

リサーチレター <2025 No.1>

紙パルプ産業におけるカーボンニュートラル対応とその展望

2022 年度において、紙パルプ産業のエネルギー起源 CO₂排出量は、日本の産業部門全体の 5.2%を占めており、第6位に位置している¹。紙パルプ産業は、木材や古紙を原料として製品化し、その使用済み紙を回収して再利用するなど、再生可能資源を活用した循環型の産業である。製品自体は低炭素であるが、製造過程では多くの熱と電力を必要とし、その結果として一定量の GHG²(温室効果ガス)が排出される。紙パルプ産業は、2050 年までにカーボンニュートラルを達成することを目指し、そのための対応を強化している。本稿では、その対応状況を確認し、それらの取り組みがもたらす未来を展望する。

1. 紙パルプ産業の GHG 排出状況

紙パルプ産業は、印刷・情報用紙、衛生用紙、段ボールなど、国民生活や産業活動に欠かせない製品を安定的に供給している重要な産業である。2023 年度の従業員数は約 18.4 万人で、製品出荷額は約 7.8 兆円である。これらは全産業の従業員数の 2.4%、製品出荷額の 2.1%に相当する。

紙パルプ産業の GHG 排出の傾向を見極めるため、主要 5 社の GHG 排出量を確認した。ここでは、GHG 排出全般について解説する。

(1) GHG プロトコル

GHG 排出量の算出方法は GHG プロトコルと呼ばれるデファクトスタンダードがあり、ISSB³をはじめとする有力な情報開示の枠組みでも採用されている。

GHG は化石燃料の燃焼や工業プロセス、電気の使用など、様々なところで発生する。企業活動による全ての GHG 排出量を把握するには、自社内だけでなく、サプライチェーンを通じて発生する GHG 排出量も算定する必要がある。そのため、同プロトコルは企業の GHG 排出量を算定・開示するための枠組みとして、「Scope1」、「Scope2」、「Scope3」の 3 つの区分を導入している。

① Scope1

燃料の燃焼や製品の製造などで企業や組織が「直接」排出する GHG のことで、例えば、自社の工場や施設で生じる CO₂ やメタン(CH₄)の排出などが含まれる。

② Scope2

他社から供給された電気・熱・蒸気を使用することで「間接的」に排出される GHG のことで、代表例として電力会社から供給される、化石燃料によって作られた電気の使用がある。

③ Scope3

サプライチェーンの「上流」と「下流」から排出される GHG のことで、紙パルプ産業の「上流」は木材や古紙の調達などがある。一方、「下流」は紙製品の使用や廃棄がある。GHG プロトコルでは、Scope3 をさらに 15 のカテゴリに分類している(次頁 図表 1-1)。

¹ 鉄鋼 38.1% 化学工業 15.8% 機械 12.8% 窯業・土石製品 7.5% 食品飲料 5.3% パルプ・紙・紙加工品 5.2%
(出所)環境省(2024)「2022 年度(令和 4 年度)温室効果ガス排出量・吸収量(詳細)」(2024 年 4 月 12 日公表)

² Greenhouse Gas の略。

³ International Sustainability Standards Board(国際サステナビリティ基準審議会)の略称。ESG など非財務情報の開示の統一国際基準を策定する機関。国際会計基準の策定を行う民間非営利組織である IFRS 財団の下部組織として 2021 年 11 月に発足。

図表 1-1 Scope3 カテゴリ分類

Scope3 カテゴリ		該当する活動(例)
1	購入した製品・サービス	原材料や部品の調達、加工の外部委託、消耗品の調達
2	資本財	生産設備の増設
3	Scope1,2に含まれない燃料およびエネルギー活動	調達している燃料の上流工程(採掘、精製等) 調達している電力の上流工程(発電に使用する燃料の採掘、精製等)
4	輸送、配送(上流)	調達物流、横持物流、出荷物流(自社が荷主)
5	事業から出る廃棄物	廃棄物(有価物は除く)の自社以外での輸送、処理
6	出張	従業員の出張
7	雇用者の通勤	従業員の通勤
8	リース資産(上流)	自社が貸借しているリース資産の稼働
9	輸送・配送(下流)	出荷輸送(自社が荷主の輸送以降)、倉庫での保管、小売店での販売
10	販売した製品の加工	事業者による中間製品の加工
11	販売した製品の使用	使用者による製品の使用
12	販売した製品の廃棄	使用者による製品の廃棄時の輸送、処理
13	リース資産(下流)	自社が賃貸事業者として所有し、他者に賃貸しているリース資産の稼働
14	フランチャイズ	自社が主宰するフランチャイズの加盟者の Scope1,2 に該当する活動
15	投資	株式投資、債券投資、プロジェクトファイナンスなどの運用

