

「トランジションファイナンス」に関する 紙・パルプ分野における技術ロードマップ

2022年11月策定、2025年12月更新

経済産業省

目次

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">紙・パルプ分野における技術ロードマップの必要性技術ロードマップの目的・位置づけ
2. 紙・パルプ産業について	①紙・パルプ産業の概要	<ul style="list-style-type: none">紙・パルプの製造工程紙・パルプ産業における資源循環
	②CO2排出とエネルギーの現状	<ul style="list-style-type: none">CO2排出量とエネルギー構成製造工程におけるエネルギー消費量
	③脱炭素化に向けた方向性	<ul style="list-style-type: none">脱炭素化に向けた全体像脱炭素の手法まとめ
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	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本技術ロードマップで想定する技術およびCO2排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">他分野との連携本ロードマップの今後の展開

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none"> 紙・パルプ分野における技術ロードマップの必要性 技術ロードマップの目的・位置づけ
2. 紙・パルプ産業について	①紙・パルプ産業の概要	<ul style="list-style-type: none"> 紙・パルプの製造工程 紙・パルプ産業における資源循環
	②CO2排出とエネルギーの現状	<ul style="list-style-type: none"> CO2排出量とエネルギー構成 製造工程におけるエネルギー消費量
	③脱炭素化に向けた方向性	<ul style="list-style-type: none"> 脱炭素化に向けた全体像 脱炭素の手法まとめ
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	<ul style="list-style-type: none"> カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none"> カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none"> 本技術ロードマップで想定する技術およびCO2排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none"> 他分野との連携 本ロードマップの今後の展開

1. 前提 | 紙・パルプ分野のロードマップの必要性

トランジション・ファイナンスに関するロードマップ（以下技術ロードマップ）は、CO2多排出産業であり、かつ排出ゼロのための代替手段が技術的・経済的に現状利用可能ではなく、トランジションの重要性が高いことなどを理由に分野を選定している。

紙・パルプ産業は、新聞用紙、コピー用紙、出版用紙といった「情報用」、段ボール、クラフト紙といった「包装用」、トイレットペーパー、ティッシュペーパー、タオル用紙といった「衛生用」など、**日常の中で毎日接する生活必需品である紙、板紙製品を安価で安定的に供給**し、産業活動や家庭生活を支えながら、人々の生活の中に広く深く浸透している。

また、再生可能資源を原料とし、使い終わった紙は可能な限り古紙として回収して再利用、パルプを作る際の副生物である黒液をバイオマス燃料として活用、建築廃材や廃棄物を燃料として活用するなど、**循環型社会の形成になくてはならない産業**となっている。

他方、紙・パルプ産業は現時点でCO2多排出な産業分野であり、国内の製造業の中で4番目の規模のCO2を排出している。化石燃料への依存度が高く、**紙・パルプ分野のネットゼロに向けた移行は不可欠**であり、低炭素化に向けた省エネ設備の更新・導入等とともに、既存設備や関連機器の有効活用、脱炭素化に向けた革新的技術の研究開発・実装など、多額の資金調達が必要となるため、国内外の技術を整理し、2050年までの道筋を描いた。

脱炭素に向けた技術革新や事業構造の変革は企業の強みとなる。2022年時点で30.3兆ドル（世界持続的投資連合調べ）規模にまで拡大した世界のESG資金を呼び込むために、投資家の視点も理解しながら、多排出産業もその戦略を開示することが求められている。

日本の紙・パルプ産業の国際競争力向上に寄与する観点も踏まえ、技術、金融の有識者および紙・パルプ分野の事業者の代表を含めて議論を行い、本技術ロードマップを策定した。

1. 前提 | ロードマップの目的・位置づけ

- 本技術ロードマップは、「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」（2021年5月策定、2025年3月改訂、金融庁・経済産業省・環境省）を踏まえ、我が国紙・パルプ産業における企業が、トランジション・ファイナンス（注）を活用した気候変動対策を検討するにあたり参照することができるものとして、策定するものである。
- 銀行、証券会社、投資家等に対して、当該企業が行う資金調達において、脱炭素に向けた移行の戦略・取組がトランジション・ファイナンスとして適格かどうかを判断する際の補助とするものである。
- 本技術ロードマップは、2050年のカーボンニュートラル実現を最終的な目標とし、現時点で入手可能な情報に基づき、2050年までに実用化が想定される低炭素・脱炭素技術や、それらの実用化のタイミングについて、イメージを示すものである。
- 本技術ロードマップは、パリ協定に基づき定められた国の排出削減目標（NDC）※1やグリーン成長戦略※2、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と整合的なものとなっている。
- 紙・パルプ産業におけるカーボンニュートラルの実現には、燃料転換が軸となり、新たなカーボンニュートラル燃料等の革新的技術が注目されているところ、早期の実用化は難しく、2030年や2040年を見据えたトランジション期間においては、化石燃料から木質バイオマス等の再生可能エネルギーやCO2排出量の少ない天然ガスや廃棄物燃料への「移行」を進めていくことが重要である。

※1 : <https://www.env.go.jp/content/000291804.pdf>

※2 : https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/index.html

※3 : https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/gifund/gif_09_randdr.pdf

（注）「トランジション・ファイナンス」とは、基本指針において、『気候変動への対策を検討している企業が、脱炭素社会の実現に向けて、長期的な戦略に則った温室効果ガス削減の取組を行っている場合にその取組を支援することを目的とした金融手法をいう』とされている。

1. 前提 | ロードマップの目的・位置づけ

- トランジション・ファイナンスの対象には、自社の低炭素・脱炭素化に向けた設備や研究開発への投資だけでなく、既存設備の解体・撤去費用、排出削減の取組により生じる外部環境や社会的な影響（事業撤退や廃炉等に伴う土壌汚染、雇用への影響等）への対応、他分野のトランジションに貢献する取組・活動等も含まれる。
- 紙・パルプ分野においても、本資料のP22に示すような他産業の脱炭素に貢献する製品は、トランジション・ファイナンスの対象になりうる。なお、クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針P14では、『トランジション・ファイナンスでは、自社の経済活動に伴う排出削減を対象にした戦略・計画を持つ主体だけでなく、自社の製品・サービスを通じて、他社のトランジション戦略の実現を可能にする取組を計画している主体も対象となる。』とある。
- これらは脱炭素化に向けた社会経済全体に寄与する重要な要素である一方で、極めて広範囲な取組・活動にわたることから、本技術ロードマップについては、主に紙・パルプ分野における低炭素・脱炭素に向けた「技術」を取り扱う。

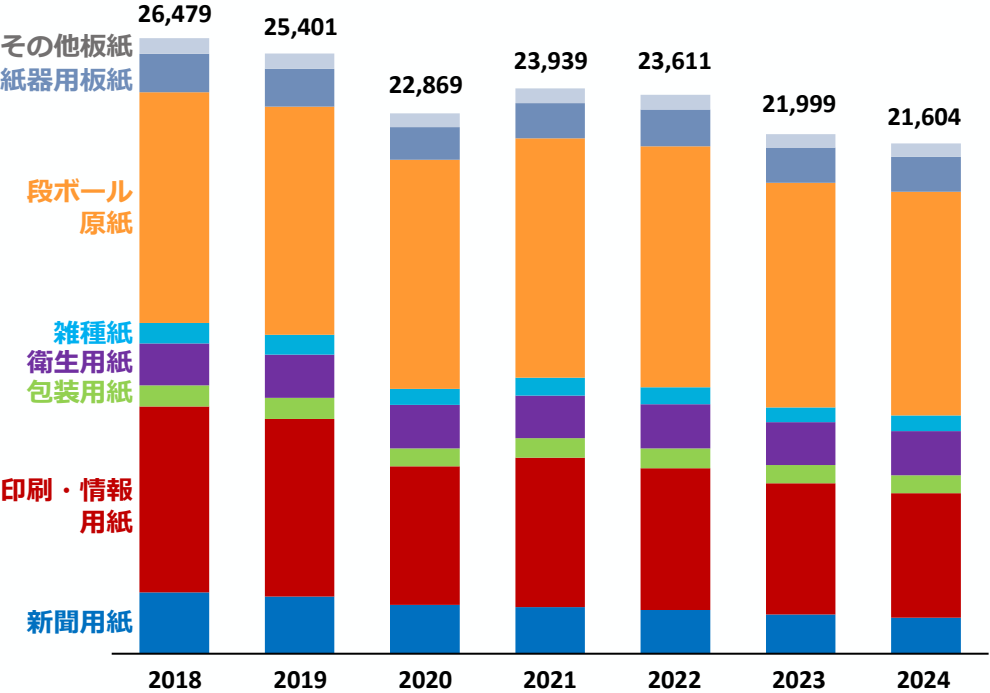
章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">紙・パルプ分野における技術ロードマップの必要性技術ロードマップの目的・位置づけ
2. 紙・パルプ産業について	①紙・パルプ産業の概要	<ul style="list-style-type: none">紙・パルプの製造工程紙・パルプ産業における資源循環
	②CO2排出とエネルギーの現状	<ul style="list-style-type: none">CO2排出量とエネルギー構成製造工程におけるエネルギー消費量
	③脱炭素化に向けた方向性	<ul style="list-style-type: none">脱炭素化に向けた全体像脱炭素の手法まとめ
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	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本技術ロードマップで想定する技術およびCO2排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">他分野との連携本ロードマップの今後の展開

