2023年8月21日

資料１

（資料2-2-1）

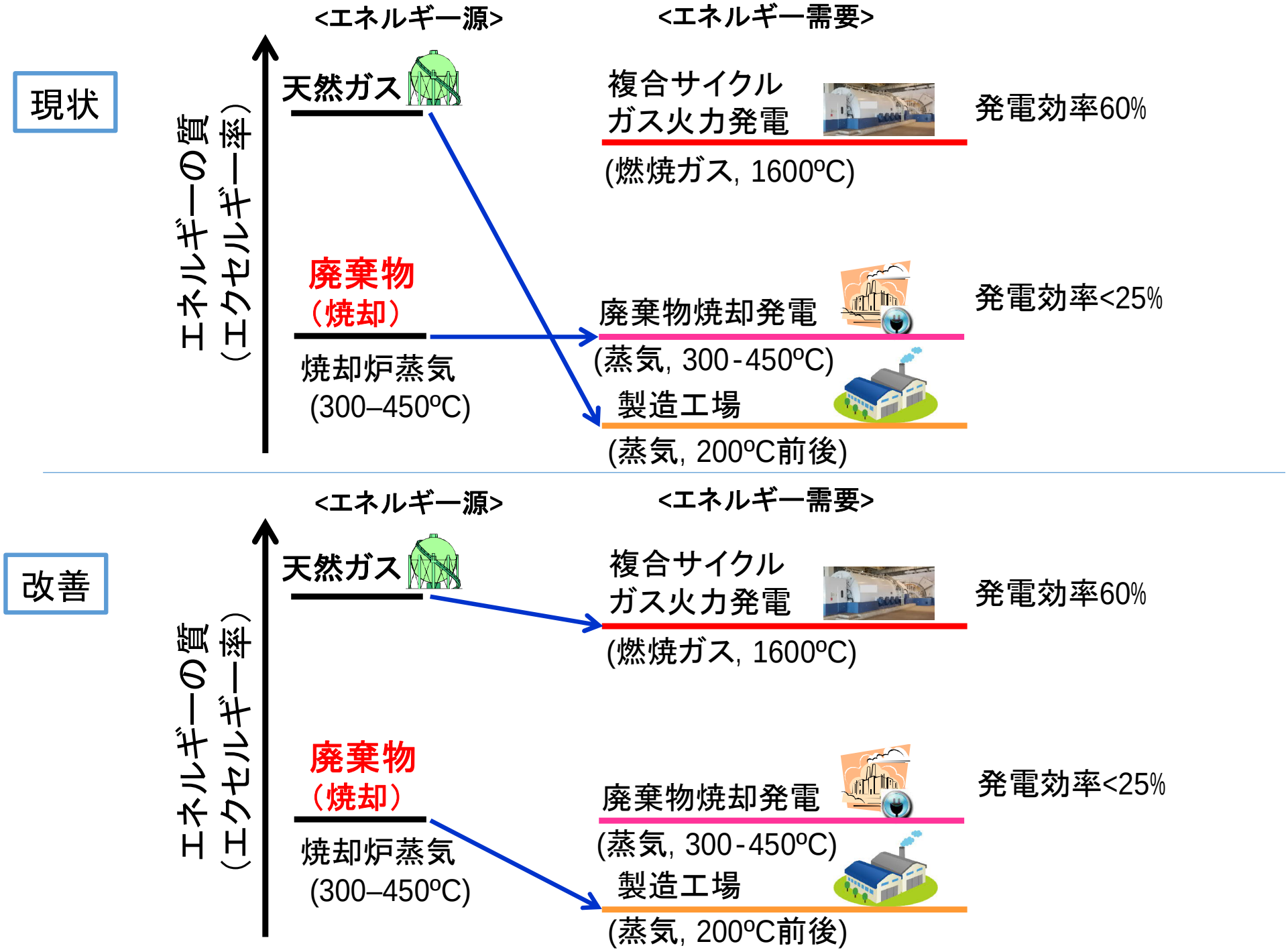
資源リバランス事業化研究会（広域資源輸送システム分科会）

ライフサイクルカーボンニュートラル（ LCCN ）の実現に向けて

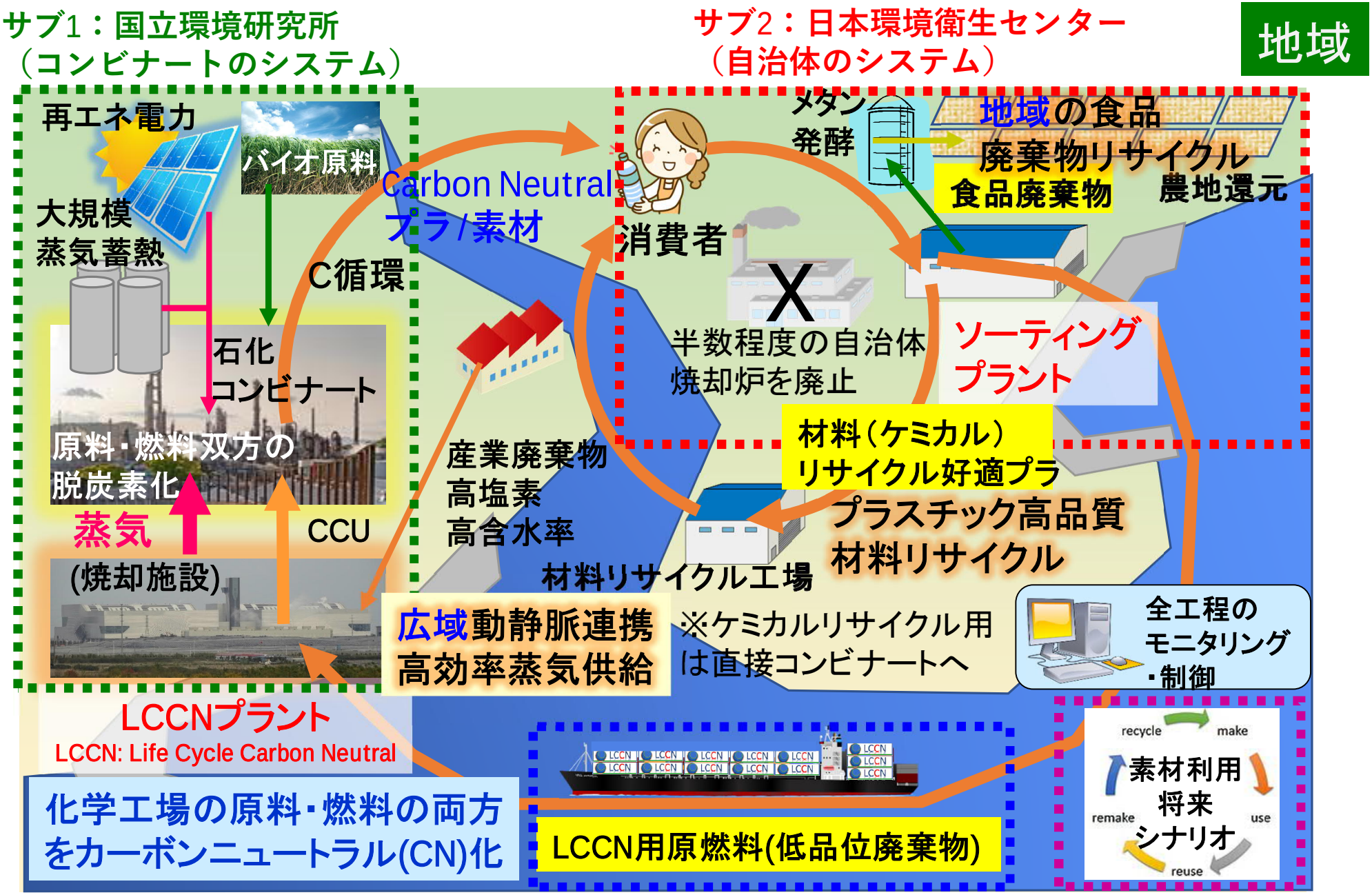
藤井　実
国立環境研究所社会システム領域・システムイノベーション研究室・室長
名古屋大学大学院環境学研究科・客員教授
東京大学大学院新領域創成科学研究科・客員教授

