手法の確立 (セメント分野)
- ①CO2を全量近く回収する、CO2回収型セメント製造プロセスの開発
- ②回収CO2を用いた、多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立

2030年の目標

<技術目標>

(効率的な鉱物化技術・CO2削減技術等)

- CO2反応量、反応速度を高める効率的な炭酸塩化手法の開発
- CO2を固定したコンクリート製品の適用範囲拡大
- 鉄筋の防錆処理、代替材の開発
- ・鉄鋼スラグや石炭灰の10%程度を炭酸塩化
- コンクリート製造に係るCO2削減量310~350kg/m3(うちCO2 固定量は120~200kg/m3)【GI目標】
- ・炭酸塩1トンあたりに固定化するCO2固定量が400kg以上

【GI目標】

・セメント製造時のプレヒーター内で発生するCO2を80%以上回収 【GI目標】

(コスト低減に向けた開発)

- 既存製品と同等以下のコスト【GI目標】プレキャストコンクリート: 30 円/kg 程度
 - -生コンクリート: 8 円/kg 程度
- •炭酸塩の生成コスト:石灰石の市価の5倍程度【GI目標】

(その他)

・高付加価値化(炭素繊維、ナノカーボン等)

<1トンのCO₂を固定化するために必要なエネルギー>

200kWh/t-CO2(高炉スラグ利用、乾式プロセス)

<その他>

(コンクリート分野)

- ・コンクリートの品質管理手法の確立と国際標準化の実現【GI目標】 (セメント分野)
- ・炭酸塩の利用拡大のため、ガイドラインを策定【GI目標】

2030~2050年までの 取組・ターゲット

<技術目標>

- 更なる高効率な炭酸塩化手法の開発(鉄鋼スラグや石炭灰の発生量の50%程度を炭酸塩化)
- <普及への課題>
- 用途拡大やカーボンリサイクル製品の適用に向けた各種規格・規制の見直し 等

(参考) カーボンリサイクル技術・製品概要 CO2変換後の カーボンリサイクル 物質 技術開発の現状 基幹 合成ガス 一部実用化、革新的プロセス 物質 (光、電気等利用)は技術開発段階 触媒の耐久性向上 等 メタノール等 一部実用化(石炭等から製造した 汎用品 合成ガス等を利用) 転換率・選択率の向上 等 (オレフィン、BTX等) その他は技術開発段階 一部実用化(ポリカーボネート等)、 ポリカーボネートはCO2排出量 その他は技術開発段階 の更なる削減 化学品 含酸素化合物 【価格例】 ポリカーボネート以外の実用化 既存の同等製品程度(ポリカーボネート) (転換率・選択率の向上) バイオものづくり、 低コスト・効率的な前処理技 技術開発段階(CO2や非可食性バ 術、微生物改変技術 等 イオマス等を原料とした物質生産) バイオ由来化学品

技術開発/実証段階

技術開発/実証段階

一部実用化、

【価格例】

(化学吸収法)

技術開発を実施

【価格例】

【価格例】SAF1600円/L*1

技術開発段階(合成燃料(e-fuel))

合成燃料 約300~700円/L*1

低コスト化に向けた技術開発段階

一部実用化(化学吸収法)、 その他手法は技術開発段階

約4000円~6000円/t-CO2

概ね技術確立済み(水電解等)、

他の手法含め低コスト化に向けた

【価格例】数百円/kg(道路ブロック)

※3 「CO2等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性 (第8回 産構審GIブロジェクト部会 エネルギー構造転換分野 WG(2021年12月23日))における目標値 ※4 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(2021年6月)における目標値 課題 変換効率・反応速度の向上、

※2

生産率向上、低コスト・効率的

システム最適化、スケールアップ、

CO2と反応させる有効成分の

分離、微粉化、低コスト化 等

所要エネルギーの削減 等

な前処理技術 等

現行プロセスの改善、

システム最適化 等

高効率化 等

低コスト化 等

既存製品の価格 (2023年1月現在)

約180円/kg^{※2}

(エチレンの国内販売価格)

約400円/kg^{※2}

(ポリカーボネートの

国内販売価格)

100円台/L^{※2}

(ジェット燃料の国内販売価格)

約170円/L^{※2}

(ガソリンの国内販売価格)

105円/Nm³×2

(天然ガスの輸入価格)

30円/kg^{※2}

(道路ブロック用プレキャスト

コンクリートの国内販売価格)

※1 現状のカーボンリサイクル製品の価格は事務局調べ

既成製品の価格は統計情報や調査結果等に基づく参考値

製造コストの低減 製造コストの低減

2030年

既存製品と同等のコスト

既存製品の

1.2倍程度のコスト

製品コストの低減

製造コストの低減

道路ブロック等、技術成熟

存の製品と同等のコスト

収技術)のスライド参照)