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

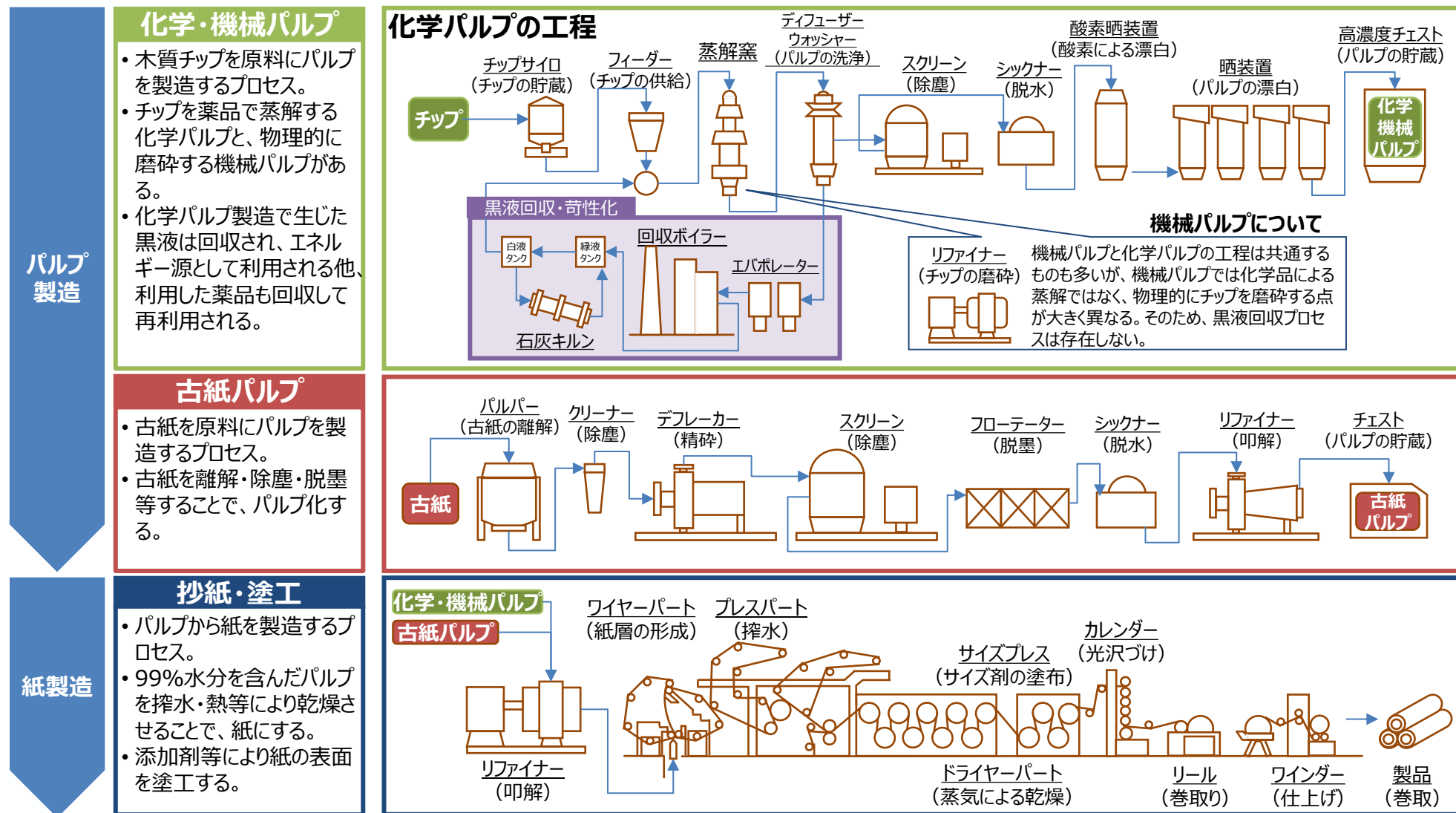
- ・ 紙・板紙は、情報、包装、衛生、その他様々な用途で利用されており、多様な産業活動・家庭生活を下支えしている。

紙・板紙			
情報	包装	衛生	その他
<div>新聞用</div> <div>・新聞用紙</div> <div>情報用</div> <div>・情報用紙</div> <div>印刷用</div> <div>・上級印刷紙</div> <div>・薄葉印刷紙</div> <div>・特殊印刷紙</div> <div>・中級印刷紙</div> <div>・下級印刷紙</div> <div>・アート紙</div> <div>・その他塗工紙</div> <div>・微塗工上質紙 など</div>	<div>袋・包み袋用</div> <div>・両更クラフト紙</div> <div>・純白ロール紙 など</div> <div>段ボール用</div> <div>・外装用クラフトライナー</div> <div>・内装用ライナー</div> <div>・中芯原紙 など</div> <div>紙器用</div> <div>・白ボール</div> <div>・マニラボール</div> <div>・黄板紙</div> <div>・色板紙 など</div>	<div>衛生用</div> <div>・トイレトペーパー</div> <div>・ティッシュペーパー</div> <div>・ペーパータオル など</div>	<div>工業用</div> <div>・壁紙</div> <div>・積層板</div> <div>・食器容器</div> <div>・電気絶縁紙</div> <div>・グラシン紙</div> <div>・ラisperペーパー</div> <div>・建材原紙</div> <div>・ワンプ</div> <div>・紙管 など</div> <div>家庭用</div> <div>・書道用紙 など</div>

（出典）日本製紙連合会HP

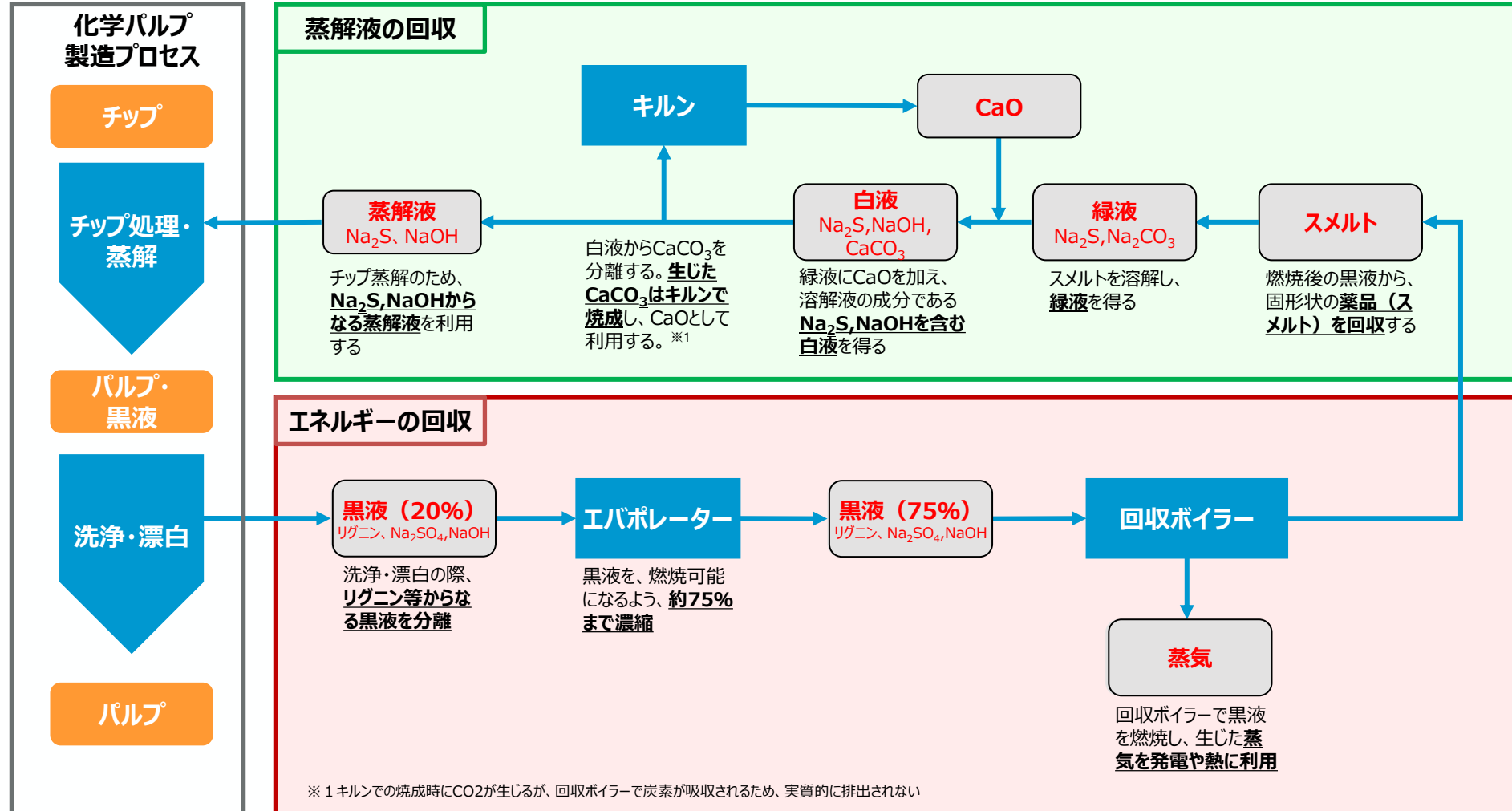
2. 紙・パルプ産業について | 紙・パルプの製造工程

- 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

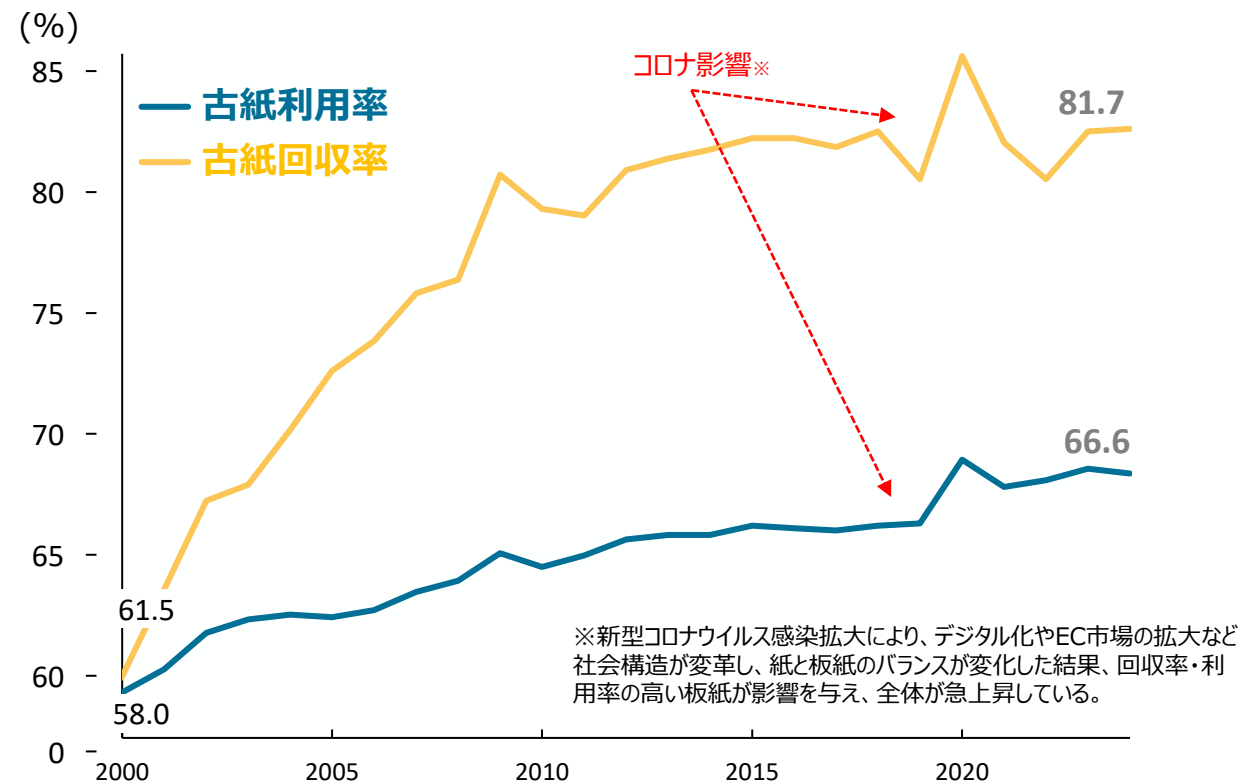
- 化学パルプの製造工程で生じる黒液（リグニンを主成分とする廃液）を濃縮し、回収ボイラーで燃料利用している。また、ボイラーで燃焼後の黒液から薬品を回収、苛性化することで蒸解に使う成分を生成し、エネルギーの有効利用と薬品の循環を効率的に行っている。



