

カーボンニュートラル時代の 日本の化学産業

Planet Positive Chemicals in Japan

専門外の読者にもわかる
化学産業の地球温暖化対策

概要

本レポートはアカデミックな研究成果をもとに、日本の化学産業の地球温暖化対策のあるべき姿について、化学の専門家のみならず専門外の読者にも分かる形で解説したものです。

著者



金澤大輔

東京大学 未来ビジョン研究センター 共同研究員
daisuke.kanazawa@ifi.u-tokyo.ac.jp

石井菜穂子

東京大学 グローバル・コモンズ担当総長特使
未来ビジョン研究センター 特任教授
グローバル・コモンズ・センター ディレクター

謝辞

本レポートは、先に発表した研究成果「持続可能な地球の未来を築く日本の化学産業 (Planet Positive Chemicals in Japan)」をもとに執筆したものです。同研究の共著者の皆様に深く感謝申し上げます。また、本レポートの作成にあたり東京大学 グローバル・コモンズ・センターの飯塚美恵子氏、市川詠子氏、山口亜紀氏より多大な貢献を賜りました。ここに心より感謝申し上げます。

本研究は三菱ケミカル株式会社との共同研究のもとで資金提供を受けました。

ライセンス

[CC BY-NC-ND 4.0](#) (ただし、P12の図は[CC BY-NC-ND 3.0](#))

ご注意

本レポートはディスカッションのための材料として提供されており、一般的な情報の提供を目的としていますので、投資等の助言として使用されるべきものではありません。本レポートに含まれる情報については正確性を確保するよう努めましたが、情報は「現状のまま」提供され、その正確性や完全性に関して明示的または黙示的な保証はありません。本レポートで述べられている見解は著者個人のものであり、必ずしも著者の所属機関や資金提供者の見解を反映するものではありません。

本レポートで伝えたいこと

本レポートの位置づけ (なぜ化学産業を取り上げるのか)

本レポートは大学での研究成果をもとに、日本の化学産業の地球温暖化対策のあるべき姿を化学の専門家のみならず専門外の読者にも分かる形で解説したものである。化学製品は食品・農業、住まい、医療、自動車・電子機器など、私たちの便利で豊かな生活を広く支えている一方で、その多くが最終製品の原材料として使われるため、存在が見えにくく恩恵も意識されにくい。加えて、化学産業は温室効果ガスの排出が大きく、さらに化学製品の多くは炭素を含むため、製造だけでなく廃棄（焼却）でも二酸化炭素が発生する。従って、化学産業の脱炭素化は再生可能エネルギーの導入のみでは不十分であり、化学産業に特有な対策が必要となる。

地球温暖化は政治・経済情勢を待ってくれない

産業革命以降、2020年までに地球の平均気温は1.09℃上昇し、その原因が人類の活動であることは疑う余地がないとされている。その中で、2015年のパリ協定、2020年の日本のネットゼロ目標など、温暖化対策の枠組みは整ってきたが、足元では国際情勢やインフレーション等により対策が鈍化して見える。しかし、地球温暖化は物理現象であり、政治・経済の都合を待ってはくれない。

日本の化学産業の脱炭素策 (エネルギー・原料の非化石転換と CCSを並行して追求)

化学産業の脱炭素化には、エネルギーと原料の双方に対策が必要である。現状では、エネル

ギーも原料も化石資源由来であるため、基本方針は大きく次の二つとなる。

- (1) エネルギー・原料を非化石由来（エネルギーは再生可能エネルギー等、原料はバイオマス等）へ切り替える。
- (2) 化石由来のエネルギー・原料を使う場合は、排出される二酸化炭素が大気中に放出されないようCCS（Carbon Capture and Storage: 二酸化炭素の回収・地下貯留）と組み合わせる。

ただし現在の日本の化学産業は、非化石由来のエネルギー・原料もCCS容量もほとんど確保できていない。従って、どちらか一方に依存するのではなく、エネルギー・原料の非化石転換とCCSを並行して追求することが現実的である。

また、原料としてのリサイクル材・バイオマス、さらにCCS容量をどれだけ確保できるかが将来の脱炭素化学製品の供給能力を左右する。電気自動車の分野でリチウムやコバルト等の資源確保が競争力に直結しているように、化学産業の脱炭素化でも原料とCCSの確保が戦略的な優位性につながる。化学産業は、エネルギーの非化石転換とCCSに関しては他産業と連携して取り組むべきだが、原料の非化石転換は自らが主体的に取り組む必要がある。

どのように脱炭素策を進めるべきか (企業と政府の二人三脚で「ニワトリと卵」 から脱却)

化学製品の多くは、7種類の基礎化学品を起点とする長いサプライチェーンで供給される。基礎化学品は脱炭素化のために大型投資等が必要なため、将来コストダウンが進んだとしても

製造コストは現行の2~3倍に増える見込みである。一方で、仮に2~3倍に増えたとしても、基礎化学品のコストが最終製品のコストの中に占める割合は小さいため、最終製品のコストへの影響は1~2%程度にとどまる可能性が高い。ただし現時点ではコストダウンが進んでおらず、影響はより大きくなる。ここで、将来のコストダウンの最大の壁となるのが「ニワトリと卵」の問題である（高コストが低需要を生み、低生産量が高コストを招く）。このループから抜け出すには、リーダー企業（化学企業および最終製品のブランドオーナー）と政府が歩調を合わせ、二人三脚で新産業育成を進める必要がある。二人三脚ではどちらかが進みすぎても遅れても転倒する。

