

# 第13回ロードマップ<sup>o</sup>検討会

## 事務局資料

2025年12月24日

経済産業省G Xグループ環境金融室

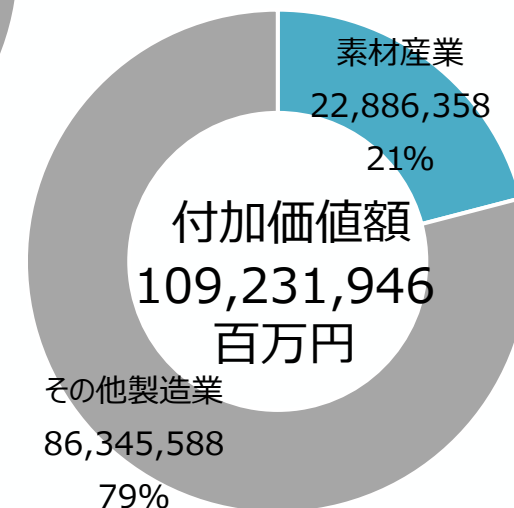
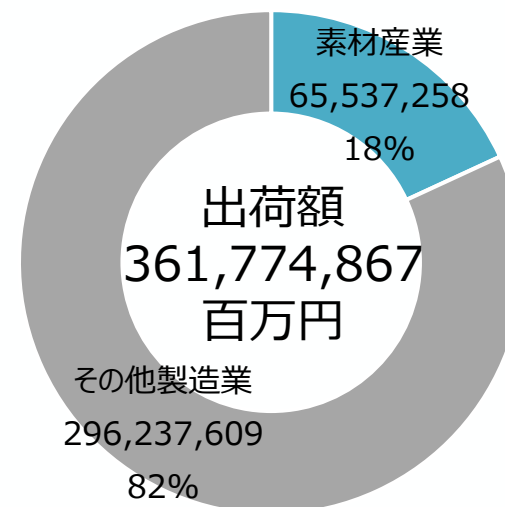
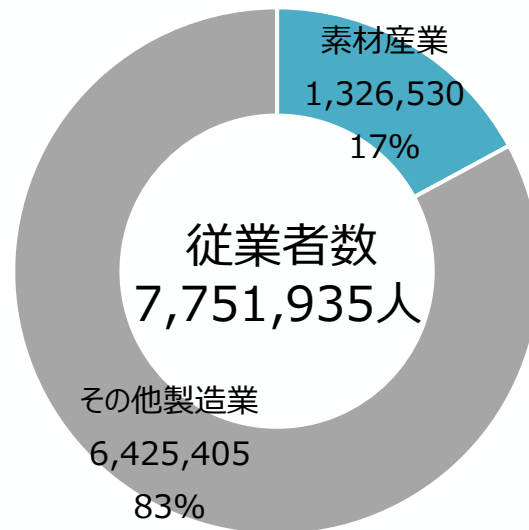
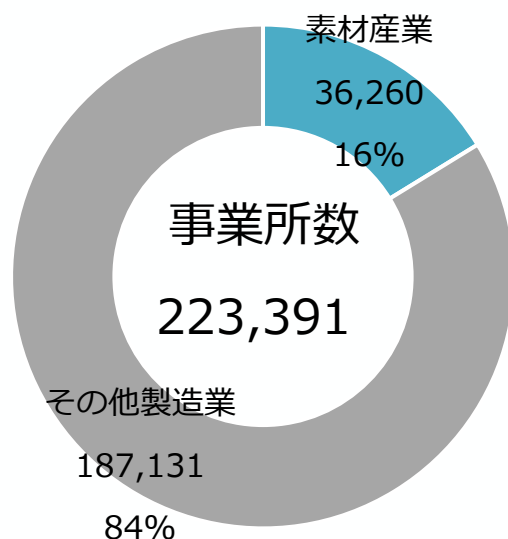


**1. 化学分野の動向**

2. 紙・パルプ分野の動向

## 2. 化学産業について | 製造業における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割を占める。自動車に次ぐ製造業第2位の規模。



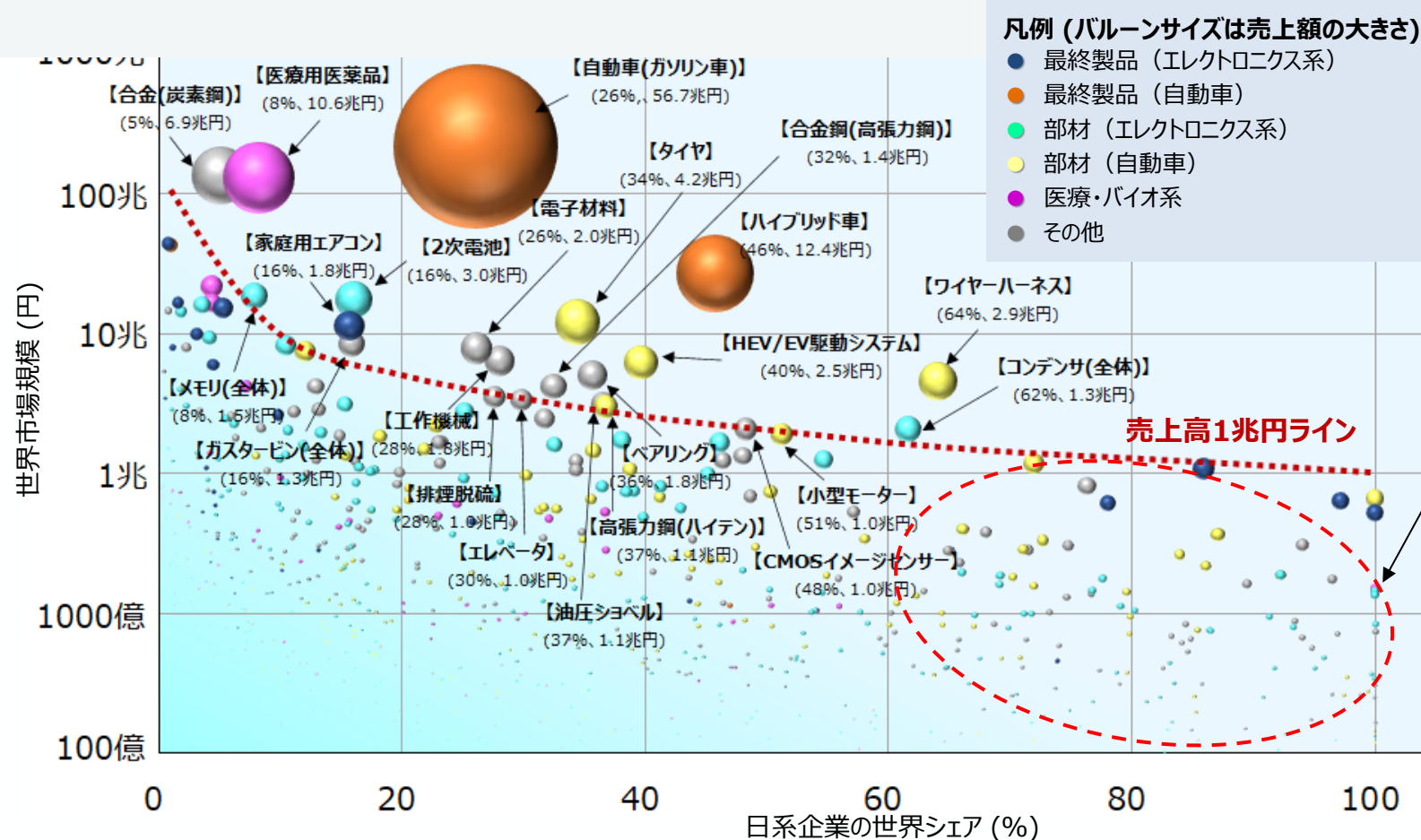
(注) 素材産業は、日本標準産業分類の製造業のうち、以下の合計

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窯業・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) 2023年経済構造実態調査（製造業事業所調査）より作成

## 2. 化学産業について | 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）

- **高機能材**とは、感光性、強磁性、高導電率、絶縁性、高遮熱性、反応促進性能など、一定の**機能の高さに着目して使用される材料**を指す。高機能材は、エチレンやプロピレンなど基礎化学品を結合させることで製造される。
- 高機能材は、市場規模は小さいものの、**日本企業が高いシェアを持つものが少なくない**。
- 自動車、家電、工作機械、医薬品などの最終製品においても、**樹脂・ゴム・塗料などの多様な部素材を化学メーカーが供給している**。



### 高機能材の例

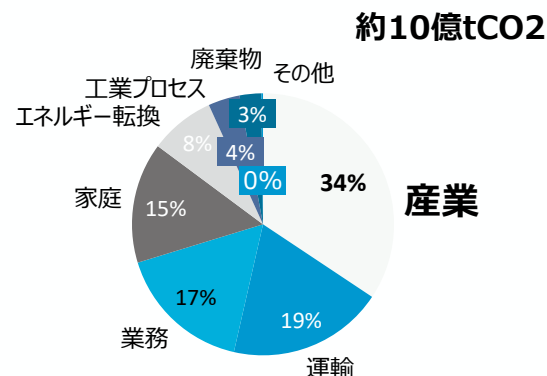
（日系シェア、日系売上高）

- ・GaN基板  
（96%、480億円）
- ・配向膜材料  
（92%、403億円）
- ・フォトレジスト ArF  
（87%、749億円）
- ・炭素繊維 ピッチ系  
（85%、145億円）
- ・カラーレジスト  
（71%、995億円）
- ・黒鉛電極  
（65%、2,772億円）
- ・半導体用ターゲット材  
（63%、368億円）
- ・炭素繊維複合材料  
（61%、731億円）

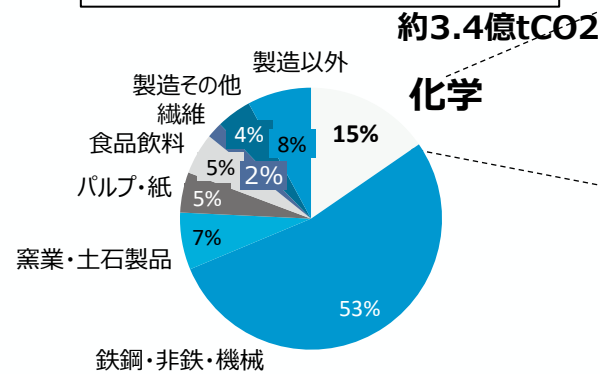
## 2. 化学産業について | CO2排出量

- 2023年度の我が国のCO2排出のうち、産業部門のCO2排出は34%。
- このうち、約15%を占める化学産業において、CO2排出量の削減は喫緊の課題。
- 化学産業ではエネルギー排出に加え、ナフサ等の原料利用による潜在的な排出も存在。

我が国全体（2023年度）

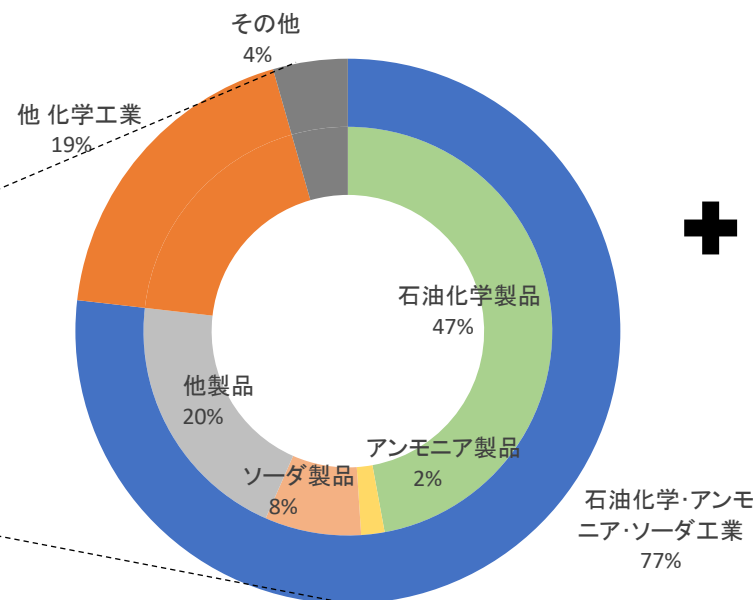


産業部門（2023年度）



化学産業エネルギー由来の排出内訳  
（2023年度）

約5,200万tCO2※



プラ・ゴム製品など

- プラ製品製造業やゴム製品製造業は、標準産業分類上は化学工業に含まれないが、広義の化学工業として扱われる場合がある。
- プラ・ゴム製品製造業は合計で約926万tCO2を排出している。

非エネルギー排出

- 石油化学の原料として、ナフサを年間約3,500万KL利用。
- 利用先製品が焼却された場合などにのみ排出されるため、潜在的な排出といえる。
- 例として、プラスチックの焼却により、年間約1,600万tのCO2が排出されている。

（出典）経済産業省「総合エネルギー統計」（2023年度確報値）、「令和5年資源・エネルギー統計年報」、「貿易統計」

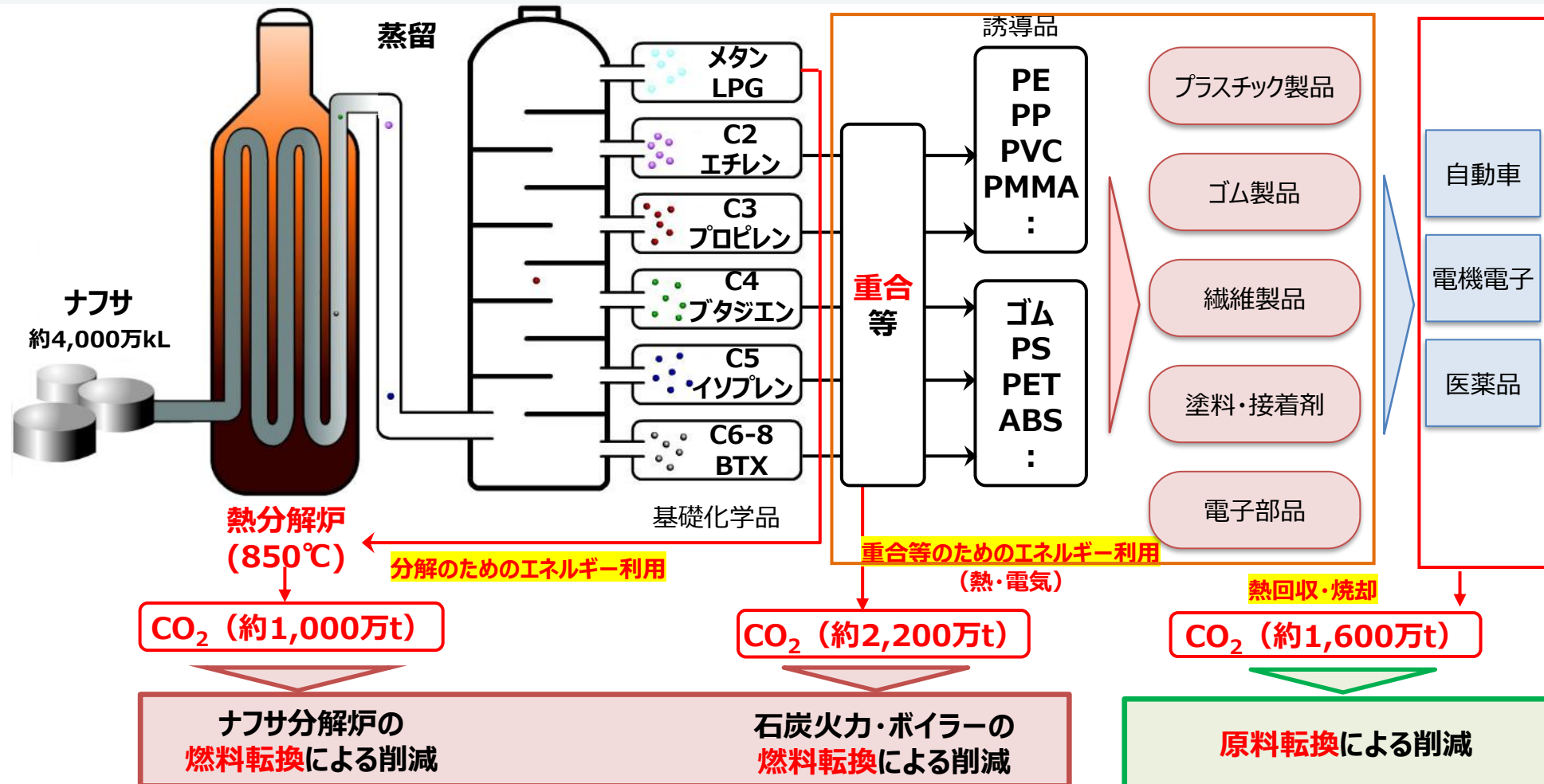
※排出量のみ国立研究開発法人国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ」（2023年度確報値）参照

（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」（2023年度確報値）

## 2. 化学産業について | 石油化学 ナフサ分解からの化学品製造の流れとCO<sub>2</sub>排出

第1回GX実現に向けた専門家WG資料より抜粋  
(令和5年10月5日)