(出所) 経済産業省 資源エネルギー庁(2023)「知っておきたいサステナビリティの基礎用語～サプライチェーンの排出のものさし「スコープ1・2・3」とは」をもとに筆者作成

(2) 紙パルプ産業の GHG 排出の傾向

主要 5 社の 2021 年度から 2023 年度の GHG 排出量を調査した結果、次のような傾向が見られた。製紙会社では Scope1 の排出量が最も多く、次いで Scope3 が多い。この Scope3 では、特にカテゴリ1(購入した製品・サービス)の割合が大きい。一方で、Scope2 の排出量は少ない。これらの理由を以下で説明する。

① Scope1

紙パルプの製造工程では、大量の水、熱、電力を必要とするため、工場では蒸気を利用した自家発電が行われている。この蒸気は加熱や紙の乾燥にも活用される。さらに、木材繊維を抽出する際に出る廃液(黒液)を、蒸気を生成するボイラの燃料として使用するため、エネルギー効率が高い。黒液はバイオマスでカーボンニュートラルであるため GHG 排出削減に貢献している。しかしながら、製造に必要なエネルギーが非常に大きいため、化石燃料の使用による GHG の排出は依然として多い。

② Scope2

他社から供給された電力、熱、蒸気の使用によって間接的に排出される GHG を指す。製紙会社の製造工程では大量の電力が使用されるが、自家発電が大半を占めており、購入電力は少ない。このため、Scope2 の排出量は比較的小さい。

③ Scope3

カテゴリ1がその過半を占める。植林、伐採、チップ化などの木材原料調達における排出が多く、これが主な要因である。次に、古紙や化学薬品の調達が続く。また、木材チップの約 7 割が輸入⁴されており、古紙問屋から製紙会社向けの古紙は主にトラックで輸送されている。このため、輸送過程においても CO₂ が多く発生する。これらの調達物流はカテゴリ4(輸送、配送(上流))に属する⁵。

一方、段ボールなど板紙・紙加工製品を主に製造する会社では、Scope3 が最も多く、その中でもカテゴリ1が過半を占める。次に Scope1 が多く、Scope2 の排出量は製紙会社と同様に少ない。主に古紙や板紙を原料に製造しており、これら原料の調達に関連する Scope3 カテゴリ1の排出量が Scope1 の排出量を上回っている。しかしながら、製紙会社と同様に、自社の排出である製造工程の GHG 排出削減は重要である。

⁴ (出所) 日本製紙連合会 HP

⁵ 古紙問屋による古紙の回収(トラック輸送)は、カテゴリ1に属する。

2. 紙パルプ産業におけるカーボンニュートラル対応

紙パルプ産業の GHG 排出量は Scope1 に集中しており、製造工程での GHG 排出削減が課題である。2021 年 1 月、日本製紙連合会は 2050 年までに生産活動で排出する CO₂ を実質ゼロにする「製紙業界-地球温暖化対策長期ビジョン 2050」を策定した。このビジョンでは、生産活動以外にも「環境対応素材の開発によるライフサイクルでの CO₂ 排出量削減」や「植林による CO₂ 吸収源としての貢献拡大」により、カーボンニュートラル社会に貢献するとしている。本節では、主要会社の統合報告書などをもとに、「自社におけるカーボンニュートラル対応」と「社会へのカーボンニュートラル貢献」に関する取り組みを確認する。

(1) 自社におけるカーボンニュートラル対応

① 化石燃料を使用する燃焼機器の燃料転換

(ア)化石燃料からバイオマス燃料および天然ガスへの転換

紙パルプ工場のエネルギー燃料構成は、図表 3-1 の通り、非化石由来のエネルギーが過半を占めているが、依然として化石由来のエネルギーも多く使用されている。このため、重油や石炭を燃料とするボイラについて、端材や廃材などのバイオマス燃料や天然ガスへの切り替えを進めている。

