

素材産業の「更なる」競争力強化に向けて

令和4年6月3日
経済産業省 製造産業局
素材産業課長 吉村 一元

1. 素材産業の現状

2. カーボンニュートラルへの挑戦

3. 資源循環経済

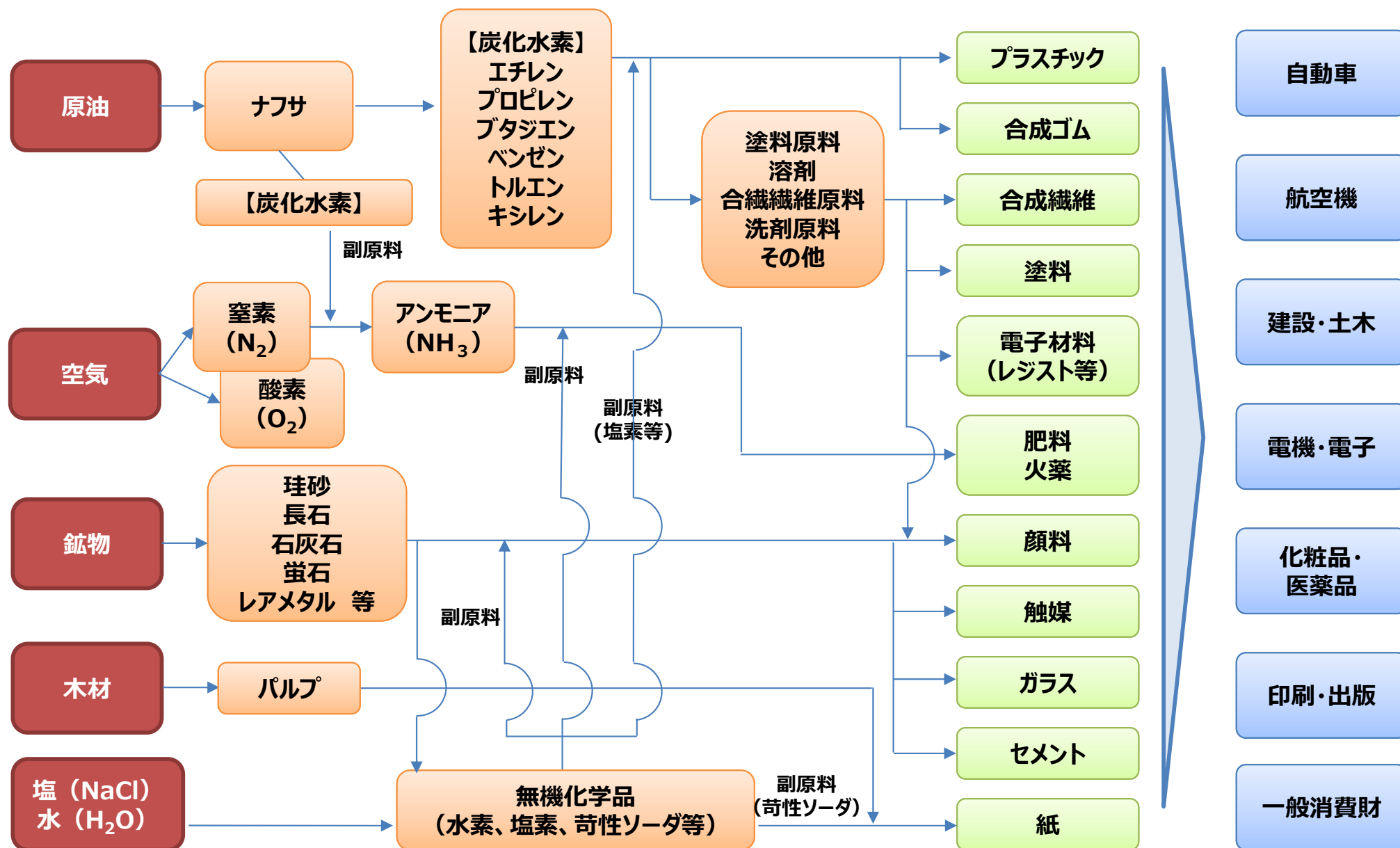
4. 経済安全保障

5. イノベーションと産業人材育成

6. 新・素材産業ビジョン 中間整理

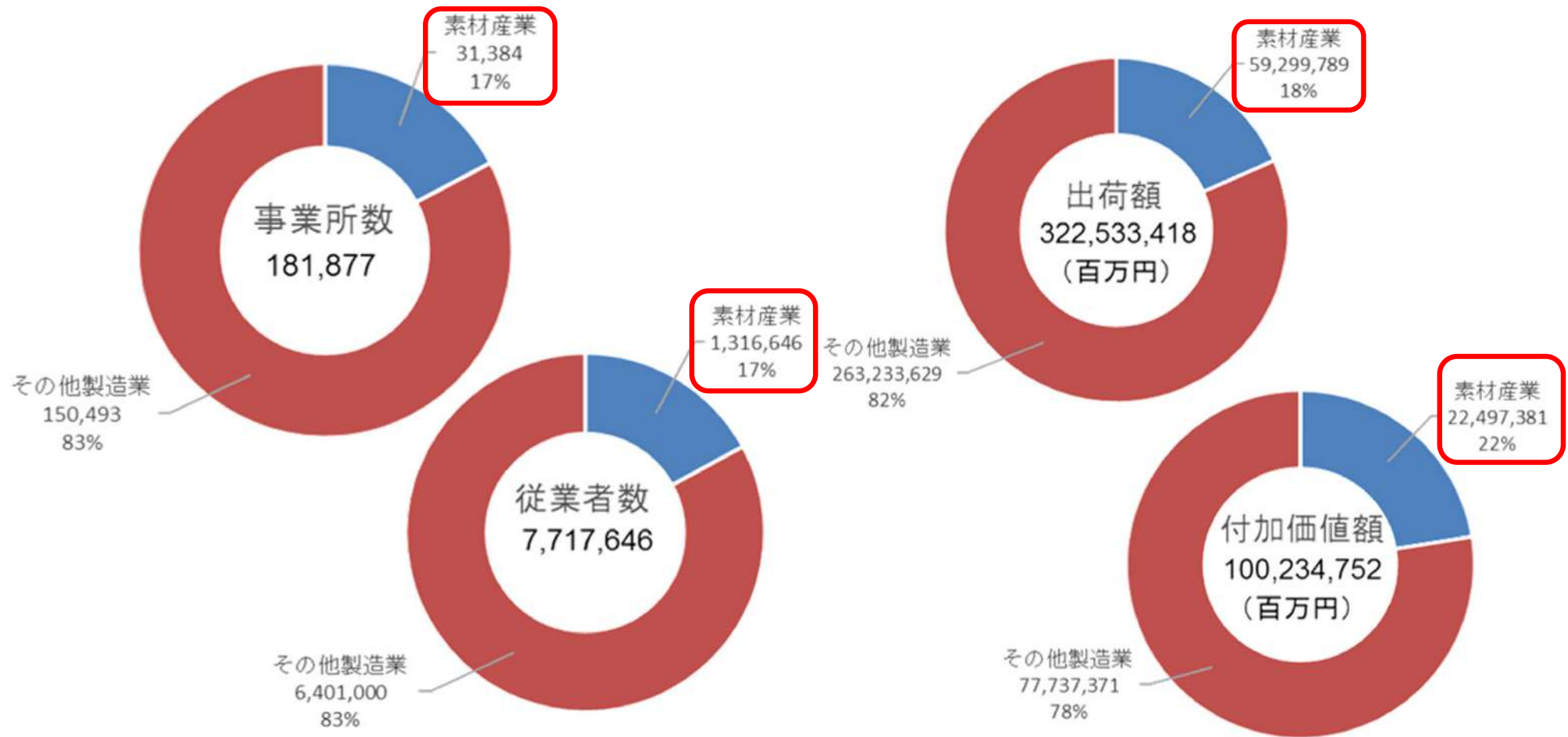
素材産業のサプライチェーン

- 様々な原材料から化学反応を用いて加工し、部素材や最終製品を製造



素材産業の位置づけ

- 素材産業は、事業所数、従業者数、製造品出荷額等、付加価値額が製造業全体の約 2 割を占め、自動車に次ぐ製造業第 2 位の規模。



(注) 素材産業は、日本標準産業分類の製造業のうち、以下の合計

①化学工業、プラスチック製品製造業、ゴム製品製造業（化学産業）、②パルプ・紙・紙加工品製造業（紙・パルプ産業）、③ガラス・同製品製造業（ガラス産業）

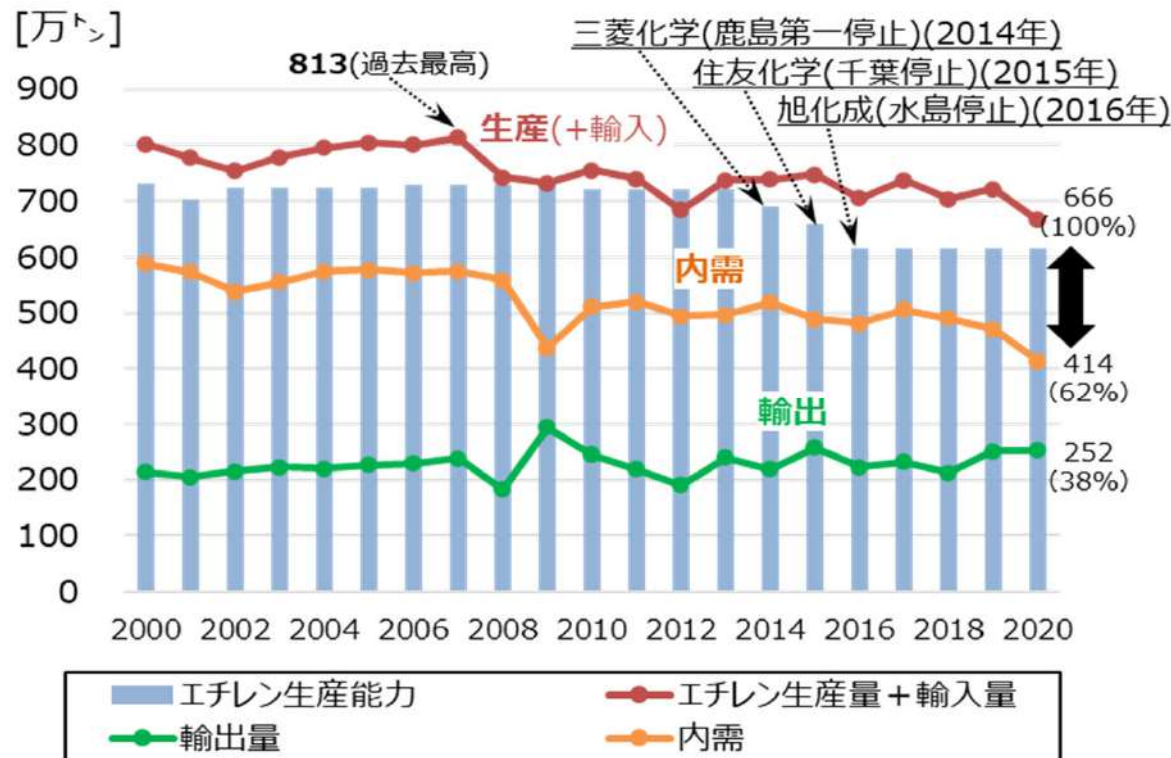
④セメント・同製品製造業（セメント産業）、⑤耐火物製造業、炭素・黒鉛製品製造業、研磨材・同製品製造業、骨材・石工品等製造業（その他窯業品産業） ※（ ）内は略称

(出典) 2020年産業別統計表（概要版）より作成

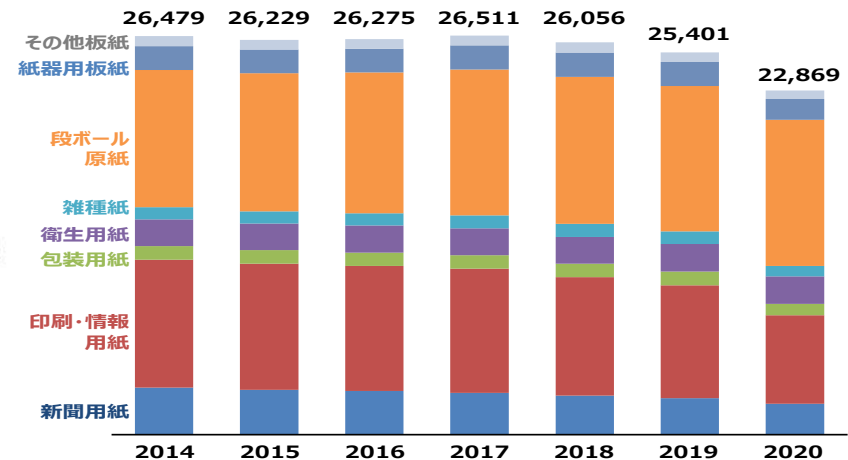
内需の減少と供給力の推移

- 我が国素材産業において、人口減少に伴う需要の低下等背景に、**国内需要は緩やかに減少**してきた。今後も人口減少や需要家の海外進出によって、さらに内需の減少は進んでいく見通し。

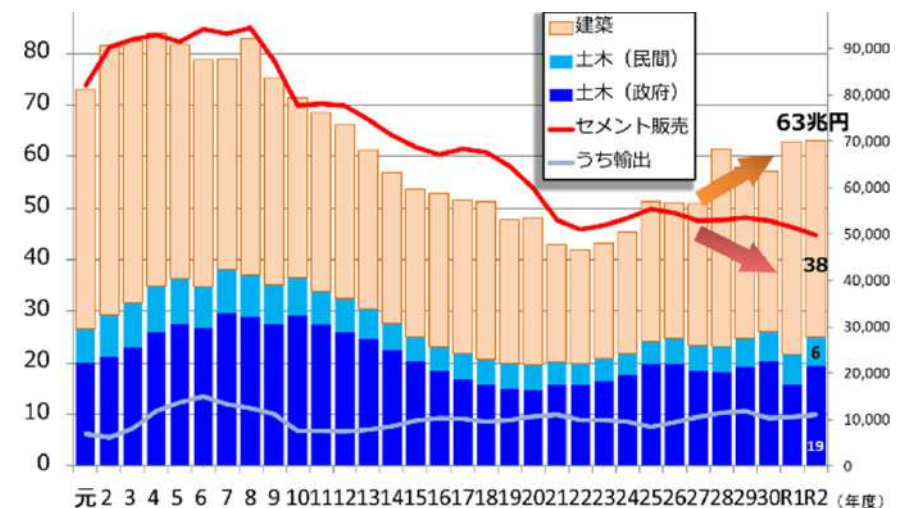
＜国内エチレン生産能力の推移＞



＜国内紙・板紙生産量の推移＞ (千トン)



＜建設投資額 (名目値) とセメント販売量の推移＞



＜出典＞

左 : 経済産業省素材産業課「世界の石油化学製品の今後の需給動向」

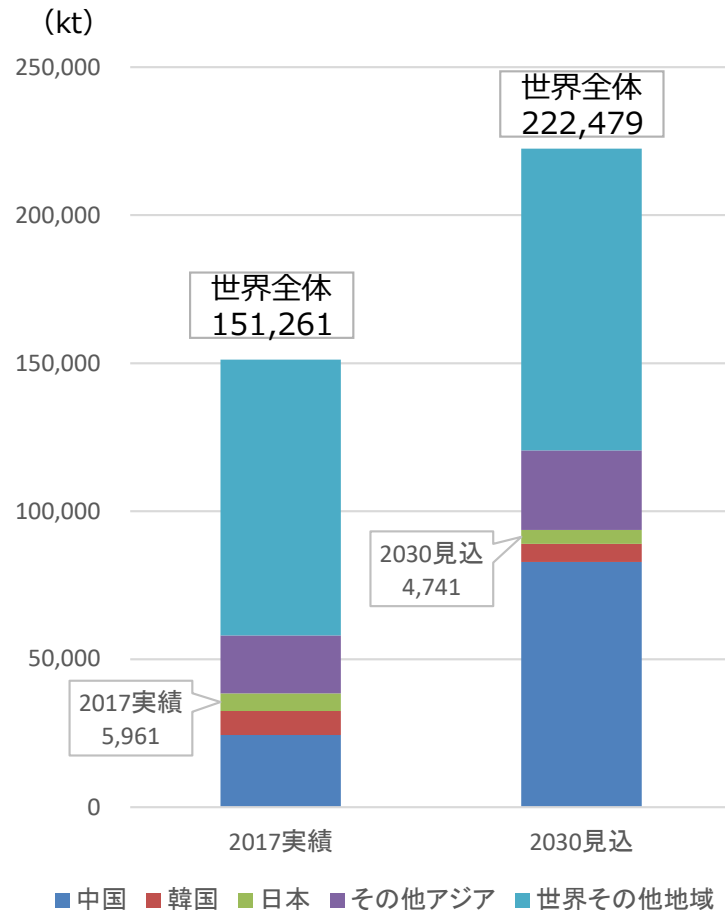
右上 : 日本製紙連合会HP

右下 : 国土交通省建設投資見通し、セメントハンドブック ((一社) セメント協会) より経済産業省作成

グローバル需要の変化

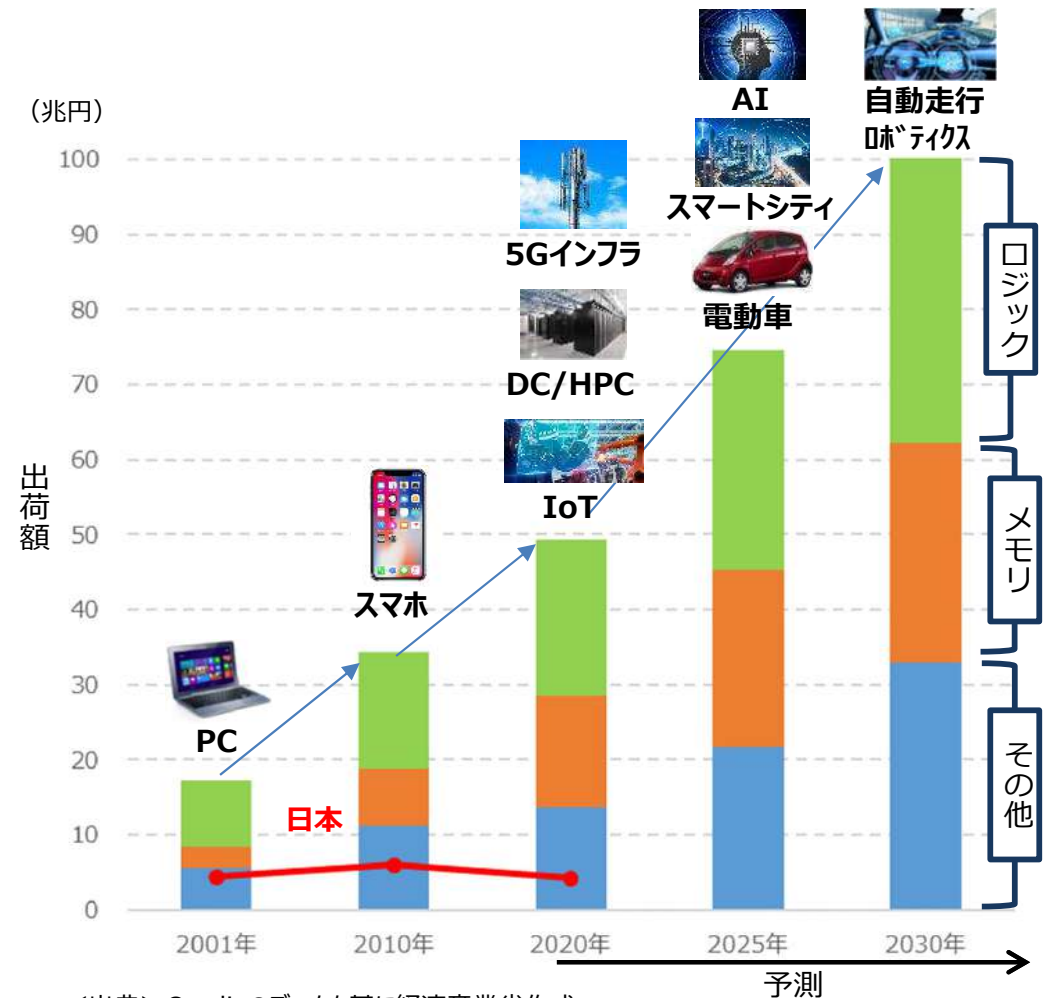
- 他方、グローバル需要について、世界全体での経済規模拡大も踏まえ、順調に伸長する見込み。
- 需要産業でも、例えば、半導体市場は、2030年には市場規模100兆円に達する見込み。

＜エチレン需要量見通し＞



＜出典＞ 経済産業省素材産業課「世界の石油化学製品の今後の需給動向」

＜世界の半導体市場＞



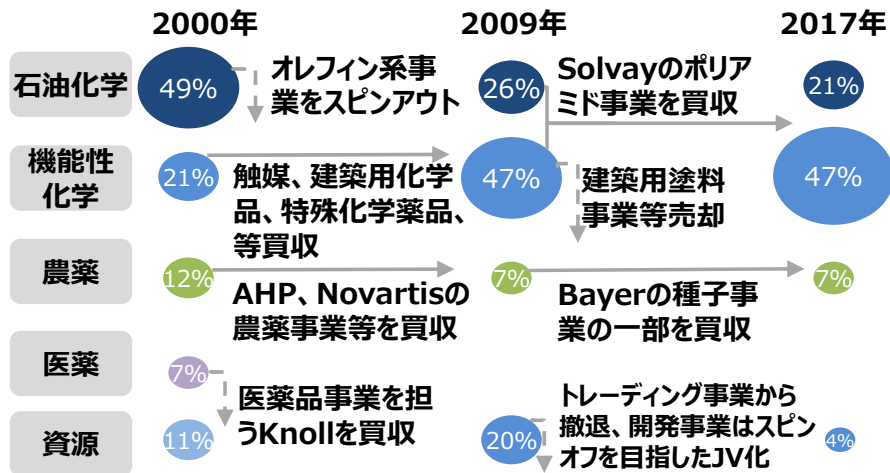
＜出典＞ Omdiaのデータを基に経済産業省作成

高機能性品への事業集中の流れ

- 世界の化学企業大手は、売上高を維持しつつ、石油化学から機能性化学へのシフトを実現。
- 国内総合化学企業も、相対的に機能材料やヘルスケアなどの高収益事業に軸足をシフト。

BASFの戦略 (機能性化学への集中)

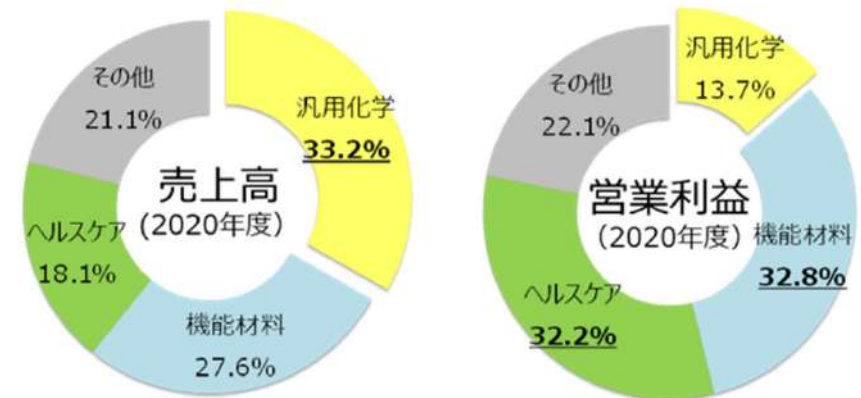
BASFの事業別売上高構成比の推移



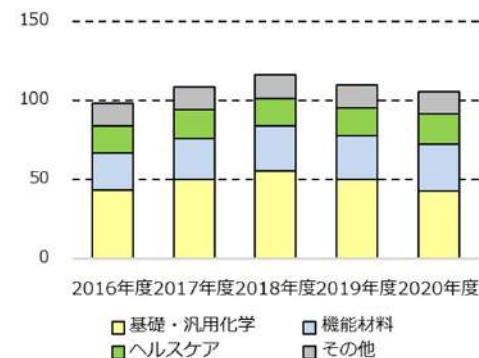
- ① ライフサイエンス領域の選択と集中 ③ 石油化学、機能性化学の取捨選択
 ② 汎用石化からの脱力、機能性強化 ④ 農業再編への追随、資源からの脱力