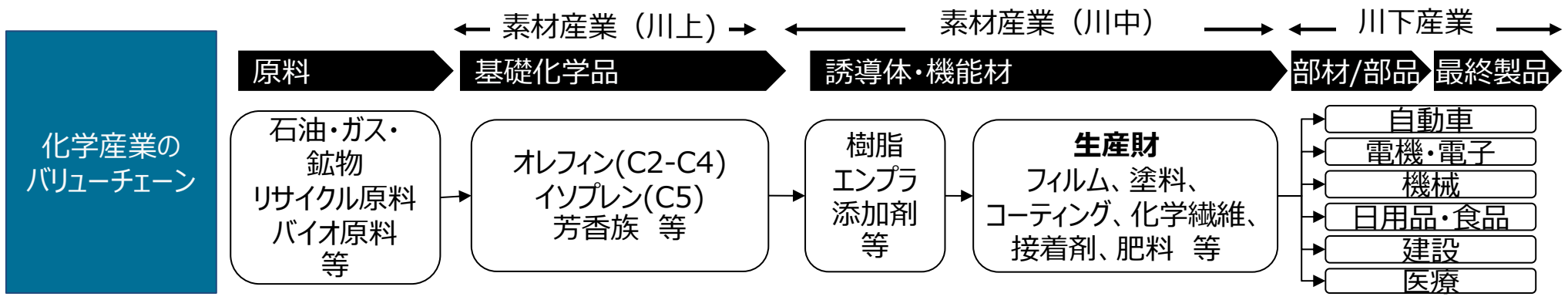
- 日本の化学産業は、ナフサ分解によりエチレン等の基礎化学品を製造・供給することにより、自動車や電気電子産業など、川下産業の競争力の源泉となっている。
- また、化学企業はこれまで機能性材料（半導体材料、ディスプレイ材料、電池材料など）等に注力。現状、各社とも、売上規模は小さいが世界シェアの高い製品を多く有し、着実に利益を上げている。
- サプライチェーンにおける安定調達の観点からも、パイプラインで結合したコンビナートが発展。





# 2. 化学産業について | 石油化学 国際競争力強化に向けた方向性

- 更なる化学産業の競争力強化に向けては、川中である誘導品領域も視野に入れて経済安全保障の観点も踏まえたポートフォリオの見直しやサプライチェーン強靱化等の検討が進めていくことが重要。



化学産業が抱える現状の課題

- 低稼働のもとでの基礎化学品の安定供給（海外品流入に伴い価格転嫁が困難な構造）
- 同様の製品ポートフォリオを有する企業が複数存在

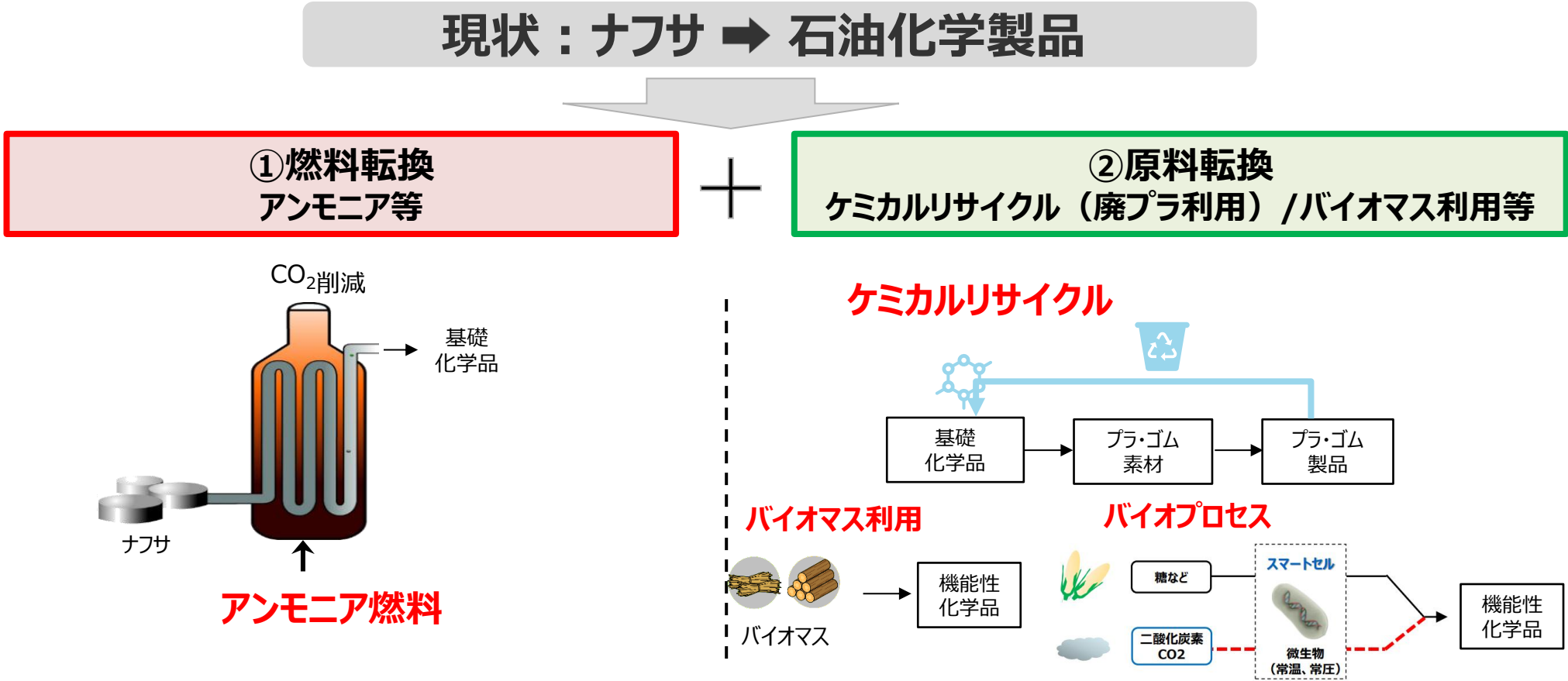
国際競争力の強化に向けた方向性（案）

- エチレン等生産設備の稼働率の適正化
  - 脱炭素化（サプライチェーン強靱化含むマーケットイン型への変革）
  - ポートフォリオの見直し（同時に、基礎化学品の競争力の価値見極め）  
業界として検討が進む
  - コア部材・部品ニーズを更に捕捉し、ポートフォリオ見直と、サプライチェーン強靱化
  - 投資家へのわかりやすい説明と、それに伴う企業価値の向上
- さらなる競争力強化に向けて川中領域も視野に検討を加速していくことが重要**

## 2. 化学産業について | 石油化学 今後の方向性 ; 燃料転換及び原料転換（ケミカルリサイクル、バイオマス利用）

第1回GX実現に向けた専門家WG資料より抜粋  
(令和5年10月5日)

- 化学産業のカーボンニュートラルの実現に向けては、
  - ①ナフサ分解炉の熱源や石炭火力等の燃料をアンモニア等脱炭素燃料へ切り替える「燃料転換」
  - ②ナフサ由来の原料から転換する「原料転換」（バイオエタノールや廃プラスチックからの化学品製造）を並行して進めることが重要。
- BASF等の海外企業では、化学製品の低カーボンフットプリントを訴求する動きが見られ、CBAM（炭素国境調整措置）も見据えると、従来の高機能という我が国の強みに加え、低炭素な化学品の供給拡大が不可欠。





# 排出削減が困難な産業におけるエネルギー・製造プロセス転換支援事業

国庫債務負担行為含め総額 4,247億円

※令和7年度予算額256億円（327億円）

GXグループ 脱炭素成長型経済構造移行投資促進課

製造産業局 金属課、素材産業課

## 事業目的・概要

### 事業目的

2050年カーボンニュートラルに向けて、鉄、化学、紙パルプ、セメント等の排出削減が困難な産業において、エネルギー・製造プロセスの転換を図り、排出量削減及び産業競争力強化につなげることを目的とする。

### 事業概要

排出削減が困難な産業における排出量削減及び産業競争力強化につなげるため、いち早い社会実装に繋がる下記に係る設備投資等を支援する。

#### （１）製造プロセス転換事業

多くのCO2排出を伴う従来の製造プロセスから、新たな低排出な製造プロセスへ転換するため、下記に係る設備投資等を支援する。

##### ①鉄鋼

・従来の高炉・転炉から大幅に排出を削減する革新的な電炉への転換、水素を活用した製鉄プロセスの導入

##### ②化学

・廃プラスチック等を活用しナフサ原料の使用量を低減するケミカルリサイクルへのプロセス転換  
・植物等から製造され、ライフサイクルを通じた排出量が低いバイオ原料への原料転換

##### ③紙パルプ

・化石燃料由来製品等の代替素材となる可能性を有している木質パルプを活用したバイオリファイナリー産業への転換 等

#### （２）自家発電設備等の燃料転換事業

石炭等を燃料とする自家発電設備・ボイラー等において、大幅な排出削減に資する燃料への転換

## 事業スキーム（対象者、対象行為、補助率等）



※対象者の選定にあたっては、真に産業競争力の強化につながるよう、支援対象者に以下の趣旨の内容等を求めることとする。

- ・企業トップが変革にコミットしていること
- ・将来の自立化も見据えながら、自ら資本市場から資金を呼び込めること
- ・市場の需要家を巻き込む努力をしていること 等

## 成果目標・事業期間

短期的には、製造プロセスを革新し排出を抑えつつ、グリーンかつ高付加価値な製品等の創出に向けた投資を促すことを目指す。最終的には、本事業による投資を呼び水とし、今後10年で官民投資8兆円、国内排出削減4千万トン以上を目指す。

## 2. 化学産業について | 石油化学 CO<sub>2</sub>等を用いたプラスチック原料製造技術開発

- プラスチック原料のほとんどはナフサ由来であり、化学産業から排出されるCO<sub>2</sub>の約半分がナフサを分解してエチレン、プロピレン等の基礎化学品を製造する過程等に起因
- また、廃プラスチックの約84%がリサイクルされているが、この内約57%がゴミ焼却発電等の熱源として利用され、最終的にはCO<sub>2</sub>として排出されているため、抜本的な対策が必要

### 燃料転換

#### 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

【CO<sub>2</sub>排出の7割程度削減を目指す】

- 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。



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

### 原料転換

#### CO<sub>2</sub>からの機能性化学品製造技術の開発

【CO<sub>2</sub>原料化を目指す】

- ポリカーボネートやポリウレタン等の機能性化学品を製造する際に、一部化石由来原料のCO<sub>2</sub>代替を目指す。
- 電気・光学・力学特性等の機能性向上にも取り組む。



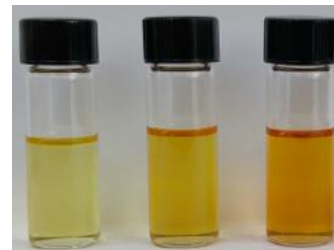
高機能ポリカーボネート  
(カメラレンズ)

### 原料転換

#### 廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術の開発

【CO<sub>2</sub>排出の半分程度削減を目指す】

- 廃プラ・廃ゴム(タイヤ含む)からエチレン、プロピレン等のプラスチック原料等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CO<sub>2</sub>も従来の半分程度を目指す。



廃プラ熱分解油（プラスチック原料）

### 原料転換

#### 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CO<sub>2</sub>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。



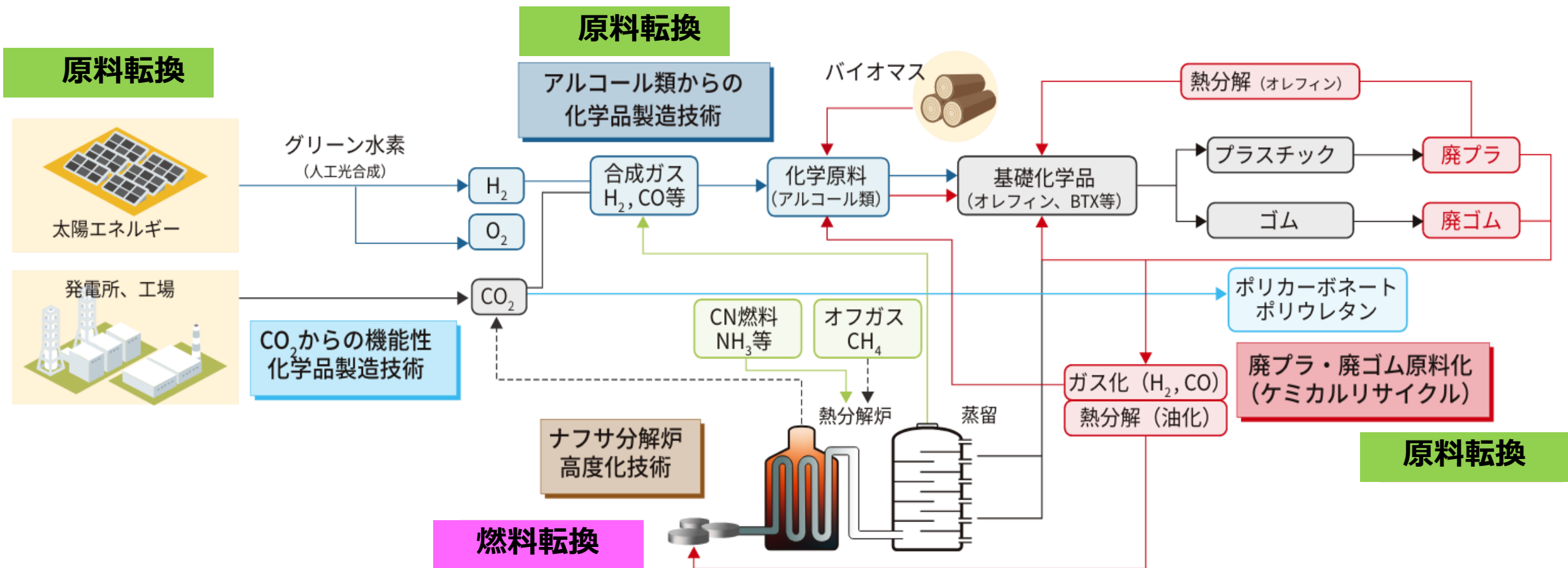
MTO実証



光触媒パネルの  
小規模実証

## 2. 化学産業について | 石油化学 GI基金における燃料転換・原料転換の取組

- 燃料転換の取組としては、アンモニアによる熱源のカーボンフリー化によるナフサ分解炉の高度化に向けた技術開発を進める。
- 原料転換の取組としては、廃プラ・廃ゴムのケミカルリサイクルによる原料化、CO<sub>2</sub>からの機能性化学品製造、バイオマス由来等のアルコール類からの化学品製造などの技術開発を進める。



## 2. 化学産業について | 主要な排出源・脱炭素への手法まとめ

分野		主な排出源	脱炭素への手法
石油化学	基礎製品	<ul style="list-style-type: none"> <li>ナフサ熱分解時における熱及びエネルギー利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ技術等の活用</li> <li>ナフサ分解炉の熱源脱炭素化</li> <li>バイオ、CCU等による原料の転換</li> </ul>
	誘導品	<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎化学製品からの重合等による熱及びエネルギー利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱及びエネルギー利用時の燃料転換・電化</li> </ul>
	最終製品	<ul style="list-style-type: none"> <li>製品成形時の熱及びエネルギー利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ技術等の活用</li> <li>熱及びエネルギー利用時の燃料転換・電化</li> </ul>
	リサイクル	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃プラ等燃焼時による排出</li> <li>リサイクル時のエネルギー使用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ケミカル・マテリアルリサイクルの拡大</li> <li>ケミカル・マテリアルリサイクルの効率向上、低炭素化プロセスの開発</li> </ul>
無機化学 (苛性ソーダ、産業ガス)		<ul style="list-style-type: none"> <li>苛性ソーダ、産業ガス製造時における電解等による熱及びエネルギー利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱及びエネルギー利用時の燃料転換・電化</li> <li>省エネ技術等の活用</li> </ul>

■:燃料転換に関する取組    ■:原料転換に関する取組



# 分野別投資戦略

- 企業の予見可能性を高めてGX投資を引き出すため、国は分野別投資戦略を策定。化学について以下のような方向性が示されているほか、水素等・CCSについても策定されている。

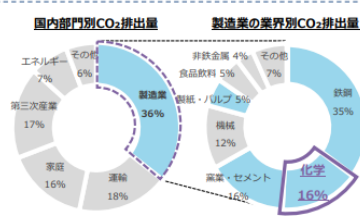
## 化学の分野別投資戦略①

**1 分析**

- 自動車、半導体等の高付加価値産業に不可欠な素材を供給する基幹産業。2019年における付加価値額（17兆円）は製造業の中で自動車産業（輸送用機械器具）を抑え1位。高機能化学品の国際競争力は高い。  
※経済産業省工業統計調査編
- 原油を原料とするナフサが、多種多様な化学品の原料になる。ナフサを分解する過程で、約850度の熱が必要。また、化学品を合成する際に電気・熱も必要。
- ナフサ分解により生成されるIPI等の基礎化学品を、経済的に展開するため、ナフサ分解炉から化学品製造までパイプラインで連なる石油化学コンビナートが、全国8箇所で形成（排出削減には地域での面的対応が必要）。
- 一方、ナフサ分解炉の稼働率は、収益性の目安となる9割を切る状況が続く。