リーダー化学企業に求められる主な対応は、

- (1) 技術開発・設備投資・新原料確保・新パートナーとの連携への長期継続投資のリーダーシップ
- (2) 長期投資を支える収益体質の確立
- (3) 大きな投資判断を迅速に行える体制づくり（業界再編を含む）である。

政府に求められる主な対応は、

- (1) 設備投資と運転コストの両面支援
- (2) リサイクル材やバイオマスの最低含有率等の規制導入
- (3) 政府調達等による初期需要の創出である。

中国は世界に先行して太陽電池と電気自動車で「ニワトリと卵」を抜け出し、新産業を育成した。化学産業では世界的に「ニワトリと卵」を抜け出せていないので、日本は自らが持つ強みを活かして先行するチャンスがある。その前提として、炭素会計等の（製品に炭素を含む特殊性も踏まえた）ルール整備は必須であるが、「ニワトリと卵」からの脱却の主役はあくまでリーダー企業と政府の二人三脚である。合わせて、化学産業を含む重工業の脱炭素化を進める中で、脱炭素化コストを社会としてどのように負担していくかに関するオープンな議論も重要である。

これに加えて、日本では人口減少やサーキュラー・エコノミーの進展により、将来的には化学製品の量的需要は伸びにくい。加えて、化学産業の顧客産業では付加価値の源泉が、化学製品が使われるハードウェアからソフトウェアへ移りつつある。こうした環境下で、化学産業は脱炭素製品やリサイクル技術をもとにしたビジネスモデルで新たな付加価値創出を目指すことができる。

はじめに	6
地球温暖化は世界の政治・経済情勢を待ってくれない	6
なぜ化学産業を取り上げるのか？	6
本レポートの位置づけ	6
第1章 地球温暖化と化学産業	7
地球温暖化は悪化を続けているが、その対策は必ずしも一貫していない	7
化学産業は温室効果ガスの大きな排出源である	7
見えにくい化学産業・化学製品とその温室効果ガス排出	8
第2章 化学産業を知る：化学製品と温室効果ガス排出	9
化学製品は便利で豊かで健康的な生活を支えている	9
数万種類の化学製品を生み出すサプライチェーンは7種類の基礎化学品から始まる	9
大半の化学製品は炭素を含むので、廃棄時に焼却すると二酸化炭素が発生する	10
なぜ化学産業の脱炭素化は難しいのか	11
課題は二酸化炭素排出や地球温暖化だけではない	11
第3章 化学産業は脱炭素化のために何をすることが必要か（解決策）	14
脱炭素化の2つの基本方針の組合せから生まれる3つのアプローチ	14
日本の化学産業は、非化石原料・エネルギー（図4の縦軸）と、化石+ CCS（横軸）のどちらか一方のみに頼るのではなく、両方を並行して追求するべきである	15
化学産業は原料としてのバイオマス・リサイクル材とCCSを確保しないと、化学製品を販売できなくなる	15
将来の低コスト化が進んでも、基礎化学品のコストは脱炭素化により2~3倍に上昇するが、最終製品のコストは1~2%しか上昇しない	16
第4章 化学産業はどのように脱炭素化を進めるべきか（解決策の実行）	18
なぜ脱炭素化が進まないのか？	18
コスト上昇が産む「ニワトリと卵」が最大の壁	18
「ニワトリと卵」の壁を乗り越えるには、リーダー企業と政府による二人三脚が必要	19
新しい産業を育成すべく、他国に先駆けて「ニワトリと卵」から抜け出す	22
脱炭素化は化学産業が新たな付加価値を生み出す機会となる	23
むすび	24

はじめに

地球温暖化は世界の政治・経済情勢を待てられない

地球温暖化について頻りに耳にするようになった。2015年にパリ協定¹が締結されて以来、また2020年に日本が温室効果ガス²排出のネットゼロ³宣言をして以来、日本でも地球温暖化対策が進んできた。その流れの中で、太陽光発電などの再生可能エネルギー⁴の導入や、関連する様々な政策の強化が進められてきた。その一方で、インフレーションや米国のパリ協定離脱などの国際情勢の変化により、地球温暖化対策がスローダウンしているようにも見える。実際、地球温暖化が原因とされる猛暑や豪雨などは海外ではもちろん、日本でも身近になってきた。しかし、これは物理現象なので世界の政治・経済情勢を待てはくれない。

なぜ化学産業を取り上げるのか？

化学製品は私たちの便利で豊かな生活を支えているものの、私たちが手に取る最終消費者製品の原料や部材として使われることが多いため、その姿やメリットが見えにくい。また、化学産

業⁵は温室効果ガスの排出が大きいだけでなく、産業としての規模も大きく、社会生活への影響も大きい。加えて、化学産業が地球温暖化のために打つべき対策も一般に知られていない。例えば、再生可能エネルギーの導入だけでは対策として不十分である。また、化学製品に関与した温室効果ガスは、化学工場以外からも、例えば製品廃棄の過程でも発生するので、化学産業は実は地球温暖化対策の隠れた難物なのである。

本レポートの位置づけ

本レポートは日本の化学産業の地球温暖化対策に関するアカデミックな研究結果をベースに、その要点を整理し、地球温暖化に関心を持つ化学の専門家のみならず専門外の読者にも理解できる形で解説することを目的としている。厳密さよりも分かりやすさを優先したので、より詳しい説明や定量的な内容は、基礎資料として用いた「持続可能な地球の未来を築く日本の化学産業 (Planet Positive Chemicals in Japan)⁶」を参照してほしい。また、補足説明は本文の外にBox (囲み記事) として設けた。