m-fujii@nies.go.jp

社会全体で資源の量×質の利用効率（エクセルギー効率）を向上

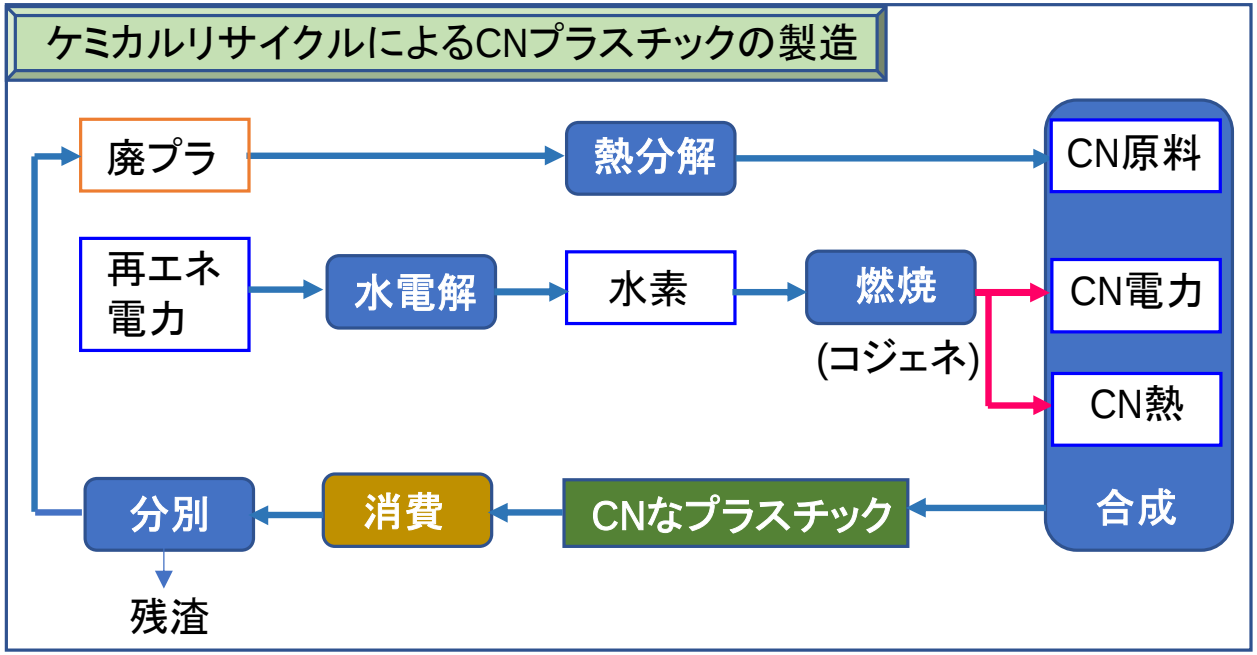


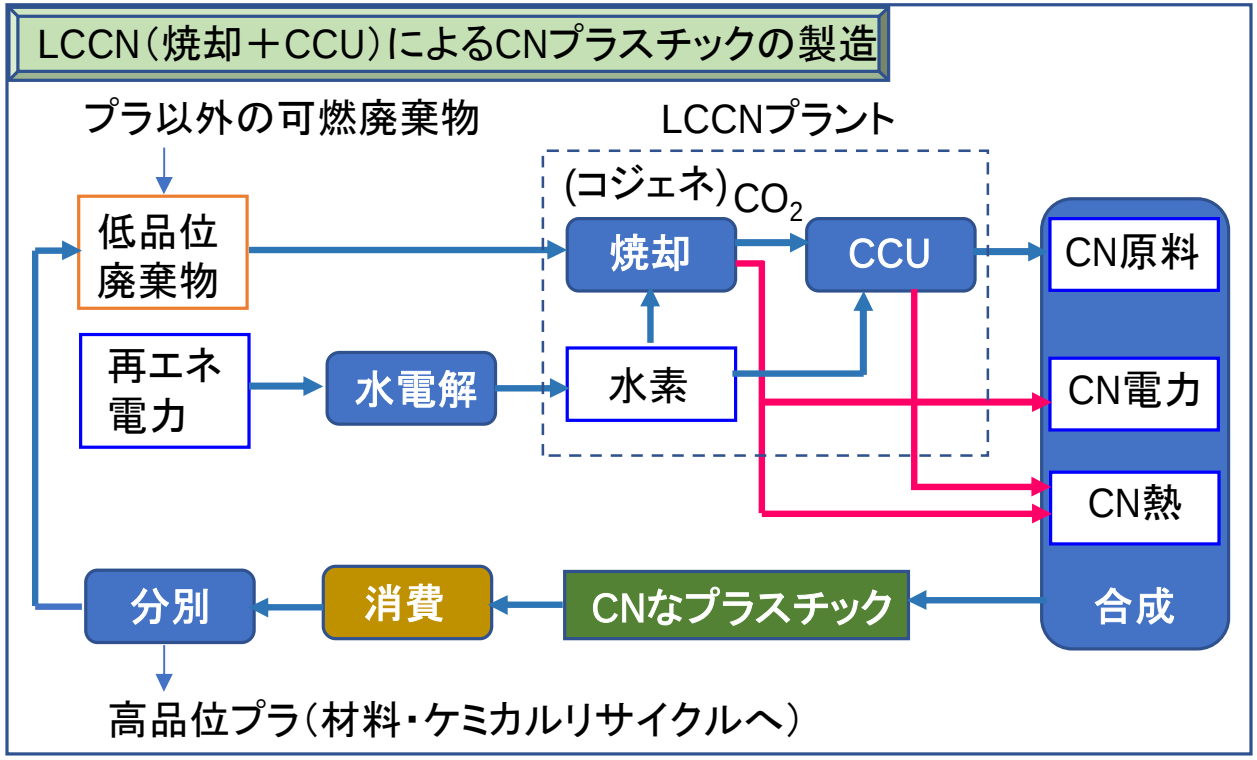
環境省環境研究総合推進費に採択（2022年度～2024年度）
環境省環境再生・資源循環局廃棄物適正処理推進課による行政推薦課題