◇ BASFは、Shellと合併で設立した石化専門企業の売却等を通じて、汎用石油化学プレーヤーとの直接競争を回避。
 ◇ 一方、機能性化学事業について、触媒メーカー大手の米・独企業、特殊化学薬品のスイス企業等の大型買収を通じて機能性化学事業の拡大を図った。

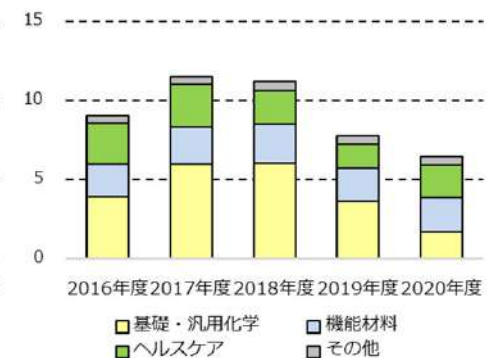
国内化学大手のセグメント別 売上高と営業利益



セグメント別売上高の推移



セグメント別営業利益の推移



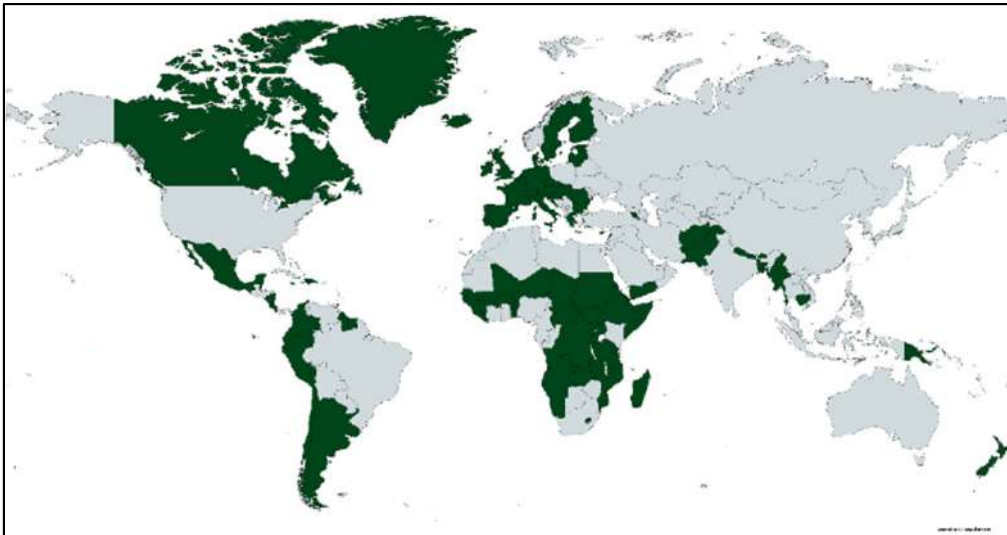
1. 素材産業の現状
- 2. カーボンニュートラルへの挑戦**
3. 資源循環経済
4. 経済安全保障
5. イノベーションと産業人材育成
6. 新・素材産業ビジョン 中間整理

世界各国のCNに向けた表明の動向

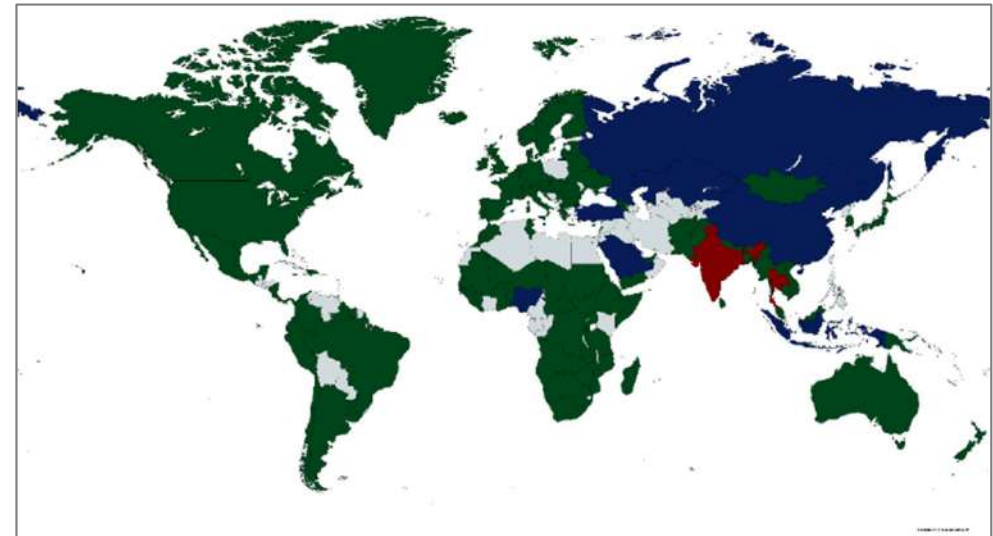
- COP25終了時点(2019年12月)では、121ヶ国が2050年までのカーボンニュートラルを表明していたが、EU以外は小国であった。※世界全体のCO2排出量に占める割合は17.9%。G7では、EU・加のみ。
- その後、COP26に向けて野心向上の機運が高まり、中・日・米等が次々とカーボンニュートラル目標を表明し、COP26時点(2021年11月)では、150ヶ国以上（G20の全ての国）が年限付きのカーボンニュートラル目標を掲げている。

年限付きのカーボンニュートラルを表明した国・地域

COP25終了時点（2019年12月）：121ヶ国
※世界全体のCO2排出量に占める割合は**17.9%**



COP26終了時点（2021年11月）：150ヶ国以上
※世界全体のCO2排出量に占める割合は**88.2%**



2050年までのCN：144ヶ国（42.2%）
2060年までのCN：152ヶ国（80.6%）
2070年までのCN：154ヶ国（88.2%）

■ 2050年までのカーボンニュートラル表明国、■ 2060年までのカーボンニュートラル表明国、■ 2070年までのカーボンニュートラル表明国

- 1) ①Climate Ambition Allianceへの参加国、②国連への長期戦略の提出による2050年CN表明国、2021年4月の気候サミット・COP26等における2050年CN表明国等をカウントし、経済産業省作成（2021年11月9日時点）
- 2) CO2排出量は、IEA（2020）、CO2 Emissions from Fuel Combustion を基にカウントし、エネルギー起源CO2のみ対象。

2050年カーボンニュートラル宣言

- 2020年10月26日、第203回臨時国会において、菅総理(当時)より「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言された。
- 併せて、グリーン成長戦略が策定され、グリーンイノベーション基金事業を実施へ。

2020年7月3日 非効率石炭火力フェードアウトに関する梶山大臣の検討指示

2020年10月26日 菅総理による所信表明演説（2050CN宣言）

菅政権では、成長戦略の柱に経済と環境の好循環を掲げて、グリーン社会の実現に最大限注力してまいります。

我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします。

もはや、温暖化への対応は経済成長の制約ではありません。積極的に温暖化対策を行うことが、産業構造や経済社会の変革をもたらし、大きな成長につながるという発想の転換が必要です。

2020年12月25日 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 策定

2021年3月12日 グリーンイノベーション基金事業の基本方針 策定

2021年4月22日 菅総理による地球温暖化対策推進本部での温室効果ガス削減目標の引き上げ

地球規模の課題の解決に向け、我が国は大きく踏み出します。2050年目標と整合的で、野心的な目標として、2030年度に、温室効果ガスを2013年度から46パーセント削減することを目指します。さらに、50パーセントの高みに向けて、挑戦を続けてまいります。この後、気候サミットにおいて、国際社会へも表明致します。

46パーセント削減は、これまでの目標を7割以上引き上げるものであり、決して容易なものではありません。しかしながら、世界のものづくりを支える国として、次の成長戦略にふさわしい、トップレベルの野心的な目標を掲げることで、世界の議論をリードしていきたいと思います。

2021年6月18日 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 改定

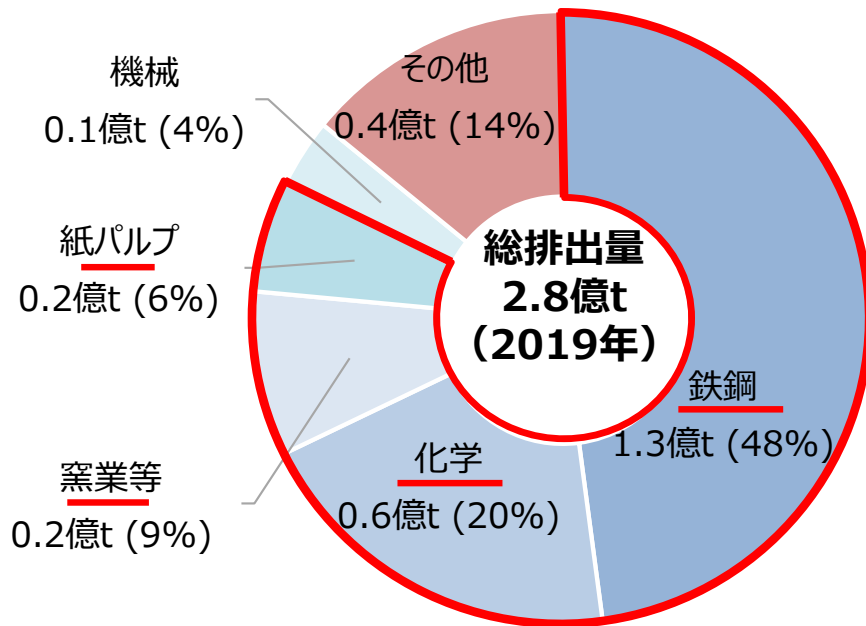
2021年10月22日 地球温暖化対策計画 改定（地球温暖化対策推進本部での温室効果ガス削減目標の引き上げを受けて）

2021年10月22日 第6次エネルギー基本計画 策定

素材産業のCO2排出

- 産業部門のCO2排出のうち、鉄鋼と化学などの素材産業で約8割を排出。
- また、鉄鋼やセメントでは、製造工程で必ず原料由来のCO2排出を伴う。

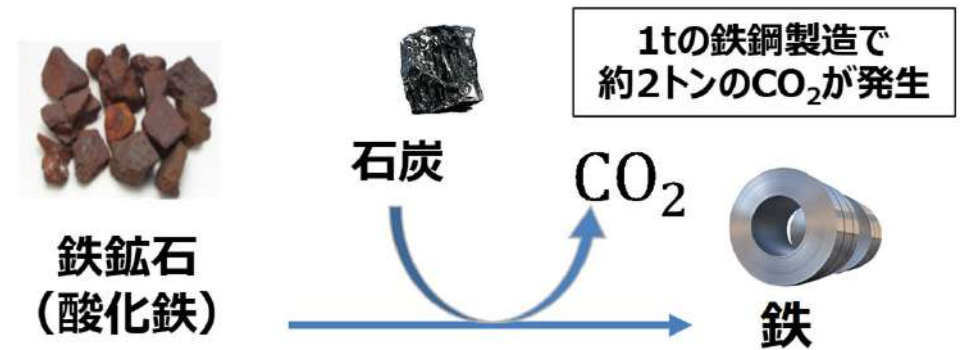
＜我が国の産業部門のCO2排出状況＞



※上記のほか、セメント製造等から非エネルギー起源CO2排出

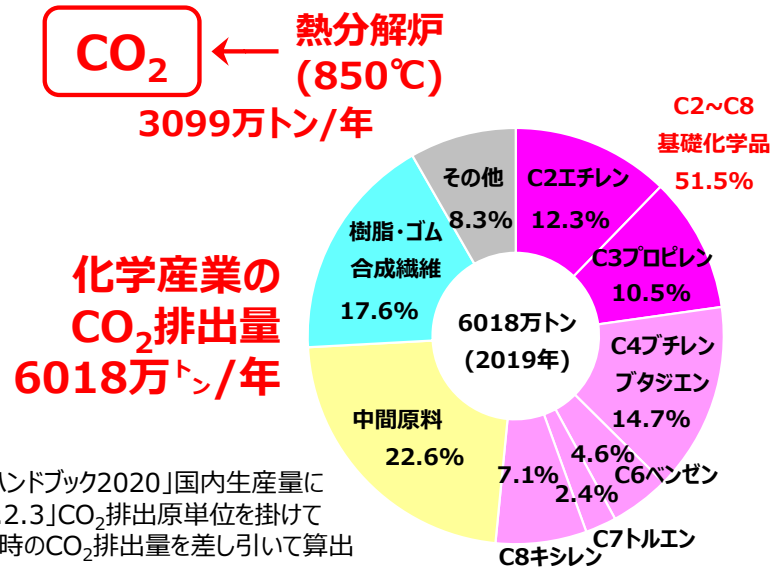
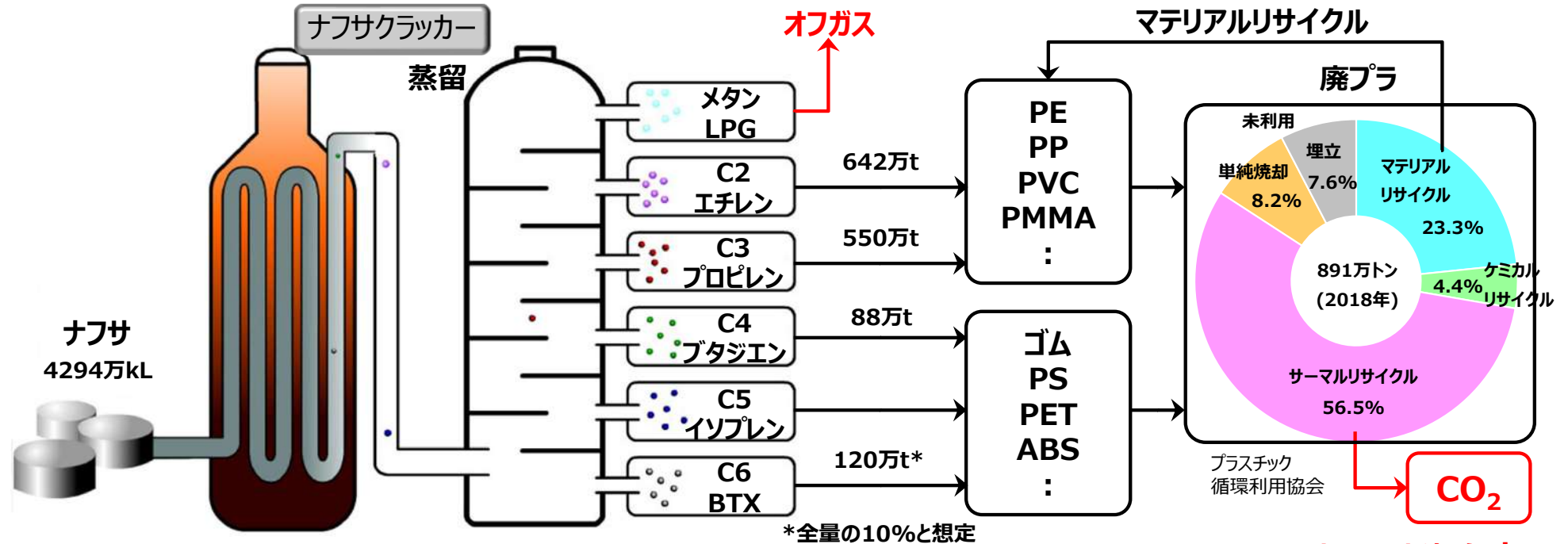
(出典) 国立研究開発法人国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ」
(2019年度確報値)

鉄鋼・セメントの製造工程

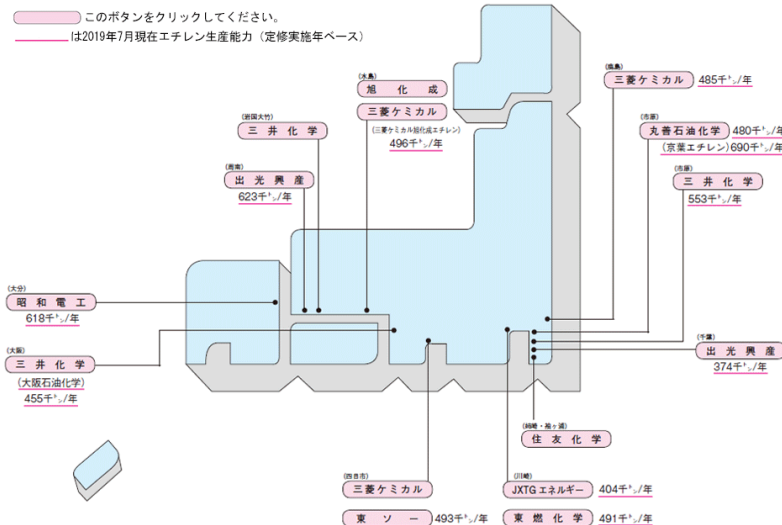


化学産業におけるCO2排出の内訳

- 化学産業の製造プロセスにおける排出量のうち約半分がナフサ熱分解炉から排出され、最終製品のプラスチックが最終処分されるうち半分以上がサーマルリサイクル（熱利用）によりCO2を排出。



「化学品ハンドブック2020」国内生産量に「IDEA v.2.3」CO₂排出原単位を掛けて石油精製時のCO₂排出量を差し引いて算出



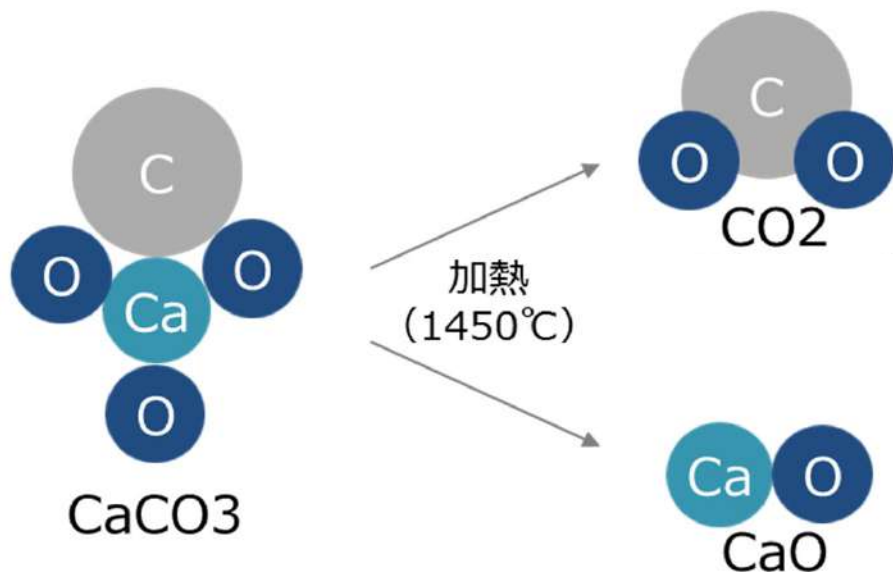
サーマルリサイクルによるCO₂排出量 1600万トン/年

セメント産業におけるCO₂排出の内訳

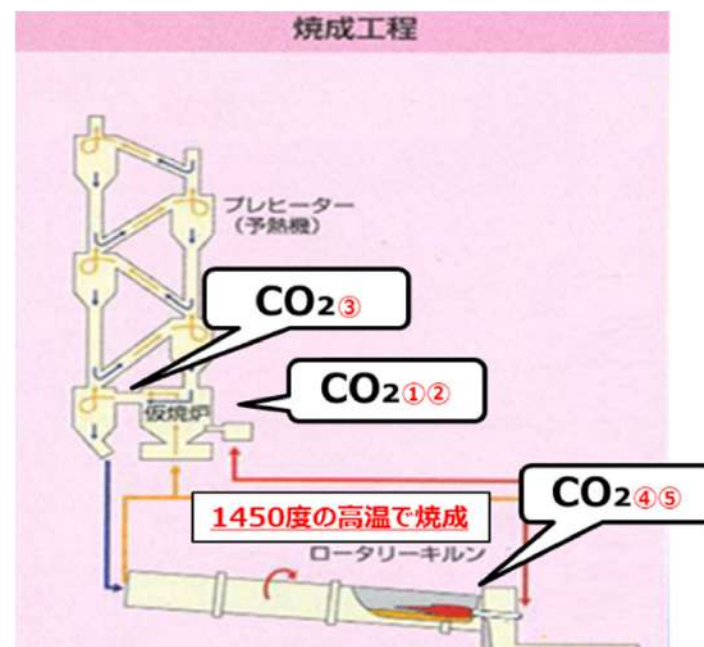
- セメント原料の石灰石から脱炭酸反応によりプロセス由来CO₂が必然的に排出。焼成工程では1450度の高温焼成のため、主に石炭を利用しており、エネルギー由来CO₂が多く排出。
- プロセス由来のCO₂が6割、エネルギー由来CO₂が4割。

プロセス由来CO₂排出原理

- ・ セメントの原料である石灰石を1450度で加熱する際の脱炭酸反応によりCO₂が必然的に発生する。
- ・ セメントの原単位排出は763kgCO₂/t-cem。



セメント焼成時の主なCO₂発生起源



セメント製造工程におけるCO₂発生

①プロセス由来 (仮焼炉)	約48%
②エネルギー由来(仮焼炉)	約20%
③プロセス由来 (予熱機)	約6%
④プロセス由来 (キルン)	約6%
⑤エネルギー由来 (キルン)	約20%

