



自然エネルギー財団  
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

# 石油化学の脱炭素化への道筋

## 大量消費見直し・炭素循環・自然エネルギー

2023年12月



## 謝辞

本レポートの作成にあたっては、石油化学や関連分野の方々から多くの示唆をいただきました。ここに感謝の意を記します。

2023年12月

## 執筆担当者

古澤 康夫 自然エネルギー財団 上級研究員

## 免責事項

本レポートに記載した情報の正確性については万全を期しておりますが、自然エネルギー財団は本レポートの情報の利用によって利用者等に何らかの損害が発生したとしても、かかる損害について一切の責任を負うものではありません。

## 公益財団法人 自然エネルギー財団とは

自然エネルギー財団は、東日本大震災および福島第一原子力発電所の事故を受けて、孫正義（ソフトバンクグループ代表）を設立者・会長として2011年8月に設立されました。安心・安全で豊かな社会の実現には、自然エネルギーの普及が不可欠であるという信念から、自然エネルギーを基盤とした社会の構築を目的として活動しています。

## 目次

本レポートの趣旨 .....	1
要 約 .....	2
第 1 章 石油化学の現状と CO <sub>2</sub> 排出の状況 .....	5
第 2 章 石油化学の脱炭素化へ .....	12
1  まず必要なのは、生産・消費量の削減 .....	16
2  原料の転換 = 炭素の循環利用 .....	19
3  ナフサ分解炉等の自然エネルギーへの転換 .....	25
第 3 章 脱炭素化への道筋 .....	28
おわりに .....	33

## 本レポートの趣旨

2023年3月、IPCCの第6次統合報告書は、「持続可能な未来を確保する機会の窓が急速に閉ざされようとしている」と警鐘を鳴らした。EUの気象情報機関「コペルニクス気候変動サービス」によると、今年1月から10月の世界平均気温は工業化以前に比べてプラス1.43°Cだという。11月に入ってからではプラス2°Cを上回る日も出ている。ある1年の平均気温がプラス1.5°Cに達してもそれだけでは直ちにパリ協定の目標値を超えたということにはならないが、大きなリスクが目前に迫っていることに間違いはない。大規模な排出削減を大至急で進めていかなければならない。

産業部門は日本のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の37.8%を占めるが、その産業部門の中で石油化学は鉄鋼業に次いで第二位の排出量となっている。それだけではない。石油化学製品の使用や使用済み石油化学製品の廃棄物処理の過程からも多量のCO<sub>2</sub>が排出されている。

石油化学工業はこれまでは削減困難な（Hard-to-abate）分野のひとつとされてきたが、1.5°C目標を達成するためにはこの部門の脱炭素化を先送りすることはできない。CO<sub>2</sub>実質ゼロを実現できる技術は急速に開発が進んでいる。課題はむしろ、石油化学の脱炭素化に向けて連携して取り組まなければならない多くのセクターの間で、将来ビジョンが十分に共有されていないという点にある。もちろん、使い捨てプラスチックが象徴する非持続可能な消費・生産の見直しに向けて、消費者や自治体が果たすべき役割も大いに重要である。

そこで、本レポートでは、石油化学産業及び石油化学製品の脱炭素化に向けて必要な取組の全体像を示すことを主眼に置いた。

石油化学製品の6割を占めるプラスチックについては、海洋プラスチック汚染が世界的な問題となっており、現在、プラスチック汚染を防止するための新たな条約に向けた国際交渉が2024年中の合意を目指して進められている。

この条約を機に、使い捨て製品の見直しとプラスチック資源の循環利用を進めることは、石油化学の脱炭素化にとっても大きな意義を持つ。

プラスチックをはじめとする石油化学製品はわれわれの生活のいたるところで大量に消費されている。その生産・消費の見直しと循環利用は、われわれの物との付き合い方を大きく変革する可能性を持っている。海洋プラスチック汚染の防止と石油化学の脱炭素化は、利便性優先の大量消費社会を抜本から見直し、持続可能な消費及び生産への移行を目指す好機と捉えるべきである。



## 要 約

石油化学工業から排出されるエネルギー起源排出量は、27.6 百万トン-CO<sub>2</sub>である。加えて、石油化学製品自体が化石燃料由来の炭素を主原料としており、廃棄物となった石油化学製品の焼却（エネルギー回収を伴う場合を含む。）から 19.8 百万トン-CO<sub>2</sub>、溶剤を使用する施設で回収した VOC の焼却から 1.7 百万トン-CO<sub>2</sub> などが排出されている。

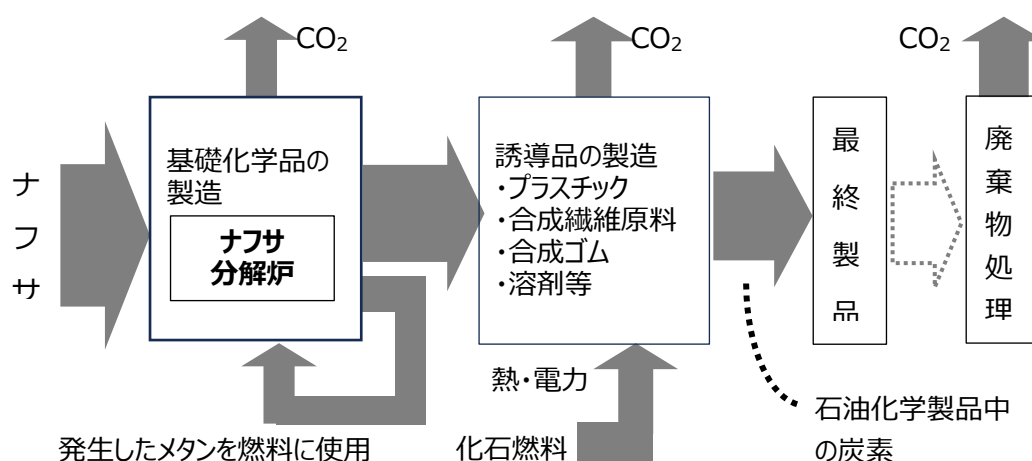
石油化学工業は、国内外の石油精製プラントから供給されたナフサを原料に、プラスチック、合成繊維原料、合成ゴム、塗料原料・溶剤、合成洗剤原料などの化学品（石油化学誘導品）を製造する産業である。生産量の内訳は、プラスチックが 63%、合成繊維原料が 9%、合成ゴムが 6%であり、これらの品目で全体の 78%を占めている。

ナフサを原料にエチレンやプロピレン、キシレンなどの「基礎化学品」を製造する設備がナフサ分解炉であり、ここから発生する CO<sub>2</sub>が石油化学工業のエネルギー起源 CO<sub>2</sub>排出量の 4 割を占めている。

また、プラスチックや化学繊維原料等を製造するプロセスでも多くのエネルギーの投入が必要であり、化石燃料や電力を投入されている。

今後数年間で石油化学業界の再編が進むと想定されるが、それを機会に脱化石燃料・脱炭素化を進める必要がある。

石油化学に係る炭素の流れ（概略）



「石油化学工業におけるエネルギー消費に係る CO<sub>2</sub>」と「石油化学製品中の炭素に係る CO<sub>2</sub>」の両面で脱炭素化を考えていかなければならない。そのためには、

### ① まず必要なのは、生産・消費量の削減

石油化学製品は生活や産業、医療等に欠かせないものではあるが、使い捨て製品や使用期間が短い製品（ファスト・ファッションなど）等については削減を徹底的に進める必要がある。

### ②原料の転換（炭素の循環利用）

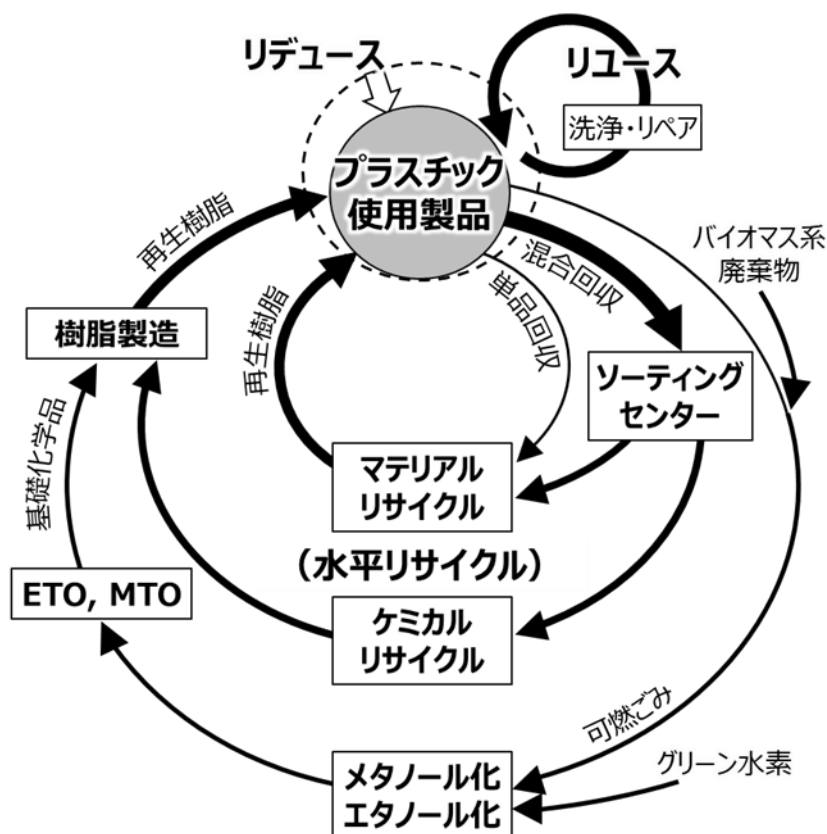
使用済み化学製品中の炭素や水素を新たな化学製品の原料として循環利用することで、新たな化石燃料の投入及び使用済み製品の処分等による CO<sub>2</sub> 排出をゼロにする必要がある。

炭素の循環利用に際しては、エネルギー投入をできるだけ低く抑える「小さな輪」が重要であり、高品質なマテリアルリサイクルと再びプラスチックに戻す「循環型ケミカルリサイクル」を適切に組み合わせていくことが必要である。

### ③ ナフサ分解炉等の自然エネルギーへの転換

石油化学プロセスに投入されるエネルギーを自然エネルギーに転換する必要がある。最大の CO<sub>2</sub> 排出源であるナフサ分解炉については、熱源を電力等に転換する技術の開発が進められている。

プラスチックの循環炭素化学（炭素循環の閉じた輪）



日本政府は「GX投資支援の枠組みを適用し、ものづくりにおける世界の脱炭素投資をリードする」としている。様々な技術開発を同時並行で進めることはもちろん重要なことではあるのだが、それだけは方向性が見えない。

また、これまで見てきたように、石油化学の脱炭素に必要なことは生産技術の革新だけではない。むしろ、生産・消費量の削減や炭素循環の仕組みが重要であり、それに応じて必要とされる生産技術そのものが変わってしまう。