**<方向性>**

- ナフサ分解炉の最適運用等の構造転換により、GX投資の原資を捻出
- コンビナート毎に最適なエネルギー転換（アンモニア等）やバイオ利用、ケミカルリサイクル等を通じて、高機能かつ低炭素化学品の供給拡大。
- ケミカルリサイクル等を含むGX関連システム・ビジネスを海外展開。



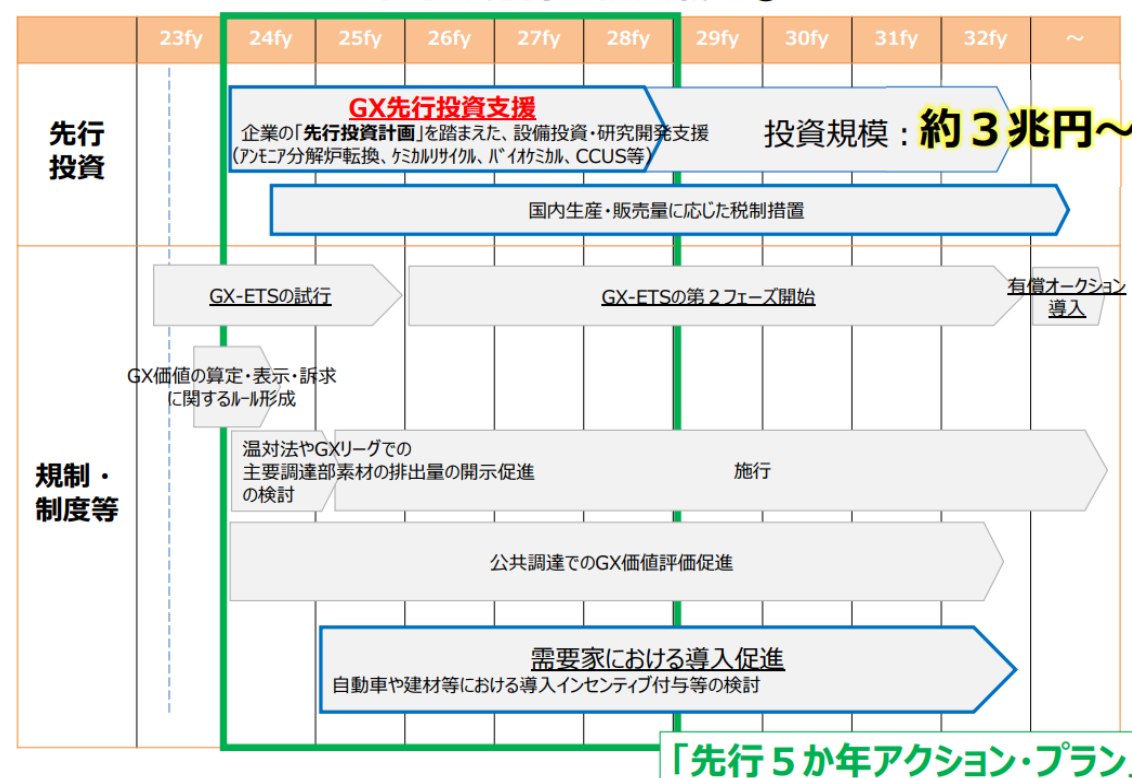
（出所）国環研 日本の温室効果ガス排出データ2020年度確報値

**2023年から10年程度の目標**

**国内排出削減：約1,000万トン**

**官民投資額：約3兆円～**

## 化学の分野別投資戦略②



**2 GX先行投資**

- 燃料転換の促進（アンモニア分解炉等への転換）
- ケミカルリサイクル・バイオ原料/プロセスへの転換投資（原料転換）による、原油由来ナフサの低減  
※その他、省エネ投資（将来の水素利用等、脱炭素転換を見越した、自家発電の石炭からガスへの移行含む）

**<投資促進策> ※GXリーグと連動**

- 構造転換を伴う、設備投資の補助
- ※併せて、国内での水素・アンモニア利用に要する価格差に着目した支援等について検討（※水素等の分野別投資戦略と連動）
- グリーンケミカルの国内生産・販売量に応じた税制措置
- GI基金によるR&D・社会実装加速※措置済み
- 省エネ補助金等による投資促進

- 省エネ法の「非化石エネルギー転換目標」等による原燃料転換促進
- GX-ETSの更なる発展（26年度から第2フェーズ開始）※GXリーグと連動
- プラスチック資源循環促進法等を通じた資源循環システムの構築

**3 GX市場創造**

**<Step1 GX価値の見える化>**

- GX価値（カーボンフットプリント：CFP、マテリアリティ、リサイクル等）についての算定・表示ルール（対最終消費者を含む）形成（GXリーグと連携・欧州など、国際的に調和されたルール形成を追求）
- 大口需要家の、主要部素材の製造に伴う排出量の削減目標の開示促進（温対法・GXリーグと連携）

**<Step2: インセンティブ設計>**

- 公共調達におけるGX価値評価促進
- 大口需要家（自動車・建材等）に対する需要喚起策の導入（例：導入補助時のGX価値評価、GX価値の表示スキーム）

**<Step3: 規制/制度導入>**

- Step2までの進展を踏まえた、大口需要家（自動車・建材等）を対象にした規制導入の検討

24

26

# 化学の分野別投資戦略：進展・現状評価と今後の方針

GX先行投資				GX市場創造	
進展状況		関連企業	投資分野	金額(億円)	
	技術開発	三井化学 ブリヂストン 日本ゼオン 住友化学 東ソー 三菱ケミカルなど	CO <sub>2</sub> を用いたプラスチック原料製造技術開発(熱源転換・原料転換・原料循環)	GI基金 上限1,540 (国費負担額のみ)	<div>&lt;Step:1&gt; GX価値の見える化</div> <div>&lt;Step:2&gt; インセンティブ設計</div>
	設備投資	レゾナック 大阪ソーダ	燃料転換 原料転換	HtA補助金 事業総額 247 補助上限 81	<div>&lt;Step:3&gt; 規制/制度導入</div>
現状評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>HtA支援開始を契機として、ナフサクラッカーの統廃合を含む業界の再編検討が加速</li> <li>他方、GX製品市場の予見可能性が低いこと、CN燃料の供給見通しの不確実性が高いこと、インフレにより事業費が相当高騰していることから、事業の不確実性が極めて高く、GX投資の意思決定難度が上がっている</li> </ul>				<div>STEP 1 : CFPガイドライン(23年5月)の公表済み。 一方、国際的に調和されたルール形成に向けては検討中</div> <div>STEP 2 : GX率先実行宣言企業に対して補助事業で加算</div> <div>STEP 3 : ETS制度の検討</div>
今後の方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎化学品などの内需を中心とする事業は、時間軸に十分留意しながらグリーン化と原価低減の両立を実現。</li> <li>競争力があり低炭素な先端素材等の高付加価値な機能性化学品については、供給力を確保・拡大し、外需の獲得に繋げる。</li> <li>市場創造を実現するため、マーケットイン型の化学品の供給を更に推進。</li> <li>燃料転換・原料転換・ナフサクラッカーの稼働率の適正化などの構造転換の促進支援の継続</li> <li>競争力があり低炭素な先端素材等の機能性化学品の供給力拡大に向けたポートフォリオ見直しを加速すべく、当該取組への支援を明確化</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>既存のサプライチェーンの枠を超えて、GX製品を創出可能となる強靱なサプライチェーンへの転換</li> </ul>



### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

#### ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術 | ナフサ分解炉

ナフサ分解炉	技術名	概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
	BPT (エチレン製造設備)	✓ 運転方法の改善、排出エネルギーの回収、プロセスの合理化、設備・機器効率の改善	39万t削減	既に導入	✓ 化学業界のCN行動計画
	アンモニア、水素等への 燃料転換	✓ 石油・重油などからアンモニア、水素等への燃料転換 ✓ アンモニア、水素バーナー等を利用	0.35	2030年代	✓ <u>GI基金-社会実装計画</u> ※4
	オフガスメタンの原料化	✓ ナフサ分解炉から排出されるメタン等のオフガスをプラスチック等向けに原料化	0～0.35	2040年代	✓ GI基金-社会実装計画

※1：排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画

### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

#### ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術 | 原料転換

原料転換	技術名		概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
	バイオマス による 原料転換	基礎 化学品	✓ バイオマス利用により、メタノールやエタノールなどの化学品原料、もしくはエチレン・プロピレン・BTXなどの基礎化学品を生産	0~2.0※7 CO2吸収：3.14	既に導入	✓ グリーン成長戦略、DECHEMA、IEA ETP CETG、バイオモノづくり革命推進事業
		ポリマー 及び原料	✓ バイオマスを利用したバイオポリマー及びそのモノマー原料の生産 ✓ バイオ原料となる植物育成	-	2030年代	✓ カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発
	バイオマスによる原料転換 + CO2回収		✓ バイオマスを化学品とする際にCCSを実施（BECCS等を含む）	-	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画※4 ✓ IEA ETP CETG 等 ✓ CCS長期ロードマップ検討会最終とりまとめ
	水素・CO2からメタノール生産		✓ 水素とCO2を原料とし、化学品原料であるメタノール・エタノール等を生産	0.6~ CO2利用：1.373t	2030年代	✓ カーボンリサイクル技術ロードマップ ✓ IEA CETG、DECHEMA ✓ GI基金-社会実装計画
	MTO・ETO		✓ メタノールやエタノールからオレフィン（エチレン・プロピレンなど）を生産	0.0 (再エネ前提)	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画
	CO2からオレフィン等の 炭化水素生産		✓ CO2の電気分解・合成を利用した炭化水素の生産	-	2030年代	✓ ムーンショット型研究開発事業 ✓ IEA ETP CETG ✓ DECHEMA
	CO2を原料とした 機能性化学品の生成		✓ ポリカーボネート、ポリウレタン原料、DMCなどをCO2から生産	0.95、0.45tCO2/t 削減(DRC、MDI) 0.35kgCO2原料化	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画
	CO2からメタン生産		✓ 水素を利用したメタネーション	-	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ メタネーション推進官民協議会 ✓ IEA CETG
	人工光合成		✓ 人工光合成により、メタノールなどの化学原料に利用する水素を生成する	0.0 (再エネ前提)	2040年代	✓ GI基金-社会実装計画

※1：排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。  
 ※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。  
 ※3：実装年の参照先には下線を付加。  
 ※4：グリーンバリューチェーン基金における研究開発・社会実装計画

### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

#### ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術 | 無機化学、自家用蒸気・自家用電力等

産業・ガス・ソーダ・電解

無機化学

技術名	概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
BPT	✓ 省エネ・高効率化技術：高効率の深冷分離装置等の導入、ポンプ・圧縮機等のインバーター化、配送基地の見直し等	—	既に導入	✓ JIMGA省エネルギー事例集
BPT	✓ 省エネ・高効率化技術：高度制御/設備の更新・高効率化/ゼロキャップ電解槽の導入/複極式電解槽の導入/濃縮設備の熱回収 等	78万t削減	既に導入	✓ 化学業界のCN行動計画
BPT	✓ ボイラーの小型化、運転管理、省エネ蒸留技術、省エネ型スチームトラップの適用範囲拡大、コジェネレーション、ヒートポンプ等	78万t削減	既に導入	✓ 化学業界のCN行動計画
天然ガスへの燃料転換	✓ 自家用電力・蒸気について、石炭・重油などから天然ガスに転換	0.32~0.415 ※4 (kgCO2/kwh)	既に導入	✓ グリーン成長戦略 ✓ 化学業界のCN行動計画 ✓ 温暖化対策計画
バイオマスへの燃料転換	✓ バイオマスの混焼・専焼など	—	既に導入	✓ 化学業界のCN行動計画 ✓ エネルギー基本計画
水素・アンモニア等への燃料転換	✓ 水素発電、アンモニア混焼、ガスタービンにおけるアンモニア専焼技術など	最大100%削減	2020年代後半	✓ GI基金-社会実装計画※5 ✓ グリーン成長戦略 ✓ 化学業界のCN行動計画 ✓ IEA CETG
電化	✓ 電熱により水蒸気を製造 ✓ 再エネ（太陽電池、水力等）導入	最大100%削減 (再エネの場合)	—※6	✓ DECHEMA ✓ エネルギー基本計画 ✓ 温暖化対策計画
排ガス等からのCO2分離回収	✓ 天然ガス火力、化学プロセス、焼却処理等からのCO2回収 ✓ 化学吸収、化学吸着、物理吸収、膜分離等 ✓ CCSの導入	最大100%削減	2030年代	✓ グリーン成長戦略 ✓ GI基金-社会実装計画 ✓ IEA CETG ✓ CCS長期ロードマップ検討会最終とりまとめ

※1：排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：天然ガス火力発電（従来型LNG火力・GTCC）の発電量あたりCO2排出量を記載

※5：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画

※6：DECHEMA（2017）では、TRL7として記載。

### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

#### ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術 | 最終製品、リサイクル

技術名		概要	排出係数/削減幅※1	実装年※2	参照先※3
最終製品	高効率生産技術	✓ 機能性化学品の生産に際し、従来のバッチ法ではなくフロー法による連続生産などを行う	2030:491万t/年 2050:1,170万t/年	2020年代	✓ 革新的環境イノベーション戦略、NEDO資料
	軽量強化部材 (セルロースナノファイバー等)	✓ 多様なCNFの複合技術により、自動車用等の軽量強化材料を製造。石油由来素材の削減に資する技術など。	373万tCO2/年削減※4	2020年代	✓ NEDO資料※4
	N <sub>2</sub> O等抑制技術	✓ 排ガス・半導体ガス処理、排水/汚泥/廃棄物/バイオマス、処理、農業分野等におけるN <sub>2</sub> O等抑制技術（CO <sub>2</sub> 以外のGHG抑制技術）	-	2035年代	✓ NEDO資料※5
	マテリアルリサイクル	✓ 廃プラスチックからプラスチック製品を生産等	0~1.0	一部既に導入	✓ 温暖化対策計画 など
リサイクル	ケミカルリサイクル	廃プラ ✓ ガス化、油化、熱分解等により、混合プラを含む廃プラスチックからオレフィンを生産	0.8	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画※6 ✓ 化学業界のCN行動計画 ✓ 温暖化対策計画 ✓ IEA CETG
		廃ゴム ✓ ガス化、油化、熱分解等により、廃ゴムからオレフィンを生産	1.2	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画 ✓ 化学業界のCN行動計画
		廃タイヤ ✓ 廃タイヤよりリサイクルされるCBをバージン材と同等の品質で製造する技術	1.0kgCO2/kg-CB	2030年代	✓ GI基金-社会実装計画

※1：排出係数は各プロセスのものであり、誘導品・樹脂生産といった下流工程は含んでいない。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：NEDO 炭素循環社会に貢献するセルロースナノファイバー関連技術開発 説明資料の令和12年度時点の成果目標より抜粋

※5：NEDO 温室効果ガスN<sub>2</sub>O の抑制分野の技術戦略策定に向けて Vol. 105 2021 年 6 月

※6：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画

# 主な更新内容（化学分野）

項目	各分野共通の更新事項
業界概要・参考資料	<ul style="list-style-type: none"><li>データ・リンク等を最新版に更新（産業規模、GHG排出状況等）</li><li>「排出削減が困難な産業におけるエネルギー・製造プロセス転換支援事業」について追加</li><li>GI基金「CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発」について追加</li><li>分野別投資戦略の資料を追加</li></ul>
技術リスト 線表	<ul style="list-style-type: none"><li>各種参照先の追加（カーボンニュートラル行動計画、GI基金等）</li><li>ナフサ分解炉における天然ガスへの転換を削除（化学業界のCN行動計画）</li><li>ケミカルリサイクルの一種として廃タイヤを追加（GI基金にて新たにテーマ採択）</li><li>一部技術の実装年を更新（カーボンマネジメント小委員会中間整理（2025年7月）等に基づき「バイオマスによる原料転換+CO2回収」を2020年代から2030年代に更新、GI基金社会実装計画に基づき「CO2からメタン生産」を2020年代から2030年代に更新）</li></ul>
CO2排出の 削減イメージ	<ul style="list-style-type: none"><li>実績値や「2040年度におけるエネルギー需給の見通し」を反映して経路を更新</li><li>ナフサ分解炉の生産集約に関する動向踏まえ、生産量の下限を修正</li><li>「経路に大きな影響を与える主要素」を追加</li></ul>

### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ③科学的根拠／パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照して策定しており、パリ協定と整合する。
- 具体的には、各種省エネ・効率化や燃料転換などによる着実な低炭素化に加え、CCUSなどの革新的技術を積極的に導入することで、2050年のカーボンニュートラルを実現していくものである。