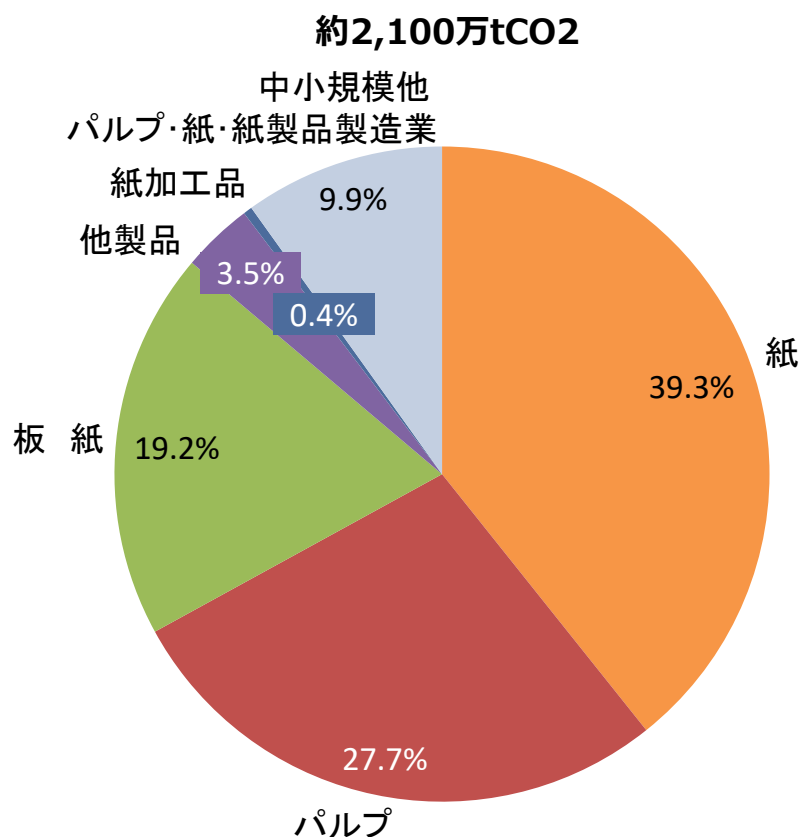
青字：プロセス由来CO₂
赤字：エネルギー由来CO₂

事業者ヒアリングにより作成

紙・パルプ産業におけるCO2排出の内訳

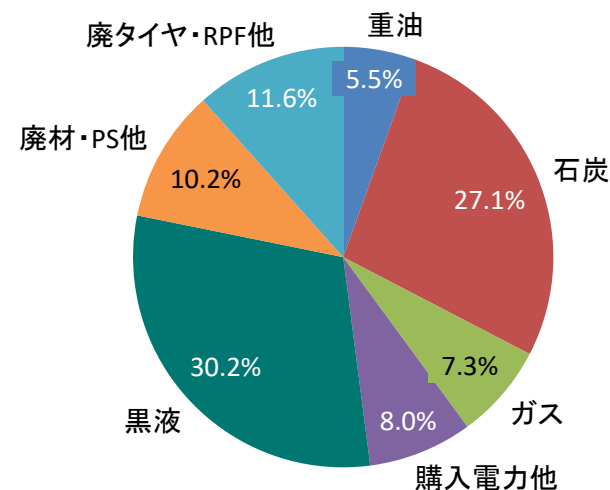
- 紙の製造は、大量の水で希釈したパルプ（パルプ1：水99）を抄いて絞って乾燥させるため、大量の熱と電気を必要とする。そのため、ボイラーで燃料を焚いて熱・電気を生み出しており、これらの自家発電設備からのCO2排出が中心。
- エネルギー源は、化学パルプ製造時に生じる黒液割合が最も高く、その発生量はパルプの需要に左右されるものの全量燃料利用している。他方で、石炭や重油等の化石燃料の割合も高く、燃料転換のための巨額な投資が必要である。

紙・パルプ業 排出内訳（2019年度）



紙・パルプ産業のエネルギー種別消費量（2020年）

合計：約437PJ

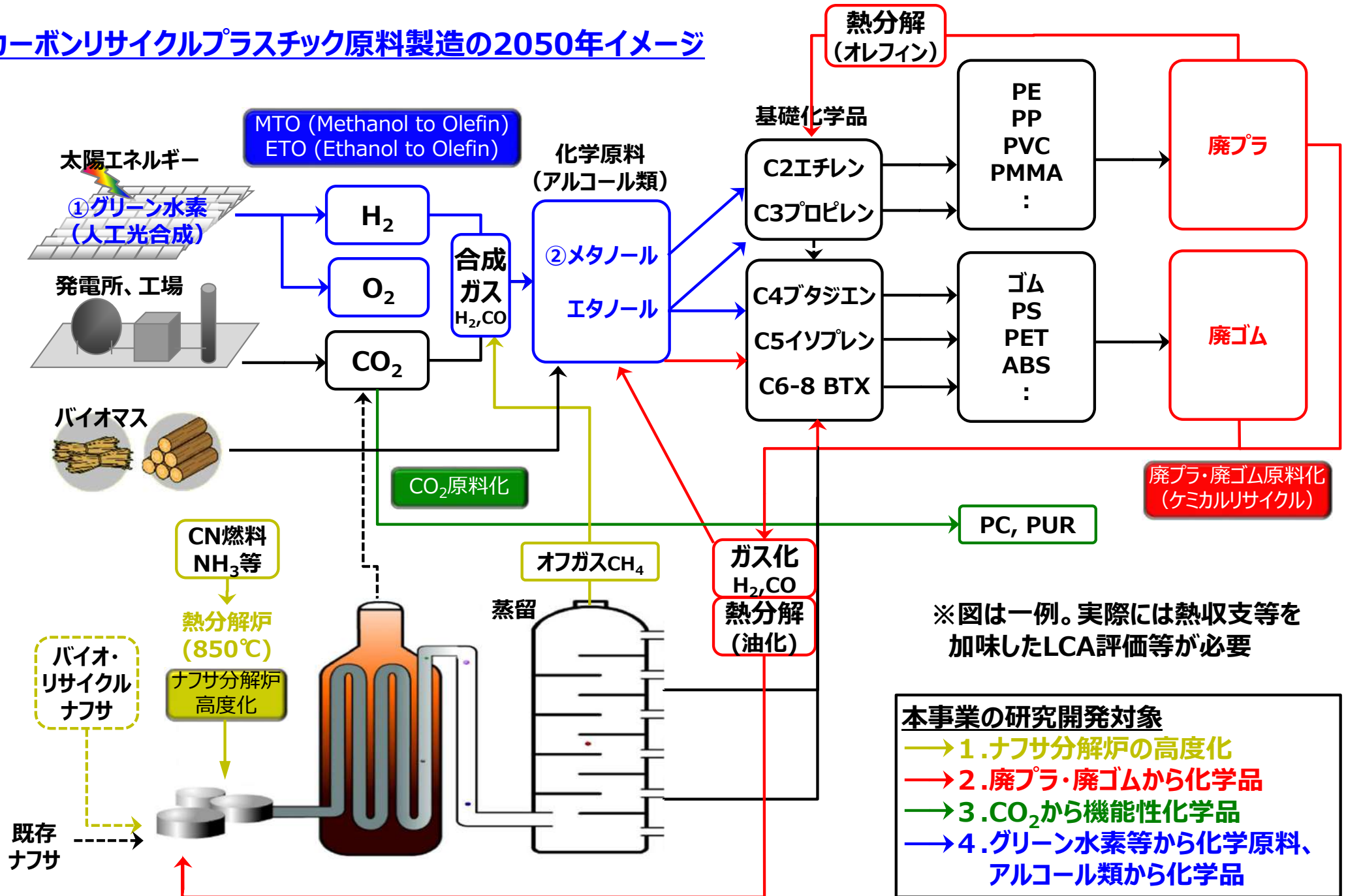


紙・パルプ産業のエネルギー消費内訳（2020年）



石油化学分野で取り組むイノベーションの例

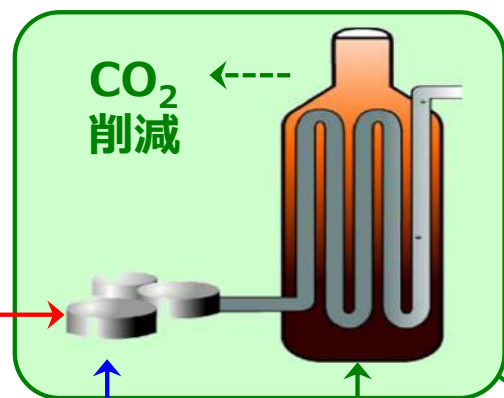
カーボンリサイクルプラスチック原料製造の2050年イメージ



化学品製造の2050年に向けた生産方式の転換のイメージ

- 石油化学産業は①熱源転換、②原料循環、③原料転換によりカーボンニュートラル化。
オレフィン・BTXの必要量を生産できる体制を確保。サーキュラーエコノミー推進の観点から地方自治体や他産業との連携も不可欠。排ガスの回収などCCUSも活用。

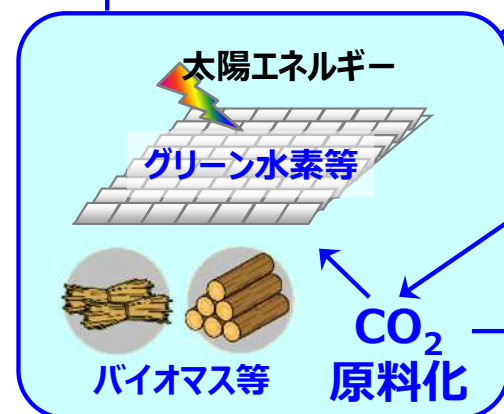
①熱源転換



CN原料

CN燃料
(NH₃等)

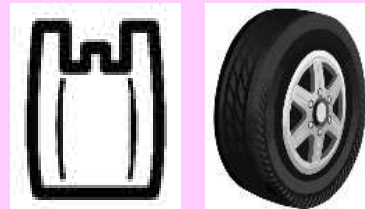
③原料転換



基礎化学品

C₂~5 オレフィン
C₆~8 BTX

②原料循環



プラスチック
ゴム製品



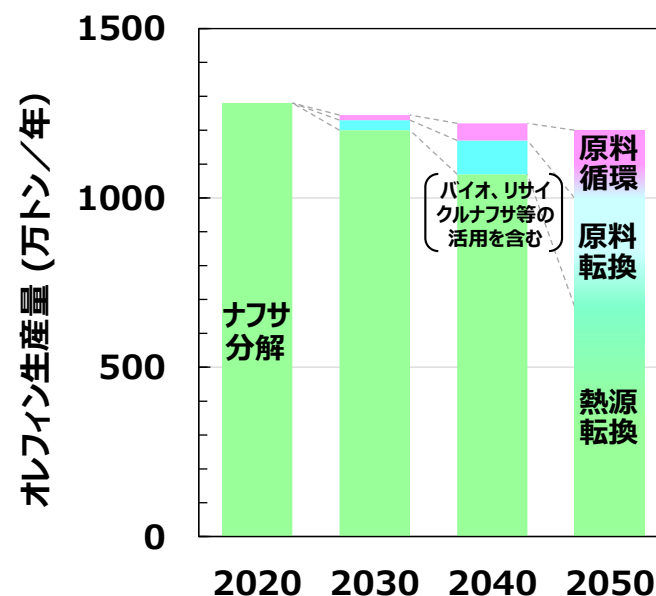
廃プラ・廃ゴム
リサイクル

CO₂分離・回収
PJとの連携

機能性化学品
ポリカーボネート
ポリウレタン等

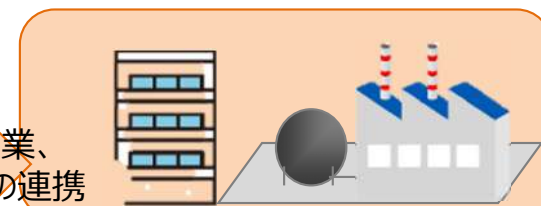
基礎化学品製造

国内でのトランジションイメージ



※上図は石油製品の生産状況や技術進展等によって割合は変化するものの、基礎化学品の生産とカーボンニュートラルの両立、海外展開等の多面的な対応が取れる体制を目指す。

地公体や他産業、
コンビナート大での連携



CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発（GI基金 CR化学品PJ）

- 熱源転換、原料循環、原料転換を実現するため、グリーンイノベーション基金を活用した研究開発プロジェクトを組成。
- 2030年をひとつの目安として、研究開発及び社会実装に向けた取組を加速。

【研究開発項目 1】

熱源のカーボンフリー化によるナフサ分解炉の高度化技術の開発

- 現行はナフサ分解炉から発生するオフガス(メタン等)が熱源。
- 本事業では、ナフサ分解炉の熱源を**カーボンフリーであるアンモニアに転換**する世界初の技術を開発する。**【CO₂排出の7割程度削減を目指す】**



約850℃でナフサ熱分解している炉の熱源をアンモニアに転換

【研究開発項目 2】

廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術の開発

- **廃プラ・廃ゴムからエチレン、プロピレン等のプラスチック原料を製造する技術**を確立。
- 収率60～80%で製造し、さらに製造時に排出するCO₂も従来の半分程度を目指す。**【CO₂排出の半減程度削減を目指す】**



廃プラ熱分解油
(プラスチック原料)

【研究開発項目 3】

CO₂からの機能性化学品製造技術の開発

- ポリカーボネートやポリウレタン等の機能性化学品は水素を必要とせずCO₂から合成が原理的に可能。
- **電気・光学・力学特性等の機能性向上**にも取り組む。**【CO₂原料化を目指す】**



高機能ポリカーボネート
(カメラレンズ)

【研究開発項目 4】

アルコール類からの化学品製造技術の開発 **【グリーン水素とCO₂から製造】**

- **メタノール等からエチレン、プロピレン等のオレフィン**を製造(MTO)する触媒収率を向上(80～90%)。
- 人工光合成については、**高い変換効率と優れた量産性が両立できる光触媒を開発**し、実用化を目指す。



MTO実証



光触媒パネルの大規模実証

CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発（GI基金 CRセメントPJ）

- セメントの原料は石灰石や粘土など。主な原料である石灰石（CaCO₃）は、脱炭酸反応により、CO₂が必然的に発生。
- 石灰石由来のCO₂を全量近く回収するCO₂回収型セメント製造プロセス（※）を開発し、回収したCO₂を炭酸塩として活用する技術開発も併せて行う。[【※プレヒーター内で発生するCO₂の80%以上を回収することを目標】](#)

<CO₂回収型セメント製造プロセス>

分離したCO₂を回収



基礎素材産業の低炭素化投資促進に向けた設計・実証事業

令和3年度補正予算額 61.0億円

事業の内容

事業目的・概要

- 日本のCO₂排出量のうち、約 1 / 4 を基礎素材産業（鉄鋼業、化学工業、窯業・土石業、パルプ・紙・紙加工業）からの排出が占めており、こうした基礎素材産業の脱炭素化に向けた対策が急務です。
- 基礎素材産業からのCO₂排出は、製造プロセス及びエネルギー利用による二つの排出源があり、カーボンニュートラル化に向けては、この二つの対策に取り組む必要があります。
- このため、CO₂排出に関する2030年度の政府目標も踏まえ、緊急的な対策として、①基礎素材産業各社が保有する石炭等火力自家発電所の燃料転換、②製鉄用設備の低炭素化改修に向けた事業実施可能性調査に係る費用の一部を補助します。

成果目標

- FS調査については、燃料転換等に向けた詳細設計等の次の段階に進むことを目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

事業実施可能性調査支援事業

- エネルギー多消費産業である基礎素材産業各社が実施する石炭等火力自家発電所の燃料転換やCO₂排出量の多い製鉄用設備（高炉・コークス炉等）の低炭素化改修（廃プラの利活用や電気炉化など）に向けた事業実施可能性調査（実証・設計含む）に係る費用の一部を補助します。

<燃料転換等に向けたFS調査>

- 燃料の転換、廃プラ等の利活用による影響、効果等の検証・実証
- 低炭素設備の導入による効果の検証・実証
- 燃料転換等後のランニングコスト等の試算
- 燃料転換等に向けた設備の詳細設計 等



【燃料転換イメージ】



例）高炉（石炭を使って鉄鉱石を鉄に変える炉）において、廃プラを利活用することで石炭・コークスの使用量を抑制

【製鉄用設備の低炭素化改修イメージ】

コンビナートの水素、燃料アンモニア等供給拠点化に向けた支援事業

令和3年度補正予算額 70.0億円

資源エネルギー庁 資源・燃料部 政策課
石油精製備蓄課
資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部
新エネルギーシステム課
製造産業局 素材産業課

事業の内容

事業目的・概要

- 石油精製業者においてカーボンニュートラル（以下:CN）を目指した脱炭素化の事業転換が急務です。コンビナートは、石油精製業を始めとした重厚な産業の集積、パイプラインによる関連産業との連結、港湾等の輸送拠点といった特性があり、そのポテンシャルを最大限活用していくことは、我が国の燃料政策の観点から重要です。
- さらに、コンビナートは水素や燃料アンモニア等の脱炭素燃料の受入・供給拠点として高いポテンシャルを有しているため、脱炭素燃料の利活用を拡大するには、コンビナートを活用することが非常に効果的です。このポテンシャルを活用するにあたって、コンビナート内で各社が実施する設備導入のみならず、関係事業者が共有するインフラ部分の整備が重要になります。
- 本事業では、コンビナート内における共有インフラに対する設備導入支援を行い、CN化の拠点となるコンビナートのモデルケースを創出します。創出されたモデルを全国のコンビナートへ横展開していくことで、コンビナート内でのCNの実現、さらにはコンビナートが水素や燃料アンモニア等の脱炭素燃料の受入・供給拠点となることを目指します。

成果目標

- 事業モデルを確立することで、コンビナート内でのCNの横展開に資するとともに、コンビナートが水素や燃料アンモニア等の脱炭素燃料の供給拠点となることに貢献する。

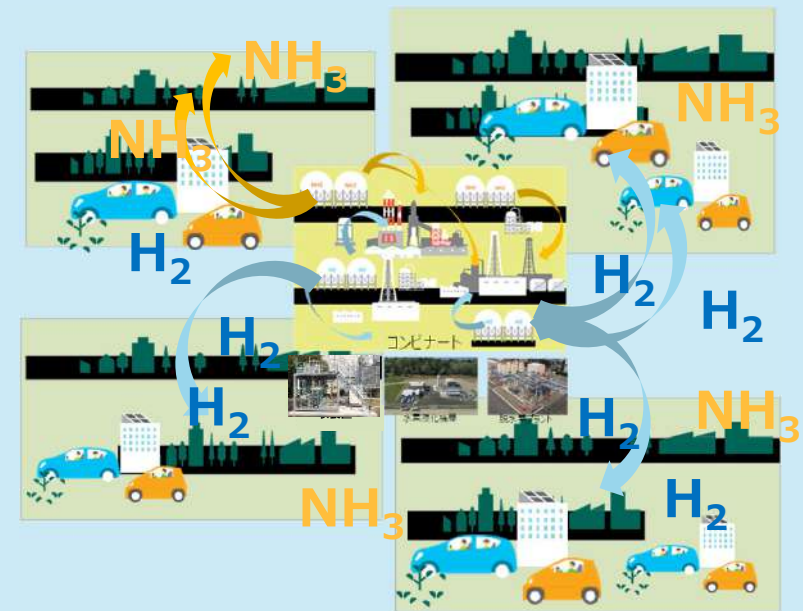
条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

<設備導入支援>

コンビナートにおけるカーボンニュートラル化の拠点となる事業者に対して、コンビナート内で関係事業者が共有するインフラ部分の整備に係る設備導入の取組を支援します。



（主な支援対象）



燃料用タンク



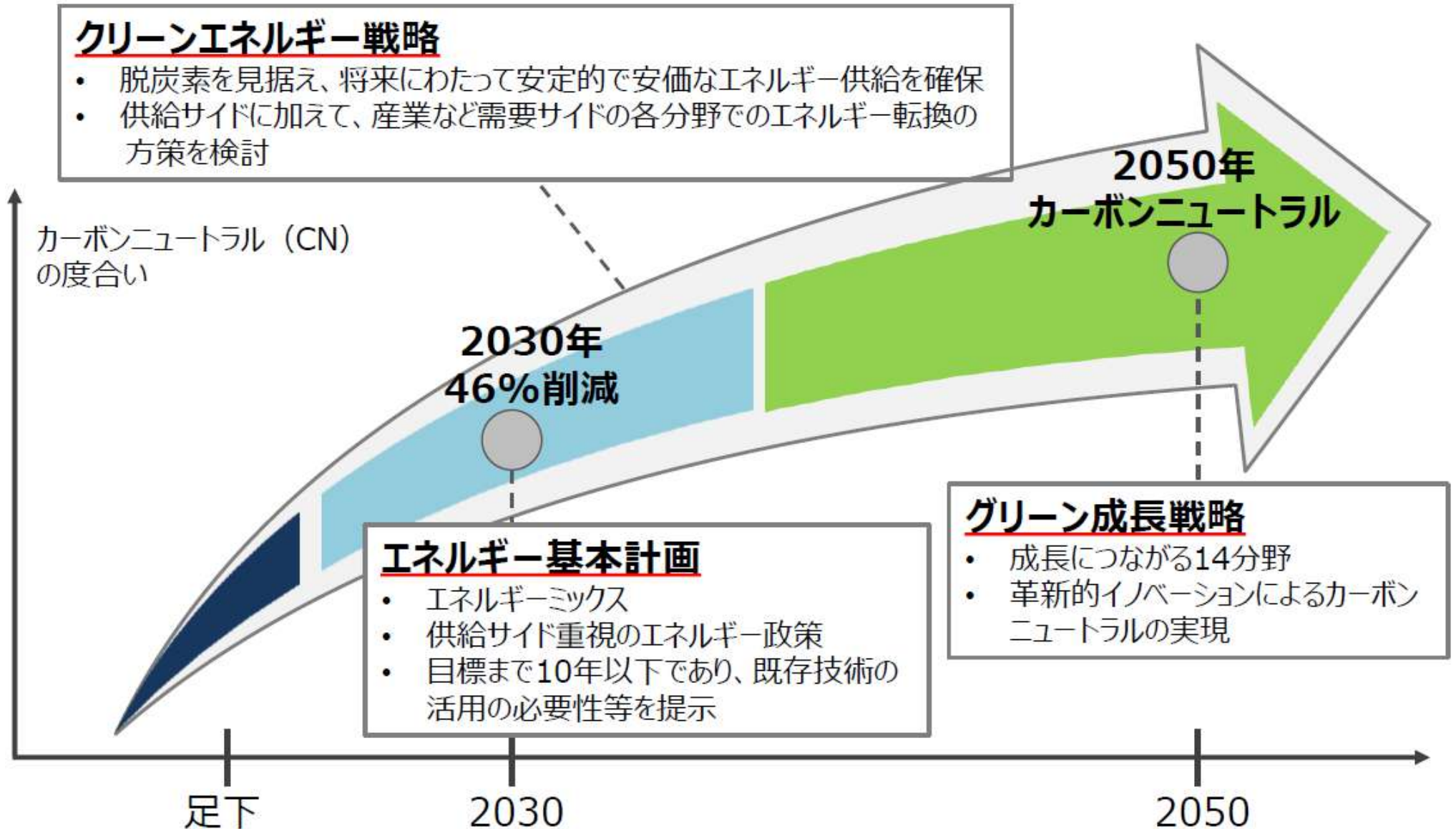
パイプライン



水素取り出し装置等

クリーンエネルギー戦略

- 2050 年カーボンニュートラルや 2030 年 46 %削減の実現を目指す中で、将来にわたって安定的で安価なエネルギー供給を確保し、更なる経済成長につなげるため、「点」ではなく「線」で実現可能なパスを描く。