1 パリ協定：2015年に採択された国連の気候変動対策の枠組みで、世界の平均気温上昇を産業革命前比で1.5~2°C以内に抑えることを目標としている。

2 温室効果ガス：二酸化炭素やメタンなど、大気中で赤外線を吸収し、地球温暖化を引き起こすガスの総称。

3 ネットゼロ：温室効果ガスの排出量と除去量が差し引きでゼロとなった状態を指す。

4 再生可能エネルギー：太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスなど、枯渇しないエネルギー源の総称。

5 化学産業：基礎化学品や機能化学品などの化学製品を製造・販売する産業分野。

6 持続可能な地球の未来を築く日本の化学産業 (Planet Positive Chemicals in Japan), <https://cgic.ifi.u-tokyo.ac.jp/wp-content/uploads/2024/10/Planet-Positive-Chemicals-in-Japan-JP-Main.pdf>

地球温暖化は悪化を続けているが、その対策は必ずしも一貫していない

産業革命⁷以降、2020年までに地球の平均気温が1.09℃上昇したとされている⁸。また、この気温上昇の原因が人類の活動であることは疑う余地がないとされている⁸。さらに、2023年から2025年にかけては産業革命以降、最も気温が高い3年間であったとも言われている⁹。

地球温暖化に対処するために、国連加盟各国によって2015年にパリ協定が締結された。この協定では、産業革命以降の気温上昇を1.5～2.0℃以内に抑えるべく、世界の国々が取り組むことを決めた。日本でも2050年までに温室効果ガス排出をネットゼロにする宣言が2020年になされた。では、なぜこの目標は1.5～2.0℃に設定されているのであろうか。その背景には、人類が農業を身につけ、文明を発展させてきた完新世¹⁰と呼ばれる過去1万年の間、地球の平均気温の変動が概ね1℃以内に収まっていた¹¹ことが挙げられる。そして、この安定した気候が近年の急激な温暖化によって崩れる恐れがあると指摘されている。このような中で、気温上昇を抑える必要性和実現可能性のバランスを取ったと考えられる。

一方で、昨今はウクライナ戦争やインフレーション、米国政府の方針変更などにより、地球温暖化対策の進展が鈍化しているように見える。しかし、地球温暖化は物理的な現象なので、政治・経済情勢を待ってはくれない。それでも、

地球温暖化とその影響が一定以上に顕在化すれば、その対策は再び加速すると思われる。今後は一直線ではなく、三寒四温のように停滞と加速を繰り返しながら、対策が進んでいくのではないか。

地球温暖化の影響の例としては、猛暑、豪雨、洪水、台風やハリケーンの強大化、干ばつ、山火事、海面上昇、生物多様性の喪失、農業や漁業の収穫不安定化と食料品価格の上昇、感染症拡大、水資源紛争、保険料の高額化や引受停止など、多岐にわたる。このように多方面にリスクがある中で、いずれかの影響が深刻化することをきっかけに現在鈍化している対策の流れが反転する可能性がある。

化学産業は温室効果ガスの大きな排出源である

2012年に固定価格買取制度(FIT)¹²が導入されて以降、日本でも再生可能エネルギー（再エネ）の導入が加速してきた。図1の左側に示すように、エネルギー転換部門（発電等）からの二酸化炭素排出は日本全体の43%を占めるので、再エネの導入は重要な地球温暖化対策である。これに次いで、産業部門からの排出も27%と大きい。特に化学産業は、日本では鉄鋼産業に次いで二番目に排出が大きい産業である。化学産業の排出対策なしに日本のネットゼロはありえない。

7 産業革命：18世紀後半から始まった、蒸気機関や化石燃料の利用拡大による産業・社会構造の大きな変化。ここでは1850～1900年の地球の平均気温を2011～2020年と比較している。

8 IPCC, Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

9 Copernicus, "2025 was the third hottest year on record", <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2025-was-third-hottest-year-record>

