

# 地域連携で挑む カーボンニュートラルの実現

日本学会協議連携会員

東京大学 環境安全研究センター 教授  
化学工学会 地域連携CN推進委員会委員長

辻 佳子

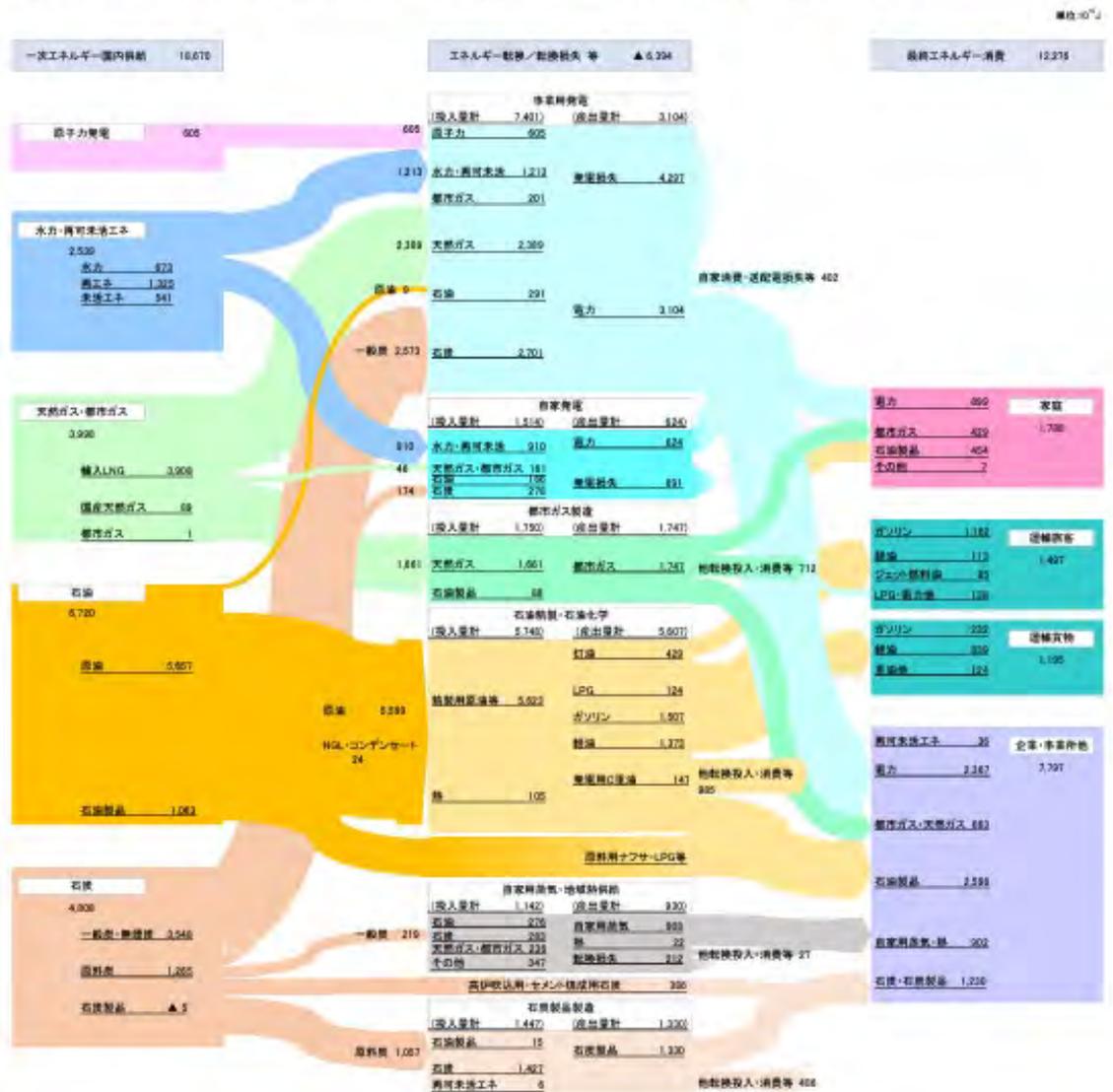
E-mail: [tsuji@esc.u-tokyo.ac.jp](mailto:tsuji@esc.u-tokyo.ac.jp)

Tel & Fax 03-5841-0909

# 日本のエネルギーバランス・フロー

エネルギー白書2023より <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2023/pdf/>

【第211-1-3】日本のエネルギーバランス・フロー概要(2021年度)



(× 10<sup>15</sup> J)