CO<sub>2</sub>排出削減イメージの試算結果※1、2、3

#### CO<sub>2</sub>削減イメージの試算概要・根拠等

##### 概要・策定根拠

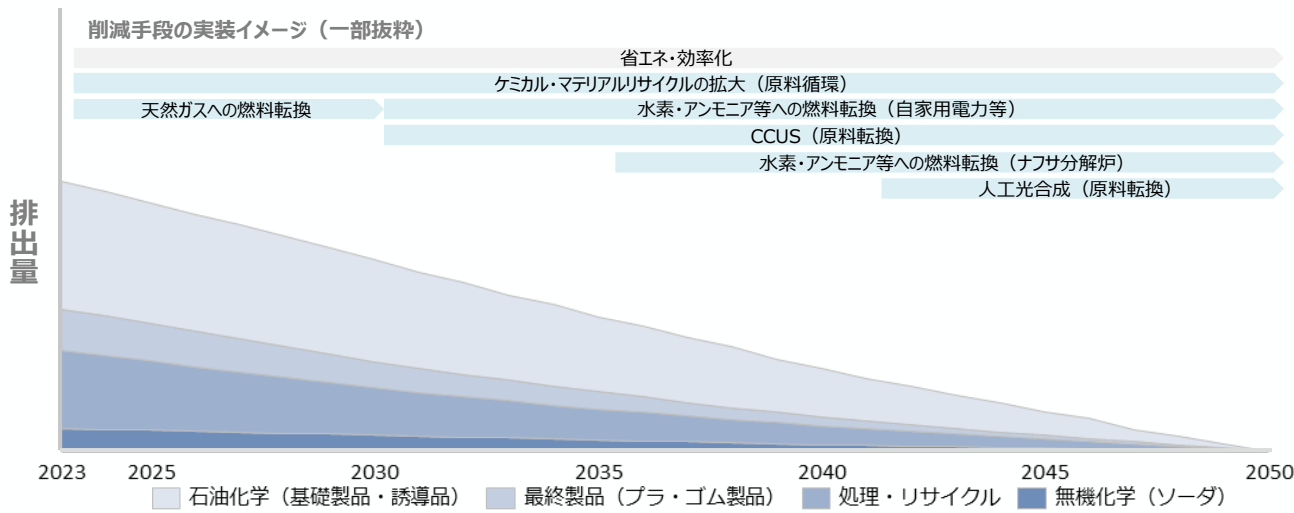
- 右図は、p33～36に記載の技術による排出削減経路を試算のうえ、その結果をイメージとして示したもの。
- 試算にあたっての各種想定は、「第7次エネルギー基本計画」における、「2040年度におけるエネルギー需給の見通し」等、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各種政府施策や、国際的に認知されたパリ協定整合のシナリオ等を踏まえ設定している。

##### 経路に大きな影響を与える主要要素

- 各種化学品の需要・生産量
- 自家発・自家用蒸気等の燃料転換
- 原料転換・リサイクル
- ナフサ分解炉の燃料転換

##### パリ協定整合性の確認

- 削減イメージの試算結果は、「経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会」において、日本の地域・産業特性を踏まえつつ、NDCや国際的に認知されたシナリオとの整合を検証し、パリ協定整合であることを確認している。



主要な削減方法	対象	概要
(1) 燃料転換	全部門	ナフサ分解炉や自家発電等について、短期的にはBPTや天然ガス、中長期的には水素・アンモニア等に燃料を転換する。
(2) 原料転換	処理・リサイクル、石化	廃プラ・廃ゴム・廃タイヤの焼却・サーマルリサイクルを減らし、ケミカル・マテリアルリサイクルを拡大する。
	石化、最終製品	バイオマスやCO <sub>2</sub> 由来の原料を利用した化学品・製品に転換する。人工光合成技術も活用する。

※1 我が国における化学産業のうち本ロードマップの対象分野としての削減イメージであり、実際には化学各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

※2 省エネ技術の進展や水素・アンモニアなどの新燃料の安定・安価な供給、他産業との連携によるDAC等を含めたCCUSやその関連のインフラ、サーキュラーエコノミーなど新たな社会システムの構築などが整備されていることが前提。



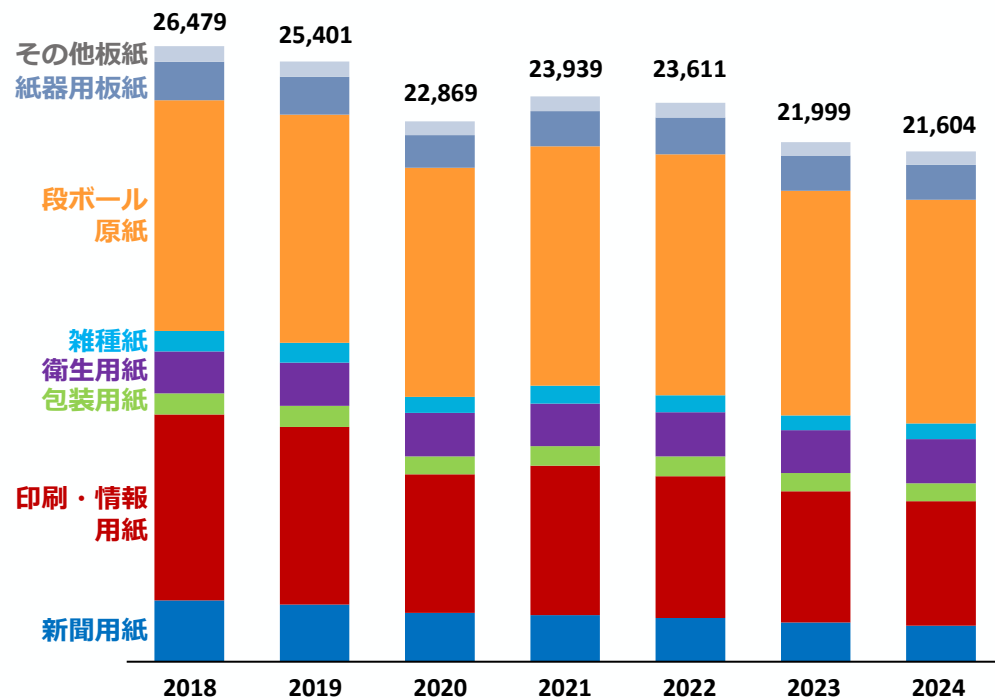
- 
1. 化学分野の動向
  2. 紙・パルプ分野の動向

## 2. 紙・パルプ産業について | 産業規模

- 木材・古紙等からパルプ及び紙・板紙原紙を製造、あらゆる加工技術により情報用途や包装、衛生用途などの多様な機能を有し、各種産業活動や家庭生活を支える、紙・板紙製品を製造している。
- 国内総出荷額は約7.8兆円（製造業全体の約2.1%）。従業員数は約18.4万人。
- 少子化やデジタル化の進展等の構造的要因により、紙を中心に国内需要は減少が著しく、更にコロナにより加速化。各社は、製紙中心から収益構造の多様化を模索。

### 紙・板紙生産量（千トン）

- 新聞用紙、印刷・情報用紙を中心に生産量が大きく減少。
- 段ボール等板紙はECの拡大により2022年までは比較的堅調だったが、コロナ禍が明け、EC需要減・段ボールの値上げ等の要因で減少傾向。



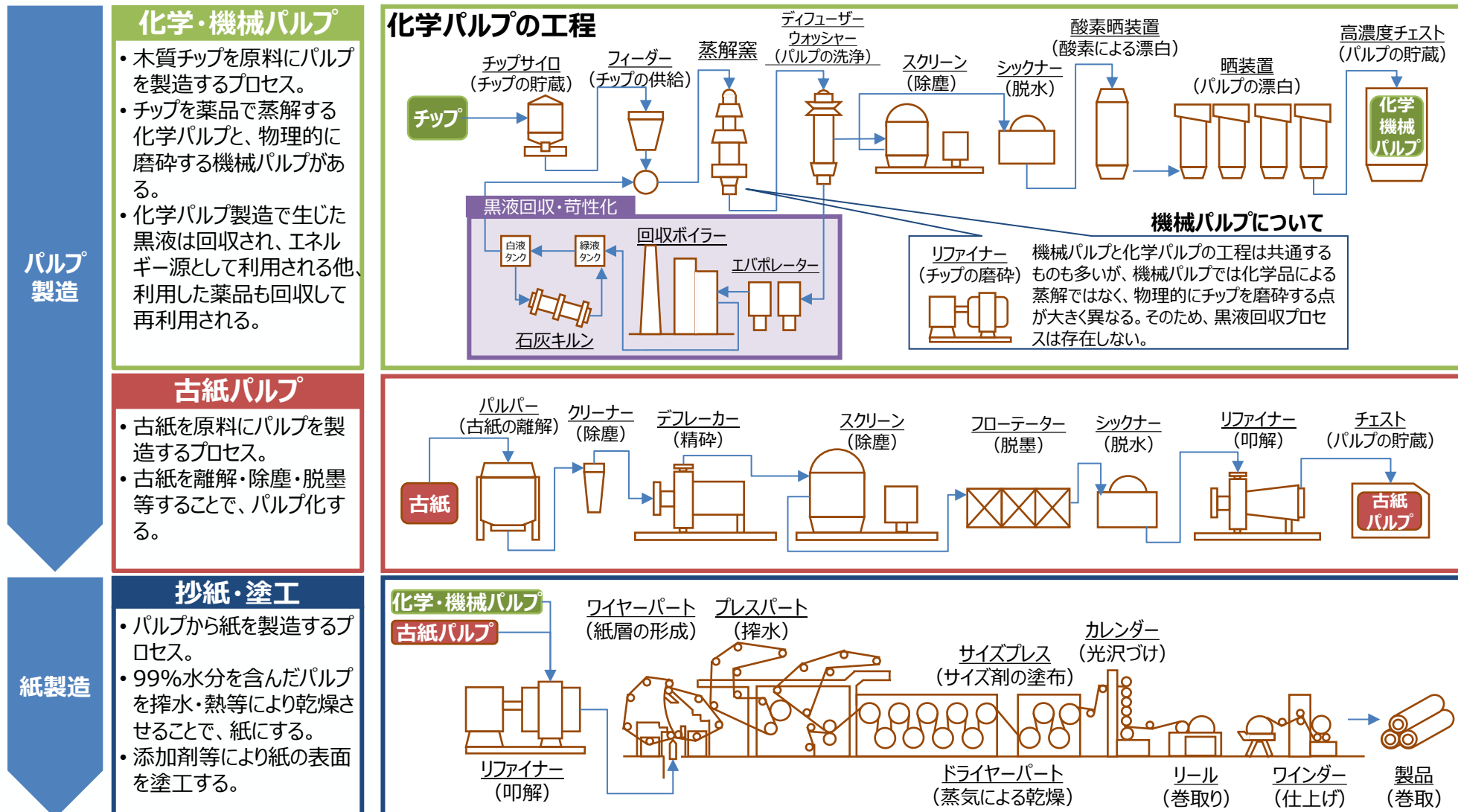
### 紙・板紙の主な種類と用途

- 紙・板紙は、情報、包装、衛生、その他様々な用途で利用されており、多様な産業活動・家庭生活を下支えしている。

紙・板紙			
情報	包装	衛生	その他
<b>新聞用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>新聞用紙</li> </ul>	<b>袋・包み袋用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>両更クラフト紙</li> <li>純白ロール紙 など</li> </ul>	<b>衛生用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>トイレトペーパー</li> <li>ティッシュペーパー</li> <li>ペーパータオル など</li> </ul>	<b>工業用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>壁紙</li> <li>積層板</li> <li>食器容器</li> <li>電気絶縁紙</li> <li>グラシン紙</li> <li>ライスペーパー</li> <li>建材原紙</li> <li>ワンプ</li> <li>紙管 など</li> </ul>
<b>情報用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>情報用紙</li> </ul>	<b>段ボール用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>外装用クラフトライナー</li> <li>内装用ライナー</li> <li>中芯原紙 など</li> </ul>		<b>家庭用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>書道用紙 など</li> </ul>
<b>印刷用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>上級印刷紙</li> <li>薄葉印刷紙</li> <li>特殊印刷紙</li> <li>中級印刷紙</li> <li>下級印刷紙</li> <li>アート紙</li> <li>その他塗工紙</li> <li>微塗工上質紙 など</li> </ul>	<b>紙器用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>白ボール</li> <li>マニラボール</li> <li>黄板紙</li> <li>色板紙 など</li> </ul>		

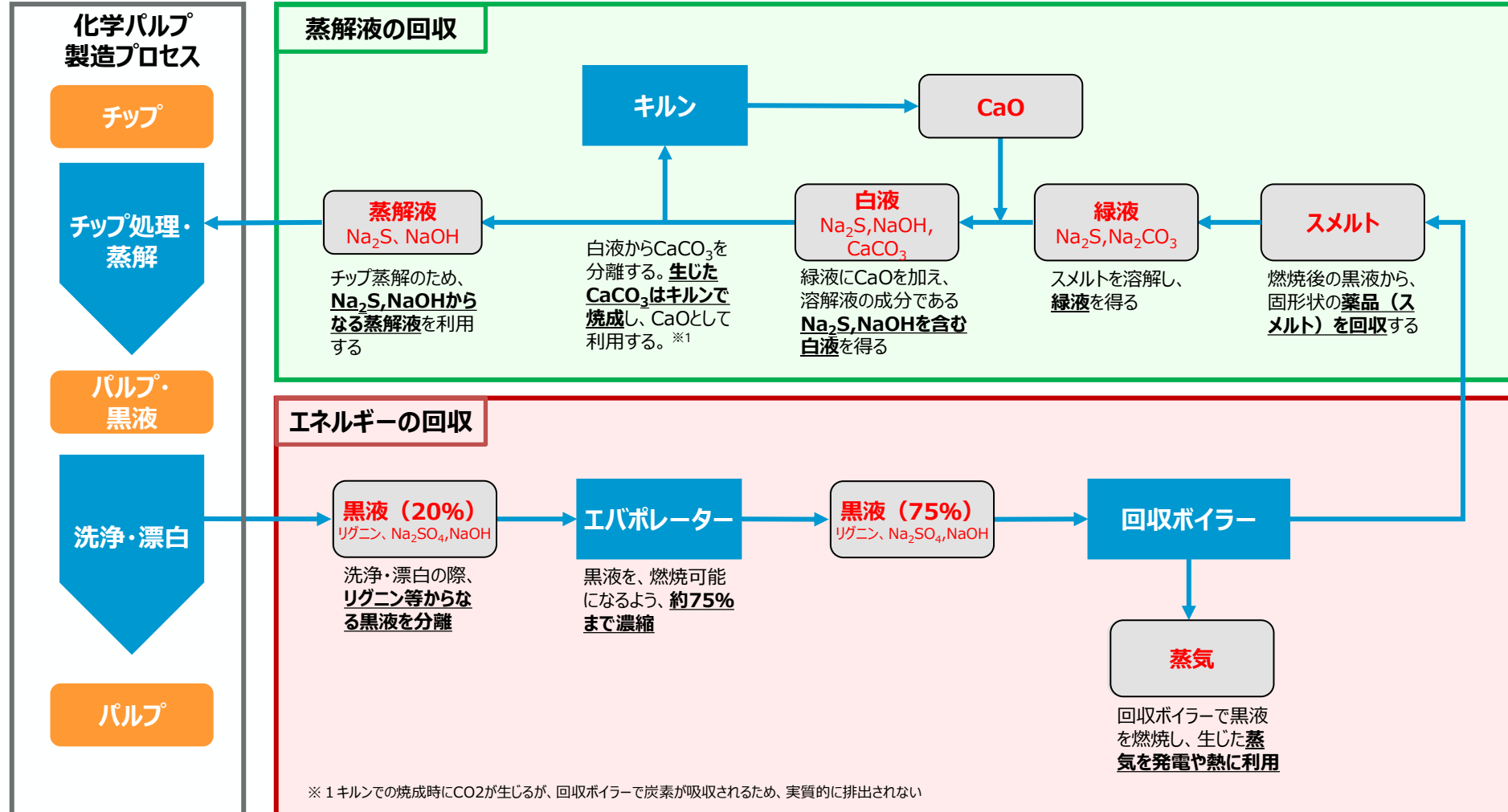
## 2. 紙・パルプ産業について | 紙・パルプの製造工程

- 紙・パルプの製造工程は、木質チップと古紙を原料としてパルプを作る前工程と、パルプから紙を作る後工程からなり、蒸解や乾燥の工程に多くの熱・電気を必要としている。