10 完新世：約1万年前から現在まで続く地質時代で、気候が比較的安定し、人類文明が発展した期間。

11 Rockström and Gaffney, *Breaking Boundaries*, Penguin Random House (2021)

12 固定価格買取制度(FIT)：再生可能エネルギーで発電した電気を、国が定めた価格で一定期間、電力会社が買い取ることを義務づける制度。

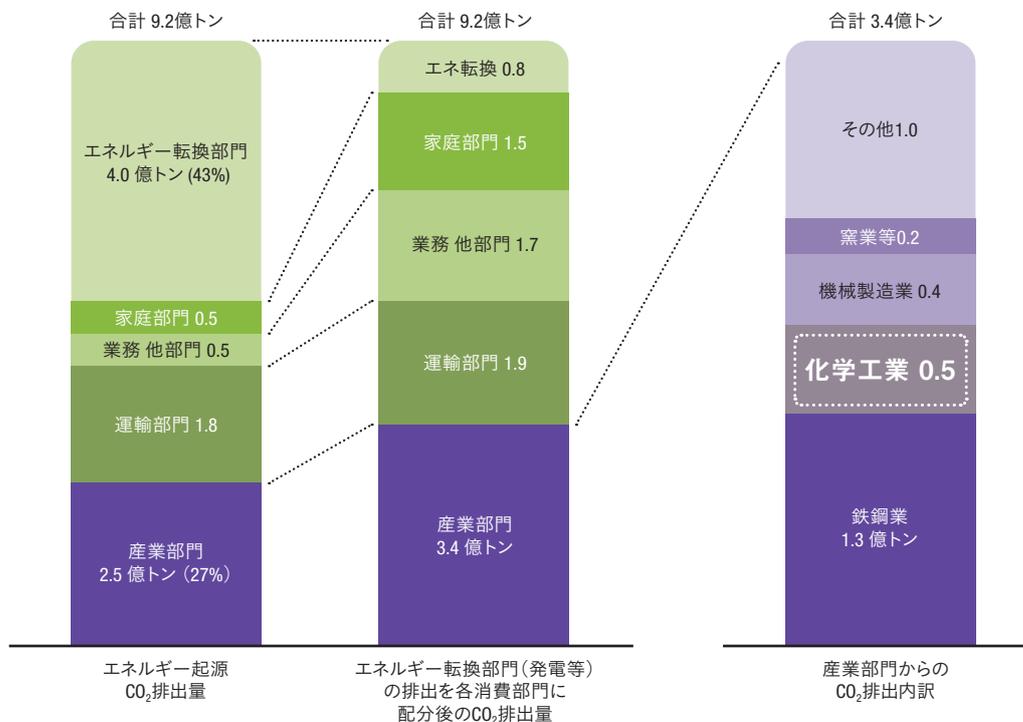


図1：日本のエネルギー起源の二酸化炭素排出量（2023年度）¹³

見えにくい化学産業・化学製品とその温室効果ガス排出

電力や運輸（自動車、トラック、航空等）、産業（鉄鋼、化学、セメント等）は温室効果ガスの大きな排出源となっている。その中でも、化学産業が作る製品は、消費者が手に取る最終製品の原料や部材として使われることが多く、その存在が一般には見えにくいのではないかと。一方で日本の化学産業は、その出荷額や付加価値額で見ると、輸送用機械器具産業（自動車等）に次いで大きく¹⁴、日本を支える巨大産業であ

る。加えて、化学製品に由来する温室効果ガスは、化学工場以外にも例えば製品の廃棄時にも発生するので、排出削減対策も複雑である。本レポートでは、巨大で見えにくく、かつ複雑な化学産業からの温室効果ガス排出の原因と対策を解き明かすために、まずは化学産業が何を作っているかからスタートする。次の第2章では、化学製品が私たちの便利で豊かで、かつ健康的な生活を支えているながら、温室効果ガスの排出削減を難しくしている現状を示す。

¹³ 環境省, 2023年度（令和5年度）温室効果ガス排出量及び吸収量について, <https://www.env.go.jp/content/000378799.pdf> を改変

¹⁴ 日本化学工業協会, グラフで見る日本の化学工業2025, <https://www.nikkakyo.org/newsrelease/263>

化学製品は便利で豊かで健康的な生活を支えている

食料・農業

- 長期保存、劣化防止、軽量化を可能にする食品包装用プラスチック
- 収穫量や品質の向上をもたらす農業用フィルム
- 肥料、農薬

日常生活を支える日用品

- 軽量で速乾性・耐久性のある合成繊維で作られた衣類
- 洗浄効率が高い洗剤

快適で安全な暮らしを支える住居・建材

- 断熱材、塗料、接着剤、コーティング
- 難燃化剤を含む建材による延焼抑制
- 塩ビ水道管による軽量化・長寿命化

健康と命を守る医療

- 使い捨てできる注射器・カテーテル・マスクによる感染防止
- 医薬品、人工臓器

便利で高度な社会を支える
エネルギー・モビリティ・デジタル機器

- 太陽電池・風力発電・リチウムイオン電池用の材料
- 燃費・安全性・デザイン性を向上させる自動車・航空機部品
- スマートフォン等に使われる半導体製造用材料、ディスプレイ製造用材料

図2：化学製品は社会のあらゆる分野を支えている

化学製品は非常に幅広い分野で、私たちが当たり前前に享受している生活を支えている（図2）。化学製品はそれぞれの分野で、目的に応じて自由自在に姿を変えて最終消費者製品の中で使われているため、その姿は一般には見えにくい。そこに化学製品が使われていることが意識に昇らないような縁の下の力持ちである。また、それぞれの分野での目的にフィットさせるため、化学製品の種類は数え方にもよるが、数万種類に及ぶとされている。それぞれに異なる原料と製造方法があり、これら一つ一つについて脱炭素化¹⁵を進める必要がある。脱炭素化を実現するために、便利で豊かで健康的な生活を放棄し

て、現代的な化学産業が存在しなかった江戸時代の生活水準に戻ることは誰も望んでいないであろう。

数万種類の化学製品を生み出す
サプライチェーンは7種類の
基礎化学品から始まる

これらの多種多様な化学製品の大半はたった7種類の基礎化学品¹⁶から作られている。つまり、まず7種類の基礎化学品が製造され、これらを出発点として数万種類の化学製品が作られ、図2に示された多くの分野で使われている（図3）。

¹⁵ 本レポートにおいて脱炭素化とは、既に一般的に使われるようになった温室効果ガスのネットゼロに向けた排出削減やdecarbonizationの意味で用いており、炭素を使わずにプラスチック等の化学製品を製造することは意味しない。

¹⁶ 7種類の基礎化学品：多くの化学製品の原料となる、少ない種類で大量生産される基本的な化学物質。本レポートでは、エチレン、プロピレン、ブタジエン、ベンゼン、トルエン、キシレン、メタノールを指す。