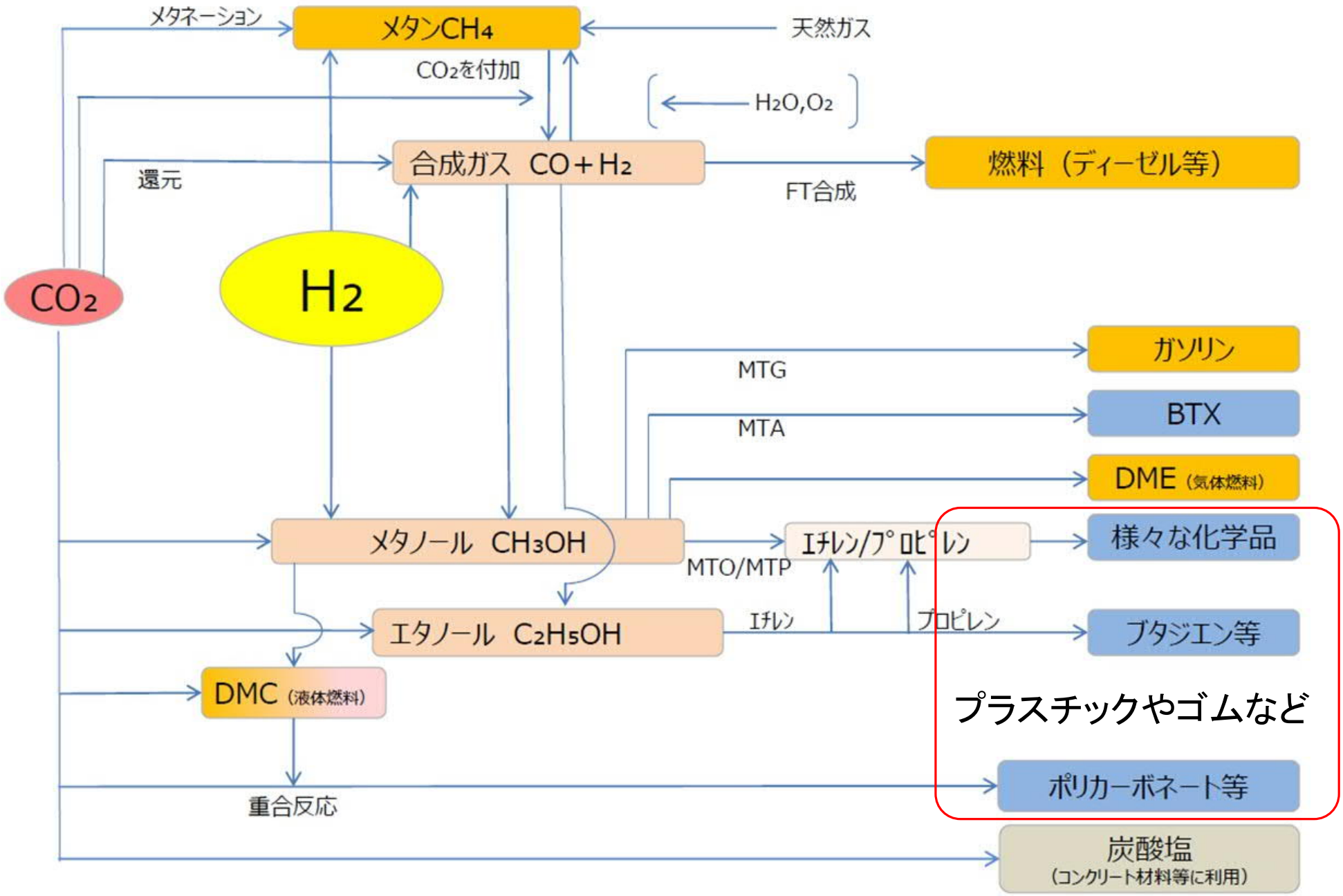
ライフサイクルカーボンニュートラル（LCCN）

- リサイクル困難な有機素材も含め、生産・廃棄の総てのライフサイクルでカーボンニュートラルを達成（Life Cycle Carbon Neutral: LCCN）
- LCCNでは、ケミカルリサイクルの効率を上回るエネルギー効率で焼却・蒸気供給＋CCUを実現することを目指す