石油化学の脱炭素に向けた今後の政策に向けて、次の8点を提言する。

### **取組の優先順位（ヒエラルキー）の確立**

多岐にわたる取組を同時並行的に進めると同時に、関係者が基本に置くべき取組の優先順位を明確にしていくべきである。

### **石油化学の脱炭素化～プラスチック資源循環～廃棄物部門の脱炭素化の一体的検討**

特に炭素の循環利用に関しては、廃プラスチックやCO<sub>2</sub>を原料として利用する技術の社会実装に大きく関わることから、一体的な検討が不可欠である。

### **様々な主体間の連携協働と開かれた議論**

石油化学の脱炭素化は石油化学産業の努力だけでは実現できない。石油化学製品のサプライチェーンに関わる多くの主体による連携協働が必要である。

### **リユースの促進**

EUのリユース容器の導入目標などを参考に、容器包装リサイクル法の制度を活用し、関係事業者にリユース容器の導入を促すことを検討すべきである。

### **再生樹脂利用の促進（バージン樹脂利用の抑制）**

再生樹脂の利用側と供給側が協調して取り組むことができるよう、中長期的な再生樹脂利用目標を示すとともに、バージン樹脂を対象とする課税などの経済的手法を検討すべきである。

### **ソーティングセンター整備の促進**

良質な再生樹脂の供給に向けて、欧州型のソーティングセンターの整備について、産業界、自治体、国等が連携し、早期に検討を進めていく必要がある。

### **自然エネルギーへの早期の転換**

基礎化学品製造といった基幹設備をはじめ、樹脂や化学繊維原料などを合成する様々なプロセスでも自然エネルギーへの転換を図る必要がある。

### **中小企業の事業転換に対する支援**

脱炭素化に向け、中小企業が円滑に事業転換を進めることができるような支援措置の充実が必要である。

# 第1章 石油化学の現状と CO<sub>2</sub> 排出の状況

## 石油化学に関わる CO<sub>2</sub> 排出量の状況

産業部門は日本のエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量の 37.8%を占めている。各種の製造業のうち最大の量を排出しているのが鉄鋼業であり、それに石油化学とセメントが続く。

石油化学工業から排出されるエネルギー起源排出量は、化学産業の排出量の 50.2%に相当する 27.6 百万トン-CO<sub>2</sub>である。石油化学以外の化学産業では、ソーダ工業やアンモニア製造、医薬品・半導体材料などのファインケミカルからの排出量が多い。

だが、石油化学関連の CO<sub>2</sub> はこれだけにはとどまらない。石油化学製品自体が化石燃料由来の炭素を主原料としており、その量は 23.6 百万トン-C (CO<sub>2</sub> 換算で 86.4 百万トン-CO<sub>2</sub>) に達する。この炭素は、基本的に石油化学製品に残っており、使用済み製品が焼却処理されると CO<sub>2</sub> として大気中に排出されることになる。輸出される石油化学製品を除き日本国内だけを見ても、廃棄物となった石油化学製品の焼却（エネルギー回収を伴う場合を含む。）から 19.8 百万トン-CO<sub>2</sub>、溶剤を使用する施設で回収した VOC の焼却から 1.7 百万トン-CO<sub>2</sub> などが排出されている（図1）。

ライフサイクルで考えた場合には、原油からナフサ等を製造する石油精製産業、石油化学製品を原料とするプラスチック製品製造業等からも温室効果ガスが排出されている。原油採掘時のメタンの漏出も問題となっている。

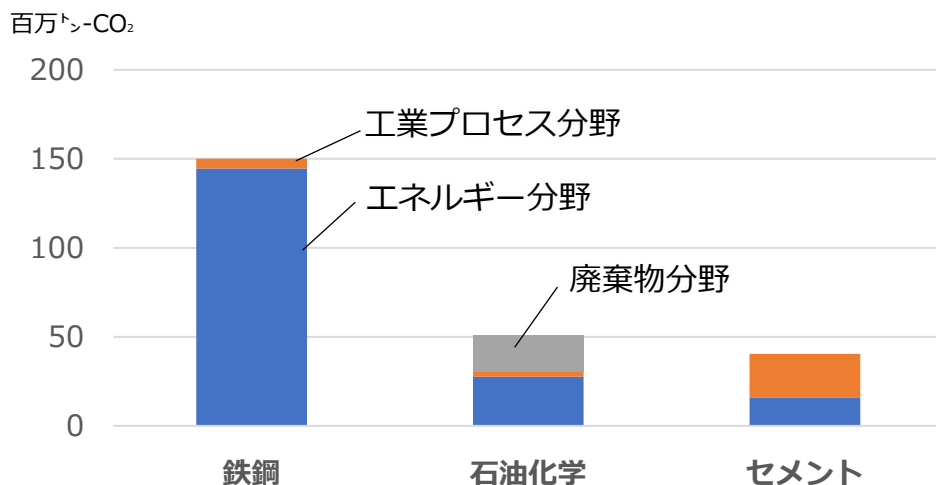
したがって、石油化学工業におけるエネルギー消費と石油化学製品・廃棄物の両方に関して CO<sub>2</sub> 実質ゼロを実現する必要がある。

\*この節のデータは、総合エネルギー統計（2021 年度需給実績）及び日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2021 年実績）による。



**図1 鉄鋼・石油化学・セメントのCO<sub>2</sub>排出量**

出所：「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」による2021年のデータから作成



## 石油化学工業の概要

石油精製産業は、輸入した原油を蒸留し、LPG、ナフサ、ガソリン、灯油、軽油、重油といった石油製品を製造する産業である。

これに対し、石油化学工業は、国内外の石油精製プラントから供給されたナフサを原料に、プラスチック、合成繊維原料、合成ゴム、塗料原料・溶剤、合成洗剤原料などの化学品（石油化学誘導品）を製造する産業である。これらの石油化学製品はプラスチック製品製造業などの関連産業で加工され、機械製品、建築物、日用品、衣料品などに使用されている（図2）。

なお、石油精製を主とする企業が石油化学プロセスまで一貫した事業を行っている場合もある。

石油化学製品の生産量の内訳は、プラスチックが63%、合成繊維原料が9%、合成ゴムが6%であり、これらの品目で全体の78%を占めている（図3）。

**図2 石油化学製品のフロー**

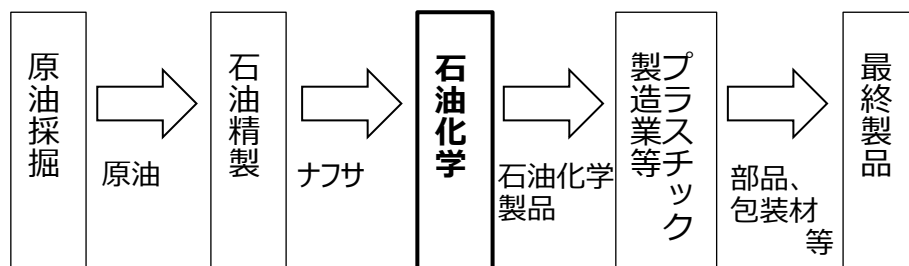
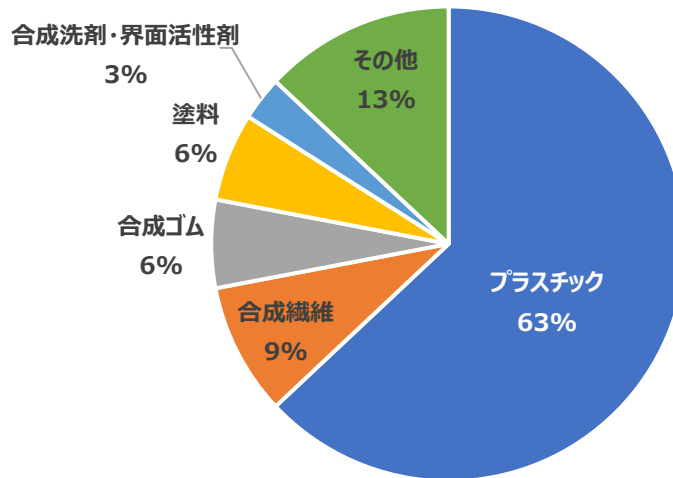


図3 石油化学製品の国内需要（2021年、重量ベース）



出所：石油化学工業協会「石油化学工業の現状 2022年」掲載のデータから作成

石油化学工業のプロセスは、大きく2つに分けて捉えることができる。

第一は、ナフサを原料に、エチレンやプロピレン、キシレンなどの「基礎化学品」を製造するプロセスである。このような基礎化学品の生産を行う施設をエチレンセンターと呼び、その中核の設備がナフサ分解炉（ナフサクラッカー）である。ナフサ分解炉では、原料となるナフサを820～850℃に加熱して、エチレン、プロピレンなど、石油化学製品の原料となる物質に分解する。分解後のガスは物質ごとに分離され、次の工程に送られる。ナフサ分解炉では投入されたナフサの13～17%はメタンになってしまうが、このメタンがナフサ分解炉の熱源として使用されている。メタンの燃焼から発生するCO<sub>2</sub>が石油化学工業のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の4割を占めている（図4）。

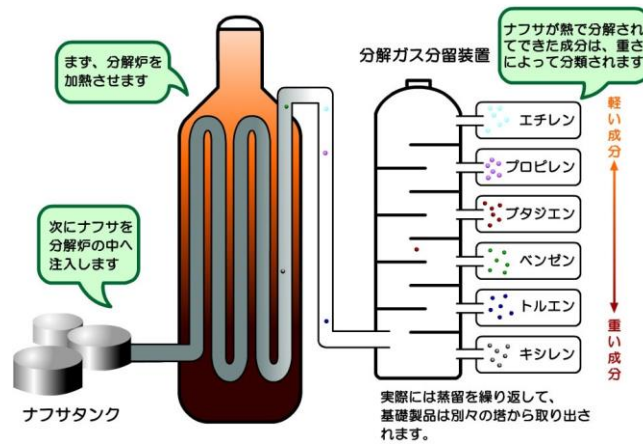
第二の工程は、基礎化学品から各種の樹脂などの化学品（誘導品と呼ばれる。）の製造である。身近なプラスチックであるポリエチレンの場合には、小さな分子であるエチレンを多数つなげて、長い鎖状の高分子（ポリマー）をつくる<sup>1</sup>。ポリスチレンの場合には、まず基礎化学品のエチレンとベンゼンでスチレンモノマーの分子をつくり、このモノマー分子をつなげてポリマーであるポリスチレンにする。

<sup>1</sup> 一般的なポリエチレンの場合、千から2万個の炭素が連なって、ひとつの分子を構成している。

主要な石油化学製品である各種のプラスチック、合成繊維原料（ポリエステルなど）、合成ゴムは、皆、このようなポリマーである。その種類は膨大で、製造工程もきわめて複雑である。

誘導品を製造するプロセスでも多くのエネルギーの投入が必要であるが、ナフサ分解で得られたメタンは分解炉で使われてしまっているため、新たに化石燃料や電力を投入してエネルギー源としている。