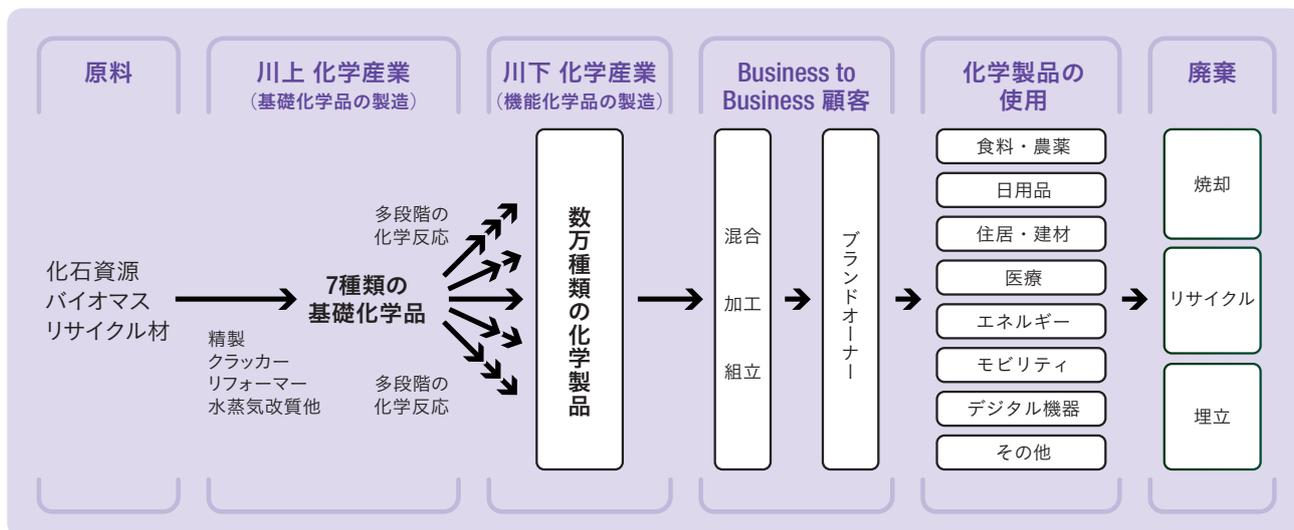


図3：7種類の基礎化学品から広がる化学製品のサプライチェーン¹⁷

この7種類を作るときに特に大きなエネルギー（例えば800℃の高温）を必要とするが、このような高温を電気（再エネ）から得るのは技術的に難しいか、著しく高コストになりやすい。そのため、化学反応に必要な熱源の多くを現在は化石資源の燃焼に頼っている。また現在、化学製品の原料の大半は化石資源（日本では石油）由来である。従って、化学産業の脱炭素化においては、まずはこの7種類の基礎化学品を脱炭素化することが大切である。

大半の化学製品は炭素を含むので、廃棄時に焼却すると二酸化炭素が発生する

化学製品が幅広い用途で使われた後、現在の日本では大半が廃棄時に焼却され（この際、発生する熱はエネルギーとして回収されることが多い）¹⁸、二酸化炭素が発生している。実際、日本の廃棄物回収システムは優れていて、例えば廃プラスチックの環境への流出は国際的に見

て小さい。しかし、埋立てを減らすために、回収された廃棄物の大半は焼却へと向かうシステムとなっている。現在の化学製品の大半は化石資源を原料としているので、サプライチェーンの最初（原料調達）と最後（廃棄）だけを見れば、これは化石資源を燃やしていることと同じである。

化学製品の特徴は、化石原料採掘から製造までの段階に加えて、廃棄時の二酸化炭素排出も大きいことである。例えば、最も多く作られているプラスチックの1つであるポリエチレン（ビニール袋やシャンプー容器などに使用される）を1kg製造するために排出される二酸化炭素は、化石資源の採掘から遡って累積すると2.0kgである¹⁹。加えて、このポリエチレンが廃棄時に焼却されると3.1kgの二酸化炭素が発生する²⁰。従って、特に日本の化学産業の脱炭素化においては、廃棄時の二酸化炭素排出も考慮した対策が必要となる。

¹⁷ 各産業の境界線は厳密ではない。

¹⁸ プラスチック循環利用協会の統計データ（2024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）によれば、日本の廃プラスチックの74%が焼却されている。<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf2.pdf>

¹⁹ Zheng and Suh, Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics, *Nature Climate Change*, 9, 374-378 (2019), <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0459-z>

²⁰ ポリエチレン (CH₂)_nが焼却されるとnCO₂となる。CH₂とCO₂の分子量がそれぞれ14と44であることから、ポリエチレン1kgが完全燃焼すると、理論上は44/14 = 3.14kgの二酸化炭素が発生する。

なぜ化学産業の脱炭素化は難しいのか

化学産業の脱炭素化が難しい理由は、以下の3点に集約される（詳細は「[持続可能な地球の未来を築く日本の化学産業\(Planet Positive Chemicals in Japan\)](#)」15ページのセクション1.2を参照）。

1. エネルギーを再エネに切り替えるだけでは解決しないため
 - 例えば800℃の高温の化学反応の熱源に電気を用いるのは、技術的に困難であるか、もしくは高コストである
 - ほとんどの化学製品（例えばプラスチックや合成繊維）は炭素を含むので、廃棄時の焼却までを視野に入れた解決策が必要となる
2. 化学製品は数万種類に及び、それらを製造するための異なる原料、化学反応に対してそれぞれを脱炭素化することが必要なため
3. 重工業であるため、数十年単位の長期使用を前提とした高額な製造設備が必要となる。