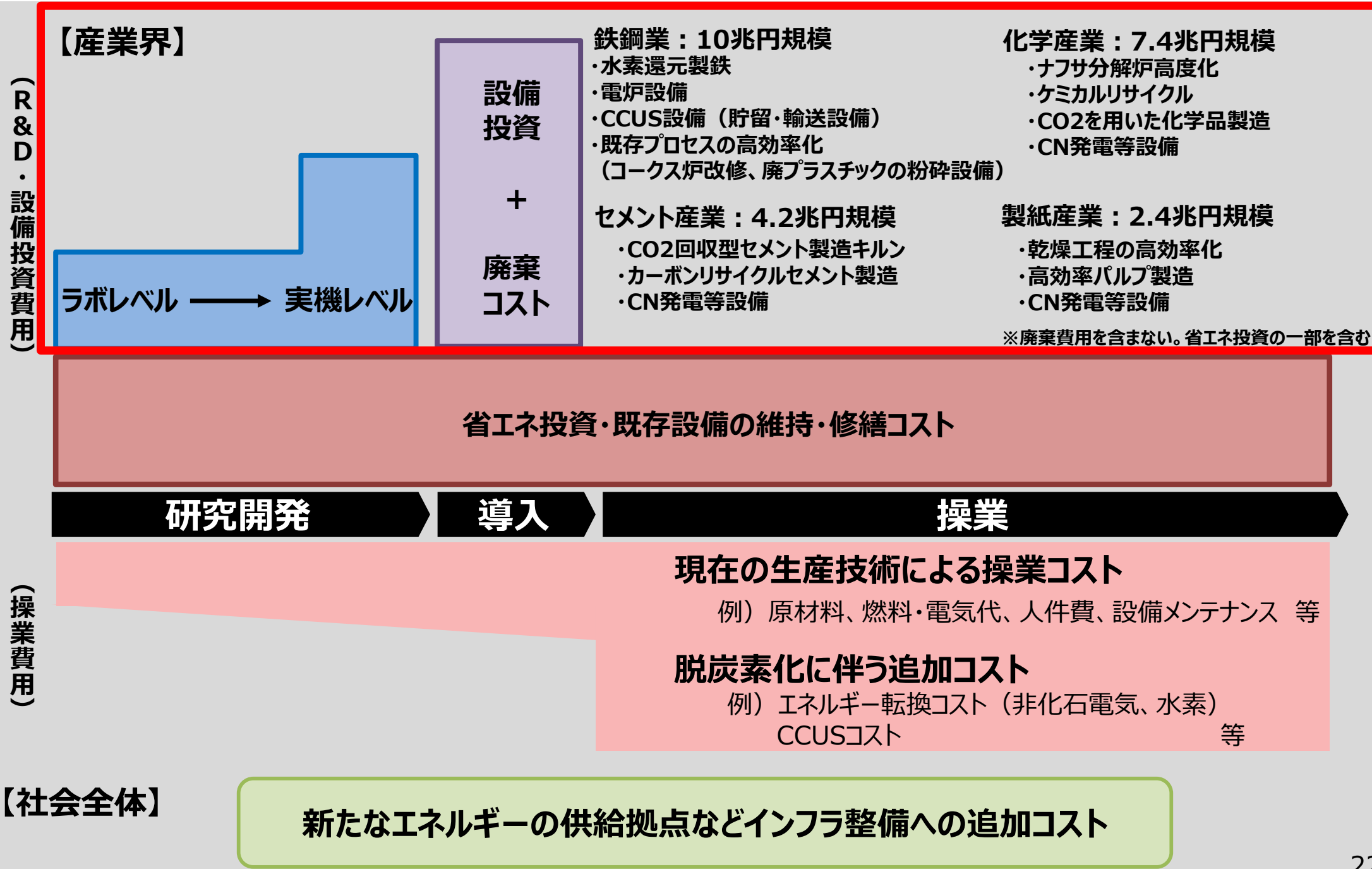
(参考) 日本における2030年の脱炭素関連投資の見込み

- 主要な分野における脱炭素に関連する投資額を、それぞれ一定の仮定のもとで積み上げた場合、2050年CNに向けた投資額として、2030年において単年で約17兆円が最低限必要となる。

合計		10年間で約150兆円	
年間 約17兆円		投資の例	
		投資額	
電源脱炭素化 ／燃料転換	年間 約5兆円	✓ 再エネ（FIT制度/FIP制度等による導入）	約2.0兆円
		✓ 水素・アンモニア（水素・アンモニアインフラ整備のための投資）	約0.3兆円
		✓ 蓄電池の製造（車載用・定置用）	約0.6兆円
製造工程の 脱炭素化等	年間 約2兆円	✓ 製造工程の省エネ・脱炭素化（次世代製造プロセス技術、CN発電等设备等）	約1.4兆円
		✓ 産業用ヒートポンプ、コージェネレーション設備等の導入	約0.5兆円
エンドユース	年間 約4兆円	✓ 省エネ性能の高い住宅・建築物の導入	約1.8兆円
		✓ 次世代自動車の導入	約1.8兆円
インフラ整備	年間 約4兆円	✓ 系統増強費用（マスタープラン）	約0.5兆円
		✓ 電動車用インフラ整備（充電ステーション、水素ステーション）	約0.2兆円
		✓ デジタル社会への対応（半導体製造拠点、データセンターの整備）	約3.5兆円
研究開発等	年間 約2兆円	✓ カーボンリサイクル（CO2分離回収、合成メタン、合成燃料、SAF等）	約0.5兆円
		✓ カーボンニュートラルに資する製造工程の開発（水素還元製鉄等）	約0.1兆円
		✓ 原子力（革新炉等の研究開発）	約0.1兆円
		✓ 先進的なCCS事業の実施	約0.6兆円

素材産業の脱炭素・炭素循環化によって生じる2050年までの追加コストのイメージ

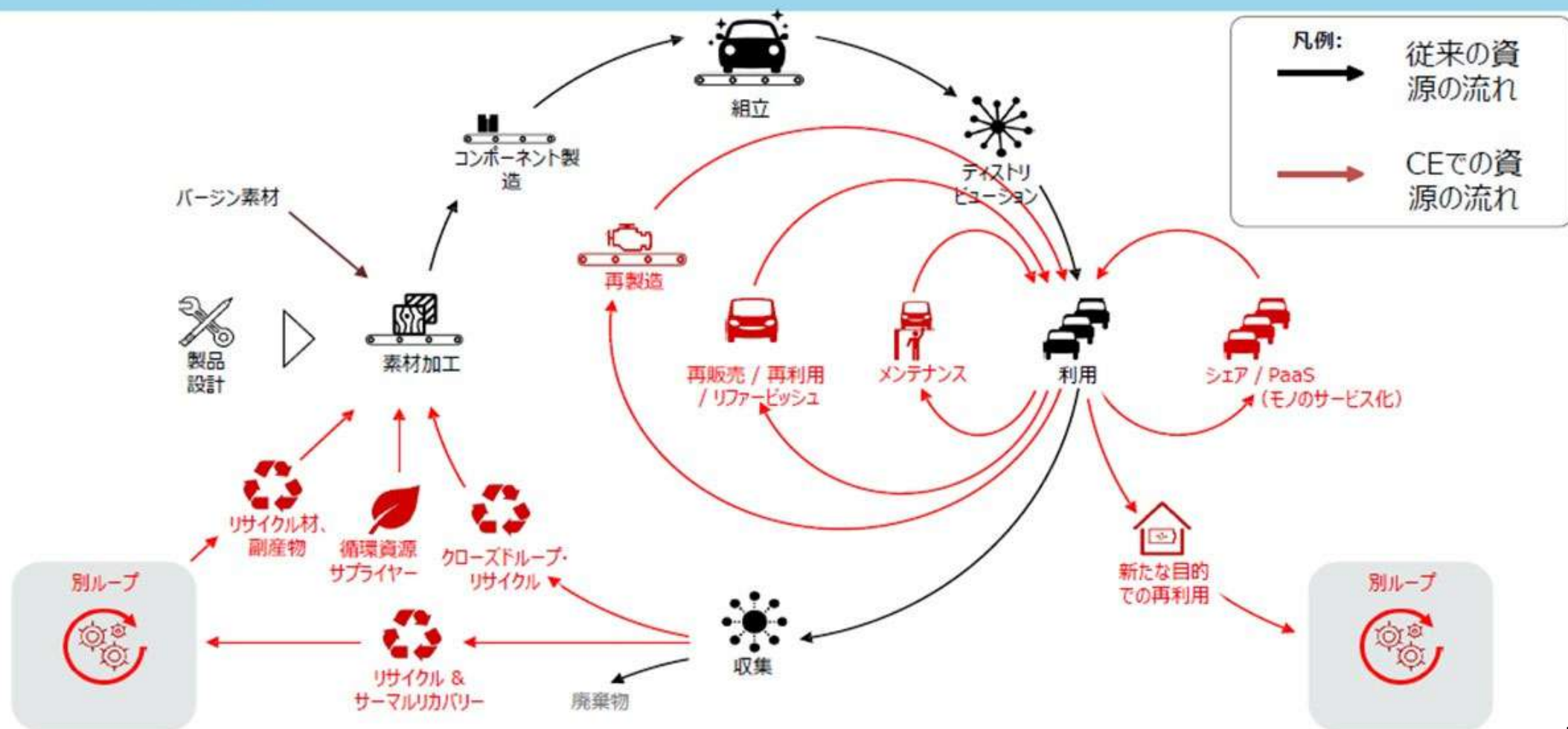
- 研究開発、設備投資、操業費用、更にはインフラ面でも追加的なコストが必要となる



1. 素材産業の現状
2. カーボンニュートラルへの挑戦
- 3. 資源循環経済**
4. 経済安全保障
5. イノベーションと産業人材育成
6. 新・素材産業ビジョン 中間整理

資源循環経済（サーキュラー・エコノミー）とは

- 循環経済とは、従来の「大量生産・大量消費・大量廃棄」のリニアな経済（線形経済）に代わる、製品と資源の価値を可能な限り長く保全・維持し、廃棄物の発生を最小化した経済を指す。
- これは、循環型社会に向けて我が国が推進してきた従来の3Rを、シェアリングやサブスクリプションといった循環性と収益性を両立する新しいビジネスモデルの広がりも踏まえ、持続可能な経済活動として捉え直したものの。



資源循環経済（サーキュラーエコノミー）への転換

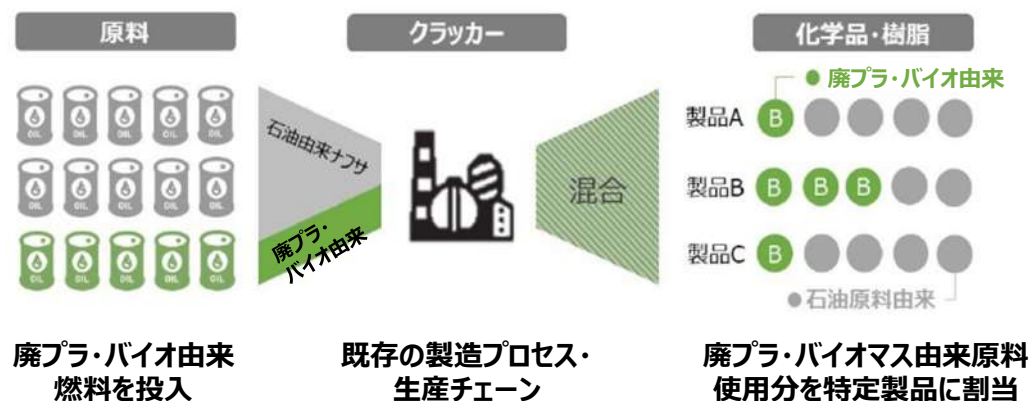
- 環境負荷の低減に加え、カーボンニュートラルや資源リスクの顕在化といった近年の国際的な動きを踏まえれば、以前の大量生産／大量消費／大量廃棄というモデル、現在の部分的なリサイクルモデルから一歩踏み込んで、リユース・リデュースなどの取組も含め使用済みの製品や部素材を貴重な資源と評価し、バリューチェーン全体で循環的に活用して廃棄物を極小化するなどあらゆる段階で資源の効率的・循環的な利用を図りつつ、付加価値の最大化を図る経済、すなわち「資源循環経済」（サーキュラーエコノミー）へ転換していくことが一層求められている。
- 生産、流通、消費、回収・廃棄、再生利用といったプロセスごとのステークホルダー全体が、システムとして有機的に結合し、モノ・サービスに留まらず価値を循環させていくためには、各々のステークホルダーをつなぐリサイクルプロセスの設計・構築や、生産段階において、再生材・バイオ由来資源等の活用拡大、歩留まり率の向上、環境配慮型設計・デザイン（軽量化、易解体設計、モジュール化等）の採用などを促進するとともに、流通、消費、回収・廃棄といった各段階においても、国内での資源循環が促進されるよう、流通、消費、回収・廃棄といった各段階のプロセスの設計・構築を含め、全体最適な資源循環システムを強靱化する必要がある。
- こうした中で、例えば、①化学産業においては、廃棄物を化学原料として再生利用するケミカルリサイクルの技術確立・実用化のほか、個々の企業の取組や、例えば、多様なプレイヤーから成るC L O M Aなどの、サプライチェーン全体で資源循環を促す社会システムの構築に向けた取組を、②鉄鋼産業においては、鉄スクラップの国内有効活用の促進、不純物除去等の技術開発・実用化等の取組に加え、従来スラグとして処理されていたレアメタル等の希少資源の有効活用拡大に向けた取組を、③アルミ産業においては、アルミスクラップを自動車の車体等にも使用可能な素材へとアップグレードする技術開発・実用化等の取組を、④さらには、今後の需要拡大が見込まれている電池材料（ニッケル、コバルト、リチウム等）やアルミニウム等の軽量材料の再生利用拡大等の取組を加速化させるための具体的な方策を検討する。

国際ルール形成の動向

- 炭素循環・脱炭素型素材によるCO2削減効果を顕示するためには、上流・下流まで見据えた算定方法の制度設計が重要。
- その際、欧州で先行するような個社基準ではなく、公的機関が標準ルールを整備することで、LCA等によるカーボンフットプリント算定基準の囲い込みを防止することが重要。

マスバランス方式

ある特性（例えばカーボンニュートラル）の原料の投入量に応じて、産出された製品の一部を「その特性を持つ原料（だけ）で生産した」と見なす方式



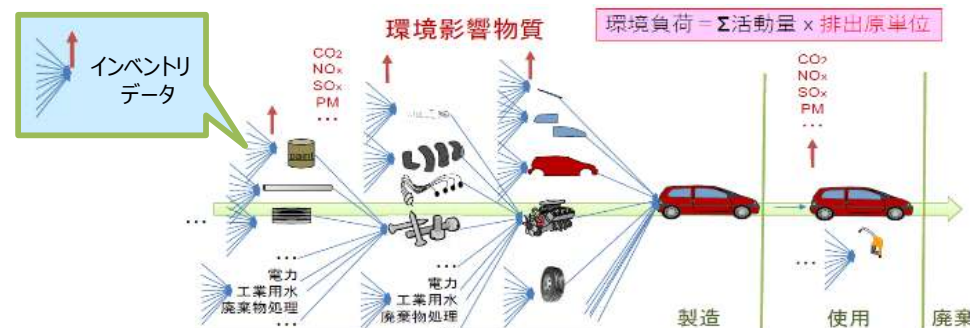
マスバランス方式を含むchain of custody（加工流通過程の管理）の国際標準を策定すべく、**本年ISOの下に専門委員会（TC308）の設置**が正式に決定。我が国も議論に参画（代表：日本化学工業協会）。

三井化学プレスリリースより一部改編
https://jp.mitsuichemicals.com/jp/release/2021/2021_0520.htm

ライフサイクルアセスメント(LCA)

◆ 産総研 (IDEA)

バリューチェーン上でのCO2排出量の積算・算定が難しいため、これらを標準化するLCAのためのインベントリ制度。産総研が開発した**IDEA**は日本国内のほぼ全ての事業における経済活動をカバーしたデータベース。多様なデータ源（公的統計、プロセスデータ調査、既存インベントリのインストール）による積上げが特徴。



◆ 住友化学

原料から最終製品を製造するまでのCO2排出量を算出する自動計算ツールを他社へ無償提供。化学品製造プロセスの特徴を考慮し、独自開発。12月末までに約2万品目の同社全製品のCFP評価を完了する。CFP評価の簡便化を通じ、世界のCO2排出削減を後押しする。

◆ BASF

製品カーボンフットプリント計算のための独自のデジタルソリューションと手法を、ソフトウェア開発事業者にライセンス供給するとは発表した。ソフトウェア事業者を通じて、自社のメソドロジーを普及させる。

<出典> 各種公開情報より

(事例) ケミカルリサイクルの取組事例①

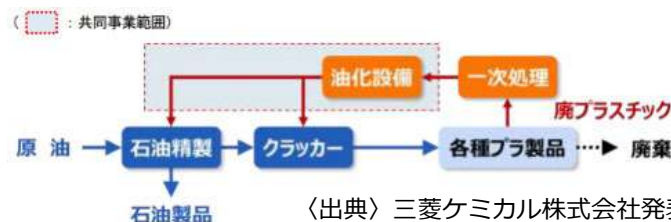
各社公表資料より作成

- ①三菱ケミカル株式会社とENEOS株式会社：廃プラスチック→石油化学原料(2021年7月発表)
- ②出光興産株式会社と環境エネルギー株式会社：廃プラスチック→石油化学原料(2021年5月発表)
- ③東洋スチレン：廃ポリスチレン→ポリスチレン原料(2020年4月発表)

①三菱ケミカル株式会社、ENEOS株式会社

茨城県鹿島地区の石油精製および石油化学事業の更なる連携強化の一環として、プラスチックケミカルリサイクルの事業化を検討。

高温高圧の超臨界水の中でプラスチックを分解し、石油由来原料と同等の品質を持つリサイクル生成油を得る。リサイクル生成油は、両社の既存設備にて原料として使用され、石油製品やプラスチックへと再製品化。

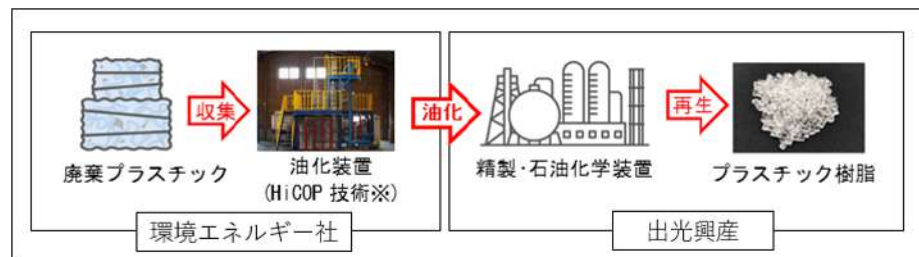


〈出典〉三菱ケミカル株式会社発表 (2021年7月20日)

②出光興産株式会社、環境エネルギー株式会社

環境エネルギー社によって油化された廃プラスチックを出光興産社千葉事業所（千葉縣市原市）の精製・石油化学設備で精製・分解・再合成し、新たにプラスチックとして再資源化。

原油精製からプラスチック製造までを一貫して行っている強みを活かす。



※HiCOP（ハイコップ）技術：触媒による接触分解方式

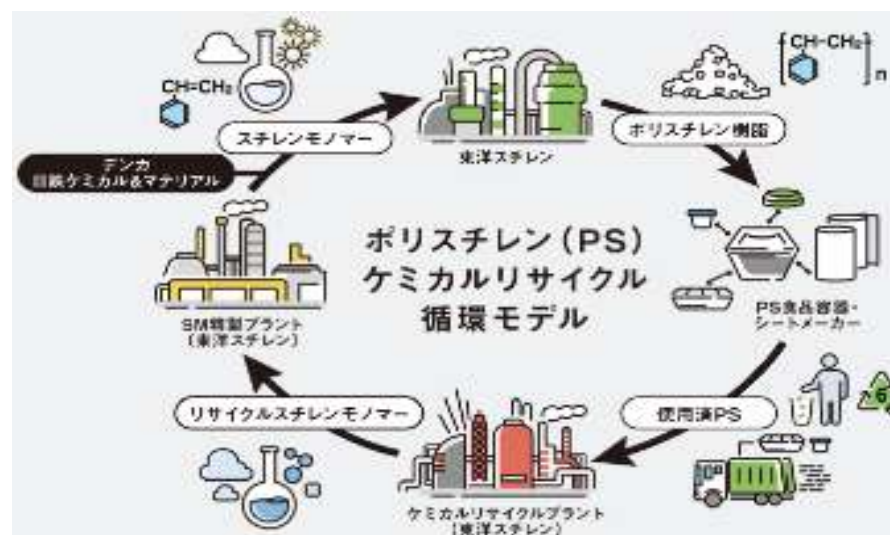
〈出典〉出光興産株式会社発表 (2021年5月7日)

③東洋スチレン株式会社

ポリスチレン（PS）を熱分解し、その原料であるスチレンモノマー（SM）へと再生する実証設備の建設を検討。

使用済みPSの回収については地元の千葉縣市原市と連携し、地域と一体での資源循環実現を目指す（※）。

※令和3年度SDGs未来都市 及び
令和3年度自治体SDGsモデル事業に選定



〈出典〉東洋スチレン株式会社発表 (2020年4月13日)

（事例）ケミカルリサイクルの取組事例②

各公表資料より作成

- ④ 積水化学工業株式会社と住友化学株式会社：廃プラスチックや一般化燃ごみ→プラスチック原料(2020年2月発表)
- ⑤ 昭和電工株式会社：廃プラスチック→アンモニア（繊維・肥料原料等）、飲料用炭酸ガス等(2003年稼働開始)

④ 積水化学工業株式会社、住友化学株式会社

ごみをエタノールに変換する技術を開発した積水化学と、ポリオレフィン製造に関する技術を持つ住友化学の協働。

ごみ処理施設に収集された“ごみ”を一切分別することなく、積水化学がエタノールに変換し、住友化学はこれを原料にポリオレフィンを製造する。



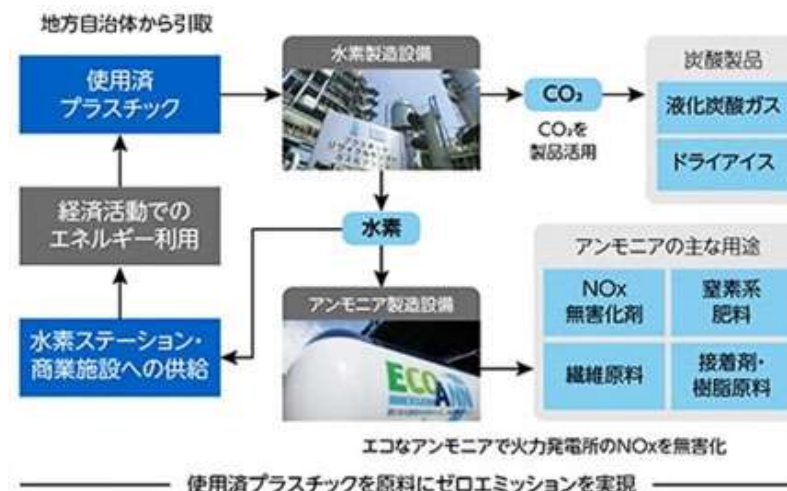
〈出典〉積水化学工業株式会社発表（2020年2月27日）

⑤ 昭和電工株式会社

廃プラスチックから水素や二酸化炭素を主体とする合成ガスを経て、アンモニアや飲料用の液化炭酸ガス等を製造。

2015年からは、水素を燃料電池車やホテルに設置された燃料電池での発電用として供給（※）。

※2020年度 第21回グリーン購入大賞にて「大賞・経済産業大臣賞」を受賞

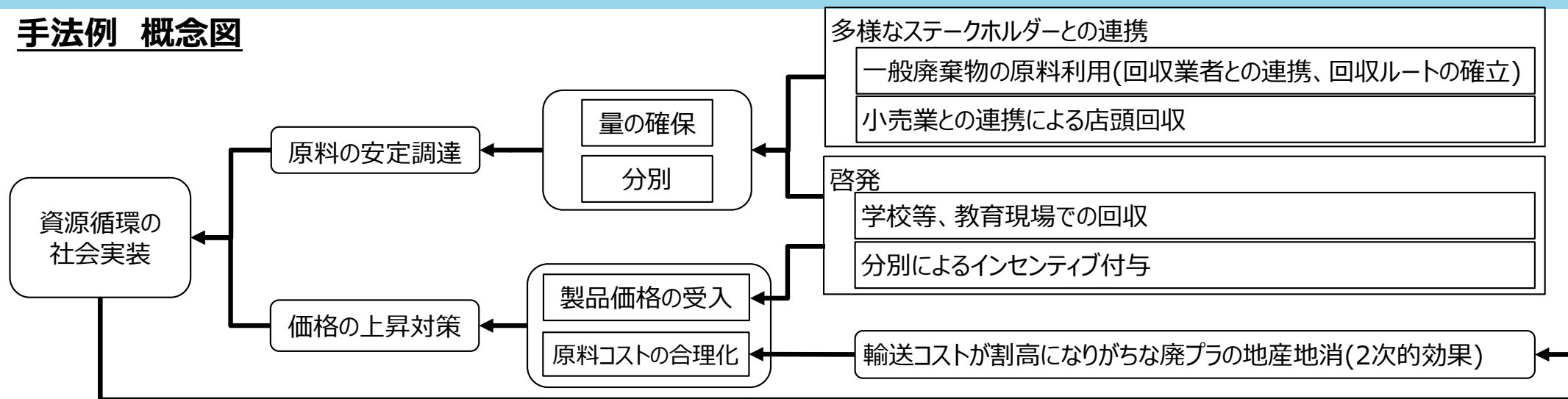


〈出典〉昭和電工株式会社発表（2020年11月25日）

資源循環に関する自治体との連携（千葉県市原市の先行事例）

- 資源循環の社会実装にあたって、**原料の安定調達**と**製品価格の上昇**が課題
- 課題克服に向け、企業と自治体の連携が重要

手法例 概念図



先行事例（市原市）

市原市は、「**市原発サーキュラーエコノミーの創造**」を柱の1つに掲げるSDGs戦略を策定。「企業・市民・市」が一体となった東洋スチレン（株）のケミカルリサイクル事業※1の実現等を目指し、「**SDGs未来都市**」と「**自治体SDGsモデル事業**」※2に選定。

