

2024年度 環境研究機関連絡会研究交流セミナー

プラスチックのライフサイクルでの カーボンニュートラルの達成に向けて



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

廃棄物焼却+高効率熱利用+CCUによる補完の必要性

材料リサイクル



廃プラスチック



再生
プラスチック

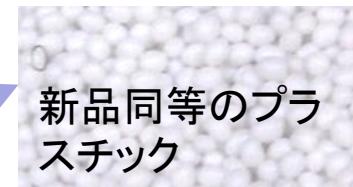


残渣

ケミカルリサイクル



廃プラスチック



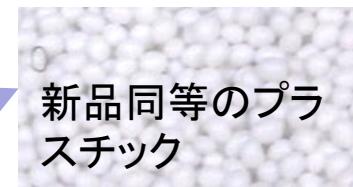
新品同等のプラ
スチック

CO₂

バイオマスプラスチック



木材

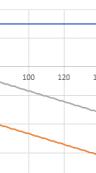


新品同等のプラ
スチック

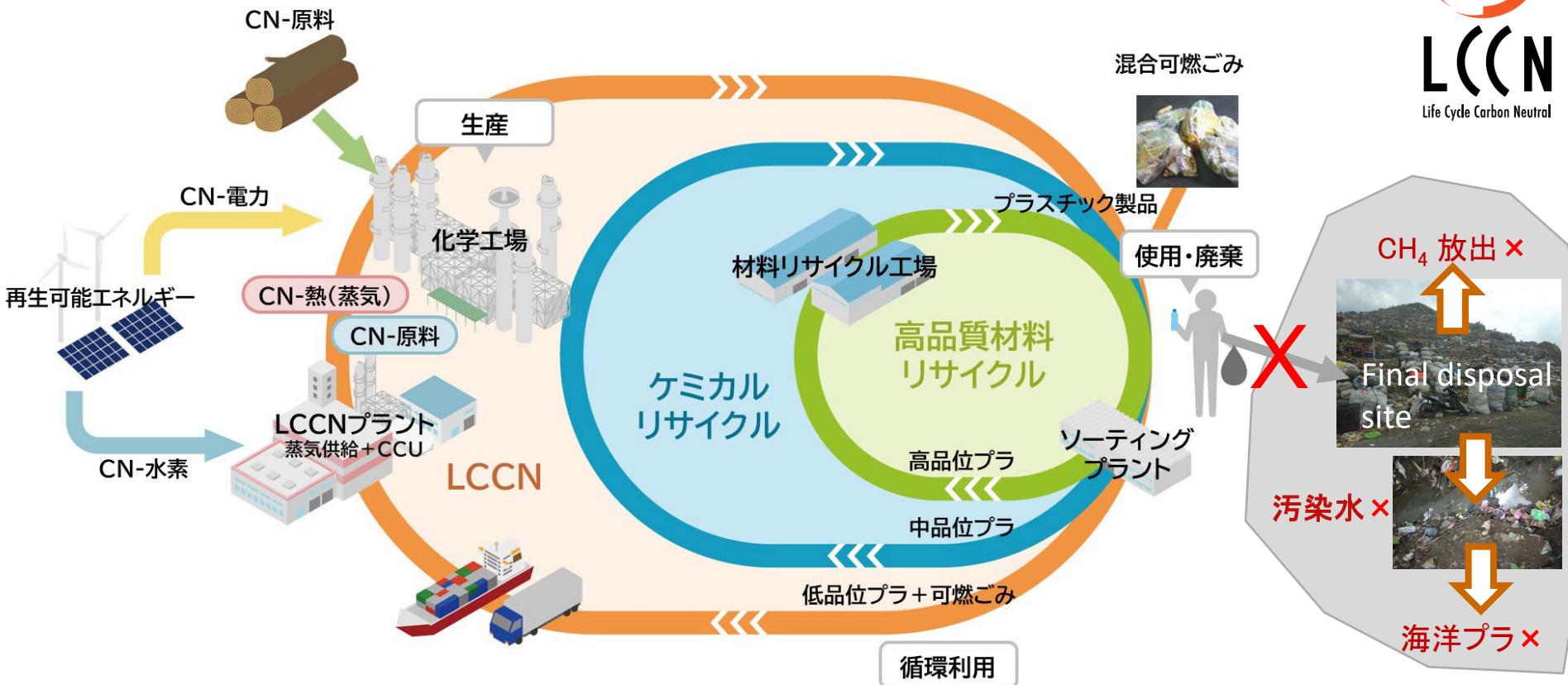
CO₂

大気中CO₂が一時的に増
加する可能性(50年間程度)