図4 ナフサ分解炉のイメージ



出所：石油化学工業協会ホームページより

図5 石油化学に係る炭素の流れ（概略）

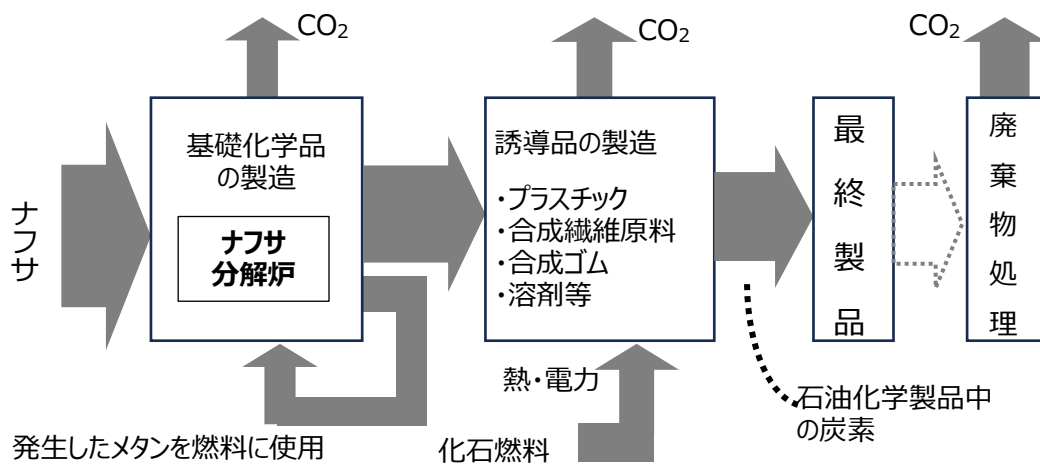
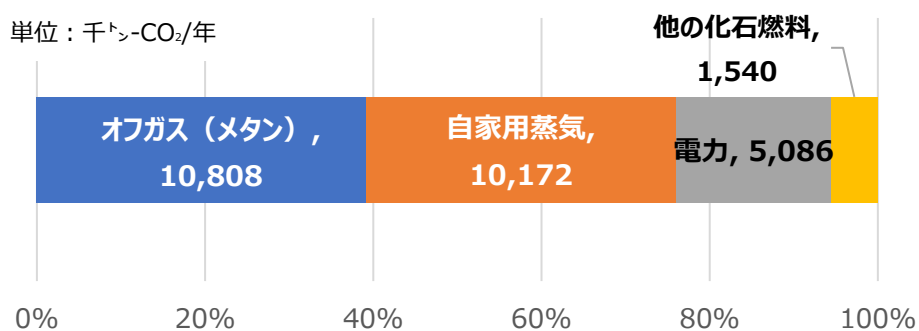


図6 石油化学工業 最終エネルギー消費に係るCO<sub>2</sub>排出量の内訳



出所：総合エネルギー統計（2021年度需給実績）に基づき作成

日本では以上のような方法でナフサを原料に石油化学製品が生産されている。欧州もナフサを原料とするものが多い。

これに対して、アメリカではシェールガスに含まれるエタンを原料に安価にエチレンを製造する方法が広まっている。また、中国には石炭を原料とするプラントもある。

## 再編時期を迎える日本の石油化学業界

現在、日本の石油化学業界は再編の時期を迎えている。エチレン等の基礎化学品を生産するエチレンセンターは、中核設備のナフサ分解炉が停止しているものを除くと現在10か所となっている（図7）。日本の石油化学は欧米や中国などと比べて企業規模が小さいだけでなく、プラントの規模も小さい。アジア市場では中国や韓国、中東等で生産される基礎化学品との価格競争にさらされている（図8）。このため、日本の大手化学メーカーは高付加価値製品へのシフトを進めてきた。

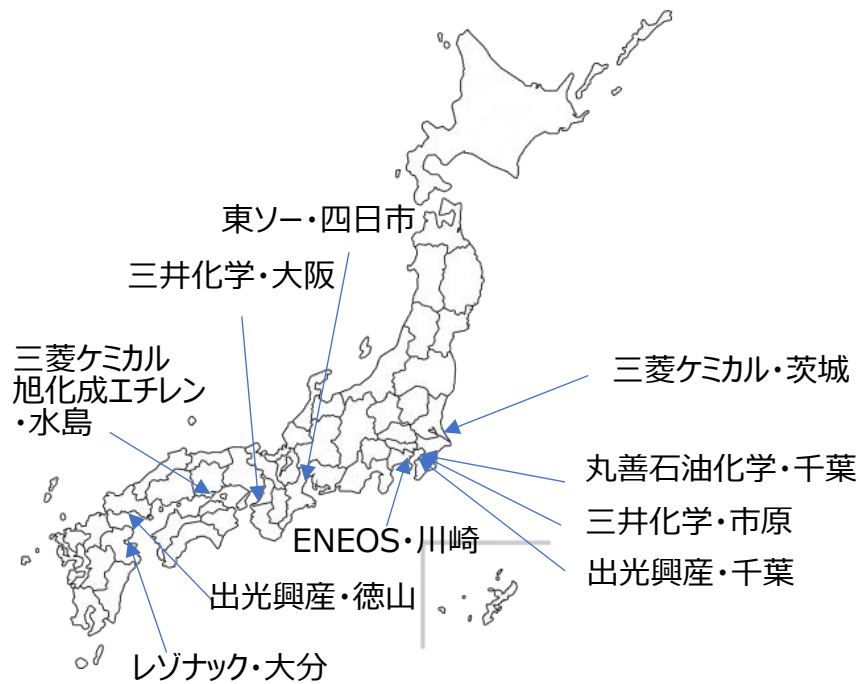
2022年夏以降、日本のエチレンセンターの稼働率は、好不況の目安とされる90%を切って、80%前後で推移するという厳しい状況にある（石油化学工業会調査による）。

このような中、大手メーカー各社はエチレンセンターの集約化などの業界再編に向けてさまざまな動きを見せている。

今後数年間で石油化学業界の再編が進むと想定されるが、それを機会に石油化学工業の脱化石燃料・脱炭素化を進める必要がある。

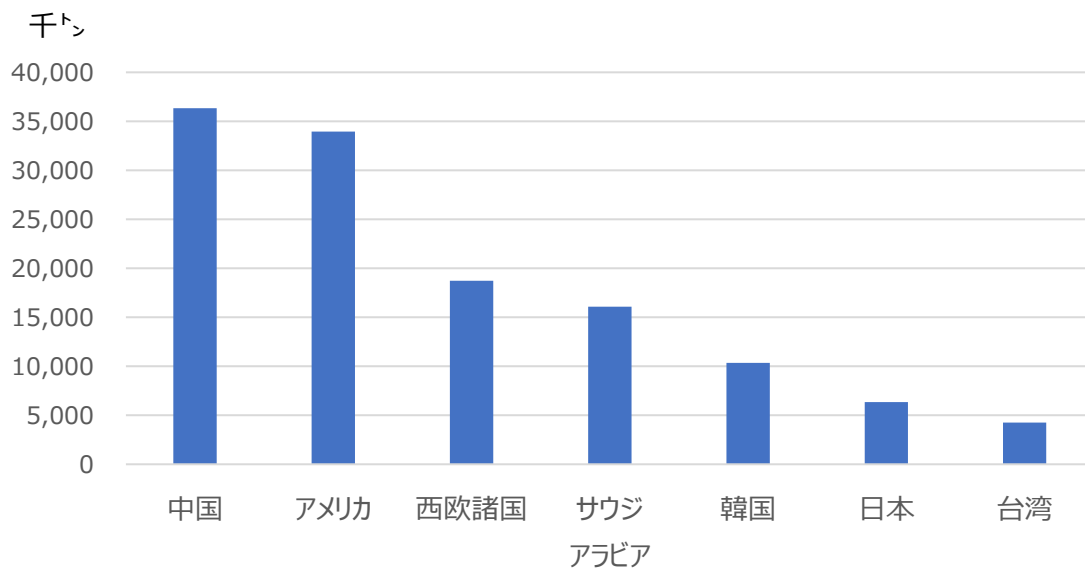
### 図7 日本のエチレンセンター

(ナフサ分解炉が停止しているものを除く。)



出所：重化学工業通信社. 日本の石油化学工業 2023. 2023, p61-104.に基づき作成

### 図8 主要国のエチレン生産量 (2021年)

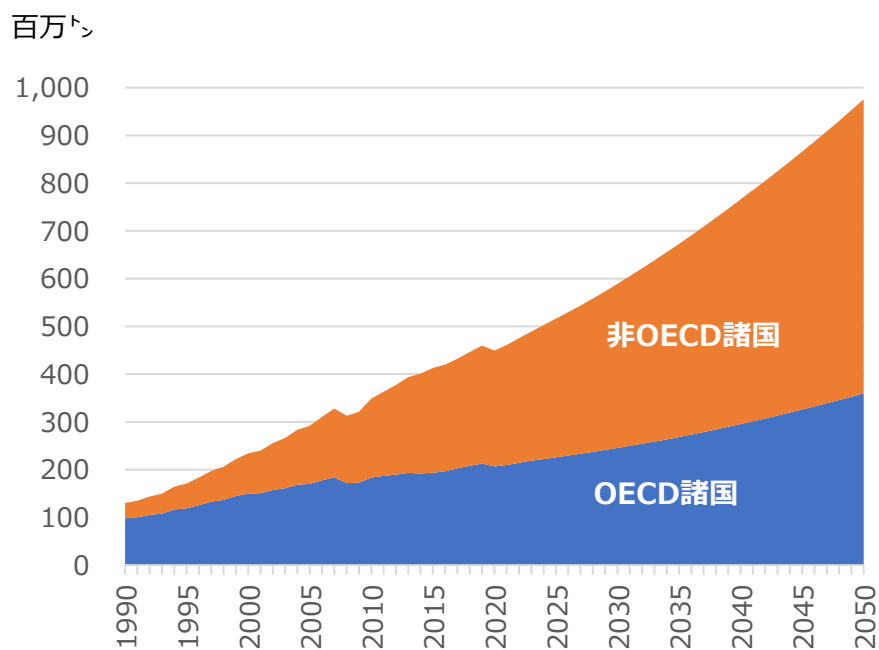


出所：石油化学工業協会「石油化学工業の現状 2022年」掲載のデータから作成

世界のプラスチック消費量は新興国や発展途上国を中心に急増し、2050年には現在の2倍の10億ト近くになると予測されている（図9）。これに比例してプラスチックの生産と廃プラスチックの処理に伴うCO<sub>2</sub>排出量が増加することのないよう、先進国において早急に石油化学の脱炭素化に向けた道筋を示す必要がある。

日本の石油化学が業界再編を機に脱炭素化を進めることができれば、世界にモデルを示すことができるはずである。

**図9 世界のプラスチック消費量の予測（OECD）  
（ベースライン・シナリオ）**



出所：OECD. Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060 (2022)のデータから作成



## 第2章 石油化学の脱炭素化へ

前述のように、「石油化学工業におけるエネルギー消費に係る CO<sub>2</sub>」と「石油化学製品中の炭素に係る CO<sub>2</sub>」の両面で脱炭素化を考えていかなければならない。

現在、ケミカルリサイクル技術をはじめ石油化学の脱炭素化に資する様々な技術の開発が進んでいる。様々な取組を同時並行的に進めていくことは必要なことではある。

しかしながら、脱炭素社会の実現に向けた社会経済の変革、すなわち国会の気候非常事態宣言決議が言う「経済社会の再設計」の方向性を見定めて取り組んでいくことが何よりも重要であろう<sup>2</sup>。

とりわけ、他の素材産業と同じく装置産業である石油化学においては、2050年カーボンニュートラルとそれ以降のカーボンネガティブを見据えた設備投資が重要となる。

### 石油化学の脱炭素化とサーキュラーエコノミー

「経済社会の再設計」の重要な側面のひとつが、サーキュラーエコノミー（循環経済）への転換である。サーキュラーエコノミーの定義にはまだ定まったものはないが、ここでは、これまでの採取・製造・廃棄（take-make-waste）のリニアエコノミーに代わる経済の仕組みであって、製品や原材料の価値を保った状態でできる限り長く使用するものと理解しておきたい。