※1 東洋スチレン（株）のケミカルリサイクル事業

主に食品トレーや梱包緩衝材に用いられるポリスチレン製品を熱分解し、原料のスチレンモノマーへ戻すケミカルリサイクル。従来のマテリアルリサイクルでは実現できなかった食品容器への再生品使用が可能となり、資源の循環利用が可能になる。

※2 「SDGs未来都市」、「自治体SDGsモデル事業」

内閣府の選定する都市、事業。

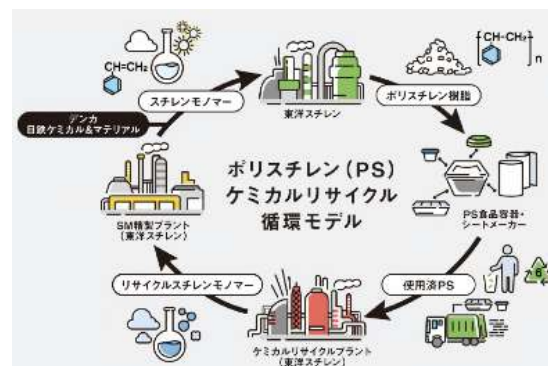
都市：SDGsの理念に沿って、経済・社会・環境における新しい価値創出、持続可能な開発の実現ポテンシャルが高い都市・地域

事業：SDGs未来都市の中で実施予定の先導的な取組として選定されるもの。自治体が特に注力的に実施する事業であり、多様なステークホルダーとの連携を通し、地域における自律的好循環が見込める事業。

～市原市による連携検討例～

- ・ **市内のプラスチック排出量を調査**（市民・事業者）
- ・ **店頭回収等、スキーム構築に向けたステークホルダーとのマッチング**
- ・ **企業・市民・市が一体となったプラットフォームの設立**
- ・ **市民の行動変容を促す方策の実施**

（環境学習の強化や地域ポイント付与など）



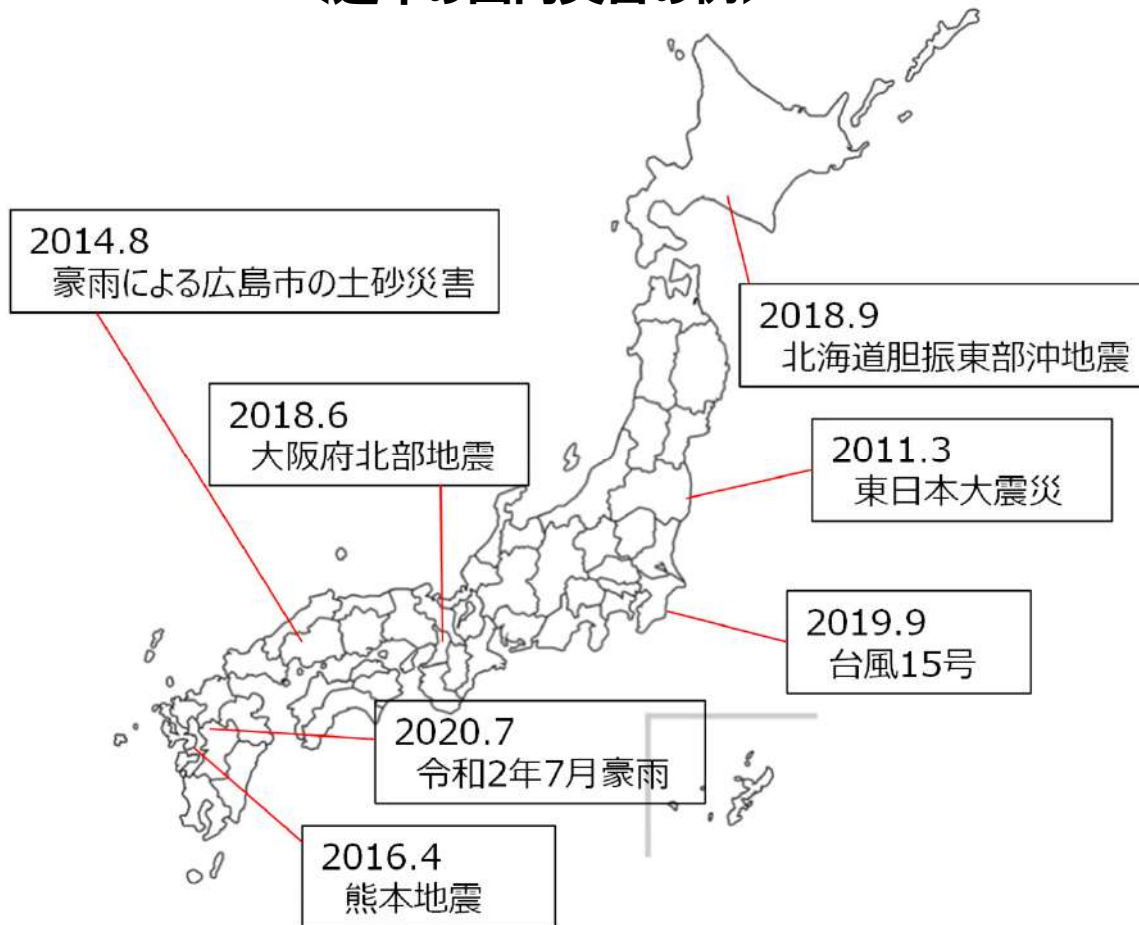
引用：東洋スチレン（株）HP

1. 素材産業の現状
2. カーボンニュートラルへの挑戦
3. 資源循環経済
- 4. 経済安全保障**
5. イノベーションと産業人材育成
6. 新・素材産業ビジョン 中間整理

自然災害などによるグローバルサプライチェーンリスクの増大

- 昨今の度重なる自然災害や新型コロナウイルス感染症の世界的感染拡大によるサプライチェーンの寸断など、他律的影響も考慮した生産拠点の複線化の必要性、原材料の海外依存の是正の必要性が顕在化。

＜近年の国内災害の例＞



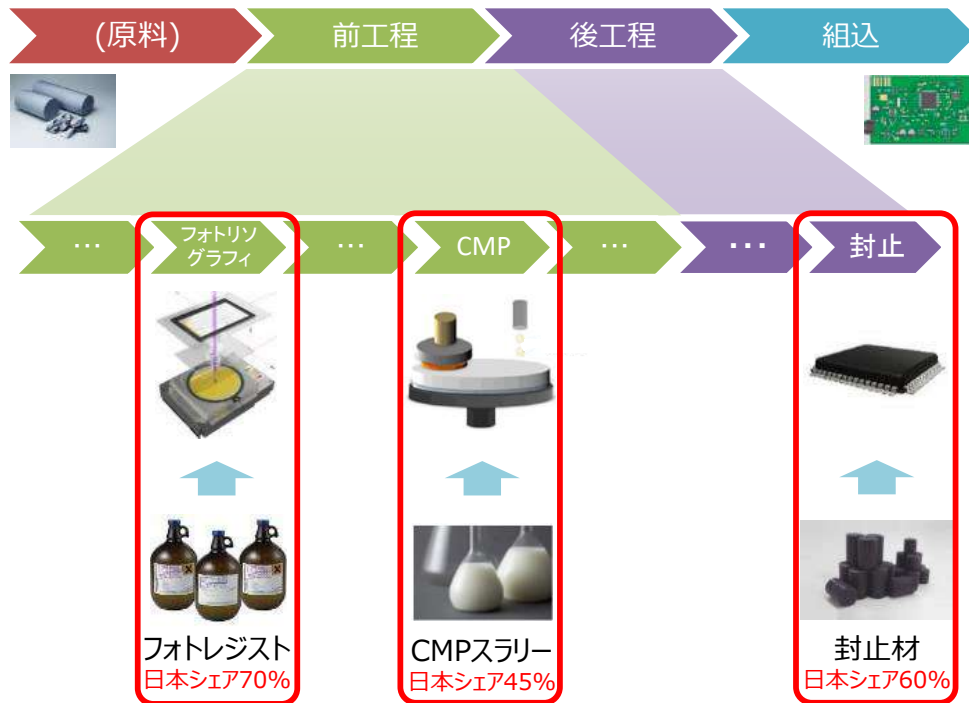
＜昨今の原材料供給不安定の例＞

- **米国の大寒波**
2021年2月に米国テキサス州において大寒波が発生し、石油・石化プラントが凍結、操業が停止。
- **中国の電力不足問題**
2021年9月に環境規制強化のため石炭火力電力供給が制限され、中国各地で操業する日系企業にも影響が出た。
- **ロシアによるウクライナ侵攻**
2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻により、ロシア又はウクライナとの交易制限リスクに備え、安定供給確保ための対策を早急に講じる必要が生じている。

地域ブロック圏ごとのサプライチェーン構築

- 各国で地域ブロック圏毎のサプライチェーン構築の動きがある中、半導体素材など最先端かつサプライチェーンの基幹技術に関し、経済安全保障的観点も踏まえた、立地戦略の構築が必要。
- また、平時は付加価値が低く、生産拠点を他国に移した物資についても、供給不安が産業に広く影響する場合もあり、機動的な対応が必要。

半導体の製造プロセス(抜粋)



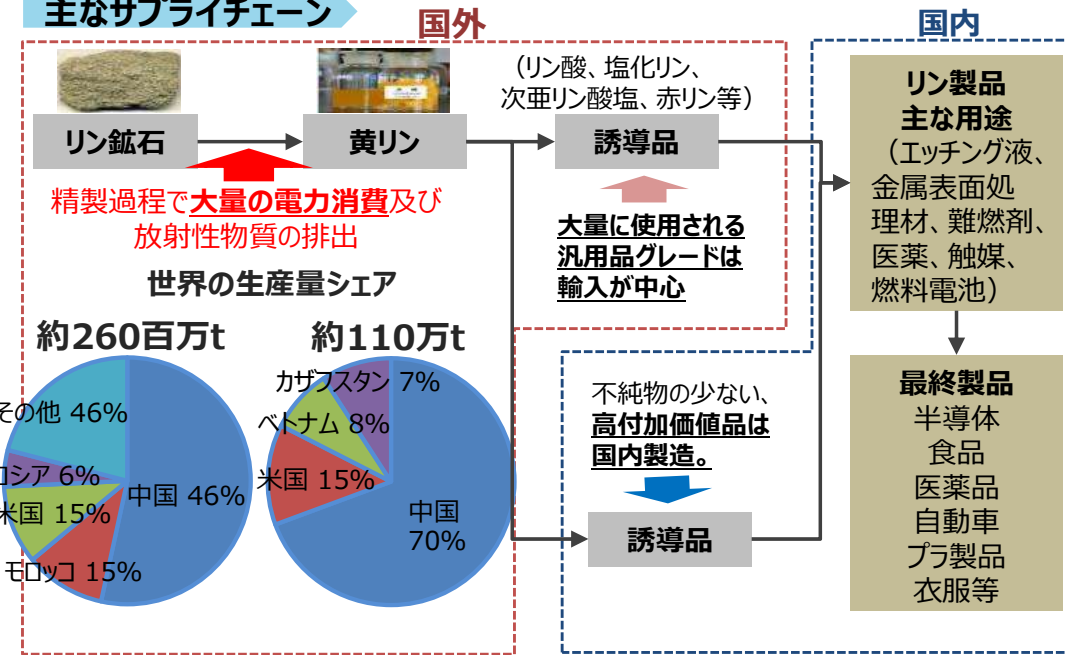
半導体製造に不可欠な素材は日本企業シェアが高いものが多いが、半導体メーカーの大半が海外勢のなか、各国とも上流産業の誘致を強めており、技術漏洩を防止しつつ、サプライチェーンを構築することが重要。

リンのサプライチェーンについて

リンについて

- ・リンは一定の腐食性、一定の不揮発性を持ち、取り扱いやすい物質。
- ・農業では肥料、工業ではエッチング液や金属表面処理材等で幅広く使用。

主なサプライチェーン



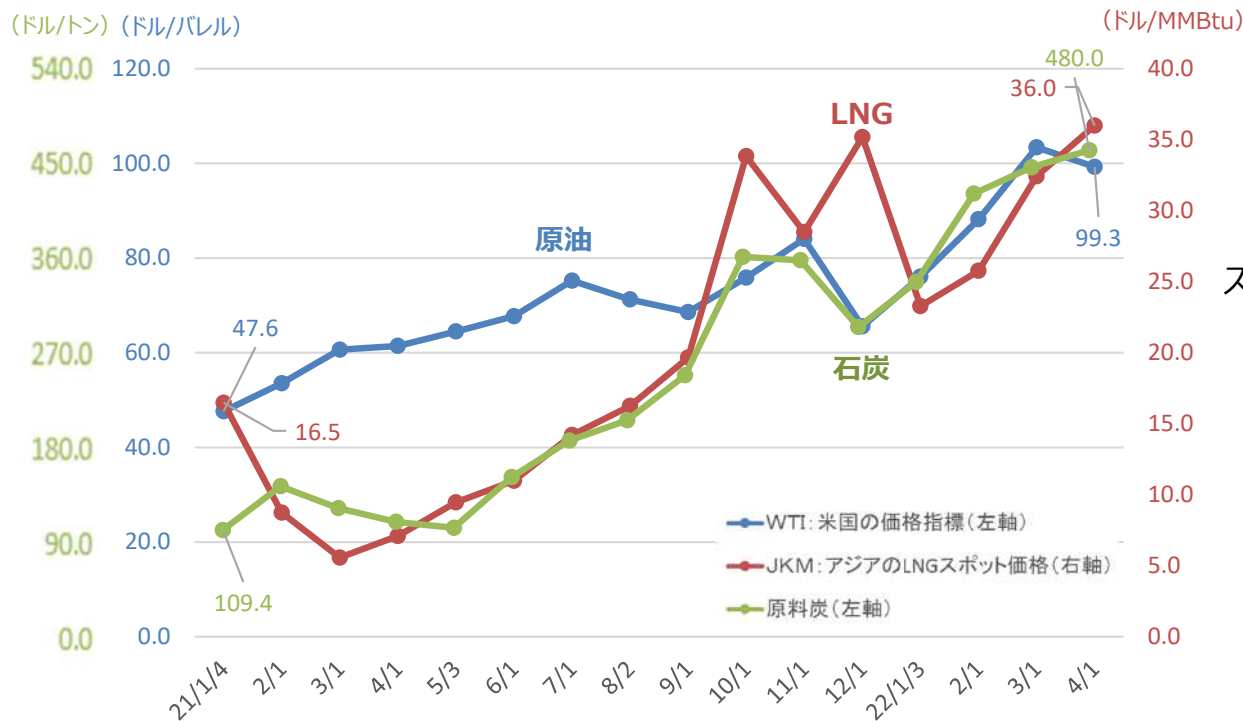
今後の対応策

・誘導品の調達先多元化や、国内での廃リン回収・リサイクルによる新たなサプライチェーンの形成を目指す。産学連携等による研究開発など。

エネルギー・原材料の高騰

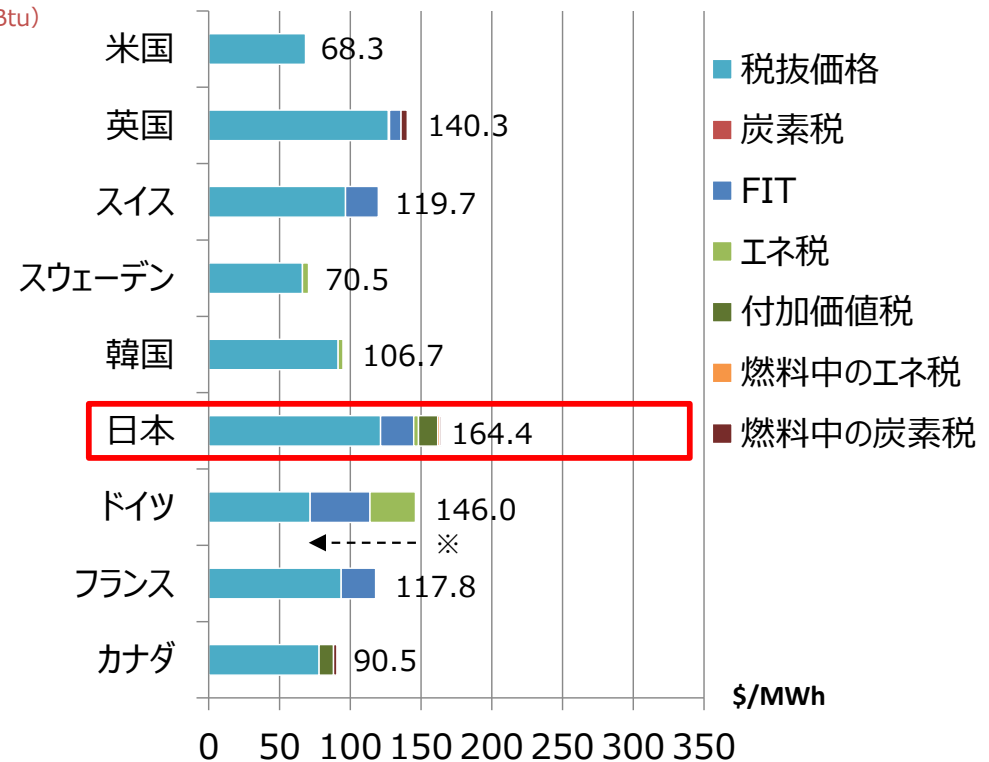
- 電力コストをはじめとする**エネルギー価格の高騰による国内事業環境の競争力の悪化**が進むとともに、近年発生した新型コロナウイルス感染症に伴う操業停止、中国の電力不足問題、さらには足下のロシア・ウクライナ情勢等に伴い、**原材料の調達や操業の混乱が頻繁に生じる等サプライチェーンの安定供給能力の強化**が求められている。

<原油・LNG・石炭価格の推移>



<各国の産業用電力価格(エネルギー当たり)>

※2019年

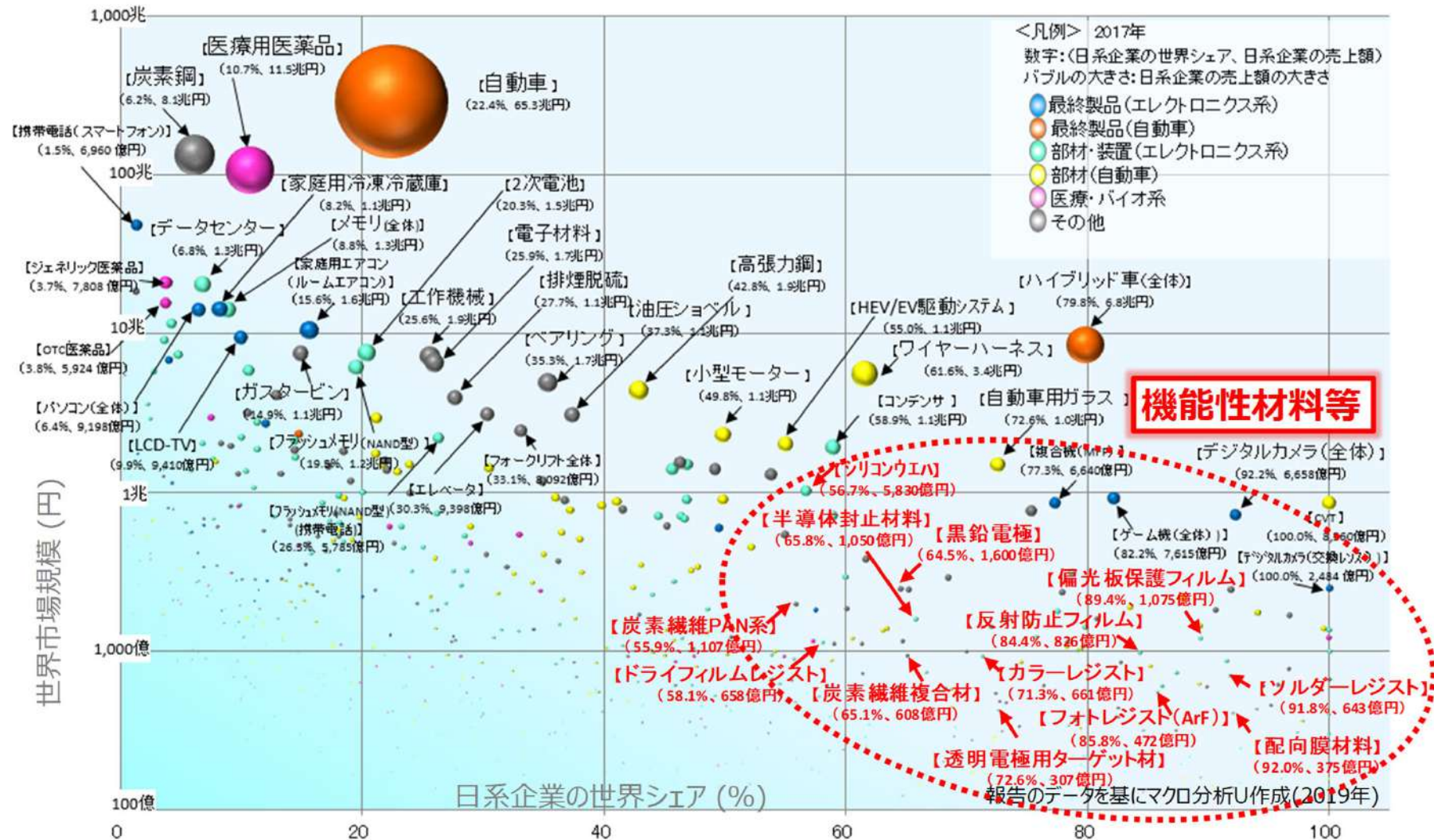


※エネルギー多消費産業にはFITや税の減免措置あり。

(出典) 第1回 産業構造審議会 産業技術環境分科会 グリーン・トランスフォーメーション推進小委員会/総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 2050年カーボンニュートラルを見据えた次世代エネルギー需給構造検討小委員会 合同会合より

素材産業の国際的競争環境（日本の機能性化学品の市場ポジション）

- 機能性化学品とは、感光性、強磁性、高導電率、絶縁性、高遮熱性、反応促進性能等、特定の機能面に着目して用いられる化学品の総称。
- 個々の市場規模は小さいものの、世界シェア60%以上の材料が70種類と、高いシェアを維持。
- 日本の化学企業としては、1000億規模の市場における高シェアを追求。