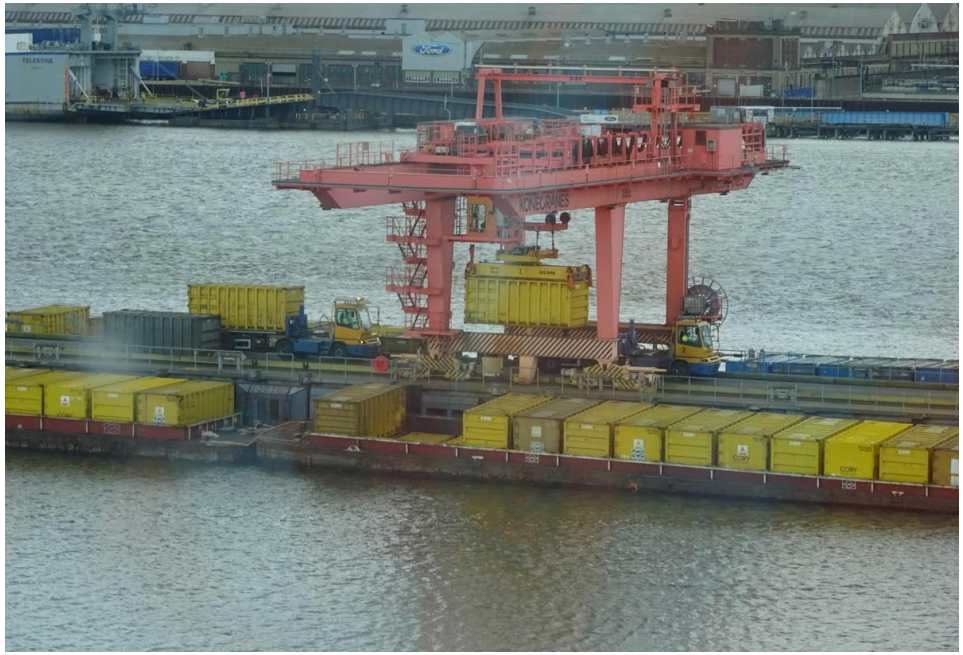


二酸化炭素と水素からのプラスチック製造



出典：経済産業省，カーボンリサイクル技術ロードマップ (2021改定）

焼却対象廃棄物の水上輸送の例（ロンドン）



輸送される一般廃棄物の（潜在的）価値

廃棄物は、少し水分の減った10GJ/t(LHV)を想定

20t/台

■20t-w/台で輸送される燃料としての価値

200GJ/台はC重油4.5kL/台に相当⇒36万円/台（C重油価格：8万円/kL）
（廃棄物焼却施設の熱効率は、蒸気配管からの放熱を含めC重油ボイラの0.9倍と仮定）

■各自治体での焼却処理と、コンビナートでの蒸気供給との差（輸送が生む潜在価値）

①焼却施設建設費の差額（25年の減価償却費の差額）：**16万円/台**
（100t/日×8の自治体焼却炉(発電付): 720億円
800t/日×1の産廃焼却炉(発電なし): 230億円）

②売電と熱供給の価値の差：**30万円/台**
（発電原価を12円/kWhと想定）

③低炭素価値：**11万円/台**
（発電による低炭素効果と熱供給による低炭素効果の差分を金額換算）

①～③の合計：**57万円/台**

焼却炉における効率的なCCUの実施に向けた技術実証の必要性

現状の課題（各自治体焼却炉でCCUを行う場合）

- 場所が不足（焼却炉からのCO_2の回収には焼却炉と同等の面積と数十メートルの高さの反応塔が必要）。