2



ライフサイクルカーボンニュートラル(LCCN)



※CN: Carbon neutral

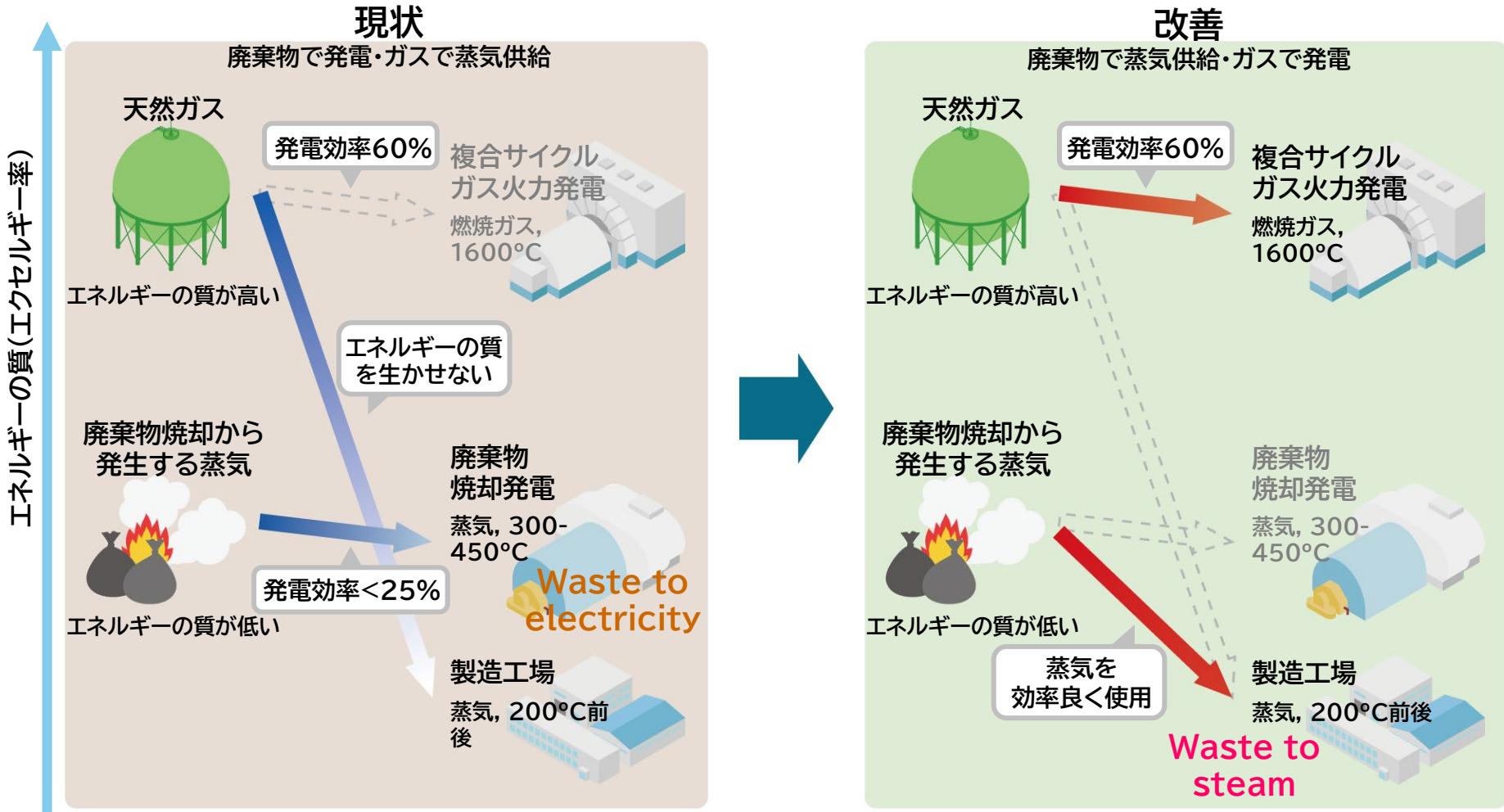
複数のSDGsへの貢献が期待される

埋立量の大幅削減

水域の清浄化