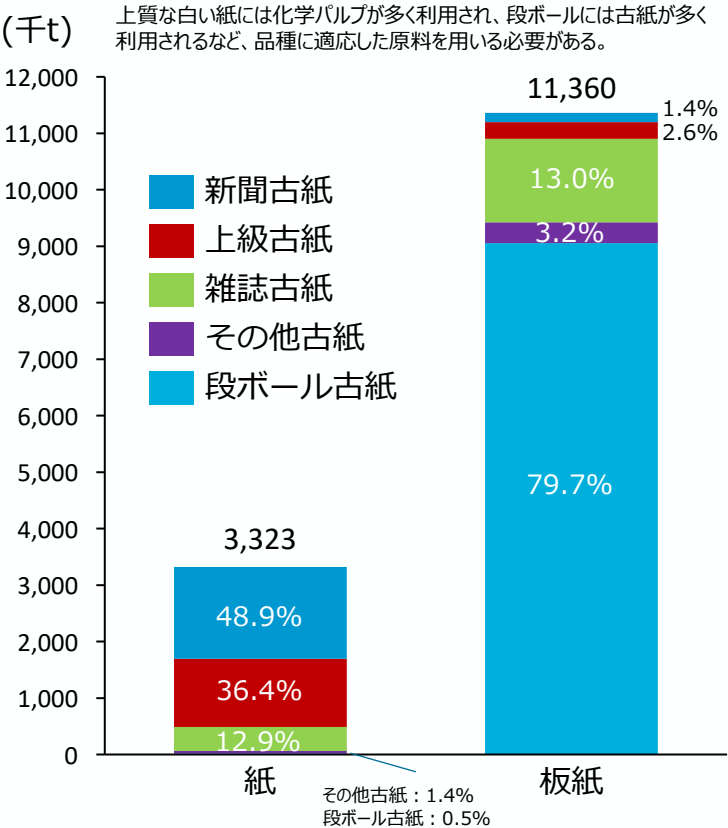
2. 紙・パルプ産業について | 古紙リサイクルによる資源循環

- 日本の古紙回収率・利用率は世界でも高水準である。回収システムの整備により、廃棄物削減に貢献し、**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



古紙の紙・板紙別消費量（2024年）



(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

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）

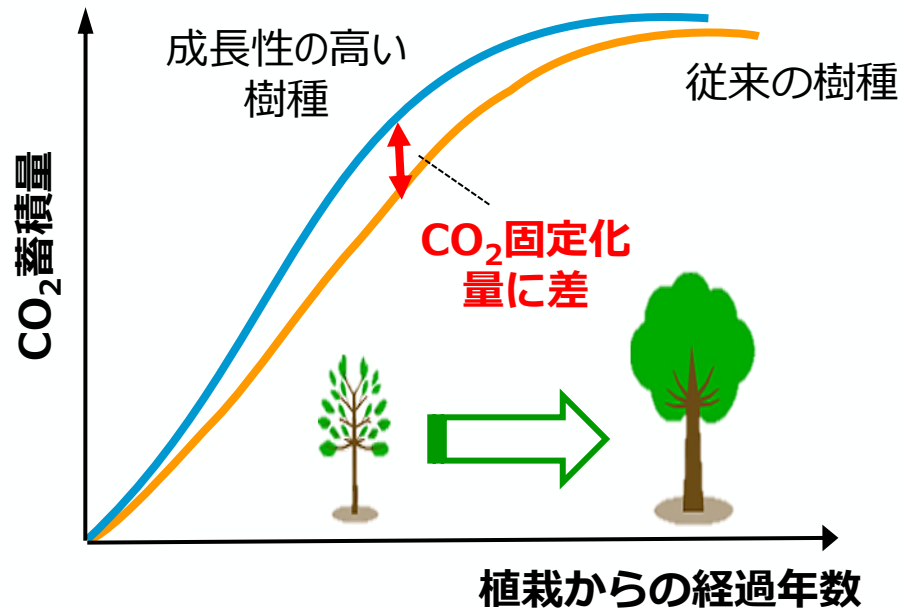


資料：日本製紙連合会

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CO2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CO2蓄積イメージ



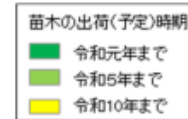
※伐採後もエリートツリーを再度植林していくことで、総固定量が常に増加する想定。

エリートツリーについて

エリートツリー等の出荷(予定)

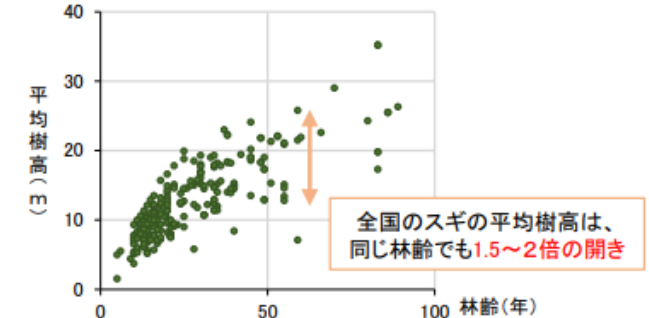
令和10年までに、スギの特定母樹由来苗木は、29府県で出荷予定。

<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。

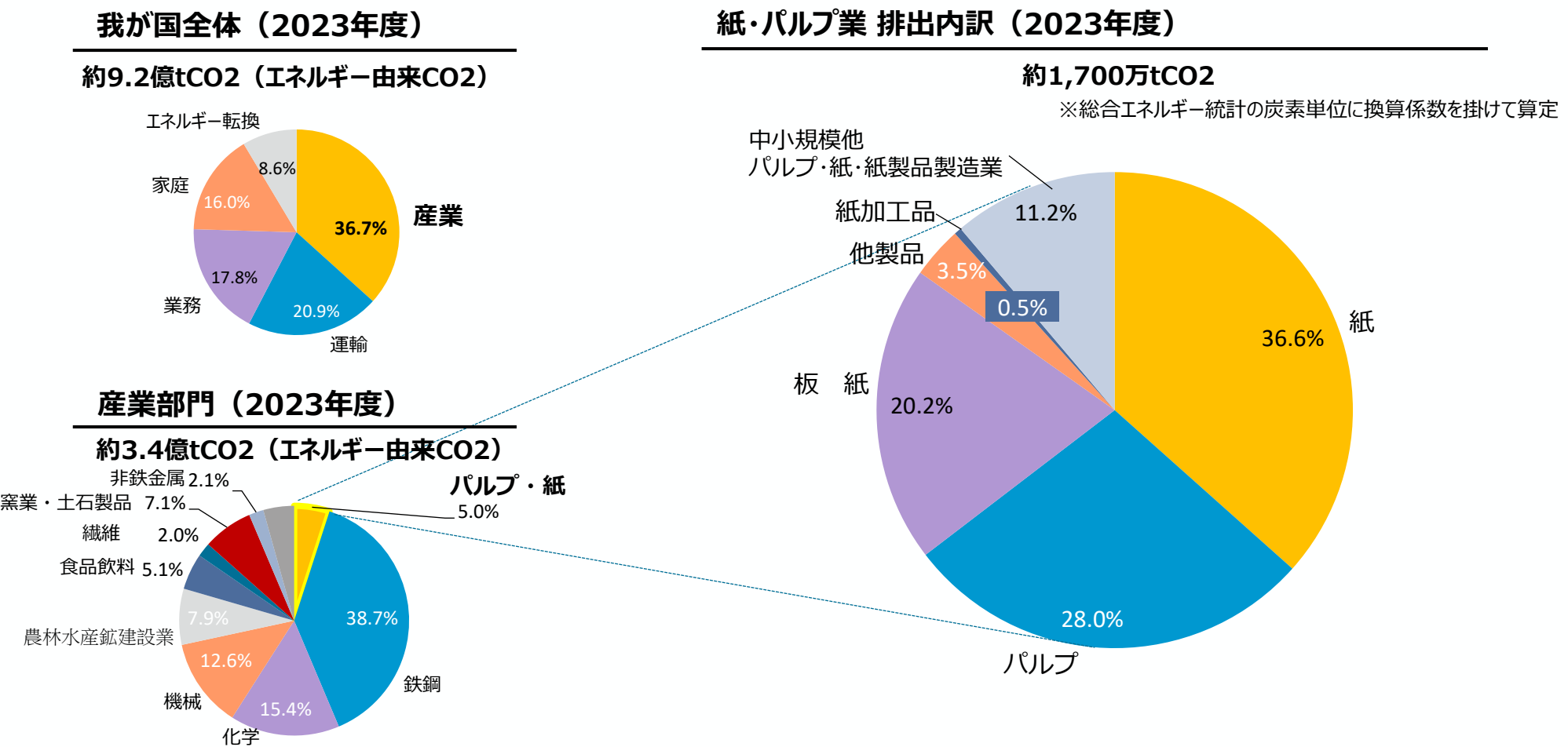
※特定母樹：改正間伐等特措法第2条第2項において、特に優良な種苗を生産するための種穂の採取に適する樹木であって、成長に係る特性の特に優れたもの。
(成長量（在来の系統と比較して1.5倍以上）、材の剛性、幹の通直性、花粉量などの指定基準を満たす)