設備更新は後戻りができず、慎重にならざるを得ないため

以上の理由から、化学産業では再エネの活用に加えて、化学産業特有のアプローチを取る必要がある。本レポートで推奨する脱炭素化のアプローチは次の第3章で説明する。

課題は二酸化炭素排出や地球温暖化だけではない

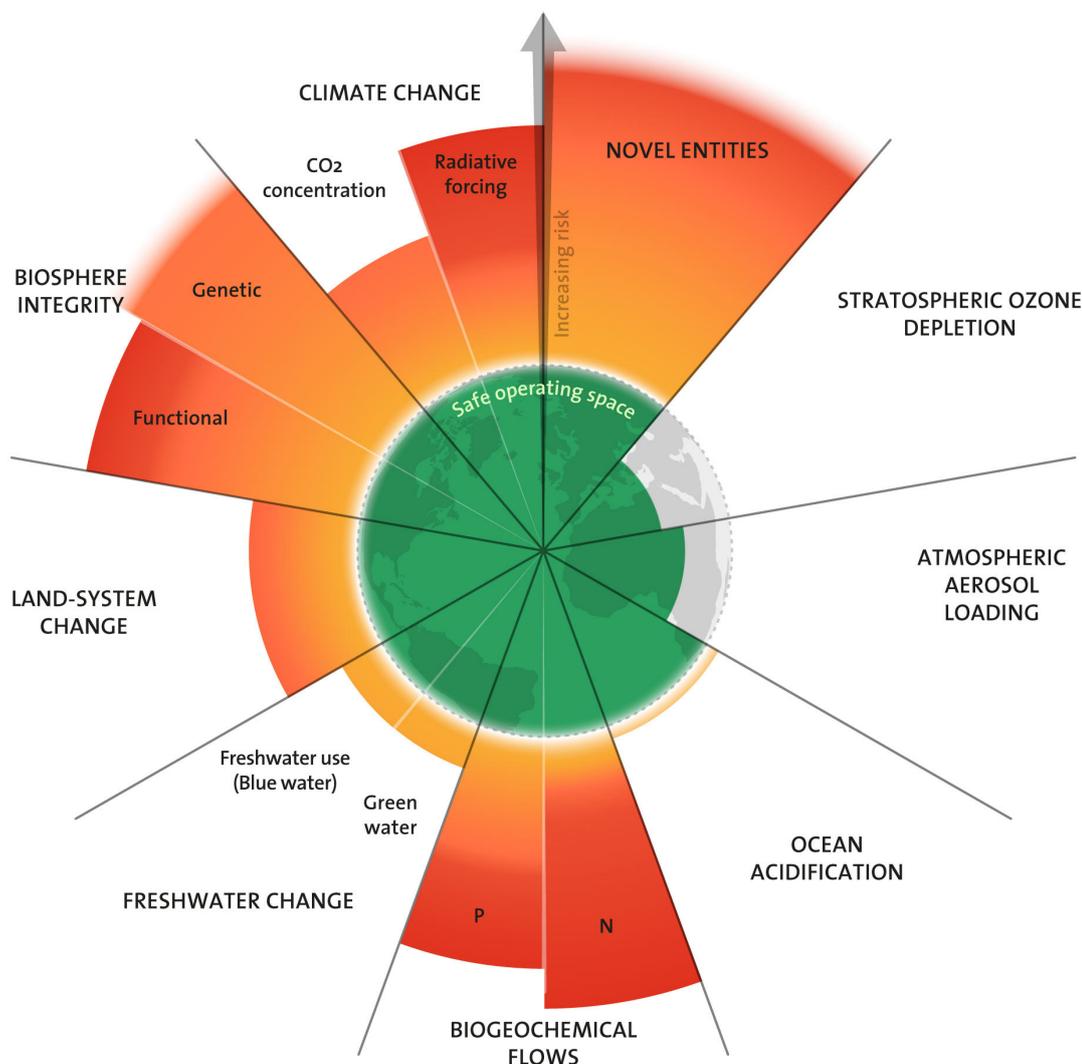
プラネタリー・バウンダリーズ（Planetary Boundaries, [Box 1](#)参照）という考え方によれば、化学産業が関係する地球環境課題には、マイクロプラスチックや窒素・リン（肥料由来）の流出もある。加えて、生物多様性の喪失も危機的な状況にあるので、バイオマスの利用にも注意が必要となる。従って、地球温暖化対策のために他の課題を悪化させるようなトレードオフではなく、一石二鳥の解決策が必要である。（詳細は「[持続可能な地球の未来を築く日本の化学産業\(Planet Positive Chemicals in Japan\)](#)」16ページを参照）

Box 1

プラネタリー・バウンダリーズ²¹は、環境課題に関して包括的な視点を示す

プラネタリー・バウンダリーズとは、地球環境を安定した状態に保つために重要な9つの自然の仕組みについて、「超えてはならない限界値」を示した考え方である。この限界値は道路のガードレール（下図では緑の地球の周りの点線）に例えられ、これを超えると大規模で非可逆的な環境変化が起こるリスクが高まるとされている。従って、全ての経済活動はこのガードレール内で行うことが推奨されている。しかし実際には、すでに多くの分野で限界を超えているとされる。代