- 回収したCO_2に効率的な用途や十分な需要が不足（炭酸製品の需要は限定的、メタネーションは潜在需要は大きいが都市ガスに混合する場合、エネルギー効率が低く比較的短期間で燃焼されてCO_2が再放出される）。
- CCUのエネルギー効率が低く、回収したCO_2を液化して輸送する効率も低い（廃棄物を運ぶ方がむしろ合理的）。
- 【参考】ケミカルリサイクルはカーボン収率・供給量の観点で不足、バイオマスプラスチックは真にカーボンニュートラルな原料供給量に課題。

課題の解決に向けて、化学コンビナートで焼却・CCUを行う施設を開発・徐々に普及させることが必要

LCCNプラントへの転換によるポテンシャル

将来3000万t/年の一廃をコンビナートのLCCNプラントに集約した場合のおおよその経済性の変化（焼却発電との比較）

+：費用増加　-：費用削減

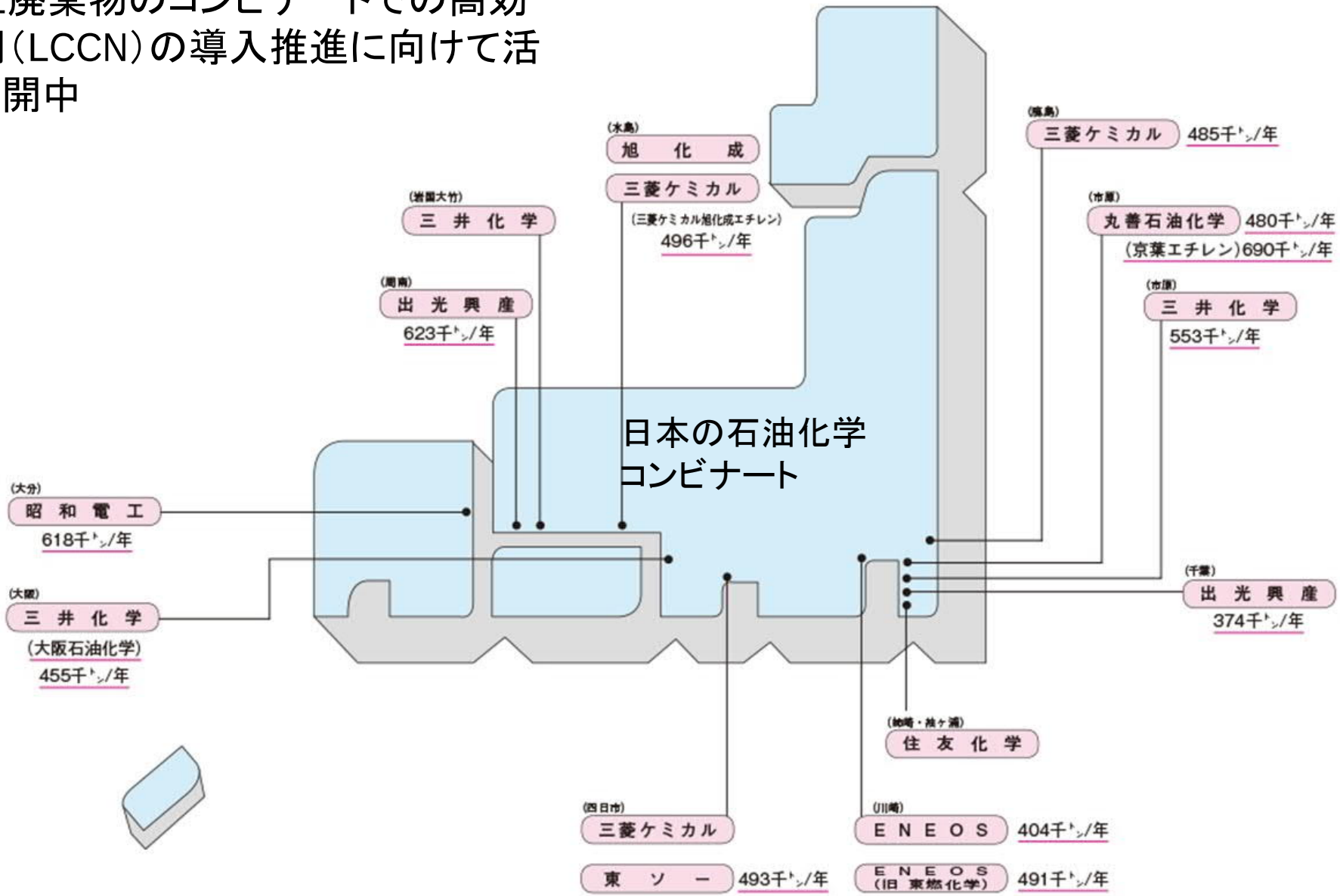
LCCN Ready Plant	輸送費の増加	+3500億円/年
	焼却炉の建設・運転経費の削減(LCCN Ready)	-4000億円/年
	蒸気供給と発電との差額	-2000億円/年
LCCN Plant	2400万t/年(80%)のCO_2の回収費用（カーボンマイナス）	+500億円/年
	反応させる水素の価格（20円/Nm^3の場合）	+7000億円/年
	生産されるエチレン・プロピレン（580万t/年*）の現在価値	-7000億円/年
	CCUのための装置の建設・運転経費	削減額不明