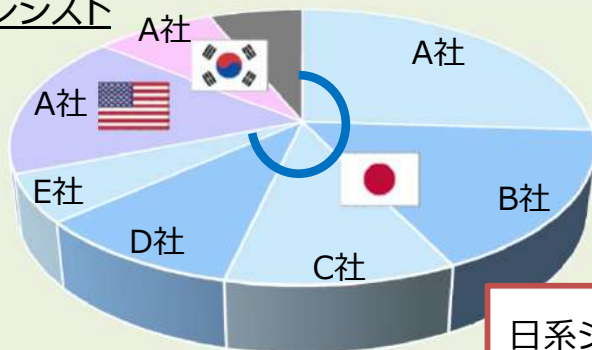


＜出典＞新エネルギー・産業技術総合開発機構「平成30年度日系企業のモノ、サービス及びソフトウェアの国際競争ポジションに関する情報収集」調査結果を基に経済産業省が作成。

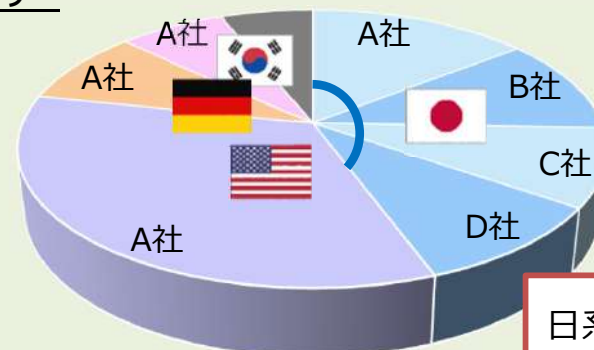
(参考) 機能性化学品の一例(半導体材料・蓄電池材料におけるシェアの一例)

半導体素材

フォトレジスト

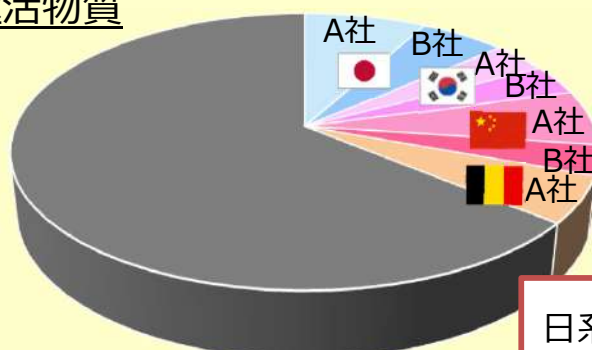


CMPスラリー

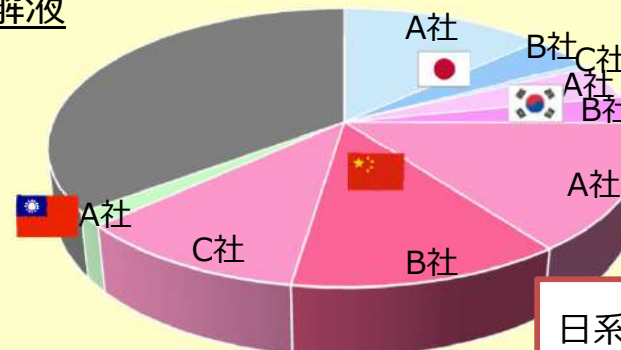


リチウムイオン電池素材

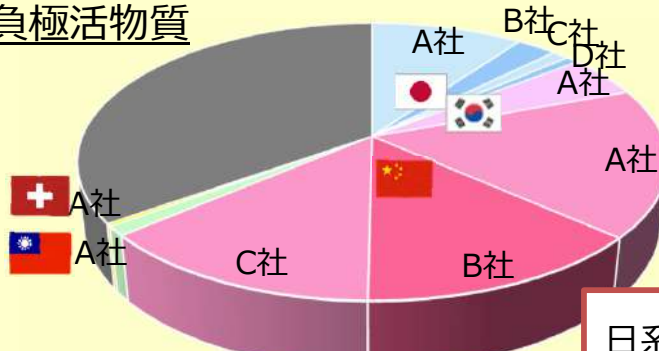
正極活物質



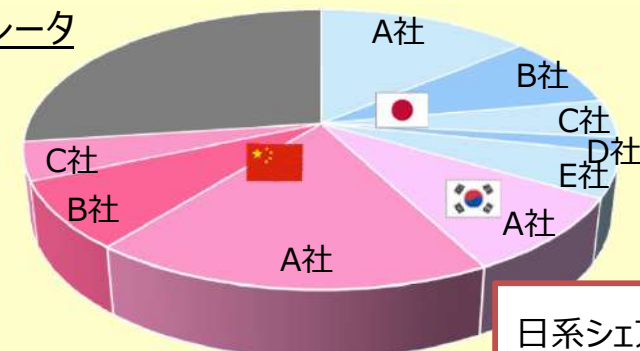
電解液



負極活物質



セパレータ



(参考) 安定供給の確保と経済安全保障

※「新・素材産業ビジョン」中間整理より抜粋

【安定供給の確保】

- ・競争力強化の観点から量から質への大胆なシフトを図りつつも、足下で生じている安定供給を脅かすサプライチェーン途絶のリスクの高まりを踏まえれば、国民生活や経済社会の運営に不可欠な素材については、**収益性に課題があるとしても、サプライチェーン全体を円滑に機能させるために、必要な部素材や製品の安定供給の役割を果たすことや、資源循環を確実にする取組を並行して推進することも必要**である。
- ・その際には、全量を国内生産で追求することは合理的ではなく、**国民生活への影響や経済社会における不可欠性を見極め、内外最適立地を原則としつつ**、代替供給の確保、備蓄、代替物質開発等の対策を検討するなど、影響の程度や状況に応じた対策を講じることが必要となる。
- ・また、**供給ルートの複線化の観点からは、一定量を国内生産することも視野に入れて**具体策を検討していくことが必要とされる。なお、こうした取組を行うにあたっては、単に当該素材を生産する素材産業だけではなく、**ユーザー産業も含め川上から川下までサプライチェーン全体で連携して対応していくことが求められる。**

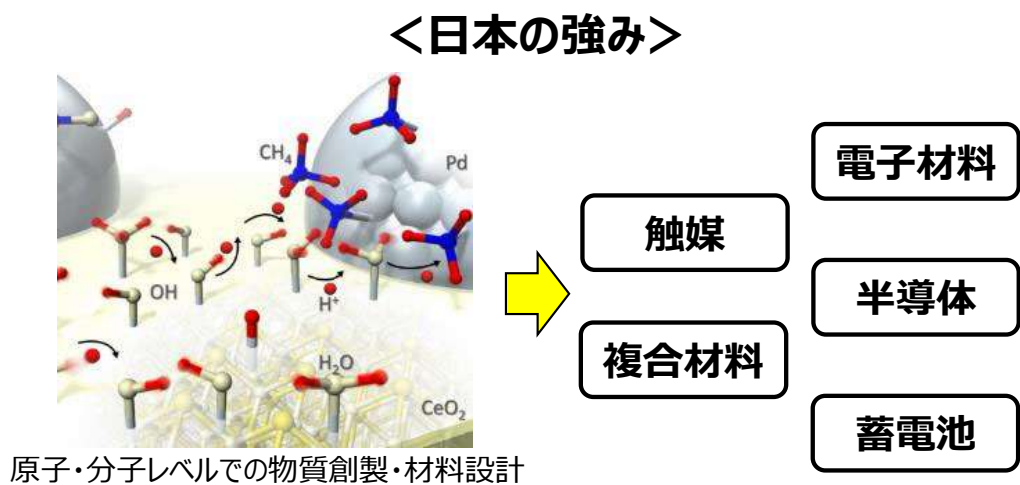
【経済安全保障への対処】

- ・経済安全保障（自律性の向上・優位性ひいては不可欠性の確保）の観点から、国内への安定的な供給を確保すべきと判断される素材・製品については、現時点における成長性だけをもって単純に判断することなく、**国内生産や調達先の複線化、リサイクル、備蓄等の取組を進めていく必要がある。**
- ・また、我が国が国際的に技術優位性を保持している素材・製品については、**優位性の維持・更なる強化ひいては不可欠性の確保を図ることが必要**となる。また、海外における生産拠点の構築や海外への事業の売却は、最先端か基盤的な技術であるかに関わらず、**競争相手を利し、将来の競争技術が流出すれば、それが力を失わせる方向に作用**しうることに**注意が必要**である。
- ・そのため、特に、「先端分野」については国内を軸にしたビジネスを基本とし、**知的財産戦略のさらなる強化**を図り、**海外に展開する場合にも、徹底した技術漏洩対策**を講じることが求められる。安易な海外進出で技術漏洩をもたらし、結果、競争力を失う事例も多数生じており、これを防ぐためにも、自社の先端素材・製品について、その技術の水準や特質を踏まえた位置付けを明確化し、長期的な視点からその取り扱いに関する戦略を明確化しておくことが重要である。

1. 素材産業の現状
2. カーボンニュートラルへの挑戦
3. 資源循環経済
4. 経済安全保障
- 5. イノベーションと産業人材育成**
6. 新・素材産業ビジョン 中間整理

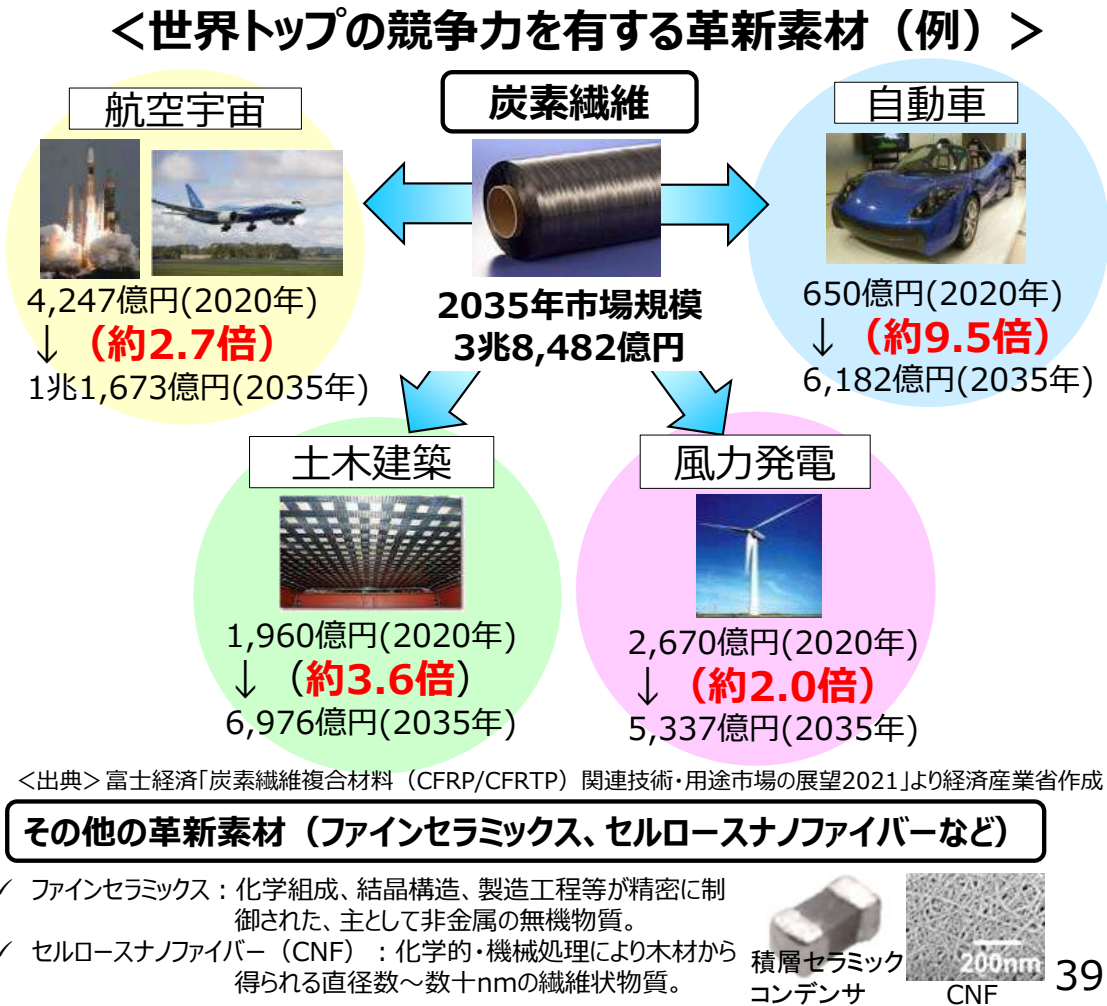
素材分野が牽引するイノベーション

- グローバル市場獲得に向けて、自己の優れた技術に着目し、発展させる形でイノベーションを起こし、革新・先端素材におけるシェアを拡充。
- モビリティや半導体等のエレクトロニクスに加え、今後、異業種・異材料分野の協業により、益々拡大が見込まれるヘルスケア、医療福祉機器、バイオ製品等での更なる展開が期待。



＜日本のノーベル化学賞（一部）＞

1981	福井 謙一	化学反応過程の理論的研究
2000	白川 英樹	導電性高分子の発見と発展
2001	野依 良治	キラル触媒による不斉反応の研究
2010	根岸 英一 鈴木 章	有機合成におけるパラジウム触媒クロスカップリング反応の開発
2019	吉野 彰	リチウムイオン電池の開発



イノベーションの重要性

- 我が国は、長年の技術蓄積をベースに、出口企業からの厳しい要求やすり合わせ等を通じて、技術力を高めてきた。
- 今後のCN時代に向けても拡大していくことが見込まれる機能性材料市場において、高い技術力に更に磨きをかけ、世界のトップを維持しながら、グローバル市場獲得に向けて取組を加速させることが必要。

▶ 重要開発分野の例

電池材料開発

- 2050CN実現のためにはEV普及がマスト、そのためには内燃機関並の航続距離を可能とする容量と安全性の確保が必須。
- 液LIBの次に主軸となるのは全固体電池。早期に市場に投入し、国際的な競争優位性を有することが重要。
- 素材産業を含めた日本の蓄電池産業全体の活性化を図るため、引き続き、固体電解質とこれに対応した極部材等の材料開発のための共通基盤技術開発が必要。

半導体材料開発

- デジタル化や通信技術の発展に伴い、半導体性能(処理速度、消費電力等)の継続的な向上が求められている。
- ムーアの法則にしたがった配線の微細化は限界を迎えており、さらなる性能向上のためにパッケージング技術(3D実装)が注目されており、特に再配線層の微細化が求められている。
- 当該微細化には新規の加工プロセスの導入が必要、同時に新規プロセスに対応した新素材開発も必要。

素材分野でのベンチャー企業の躍進

- 近年、革新的なデジタル技術をコアにしたベンチャー企業が注目されるなど、取組の遅れていた素材産業においても、ベンチャー企業の育成が徐々に進むとともに、積極的に連携する企業の動きが活発化。

素材系ベンチャー企業の例



マイクロ波化学株式会社

(大阪府, '07年創立, 資本金22.9億円)

- マイクロ波化学プロセスの研究開発及びエンジニアリング
- マイクロ波化学プロセスを活用した製品製造における合併事業、ライセンス事業
- マイクロ波化学プロセスを活用した製品の製造・販売

取組例 ; 三井化学との共同実証

- マイクロ波技術を用いて、これまでリサイクルが難しかったポリプロピレンを主成分とする混合プラスチックであるASR（自動車シュレッダーダスト）やバスタブや自動車部品などに使用されるSMC（熱硬化性シートモルディングコンパウンド）などの廃プラスチックを、直接原料モノマーにケミカルリサイクルする技術の実用化を目指した取組を開始。
- '21年度内にマイクロ波化学のベンチ設備での検証を行い、今後本格検討を進め、早期に実証試験を開始する予定。

取組例 ; 三菱ケミカルとの共同実証

- 自動車のランプカバー、水族館の水槽、飛沫感染防止用アクリル樹脂版などに用いられるアクリル樹脂を分解し、原料へと戻す実証実験を進める。
- マイクロ波を用いるプロセスにより、分解設備の小型化や省エネ化などを実現させる。
- 同原料から製造されたアクリル樹脂は、石化資源を原料とした従来品よりもCO2排出量を70%削減できると見込む。
- '24年の商用稼働を目指し、アクリル樹脂のリサイクル工場の建設を検討。

取組例 ; 住友化学との共同実証

- マイクロ波電化プロセスと固体触媒を組み合わせたCO₂を排出しないプロセスにてメタンから水素製造を開発。

マイクロ波化学(株)HPより引用



日本材料技研株式会社

(東京都, '15年設立, 資本金0.5億円)

- 事業内容としては、①化学品等の開発・製造・販売、②オープンイノベーションに関連するコンサルティング、③ベンチャーファンド運営。
- 大企業や大学が保有する休眠特許をライセンスにより導入し、外注生産で量産。
- 他のスタートアップにも出資し事業開発を支援。

MIベンダー

● 株式会社Transition State Technology



高速計算機とAIを用いた受託研究、フロー合成の合成経路探索ツール開発など

● MI-6株式会社 *mi-6*

MIを活用した材料開発の研究開発、コンサルティング、プロジェクトマネジメントなど

● 株式会社Preferred Computational Chemistry



ENEOSとPreferred Networksが開発した、超高速な汎用原子レベルシミュレーションソフトMatlantisをSaaS提供



ユニバーサル マテリアルズ インベーター株式会社

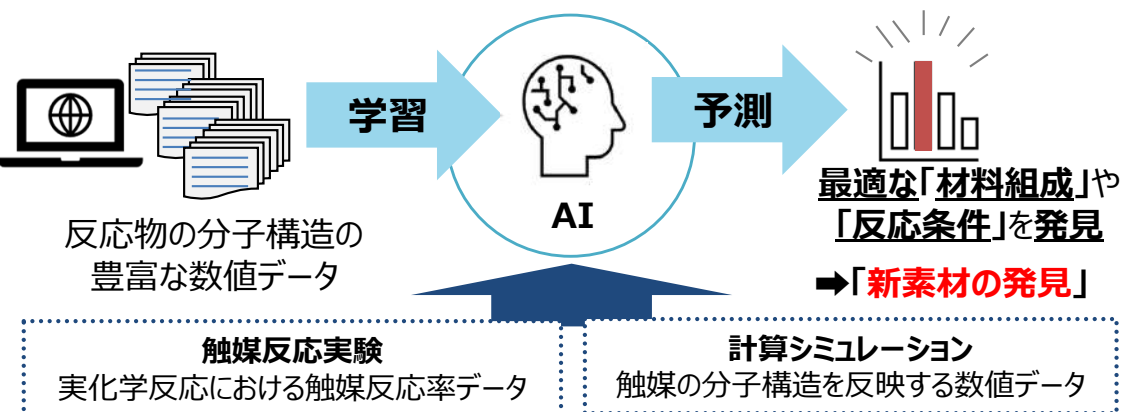
(東京都, '15年設立, 運用ファンド総額195億円)

- 事業目的としては、①素材・化学産業における新事業創出プラットフォームの確立、②日本の次世代有望素材・化学分野シーズの発掘&産業界連動型の事業化支援を事業目的とする素材・化学分野特化型ベンチャーキャピタル。
- こうした目的の下、大学、研究機関等～ベンチャー企業～大企業間に有機的に繋ぐ役割を担う。
- 主な実績として、つばめBHB株式会社（アンモニアオンサイト製造を目指す東京工業大学発ベンチャー）を'17年に設立。

デジタル化と人材確保

- 生産現場の効率化に加え、ビジネスイノベーションに向けたデジタル技術の活用のため、デジタル人材を確保することが必要。
- 素材産業においては、新しい価値を創造する研究開発人材や世界トップレベルの生産技術を実現するノウハウを有する現場人材を将来も確保し続ける必要がある。

<MI(マテリアルズ・インフォマティクス)による新材料開発と社会実装の加速> (研究開発スピードの大幅UP)



実例) バイオマスからタイヤを作る「スーパー触媒の開発」

ー反応をつかさどる触媒の性能が鍵。従来収率30-40%程度が限界。

MI活用

①ハイスループット自動実験

②データ駆動型の学習 (MI)

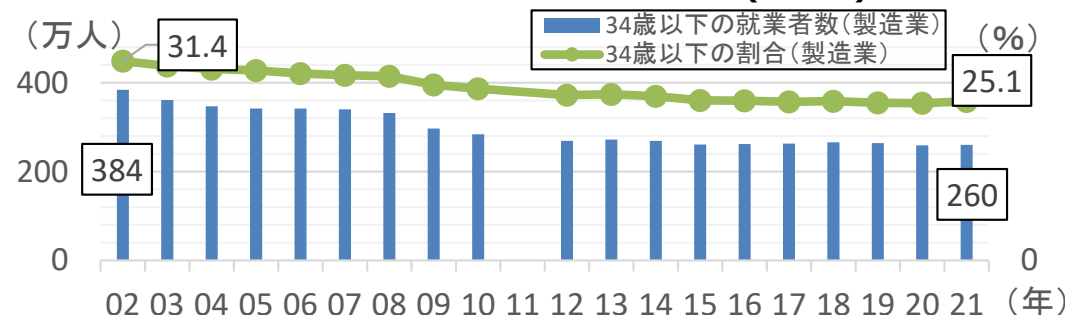


試作したタイヤ

➡ MIで世界最高収率(60~70%)で、原油由来のタイヤと同等の性能を実現する触媒を開発

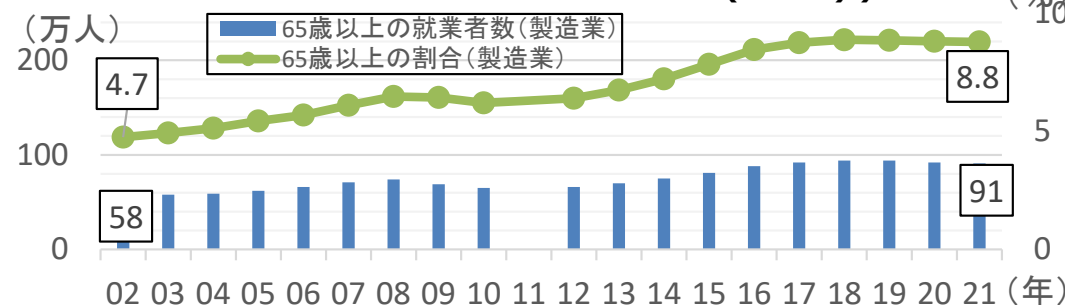
➡ MIにより実験ループを大幅短縮 (20分の1に) ! (横浜ゴム)