表的な例としては、気候変動（Climate Change）、肥料の使用による窒素やリンの流出（Biogeochemical Flows）、プラスチック汚染などの新規化学物質（Novel Entities）、生物多様性の喪失（Biosphere Integrity）などが挙げられる。これらは、化学産業と深く関わる環境課題である。化学産業にはこれらの課題に取り組むことが期待されており、同時にこれらの課題を解決することをビジネス機会として捉えることもできる。



²¹ Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Sakschewski and Caesar et al. 2025, <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>

Box 2

日本の化学産業の特徴

日本の大規模な化学工場の多くは、1960年代から70年代に建設されており、アジアの近隣工場と比べると一般に小規模で老朽化している²²。これらの工場はコンビナートの中に位置し、原油輸入に適した地点に立地しつつ日本に広く点在している。各コンビナートには複数の企業が所有する工場が集まっており、多様な企業の強みが生かせるものの、脱炭素化に向けての一体的な活動を困難にしている。一方で、これらの製造設備は高価な輸入原油に対応するため、エネルギー効率の面では世界をリードしている。

日本の基礎化学品の主な競争相手は、日本と同様の原料を用いる中国本土、台湾、韓国等の大型・新型工場や、日本と

異なりガスを原料とする中東や北米の工場である。日本の化学企業は基礎化学品（川上化学産業）よりも機能化学品（川下化学産業）に重点を置く戦略をとっており（図3参照）、前者の競争力は課題となっている。日本の基礎化学品ビジネスは、前述のように海外の競合と比べると細分化されているが、このような産業構造が維持されてきたのは、大規模な再編を避けつつ、生産能力を縮小して稼働率を高めることによって、これまで利益を確保できてきたことが大きい。これは、日本の石油精製業界や鉄鋼業界などの他の重工業が再編を繰り返し、より競争力のある少数の企業群に変貌してきたのとは対照的である。

22 経済産業省, 世界の主要石油化学プラント (2019),

https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12546205/www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/chemistry/downloadfiles/03_2019plant.pdf

石油化学工業協会, 日本の石油化学のあゆみ, <https://www.jpca.or.jp/trends/history.html>

稲葉和也 他, コンビナート新時代, 化学工業日報社 (2018)

脱炭素化の2つの基本方針の 組合せから生まれる3つのアプローチ

第2章で見たように、化学製品の大半には炭素が含まれることから、エネルギーだけでなく、原料についても対策が必要である。従って、化学産業の脱炭素化に向けた基本方針は、大きく以下の2つである。

- (1) エネルギーと原料それぞれについて、化石資源から非化石資源に切り替える
- (2) エネルギーや原料に化石資源を使うならば、排出される二酸化炭素が大気へ放出されないようCCS²³と組み合わせる

ここで、エネルギーの脱炭素化は化学産業に

限らず多くの産業に共通する課題なので、化学産業は他産業と連携して取り組むことができる。一方で、原料の脱炭素化については、化学産業自身が主体となって解決策を切り開く必要がある。

非化石のエネルギーの例としては、再エネや原子力発電²⁴が挙げられる。従って、現在は化石資源由来のエネルギーが供給されているボイラー²⁵のエネルギー源や電力をこれらに切り替えていく必要がある。一方、非化石の原料の例としては、バイオマス²⁶、リサイクル材²⁷、DAC-CCU²⁸が挙げられる。従って、現在の化石資源由来の原料をこれらに切り替えていく必要がある。

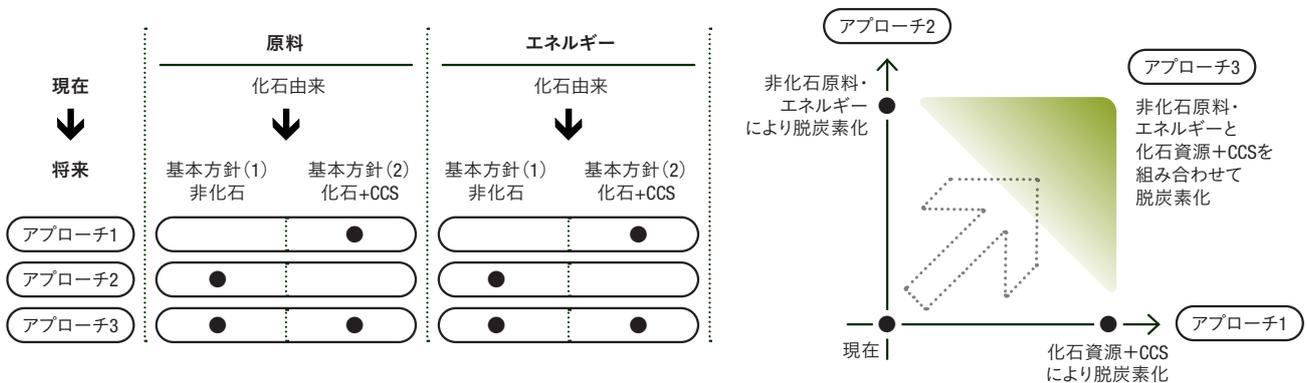


図4：原料とエネルギーを脱炭素化するための3つのアプローチ(概念図)

先の2つの基本方針は組み合わせることができるので、図4に示されるように、化学産業の原料とエネルギーの脱炭素化には主に以下の3つのアプローチがありうる。いずれのアプローチ

を採用しても、第2章で示した廃棄時の二酸化炭素排出に対応することができる。(詳細は「[持続可能な地球の未来を築く日本の化学産業 \(Planet Positive Chemicals in Japan\)](#)」30ページの