合計　カーボンリサイクルまで行った上で（廃棄物については300万t-CO_2/年程度のカーボンマイナス）、2000億円/年以上の経済的メリットが得られる可能性がある。

*現在のエチレン＋プロピレンの生産量：約1200万t/年で、その約半数を供給可能

社会実装に向けた活動

低品位廃棄物のコンビナートでの高効率利用（LCCN）の導入推進に向けて活動を展開中



地図出典：石油化学工業協会

広域物流を支えるための情報技術

LCCNの最大ポテンシャル（国内）

最終的に3000万t/年の焼却対象廃棄物（10万t/日）を15のコンビナートに集約
⇒各コンビナートに6000～7000t/日の廃棄物を輸送。この物流を管理・最適化する情報技術が必要（トラック、鉄道、海上輸送）

半分廃棄物、半分再生可能エネルギーのイメージで組み合わせて利用することになる。再エネの発電状況に合わせて、廃棄物で調整しながらコンビナートにCNな電気、熱、化学原料を安定供給することを支える情報技術が必要

コンビナート内で利用可能な土地が分散する場合や、蒸気配管距離を一定距離以内に抑える必要性から、複数の焼却施設を建設し、一体的に運用することが必要になる可能性。これを支える情報技術が必要。更に、定期修繕時や災害時にコンビナート間で連携できる仕組みがあることが望ましい。

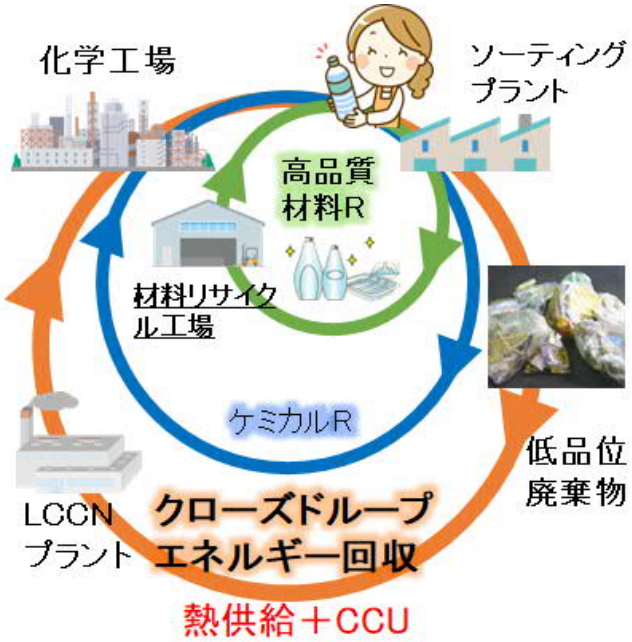
LCCNへの移行により、2000億円/年以上の経済的メリットに繋がる可能性がある。この実現を支える情報技術にどれだけ投資することが適切か。