天然ガスは石炭に比べて GHG の排出が少ないものの、一定の排出はある。この転換は、将来的に水素供給インフラが整備され、水素の混焼や専焼が可能になるまでの移行期における対策である。

図表 3-1 紙パルプ工場のエネルギー燃料構成(2023 年度)

燃料		割合
化石由来 43.4%	重油	6.8%
	石炭	20.6%
	ガス	7.3%
	購入電力他	8.7%
非化石由来 56.6%	黒液	34.3%
	バイオマス	10.0%
	廃棄物	12.3%

(出所) 日本製紙連合会 CN 実現に向けた製紙業界の取り組みと排出量取引制度の在り方 より筆者作成

(イ)廃棄物を燃料とするリサイクルボイラの設置

再利用が難しい古紙や廃プラスチック、地域のごみをボイラの化石燃料の代替として使用し、GHG 排出量の総量を減らしている。通常であれば単純焼却される廃棄物を、製紙会社で化石燃料の代替として使用することで GHG の排出を抑えている。また、バイオマスプラスチックなどのカーボンニュートラルなプラスチック廃棄物も代替燃料として活用することを検討している。

(ウ)CO₂フリー燃料(水素、アンモニア)への転換

現在、電力会社やボイラメーカーは発電用ボイラで水素やアンモニアを一部混焼する実証実験を行っている。CO₂ フリー燃料による専焼の実現はまだ先であり、水素やアンモニアの供給インフラの整備も必要である。

(ア)や(イ)の対策を実行しながら、将来的な課題として検討している。

なお、パルプ製造工程ではキルン⁶という燃焼機器を用いて、製造工程で使用する化学薬品を再生・再利用している。キルンも重油や天然ガスを燃料として使用しており、化石燃料ボイラと同様の課題がある。

② 使用蒸気の省エネ化

パルプ製造工程における木材繊維を分離する工程、漂白や黒液を濃縮する工程および紙製造工程における乾燥の工程では、大量の高温蒸気を使用されている。現状、バイオマス燃料だけでは十分に賄えず、化石燃料ボイラに依存している。そのため、各工程で設備の蒸気消費を抑えるため、省エネ化を進めており、GHG 排出削減を目指して設備の更新を行っている。また、紙製造工程の乾燥設備を電化し、蒸気の使用を削減することも検討している。これらの取り組みは、再生可能エネルギー電力の利用を前提としている。

⁶ 直径 4～6m、長さ 60～100m の円筒形の回転窯で、窯が回転し、約 1450℃の高温で原料を窯内で移動させ焼成する。

③ 使用電力の省エネ化

現在、ほとんどの設備は電力で稼働しているため、使用電力を削減することが重要な課題となっている。このためエネルギー効率の高い省エネ設備への切り替えや工程の見直しを積極的に進めている。2022年度の省エネ投資例として、ポンプインバーター化⁷、変圧器・空調機更新、老朽化した設備の更新、コンプレッサー⁸、シュープレス設備⁹導入などがある¹⁰。

④ 再生可能エネルギー電力の導入

多くの製紙会社は Scope2 の削減を目指して、積極的に投資を行っている。具体的な取り組みとして、自社工場の屋根に太陽光発電設備を設置したり、自家発電にバイオマスボイラを導入したりしている。また、工場の隣接地に風力発電設備を設置する例もある。

⑤ 水の有効利用

紙パルプ工場では、製品の品質維持のために大量の水を使用し、パルプの洗浄や漂白など多くの工程で水を加温している。新しい水を使用すると加温に多くのエネルギーが消費される。また、水を工場外に放出する前のろ過処理でも追加のエネルギーが必要である。そこで、各工程から良質な排水を分離し、他の工程で再利用して加温やろ過のエネルギーを節約している。

⑥ 物流分野におけるGHG排出削減の取り組み

国内外においてトラックから内航船へのモーダルシフト¹¹を推進している。また、内航船輸送に適していない貨物についても工夫を凝らし対応している。例えば、紙おむつの材料であるフラッフパルプ¹²は軽量で、単独では内航船輸送に適していない。しかし、巻取紙などの重い商品と一緒に積載することで、内航船での輸送が可能になっている。