サーキュラーエコノミー政策は、日本におけるこれまでの循環型社会形成推進の施策と重なるところが大きい。廃棄物問題への対処というよりも脱炭素化や生物多様性損失の防止に不可欠な取組として認識されていることに注目すべきである。Hard-to-abate 分野の脱炭素化に関する Energy Transitions Commission のレポートによれば、サーキュラーエコノミーの推進によりプラスチック、アルミ、鉄鋼、セメントの生産に係る CO<sub>2</sub> 排出量（世界全体）を 40% 削減することができ、プラスチックだけ見れば 56% 削減することができるという<sup>3</sup>。

プラスチックには Single-use（使い捨て）の製品や容器包装が多い。これまでリサイクルも不十分であった。化学繊維も同様の状況にある。

---

<sup>2</sup> 「気候非常事態宣言決議」2020年11月19日衆議院可決、翌20日参議院可決

<sup>3</sup> Energy Transitions Commission. Mission Possible: Reaching Net-zero Carbon Emissions from Harder-to-abate Sectors by Mid-century. 2018

<https://www.energy-transitions.org/publications/mission-possible/>

これまでわたしたちは石油化学製品を安易に使いすぎてきたのだ。それだけにサーキュラーエコノミーへの転換によって新規製品の生産とそこから生じるCO<sub>2</sub>の発生量を抑制できる余地は大きい。

## 石油化学の脱炭素化のために必要なこと

石油化学工業及び石油化学製品の脱炭素化のためには、①生産・消費量の削減、②原料の転換＝炭素の循環利用、③ナフサ分解炉等のプロセスで使用するエネルギーの自然エネルギーへの転換が必要である。このうち①と②は上述のサーキュラーエコノミーと深く関わる。

### ① まず必要なのは、生産・消費量の削減（p.16～）

石油化学製品は生活や産業、医療等に欠かせないものではあるが、使い捨て製品や使用期間が短い製品（ファスト・ファッションなど）等については削減を徹底的に進める必要がある。

### ② 原料の転換（炭素の循環利用）（p.19～）

使用済み化学製品中の炭素や水素を新たな化学製品の原料として循環利用することで、新たな化石燃料の投入及び使用済み製品の処分等によるCO<sub>2</sub>排出をゼロにする必要がある。

### ③ ナフサ分解炉等の自然エネルギーへの転換（p.25～）

石油化学プロセスに投入されるエネルギーを自然エネルギーに転換する必要がある。最大のCO<sub>2</sub>排出源であるナフサ分解炉については、熱源を電力やグリーン・アンモニアに転換する技術の開発が進められている。

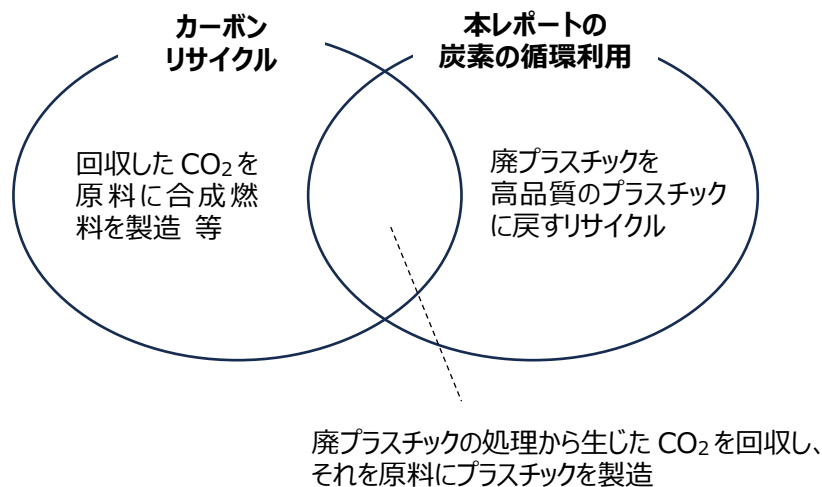
このうち、①と②については、石油化学工業だけの努力では実現できない。最終製品のメーカー（ブランドオーナー）、小売業、消費者、自治体及び静脈産業など、石油化学製品のサプライチェーンに関わる幅広い関係者が協調して取り組むことが不可欠なのである。

また、①と②によって石油化学プロセスの技術と規模は大きく変わってしまうので、③はそれに応じて進めていく必要がある。

これら3つの方策の詳細は次章で述べることにする。

なお、本レポートでいう「炭素の循環利用」は、いわゆるカーボンリサイクルとは一部重なってはいるが異なる概念である。カーボンリサイクルは、排出源で回収したCO<sub>2</sub>を何らかの用途に利用するものを幅広く含み、合成燃料等の原料に利用した場合にはその合成燃料等の使用により再びCO<sub>2</sub>が排出されることになる。他方、ここで言う炭素の循環利用は、化学品中の炭素を繰り返して使用するものであり、「閉じた循環の輪」のなかに炭素を止めて、環境中には出さないことを目指すものである（図10）。

図 10 本レポートの「炭素の循環利用」と「カーボンリサイクル」の関係



## 石油化学から循環炭素化学へ

石油化学工業からは化学合成により炭素を主とする様々な高機能素材が生産されており、それらの素材の優れた機能は私たちの衣食住や交通、医療、情報サービスなどに不可欠なものになっている。(前述の使い捨て品やファストファッションは必ずしもそうではない。)

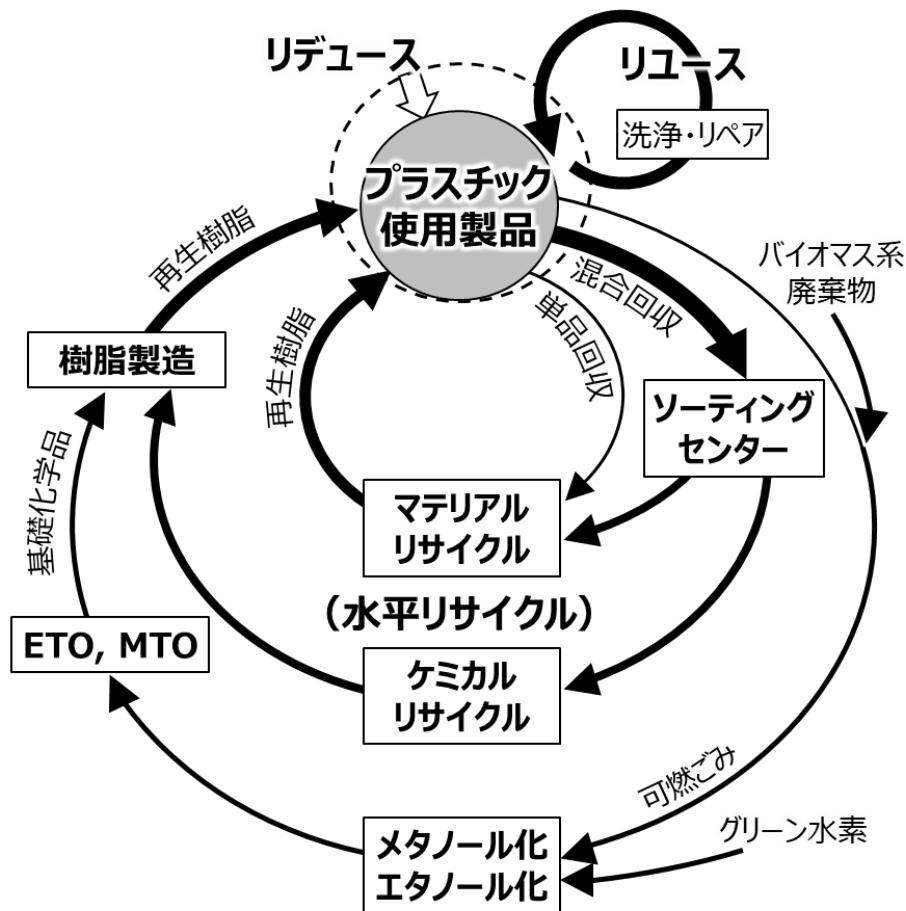
しかしながら、地中から掘り出した化石燃料を原料とする限り、使用済みとなった石油化学製品の炭素はいつかは環境中に排出され、CO<sub>2</sub> とならざるを得ない。入った分の炭素は外へ出ていくしかない。もちろん建築資材へのリサイクルや埋立処分により社会経済の中で炭素を固体として長期間保管することは可能ではあるが、その量は限られている。

となると、合成化学製品を使い続けるには、新たな化石燃料を原料とするのではなく、使用済み製品の炭素を循環利用していくしかない(図 11)。

石油化学工業協会は 2014 年から「循環炭素化学」というコンセプトを打ち出しているが、その考え方はまったく正しい<sup>4</sup>。このコンセプトを「化石資源への依存を極力少なく」という段階から、2050 年までに化石資源への依存をゼロにするというところへと進めていくべきである。

<sup>4</sup> 石油化学工業協会. 石油化学ガイドブック. 2022, 52-54p.

図 11 プラスチックの循環炭素化学（炭素循環の閉じた輪）

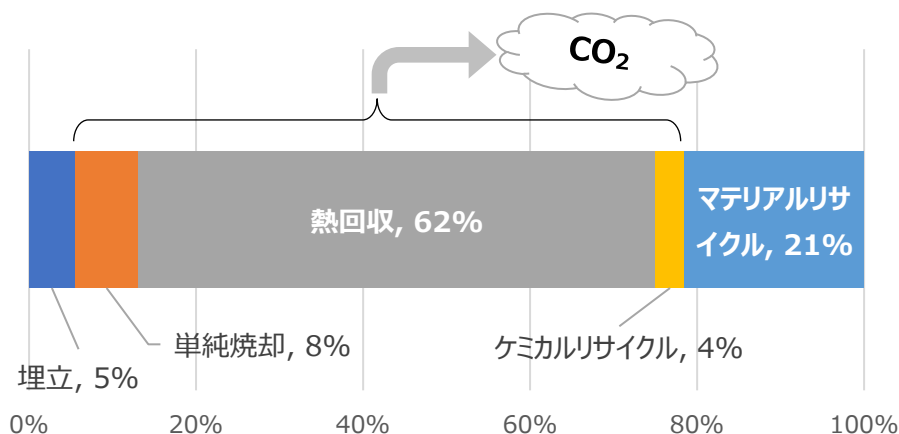


ETOはエタノール to オレフィン、MTOはメタノール to オレフィンの略。「オレフィン」とは、エチレンやプロピレンなど二重結合をひとつ持つ炭化水素の総称。

次ページ以降で、プラスチックを中心に、上で述べた3つの方策について詳しく検討することにする。最初に現在の日本のプラスチック循環の状況を確認しておこう。

プラスチック循環利用協会によると、国内でのプラスチック製品の消費量は年間900万トン（2021年、以下同じ）であり、824万トンが廃プラスチックとして廃棄されている。その処分の内訳は、図12のとおりである。

図 12 日本の廃プラスチック処理の状況



出所：プラスチック循環利用協会(2022年)、「2021年 プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況 マテリアルフロー図」から作成

埋立処分は 5%に抑制することができているが、全体の 74%は何らかの形で CO<sub>2</sub> となって大気中に放出されてしまっている。(現在のケミカルリサイクルでは、鉄鉱石の還元などに使用された後は CO<sub>2</sub> となって排出されている<sup>5</sup>。)