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

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">紙・パルプ分野における技術ロードマップの必要性技術ロードマップの目的・位置づけ
2. 紙・パルプ産業について	①紙・パルプ産業の概要	<ul style="list-style-type: none">紙・パルプの製造工程紙・パルプ産業における資源循環
	②CO2排出とエネルギーの現状	<ul style="list-style-type: none">CO2排出量とエネルギー構成製造工程におけるエネルギー消費量
	③脱炭素化に向けた方向性	<ul style="list-style-type: none">脱炭素化に向けた全体像脱炭素の手法まとめ
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	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本技術ロードマップで想定する技術およびCO2排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">他分野との連携本ロードマップの今後の展開

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、自家発等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）

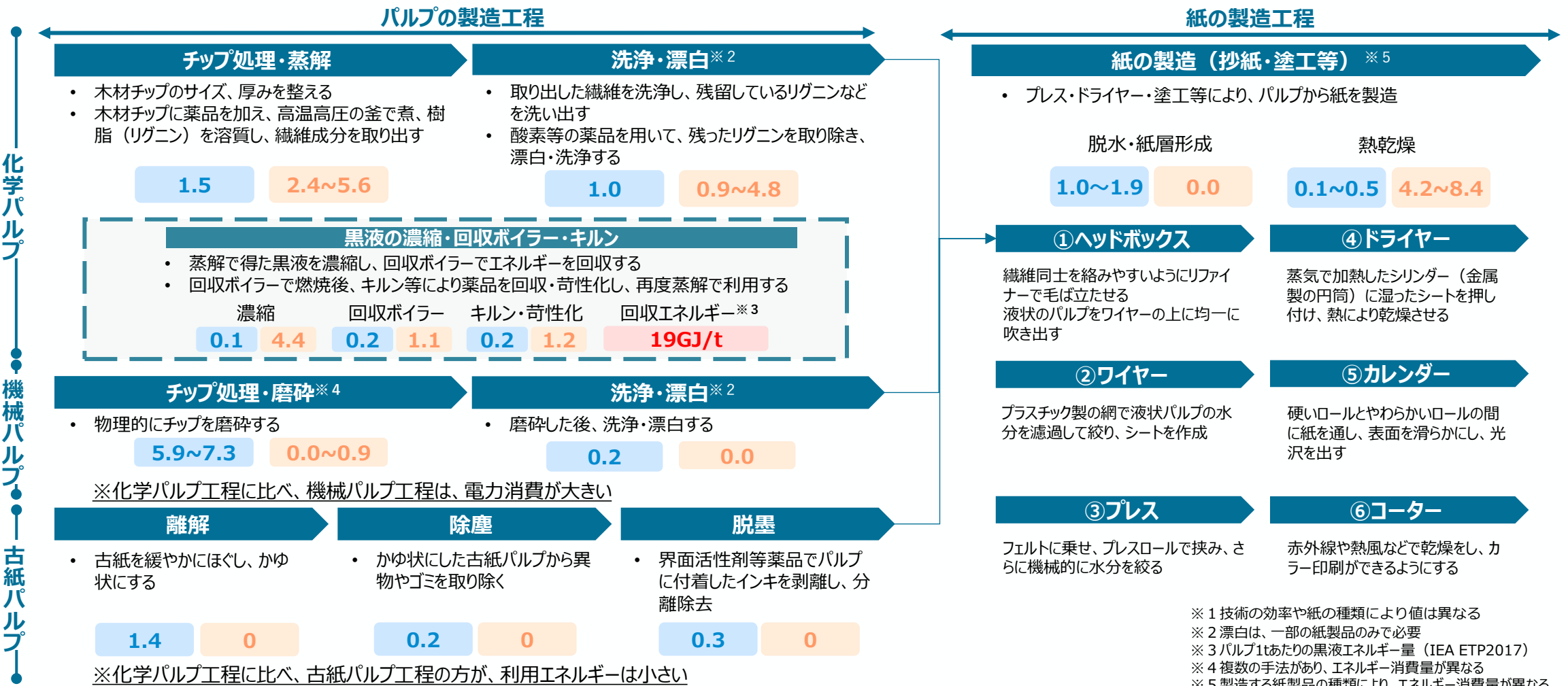
2. 紙・パルプ産業について | エネルギー消費量

- 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

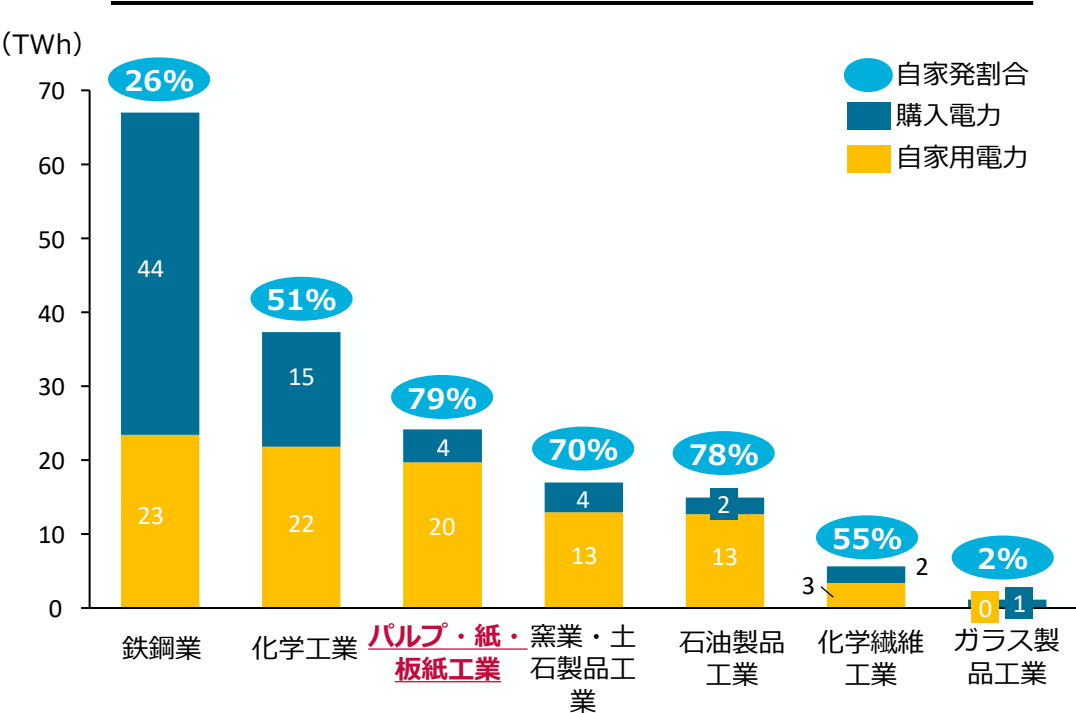


（出所）日本製紙連合会「紙の製造工程」及びM. R. Mobarakeh et al 2021、IEA ETP2017、RITEシナリオなどより作成

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。

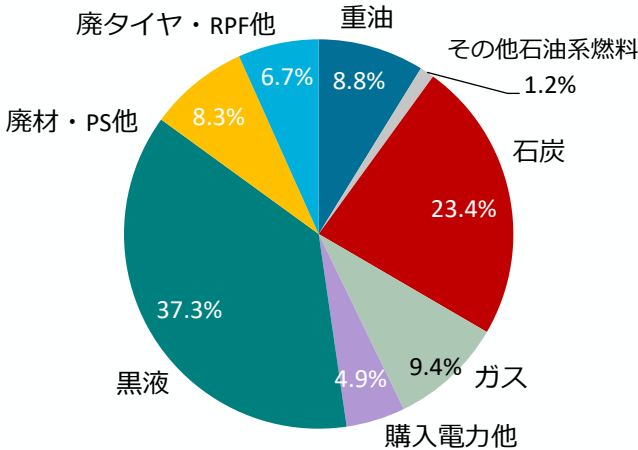
産業別電力消費量及び自家発割合（2023年）



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



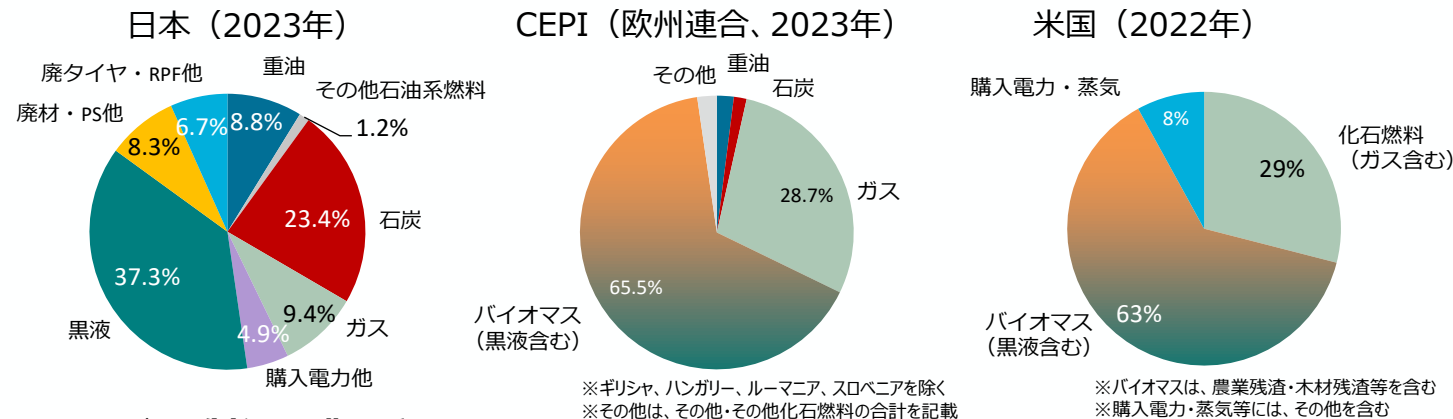
紙・パルプ産業のエネルギー消費内訳（2023年）



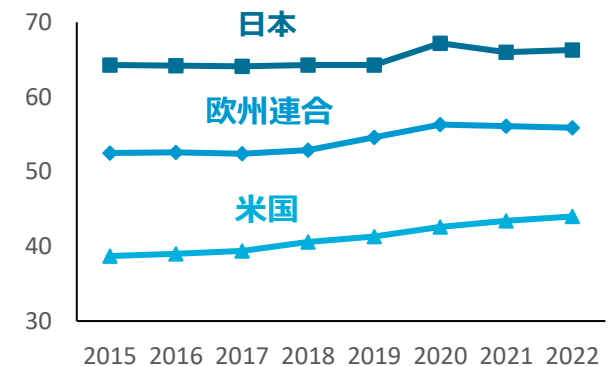
2. 紙・パルプ産業について | 世界の紙・パルプ産業の動向

- 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 | (参考) 日本の古紙利用について

- 日本は、急峻な地形や林業における人手不足などの影響により、パルプ原料となる国産木材の安定的な入手には一定の制約がある。このため、国内資源である**古紙の再利用**を重視してきた。
- また、日本では社会的制度が整備されていることや国民のリサイクル意識が高いことなどにより、**古紙利用率が欧米と比較して高く**、古紙パルプ原料等として広く利用されている。