残渣を発生させず、総てを利用・カーボンリサイクルできることが重要

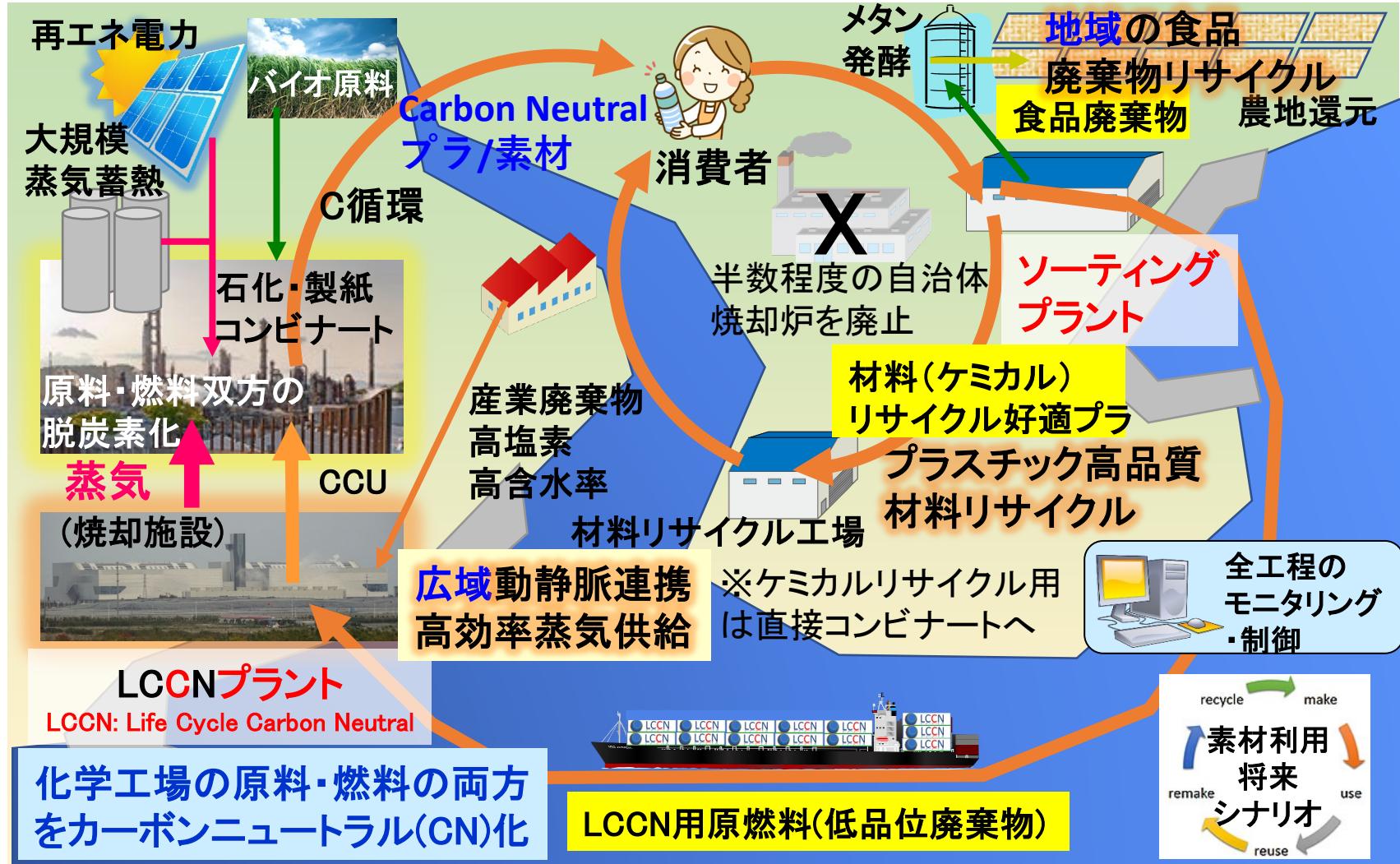
廃棄物発電(Waste to Electricity)に対する産業蒸気供給(Waste to Steam)の効率性