電力事業者  
899+2,400=3,300

運輸旅客  
1,498+1,195=2,700

製造業  
7,797-2,400-2,598+α=3,000

# 炭素に関する産業

## 鉄鋼産業

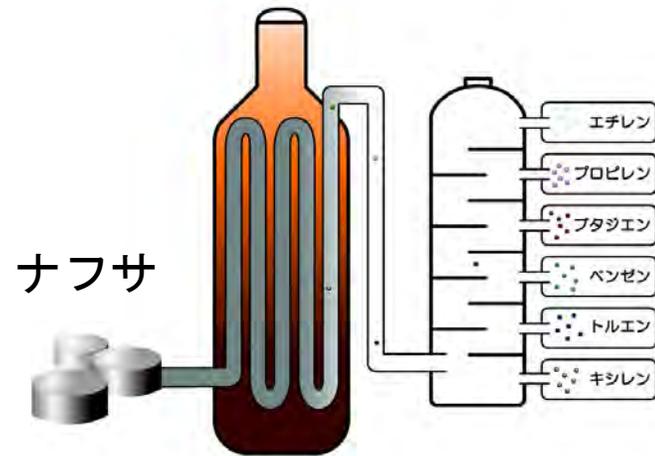


還元剤としてC（コークス）を利用

## セメント産業



## 化学産業



## 製紙産業



# 2050年CN社会実現のために

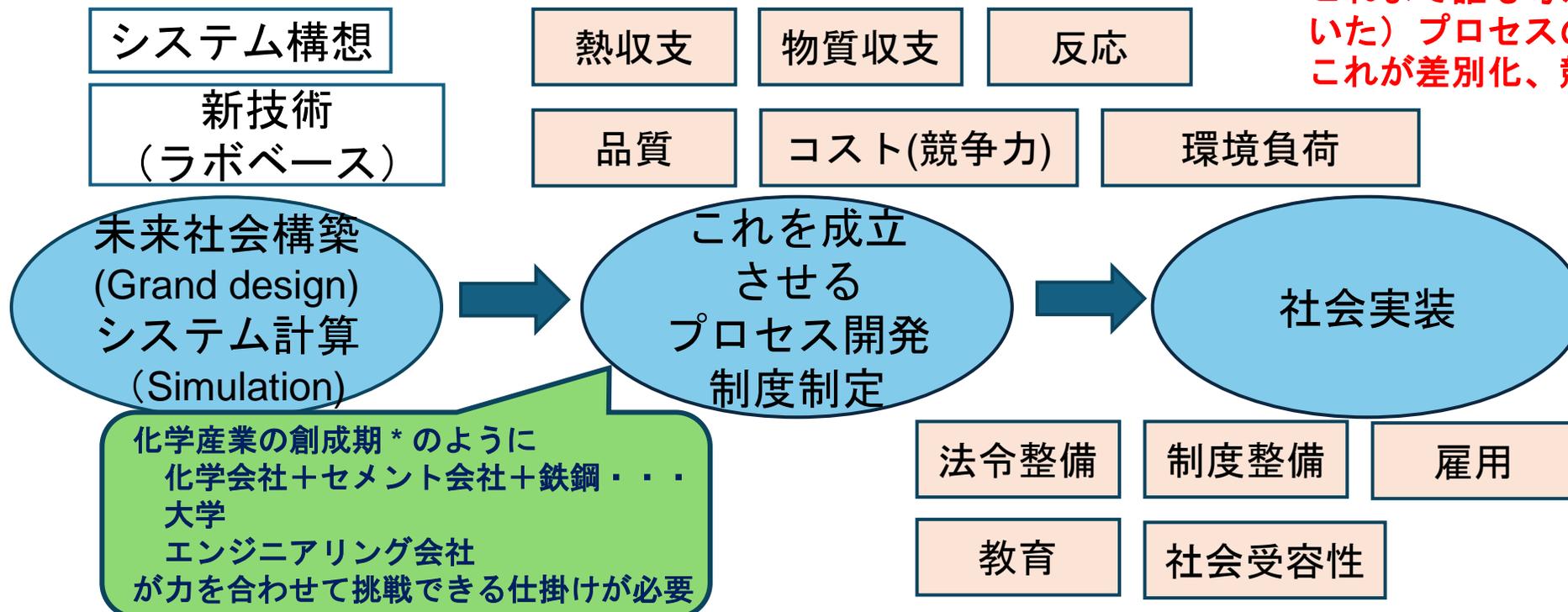
## [1] Efficiencyから人と社会のSufficiencyへ

<https://www.scej.org/sapporo/indexSD.html>



## [2] 社会構造・産業構造の変革も含めた未来社会をデザインする

これまで誰も考えなかった（無理だと思っていた）プロセスの開発に挑戦する必要あり。  
これが差別化、競争力の源泉になる。



# カーボンニュートラル施策



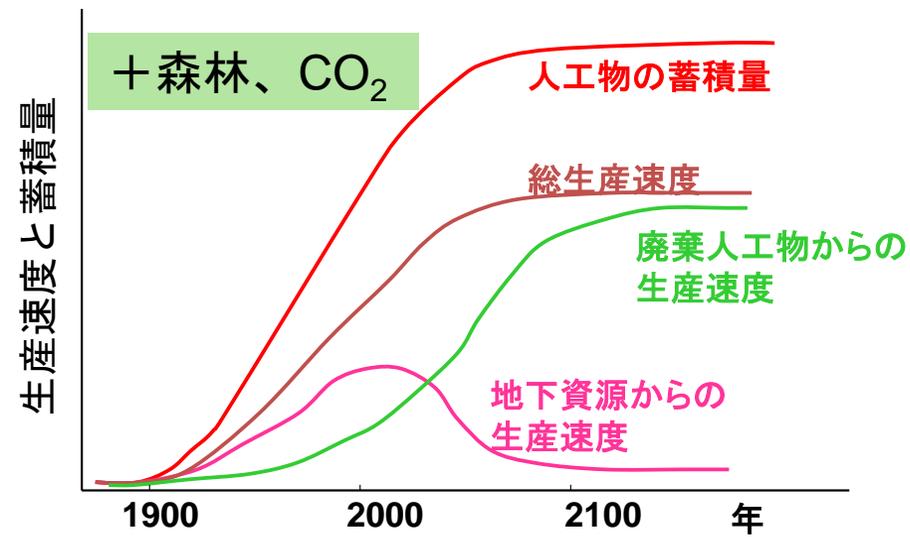
## □ エネルギー



化石燃料からの脱却→脱炭素

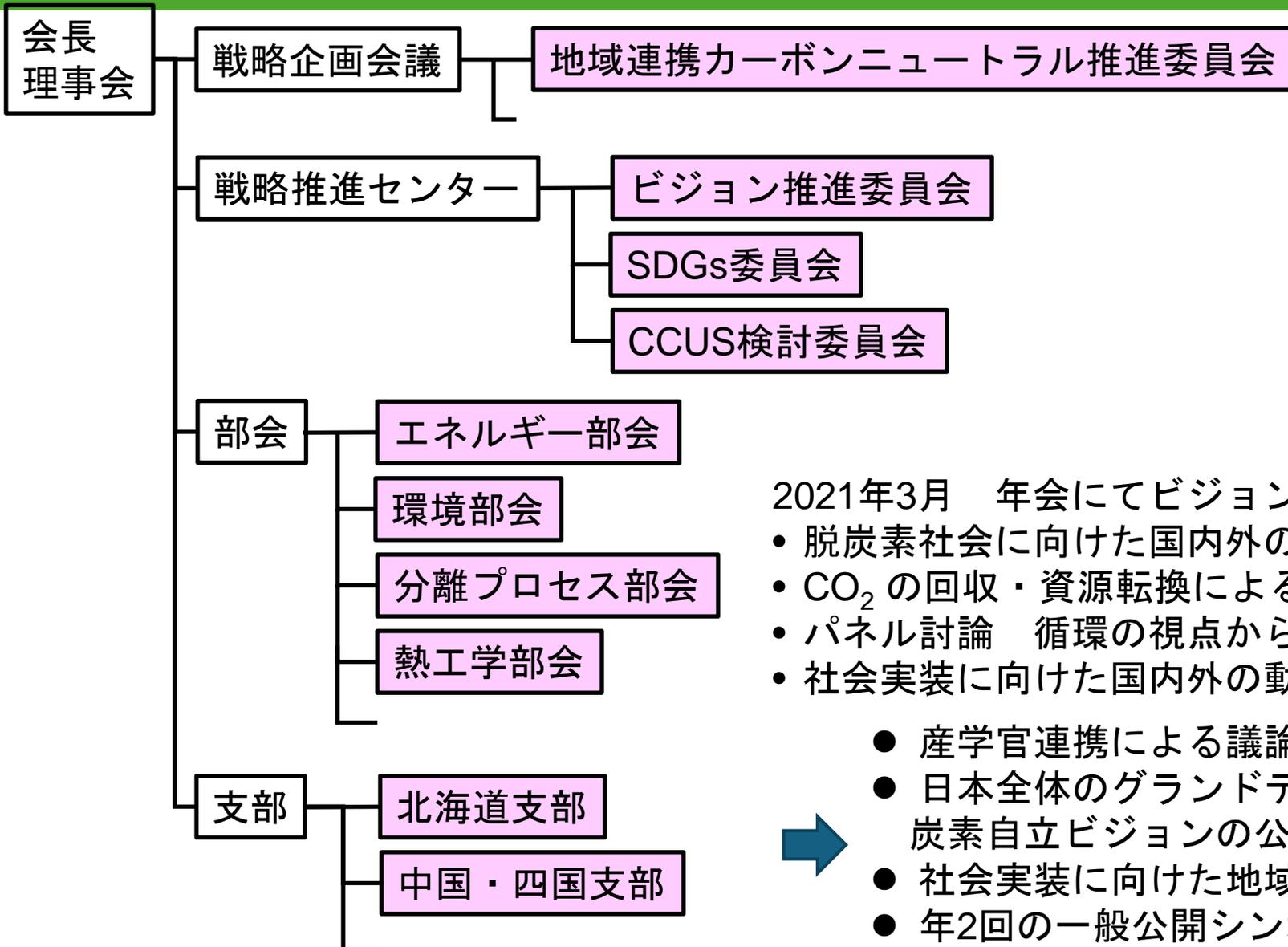
## □ 3R

(リデュース・リユース・リサイクル)  
循環型社会形成推進基本法



人工物の飽和→循環社会へ移行可能

# 化学工学会地域連携カーボンニュートラル推進委員会



オール化学工学会で取り組む

第7回化学工学ビジョンシンポジウム SV-1, 2, 3  
「2050年 脱炭素社会への道」  
2021年  
3月20日(土)午後・3月21日(日)終日  
参加無料  
要参加登録  
化学工学会GOING VIRTUAL(オンライン学会会場)A会場  
[https://goingvirtual.scej.org/web\\_conf](https://goingvirtual.scej.org/web_conf)