<日本の古紙利用率が高い要因>

1. 法律に基づく効率的な分別回収システム

「資源の有効な利用の促進に関する法律」などにより、再生資源の利用を促進する制度が整備されているほか、製紙業界も「古紙利用率目標」を掲げて積極的に取り組んでいる。

2. 国民の高いリサイクル意識

自治体による「行政回収」に加え、町内会やPTAが行う「集団回収」、スーパーなどの店頭回収、古紙回収業者による直接回収など、多層的なルートが確立されている。他方、欧州では、基本的に戸別回収と拠点回収がルートとなっている。

3. 製紙業界による古紙利用の積極的な取組

製紙原料の多くを輸入に頼らざるを得ないことから、安定的に調達できる古紙パルプの利用を重視。古紙から異物やインキを取り出す優れた技術に加え、古紙原料確保に向け、難処理古紙の活用拡大に向けた技術開発を進めている。

4. 高品質な分別

日本の回収においては、新聞・雑誌・段ボールなど細かく分別されるため、異物混入が少なく、再利用しやすい高品質な古紙の提供が可能で、幅広い紙製品に利用されている。欧州の場合、紙・板紙の大きく2つに分類して回収する国が多く、品質により用途が限定される場合がある。

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">紙・パルプ分野における技術ロードマップの必要性技術ロードマップの目的・位置づけ
2. 紙・パルプ産業について	①紙・パルプ産業の概要	<ul style="list-style-type: none">紙・パルプの製造工程紙・パルプ産業における資源循環
	②CO2排出とエネルギーの現状	<ul style="list-style-type: none">CO2排出量とエネルギー構成製造工程におけるエネルギー消費量
	③脱炭素化に向けた方向性	<ul style="list-style-type: none">脱炭素化に向けた全体像脱炭素の手法まとめ
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	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">本技術ロードマップで想定する技術およびCO2排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">他分野との連携本ロードマップの今後の展開

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

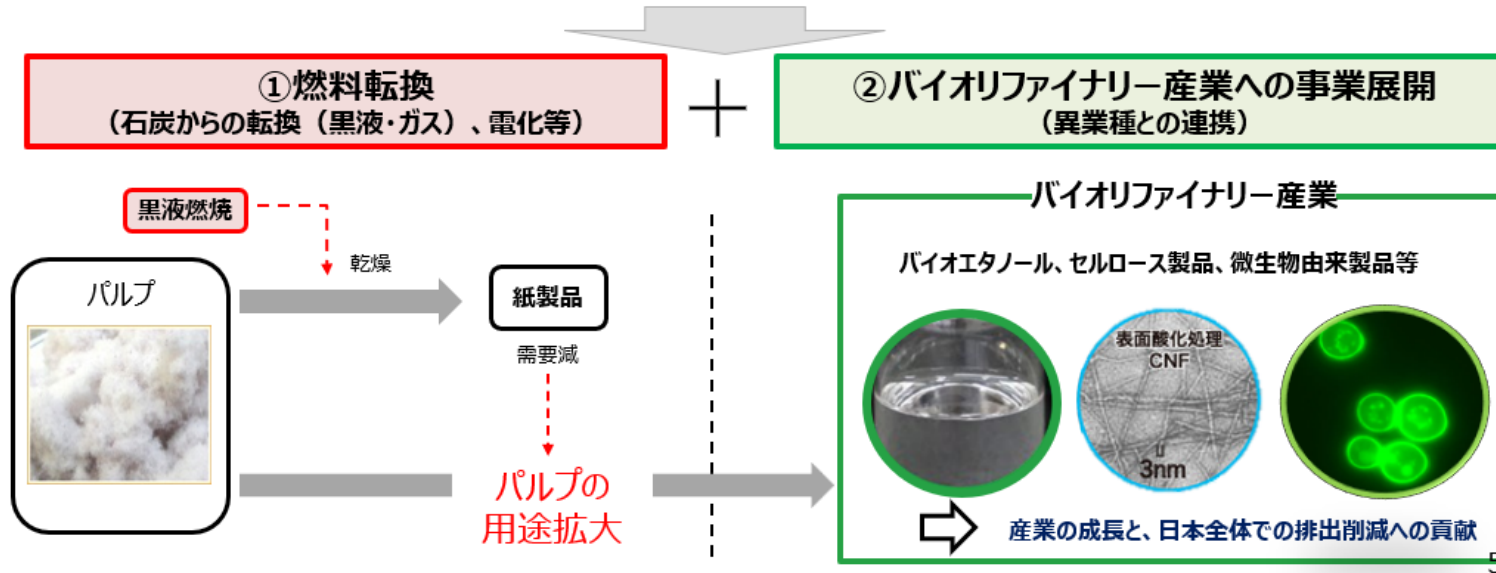
2. 紙・パルプ産業について | 脱炭素化に向けた方向性

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CO₂排出



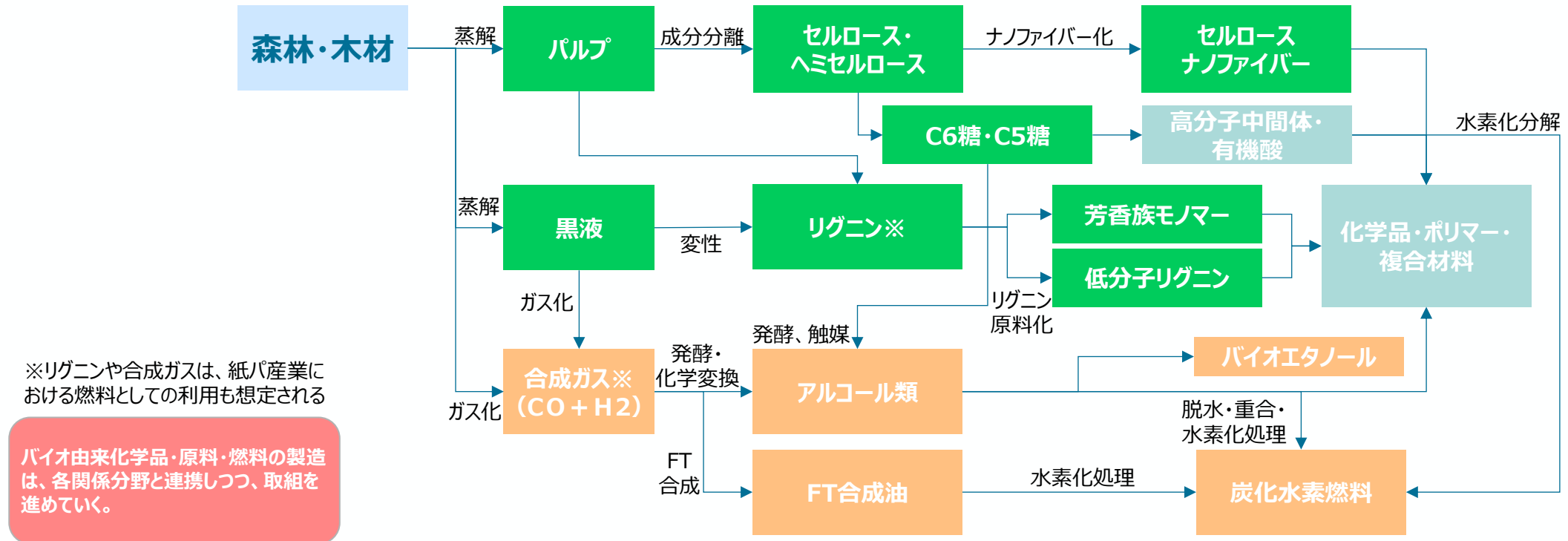
53

- ・ 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CO₂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CO₂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CO₂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CO₂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