## 1 まず必要なのは、生産・消費量の削減

日本国内のプラスチック消費量は横ばい傾向であるが、第 1 章で述べたように、世界全体を見ると途上国で顕著な増加傾向にある。現在の使い捨てに依存した流通・消費のシステムのままでは、途上国の 1 人あたり消費量が先進国レベルに増加していくのは必然と言っても良いだろう。まず先進国が使い捨て製品・容器包装や使用期間が短い衣料品等の削減に協力に取り組み、プラスチックの大量消費に依存しない経済のモデルを示す必要がある。

3R 政策において、リデュースとリユースの 2 R にもっと力を入れていく必要がある。

リデュースに関しては、日本では例えばペットボトルの薄肉化のように、製品の効用を維持したままで樹脂の量を削減する取組（効率化 efficiency）を中心に進められてきているが、使用自体の削減・回避 avoidance を進めるべきである。

<sup>5</sup> 現在「ケミカルリサイクル」と呼ばれているものには、コークス炉化学原料化、高炉原料化、アンモニア化学原料化などがある。

レジ袋の有料化はそのひとつの例であった。この有料化は、容器包装リサイクル法第7条の4に基づく「事業者の判断の基準となるべき事項」として、財務省・厚生労働省・農林水産省・経済産業省の省令により義務付けられたものであり、プラスチック資源のリデュースに向け、レジ袋使用以外も含めた消費者のライフスタイルの見直しを促すという位置づけであった。その後、新たに制定されたプラスチック資源循環法では容器包装以外のプラスチック使用製品（プラスチック製カトラリーなど政令で定められた12品目）に関して、同様の制度が設けられたが、有料化義務付けのような明確な規定はなく、事実上、事業者の自主的取組を促すにとどまっている。

プラスチックの国内消費量の48.7%を「包装容器等・コンテナ類」が占めており、特に容器包装リサイクル法に基づく制度の強化が必要である。

他方で、近年、包装をそもそも使わない裸売り（パッケージレス）による販売や、リユース容器を使った商品・飲料提供などの新しいビジネス形態が次々と登場し、新たな潮流となっている。ただし、現時点ではその規模が限られている。今のところは自社の環境への取組をPRする一環として一部商品にリユース容器を使う例も多い。今後は、これらの新しいビジネスを広く普及させ主流化させるための政策が求められる。

化学繊維についてはファストファッションの見直しが必要である。ファストファッションの拡大とともにポリエステル繊維の生産量が急増しており、2020年の世界全体の生産量は2010年比58%増の57.1百万トンとなっている<sup>6</sup>。

ポリエステルは耐久性の高い素材であり、ポリエステル製の衣料品は長期使用に適しているのであるが、安価なために次々と買い替えられてしまう。ポリエステル製衣料の着用や洗濯によって、多量のマイクロファイバーが大気や水系に流出していると指摘されていることも忘れてはならないだろう<sup>7</sup>。

---

<sup>6</sup> TextileExchange. Preferred Fiber & Materials Market Report 2021. 2021, 73p.  
[https://textileexchange.org/app/uploads/2021/08/Textile-Exchange\\_PREFERRED-Fiber-and-Materials-Market-Report\\_2021.pdf](https://textileexchange.org/app/uploads/2021/08/Textile-Exchange_PREFERRED-Fiber-and-Materials-Market-Report_2021.pdf)

<sup>7</sup> De Falco, F. et al. Microfiber Release to Water via Laundering, and to Air via Everyday Use : A Comparison between Polyester Clothing with Differing Textile Parameters. Environ. Sci. Technol. 2020, 54, 6, 3288–3296 <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b06892>



## Box 1 使い捨てプラスチック削減の新しいビジネスモデル

Loop は、アメリカに本社がある TerraCycle 社が開発した、リユース容器を利用した循環型ショッピングプラットフォーム事業であり、2023 年 11 月現在、日本を含む世界 6 か国で展開されている。日本では 12 社の日用品や食品・飲料などが提供されており、消費者がデポジット（預り金）を支払って、イオン店頭や e コマースで商品を購入することができる。Loop Japan 合同会社では、BtoB ビジネス向けのリユース容器サービス、Loop Professional も提供している。



<https://explorelloop.com/ja/>

その他のビジネス事例

・斗々屋：ゼロ・ウェイストを掲げる量り売りスーパー

<https://totoya-zerowaste.com/>

・Re&Go：リユース容器のシェアリングサービス

<https://www.reandgo.jp/>

・MIWA：欧州で展開されている量り売り+リユース容器による商品販売方式

<https://www.miwa.eu/miwa-in-action>

海外では、ESG を推進する NGO が、大手ファストフードのチェーンに対して、使い捨て容器に代わる方法について報告を求める株主提案を出すという事例もあり、今後の動きが注目される。

<https://www.wsj.com/articles/mcdonalds-to-study-pros-and-cons-of-reusable-packaging-a07db889>

## 2 原料の転換＝炭素の循環利用

新たな化石燃料を投入できないとなると、化石燃料から使用済み化学製品に含まれる炭素を原料として活用することが極めて重要となってくる。

炭素の循環利用には以下で見ていくように様々な方法があるが、必要なエネルギー投入をできるだけ低く抑えることのできる「小さな輪」で循環させる必要がある。前述のリユースを別にすれば、プラスチックや化学繊維、合成ゴムの高分子（ポリマー）を変化させることなく、そのまま活用するマテリアルリサイクルがもっとも小さな輪である。逆に、使用済み製品の処理から発生した CO<sub>2</sub> に水素を結びつけて再び炭化水素にするには大きなエネルギーを加える必要があり、大きな輪になってしまう。

現在、石油化学業界や関連業界では、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、廃棄物のエタノール化、バイオマス利用、CCU など様々な技術の開発が同時並行的に進められているが、できるだけ小さい輪を目指すという原則に立つことが重要である。

### マテリアル及びケミカルリサイクルの最適な組合せへ

これまでのマテリアルリサイクル及びケミカルリサイクルは、必ずしも高品質な再生樹脂が得られるものではなかった。

マテリアルリサイクルについては、均質で汚れのない産業系の廃プラスチックや選別された廃ペットボトルなどを原料にする場合を除くと、リサイクルにより品質が低下するケースがほとんどで、用途は建設資材や輸送用パレットなどの品目に限られていた。

近年は、高度な選別技術やインクを取り除く脱墨技術、物性を回復させる技術などの開発が進んでおり、状況は大きく変化しつつある。加えて、溶剤を使って特定樹脂の分子のみを抽出する新しい技術の実装も始まっている。プラスチック使用製品の製造企業が、製品設計段階からリサイクルに配慮した設計を進めることにより、バージン樹脂に近い高品質な再生樹脂が得られるようになると期待される。

これまでケミカルリサイクルと呼ばれてきた手法には、鉄鋼産業の高炉で還元剤として利用するコークスを得るもの、熱分解によりアンモニア製造に使う水素を得るものなどがあるが、いずれも化石燃料の代替品として使用するもので、化石燃料由来のプラスチックの炭素が最終的に CO<sub>2</sub> として大気中に放出されるものであった。鉄鋼の脱炭素化のためには炭素を使って鉄鉱石を還元するという方法から脱却する必要があり、還元剤としてプラスチックの炭素を使用する方法も終了させなければならない。また、アンモニア原料とする場合には、

高濃度の CO<sub>2</sub> が得られて、これは工業用（ドライアイス、アーク溶接のシールドガス、炭酸飲料等）に利用されているが、利用後の CO<sub>2</sub> は大気中に出ていかざるを得ない。

これに対し、近年、技術開発が進められている「循環型ケミカルリサイクル」は、プラスチックの高分子（ポリマー）を小さな分子（モノマーや基礎化学品）にいったん分解したうえで、再度、高分子に重合させる方法である。この方法によれば、汚れのある廃プラスチックであっても、これまでの化石燃料と原料とするものとまったく同等のプラスチック（再生樹脂）にリサイクルすることができる。しかしながら、マテリアルリサイクルに比べると高分子を熱分解するためにエネルギー投入が必要であり、かつ、すべての炭素を回収することが難しく、一部は CO<sub>2</sub> になってしまうという課題が残る。

したがって、まずエネルギー投入量の少ないマテリアルリサイクルを優先しつつ、ケミカルリサイクルを適切に組み合わせることにより、高品質な再生樹脂を得ていくシステムをつくる必要がある。

表 1 に技術開発が進められている主なマテリアルリサイクル及びケミカルリサイクルの手法を示す。

**表 1 代表的なマテリアル及びケミカルリサイクルの手法（例）**

（バージン樹脂同等、若しくはそれに近い品質の再生樹脂を得るもの）

分類	方法・特徴	対象となるプラスチック	関係企業	
マテリアルリサイクル	一般的な材料リサイクル	加熱・溶融し、添加剤等を配合して、ペレットを成形。	PE,PP,PS,PVC,PET などの単一樹脂で、異物・汚れのないもの	コンパウンダー各社
	PET のボトル to ボトル	選別→アルカリ洗浄→再縮合重合。バージン樹脂に近い品質が得られる。	PET（ボトル）	協栄産業など
	溶剤抽出 Solvent-based	PP のみを溶剤で抽出。無色のバージン樹脂に近い品質が得られる。	PP リッチの廃プラスチック	米 PureCycle Technologies 社など
ケミカルリサイクル	モノマー化	ポリマーの構成単位であるモノマーにまで分解→精製→再重合。バージン樹脂と同じ品質が得られる。	PET, PS, PMMA	日本環境設計、PS 各社、三菱ケミカルなど
	直接分解	熱分解・触媒反応で、エチレン、プロピレン、BTX を得る。	全般、詳細は不明	R PLUS JAPAN + 米アネロテック、住友化学・丸善石油化学など
	油化	廃プラスチックを油化→ナフサ分解炉で基礎化学品を得る。	PE,PP が主	三菱ケミカルなど
	エタノール化	熱分解で得られた合成ガスから、バイオ技術でエタノールを合成。エタノールからエチレンを得る。	全般。バイオマス廃棄物と混合で良い。	積水化学工業 + 住友化学

PE：ポリエチレン、PP：ポリプロピレン、PS：ポリスチレン、PET：ポリエチレンテレフタレート、PMMA：アクリル樹脂

## ソーティングセンターが鍵となる

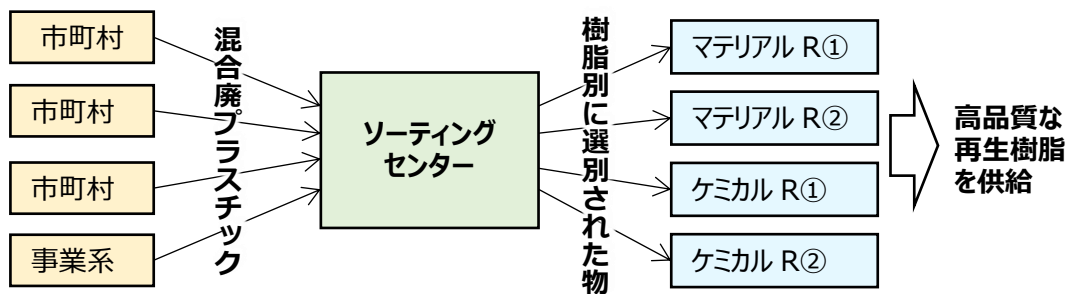
単一素材で汚れのない廃プラスチックであれば比較的容易にリサイクルすることができるが、実際には、容器包装プラスチックのように、廃プラスチックの多くは多種類の樹脂や異物が混合し、汚れが付着した混合プラスチックの量が多い。マテリアル及びケミカルリサイクルの様々な手法を最大限に活用するには、こういった混合プラスチックをそれぞれのリサイクル手法に合致するように選別するソーティング技術が重要となる。