## 2. 紙・パルプ産業について | 化学パルプ製造に伴うエネルギー及び使用薬品の有効利用

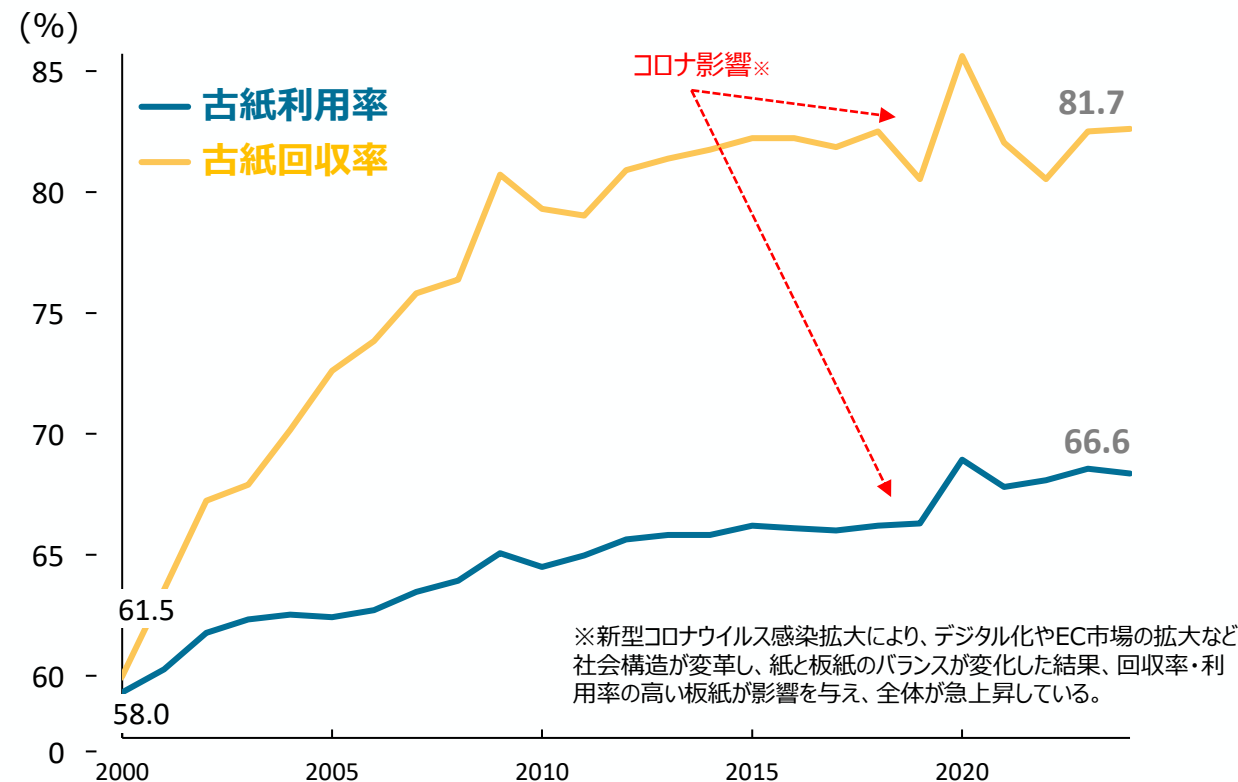
- 化学パルプの製造工程で生じる黒液（リグニンを主成分とする廃液）を濃縮し、回収ボイラーで燃料利用している。また、ボイラーで燃焼後の黒液から薬品を回収、苛性化することで蒸解に使う成分を生成し、エネルギーの有効利用と薬品の循環を効率的に行っている。



## 2. 紙・パルプ産業について | 古紙リサイクルによる資源循環

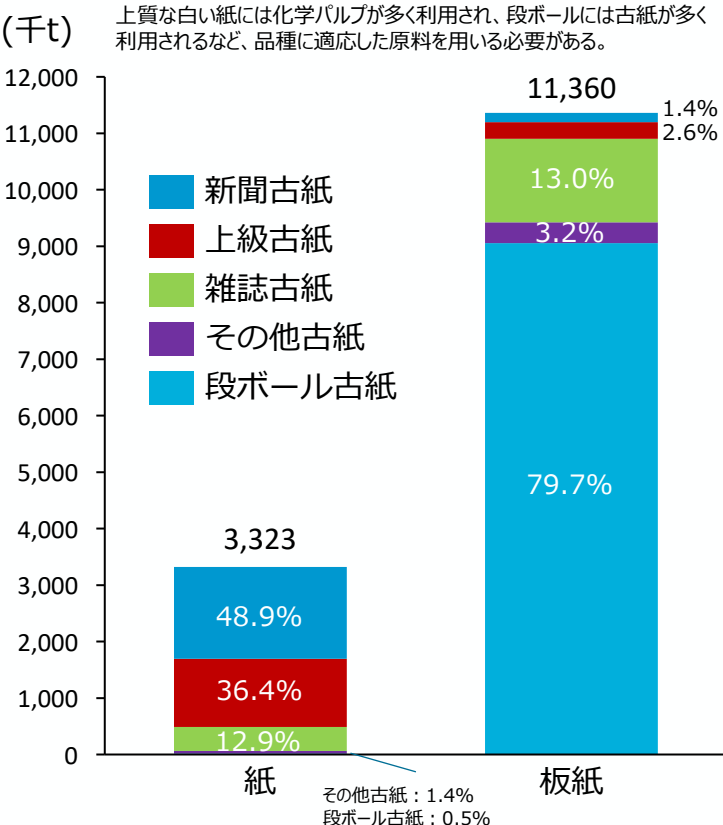
- 日本の古紙回収率・利用率は世界でも高水準であり、回収システムの整備により資源循環社会を形成している。紙の生産者かつ古紙の需要者として、古紙利用を促進している。また、原料確保の観点から、難処理古紙（従来、回収・利用困難であった紙ゴミ）の活用拡大の取組も進めている。
- 回収された古紙は主に国内で製紙原料として利用されるが、一定割合は東南アジア等に輸出し、需給バランスを保っている。

古紙の回収率及び利用率の推移



(出所) 紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計年報、経済産業省生産動態統計年報・月報、財務省貿易統計より作成

古紙の紙・板紙別消費量（2024年）



## 2. 紙・パルプ産業について | 持続的な森林経営

- 製紙業界では、原料となる森林を保有しており、適切な管理を通じて、生物多様性の保全・人権の尊重をはじめ持続可能な森林経営を進め、CO2吸収・固定化の促進に寄与している。
- 計画的な伐採・再植林、植林面積の拡張、環境適応性や生長量が高い林木育種の推進によるCO2吸収・固定量の拡大により、社会全体のカーボンニュートラルに貢献することができる。

### 産業植林のイメージ



（出典）日本製紙連合会HP、日本製紙HP

### 製紙業界の海外植林

実施面積 398,500ha（2024年末現在）



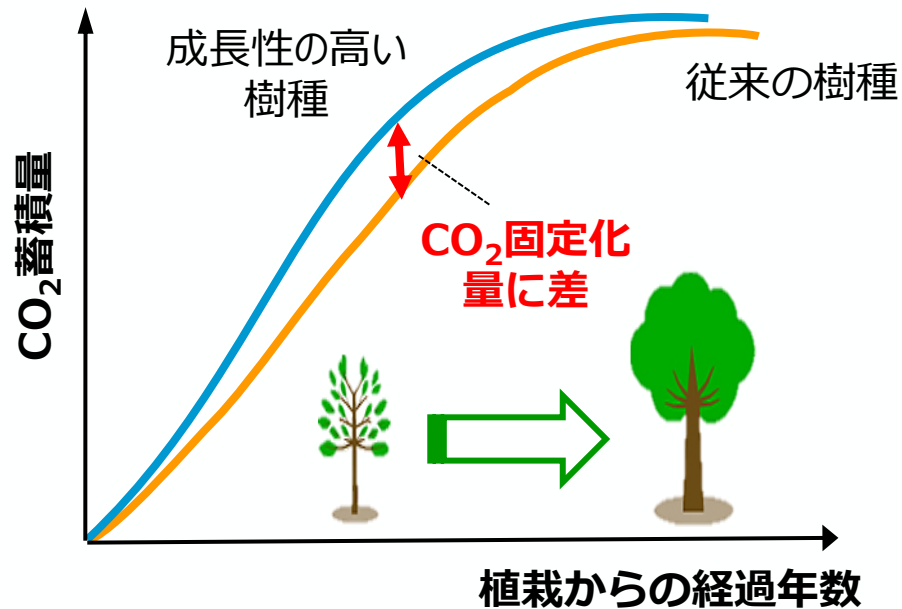
資料：日本製紙連合会



## 2. 紙・パルプ産業について | 早生樹（エリートツリー）

- 成長が早い林木育種（エリートツリー等）を植林することで、同じ森林面積でも生長量及びCO<sub>2</sub>吸収量が多くなり（1.5倍以上）、社会全体のカーボンニュートラルに貢献する他、国内に広大な森林を所有・管理する製紙企業のネットゼロ実現にも寄与し得る。

### 植林木の成長性とCO<sub>2</sub>蓄積イメージ



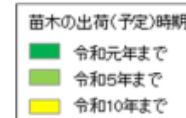
※伐採後もエリートツリーを再度植林していくことで、総固定量が常に増加する想定。

### エリートツリーについて

#### エリートツリー等の出荷(予定)

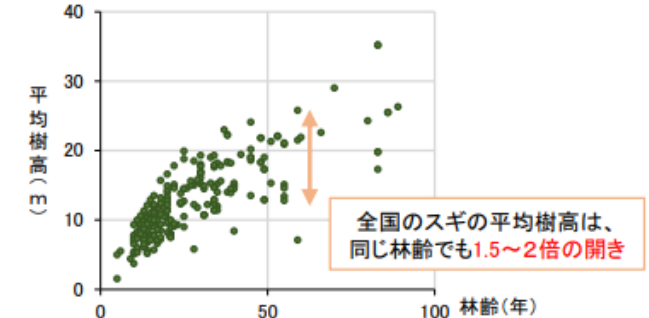
令和10年までに、スギの特定母樹由来苗木は、29府県で出荷予定。

#### <スギの事例>



※林野庁業務資料(R2.3末時点)

#### 植栽の適地について



※林野庁業務資料(全国のスギ造林地250地点を調査)

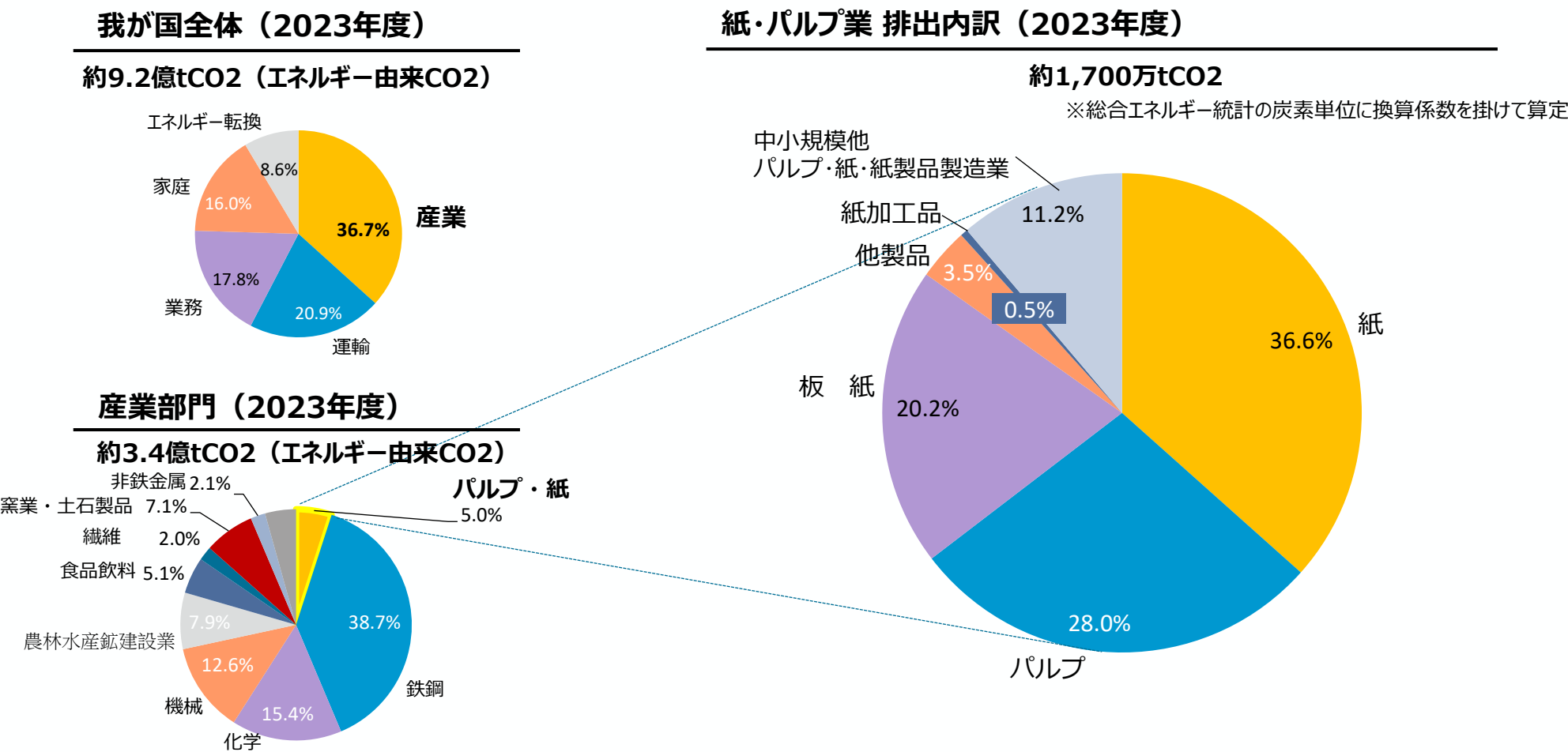
植栽適地にエリートツリー等を植栽することで、より成長量を確保できる可能性。

※特定母樹：改正間伐等特措法第2条第2項において、特に優良な種苗を生産するための種穂の採取に適する樹木であって、成長に係る特性の特に優れたもの。  
(成長量（在来の系統と比較して1.5倍以上）、材の剛性、幹の通直性、花粉量などの指定基準を満たす)

出所) 製紙連合会提供資料、林野庁資料(2020年10月)及びウェブページ

## 2. 紙・パルプ産業について | CO2排出量

- 2023年度の我が国のCO2排出のうち、産業部門のCO2排出は36.7%。このうち、約5%を占める紙・パルプ産業においては、CO2排出量の削減は喫緊の課題。
- 紙・パルプの原料は木質資源であるため、自家発電によるエネルギー起源の排出が大半。



（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」（2023年度確報値）

（出典）経済産業省「総合エネルギー統計」（2023年度確報値）

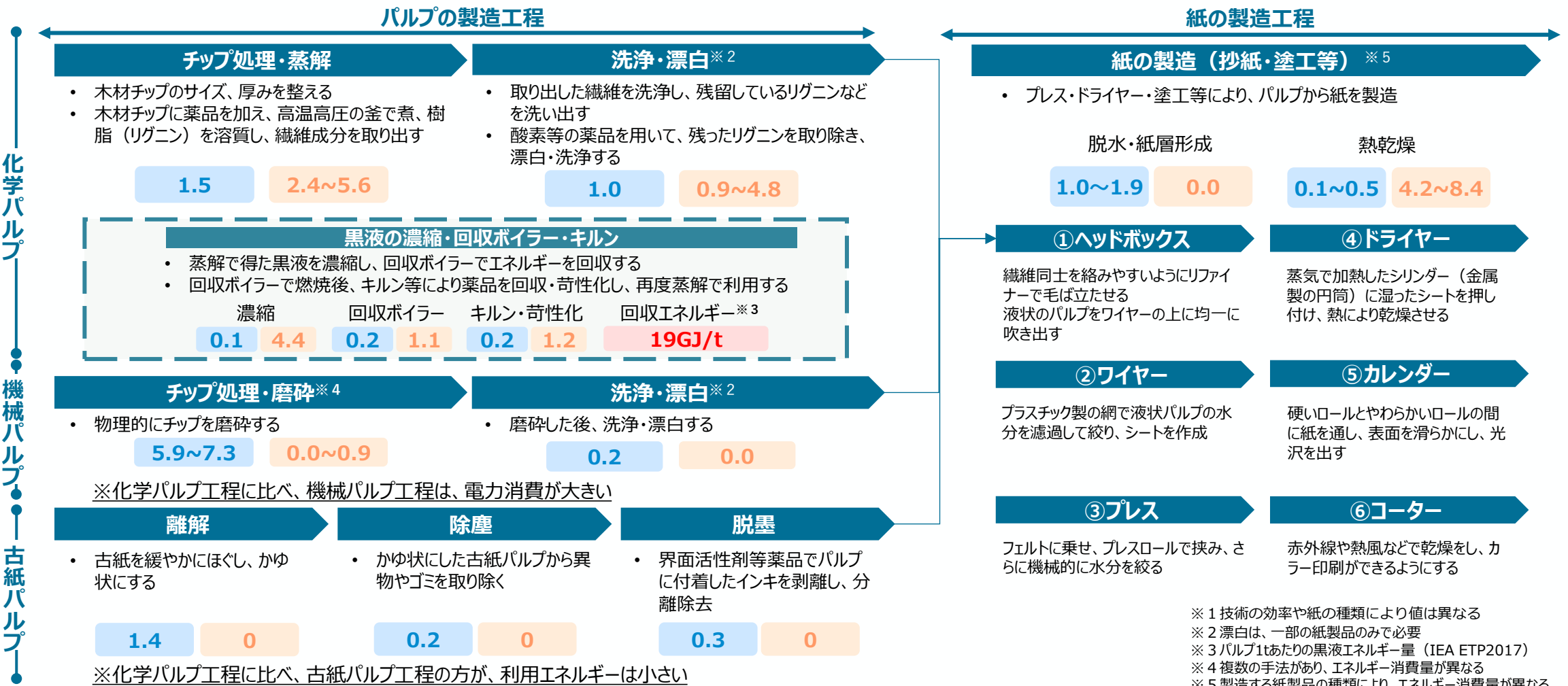
# 2. 紙・パルプ産業について | エネルギー消費量

- パルプ・紙の製造工程では、動力として電力を利用するとともに、蒸解・乾燥等の工程で多くの蒸気（熱）を利用する。黒液回収工程では消費量以上のエネルギーを得ることができる。