圏域動静脈連携カーボンリサイクル推進会議（案）

共管：化学工学会◈廃棄物資源循環学会

NIES 藤井

【推進会議の目的】化学・製紙産業の製造工程と、プラスチック等の有機系素材のうち、リサイクル困難な低品位廃棄物の廃棄・リサイクル段階を含め、総ての工程のカーボンニュートラル化、すなわちライフサイクルカーボンニュートラル（Life Cycle Carbon Neutral: LCCN）の、早期かつ経済的な形での実現を目指す。低品位可燃廃棄物をコンビナートに集積して専用施設（LCCNプラント）で焼却・熱回収し、化学、製紙工程の熱源として高効率利用するとともに、燃焼排ガスから回収したCO_2を用いて化学原料を合成するLCCN循環システムの技術開発、実証、導入及び普及拡大を行うことを最終的な目的とする。そのために下記の項目の活動を実施する。



LCCN循環システム

【活動実施内容】

- LCCN循環システムのポテンシャル評価やシステムの具体化等のための調査活動の実施と情報共有（1期）。
- LCCN循環システムの大型実証研究の実施に向けた連携、準備、国等への働きかけ。
- 圏域での廃棄物の安定需給に向けた供給、受け入れ態勢の構築に向けた連携及び検討。
- パイロット事業の開始（第1期）。
- 事業の拡大、水平展開（第2期以降）。

【特色】

- 化学工学会・廃棄物資源循環学会の共管による会議。
- 圏域（複数都道府県を含む地理的範囲を想定）における動・静脈及び産官学連携の会議。
- 当初は東京湾周辺及び瀬戸内海周辺（廃棄物の海上輸送を想定しているため）の2大圏域を対象に組成。

圏域動静脈連携カーボンリサイクル推進会議（案）

CNの実現に向けて求められるシステム

高品位なリサイクルが困難な廃棄物の

エネルギー価値を最大限に活用	2倍に向上する余地*
廃棄物の調整力を活用	変動する再エネとの補完的利用
廃棄物中カーボンを原料利用	CN時代にも残る炭素源

*廃棄物焼却施設で発電を行う場合と、工場へ蒸気供給を行う場合との比較

システム実現に必要な開発

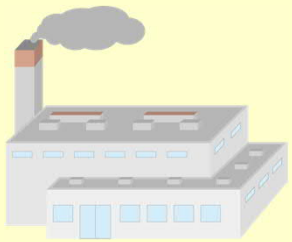
既存要素技術を連携させた高効率なシステムを開発・実装する

再エネ電力との連携
（需給最適化）

低品位廃棄物広域輸送

開発のポイント

需給最適化



次世代焼却施設

LCCNプラント
Life Cycle Carbon Neutral

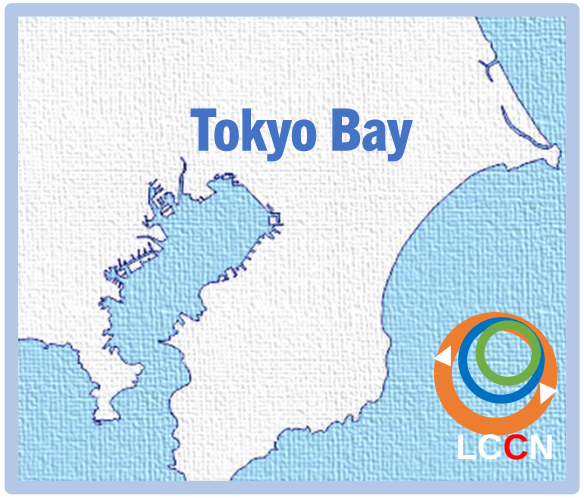
高効率・安定
電力/熱/
化学原料供給

化学・製紙産業

高効率電・熱供給＆カーボンR
コンビナートで圏域の低品位廃棄物を集約的に活用

圏域動静脈連携カーボンリサイクル推進会議（案）

国内外での早期普及を目指して、複数地域で会議体を立ち上げる。創設時には以下の2つの会議を設置することを想定する。両会議は横断的に情報共有や共同研究、連携を実施しながら、各圏域での社会実装に向けて活動する。



東京湾圏動静脈連携カーボンリサイクル推進会議（案）

- 東京湾圏域には日本有数のコンビナートである千葉、川崎のコンビナートが存在しており、近隣には鹿島コンビナートも立地する。
- 大規模な人口が密集している地域であり、廃棄物の供給ポテンシャルが非常に高い一方で、産業の大規模熱需要が存在する地域には偏りがあり、出来るだけ多くの廃棄物を産業で利用するには、周辺自治体での連携が不可欠である。
- 欧州で事例の多い廃棄物の海上輸送により、海側からコンビナートに直接廃棄物を供給できれば、近隣住民の理解が得られやすくなることが期待される。
- この地域で学会・研究者、行政、石油化学メーカー、焼却炉メーカー、産廃事業者、調査研究機関などが連携する体制を構築し、課題に取り組むことが重要である。