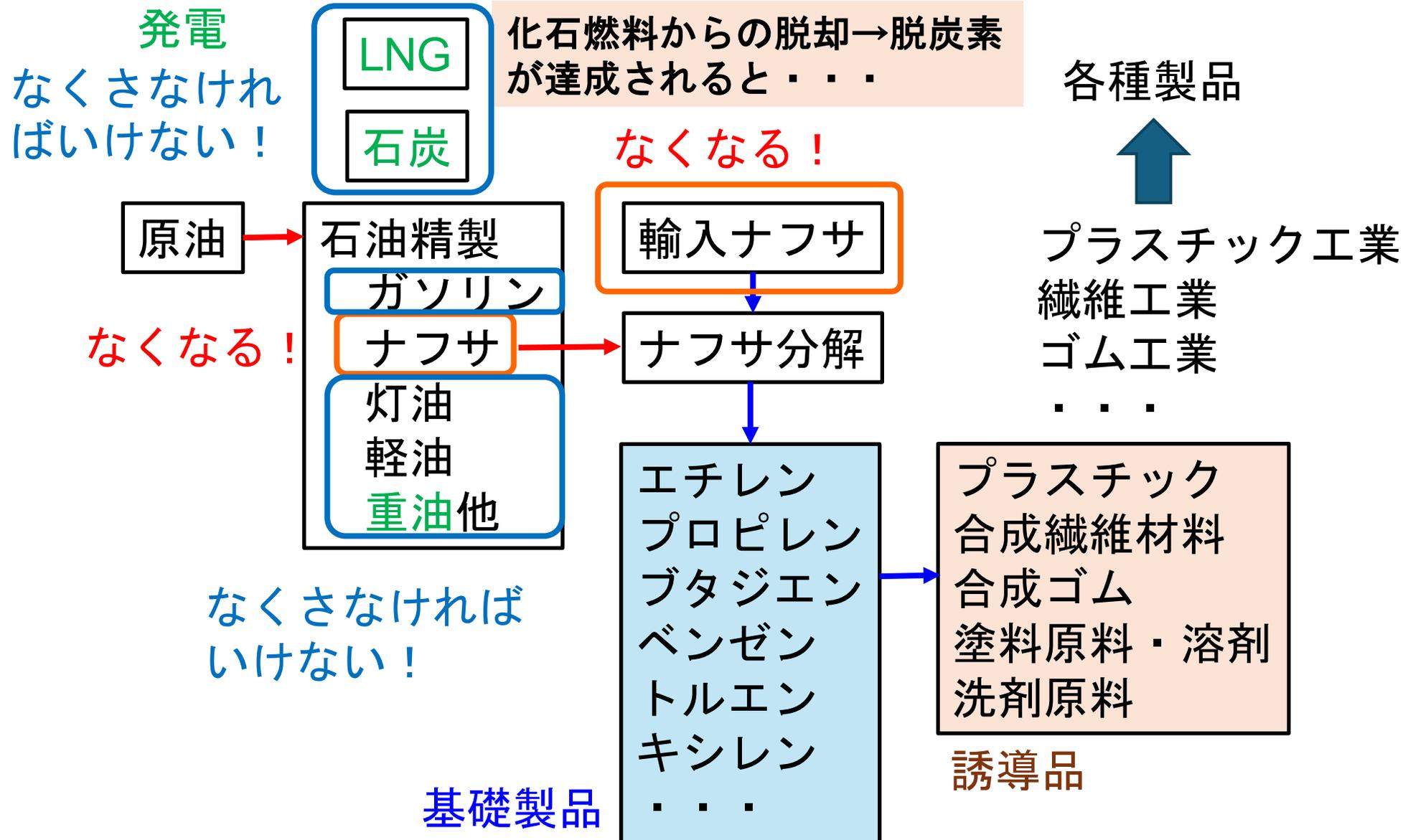
概要  
温室効果ガスの排出量を2050年までに実質ゼロにする脱炭素社会の実現を目指して、世界中で、多角的な取り組みが加速されています。化学工学会では、2020年度の重点施策として、社会課題解決に向けた政策提言と社会実装に向けて取り組みました。そこで、本シンポジウムでは、国内外の動向を俯瞰するとともに、エネルギー・環境イノベーションと社会実装について、議論いたします。産学官の連携、学際融合から化学工学が担う脱炭素社会の実現について、多様な視点で議論する場を提供します。なお、本シンポジウムは、一般公開シンポジウムと位置づけ、学会員を問わず無料でご参加いただけます。また、一部のセッションは、国際シンポジウムとして開催いたします。

2021年3月 年会にてビジョンシンポジウム

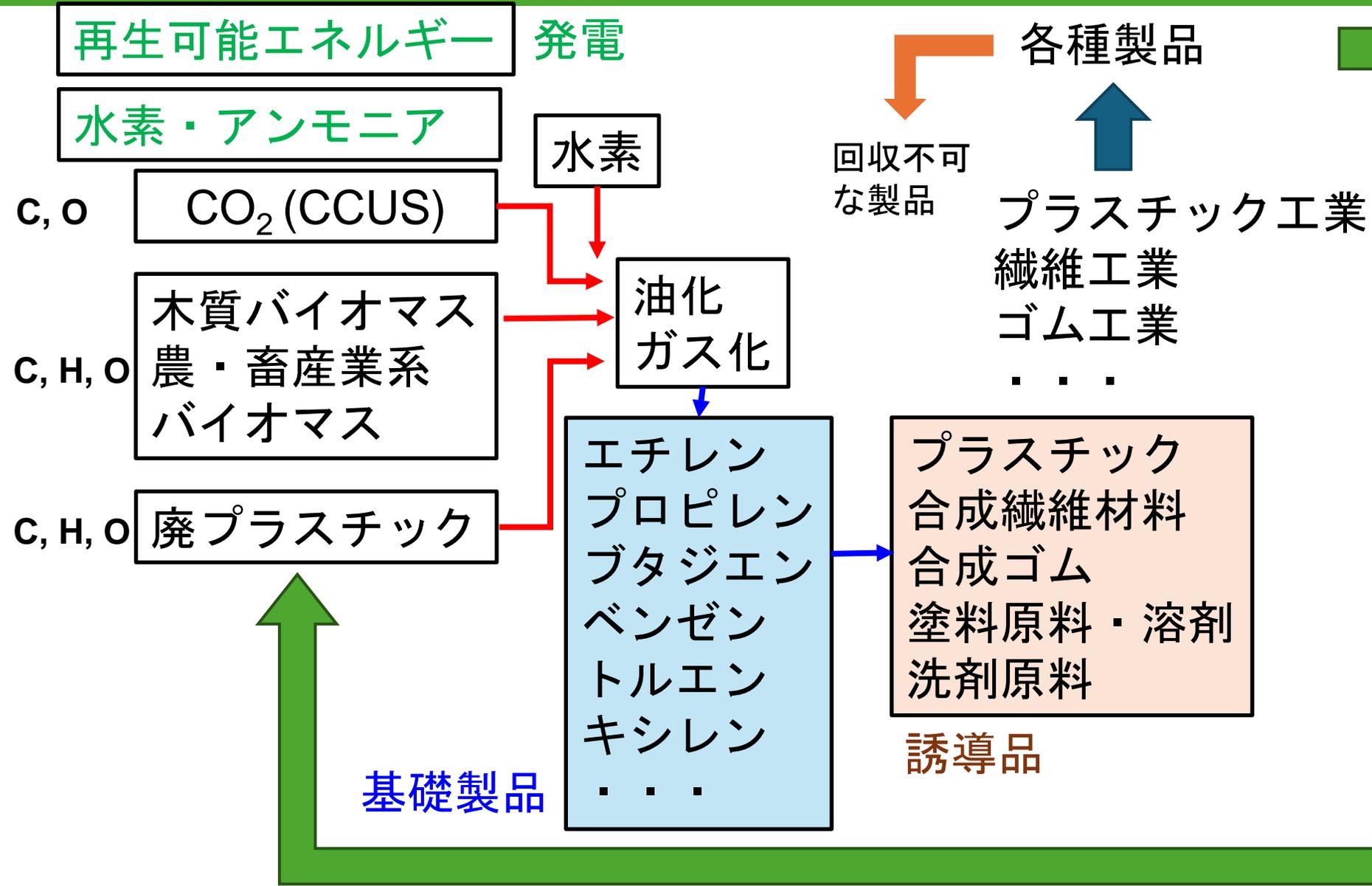
- 脱炭素社会に向けた国内外の情勢
- CO<sub>2</sub>の回収・資源転換による炭素循環
- パネル討論 循環の視点から考える地域の未来
- 社会実装に向けた国内外の動向