日本にも廃プラスチックを樹脂別に分ける選別施設はあるが、容器包装リサイクル法の再商品化施設ではポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンといった限られた樹脂を選別するだけであり、その純度も決して高くはない。選別されなかった他の樹脂は熱回収施設に送られ、CO<sub>2</sub>となってしまう。

これに対して、欧州で主流となっている大型のソーティングセンターでは、多数の選別機を配置して、廃プラスチックを樹脂別・着色の有無別に純度の高い選別を行い、選別物は樹脂ごとの専門のリサイクル施設に送られる仕組みとなっている。このようなソーティングセンターは、高品質のマテリアルリサイクル及びケミカルリサイクルを実現する鍵となる可能性が高く、日本においても早期の導入を検討すべきである。

ソーティングセンターは、広く散らばった使用済みプラスチックを限られた数の高度リサイクル施設に効率的に輸送するうえで欠かすことのできない、物流センターとしても重要である（図13）。

図13 ソーティングセンターの役割



(欧州のソーティングセンターの例)



スウェーデンの Svensk Plaståtervinning 社の Site Zero, 年間処理能力 20 万ト (世界最大)

<https://www.svenskplastatervinning.se/>

同社のホームページでは、ソーティングの工程が動画で公開されている。

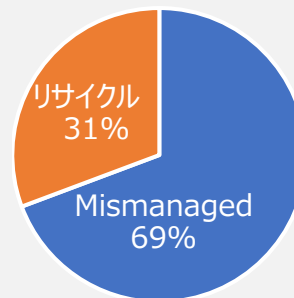
## Box 2 海外からの炭素循環資源の輸入も必要

石油化学産業のない発展途上国においてもプラスチックの使用量は急増しているが、廃プラスチックを適切に処理できるシステムの整備が不十分であり、漏れ出した廃プラスチックが海洋等に流れ出している状況になっている。炭素資源を有効に循環利用するためには、日本の国際協力として途上国でプラスチックのリサイクルを推進し、得られた再生原料を日本に輸入して利用することも必要になってくる。



Bangladesh, Dhaka市の処分場  
プラスチック製フィルムの量が多い

### Bangladeshの廃プラスチック処理状況



Mismanaged とは、飛散防止等のないオープンダンプing処分場への処分や河川への投棄などを言う。

出所：World Bank(2021). Towards a Multi-sectoral Action Plan for Sustainable Plastic Management in Bangladesh から作成

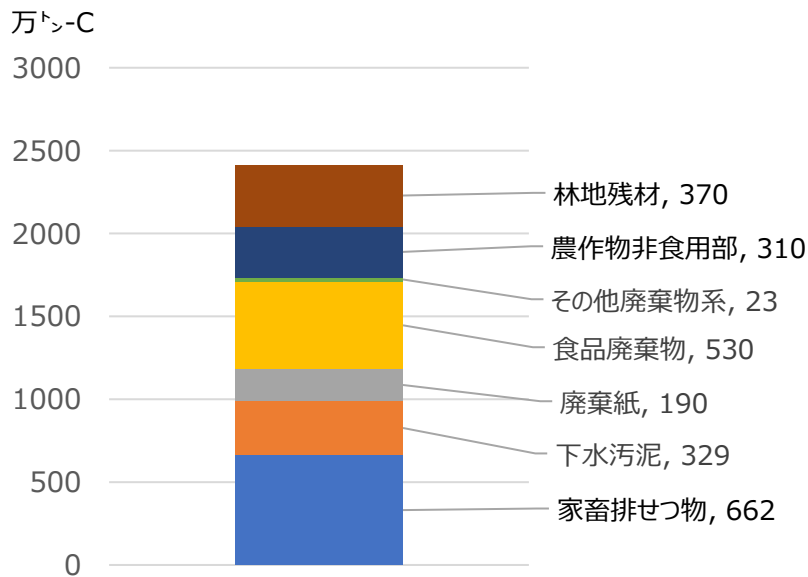
## 廃棄物系バイオマスの有効利用

国内の使用済みプラスチック製品から得られる炭素だけでは必要量を賄うことはできない。第一には基礎化学品やプラスチックの輸出入が輸出超過になっているからであり、第二には様々な化学反応や加工の工程で収率が100%ではないからであり、第三には使用済み製品を100%回収することは困難であるからである。

炭素資源の不足分はバイオマスから補うことが可能であろう。しかしながら、現在のバイオマスプラスチックのほとんどは植物由来の糖や油脂を原料としており、食料供給と競合するものになってしまっている。(第一世代バイオマス)

今後は、炭素重量換算で年間2400万トが発生していると推計される廃棄物系バイオマスや未利用バイオマスの利用(第二世代バイオマス)を優先すべきである(図14)。

図 14 国内の未利用バイオマス資源のポテンシャル（炭素重量）



出所：吉岡敏明，海洋プラスチックごみ抑制につながる炭素循環の位置づけ，廃棄物資源循環学会誌，2020，vol.33，no.5，p332-339 から作成

廃棄物系バイオマスのうち、古紙については、まず製紙原料としての利用拡大に努めるべきであるが、汚れて臭いのついたものなどは製紙原料にならない。他方、古紙は、パルプを製造する工程でリグニンが除去されているので、炭素資源として使用しやすい状態になっている。これを糖化・発酵させ、エタノールを得る技術も研究開発されている。また、バイオマス廃棄物と回収できなかった廃プラスチックなどを含む可燃ごみを熱分解して合成ガス（一酸化炭素と水素からなる可燃性のガス）を製造し、バイオテクノロジーをつかって合成ガスからエタノールを製造する技術の開発も進んでいる。エタノールが得られれば、それをエチレンに転換し、各種の化学品の原料とすることができる。

廃棄物系バイオマスに関しては、SAF（持続可能な航空機燃料）の原料としても期待されており、今後は SAF と化学品の競合が生じる可能性がある。

なお、廃食用油等から SAF を製造するプロセスで副産物として発生するナフサ（バイオナフサ）は、石油由来ナフサと同様にナフサ分解炉の原料とすることが可能である<sup>8</sup>。

<sup>8</sup> SAF の原料や製造プロセスによってバイオナフサの産出量は異なるが、廃食用油を原料とする場合には SAF 生産量の 1 割程度と言われており、その量は限られている。



## CO<sub>2</sub>を原料としたプラスチック製造

CO<sub>2</sub>を排ガスから回収し、それを原料にプラスチックを製造する技術の開発も進められている。CO<sub>2</sub>とグリーン水素からメタノールを合成し、メタノールから基礎化学品であるエチレンやプロピレンを得ることができるのである。

しかしながら、これには課題が多い。

第一に、多量のグリーン水素を必要とすることである。CO<sub>2</sub>と水素からメタノールを合成する反応は、



であるが、単純計算でエチレンまたはプロピレンを100万トンを生産するのに43万トンの水素を必要とすることになる。

第二に、化石燃料由来のCO<sub>2</sub>を回収して、それをプラスチック等の原料としたのでは、CO<sub>2</sub>実質ゼロには至らない。その化石燃料由来のCO<sub>2</sub>は使用済み製品の廃棄物処理により、最後は大気中に排出されてしまうからである（図15）。

図15 化石燃料由来CO<sub>2</sub>を原料とする場合

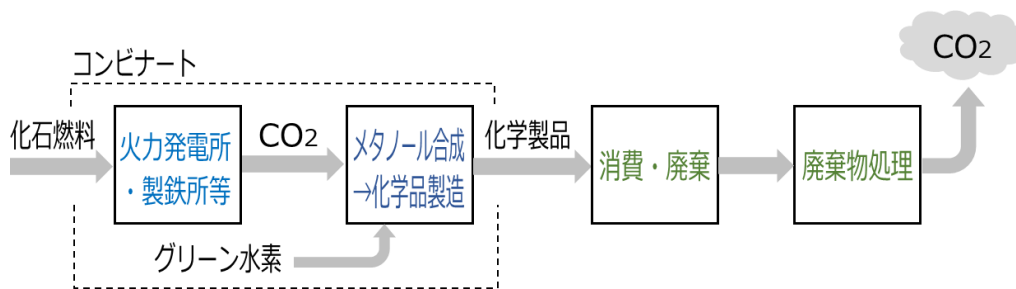


図16 使用済み化学製品由来のCO<sub>2</sub>を原料とする場合

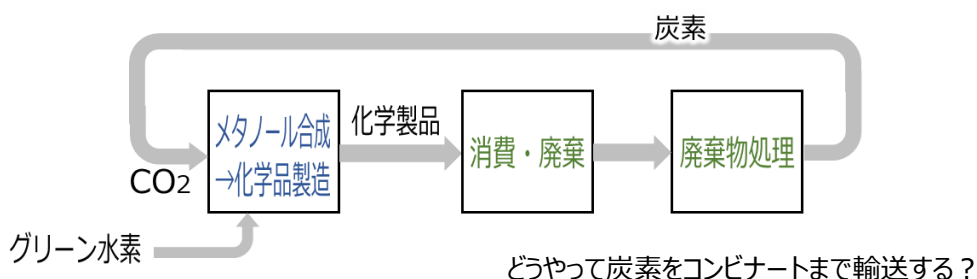


図16のように廃プラスチックの処理から生じたCO<sub>2</sub>を原料にするのであれば、CO<sub>2</sub>実質ゼロの炭素循環が可能になるが、そのためには全国に散らばった廃棄物処理施設から、限られた数のコンビナート内に設置されるであろうメタノール化施設へと炭素を輸送しなければならない。

全国各地の廃棄物の焼却施設で CO<sub>2</sub>を回収するとなると、各焼却施設に CO<sub>2</sub>回収設備や液化設備、液化 CO<sub>2</sub>の貯留設備を設置し、液化 CO<sub>2</sub>をローリー車でコンビナートへ輸送する体制を整えなければならないだろう。

廃棄物処理施設の側では可燃ごみを SRF（廃棄物固形燃料）化し、固体のまま炭素をコンビナートに輸送してから、燃焼させて CO<sub>2</sub>を回収する方が合理的であるかもしれない。これも廃棄物の広域輸送に関する合意形成等に多くの努力を要するだろう。

表 2 に、廃棄物系バイオマス及び CO<sub>2</sub>を原料とする主な炭素循環技術を示す。

**表 2 廃棄物系バイオマス・CO<sub>2</sub>を原料とする技術の例**

分類		方法・特徴	原料	関係企業
廃棄物系バイオマスの活用	エタノール化 表 1 に掲載したものの再掲	熱分解で得られた合成ガスから、バイオ技術でエタノールを合成。エタノールからエチレンを得る。	廃棄物系バイオマスと廃プラスチックの混合物（可燃ごみ）が良い。	積水化学工業 +住友化学
	古紙のエタノール化	可燃ごみ中の古紙を選別、同時糖化・発酵でエタノールを製造し、エタノールからエチレンを得る。	製紙原料にならない古紙	日立造船
	バイオナフサの利用	廃食用油から SAF を製造する際の副生成物であるバイオナフサを、ナフサ分解炉に投入し、基礎化学品を得る。	廃食用油由来のバイオナフサ	三井化学など
CO <sub>2</sub> の原料化	メタノール合成	回収した CO <sub>2</sub> と水素からメタノールを合成、メタノールから MTO, MTP により基礎化学品を得る。	CO <sub>2</sub>	三菱ケミカルなど