パルプ・紙の製造工程の概要及び 1 トンあたりのエネルギー消費量※1

電力消費※6  
GJ/t

熱消費  
GJ/t

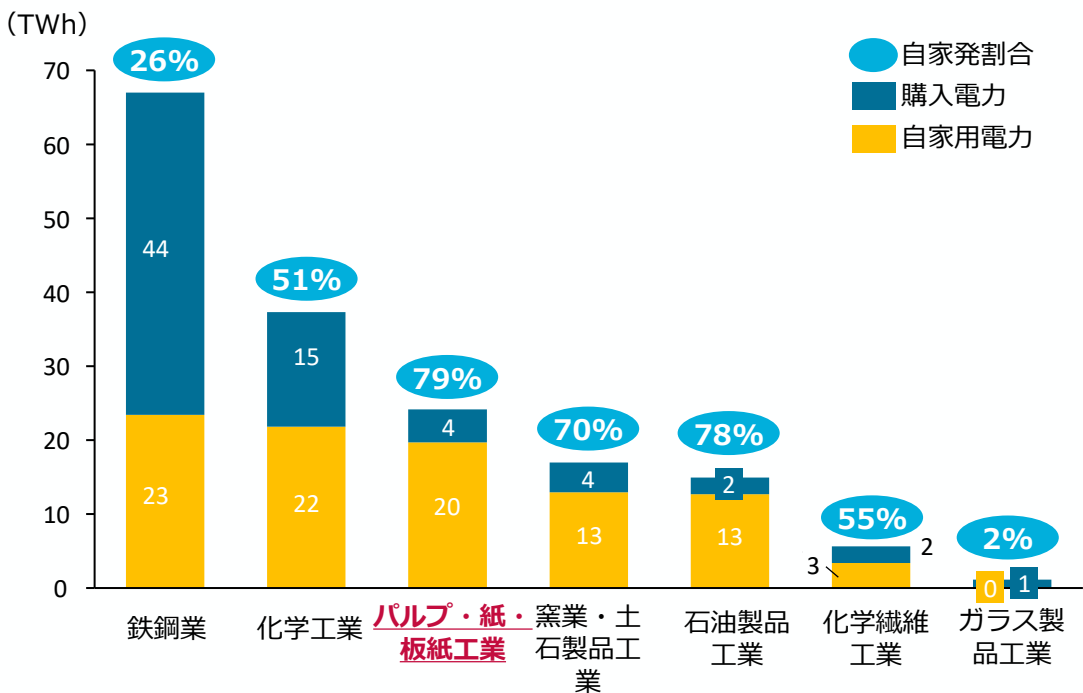


（出所）日本製紙連合会「紙の製造工程」及びM. R. Mobarakeh et al 2021、IEA ETP2017、RITEシナリオなどより作成

## 2. 紙・パルプ産業について | 自家発割合とエネルギー構成

- 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、電力消費量に対する自家発割合が高くなっている。全国の工場から、災害時も含め周辺地域への電力供給を行っている場合もある。
- エネルギー源は、化学パルプ製造時に生じる黒液の割合が最も高く、その発生量は化学パルプの需要に左右されるものの、非化石燃料として全量利用している。
- 他方で、石炭・重油等の化石燃料の割合も高く、燃料転換のため巨額な投資が必要である。GX移行債やその他の補助金を活用し、各社燃料転換を進めている。

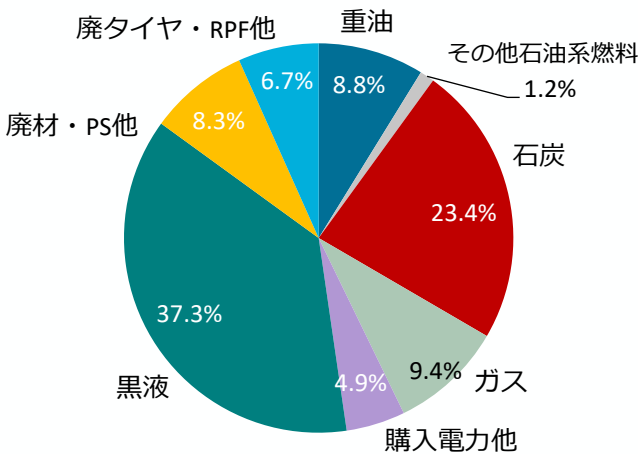
産業別電力消費量及び自家発割合（2023年）



出所) 石油等消費動態統計調査、日本製紙連合会資料より作成

紙・パルプ産業のエネルギー種別消費量（2023年）

合計：約359PJ



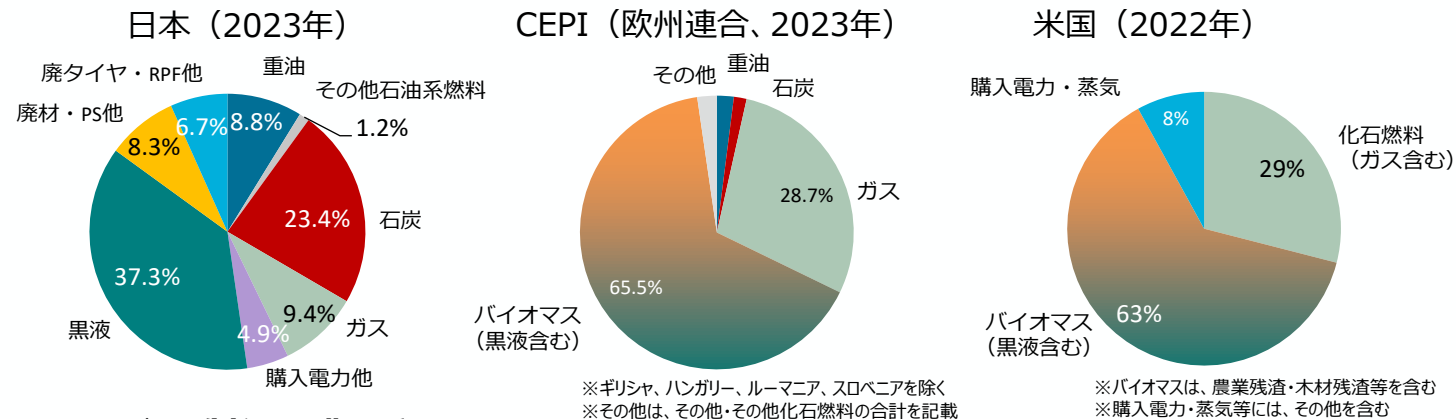
紙・パルプ産業のエネルギー消費内訳（2023年）



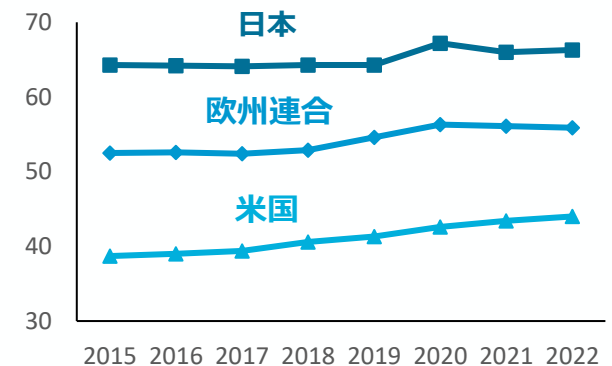
## 2. 紙・パルプ産業について | 世界の紙・パルプ産業の動向

- 欧米の製紙工場は、豊富な森林資源から安価なパルプを大量生産することで、燃料となる黒液を得るとともに、バイオマス燃料も安価に入手可能であることから、これらを最大限活用している。
- 他方で、日本は国産材が比較的高価であるため、船舶輸送費を掛けて海外から輸入した木材を多く利用しており、この状況を補う意味でも古紙利用を促進してきた。このため黒液の発生量は限定的であり、安価な石炭をはじめとしたその他の燃料への依存度も高い。
- 省エネ・高効率化、再エネ等への燃料転換を中心に取組を進めている欧米企業も参考にしつつ、我が国の状況に応じた対応策を検討し、推進していくことが求められる。

### 世界の紙・パルプ産業のエネルギー構成



### 世界の古紙利用率



### 世界の主な製紙企業の動向

- 毎年1%のエネルギー効率化を実現するとともに、木材ベースのバイオマスの活用やコスト効率的な水素発電の使用、原子力を含むCO2フリーエネルギー由来の電力の購入により、2030年までに2015年比で65%の排出削減を実現する（フィンランド企業）
- LED電力、バイオマスボイラーの最新設備の導入等に加え、再生可能エネルギー電力への転換やWaste to Energy、嫌気性ガスタービンなどの導入により2030年までに2019年比40%削減、2050年ネットゼロを目指す（英国企業）
- 省エネルギーの実践とともに、2025年末までにDongguan地域にあるすべてのボイラーを石炭からガス火力ボイラーに代替することで、2060年カーボンニュートラルとの国の目標実現に対応する（中国企業）



## 2. 紙・パルプ産業について | 製紙業界における脱炭素に向けた長期ビジョン

- 日本製紙連合会は2021年1月、「製紙業界—地球温暖化対策長期ビジョン2050」を公表。また、大手製紙メーカー各社も2050年カーボンニュートラルを宣言している。
- 燃料転換・省エネに取り組むことで、2023年度実績で2013年度比約543万t-CO2を削減しており、新たな技術を加えて更なる対策を進める。
- 更に、日本製紙連合会では、環境行動計画において2030年度までに国内外の植林地面積を65万haとする目標を設定、生物多様性保全に関する行動指針を策定するなど、業界として環境に関連する取組を積極的に推進している。

### 日本製紙連合会の生産活動におけるCO2排出量削減目標と方法（2013年度排出量 2,100万t-CO2を削減目標とする）

#### 最新の省エネルギー設備・技術の積極的導入等による省エネの推進

#### 420万t-CO2削減（2013年度排出量の20%）

- ・最新の省エネルギー設備・技術の導入
  - ・製造工程の見直し
  - ・エネルギー管理の徹底
- ※新規または老朽化設備の更新では、従来型の石炭ボイラーの導入はしない

#### 製紙に関連した革新的技術（イノベーション）の実用化に挑戦

#### 210万t-CO2削減（2013年度排出量の10%）

- ・抄紙機ドライヤーとキルンの電化
- ・プレスでの水分量低下によるドライヤーでの乾燥効率の改善
- ・高効率なパルプ製造方法の開発
- ・エネルギー効率の高い黒液濃縮設備の開発
- ・ドライヤーフード、製紙排水等での廃熱回収技術の開発

#### 自家発電設備における再生可能エネルギーの利用比率の拡大

#### 840万t-CO2削減（2013年度排出量の40%）

- ・国内外の燃料用木質バイオマスの安定確保
- ・バイオマス燃料化技術開発の導入
- ・水力、太陽光、風力、地熱などの再生可能エネルギー設備の導入

#### エネルギー関連革新的技術の積極的採用

#### 630万t-CO2削減（2013年度排出量の30%）

- ・CCS、CCUS
- ・カーボンニュートラルなガス及びプラスチック等の廃棄物のエネルギー利用
- ・カーボンニュートラルな購入電力の利用



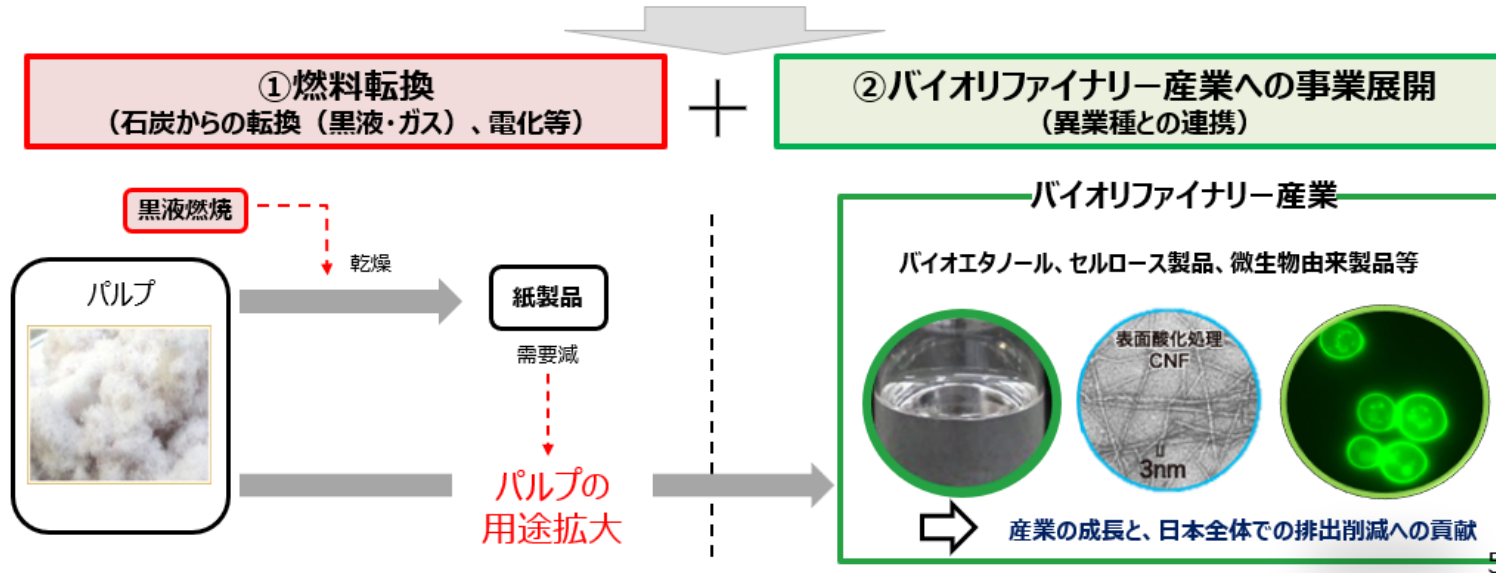
## 2. 紙・パルプ産業について | 脱炭素化に向けた方向性

第2回GX実現に向けた専門家WG資料より抜粋  
(令和5年10月26日)

### 今後の方向性；燃料転換及びバイオリファイナリー産業へ事業展開

- 紙パルプ産業のカーボンニュートラルの実現に向けては、
  - ①石炭火力等の燃料を「黒液（木材からパルプを製造する際の副生物）」等へ切り替える「燃料転換」
  - ②安定的に調達できるパルプを軸に、バイオリファイナリー産業への事業展開（セルロース製品（CNF等）、バイオエタノールなどの製造）を並行して進めることが重要。
- 紙パルプ業界が、バイオリファイナリー産業で勝ち戦となる「業界構造」に変革していくことが不可欠。その際、異業種と連携して、スケールメリットを獲得できる体制を構築していくことが大前提。