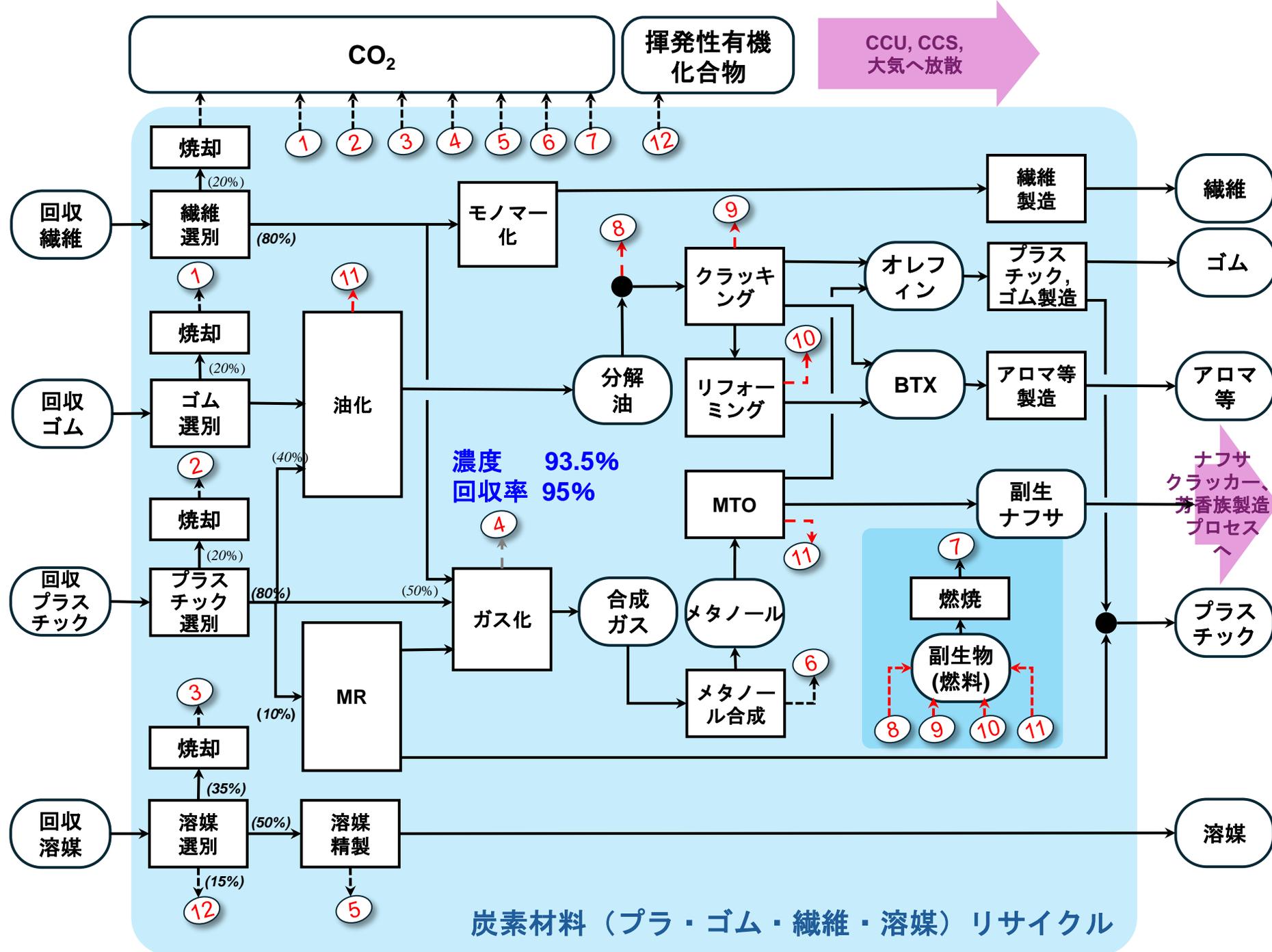
● 産学官連携による議論  
● 日本全体のグランドデザイン・リスク検討  
● 炭素自立ビジョンの公表・更新、および提言  
● 社会実装に向けた地域での取り組み  
● 年2回の一般公開シンポジウム