廃棄物発電の約2倍の効率
(エネルギー販売益も2倍)

低品位廃棄物の化学コンビナートでの広域資源循環(LCCN) と厨芥類の地域での循環の組み合わせ

地域



広域

LCCN実施のポテンシャル

【供給側】

廃棄物焼却施設での焼却



エネルギー

一般廃棄物だけで
約300PJ/年を焼却
焼却コスト: 約1兆円/年

【需要側】

化学産業のエネルギー消費



重油換算で
約800PJ/年^{*1}を消費
2000万kL/年相当
(1.6兆円/年^{*2}相当)

再エネ電力の利用、ナフサ分解炉の減少等で化学産業の熱エネルギー需要は減少すると思われる

炭素資源

廃プラスチック(炭素換算)

約7,000 kt-C/年^{*3}

一廃・産廃可燃合計(炭素換算)

(プラを含む、再生紙分を含まず)

約20,000 kt-C/年^{*3}



ナフサ消費量(炭素換算)

約23,000 kt-C/年^{*4}

*1 化学産業のCO₂排出量約6000万t/年(日本化学工業協会, 2023)をC重油として換算

*2 80,000円/kLで換算

*3 化学工学会地域連携カーボンニュートラル推進委員会, カーボンインディペンデンスビジョン, 2024

*4 経済産業省石油製品需要想定検討会, 2024～2028年度石油製品需要見通し, 2024

Waste to steamの実例

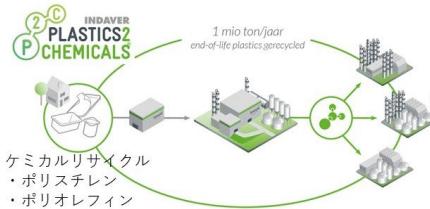
ECLUSE
a channel for green energy

グリーンヒートプロジェクト
通称「エクルーゼネットワーク」

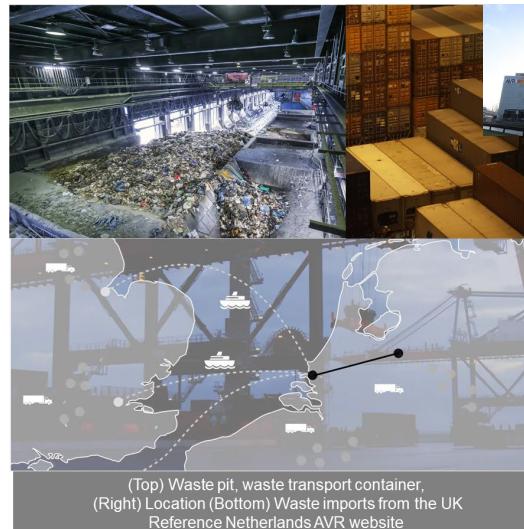
- 地上4km、地中1kmの配管を設置
- 近隣の化学工場5社に400°C、
4MPaのグリーン蒸気を供給
- 2019年3月から稼動



新構想ECLUSE2：
工場からのCO2排出量を年間10万トン削減しているが、
ECLUSE 2（右図）に拡張すると15万トン/年の削減となる。
ケミカルリサイクルの導入計画がある。（下図）