### 現状：紙製造時の乾燥工程等におけるCO<sub>2</sub>排出



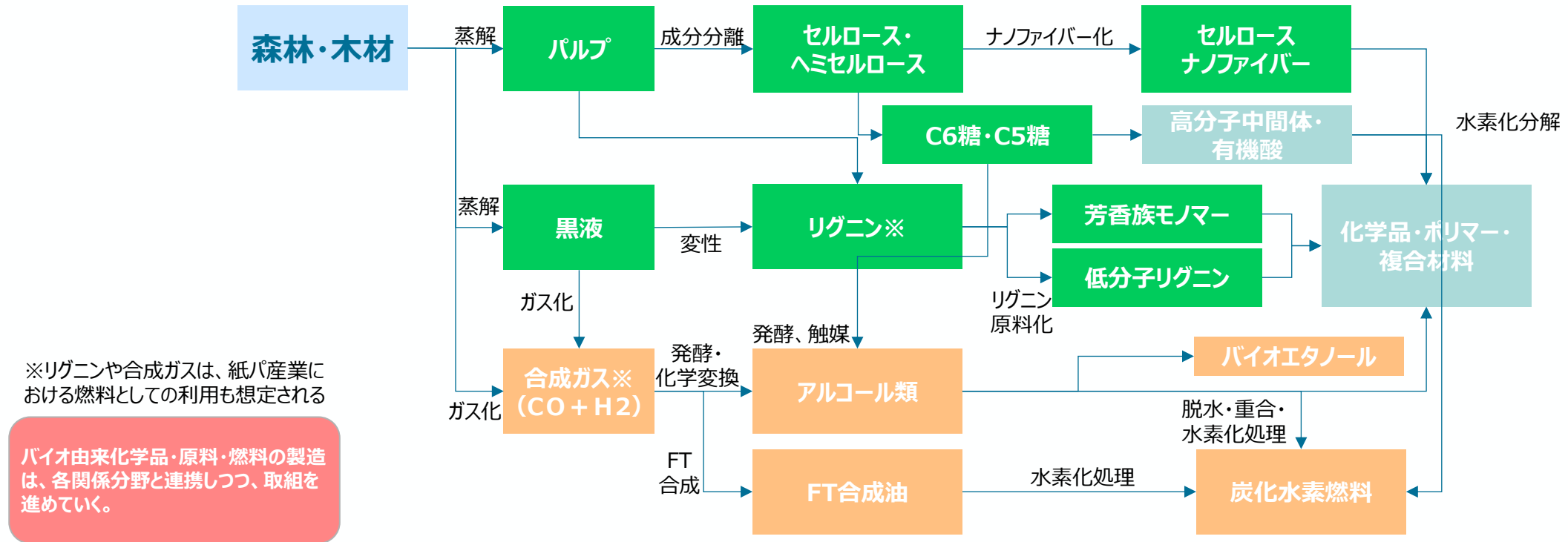
53

- ・ 燃料転換には、天然ガスや廃棄物、太陽光等の再生可能エネルギーも活用する。合わせて、CCS・CCUS等のCO<sub>2</sub>回収・固定・再利用技術の導入についても検討していく。紙・パルプ産業では、黒液やバイオマスの燃焼により発生したCO<sub>2</sub>を回収・貯留するBECCSにより、ネガティブエミッションも可能。
- ・ 加えて、持続可能な森林経営の促進や成長の早い樹種の開発により森林によるCO<sub>2</sub>吸収・固定量を増大し、社会全体のカーボンニュートラルへの貢献とともに、自社のCO<sub>2</sub>オフセットを進める。
- ・ 市中ゴミとして焼却処理されてきた難処理古紙・一般廃棄物等を原燃料として再利用する仕組み・技術開発を進める。

## 2. 紙・パルプ産業について | 木材の用途拡大

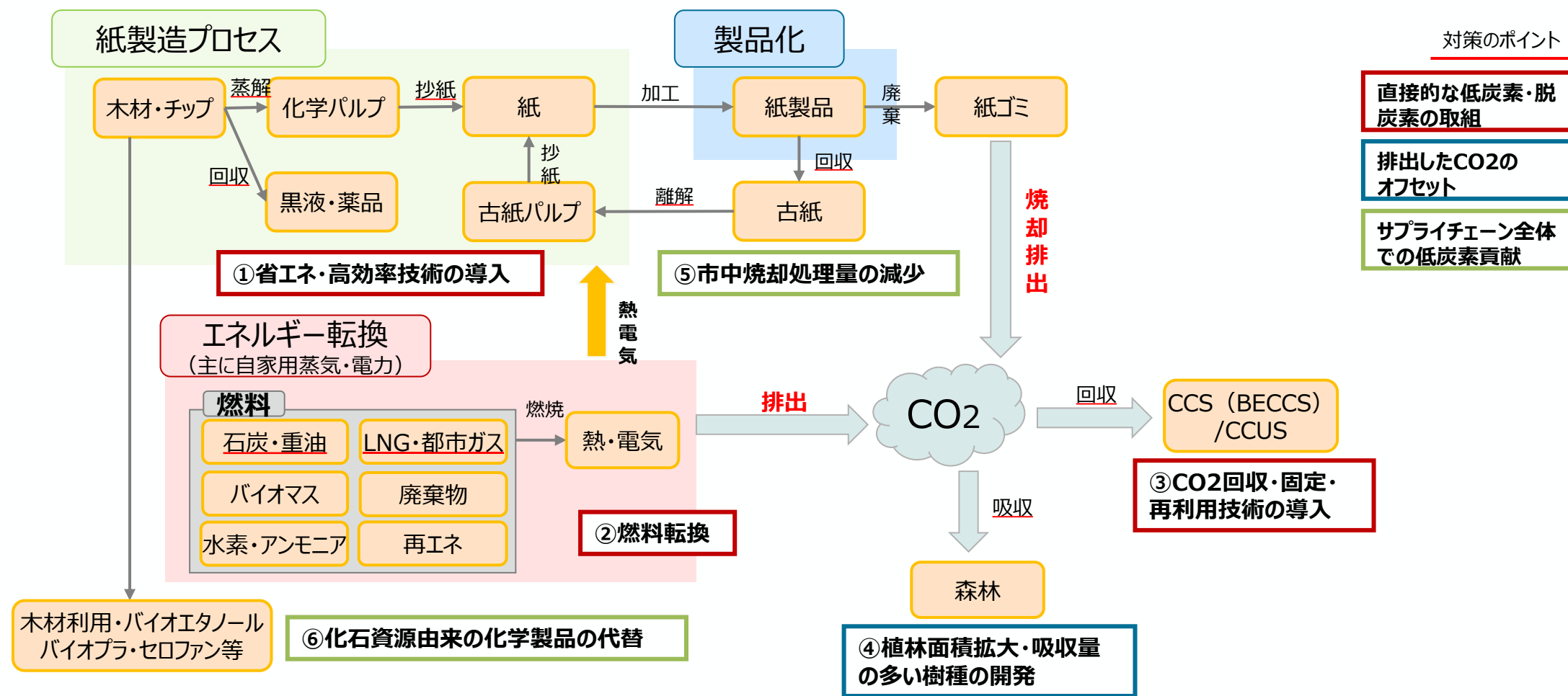
- GXに向けた取組として、従来の紙用途から、木材の用途拡大を推進。
- ①**燃料**；製造工程で副産物として得られる**黒液**を、ボイラーの燃料として有効活用する（石炭の代替）。
- ②**バイオ由来製品**；安定的に調達できる**木質バイオマス**を原料とし、木質繊維（パルプ）を加工して、バイオ化学品・燃料（セルロースナノファイバー、バイオコンポジット、バイオエタノール等）の製造を行う**バイオリファイナリー産業への事業展開を進める**。

### 木材活用のイメージ



## 2. 紙・パルプ産業について | 脱炭素化に向けた全体像

- 紙製造に伴う直接的な低炭素・脱炭素の取組に加え、排出したCO2のオフセット、サプライチェーン全体での低炭素貢献も積極的に進める。
- 加えて、植林面積の拡張や計画的な伐採・再植林等により、持続可能な森林経営を実施。CO2吸収・固定量の拡大を進める。
- 原料転換におけるバイオマスの重要性が高まる中、紙パルプ産業は、紙の主原料である既存の木質バイオマスを活用したバイオリファイナリー産業への事業転換により、化石燃料由来の化学品や燃料製造におけるCFP削減への寄与を目指す。



## 2. 紙・パルプ産業について | CO2排出源と脱炭素の手法まとめ

### 製紙業界の既存工程における取組

	主な排出源	脱炭素への手法
①②③ パルプ・紙製造	<ul style="list-style-type: none"><li>自家用蒸気・電力を中心としたエネルギー利用による排出</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>省エネ技術等の活用</li><li>熱及びエネルギー利用時の燃料転換・電化</li><li>CCS (BECCS) /CCUSの実装</li></ul>
④植林	<ul style="list-style-type: none"><li>—</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li><u>植林や成長の早い樹種の開発により森林によるCO2吸収・固定量を増大</u>し、社会全体のカーボンニュートラルに貢献するとともに、自社のCO2オフセットを進める</li></ul>
⑤古紙リサイクル	<ul style="list-style-type: none"><li>古紙として回収されず、廃棄物として焼却処理されることによる排出</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>従来廃棄物とされている<u>難処理古紙等を回収・再利用するシステム・技術を拡大</u>することにより、社会全体のカーボンニュートラルに貢献</li></ul>

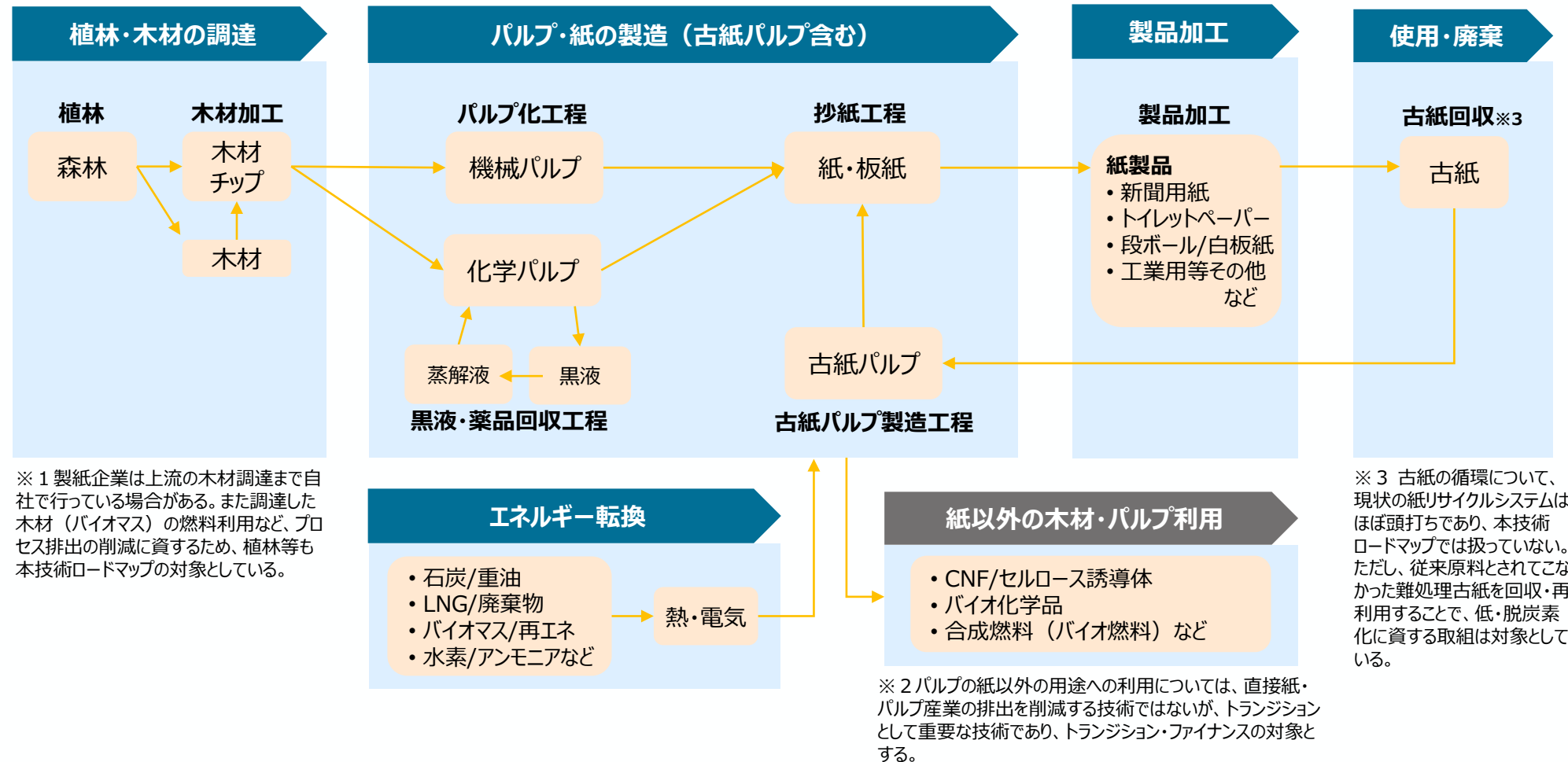
### その他の取組（他産業の脱炭素に資する取組）

⑥パルプの紙以外の用途への利用 (バイオリファイナリー)	<ul style="list-style-type: none"><li>木材からパルプ・リグニン等を成分分離する紙・パルプ産業の技術は、化石資源由来の化学製品に替わり<u>木質資源から化学製品を製造する「バイオリファイナリー」技術を展開</u>することで、<u>社会全体のカーボンニュートラルに貢献する。</u></li><li><u>木質資源由来のカーボンニュートラルな環境対応素材を用いた製品を提供</u>することで、<u>サプライチェーン全体でのCO2削減に寄与</u>する。例えば、セルロースナノファイバー複合材料やプラスチック代替の紙製品、木質資源を原料としたバイオプラスチック等が挙げられる。</li></ul>
---------------------------------	--

## 2. 紙・パルプ産業について | 技術ロードマップの対象

- 本技術ロードマップでは、原燃料となる木材・古紙の調達から、紙・パルプ産業の根幹となるパルプ化工程及び抄紙工程、それに伴って重要となるエネルギー転換、加えて、紙以外の木材・パルプ利用についても脱炭素に資する取組として対象とする。 ※1、2

紙・パルプ産業の概要と本技術ロードマップの対象



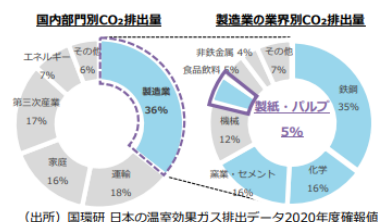


# 分野別投資戦略

- 企業の予見可能性を高めてGX投資を引き出すため、国は分野別投資戦略を策定。紙パルプについて以下のような方向性が示されているほか、水素等・CCSについても策定されている。

## 紙パルプの分野別投資戦略①

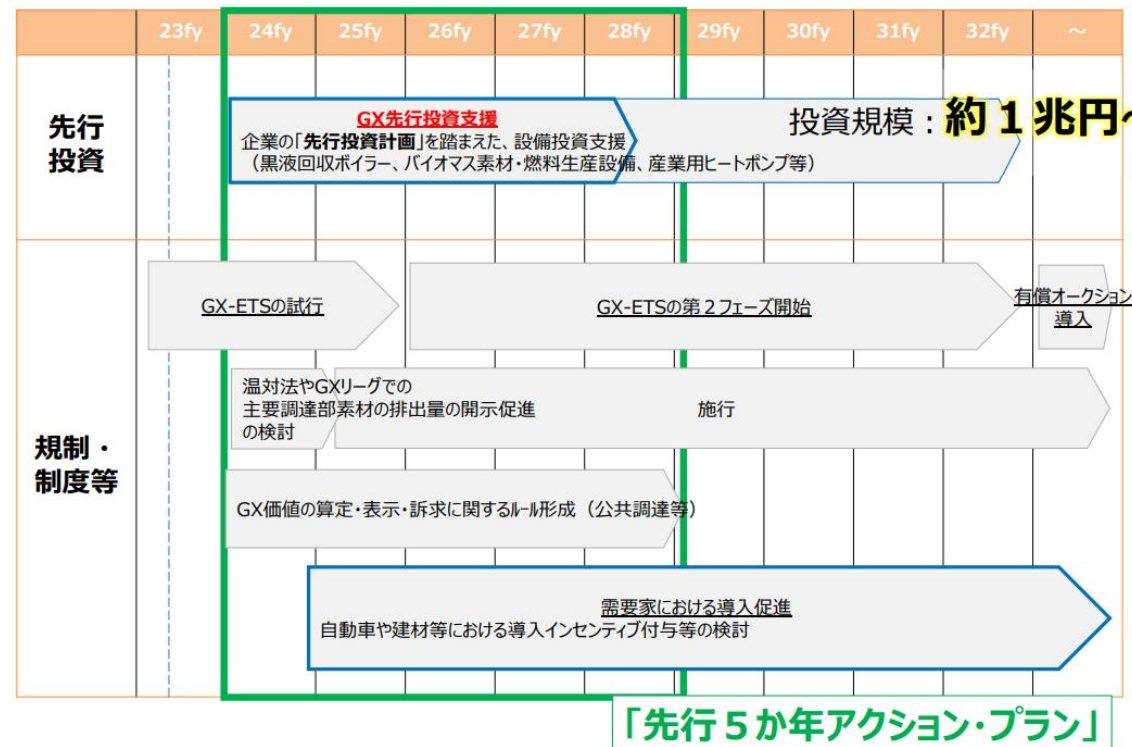
- ◆ 単価が低く、容積勝ちのため、**地産地消/内需型産業**。紙需要の低下に伴い、パルプ生産能力の余剰が見込まれる。
- ◆ パルプを原料に、**セルロースナノファイバー（CNF）**や、**国産バイオエタノール**等の**バイオリファイナリー産業**への転換ポテンシャル有り。
- ◆ 燃料は、クラフトパルプ製造時の副産物である**黒液**等の**バイオマス燃料**を使用するものの、約半数は石炭等の化石エネルギーに由来する。
- ◆ 乾燥工程等では**熱利用のために石炭ボイラー**等も利用。温度帯は約150～200℃と、それほど高温ではない。