<若年就業者 (34歳以下) の推移 (製造業)>



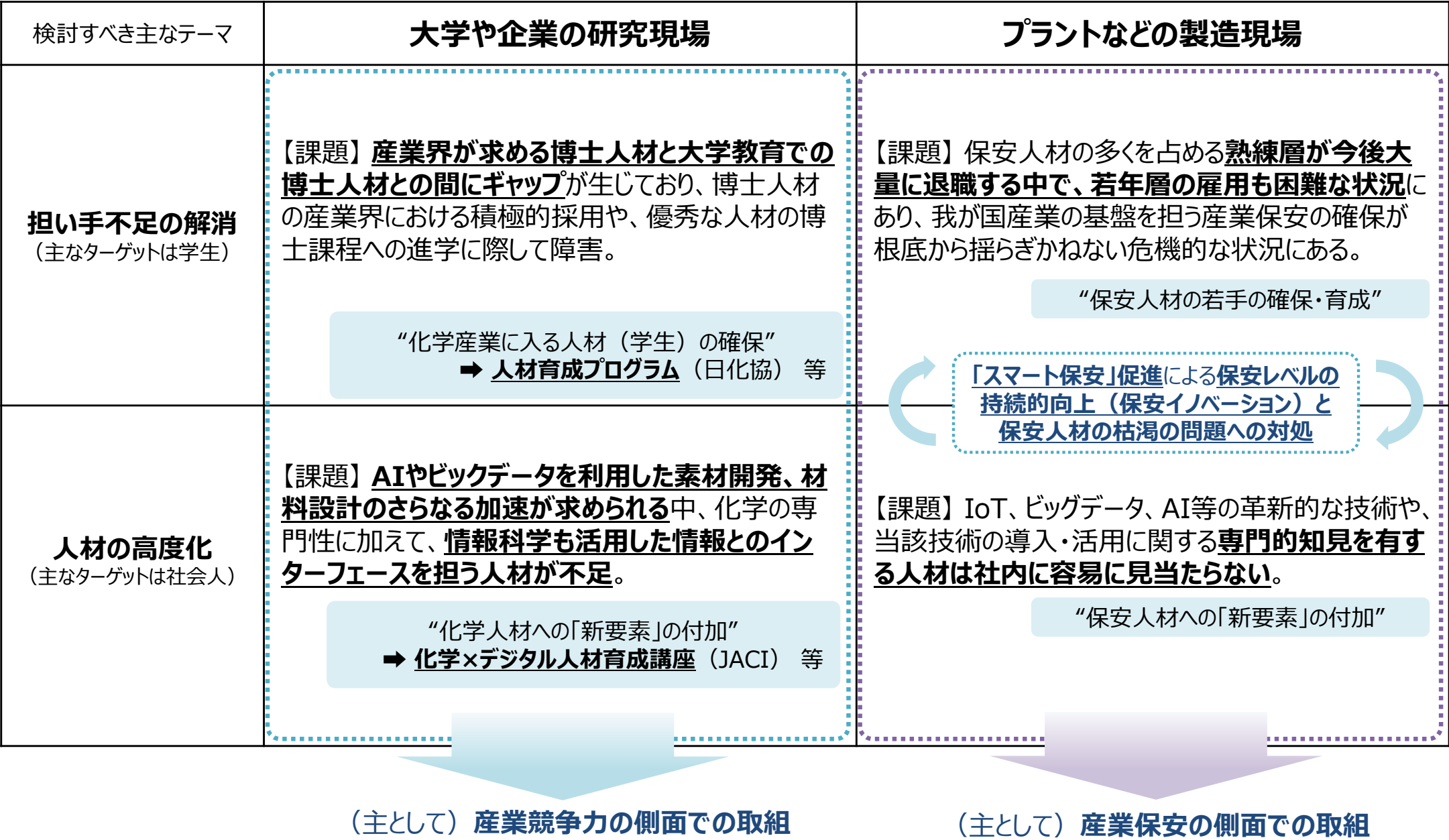
備考：2011年は、東日本大震災の影響により、全国集計結果が存在しない。分類不能の産業は非製造業に含む。
資料：総務省「労働力調査」(2022年3月)

<高齢就業者 (65歳以上) の推移 (製造業)>



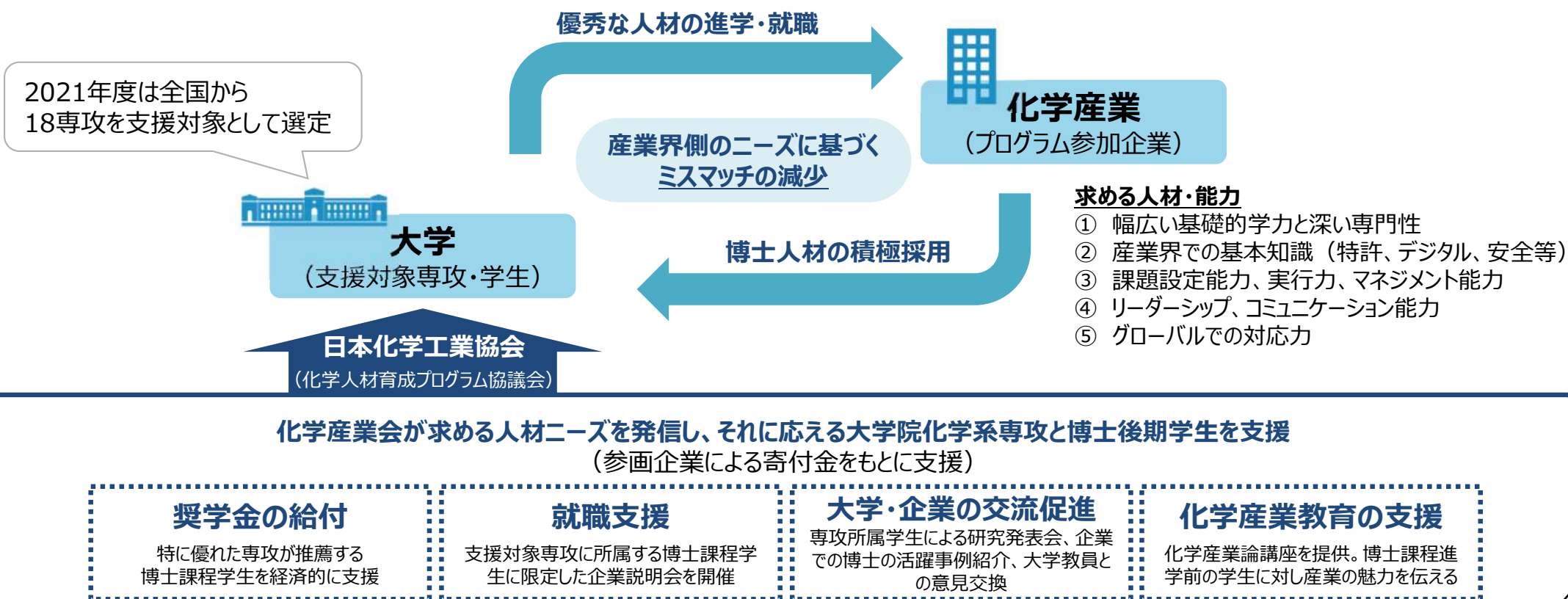
備考：2011年は、東日本大震災の影響により、全国集計結果が存在しない。分類不能の産業は非製造業に含む。
資料：総務省「労働力調査」(2022年3月)

化学産業における人材をめぐる課題の体系整理



<参考 1> 化学人材育成プログラム（日化協等）

- 化学産業を巡る諸課題への対応方策を検討する「化学ビジョン研究会」での提言（経済産業省，2010年9月）を受け、同年10月から実施。
- 日化協等を通じて、大学のカリキュラム等に対して積極的に産業界側がニーズを発信するとともに、そのニーズに合致した博士課程の学生への支援や採用も行う。
- こうした取組を通じて、産業界側が求める人材と、大学教育により教育される人材との間のミスマッチを減らし、博士人材の積極的採用と、優秀な人材の進学的好循環を創出することで、我が国の化学産業の国際競争力を向上させる。



化学人材育成プログラム（制度概要）

支援対象

全国の大学院化学系専攻（博士後期課程）で、

- ① 特定分野に関する深い専門性に加え、幅広い基礎的学力を持つ人材、産業界で役立つ基礎知識（知的財産、原価計算、化学物質の安全管理に関する知識に加えAI,MI を活用できるデータサイエンスに関する知識）を習得できている人材
- ② 課題設定能力に優れ、解決のために仮説を立てて実行できるマネジメント能力を持った人材
- ③ リーダーシップ、コミュニケーション能力に優れた人材
- ④ グローバルな感覚を持った人材

など、化学産業が望ましいと考える人材を育成する博士後期課程の教育カリキュラムを持つ大学院専攻

支援内容

1. 奨学金の給付

特に優れた支援対象専攻から推薦された学生に対して、1名あたり月額20万円の奨学金を3年間支給。推薦は、1専攻あたり1名／年で、3年間推薦可能。※ 該当する専攻の名称は非公表。

2. 就職の支援

支援専攻の博士後期課程学生を対象とした企業説明会を、東京、大阪で開催。会員企業によるブース出展、参加学生によるポスター発表、及び懇親会開催。

3. 大学・企業の交流促進

支援専攻と会員企業との交流を深めるため、化学人材交流フォーラムを開催。企業、学生その他、大学教員も参加し、奨学生による研究発表、企業で働く博士の活躍事例報告及び意見交換を通じて、産学の相互理解を促進。

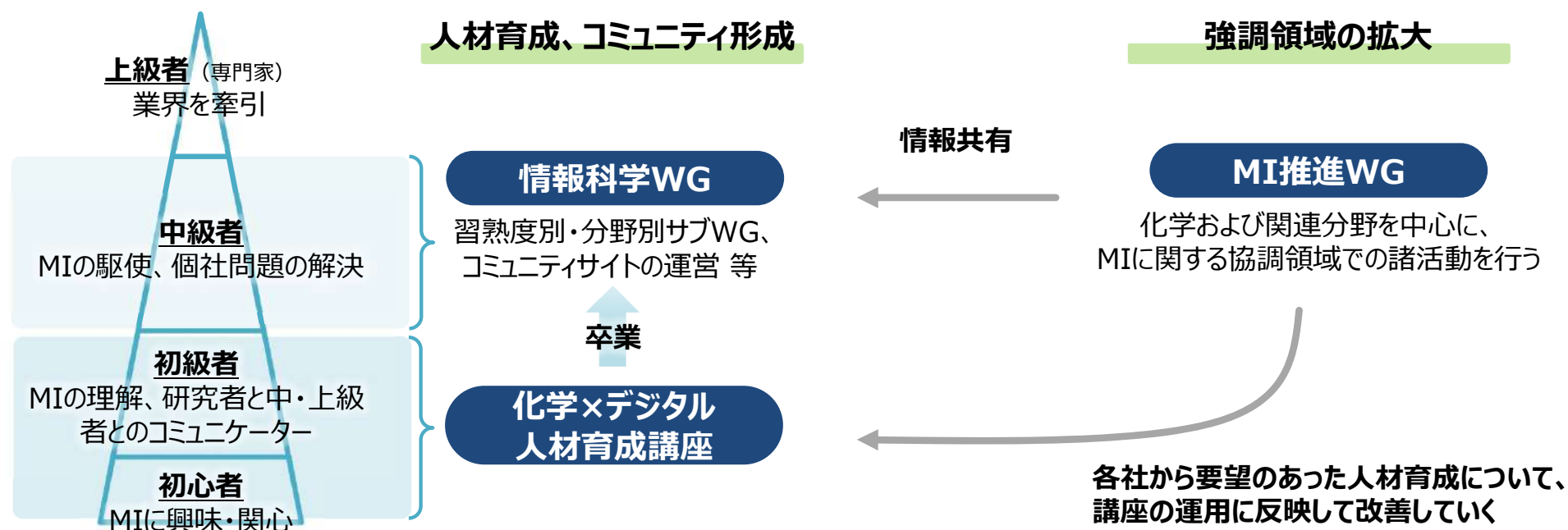
4. 化学産業教育の支援

化学人材育成プログラムが企画する「化学産業論講座」を大学に提供。「化学産業論講座」は、「学問としての化学が化学産業にどのように結びついているか」をテーマに、実際に企業で活躍する講師が、化学産業の「過去」・「現在」・「未来」と、「今、何を学ぶべきか」を学生にプレゼン。 ※ 開講先は、講師数の制約により支援対象の一部に限定。定期的に見直し。

<参考 2> 化学×デジタル人材育成講座（JACI）

- 新材料を開発するためにソフト面でのMI・ハード面でのAIの両面を駆使できる人材の育成・確保、化学企業のデジタルトランスフォーメーション（DX）・国際競争力向上への貢献を目的として、JACIにおいて以下の取組を推進。
 - 初級編として、「**化学×デジタル人材育成講座**」を実施
 - 中級編として、協会内に「**情報科学WG**」を設置、上記研究者のコミュニティを形成
 - さらに、協調領域拡大の一環として、各社マネジメントによる「**MI推進WG**」を設置
 - ※ 各取組が相互に連携して発展を目指すしくみ
 - その他、大学との連携によるワークショップ、化学工学に特化した現場人材の維持・確保に向けた取組も推進。

▶ JACIによる人材育成へのアプローチ



化学×デジタル人材の育成プログラム（制度概要）

- 今後、化学分野において情報科学技術の担い手となる若手研究者、技術者をはじめとする幅広い階層を対象に、基盤技術や先端技術を学ぶためのJACIで「**化学×デジタル人材育成講座**」を実施。
- 2019年度から実施し、これまでにのべ121の企業・機関、712名が受講。（2022年2月時点）

支援対象

- データサイエンスを活用する新素材開発者・新事業開発者
- マネジメント層、企画部署メンバー など

実施概要

- 日程 1日あたり約6時間×全8日間 ※オンライン実施
- 講師 奈良先端科学技術大学院大学 船津公人 特任教授
金谷重彦 教授、小野直亮 准教授
- 募集人数 100名 ※毎回定員に到達
- 受講料 15万円もしくは20万円 ※JACI会員か否か
- 使用言語 R、Python
- 備考
 - ・ **全日ライブ配信**を実施し、**座学と実習を組み合わせた講座内容**に。
 - ・ **実習ではティーチング アシスタントがサポート**。
 - ・ WEB会議システムの**チャットやQ&A機能**、ブレイクアウトセッション機能等を用いてサポート。
 - ・ 講座は録画しており、復習・欠席時に活用可能。

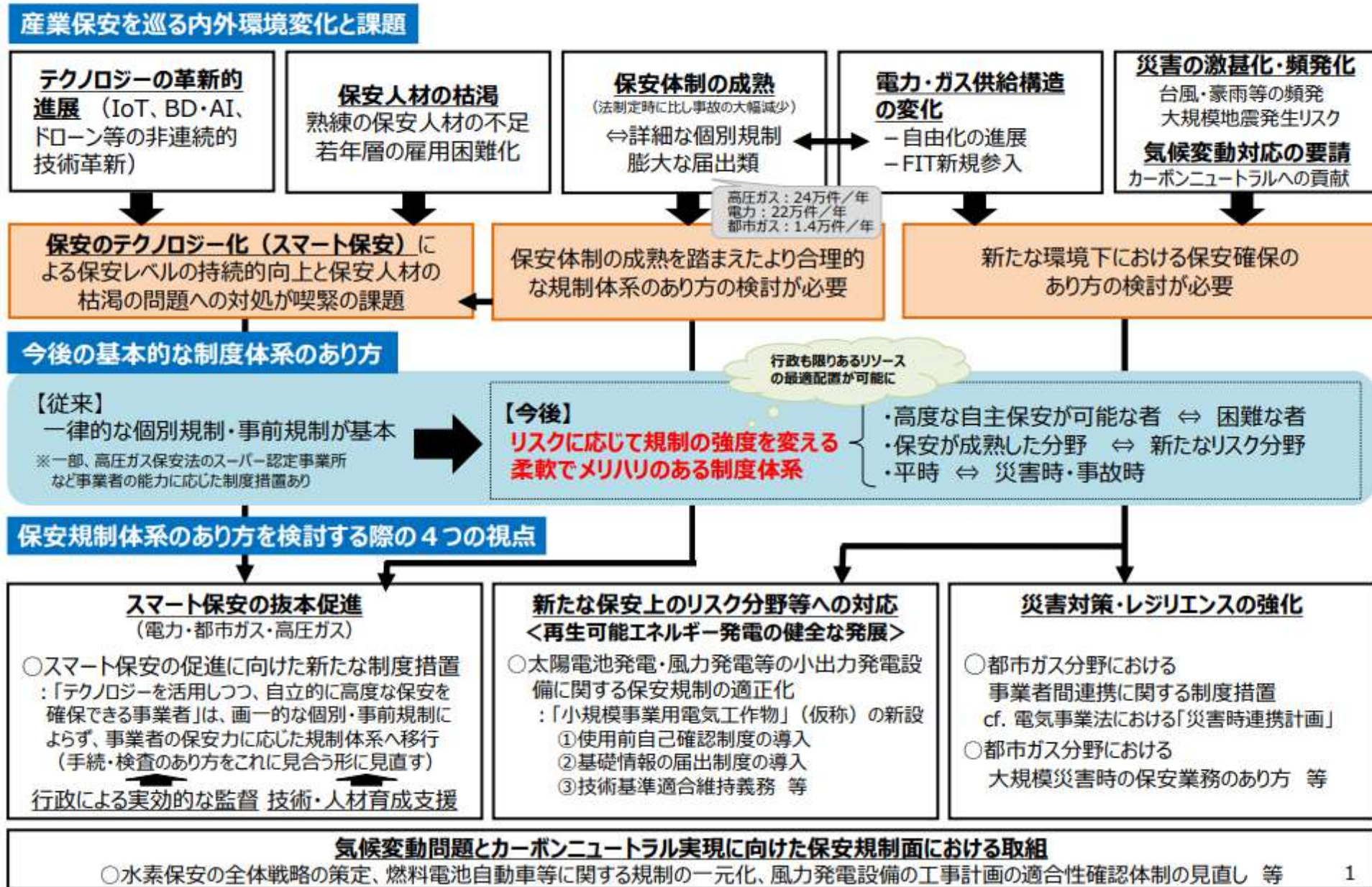
（例）2021年度第2回

講座構成

1. 「化学分野における」データサイエンスとは（6時間）
概念講義、プレ機械学習、コンピュータ上の化学構造の表現 等
2. 統計学入門（4時間）
統計学、多変量解析 等
3. 多変量データ解析（8時間）
統計結果の表現手法（可視化）、「教師なし学習」を活用した多変量データの把握法 等
4. 機械学習（12時間）
定性：分類問題、定量：回帰分析、モデル評価、変数評価 等
5. 「データサイエンス×化学」の最前線（6時間）
世界の先進情報の紹介、マテリアルディープラーニング 等
6. 総合演習（12時間）
マテリアルズインフォマティクス演習、データサンプル使用（受講者が自社データの置き換え等で、確認可能）、発表

<参考3> 産業保安人材の確保

1. 産業保安を巡る環境変化と今後の産業保安規制体系の基本的あり方



産業保安人材の確保（つづき）

人材育成：「プラント運転・保安IoT/AI人材育成講座」の概要

- 本講座の受講を通じ、事業所内でIoT等の先進技術を導入・実装し、組織横断的にこうした技術を運用・活用できる人材を育成する（平成31年5月より講座開講）。



受講を通じて



- IoT技術の全体像を認識できる
- 各IoT要素技術の実力を認識する
- ディスカッションを通じて新たな気づきを得る
- 自プラントでのIoT技術導入の判断が可能になる
- IoT技術を導入・実装し、運用する組織能力が高まる

受講後の展開イメージ



- 組織横断で事業所内の危険箇所や危険事象を分析する
- IoT、AIの適用可能性を検討する
- 試験的導入、実証トライアルを実施する
- 本格導入の企画・提言を行う

テーマ	内容
IoT基本習得研修	
プラントとIoT	プラントとIoT、プラントリスク基礎、標準化/推進団体/法規、スマート技術、スマートプラント、
IoT関連技術	技術要素（センサー、通信、セキュリティ基礎）
データ分析/AI技術	技術要素（データ分析、AI、解析手法、プラットフォーム）
リスクマネジメント力向上	
安全マネジメントとIoT	事故事例、リスク分析手法、リスク分析手法の応用（演習）、IoTセキュリティと問題事例
IoTによる安全マネジメント応用	プラントセキュリティ、制御システム・設備保全（故障診断/プロセス異常確認）、新規収集データと予兆検知
プラント現場力向上	
プロセス設計とIoT	保安4法/防爆/IoT関連法規/データ利用契約、プラントデータ種類、センサー技術、PA用ネットワーク、要素技術の活用
プロセス設計におけるIoT活用応用	制御の高度化/情報の高度処理（状態記録の効率化と技能伝承）、システムと安全（ツールの活用）、IoT/AIによるリスク低減
IoT・システム活用力向上	
IoT技術研修（デバイス/通信/クラウド）	デバイスとIoTスタートキット、IoT通信、クラウドの活用、IoTプラットフォーム
IoT技術研修（データ分析）	データ分析の基礎、データ分析環境、データベース技術、機械学習
IoT技術研修（人工知能）	ディープラーニング、解析手法の選択、Python、TensorFlow、AIプラットフォーム

<参考4> 現場人材の育成（山陽人材育成講座の取組）

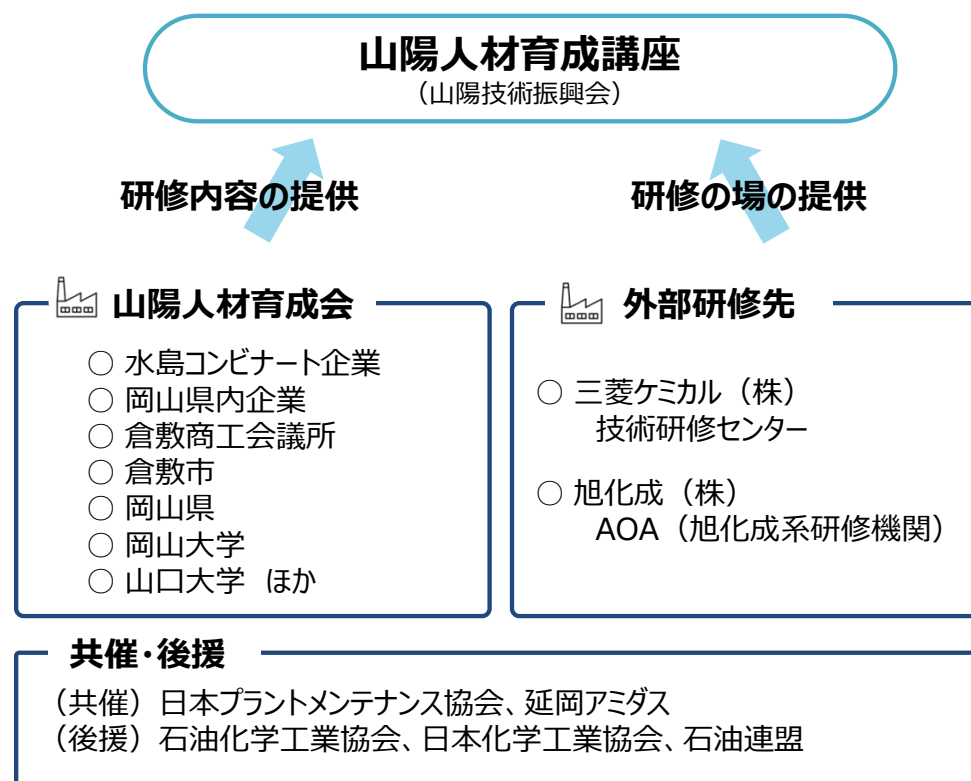
- プロセス産業のオペレーターやマネージャーなどを対象に、化学工学の基礎といった実学分野や、具体的な設備管理オペレーションやトラブル対応、更に現場リーダー育成などといった幅広いカリキュラムの講義を実施。
- 旭化成や三菱ケミカルなど水島コンビナート地区の企業や自治体・商工団体などで構成される山陽人材育成会を中核とし、**旭化成や三菱ケミカルなどの企業側だけでなく、岡山大や山口大といったアカデミアとも連携して、産産・産学で人材育成に取り組む。**
- 水島地区での取組から開始し、現在では、中国・四国・九州の西日本、近畿・中部・関東の東日本の化学事業所からも受入れ。2007年に38事業所/1,400名の受講者で開講し、最近ではほぼ倍増、これまでに228の事業所、延べ35,135名が受講。（2022年4月時点）

■ 講義内容について

- 岡山大学や山口大学、旭化成、三菱ケミカル、ENEOS、クラレといった企業OB・現役、といった**産・学出身の講師による講義**を実施。
- また、**三菱ケミカルと旭化成の水島事業所を実際に利用する実地研修**なども展開。
- 水島地区での取組から開始し、現在では、中国・四国・九州の西日本、近畿・中部・関東の東日本の化学事業所からも受講者あり。