(2) 社会へのカーボンニュートラル貢献

① 植林などによる CO₂ 吸収量の拡大

樹木は光合成により CO₂ を吸収し、酸素を放出している。しかし、人間と同様に呼吸も行い、酸素を吸収し CO₂ を放出している。光合成による CO₂ の吸収量は、呼吸で放出する CO₂ の量を上回るため、全体として樹木は CO₂ を吸収している。

成長期の若い森林では、樹木が活発に CO₂ を吸収して成長する。しかし、森林が成熟すると、吸収量と呼吸量の差が次第に小さくなり、全体の CO₂ 吸収能力は低下する。このため、製紙会社は成熟した樹木を伐採して紙製品を製造し、新たに若木を植林することで CO₂ の吸収量を増やしている。日本製紙連合会は、CO₂ の吸収源として、2030 年度までに国内外の植林地面積を 1990 年度比 37.5 万 ha 増の 65 万 ha とすることを目標とするとしている。

製紙各社は、植林地の拡大だけでなく、環境適応性や成長量が高い樹木の育種、森林管理の強化、間伐の実施によって、CO₂ 吸収量のさらなる拡大を目指している。

② 化石由来プラスチック製品から紙製品への置き換え

石油などの化石資源を原料とするプラスチック製品を紙製品に置き換えることで、GHG 排出の大幅な削減が可能である。例えば、プラスチック製パッケージから紙製パッケージへの切り替えである。プラスチック製パッケージは、製造過程や廃棄時に多くの CO₂ を排出する。一方で、紙製パッケージはライフサイクル全体での CO₂ 排出が抑えられている。紙製パッケージへの置き換えによる CO₂ 排出削減効果は、約 60%との試算もある。

⁷ ポンプのモータの回転数制御を行うこと。モータの消費電力の削減につながる。

⁸ 空気を吸い込み圧縮して圧力を高め、圧縮空気で動く機器(空圧機器)に連続的に送り出す装置のこと。

⁹ 紙製造における搾水(水分の除去)を行う設備のこと。従来の設備に比べ多くの水分を取り除くことができ、乾燥工程で必要となる熱エネルギーを減らすことができる。

¹⁰ (出所) 日本製紙連合会技術環境部「紙パルプ産業のエネルギー需要及び他産業も含めた CO₂ 排出の動向」

¹¹ トラック等の自動車による貨物輸送を環境負荷の小さい船舶や鉄道による輸送に転換すること。

¹² 吸収性製品の製造に使用されるパルプのこと。強力な吸収能力を持つパルプである。

③ 木質由来新素材の開発(バイオリファイナリー)

バイオリファイナリーとは、石油などの化石資源を使わずに木質由来の素材から燃料や化学製品を製造する技術である。この技術により、GHG 排出の大幅な削減が可能である。

製紙各社は、紙の需要減少による売上減を補うための新たな事業として、この技術の開発に力を入れている。また、市場の拡大を目指し、化学や繊維会社との協業も視野に入れている。この新素材は、食糧問題に影響を与えない非可食のサステナブル素材である。さらに、木材をパルプにする既存の工程を利用して製造するため、既存の資産を活用できる利点がある。

④ 難処理古紙¹³のリサイクル技術の開発

ラミネート加工紙やアルミ加工紙、感熱紙などは、特殊な表面加工や紙以外の材料を含むため、分離や除去が難しい。このため、通常は埋立や焼却処分されている。しかし、これらの難処理古紙をリサイクルする技術を開発することで、材料を分離して再利用することが可能になり、GHG 排出削減につながる。

⑤ マテリアルリサイクル¹⁴

使用済みの紙コップを段ボールの原料として再利用し、衛生用紙や紙おむつの製造過程で発生するロス品や端材を紙製品の製造に活用することで、循環型社会の実現に貢献している。これにより、焼却処分が減り、GHG 排出も削減される。

⑥ バイオマスボイラで発生する CO₂の回収と固定化(CCS)、再利用(CCUS)

黒液や端材などのカーボンニュートラルなバイオマス燃料を使用するボイラから排出される CO₂に対して、CCS¹⁵や CCUS¹⁶技術を適用することで、ネガティブ・エミッション¹⁷が可能になる。日本製紙連合会の試算によれば、黒液を燃料とする場合で年間 1,300 万 t の CO₂削減が期待できる。