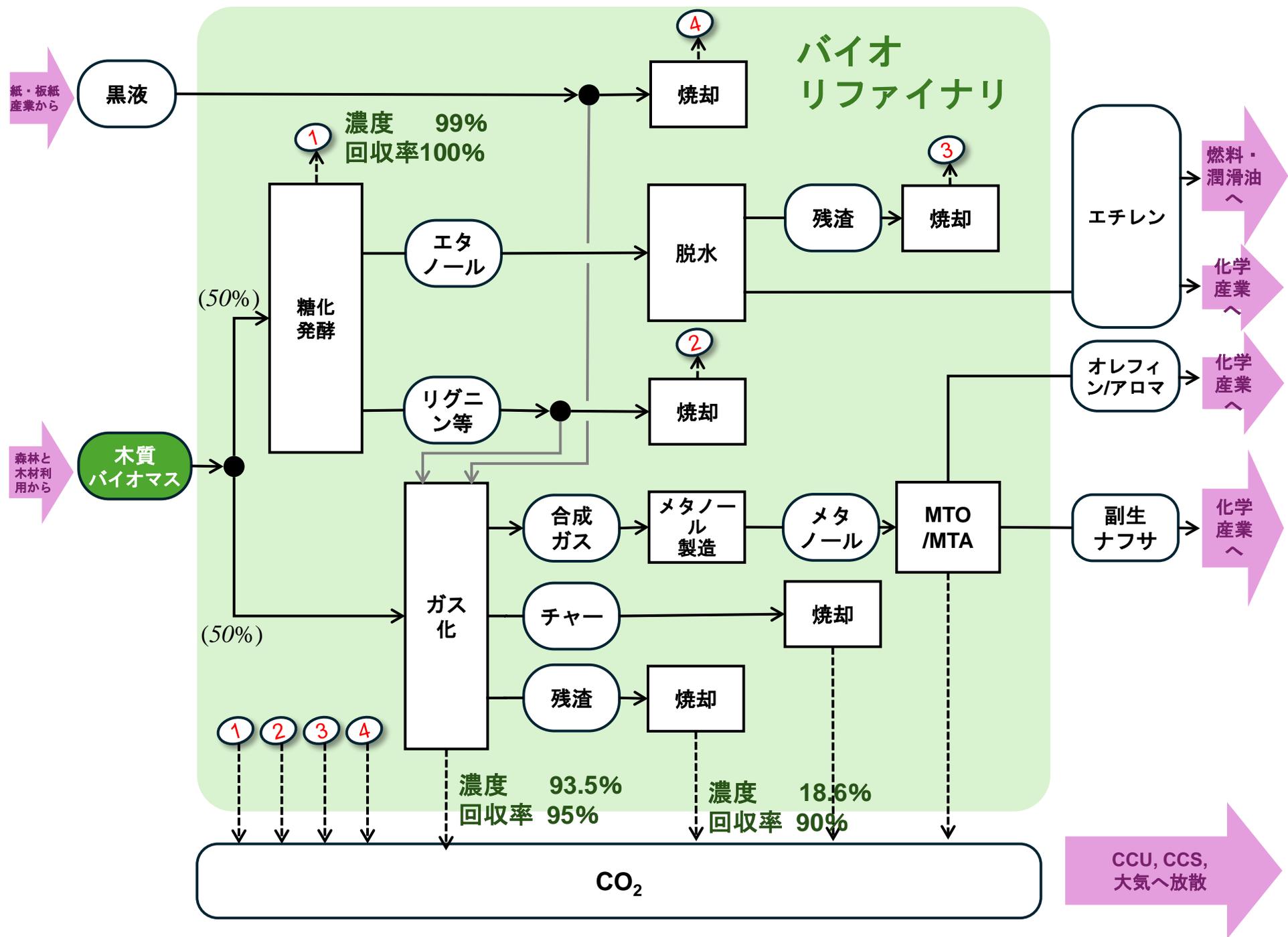
# 化石燃料からの脱却→脱炭素が達成されると・・・



# カーボンニュートラル化学産業

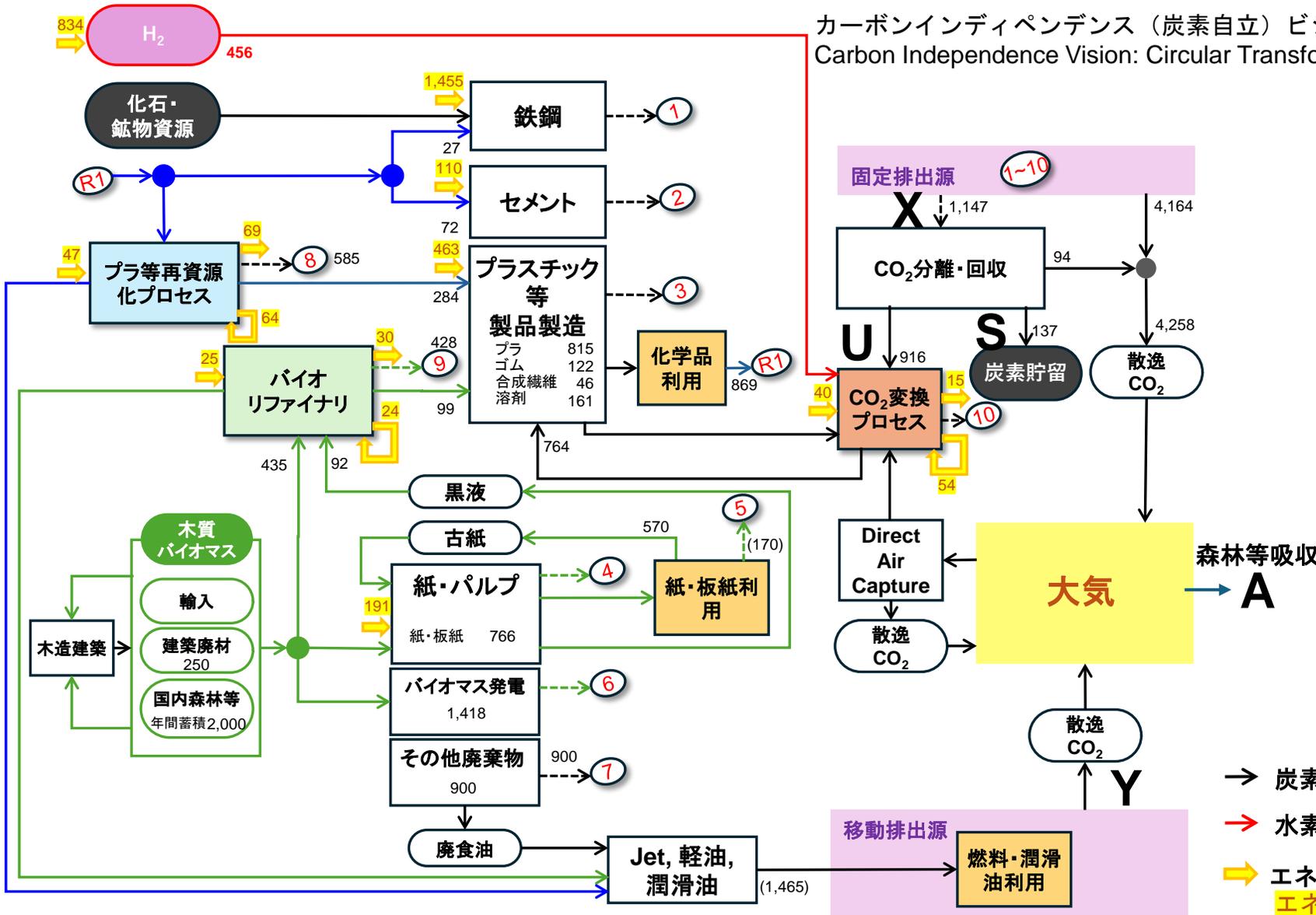






# 炭素自立ビジョン

カーボンインディペンデンス（炭素自立）ビジョン：CO<sub>2</sub>排出削減が困難な産業の循環経済への変革  
 Carbon Independence Vision: Circular Transformation from Hard-to-Abate Industries



大気の炭素蓄積量  
 = X + Y - A - (U + S)

0の場合にネットゼロ

- 炭素フロー (万t-C)
- 水素フロー (万t)
- エネルギーフロー  
エネルギー量 (PJ)

名称	項目	炭素量	必要E
		(万t-C)	(PJ)
プラスチック等 再資源化対象物質	投入量	869	必要E 138 創出E 69
	生産物（オレフィン・芳香族）	284	
	プロセス由来CO <sub>2</sub> （回収対象）	136	
	燃焼後CO <sub>2</sub> 回収対象	404	
	CO <sub>2</sub> 大気放出	66	
バイオマス	投入量	435	必要E 67 創出E 30
	生産物（オレフィン・芳香族）	99	
	プロセス由来CO <sub>2</sub> （回収対象）	170	
	燃焼後CO <sub>2</sub> （回収対象）	245	
	CO <sub>2</sub> 大気放出	32	
CO <sub>2</sub>	投入量	877	必要E1,133 (内水素製造 834)
	必要水素量	438	
	生産物（オレフィン・芳香族）	614	
	燃焼後CO <sub>2</sub> （回収対象）	88	
	CO <sub>2</sub> 大気放出	9	
副生ナフサ	投入量	214	必要E 70 創出E 15
	生産物（オレフィン・芳香族）	150	
	燃焼後CO <sub>2</sub> （回収対象）	64	
	CO <sub>2</sub> 大気放出	6	
CCS	貯留量	137	必要E 52
大気放出	化学	113	
	（HTA産業全体）	4,258	

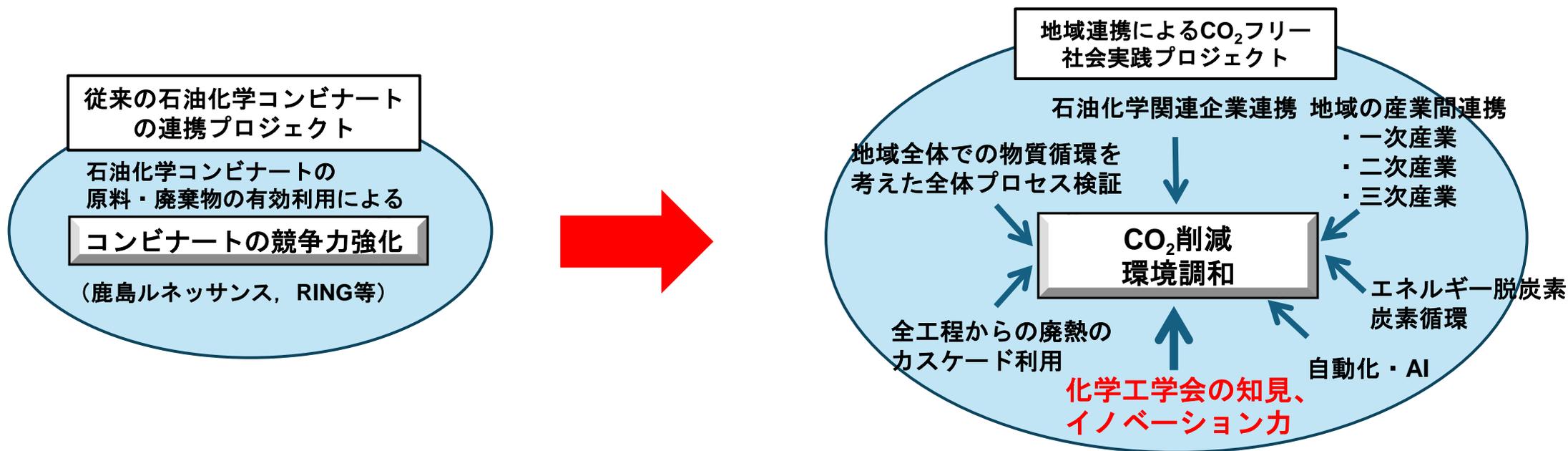
# 「地域の産業連携によるCO<sub>2</sub>フリー社会実践プロジェクト」 フレームワーク～山口県周南地区をケーススタディーとして～

## 目的

「社会課題解決に向けての政策提言と社会実装」  
地域産業連携および地域コミュニティ連携によるCO<sub>2</sub>削減を目指すプランを策定し、  
社会実践を行う

## 目標

2035年までにCO<sub>2</sub>排出量を50%削減し、**2050年にはカーボンニュートラル、その先には  
カーボンネガティブとするグランドデザインを作成し実践**