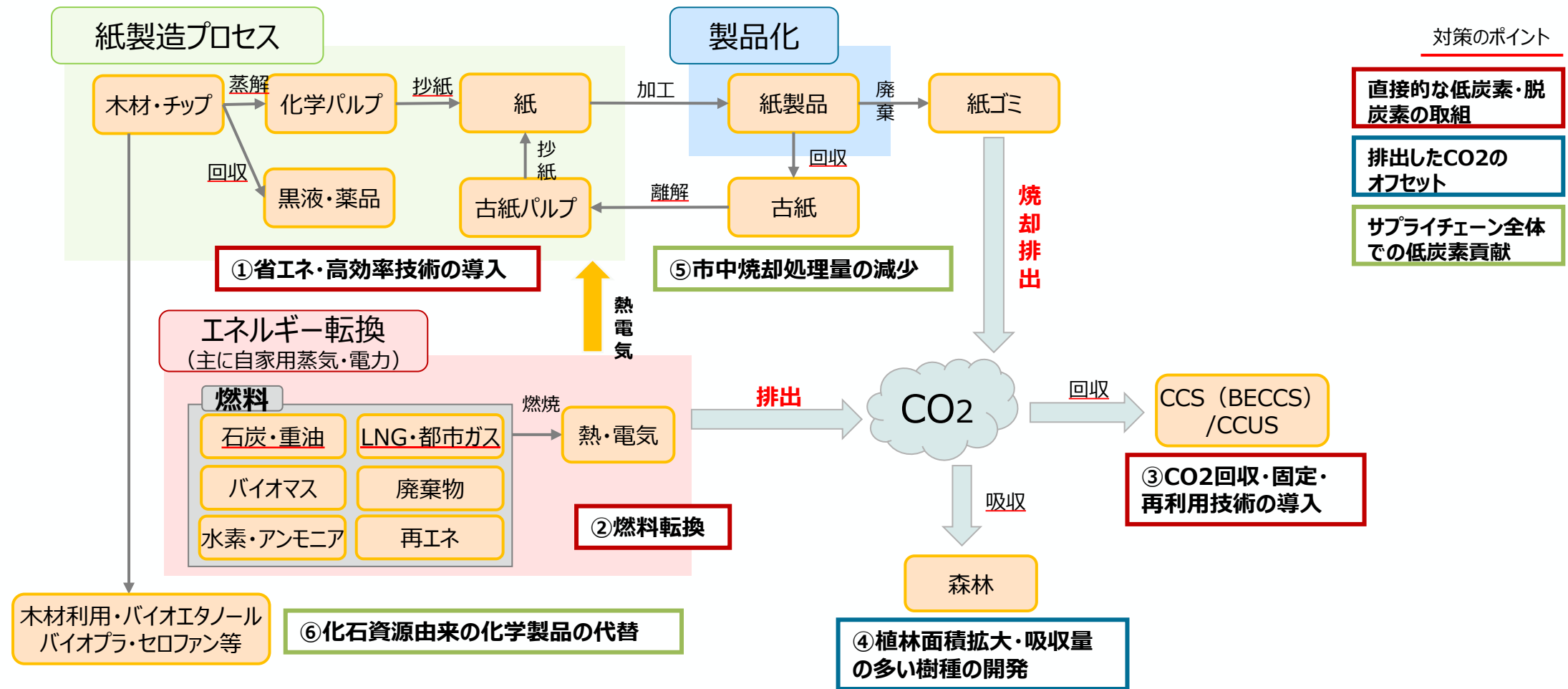
- GXに向けた取組として、従来の紙用途から、木材の用途拡大を推進。
- ①燃料；製造工程で副産物として得られる黒液を、ボイラーの燃料として有効活用する（石炭の代替）。
- ②バイオ由来製品；安定的に調達できる木質バイオマスを原料とし、木質繊維（パルプ）を加工して、バイオ化学品・燃料（セルロースナノファイバー、バイオコンポジット、バイオエタノール等）の製造を行うバイオリファイナリー産業への事業展開を進める。

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">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	<ul style="list-style-type: none">省エネ技術等の活用熱及びエネルギー利用時の燃料転換・電化CCS（BECCS）/CCUSの実装
④植林	<ul style="list-style-type: none">—	<ul style="list-style-type: none">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
⑤古紙リサイクル	<ul style="list-style-type: none">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	<ul style="list-style-type: none">従来廃棄物とされている難処理古紙等を回収・再利用するシステム・技術を拡大することにより、社会全体のカーボンニュートラルに貢献

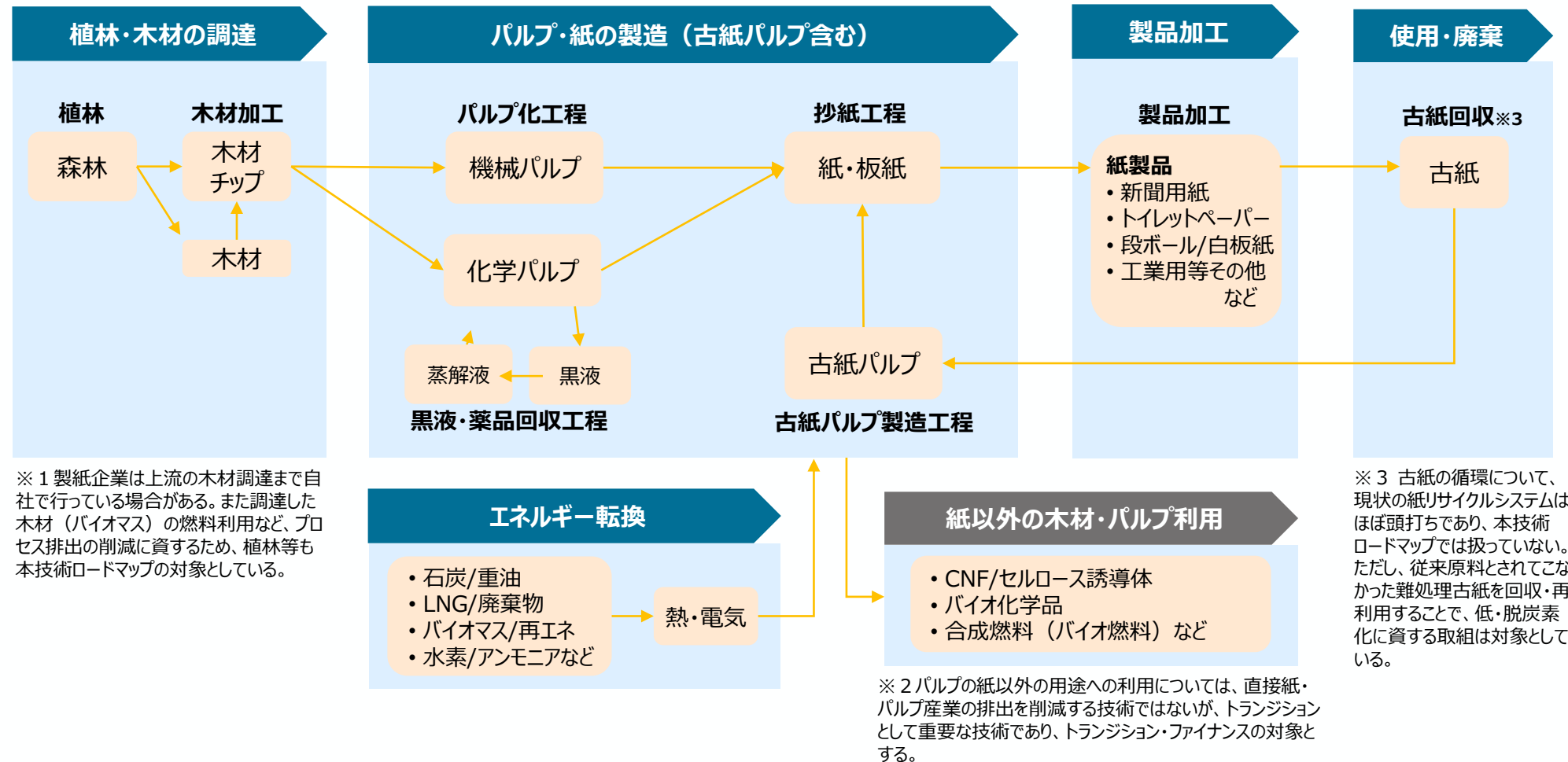
その他の取組（他産業の脱炭素に資する取組）

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">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」技術を展開することで、社会全体のカーボンニュートラルに貢献する。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することで、サプライチェーン全体でのCO2削減に寄与する。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。
-----------------------------	--

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

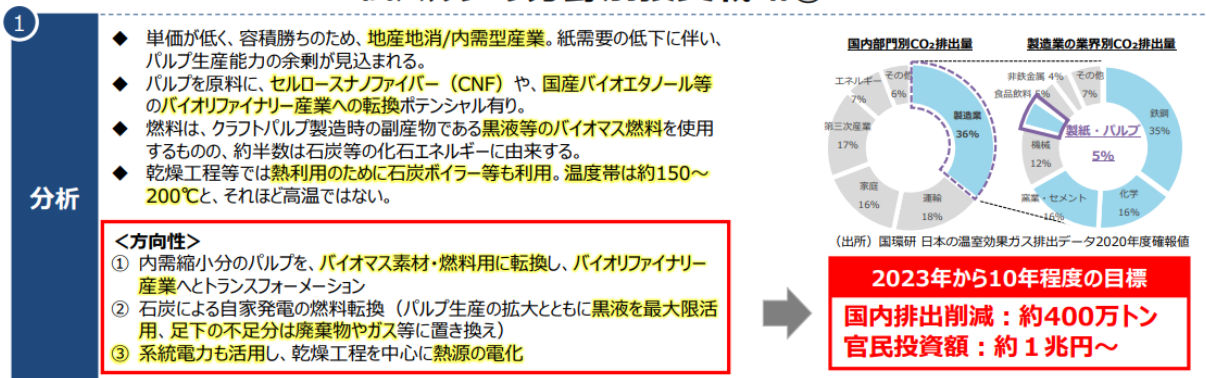
紙・パルプ産業の概要と本技術ロードマップの対象



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



章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none"> ・ ガス分野における技術ロードマップの必要性 ・ 技術ロードマップの目的・位置づけ
2. 化学産業について		<ul style="list-style-type: none"> ・ 日本における化学産業の位置づけ、重要性 ・ CO2排出量 ・ 化学産業における製造プロセス ・ 脱炭素に向けた方向性
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	<ul style="list-style-type: none"> ・ カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none"> ・ カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本技術ロードマップで想定する技術およびCO2排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none"> ・ 他分野との連携 ・ 本ロードマップの今後の展開

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)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ M.R. Mobarakeh 等 ✓ 製紙業界のCN行動計画
キルンの脱炭素化	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ M.R. Mobarakeh ✓ IEA ETP CETG 等
高効率プレス技術	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ M.R. Mobarakeh 等
高濃度抄紙	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ M.R. Mobarakeh 等
抄紙機ドライヤーの電化	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ M.R. Mobarakeh 等 ✓ IEA ETP CETG
ガス乾燥	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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	✓ エネルギー基本計画 ✓ IEA ETP CETG ✓ M.R. Mobarakeh
	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%	—	✓ IEA ETP CETG ✓ M.R. Mobarakeh
	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	✓ 革新的環境イノベーション戦略等 ✓ グリーン成長戦略 ✓ スマート農林水産業の展開について
	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	✓ 製紙業界 地球温暖化対策長期ビジョン