⑦ 古紙のバイオエタノール¹⁸化

古紙は繰り返しパルプに再生されるが、繊維を何度も機械的にほぐすことで、繊維が損傷し、紙の強度が低下する。その結果、再生が難しくなった古紙は、通常、埋立や焼却処分される。しかし、古紙は木材繊維(セルロース)で構成されているため、バイオエタノールに転換することが可能である。この転換により、持続可能な航空燃料(SAF¹⁹)やバイオプラスチック製品として古紙を有効に利用できる。現在は実証段階であるが、商業生産が開始されれば、化石資源の利用が減り、GHG 排出削減につながる。

3. 未来への展望

これまで見てきたように、紙パルプ産業はボイラ燃料をバイオマスに転換する取り組みを強化している。バイオマス燃料はカーボンニュートラルであるため、CCS や CCUS を活用することで、CO₂ 排出量を実質的にマイナスにできる可能性がある。また、植林や森林管理を強化することで、CO₂ の吸収量を増やす取り組みも進めている。

さらに、紙パルプ産業は化石由来のプラスチック製品を紙製品に置き換えることに取り組んでいる。加えて、バイオリファイナリー技術を活用し、木質由来の新素材を開発することで、石油化学製品の代替を目指している。石油化学製品はほぼ全ての産業で使用されているため、これを木質由来の素材に一部でも切り替えることは、産業全体の GHG 排出削減に大きく貢献する。化学産業もバイオマスを原料とする化学製品の開発に取り組んでおり、競合する場面がある一方で、市場拡大の観点から紙パルプ産業は協業を視野に入れている。

¹³ プラスチックやアルミ箔を貼り合わせた複合素材の紙、金銀の折り紙のように箔押しされた紙、防水加工が施された紙などのこと。

¹⁴ 廃棄物を原料として捉え、製品原料として再利用するリサイクル方法のこと。

¹⁵ 「Carbon dioxide Capture and Storage」の略で、CO₂回収・貯留技術のこと。

¹⁶ 「Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage」の略で、分離・貯留した CO₂を利用すること。

¹⁷ 大気中の CO₂を回収・吸収し、貯留・固定化することで、正味としてマイナスの(ネガティブな)CO₂排出量(エミッション)を実現すること。

¹⁸ 植物由来の資源を原料として製造されたエタノールのこと。木材繊維(セルロース)からも製造可能である。

¹⁹ Sustainable Aviation Fuel の略。

紙パルプ産業のカーボンニュートラルへの対応は、世界全体の GHG 排出削減に大きく貢献する可能性がある。紙パルプ産業の今後の取り組みに対しては、大きな期待が寄せられている。

基礎研究部 基礎研究グループ
マネジャー上席研究員 坪井 靖展

<参考文献>

環境省(2024)「2022 年度(令和 4 年度)温室効果ガス排出量・吸収量(詳細)」(2024 年 4 月 12 日公表)

経済産業省 資源エネルギー庁(2023)「知っておきたいサステナビリティの基礎用語～サプライチェーンの排出量のものさし「スコープ 1・2・3」とは」

日本製紙連合会(2021)「製紙業界-地球温暖化対策長期ビジョン 2050」

日本製紙連合会(2024)「CN 実現に向けた製紙業の取り組みと排出量取引制度の在り方」

日本製紙連合会技術環境部(2024)「紙パルプ産業のエネルギー需要及び他産業も含めた CO2 排出の動向」

日本製紙連合会サステナビリティレポート 2024

日本製紙連合会ホームページ (<https://www.jpaa.gr.jp/index.php>)

MS & AD インターリスク総研株式会社は、MS & AD インシュアランス グループのリスク関連サービス事業会社として、リスクマネジメントに関するコンサルティングおよび広範な分野での調査研究を行っています。

お問い合わせ先

MS & AD インターリスク総研(株)

基礎研究部

千代田区神田淡路町2-101 TEL: 03-5296-9261/FAX: 03-3254-1260

<https://www.irric.co.jp/>

本誌は、マスコミ報道など公開されている情報に基づいて作成しております。
また、本誌は、読者の方々にお役立ていただくことを目的としたものであり、事案そのものに対する批評その他を意図しているものではありません。

不許複製/Copyright MS & AD インターリスク総研 2024