アントワープ・ベルギー



ロッテルダム・オランダ



ルツェルン・スイス



ウルサン・韓国

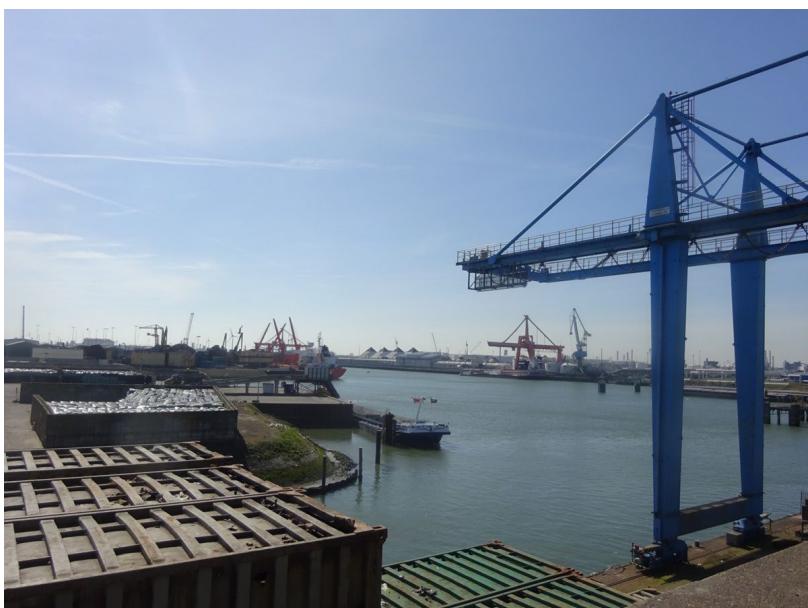
廃棄物の効率的な輸送方法(コンビナートへの集約)



ルツェルン, スイス



ロンドン, UK



ロッテルダム, オランダ



上海, 中国

第1フェイズ LCCN Ready (Waste to steam)

- 低品位廃棄物をコンビナートに集約し、化学工場へ蒸気供給を行う段階。
- 発電から蒸気供給への変更だけでも大きなCO₂削減効果（約2000万t/年）とエネルギー販売収益の向上。
- 廃棄物1トンを焼却すると、CO₂が1トン発生。コンビナートであれば、CO₂をその場で原料利用可能。同じ重さのCO₂を液化して運ぶよりも、廃棄物を運ぶ方が合理的。

第2フェイズ Full LCCN

- グリーン水素の価格が低下し、供給体制が整うに従って、CCUによる化学原料化の実施を拡大する。
- リサイクル困難な廃棄物を含めて、総ての廃棄物をカーボンニュートラルにするには、LCCNを行うことが必須。
- 真にカーボンニュートラルなバイオマスは、十分な供給量を確保することが困難であり、原料のバイオマス化には制約があるため、LCCNによって補完する必要がある。

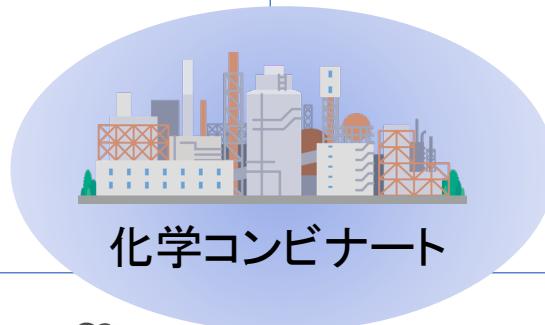
社会情勢の変化に併せてCO₂排出削減を常に効率的に実現

LCCNの
フェーズ

第1フェーズ(～2040年頃)

Waste to steam

プラ製造
原料



プラ製造
エネルギー



蒸気供給によって
化石燃料由来CO₂を
効率的に削減



低品位
混合廃棄物

LCCN Ready
プラント

第2フェーズ(2040年頃～)

FULL LCCN
(Waste to steam + UUC)



廃プラ



バイオマス

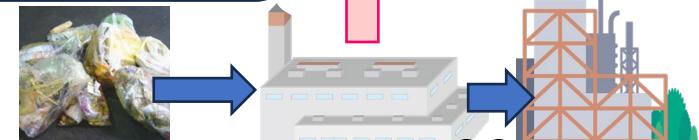


H₂削減分を
CCUに活用



(削減)

燃料としてのグリー
ン水素を削減し、そ
れをCCUに活用



低品位
混合廃棄物

LCCNプラント

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・産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	輸送費の増加	+3500億円/年
LCCN Plant	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
	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-CO₂/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。