### 3 ナフサ分解炉等の自然エネルギーへの転換

石油化学プロセスのうちエネルギー起源 CO<sub>2</sub>排出量がかつとも多いのは、原料ナフサを 850°C に加熱するナフサ分解炉である。概ね 1000°C の炉室内に設置された細いチューブ内を通過する 0.3~0.5 秒の間に、ナフサはエチレンやプロピレンなどの基礎化学品に分解される。

現在、ナフサ分解炉の熱源には、ナフサ分解で得られるオフガス（メタン）が利用されており、オフガスの熱量はナフサ分解炉が必要とするエネルギーにほぼ等しいとされる。総合エネルギー統計（2021 年度）によると、オフガスの燃焼エネルギーは 204,117 TJ（≒56.7 TWh）、CO<sub>2</sub>排出量は 10.8 百万トンとなっている。

1 及び 2 で述べたような原料に化石燃料を使わない炭素循環化学においても、ケミカルリサイクルで得られた油やバイオナフサを代替原料にする場合には、ナフサ分解炉の技術を有効活用してエチレン等の基礎化学品を製造することができる。その場合、現在よりも大幅に規模は縮小するであろうが、ナフサ分解炉は将来も残る可能性が高い。

ナフサ分解炉の燃料にオフガスを使った場合には、その分の炭素は  $\text{CO}_2$  となって大気中に排出されてしまい、また炭素循環の輪に新たな炭素を供給する必要がある。したがって、ナフサ分解炉に投入するエネルギーを自然エネルギーに切り替える必要がある。なお、これまで燃料としていたオフガスについては、メタノール化等により原料として炭素循環に戻す等の対策が必要である<sup>9</sup>。

### ナフサ分解炉の自然エネルギーへの転換

ナフサ分解炉で必要となる  $850^\circ\text{C}$  前後の熱を自然エネルギーで供給するには 2 つの方法がある。

#### ① 電化

電気で加熱する方式のナフサ分解炉を e クラッカーという。現在、BASF、SABIC、リンデという世界の化学産業の大手 3 社が、ドイツのルートヴィヒスハーフェンのコンビナートで大規模 e クラッカーのデモプラントの建設を進めている。ダウ、シェル、ブラスケムなども電化に乗り出している。日本でも NEDO が電化に関する委託調査を進めている（図 17）

ナフサ分解炉は、セメント製造や鉄鉱石還元よりも温度が低く、電化が比較的にやりやすいと言われている。

電力を自然エネルギーで供給すれば、エネルギー起源  $\text{CO}_2$  排出量をゼロにすることができる。

#### ② アンモニア

日本ではアンモニアをバーナーの燃料とする方式の開発が NEDO により進められている。

グリーン電力で水素をつくり、さらにそこからアンモニアを製造するというのは、電力をそのまま利用するのに比べて、エネルギーのロスが大きいことは明白だ。NEDO の技術開発は海外の自然エネルギーで製造したアンモニアを輸入することを想定しているのであろうが、アンモニアのサプライチェーンの長さや安全管理といった課題も考慮するならば、国内の自然エネルギーを活用したナフサ分解炉の電化を優先すべきである。

---

<sup>9</sup> メタンを主とするオフガスについては、メタノールの原料とするほか、メタンの熱分解によりカーボンブラックとターコイズ水素を得る方法が考えられる。

アンモニアを使うのであれば、現在のハーバー・ボッシュ法によるアンモニア製造では高温高压を必要とし、そのために大きなエネルギー投入が必要となるので、常温常圧でアンモニアを合成する新しい技術の開発も不可欠となる<sup>10</sup>。

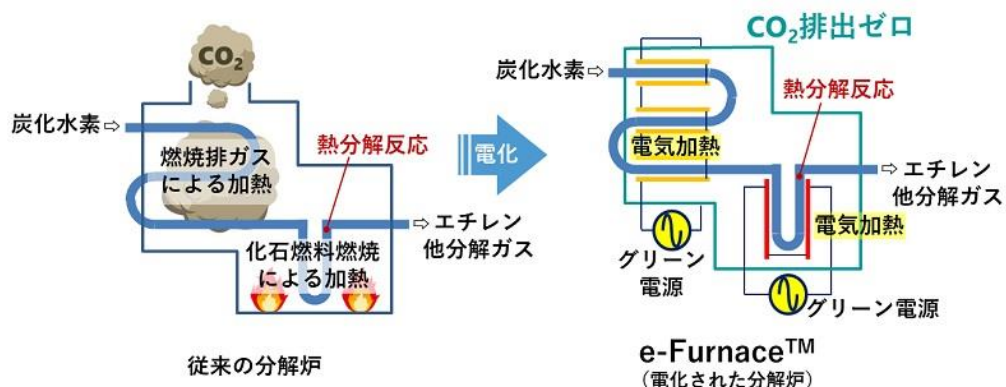
なお、石油化学ではナフサ分解炉以外にも多くのプロセスで熱を利用しており、ナフサ分解炉と同様に電化等による自然エネルギーへの転換が必要である。

表3に、これらの技術の開発動向を示す。

**表3 ナフサ分解炉の脱炭素化技術の開発動向（主なもの）**

	主体	状況	方法	備考
電化	BASF、SABIC、リンデ（エンジニアリング）	独ルートヴィヒスハーフェンのコンビナートでデモプラントが稼働中	直接加熱法：チューブに電流を流し、ジュール熱で加熱 間接加熱法：チューブの周囲に配置された発熱体に電流を流し、輻射熱で加熱	ドイツ政府が支援
	ダウ、シェル、オランダ応用科学研究機関、持続可能工業プロセス研究所	オランダで実験中。2025年には数メガワットのパイロットプラントが稼働予定	詳細不明	オランダ政府が支援
	Coolbrook、ABB プラスケム	オランダでパイロットプラントを計画中	RotoDynamic Reactor：Coolbrookが開発した技術で、外部から加熱するのではなく、摩擦と衝撃波で反応体内部から加熱する方式。	
	東洋エンジニアリング	タイで実証研究を計画	エチレン分解炉の電化技術の開発とその事業化を目的とした実証	NEDOの委託事業
アンモニア	三井化学、丸善石油化学東洋エンジニアリング、双日マシナリー	実証期間は2021年度から2030年度	アンモニアの燃焼特性に合わせたナフサ分解炉用のバーナーの開発など	グリーンイノベーション基金事業
	東京大学、東京工業大学、大阪大学、九州大学、出光興産等	2024年度～2028年度で実証実験	モリブデン触媒を用いて常温常圧でアンモニアを合成する技術の開発	グリーンイノベーション基金事業

**図17 ナフサ分解炉の電化のイメージ**



出所：東洋エンジニアリング株式会社ホームページ

# 第3章 脱炭素化への道筋

## 現在の日本政府の政策

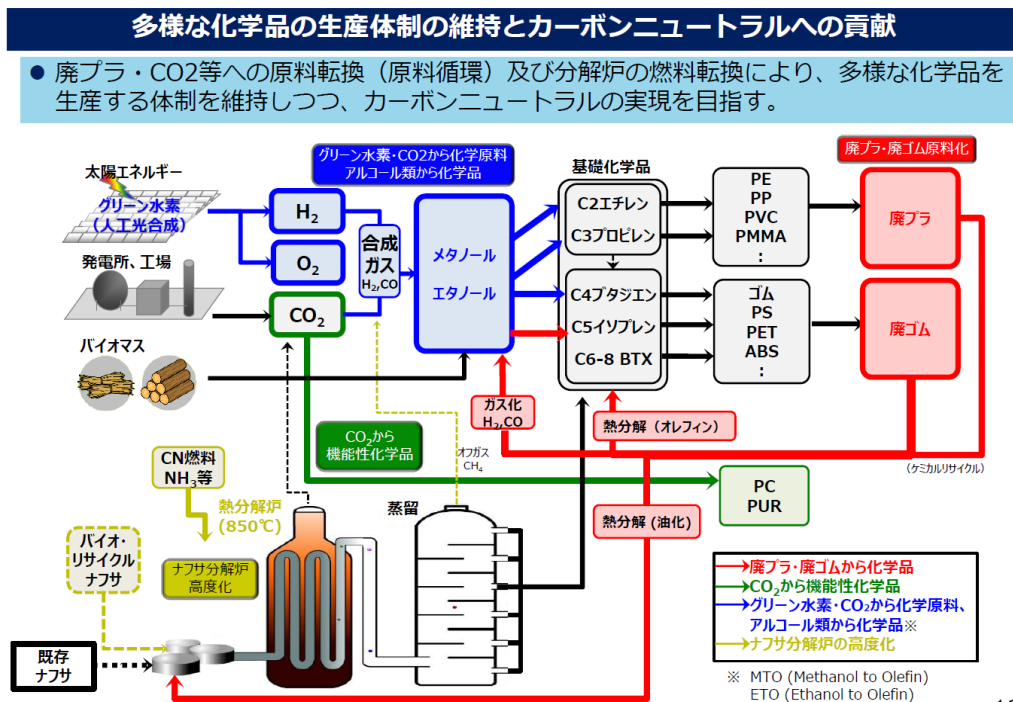
日本政府は石油化学の脱炭素化に向けてどのような対策を進めようとしているのだろうか。

本年11月28日に開催されたGX実行会議で、岸田総理は「炭素の排出シェアが高く、しかも、産業の歴史を塗り替えるような生産方法の抜本的な転換が求められる鉄、化学といった分野にGX投資支援の枠組みを適用し、ものづくりにおける世界の脱炭素投資をリードする」ことを目指すと述べた。

確かに石油化学のような分野では、脱炭素化のために生産プロセスそのものを大きく変革する必要があり、短期間に大規模な投資が必要となる。政府の投資支援の方針は意義があると言ってよいだろう。具体的な枠組みづくりを注視していきたい。

問題は、どのような技術に投資するかである。経済産業省が示している技術開発の方向を見ると、ケミカルリサイクル、CO<sub>2</sub>原料化、バイオナフサ、ナフサ分解炉燃料のCN化など、様々な技術が並べられている。様々な技術開発を同時並行で進めることはもちろん重要なことではあるのだが、それだけでは方向性が見えない(図18)。

図18 我が国が行うべき技術開発の方向性(経済産業省資料)



出所: 2023年1月25日、産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会

エネルギー構造転換分野ワーキンググループ資料「化学産業のカーボンニュートラルに向けた国内外の動向」

また、これまで見てきたように、石油化学の脱炭素に必要なことは生産技術の革新だけではない。むしろ、生産・消費量の削減や炭素循環の仕組みが重要であり、それに応じて必要とされる生産技術そのものが変わってしまう。

では、資源循環に関する施策はどうか。

2019年5月に策定されたプラスチック資源循環戦略は、大阪で開催されたG20 サミットに間に合うように策定されたもので、当時、政府は2050年カーボンニュートラルをまだ表明していなかった。脱炭素化のことは抽象的に触れられているのみで、2030年のマイルストーンは示されていても、どこへ向かうマイルストーンなのかが不明瞭であった。早期に改定が必要である。