30円/Nm^{3※4}

度が高い製品について、既 製品について、既存製

1000-2000円台/t-CO2 1000円以下/t-CO2

(共通技術(CO2分離回 2000円以下/t-CO2

製造コストの 更なる低減 製造コストの 更なる低減

製造コストの

更なる低減

更なる低コスト化

更なる低コスト化

既存の製品と

同等のコスト

(約100-150円/L)

既存の製品と

同等のコスト

(40-50円/Nm³) ^{※4}

新たに用途拡大された

品と同等のコスト

(DAC)

20円/Nm^{3※4}

(プラント引き渡しコスト) 4

2040年以降

液体燃料

(バイオ燃料 (SAF))

液体燃料

(合成燃料(e-fuel))

ガス燃料

(合成水)、(P扩)等)

コンクリート、セメント、炭酸

塩、炭素、炭化物

CO₂分離回収

(DAC含む)

水素

燃料

鉱物

共通

技術

物質

基盤

【参考】共通技術 (CO2分離回収及びDAC技術の説明)

分離回収技術	技術概要	適用先
化学吸収法	● CO2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	● CO₂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CO₂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CO₂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、CO₂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	● ゼオライトや金属錯体等の多孔質固体への昇圧・降圧 (圧力スイング)や昇温・降温(温度スイング)等に 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	● ゼオライト膜、炭素膜、有機膜等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(CO2)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
DAC (Direct Air Capture)	◆ 大気中から低濃度CO₂を上記分離回収技術等を用いて直接回収する技術。◆ CO₂分離回収技術の発展形でもあり、実用化に向けて、更なる低コスト化、所要エネルギーの削減が必要。	大気中等の極低濃度(400ppm) CO2回収

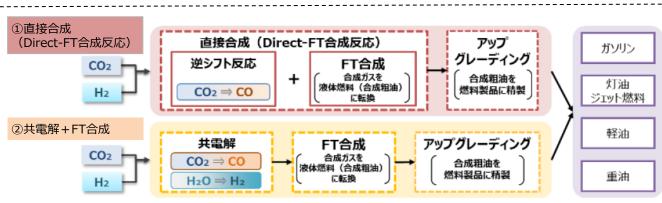
【参考】CR燃料の反応プロセス





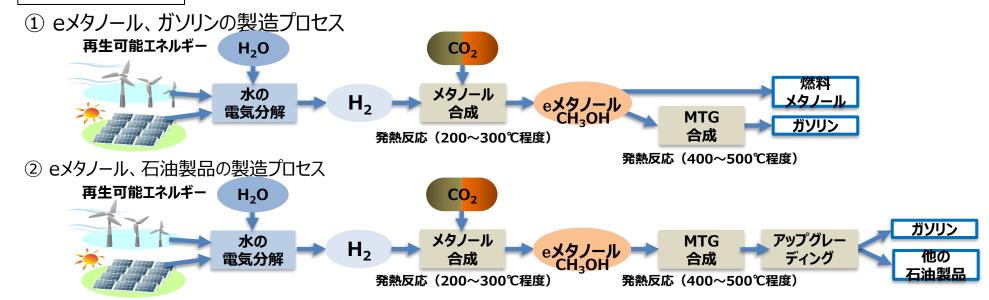






「第2回合成燃料(e-fuel)の導入促進に向けた官民協議会」資料を加工

eメタノール

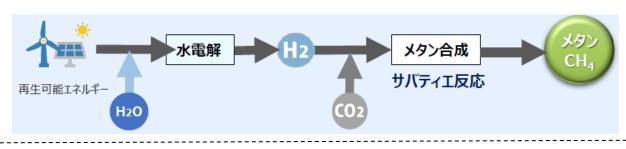


合成メタン

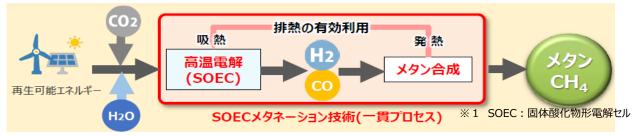
従来 メタネーション

革新的

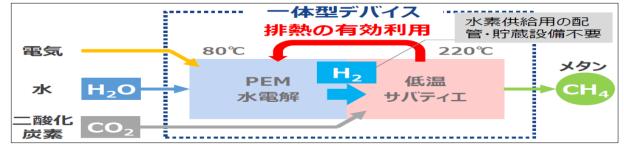
メタネーション



◆ SOEC※1/メタン合成連携反応を用いたメタネーション



◆ 水電解/低温サバティエ連携反応を用いたメタネーション



◆ PEM※2を用いたメタネーション



※2 PEM:固体高分子電解膜

第8回 メタネーション推進官民協議会資料を加工