# 周南コンビナート脱炭素推進協議会



- ✓ 自家発電が石炭火力
- ✓ 苛性ソーダを軸とする無機化学とオレフィン系の有機化学が融合
- ✓ 石油化学・ソーダ・セメント・ゴム・鉄鋼などの多彩な素材型産業が集積
- ✓ 副生水素がある

## 構成員

出光興産、東ソー、トクヤマ、  
日鉄ステンレス（現 日本製鉄）、日本ゼオン、  
化学工学会、周南市

工学的なモデル  
地域産業政策的なモデル  
連携体制構築のモデル  
として確立  
→日本、そして世界に展開

周南コンビナートのカーボンニュートラル化実現  
による地域活性化と次世代産業創出

# 炭素自立実現に向けた課題と論点

- ◆ **地域（空間的）ギャップ**  
供給源と生産場所の不一致  
→どの形でどのように運搬するか
- ◆ **供給ポテンシャル**
  - 廃棄物                      静脈産業と動脈産業の連携
  - 森林バイオマス      木の成長速度に鑑みた伐採・植林
  - CO<sub>2</sub>                      ばく大なエネルギーと水素
- ◆ **経済的他ギャップ**  
社会システム全体としての総コストの観点から設計  
XRL（T, B, G, S, H）の視点からの解析

# 炭素自立実現に向けた課題と論点

## ◆ 地域（空間的）ギャップ

供給源と生産場所の不一致

→どの形でどのように運搬するか

## ◆ 供給ポテンシャル

廃棄物

静脈産業と動脈産業の連携

森林バイオマス

木の成長速度に鑑みた伐採・植林

CO<sub>2</sub>

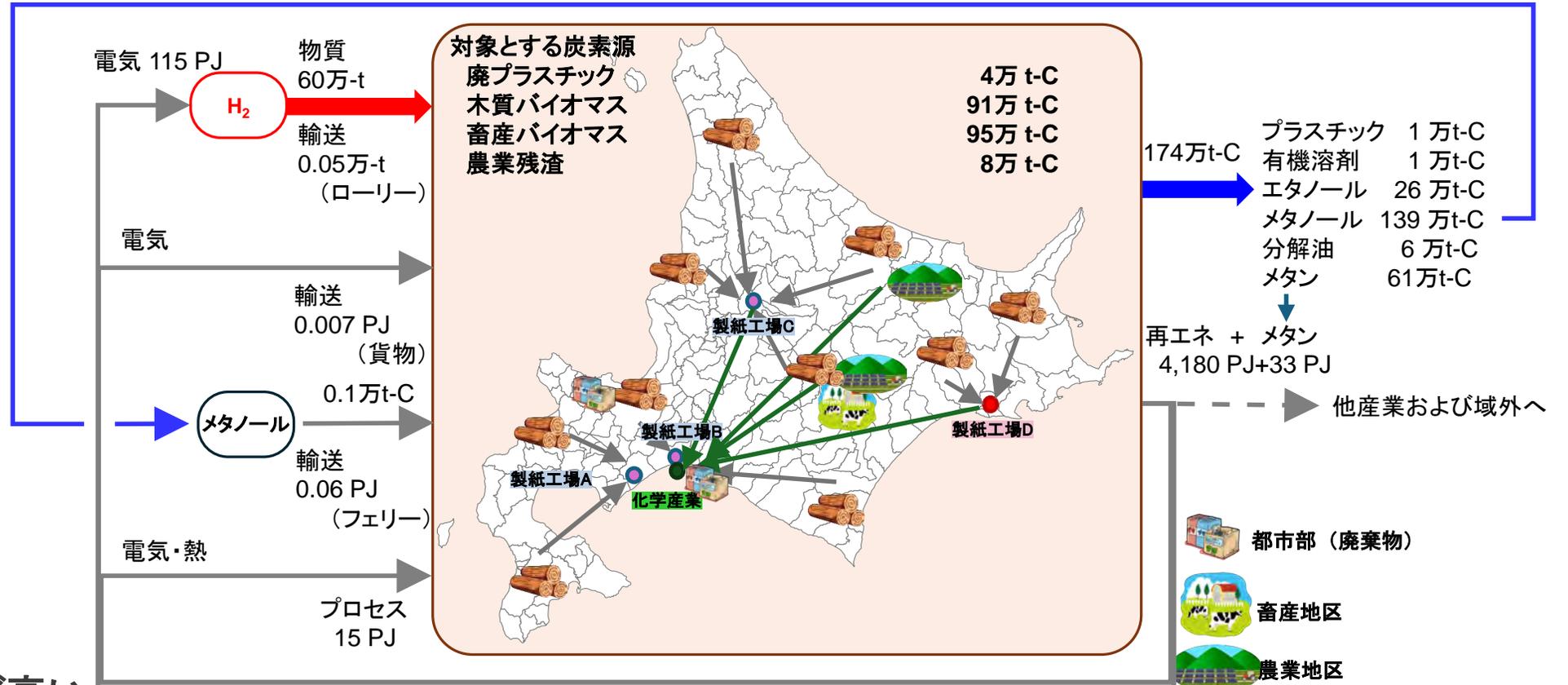
ばく大なエネルギーと水素

## ◆ 経済的他ギャップ

社会システム全体としての総コストの観点から設計

XRL (T, B, G, S, H) の視点からの解析

# 北海道における炭素循環およびエネルギー循環



- ・再エネポテンシャルが高い
- ・国内屈指の一次産業  
→炭素源としてバイオマスが豊か
- ・製紙、自動車部品、石油精製/備蓄、製鉄、セメントに加え、近年は半導体、データセンターの誘致が進む
- ・国内有数の貨物取扱量を誇る港湾と空の玄関新千歳空港のダブルポートを有する