2023年から10年程度の目標  
国内排出削減：約400万トン  
官民投資額：約1兆円～

- <方向性>**
- ① 内需縮小分のパルプを、**バイオマス素材・燃料**用に転換し、**バイオリファイナリー産業**へとトランスフォーメーション
  - ② 石炭による自家発電の燃料転換（パルプ生産の拡大とともに黒液を最大限活用、足下の不足分は廃棄物やガス等に置き換え）
  - ③ 系統電力も活用し、乾燥工程を中心に**熱源の電化**

## 紙パルプの分野別投資戦略②



### 2 GX先行投資

- ① バイオリファイナリー産業への転換に向けた設備増強等
- ② 石炭自家発電からの燃料転換（バイオマス、ガス等）  
※ガス転換については、トランジション・ファイナンスに関する技術ロードマップとの整合が必須
- ③ 産業用ヒートポンプ等電化による熱源転換

- <投資促進策>** ※GXリーグと連動
- ◆ バイオリファイナリー産業への転換に向けた設備投資の補助
  - ◆ R&D・社会実装加速（バイオものづくり革命推進事業等）
  - ◆ 省エネ補助金等による投資促進

- 省エネ法の「非化石エネルギー転換目標」等による原燃料・転換促進（2030年度に石炭使用の2013年比3割減 or 調達電気の非化石比率59%）
- GX-ETSの更なる発展（26年度から第2フェーズ開始）。※GXリーグと連動

### 3 GX市場創造

#### <Step1: GX価値の見える化>

- ◆ GX価値（カーボンフットプリント：CFP、マテリアリティ、リサイクル比率等の）についての算定・表示ルールの合意形成（GXリーグと連携・欧州など、国際的に調和されたルール形成を追求）
- ◆ 大口需要家の、スコープ3カテゴリ1（購入した製品・サービスに伴う排出）削減目標の開示促進（温対法・GXリーグと連携）
- ◆ 国産SAF原料の国際認証取得に向けた取組（環境持続可能性、CO2排出量の評価等）及び支援体制の構築。

#### <Step2: インセンティブ設計>

- ◆ 公共調達におけるGX価値評価促進
- ◆ 民間調達での普及促進（コンシューマー製品等におけるグリーン価値訴求）（GXリーグと連携）

#### <Step3: 規制/制度導入>

- ◆ Step2までの進展を踏まえた「規制/制度」の検討



# 紙パルプの分野別投資戦略：進展・現状評価と今後の方針

GX先行投資				GX市場創造	
進展状況					
	関連企業	投資分野	金額(億円)		
	技術開発	王子HD 日本製紙 大王製紙 大興製紙	バイオリファイナリー 木質由来バイオ エタノール等	バイオものづくり革命 推進事業 事業総額：2,448 補助上限：1,145	<div>&lt;Step:1&gt; GX価値の見える化</div> <div> <input type="checkbox"/> 未着手   <input checked="" type="checkbox"/> 検討・作業中   <input type="checkbox"/> 進展あり </div>
	設備投資	日本製紙 大王製紙	燃料転換等	HTA補助金 事業総額：827 補助上限：263	<div>&lt;Step:2&gt; インセンティブ設計</div> <div> <input type="checkbox"/> 未着手   <input checked="" type="checkbox"/> 検討・作業中   <input type="checkbox"/> 進展あり </div>
		王子HD 日本製紙 大王製紙		省エネ補助金 (R5年度以降) 交付決定額：36	<div>&lt;Step:3&gt; 規制/ 制度導入</div> <div> <input type="checkbox"/> 未着手   <input checked="" type="checkbox"/> 検討・作業中   <input type="checkbox"/> 進展あり </div>
現状評価		<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオリファイナリー製品の社会実装に向け、バイオものづくり革命推進事業で技術開発・実証を実施。</li> <li>・今後のGX市場の拡大やETS制度の本格稼働に伴い、燃料転換への投資が加速する見込み。</li> </ul>			STEP 1：CFPガイドライン（23年5月）の公表 一方、国際的に調和されたルール形成に向けては検討中 STEP 2：GX率先実行宣言企業に対して補助事業で加点 STEP 3：ETS制度の検討
今後の方針		<ul style="list-style-type: none"> <li>・パルプを有効活用しバイオリファイナリー事業の拡大を通じて、脱炭素化と産業競争力強化を一体で実現。</li> <li>・国内で調達できるパルプの強みを最大限活かし、安定的なバイオエタノール等の供給により、紙業界にとどまらず、連携する他業界の脱炭素化と産業競争力強化にもつなげる。</li> </ul>			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・今後はバイオリファイナリーの社会実装が近づくこと、ETS制度の本格稼働が始まることから設備投資が加速する見込み。このため、実施中のGX施策に関し継続的に支援を行う。</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオリファイナリーの更なる導入促進に向け、促進策の模索・検討を進めていく。</li> </ul>

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

①CNに向けた低炭素・脱炭素技術 | 製造プロセス

製造プロセス	技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先
	省エネ・高効率 (ベストプラクティス)	✓ 製造工程の見直し (統合・短縮等) ✓ エネルギー管理の徹底 (エネルギー管理システムの導入、管理方法の見直し等) ✓ 老朽化設備省エネ・高効率化更新、LED照明採用	—	既に導入	✓ 製紙業界のCN行動計画 等
	高効率パルプ製造等	✓ 蒸解で生産される化学パルプを水ではなく蒸気で洗浄等	省エネ - 30~40%	2020年代	✓ M.R. Mobarakeh 等 ✓ 製紙業界のCN行動計画
	キルンの脱炭素化	✓ パルプ製造における石灰燃焼工程を電化 ✓ キルン不使用の新たな薬品回収技術	0.0~	2030年代	✓ 製紙業界 地球温暖化対策長期ビジョン
	ドライシートフォーミング	✓ 水の代わりに空気を使用することで、乾燥工程のエネルギーを削減。廃水削減も可能。	省エネ - 50%	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh ✓ IEA ETP CETG 等
	高効率プレス技術	✓ 熱を用いたプレスで乾燥時の熱需要削減や機械圧と空気圧を組合せ等の省エネ技術。	省エネ - 8~40%	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh 等
	高濃度抄紙	✓ 抄紙機入口の原料濃度について、従来の0.5~1%から3%程度に高め、成形速度の向上やプレス工程での省エネに資する技術。	省エネ - 8%	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh 等
	抄紙機ドライヤーの電化	✓ 抄紙工程において化石燃料を活用した乾燥設備を電化 (CN電源が前提)	0.0~	2030年代	✓ 製紙業界 地球温暖化対策長期ビジョン ✓ IEA ETP CETG
	高効率乾燥技術	✓ 熱及び圧力を使用した機械的脱水や高圧条件における乾燥による効率化技術。製品の質・生産性向上に資するものも存在。※3	—	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh 等 ✓ IEA ETP CETG
	ガス乾燥	✓ 蒸気の代わりにガス燃焼で生じたガスを用い、エネルギー効率を向上。生産性向上に資する場合も存在。	省エネ- ~20%	2030年代	✓ M.R. Mobarakeh ✓ Lingbo Kong et al 等

※ 1 : 排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。  
※ 2 : 社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。  
※ 3 : Impulse Dryingは脱水工程前の機械的な脱水を改善することで、乾燥率、生産性、質の向上につながる。Condebelt Dryingは2つの鉄のベルトを用いた乾燥方法で、乾燥効率向上の他、質にも影響。板紙生産に向く。

### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

#### ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術 | 原燃料製造

原燃料製造	技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先
	リグニンの分離	✓ 木材等からリグニンを分離し、バイオ燃料として使用（化学品にも活用可能）	—	2020年代	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ エネルギー基本計画</li> <li>✓ IEA ETP CETG</li> <li>✓ M.R. Mobarakeh</li> </ul>
	黒液のガス化	✓ パルプ化プロセスの副産物である黒液をガス化し、効率的にエネルギーを回収	排出削減10%	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ IEA ETP CETG</li> <li>✓ M.R. Mobarakeh</li> </ul>
	スマート林業	✓ 自動化機械や森林クラウドと整合したICT生産管理システム等の開発、センシング技術を活用した造林作業の低コスト化・省力化	—	既に一部で導入※3	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 革新的環境イノベーション戦略等</li> <li>✓ グリーン成長戦略</li> <li>✓ スマート農林水産業の展開について</li> </ul>
	セルロース由来のバイオリファイナリー	✓ パルプからセルロースやヘミセルロースを分離し、バイオ燃料や化学品等に利用	—	2020年代	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 製紙業界 地球温暖化対策長期ビジョン</li> </ul>

※1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：一部技術は既に導入段階にあるが、開発中の技術も存在

### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

#### ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術 | 自家用発電・蒸気

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先
省エネ・高効率化	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 高効率発電設備やCHPの導入</li> <li>✓ エネルギー管理システム等の導入</li> </ul>	—	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 製紙業界のCN行動計画</li> <li>✓ グリーン成長戦略</li> </ul>
天然ガスへの燃料転換	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 燃料を天然ガスに転換（混焼・専焼）</li> </ul>	0.32~0.415 ※3 (kgCO2/kwh)	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 製紙業界のCN行動計画</li> <li>✓ グリーン成長戦略 など</li> </ul>
バイオマスへの燃料転換	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 燃料をバイオマスに転換（混焼・専焼）</li> </ul>	0.0~ (kgCO2/kwh)	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 製紙業界のCN行動計画</li> </ul>
廃棄物のエネルギー利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ プラスチックやタイヤ、RPF、RDF等の廃棄物エネルギーを活用</li> </ul>	—※4 (kgCO2/TJ)	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 製紙業界のCN行動計画</li> <li>✓ グリーン成長戦略</li> </ul>
太陽光発電への転換	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 自家用電力を太陽光発電に切り替える</li> </ul>	0.0 (kgCO2/kwh)	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ グリーン成長戦略</li> <li>✓ 製紙業界のCN行動計画</li> </ul>
水素・アンモニア等への燃料転換	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 水素発電、アンモニア混焼、石炭ボイラーやガスタービンにおけるアンモニア専焼</li> </ul>	0.0~	2020年代後半	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 製紙業界のCN行動計画</li> <li>✓ GI基金 - 社会実装計画※5</li> <li>✓ グリーン成長戦略</li> <li>✓ IEA ETP CETG</li> </ul>
直接電気加熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 電気ボイラーから熱を生成</li> </ul>	0.0~ (kgCO2)	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ M.R. Mobarakeh 等</li> <li>✓ IEA ETP CETG</li> </ul>
ヒートポンプにおける排熱回収	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ プロセスからの排熱を回収し、中温（160℃程度）に変換</li> </ul>	0.0~ (kgCO2)	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ M.R. Mobarakeh 等</li> <li>✓ IEA ETP CETG</li> </ul>

※1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。

※3：天然ガス火力発電（従来型LNG火力・GTCC）の発電量あたりCO2排出量を記載

※4：利用する廃棄物の種類等により排出係数は異なる

※5：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画

### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

#### ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術 | 回収・吸収

	技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先
回収・吸収	排ガス等からのCO2分離回収	<div>✓ 天然ガスやバイオマス燃焼等からのCO2回収</div> <div>✓ CCS/CCUS等の導入（BECCS等を含む）</div>	—	2030年代	<div>✓ グリーン成長戦略</div> <div>✓ GI基金・社会実装計画※3</div> <div>✓ 製紙業界のCN行動計画</div> <div>✓ IEA ETP CETG</div> <div>✓ <u>CCS長期ロードマップ検討会最終とりまとめ</u></div>
	大気中からのCO2吸収（早生樹・エリートツリー）	<div>✓ 適応性が高く、成長も早いいため、CO2吸収も多い（1.5倍以上）優れた樹種の開発及びその造林</div> <div>✓ 大気中からCO2を直接吸収</div>	—	既に一部で導入※4	<div>✓ 革新的環境イノベーション戦略等</div> <div>✓ グリーン成長戦略</div> <div>✓ 温暖化対策計画</div> <div>✓ エネルギー基本計画</div>

※ 1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。  
※ 2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。  
※ 3：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画  
※ 4：一部地域では既に導入されているが、日本は国土が南北に長く各地域にあった樹種の選定・開発が必要であり、実証段階という面もある。

# 主な更新内容（紙・パルプ分野）

項目	各分野共通の更新事項
業界概要	<ul style="list-style-type: none"><li>データ・リンク等を最新版に更新（GHG排出状況、自家発電割合、世界の動向等）</li><li>脱炭素化に向けた方向性の一つとしてバイオリファイナリーを位置づけ</li></ul>
技術リスト 線表	<ul style="list-style-type: none"><li>各種参照先の更新（カーボンニュートラル行動計画等）</li><li>「セルロース由来のバイオリファイナリー」を技術リストに追加</li><li>一部技術の実装年を更新（カーボンマネジメント小委員会中間整理（2025年7月）等に基づき、「排ガス等からのCO<sub>2</sub>分離回収」を2020年代から2030年代に）</li></ul>
CO <sub>2</sub> 排出の 削減イメージ	<ul style="list-style-type: none"><li>実績値や「2040年度におけるエネルギー需給の見通し」を反映して経路を更新</li><li>「経路に大きな影響を与える主要素」を追加</li></ul>



### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ③科学的根拠／パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策や国際的なシナリオ等を参照して策定しており、パリ協定と整合する。
- 具体的には、各種省エネ・効率化や燃料転換などによる着実な低炭素化に加え、CCUSなどの革新的技術を積極的に導入することで、2050年のカーボンニュートラルを実現していくものである。

#### CO<sub>2</sub>削減イメージの試算概要・根拠等

##### 概要・策定根拠

- 右図は、p28～31に記載の技術による排出削減経路を試算のうえ、その結果をイメージとして示したもの。
- 試算にあたっての各種想定は、「第7次エネルギー基本計画」における、「2040年度におけるエネルギー需給の見通し」等、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各種政府施策や、国際的に認知されたパリ協定整合のシナリオ等を踏まえ設定している。

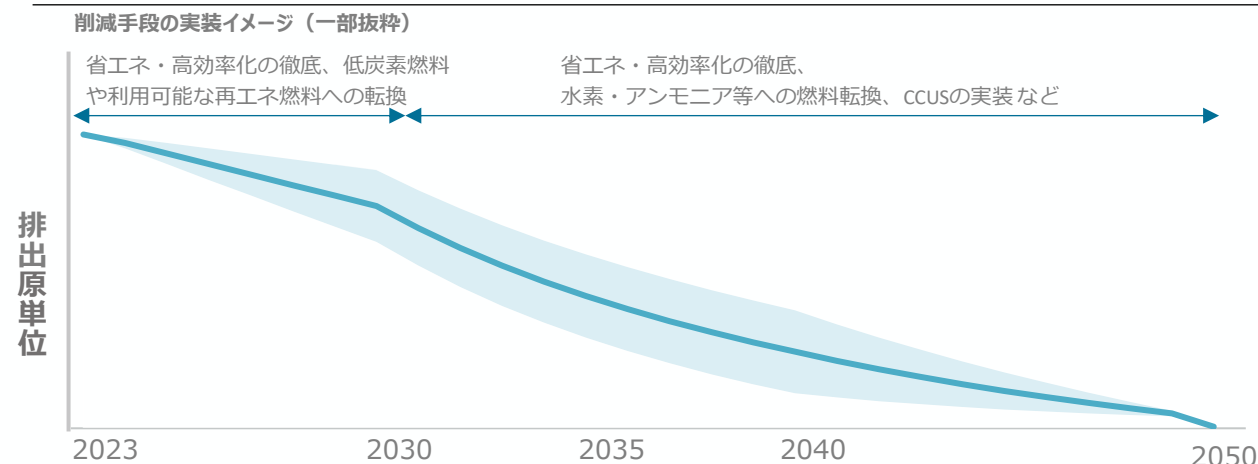
##### 経路に大きな影響を与える主要要素

- 自家発・自家用蒸気等の燃料転換
- 省エネ・高効率化の進展

##### パリ協定整合性の確認

- 削減イメージの試算結果は、「経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会」において、日本の地域・産業特性を踏まえつつ、NDCや国際的に認知されたシナリオとの整合を検証し、パリ協定整合であることを確認している。

#### CO<sub>2</sub>排出削減イメージの試算結果※1、2、3



2020年代

- 省エネ・高効率化を進めつつ、石炭・石油から天然ガス・バイオマス等へ燃料を転換する

2030年代

- 省エネ・高効率化を進めつつ、石炭・石油・天然ガスから水素・アンモニア・バイオマス等の脱炭素燃料に転換する。CCUS技術の導入も進める。

2040年代

- ※1 我が国における紙・パルプ産業のうち本ロードマップの対象分野としての削減イメージであり、実際には製紙各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。
- ※2 省エネ技術の進展や水素・アンモニアなどの新燃料の安定・安価な供給、他産業との連携によるDAC等を含めたCCUSやその関連のインフラ、サーキュラーエコノミーなど新たな社会システムの構築などが整備されていることが前提。なお、植林等によるCO<sub>2</sub>吸収分は上記イメージには含まれていないが、森林経営を行う製紙企業が実際に2050年ネットゼロを目指すうえでは、p23にあるように、吸収分を含め検討することも考えられる。