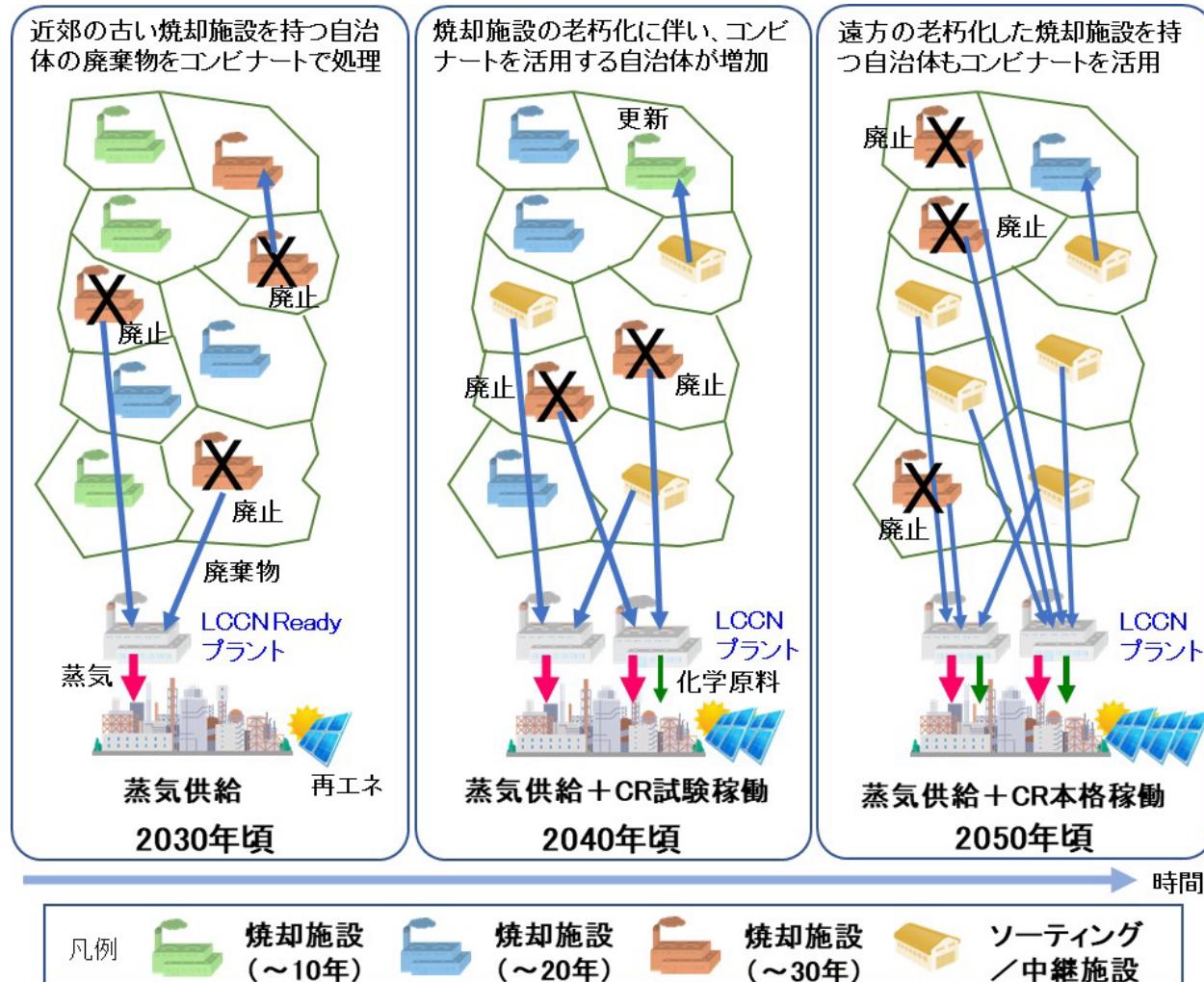
藤井, INDUST, 2023

*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

LCCNの事業化形態と移行過程

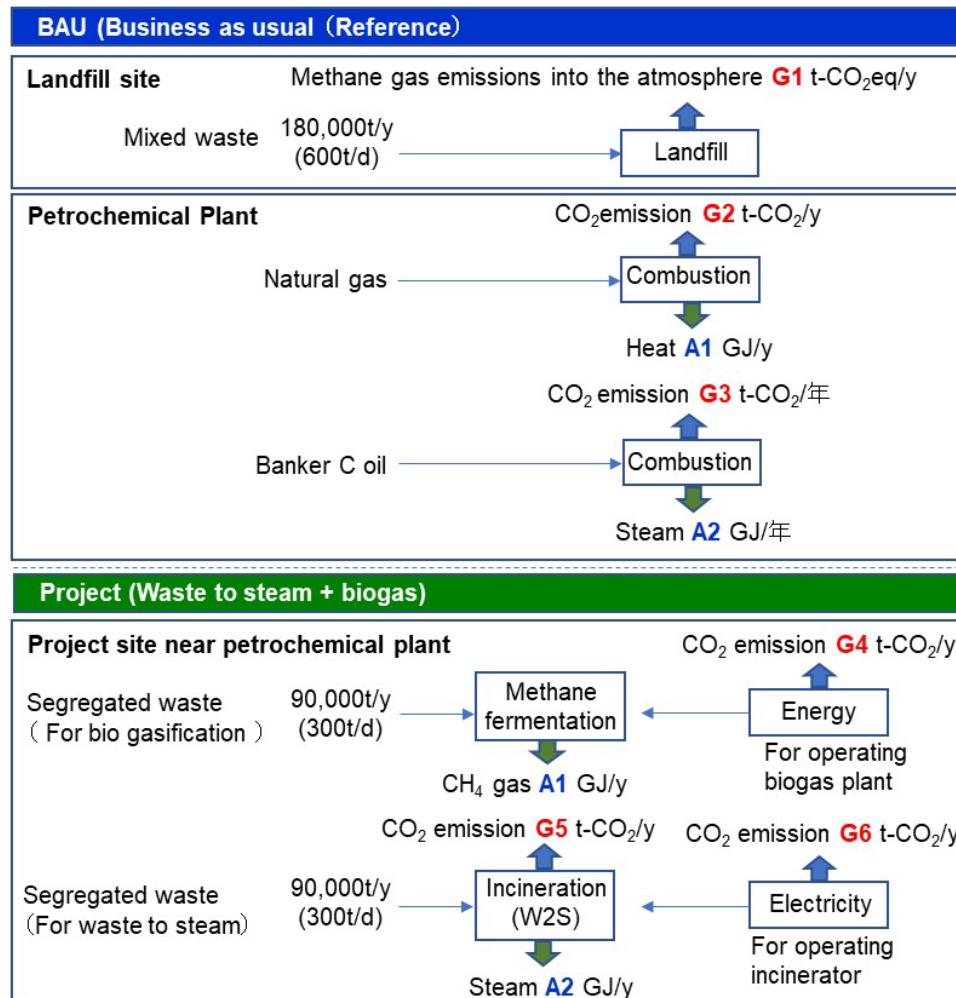
事業形態1：民間事業者が焼却施設を建設し、産廃、一廃を受け入れる

事業形態2:複数の自治体が広域で連携して一廃を(将来は産廃も)受け入れる



LCCNの社会実装に向けた活動(国内外)

- ・ 国内の複数コンビナートでLCCN Readyの事業化に向けて検討中
- ・ インド、インドネシア等でLCCN Readyの実現可能性調査を実施



ANTARA > Ekonomi > Bisnis

NZWMC: Sebagian perusahaan belum susun peta jalan pengurangan sampah

15 Juni 2024 15:13 WIB



Narasumber menyampaikan pemaparan dalam diskusi pengelolaan sampah di Jakarta, Jumat (14/6/2024) (Antara/HO/KLHK)

ジャカルタで開催されたLCCNに関するワークショップ

まとめ



- ・コンビナートや大規模化学・製紙工場には大きな熱需要が存在。**廃棄物の焼却熱を効率的に利用**することが可能。
- ・焼却施設から回収したCO₂は、コンビナートであれば**化学原料として有効利用**できる。合成時の発熱も有効利用できる。
- ・あらゆる可燃廃棄物を受入可能なLCCNは、容器包装の素材変更(プラ→紙、生分解プラなど)にも対応可能。常に高い効率でカーボンニュートラル化を実現。
- ・廃棄物の広域輸送に費用は掛かるが、焼却施設の大規模化と効率的な熱供給によって得られる**経済的メリット**は、輸送費用を大きく上回る**可能性**がある。
- ・産官学で連携して、LCCNの仕組みの実現に向けた活動を加速したい。

【謝辞】本研究の一部は環境省及び(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20223C02)により実施されました。ここに謝意を表します。