オペレータ・保全員	スタッフ・マネジャー	マネジャー・経営層
設備管理	改革・改善力開発	事業改革マネジメント
化学工学基礎	化学工学通論	組織とリーダーシップ
現場の化学	反応工学	自立型成長人材育成
保安防災管理	ヒューマンエラー分析	エネルギー・化学産業と事業連携
保全管理・技術	コミュニケーション力開発	
現場リーダーの育成		

■ 取組体制について



山陽人材育成講座の取組について（事業背景・経緯）

現場人材をめぐる大きな課題（'07年頃）

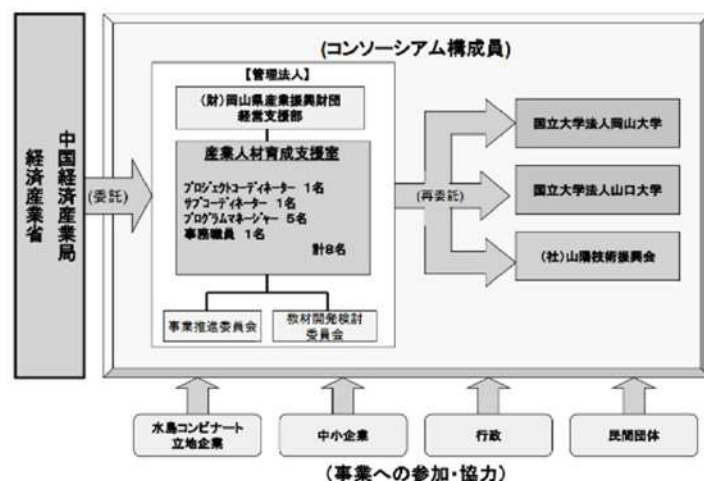
- 技術の高度化が進み、広範囲に及ぶ専門性の高い技術が要求されるようになった結果、製造現場での分業化が顕著になり、これまでの「工程を俯瞰できる」人材が急速に減少
- 団塊世代の退職
- 従来の個別企業ごとの対策の限界

➡ 現場人材の育成が喫緊の課題に

「産学連携製造中核人材育成事業」

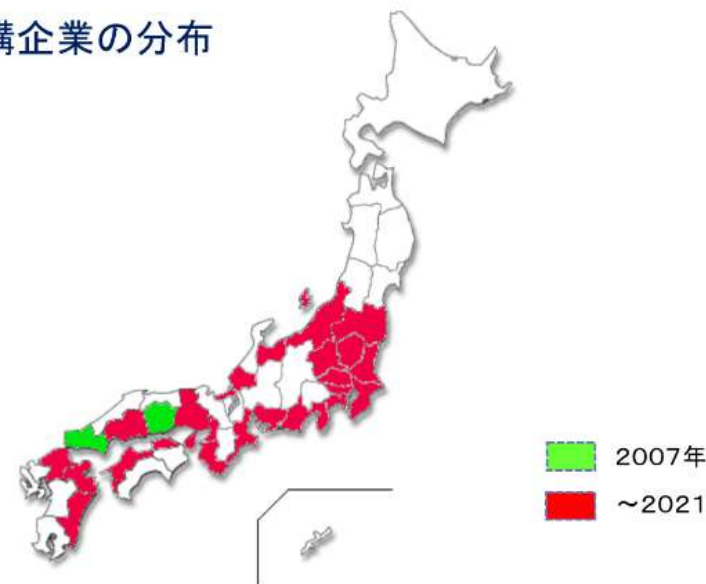
（経済産業省が'05年に立上げ、3年間委託）

化学プロセス技術分野では、全国に先駆けて「コンビナート製造現場中核人材育成事業」が採択



- 2007年より、以下の目的で山陽人材育成会を結成。
 - 人材育成事業を企業のニーズにマッチし、真に企業に有益なものとする
 - 財政面から事業を支えること
- （財）岡山県産業振興財団で産業人材育成支援室を開設し、岡山大学、山口大学、水島コンビナート立地企業の協力を得ながら、製造現場における
 - 「高度運転・安全能力、緊急時対応能力に優れたオペレーター」
 - 「製造現場リスクとコンビナート全体最適化をマネジメントできるリーダー」を育成する実践的なカリキュラム・教材を開発。
- 水島地区での取組から開始し、現在では、中国・四国・九州の西日本、近畿・中部・関東の東日本の化学事業所からも受講者あり。

受講企業の分布

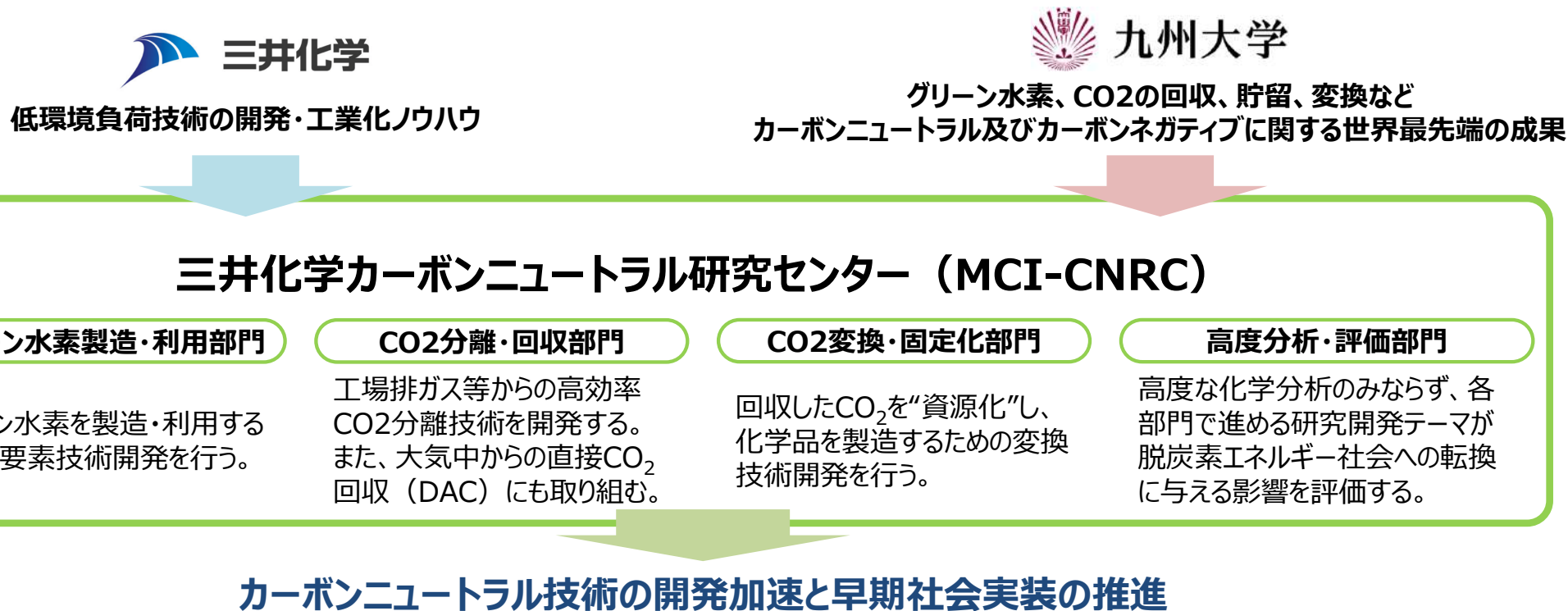


<参考 5> 産学連携の例

- **九州大学と三井化学は、CNに資する最先端の環境基盤技術の開発獲得、及び当該技術領域における実用化・事業化の推進を共同で行う組織対応型連携契約を締結し、これに伴い、九州大学のカーボンニュートラル・エネルギー国際研究所（以下「I²CNER」：アイスナー）内に、「三井化学カーボンニュートラル研究センター（MCI-CNRC）」を設置。**
- **高度専門性研究人材のプールとして活用し、三井化学の研究レベルの向上とともに、優秀人材の積極採用を推進。**

▶ 概要

- 2021年11月1日から2031年3月末までの約10年間の期間で、契約額は19億円（2億円／年相当）を想定。
- 要職の一部（センター長）を三井化学から選任し、**企業視点での社会課題を研究テーマとして選定**、九州大の教授・准教授を指導教官とし、**高度専門性研究人材（ポスドク）を雇用することで研究を推進**。



1. 素材産業の現状
2. カーボンニュートラルへの挑戦
3. 資源循環経済
4. 経済安全保障
5. イノベーションと産業人材育成
- 6. 新・素材産業ビジョン 中間整理**

素材産業のあり方 検討経緯

～製造産業分科会の開催状況～

2021年12月 第10回会合 議論のキックオフ・論点提示

2022年 2月 第11回会合 業界ヒアリング①

－橋本 日本鉄鋼連盟会長（日本製鉄 社長）

－森川 日本化学工業会会長（昭和電工 社長）

3月 第12回会合 業界ヒアリング②

－村山 JX金属社

－岡本 日本軽金属HD社長

－野沢 日本製紙連合会会長

－不死原（ふしはら）セメント協会副会長

4月20日（水） 第13回会合 中間整理案

4月28日（木）中間整理公表

<産業構造審議会製造産業分科会 委員名簿>

清家 篤 ※製造産業分科会長

日本私立学校振興・共済事業団理事長／慶應義塾学事顧問

秋池 玲子

ボストン・コンサルティング・グループ シニア・パートナー

& マネージング・ディレクター

市川 奈緒子

（株）TSIホールディングス 社外取締役

伊藤 麻美

日本電鍍工業（株）代表取締役

新宅 純二郎

東京大学大学院経済学研究科教授

鈴木 真二

東京大学未来ビジョン研究センター特任教授

東海 明宏

大阪大学大学院工学研究科教授

沼上 幹

一橋大学大学院経営管理研究科教授

橋本 美奈子

日本濾水機工業（株）代表取締役社長

松島 憲之

SESSA パートナース株式会社 チーフアドバイザー

三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 委嘱アドバイザー

三神 万里子

ジャーナリスト

三屋 裕子

公益財団法人日本バスケットボール協会

森 雅彦

DMG 森精機（株）取締役社長

新・素材産業への変革の方向性

直面する課題

グローバル競争激化
とリスクの高まり

内需の減少と外需の拡大

資源・エネルギーの高騰

2050年CN

DXと人材

安定供給の確保

ロシア・ウクライナ情勢も含め安定供給のリスクの高まりや、経済安全保障の意識の高まりを受けて、国民生活や経済社会に不可欠な素材について、安定供給を確実にする取組を推進

生産体制の変革

①内外最適立地の徹底追及

- － 経済性を無視した国内生産への固執は競争力喪失に繋がる恐れ
- － 国内生産は内需に応じて規模を適正化しつつ維持
- － 拡大する外需の取り込みを現地生産を含め積極的に追求
- － CN対応型生産設備の立地は水素やゼロエミ電源等の条件次第

②高付加価値品シフト

- － 生産体制変革に向けた潤沢な投資原資の確保が必要
- － そのためにも収益性の高い高付加価値品へシフト

③事業の新陳代謝サイクル

- － イノベーションによる「先端分野」の創出と市場化促進
- － 市場拡大・高シェアの「成長分野」は国内生産で収益拡大と技術保護
- － 「成熟・競争分野」でも戦略的に分野を特定し収益確保
- － 市場縮小又は競争劣後の「自然衰退分野」は大胆な撤退戦略も

④マザー機能の国内保持

- － 設備や知財に化体されないノウハウこそ素材産業の強みの源
- － ノウハウが恐縮されたマザー工場機能を国内に維持
- － 他方、外需獲得に向け、技術流出防止を図りつつ、現地資本と協同した現地生産も含めた積極展開を推進

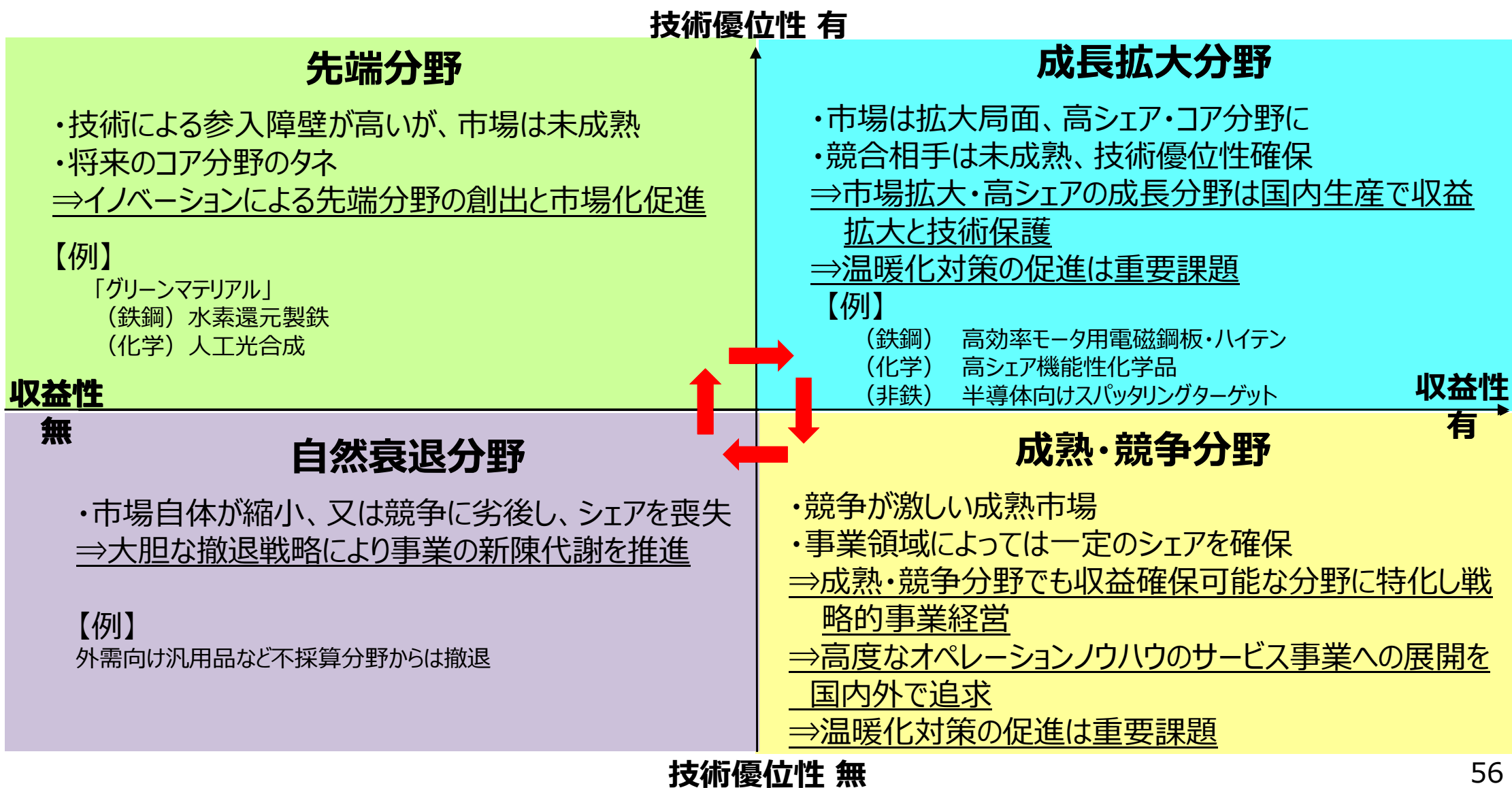
両面作戦のアプローチ

① 現在の市場で着実に収益を確保し、将来投資に向けた原資を確保

② 新技術による脱炭素化・炭素循環に向けた投資実行し、将来市場を獲得

事業サイクルと新陳代謝

- 事業の高付加価値化を推進するためには、衰退分野から先端分野、成長拡大分野への経営リソースを積極的に転換する事業の新陳代謝の推進が重要。
- また、経済安全保障の観点から国内生産を維持すべきものへの対処も重要。



政策の方向性

1. ビジネスイノベーションの促進

(1) 新素材・新需要の創出

- ・ユーザー一体型、分野横断型のR/D支援
(例：CO2からプラスチック製造等)
- ・開発コストのシェアリング
- ・政府調達を通じた新技術の市場化支援

(2) 事業革新に向けた企業間連携の促進

- ・内外の生産体制最適化の促進
 - －原燃料調達、設備廃棄の共同実施支援
 - －CNに対応した競争政策のあり方
- ・CNコンビナートへの転換
 - －CNコンビナート官民協議会

(3) サービス事業領域の拡張

- ・高度技術を活用したサービス事業展開
(例：省エネ・脱炭素操業ノウハウの国際展開)

(4) 人材（現場・研究）の育成と活用

- ・キャリア教育や産学連携の研究プロジェクト推進
- ・技能人材の流出防止

2. グリーンマテリアル産業への転換

(1) 革新的な脱炭素・炭素循環技術の開発

- ・社会実装までの切れ目ない支援強化
- ・国際標準化等のルール形成推進
(例：経営戦略への位置づけ、CO2計測手法)

(2) 設備投資の促進

- ・既存投資の高度化支援（例：燃料転換等）、
トランジション・ファイナンスの更なる促進
- ・カーボンニュートラル革新技術の実装支援
(例：大規模かつ長期的な設備投資支援)

(3) オペレーションコストへの対応

- ・産業用電気料金の抑制
- ・ゼロエミッション電源・水素・アンモニアの安価で安定した供給
- ・CCUSの実現に向けた官民の取組

(4) グリーンマテリアル市場創出と脱炭素投資回収

- ・環境価値の評価
- ・クレジットを活用した排出量のオフセット
- ・脱炭素・炭素循環投資の回収と需要家の理解促進・対応

3. サプライチェーンにおける業界間連携

(1) 安定供給体制の強化

- ・権益確保、代替技術開発、備蓄、リサイクル
- ・不可欠物資の国内生産確保に向けた連携
- ・共同調達・適正転嫁など調達網一体での競争力確保

(2) サーキュラーエコノミーへの転換

- ・原料調達からリサイクルまでの資源循環型プロセスの早期具体化（技術開発・制度構築）
- ・リサイクル産業のあり方（鉄鋼・化学）
(例：鉄スクラップの国内有効活用)
- ・研究開発の推進（例：不純物除去、圧延、ケミカルリサイクル、CO2でプラスチック製造）

(3) 業界・企業の枠を超えたDX

- ・業界を超えたデータ共有基盤整備を通じた付加価値向上
(例：ユーザーと一体型のマテリアルズ・インフォマティクス)

まとめ：素材産業の競争力強化と持続可能な社会への貢献への期待

- 素材産業は、日本企業の競争力の源泉。
- カーボンニュートラル実現のため、イノベーションをもって業態転換を進め、炭素中立時代の基幹産業として、我が国産業の競争力の源泉であり続けるべき、そして、あり続けることができる産業。
- 例えば、化学産業は、CO2を排出する産業から、CO2を原料にしてプラスチックを製造する産業、すなわち、プラスチックを作れば作るほどCO2吸収が進む炭素循環（カーボンリサイクル）産業へと変貌を遂げるチャンス。
- 素材産業は、新たな生産プロセスのイノベーションを梃子に、今後も（CN後）も最先端の素材を世界に供給し続ける重要な産業であり続ける。
- ただし、そのためには、少しでも効率を上げるための企業連携や、競争力のあるエネルギーの確保が、これまでにないレベルで求められることにも注意が必要。官民をあげて、ビジネス環境の整備に取り組むとともに、サプライチェーン単位での連携に取り組む。

- －素材産業は、あらゆる産業に基盤材料を提供し、イノベーションで貢献。
- －マテリアルの力で、社会課題を解決し、持続可能な社会を実現。

ご清聴頂き、ありがとうございました。
ご意見やご質問など、是非にお寄せください。

経済産業省 製造産業局 素材産業課 吉村一元 拝
Tel: 03-3501-1737
E-mail: yoshimura-katsuoto@meti.go.jp

参考資料

新・素材産業ビジョン 中間整理（案）

～グローバル市場で勝ち続ける素材産業に向けて～

我が国産業競争力の源泉

①日本経済・地域経済の基幹産業 ②高い国際競争力（技術・シェア・エネ効率） ③川下産業・国民全般への質の高い素材供給 ④サプライチェーンにおける他産業との共生

グローバル競争激化とリスクの高まり

中国の存在感
サプライチェーンの不安定化

内需の減少・外需の拡大

鉄鋼 1 億トン→6000万トン
化学(1F1I)600万トン→400万トン

資源・エネルギーの高騰

石炭・石油・天然ガス・電力の高騰

2050年CN

長期・大規模な脱炭素型投資
鉄鋼10兆円 化学7兆円

DXと人材

マテリアルズ・インフォマティクス
ノウハウのある現場人材の確保

安定供給の確保

ロシア・ウクライナ情勢も含め安定供給のリスクの高まりや、経済安全保障の意識の高まりを受けて、国民や経済社会に不可欠な素材の安定供給の確保を追求

生産体制の変革

内外最適立地と過剰生産能力の縮小

高付加価値品シフト

事業の新陳代謝

マザー工場機能の国内立地

両面作戦のアプローチ

①現在の市場で着実に収益を確保し、将来投資に向けた原資を確保

②新技術による脱炭素化・炭素循環に向けた投資実行し、将来市場を獲得

政策の方向性

1. ビジネスイノベーションの促進

(1) 新素材・新需要の創出

- ・ユーザー体型、分野横断型のR/D支援
(例：CO2からプラスチック製造等)
- ・開発コストのシェアリング
- ・政府調達を通じた新技術の市場化支援

(2) 事業革新に向けた企業間連携の促進

- ・内外の生産体制最適化の促進
－原燃料調達、設備廃棄の共同実施支援
－CNに対応した競争政策の在り方
- ・CNコンビナートへの転換
－CNコンビナート官民協議会

(3) サービス事業領域の拡張

- ・高度技術を活用したサービス事業展開
(例：省エネ・脱炭素操業ノウハウの国際展開)

(4) 人材（現場・研究）の育成と活用

- ・キャリア教育や産学連携の研究プロジェクト推進
- ・技能人材の流出防止

2. グリーンマテリアル産業への転換

(1) 革新的な脱炭素・炭素循環技術の開発

- ・社会実装までの切れ目ない支援強化
- ・国際標準化等のルール形成推進
(例：経営戦略への位置づけ、CO2計測手法)

(2) 設備投資の促進

- ・既存投資の高度化支援（例：燃料転換等）、
トランジション・ファイナンスの更なる促進
- ・カーボンニュートラル革新技术の実装支援
(例：大規模かつ長期的な設備投資支援)

(3) オペレーションコストへの対応

- ・産業用電気料金の抑制
- ・ゼロエミ電源・水素・アンモニアの安価で安定した供給
- ・CCUSの実現に向けた官民の取組

(4) グリーンマテリアル市場創出と脱炭素投資回収

- ・環境価値の評価
- ・クレジットを活用した排出量のオフセット
- ・脱炭素・炭素循環投資の回収と需要家の理解促進・対応

3. サプライチェーンにおける業界間連携

(1) 安定供給体制の強化

- ・権益確保、代替技術開発、備蓄、リサイクル
- ・不可欠物資の国内生産確保に向けた連携
- ・共同調達・適正転嫁など調達網一体での競争力確保

(2) サーキュラーエコノミーへの転換

- ・原料調達からリサイクルまでの資源循環型プロセスの早期具体化（技術開発・制度構築）
- ・リサイクルの在り方の研究（鉄鋼・化学）
(例：鉄スクラップの国内有効活用)
- ・研究開発の推進（例：不純物除去、圧延、ケミカルリサイクル、CO2でプラスチック製造）

(3) 業界・企業の枠を超えたDX

- ・業界を超えたデータ共有基盤整備を通じた付加価値向上
(例：ユーザーと一体型のマテリアルズ・インフォマティクス)