# 炭素自立実現に向けた課題と論点

## ◆ 地域（空間的）ギャップ

供給源と生産場所の不一致

→どの形でどのように運搬するか

## ◆ 供給ポテンシャル

廃棄物

静脈産業と動脈産業の連携

森林バイオマス

木の成長速度に鑑みた伐採・植林

CO<sub>2</sub>

ばく大なエネルギーと水素

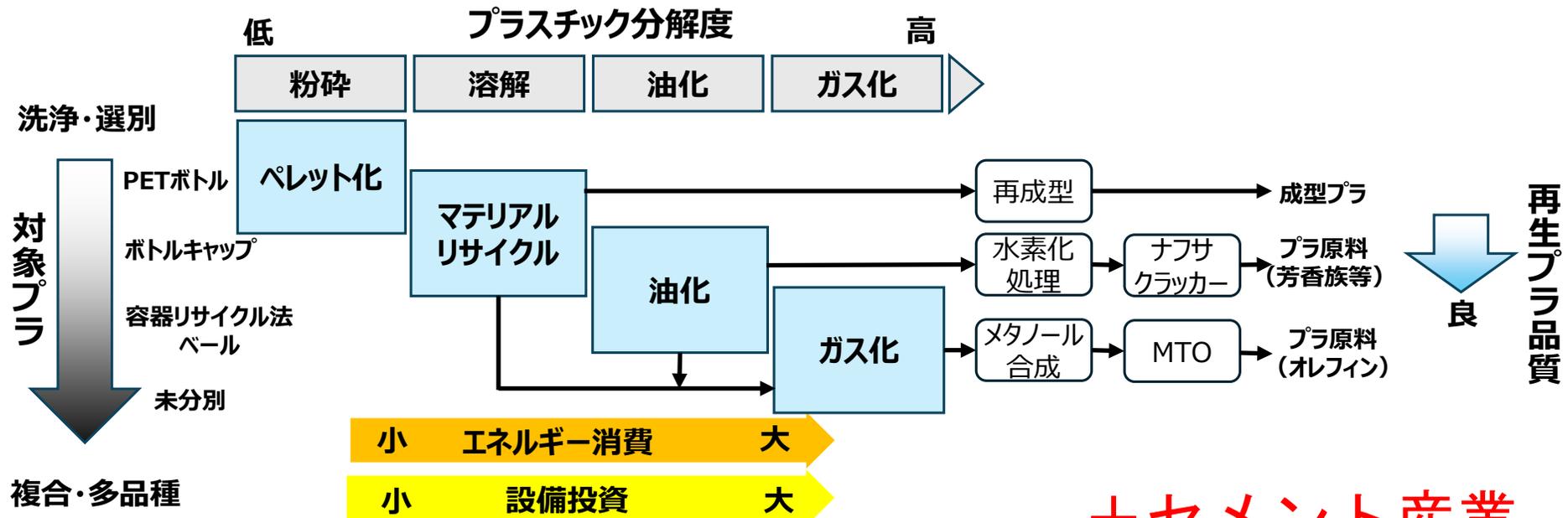
## ◆ 経済的他ギャップ

社会システム全体としての総コストの観点から設計

XRL (T, B, G, S, H) の視点からの解析

# 使用済みプラスチック資源化

排出源が分散しており、産業立地や居住人口に強く関係



カスケード利用

+セメント産業  
+鉄鋼産業

高度ソーティング技術

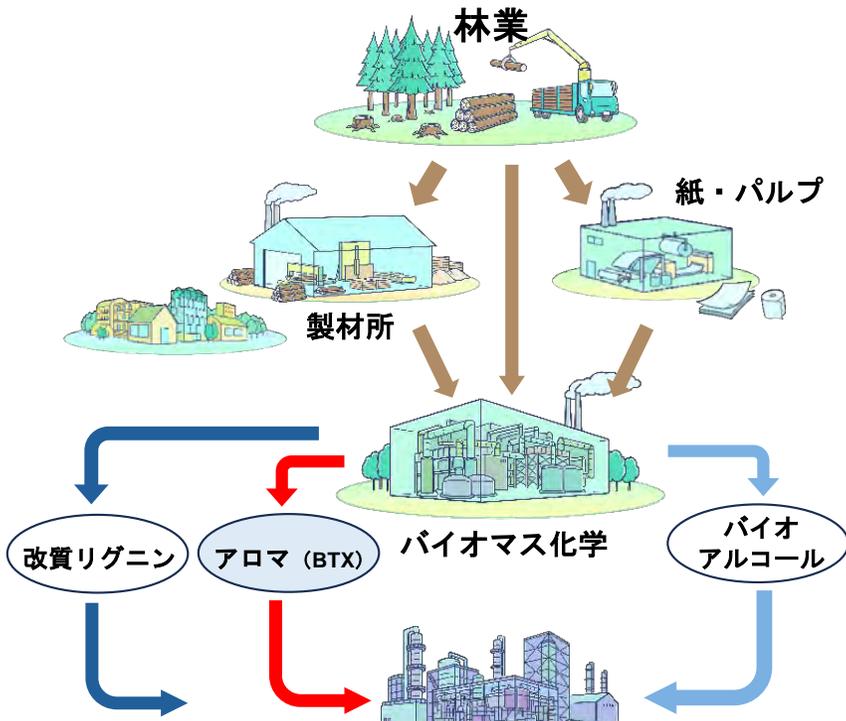
プラスチック回収フローの可視化による原料活用率の向上

利益還元システムを構築し、商用化に向けた事業モデル

リサイクルコストを製品価格に転嫁できるバリューチェーン

# 木質バイオマス

林業・製材業・建設業および製紙業、運搬方法に強く関係



適切な伐採と植林で日本の森林資源を守り、  
林業・製材業  
化学産業  
都市  
廃棄物リサイクル  
をつなげて、  
新しい産業構造を！

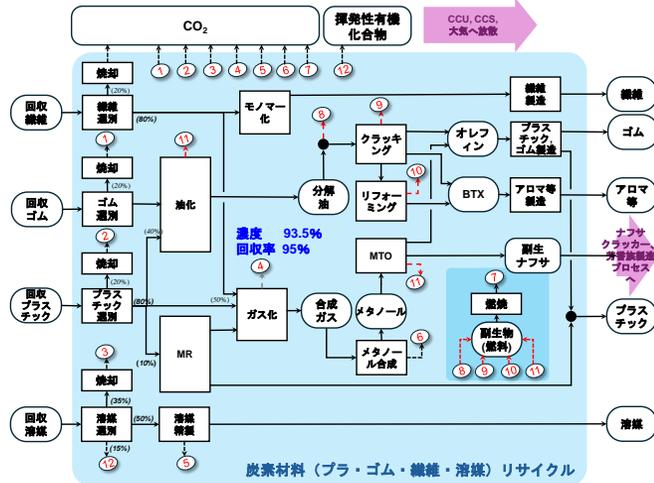
カスケード利用

国内林業の生産性向上と省力化

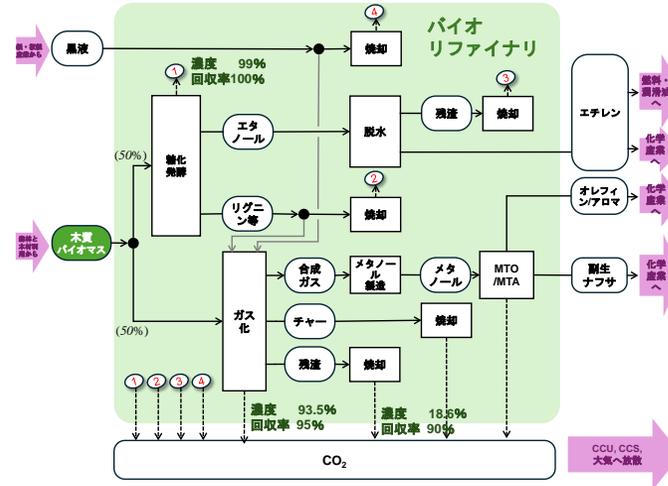
林業、木造建築、化学産業などの産業間連携  
製品の付加価値の可視化、適正価格で取引される市場の醸成  
海外市場の獲得