※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

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"> ✓ 高効率発電設備やCHPの導入 ✓ エネルギー管理システム等の導入 	—	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 製紙業界のCN行動計画 ✓ グリーン成長戦略
天然ガスへの燃料転換	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 燃料を天然ガスに転換（混焼・専焼） 	0.32~0.415 ※3 (kgCO ₂ /kwh)	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 製紙業界のCN行動計画 ✓ グリーン成長戦略 など
バイオマスへの燃料転換	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 燃料をバイオマスに転換（混焼・専焼） 	0.0~ (kgCO ₂ /kwh)	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 製紙業界のCN行動計画
廃棄物のエネルギー利用	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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 	—※4 (kgCO ₂ /TJ)	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 製紙業界のCN行動計画 ✓ グリーン成長戦略
太陽光発電への転換	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 自家用電力を太陽光発電に切り替える 	0.0 (kgCO ₂ /kwh)	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> ✓ グリーン成長戦略 ✓ 製紙業界のCN行動計画
水素・アンモニア等への燃料転換	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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 	0.0~	2020年代後半	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 製紙業界のCN行動計画 ✓ GI基金 - 社会実装計画※5 ✓ グリーン成長戦略 ✓ IEA ETP CETG
直接電気加熱	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 電気ボイラーから熱を生成 	0.0~ (kgCO ₂)	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> ✓ M.R. Mobarakeh 等 ✓ IEA ETP CETG
ヒートポンプにおける排熱回収	<ul style="list-style-type: none"> ✓ プロセスからの排熱を回収し、中温（160℃程度）に変換 	0.0~ (kgCO ₂)	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> ✓ M.R. Mobarakeh 等 ✓ IEA ETP CETG

※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

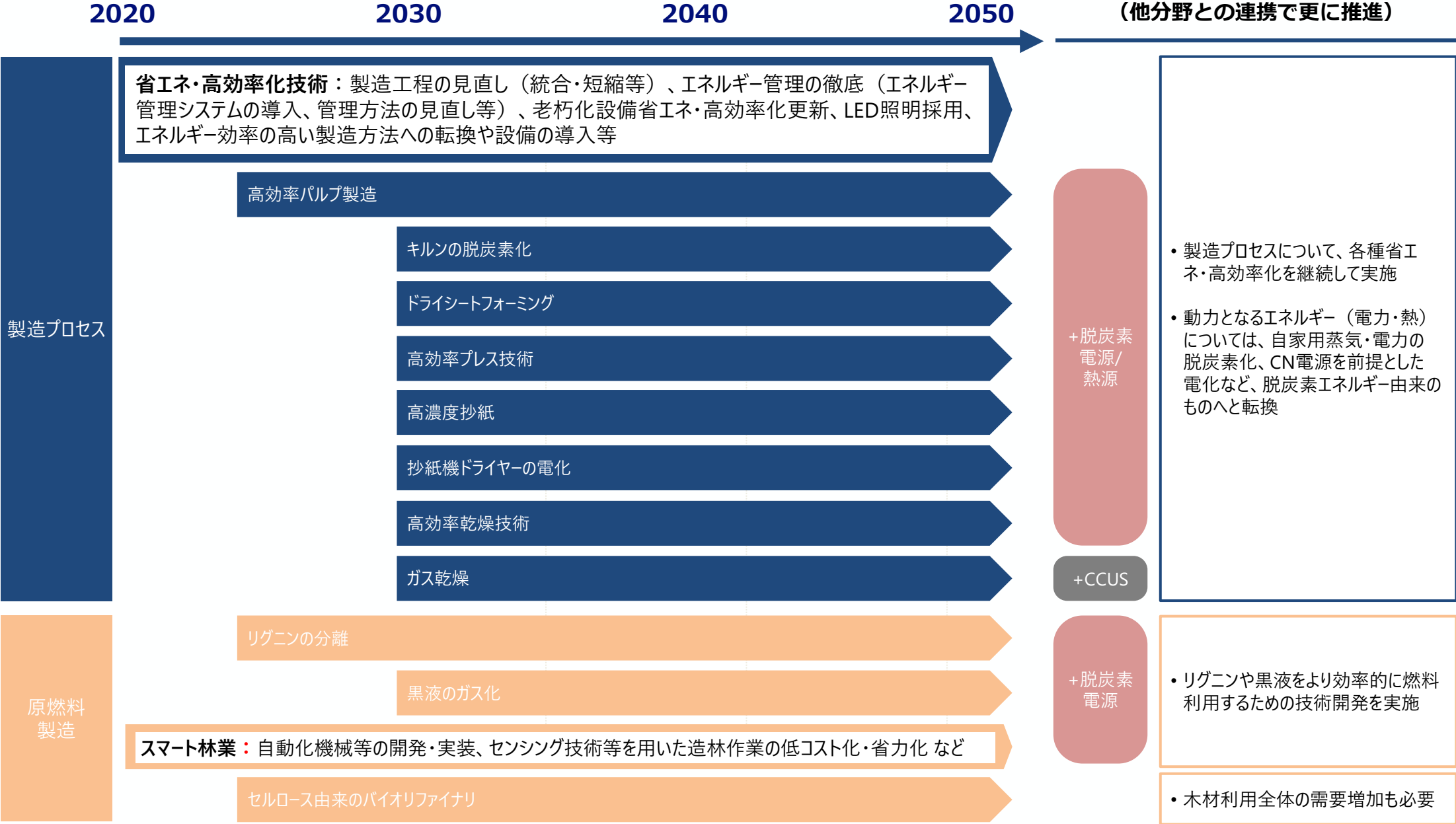
回収・吸収

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先
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>✓ CCS長期ロードマップ検討会最終とりまとめ</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>

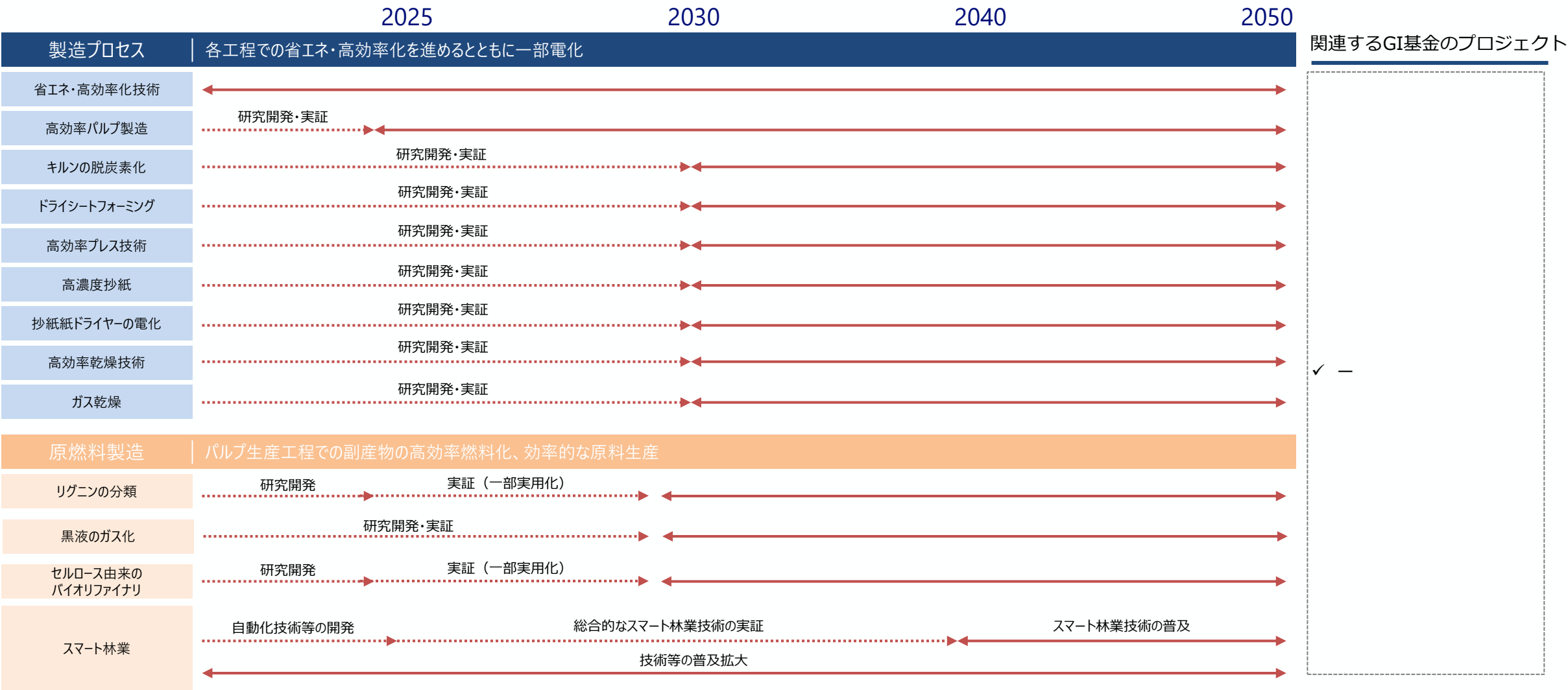
※ 1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。
※ 2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。
※ 3：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画
※ 4：一部地域では既に導入されているが、日本は国土が南北に長く各地域にあった樹種の選定・開発が必要であり、実証段階という面もある。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ

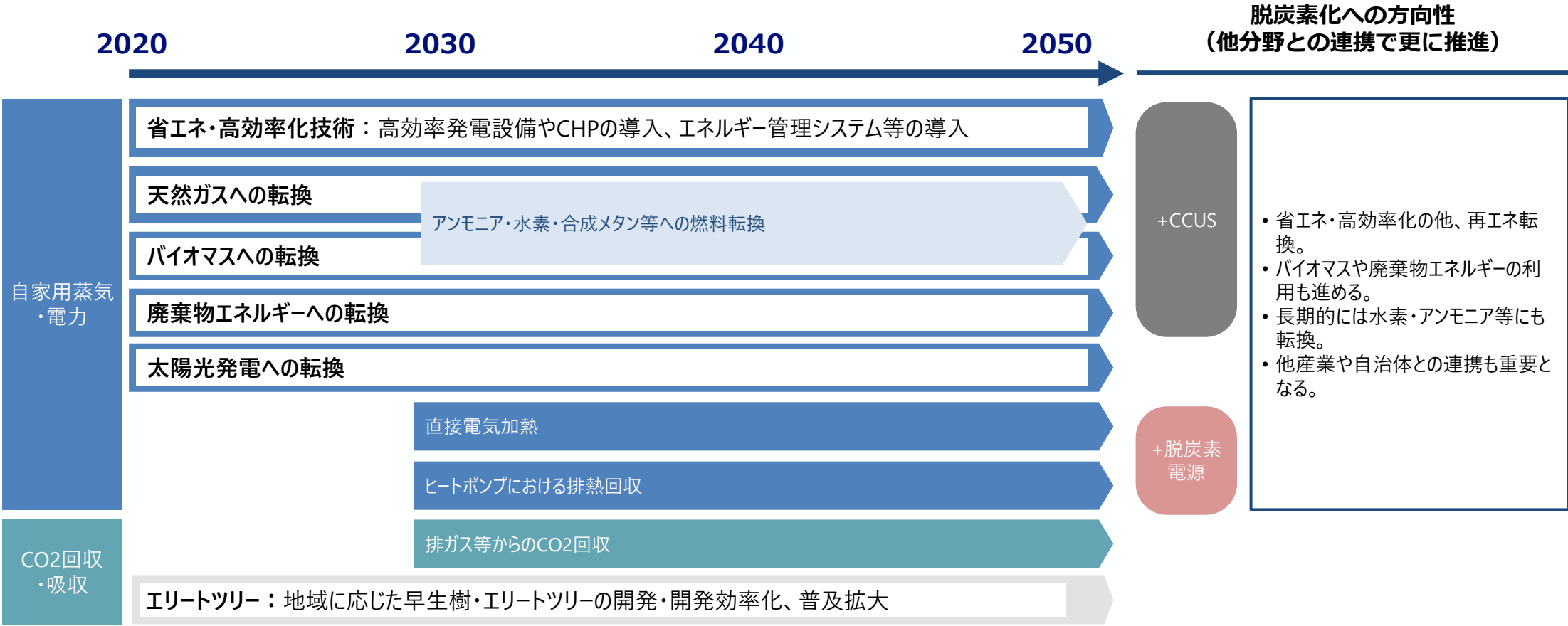
脱炭素化への方向性
(他分野との連携で更に推進)



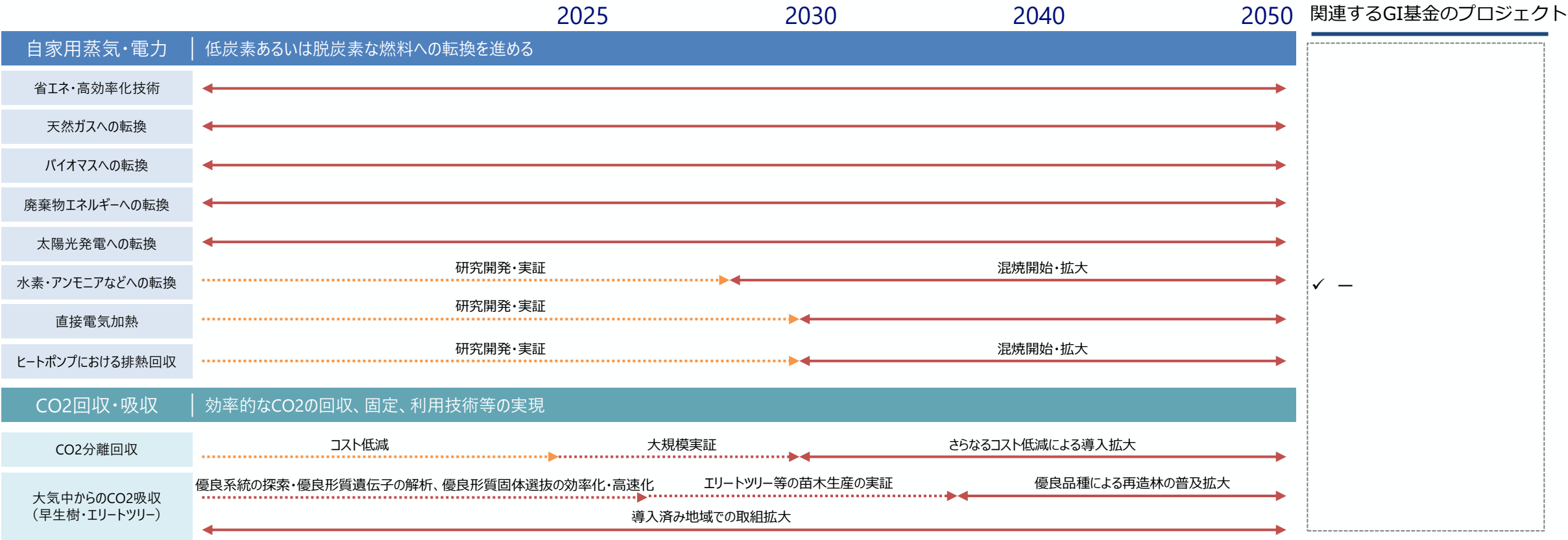
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】



3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ



3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】



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。

CO₂削減イメージの概要・策定根拠等

概要・策定根拠

- 右図は、p29～32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。
- 各種想定は、「第7次エネルギー基本計画」、「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、パリ協定整合のシナリオ等を踏まえ設定している。

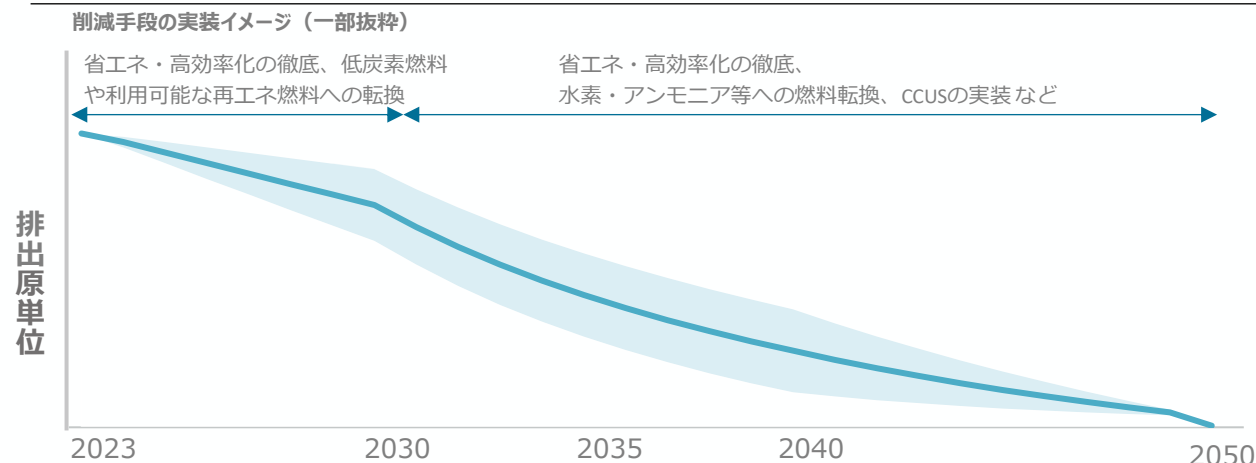
経路に大きな影響を与える主な要素

- 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。

CO₂排出削減イメージ※1、2



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CO₂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。

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none"> ・ ガス分野における技術ロードマップの必要性 ・ 技術ロードマップの目的・位置づけ
2. 化学産業について		<ul style="list-style-type: none"> ・ 日本における化学産業の位置づけ、重要性 ・ CO2排出量 ・ 化学産業における製造プロセス ・ 脱炭素に向けた方向性
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	・ カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	・ カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	・ 本技術ロードマップで想定する技術およびCO2排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none"> ・ 他分野との連携 ・ 本ロードマップの今後の展開

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

- 本技術ロードマップは、現時点で想定されている低炭素・脱炭素技術を選択肢として示すとともに、これら技術の実用化のタイミングについて、イメージを提示するものである。
- 紙・パルプ分野における技術開発は長期にわたることが想定されており、経済性など不確実性も存在する。そのため、本技術ロードマップに記載されている以外の低炭素・脱炭素技術が開発・導入される可能性もある。
- また、紙・パルプ分野における低炭素・脱炭素技術の実用化は、脱炭素電源、水素供給、CCUSなど他分野との連携を含む社会システムの整備状況にも左右されるため、他分野と連携しつつカーボンニュートラルの実現に向けた取組を進めていくこととなる。
- 今後、本分野における技術開発や各社・政策の動向、その他技術の進展や、投資家等との意見交換を踏まえ、技術ロードマップの妥当性を維持し、活用できるよう、定期的・継続的に見直しを行うこととする。
- 紙・パルプメーカー各社においては、長期的な戦略の下で、各社の経営判断に基づき、本技術ロードマップに掲げた各技術を最適に組み合わせて、カーボンニュートラルの実現を目指していくこととなる。
- また、各事業主体の排出削減の努力は本技術ロードマップの「技術」ととどまらず、カーボンクレジットの活用やカーボンオフセット商品の購入等も考えられる。

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 紙・パルプ分野 委員名簿（2022年2月策定時）

【座 長】

秋元 圭吾 公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）
システム研究グループリーダー・主席研究員

【委 員】

押田 俊輔 マニユライフ・インベストメント・マネジメント株式会社クレジット調査部長
梶原 敦子 株式会社日本格付研究所 常務執行役員 サステナブル・ファイナンス評価本部長
関根 泰 早稲田大学 理工学術院 教授
高村 ゆかり 東京大学 未来ビジョン研究センター 教授
竹ヶ原 啓介 株式会社日本政策投資銀行 設備投資研究所エグゼクティブフェロー／ 副所長
兼 金融経済研究センター長
松橋 隆治 東京大学 大学院工学系研究科電気系工学専攻 教授

【専門委員】

磯貝 明 東京大学 特別教授
内村 浩美 愛媛大学 特別栄誉教授
松原 孝知 日本製紙連合会 エネルギー委員長

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 紙・パルプ分野 委員名簿（2025年12月更新時）

【座 長】

秋元 圭吾 公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）
システム研究グループリーダー・主席研究員

【委 員】

押田 俊輔 マニユライフ・インベストメント・マネジメント株式会社クレジット 調査部長
梶原 康佑 株式会社日本格付研究所シニア・サステナブル・ファイナンス・アナリスト 国際評価ユニット長
関根 泰 早稲田大学 理工学術院 教授
高村 ゆかり 東京大学 未来ビジョン研究センター 教授
竹ヶ原 啓介 政策研究大学院大学 教授

【専門委員】

河崎 雅行 日本製紙連合会 常務理事