瀬戸内圏動静脈連携カーボンリサイクル推進会議（案）

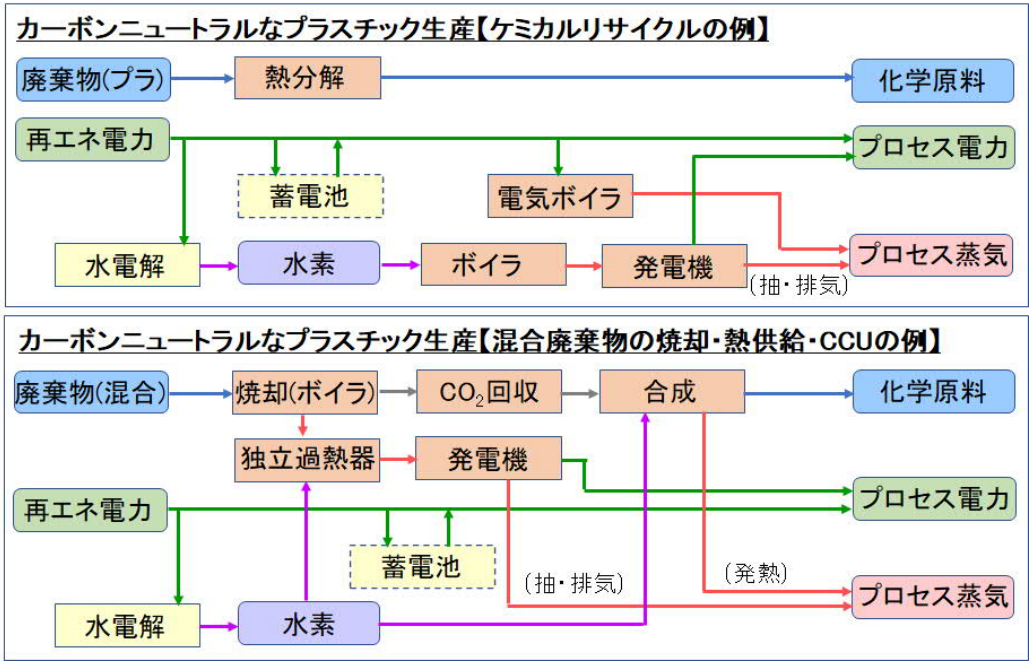
- 瀬戸内海には複数のコンビナートが立地しており、素材産業の重要な拠点となっている。
- 京阪神の人口過密地域が存在する一方、人口密度の低い地域も存在しており、分散して立地する各地のコンビナート等にまとまった量の廃棄物を供給するには、地域内での連携が重要になる。
- 広い領域が穏やかな瀬戸内海で繋がっており、廃棄物の海上輸送に適した地域となる可能性がある。
- この地域で学会・研究者、行政、石油化学メーカー、焼却炉メーカー、産廃事業者、調査研究機関などが連携する体制を構築し、課題に取り組むことが重要である。

圏域動静脈連携カーボンリサイクル推進会議（案）

低品位廃棄物の高効率処理・利用で経済的にカーボンリサイクルを実現

コンビナートで廃棄物焼却熱やCCUの発熱を製造プロセスで安定・高効率に利用することで、ケミカルリサイクルに遜色のないエネルギー効率でカーボンリサイクルを実施。

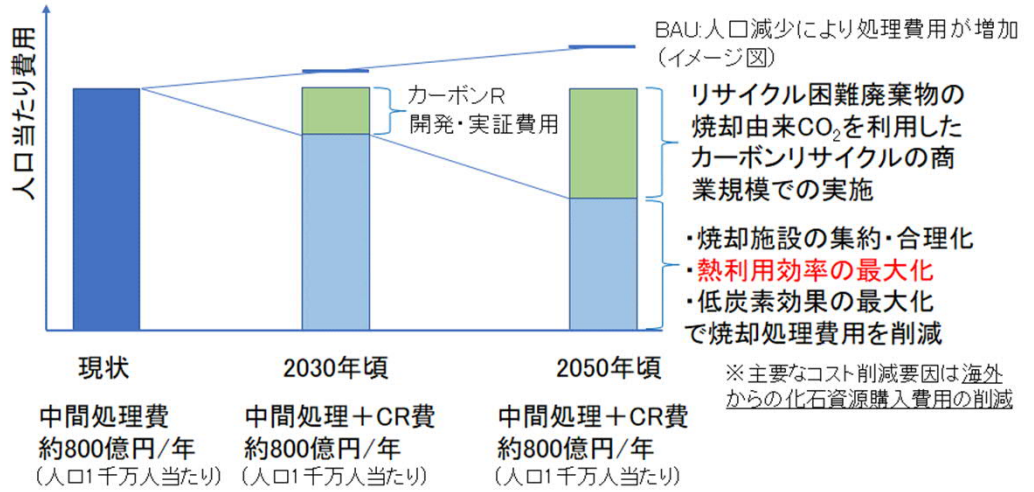
低品位廃棄物処理の効率化と、熱及び炭素源としての高効率利用によって、カーボンリサイクルを、実質的な追加的コストなしに実施することを追求。



焼却熱利用＋CCUでケミカルリサイクルと同等のエネルギー効率を追求

【会議の運用方法】

- 各参加者が会議への出席等に係る費用を自弁することが基本。参加機関の協力の下、調査研究費用、実証費用、事業化予算等の獲得に向けて活動する。
- 第1期の活動期間は約10年間（以降、第2期以降へと活動期間を随時更新）



現状では非効率な低品位廃棄物の焼却・発電の効率を飛躍的に改善することで、カーボンリサイクルの初期開発費や将来の事業費を確保する