また、2022年4月に施行されたプラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律は、プラスチックのサプライチェーン全体で資源循環に取り組むための制度として制定され、プラスチック使用製品の設計段階から使用済み製品のリサイクルに至る様々な制度が盛り込まれた。しかし、サプライチェーンに関わる様々な主体の間で実際に連携した取組が進んでいるかという点、リサイクルに適した製品設計について動脈側（製品メーカー）と静脈側（リサイクル産業）の情報交換の場がないなど、実態は必ずしもそうになっていない。

使用済み石油化学製品の焼却処分から生じるCO<sub>2</sub>に対する対策はどうか。

政府は、2021年8月に廃棄物・資源循環分野における2050年温室効果ガス排出実質ゼロに向けた中長期シナリオ(案)を示し、2023年6月に改訂された廃棄物処理法に基づく基本方針にも2050年までの脱炭素化の方針が盛り込まれた。これまでの焼却中心の廃棄物処理の在り方を大きく転換しなければならないが、自治体や焼却炉メーカーなどの認識はまだ十分ではない。

**表4 日本政府の現在の主な政策**

区分（第2章参照）	現在の主な政策	今後検討していくべき課題
生産・消費量の削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レジ袋有料化</li> <li>・プラスチック資源循環戦略</li> <li>・プラスチック資源循環促進法の施行</li> <li>・再生品利用促進の新たな制度の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・レジ袋有料化に続く、実効性ある使い捨てプラスチック削減策</li> <li>・石油化学の脱炭素化を見据えたプラスチック資源循環戦略の改定</li> </ul>
炭素の循環利用	GX投資* 〔資源循環産業〕 <ul style="list-style-type: none"> <li>・プラスチックリサイクル設備等導入</li> </ul> 〔化学産業〕 <ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub>原料化</li> <li>・ケミカルリサイクル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リユースやマテリアルリサイクルに係るインフラ整備（ソーティングセンター等）への支援</li> <li>・廃棄物分野における脱炭素化戦略の具体化と実施</li> </ul>
自然エネルギーへの転換	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アンモニア燃焼型ナフサ分解炉</li> <li>・エネルギー転換・低減投資</li> </ul>	

\*「GX実現に向けた基本方針 参考資料」（2023年2月）による。

## 今後の政策で重視すべきこと

石油化学の脱炭素に向けた今後の政策に向けて、次の8点を提言したい。前半の3点は基本的な方針に関わる提言であり、後半の5点は具体的な事項に関わる提言である。

### (1) 取組の優先順位（ヒエラルキー）の確立

多岐にわたる取組を同時並行的に進めると同時に、関係者が基本に置くべき取組の優先順位を明確にしていくべきである。

まず、使い捨てプラスチックやファストファッション等の見直しなど、石油化学製品に依存した大量消費の見直しを進めることを優先すべきである。次いで炭素の循環利用を進めるに際しては「小さな輪」による循環、具体的にはまず廃プラスチックを原料に利用するマテリアルリサイクル、次いでケミカルリサイクルを優先すべきである。

### (2) 石油化学の脱炭素化～プラスチック資源循環～廃棄物部門の脱炭素化の一体的検討

廃棄物部門から排出されるCO<sub>2</sub>の68%は石油化学製品の焼却処分に由来する。にもかかわらず、これまで石油化学の脱炭素化とプラスチックや化学繊維の資源循環、そして廃棄物部門の脱炭素化は、別々なテーマとして議論されてきた感が否めない。

特に炭素の循環利用に関しては、廃プラスチックやCO<sub>2</sub>を原料として利用する技術の社会実装に大きく関わることから、一体的な検討が不可欠である。

### (3) 様々な主体間の連携協働と開かれた議論

繰り返し述べてきたように、石油化学の脱炭素化は石油化学産業の努力だけでは実現できない。石油化学製品のサプライチェーン全体に関わる多くの主体が連携協働することが必要である。例えば、使い捨てプラスチックの削減やファストファッションの見直しは、石油化学工業というよりも製品メーカーや小売業、消費者個人が取り組むべき課題である。

また、多様な主体が石油化学の脱炭素化に意識的に取り組むうえでは、政府や石油化学業界からの分かりやすい情報発信も必要である。例えば、図18で紹介した経済産業省資料だが、ここに示されているのがどのようなプロセスなのか、そもそも用語からして他分野の人には理解が難しいのではないか。

今後、化学産業への巨額なGX投資支援が必要になることを考えると、国民への説明責任の点でも開かれた議論を行っていくことが必要である。



#### **(4) リユースの促進**

国内で利用されるプラスチックの 5 割は容器包装・梱包材向けである。これらを削減するには、第 2 章で紹介したようなリユース容器の導入が有効だが、リユース容器の取扱い数量が少ないとどうしてもコストがかかるので、市場原理に任せておいただけでは普及が難しい。レジ袋有料化と同様に容器包装リサイクル法の制度を活用し、関係事業者にリユース容器の導入を促すことを検討すべきである。

EU では、容器包装の区別にリユース容器の導入目標を掲げている。また、ドイツではカフェ等を対象にリユース容器での飲料提供を可能にするよう義務付けている。これらの制度も参考にしていけるべきである。

なお、飲食サービス業や小売業を対象とした制度については、自治体単位でも導入が可能であり、先導的な自治体による制度化を期待したい。

#### **(5) 再生樹脂利用の促進（バージン樹脂利用の抑制）**

炭素循環の輪を回すには、再生樹脂の利用拡大が不可欠となる。経済産業省は、再生材の利用を促進する新たな制度の検討を開始したところであるが、再生樹脂を素材として利用する日用品等の最終製品のメーカーと再生材を供給する廃棄物処理・リサイクルを担う静脈産業・自治体の双方が、協調してこの課題に取り組むことができるよう、中長期的な再生樹脂利用目標を示すべきである。

また、高品質な再生樹脂の価格は化石燃料から製造されるバージン樹脂よりも高くなると見込まれることから、EU で導入されているようなバージン樹脂を対象とする課税などの経済的手法を検討すべきである。

#### **(6) ソーティングセンター整備の促進**

化石燃料由来のプラスチックに代わる良質な再生樹脂を供給する体制をつくるには、第 2 章で述べた欧州型のソーティングセンターの整備を進める必要がある。広く散らばったプラスチックの炭素を集める物流センターの機能も持つ施設であることから、全国に数 10 か所の施設が必要になるだろう。

産業界、自治体、国等が連携し、早期に検討を進めていく必要がある。

#### **(7) 自然エネルギーへの早期の転換**

ナフサ分解炉やメタノールからの基礎化学品製造といった基幹設備については、今後の炭素循環の在り方を踏まえて、自然エネルギーへの転換を図る必要がある。

他方で、樹脂や化学繊維原料などを合成する様々なプロセスでも自家用蒸気が使われている（図 6）。これらのプロセスについては、電化等により、早期に自然エネルギーへの切替えを促す必要がある。

## (8) 中小企業の事業転換に対する支援

大手化学メーカーは高機能・高付加価値製品へのシフトを進めているが、汎用プラスチックの製造や加工等に携わる企業には中小企業も多いことを踏まえ、これらの中小企業が円滑に事業転換を進めることができるような支援措置の充実が必要である。

### Box 3 注目される欧州の施策

#### ●リユース容器の導入目標

欧州委員会が2022年11月に示した包装材と包装廃棄物に関する規則案には、次のようなリユース容器の使用目標が示されている。この規則案については、現在、欧州議会及び欧州理事会で検討が進められている。

区分	対象となる容器包装	2030年目標	2040年目標
ホテル・飲食店の食品・飲料容器	テイクアウトの飲料の容器	20%	80%
	テイクアウトの食品の容器	10%	40%
小売販売される食品及び飲料	アルコール飲料（ワイン等を除く。）	10%	25%
	ワイン（発泡性のものを除く。）	5%	15%
	非アルコール飲料	10%	25%
各種の梱包材（BtoB）		10~90%	25~90%

#### ●再生樹脂の利用目標

欧州委員会は次のような規則案を示しており、これを受けて日本の自動車メーカーの間でも再生樹脂の調達競争が始まっている。

規則案	内容
自動車設計・廃車（ELV）管理における持続可能性要件に関する規則案	本規則の発効日から72ヶ月後の翌日の時点で、型式認証される各車両に含まれるプラスチックは、リサイクルされたプラスチックを最低25%含むこと（そのうち廃車由来は最低25%）
包装材と包装廃棄物に関する規則案	プラスチック製包装中の再生プラスチックの使用率を2030年から包装種別ごとに10~35%、2040年からは50~65%の使用要件を設定

#### ●プラスチックに対する課税

イギリスでは、2022年4月から再生樹脂含有率30%未満のプラスチック製包装材に対し、1トン当たり200ポンドを課税している。

EUでは、2021年1月から再生樹脂ではないプラスチック廃棄物の量に応じて加盟国から賦課金を徴収している。これを受けて、イタリアではバージン樹脂の包装材1トン当たり450ユーロの課税措置が計画されているほか、ドイツなどでも検討が進んでいる。

## おわりに

第2章で述べたように、石油化学の脱炭素化を実現するには、使い捨てプラスチックの見直し等による生産・消費量の削減から、マテリアル及びケミカルリサイクル、バイオマスの利用、CCU、ナフサ分解炉熱源の転換まで、様々な取組と技術開発を同時並行で進めることは重要である。それらをどのような比率でどう組み合わせていくのか、それは極めて複雑な連立方程式となるだろう。しかも方程式の最適解は事後でないとは明らかなにはならない。

しかし、1.5°Cの限界が迫る中、今、必要なのは、正確な最適解を得ることではなく、大きな方向性を見通しをつけて行動を開始することである。

わたしたちがこれまでと同じ品質で同じ量のプラスチックや化学繊維を使い続けるとしたら、脱炭素化のためにはケミカルリサイクルやバイオマス、CCUSなどの技術開発を進めていくしかない。

けれども、技術だけで脱炭素化を実現しようとするのは無理がある。使い捨て容器包装に代表されるような大量消費社会の在り方そのものを考え直していく必要がある。石油化学製品の多少の品質低下や利便性の低下も、安全や衛生に配慮したうえで、許容されなければならない。第2章で述べた生産・消費量の削減（使い捨ての見直し）とマテリアル及びそれを補完するケミカルリサイクルの推進に、わたしたちの行動の本筋を置くべきである。

それには、石油化学工業の関係者だけではなく、プラスチックや化学繊維を素材として使用する様々な産業（食料品、日用品、衣料品、機械、建設等）や小売業、飲食サービス業のほか、使用済み製品の処理を担う自治体や廃棄物処理業、そして消費者、公共調達部門も含めた幅広い主体が協調して取り組むことが必要である。IPCCの第6次報告書が次のように述べているとおりである。

**C.5 産業部門由来の CO<sub>2</sub> 排出を正味ゼロにすることは、困難であるが可能である。産業由来の排出量の削減には、削減技術や生産プロセスの革新的変化とともに、需要管理、エネルギーと材料の効率化、循環型の物質フローを含む全ての緩和対策を促進するためのバリューチェーン全体での協調行動を伴う。**

（第3作業部会報告書 政策決定者向け要約、経済産業省暫定訳）

**石油化学の脱炭素化への道筋**  
大量消費見直し・炭素循環・自然エネルギー

2023年12月

**公益財団法人 自然エネルギー財団**

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-10-5 KDX虎ノ門一丁目ビル 11F TEL:03-6866-1020 (代表)

[info@renewable-ei.org](mailto:info@renewable-ei.org)  
[www.renewable-ei.org](http://www.renewable-ei.org)