# 二酸化炭素

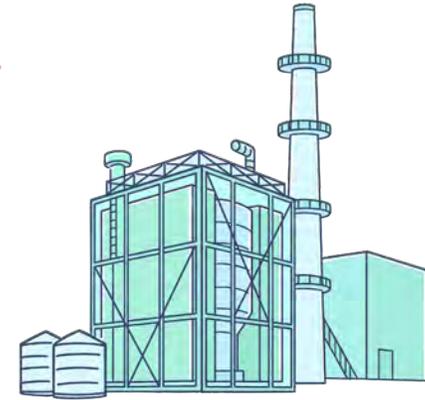
## 使用済みプラスチック等 リサイクル



## バイオマス化学



## バイオマス発電



## CCUレディ

→炭素循環型のサプライチェーン・バリューチェーンへの変革

CCU原料利用の水素のサプライチェーン

カーボンプライシング、有償オークションの対象業種拡大、認証取得材の購入強化、税控除、非化石認証等の施策の導入や小売業者との連携強化

# 炭素自立実現に向けた課題と論点

## ◆ 地域（空間的）ギャップ

供給源と生産場所の不一致

→どの形でどのように運搬するか

## ◆ 供給ポテンシャル

廃棄物

静脈産業と動脈産業の連携

森林バイオマス

木の成長速度に鑑みた伐採・植林

CO<sub>2</sub>

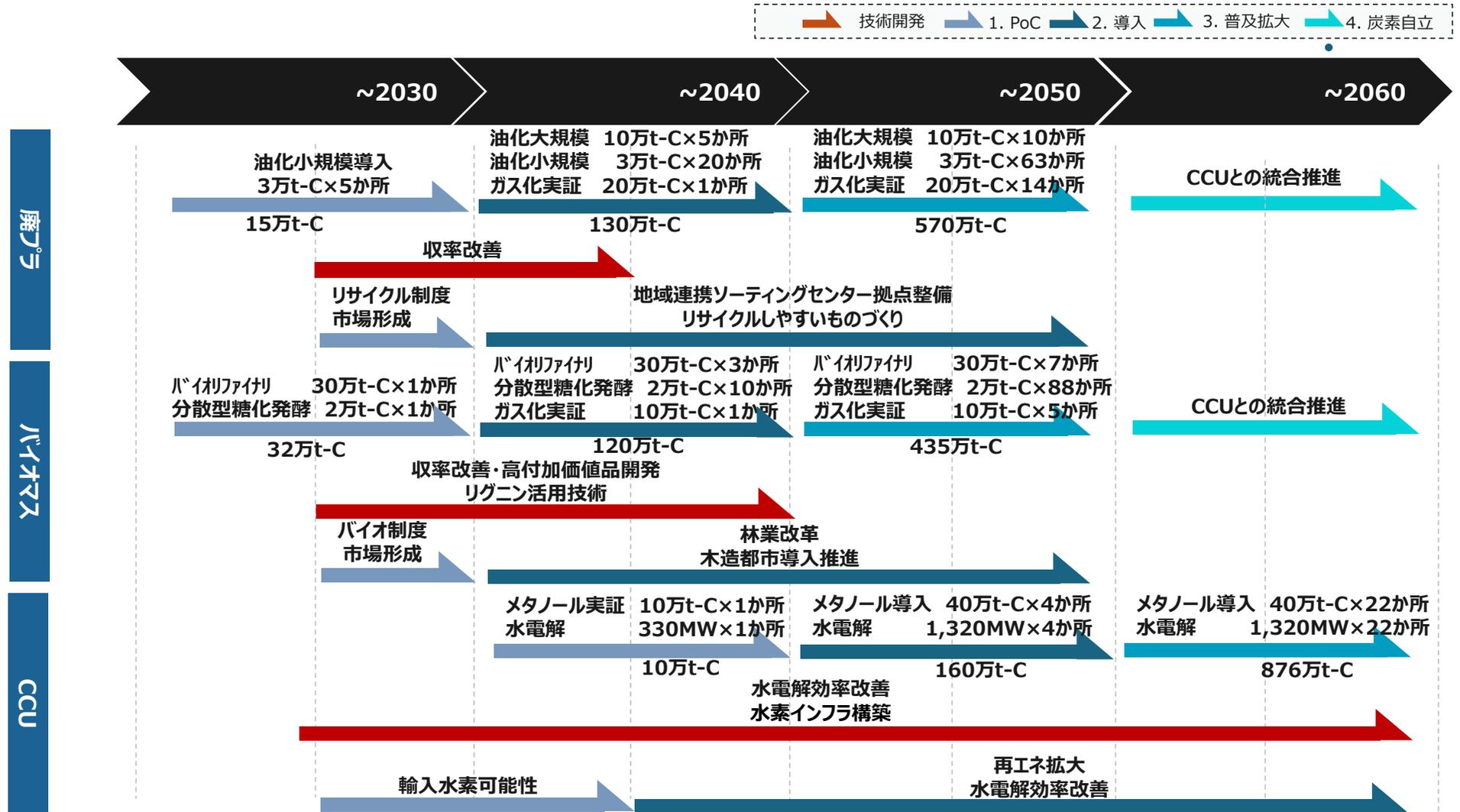
ばく大なエネルギーと水素

## ◆ 経済的他ギャップ

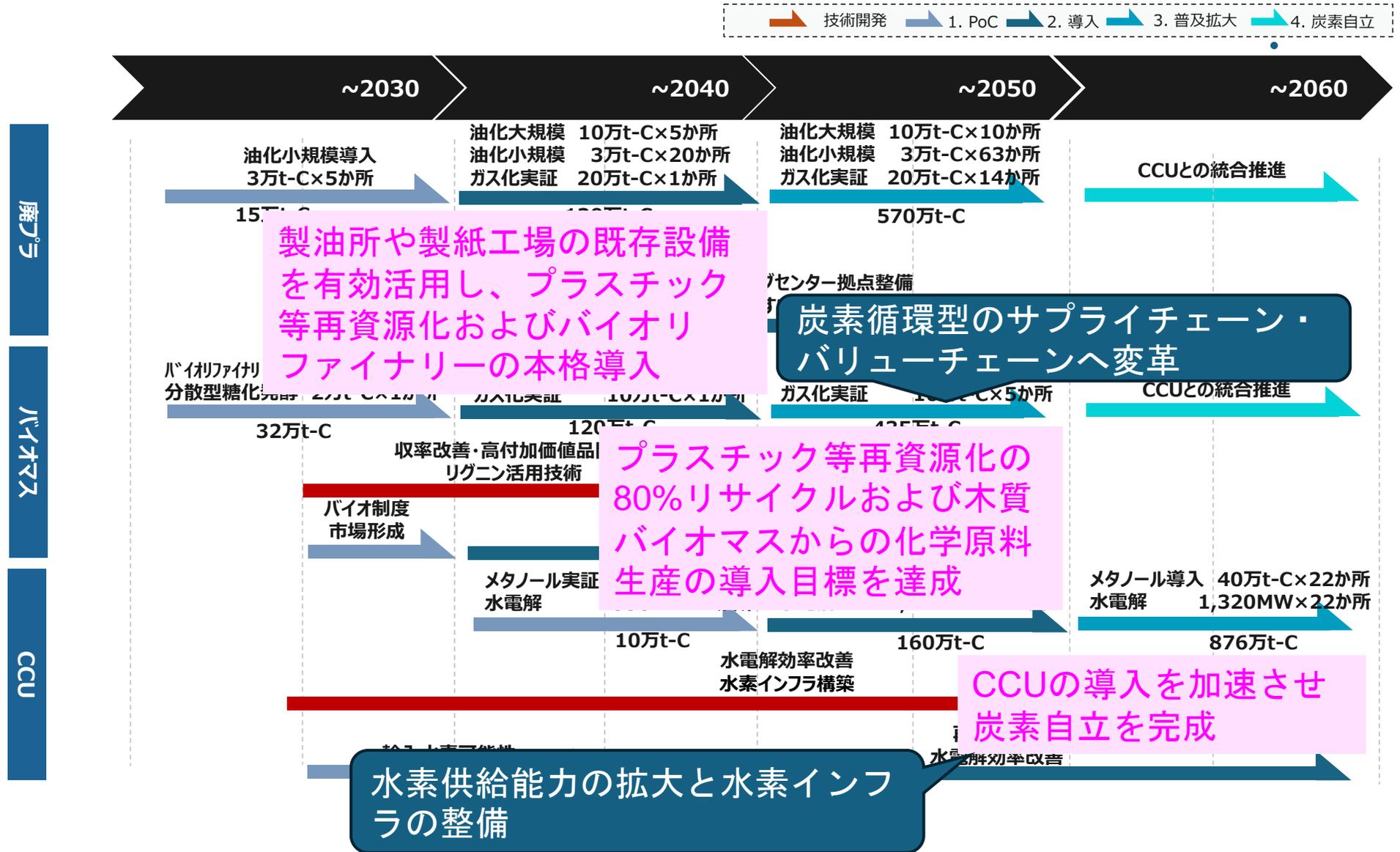
社会システム全体としての総コストの観点から設計

XRL (T, B, G, S, H) の視点からの解析

# 炭素自立ロードマップ



# 炭素自立ロードマップ



# X Readiness Levelの視点から課題抽出

指標	説明
TRL (Technology Readiness Level)	必要な技術レベルの状態 (原料確保、製造・変換、利用)
BRL (Business Readiness Level)	安定したビジネスとして成立する上での、経済性、バリューチェーンの状態、現行ビジネスとの両立の状態
GRL (Governance Readiness Level)	社会実装する上での制度、規制、規則の整備の状態
SRL (Social Readiness Level)	社会受容性の状態および国内外での基準やトレーサビリティの確立の程度
HRL (Human Readiness Level)	社会実装する上での人的資源の涵養やそれを維持・発展させるための取り組みや体制の状態

# まとめ

他国に先んじてHTA産業の炭素自立を実現することで、国際競争力を強化しつつ、2050年のネットゼロを実現するためには、

- ✓ プラスチックなど化学品のリサイクル率の向上
- ✓ 森林バイオマスを最大活用した素材の生産
- ✓ CO<sub>2</sub>の回収と利用および貯留の拡大

地域連携による必要な炭素資源を自立的に循環確保

産業間連携

産官学金連携

技術力強化

- 炭素自立ロードマップを推進する組織の設立
- 政策立案者による、包括的な炭素自立・炭素循環施策の策定
- 炭素自立の実現主体としての産業界による、炭素自立ロードマップの実行