²³ CCS：二酸化炭素を回収し、地中などに貯留することで大気中への排出を防ぐ技術（Carbon Capture and Storage）。

²⁴ これらに加えて、二酸化炭素を排出させずに作られた水素・アンモニア・メタンも含む。

²⁵ ボイラー：燃料の燃焼により蒸気（+電気）を供給する設備で、工場の主要な熱源。

²⁶ バイオマス：植物や動物などの生物由来の有機資源で、化学製品の原料やエネルギー源として利用される。燃焼されると二酸化炭素が発生するが、排出量を計算する際には、その炭素は元々大気中に存在していたものとして考慮されることが多い。

²⁷ リサイクル材：使用済み製品を回収・再加工して再び原料として利用する材料。焼却による二酸化炭素排出が抑制される。

²⁸ DAC-CCU：大気中の二酸化炭素を直接回収し（Direct Air Capture）、化学製品などの原料として利用する技術（Carbon Capture and Utilization）。まだ、技術的に成熟しておらず、特に高コストである。

セクション3.1を参照)

アプローチ1 原料・エネルギーともに化石資源を使い続け、CCSと組み合わせる

アプローチ2 原料・エネルギーを全て、非化石原料・エネルギーに置き換える

アプローチ3 原料・エネルギーともに化石と非化石を組み合わせることでバランスよく使う

日本の化学産業は、非化石原料・エネルギー（図4の縦軸）と、化石+CCS（横軸）のどちらか一方のみに頼るのではなく、両方を並行して追求するべきである（アプローチ3）

その理由は以下の通りである。今の日本の化学産業は、非化石原料・エネルギーをほとんど確保できていない。また、確実なCCS容量も確保できていない。従って、いずれも確保できていない現時点において、どちらか一方に過度に依存してそれが実現しなかった場合には、それは日本の化学産業の、そして日本全体の脱炭素化の失敗を意味するからである。なお、いずれも確保できていない現時点では、両者を定量的にどのようなバランスにすべきかを科学的に示すことはできない。実際に開発・導入を進めて、コストや難易度がある程度明らかになっ

た時点で、両者のバランスを改めて判断すべきである。逆に、コスト・難易度・バランスを見極めるためにも、実際にある程度の規模で開発・導入を進める必要がある。なお、非化石原料・エネルギーのみで脱炭素化を進めるアプローチ2が理想的に見えるが、現在の化学製品の需要全てをカバーするほどの非化石原料（バイオマス、リサイクル材）は存在しないので、このアプローチは当面は現実的ではない。（詳細は「[持続可能な地球の未来を築く日本の化学産業\(Planet Positive Chemicals in Japan\)](#)」50ページのセクション4.1を参照）

化学産業は原料としてのバイオマス・リサイクル材とCCSを確保しないと、化学製品を販売できなくなる

化学製品用に原料として投入された炭素の量（インプット）と最終的に廃棄される炭素の量（アウトプット）が長期的には一致するという基本原則がある（炭素バランスの原則）。この原則とネットゼロがもたらす制約とを組み合わせると、ネットゼロの下では以下の**等式(1)**が導かれる。（詳細は「[持続可能な地球の未来を築く日本の化学産業\(Planet Positive Chemicals in Japan\)](#)」36ページのセクション3.5を参照）

$$\text{製造販売可能な化学製品中の炭素量} = \text{投入するバイオマスの炭素量} + \text{投入するリサイクル材の炭素量} + \text{CCSされる炭素量} \quad \text{等式(1)}$$

ここで、バイオマス・リサイクル材・CCSはすべて入手可能量に（化石原料と比べて）制約があるので、これらの確保が遅れると製造販売できる脱炭素化学製品の量が制約されることをこの等式は意味している。ここで重要なのは、サプライチェーン川上（原料調達）での原料確保は、川下（最終製品の製造販売）の製品供給にも影響を与える、ということである。別の産業の例になるが、サプライチェーン川上におい

てリチウムやコバルトなどの鉱物資源確保に先んじた国・企業は、川下の電気自動車の製造販売においても、戦略的な優位性を有している。これと同様な状況が、第2章でみた化学製品のサプライチェーンでも起こりうる。すなわち、バイオマス・リサイクル材・CCSを確保した国・企業がサプライチェーン川下の食料・農業、日用品、住居・建材、医療、エネルギー・モビリティ・デジタル機器市場においても、脱炭素

化が進む中で戦略的な強みを発揮する可能性がある。特にバイオマスに関しては、第2章のBox 1で示したプラネタリー・バウンダリーズ（特に生物多様性の喪失や窒素・リンの流出）を考慮する必要があるため、供給が限られる。加えて、リサイクル材も供給が限られる可能性が高いため、限られた資源を巡る椅子取りゲームが化学製品のサプライチェーンで静かに始まっていると言える。

将来の低コスト化が進んだとしても、基礎化学品のコストは脱炭素化により2~3倍に上昇するが、最終製品のコストは1~2%しか上昇しない

アプローチ1から3のいずれを実現させるにも、新規設備のために10兆円規模の設備投資が必要となる。加えて、新規原料やCCSが必要になることから、第4章で詳しく示す基礎化学品の低コスト化が将来、十分に進んだとしても、7種類の基礎化学品の製造コストは現行の2~3倍に上昇すると推算している。しかし、化学製品のサプライチェーンは非常に長いことから、最終製品の製造コストの大半は基礎化学品メーカー以外の、サプライチェーン中間にある各社や最終製品メーカーが投入した原料・労務費・利益によって構成されている。そのため、基礎化学品のコストが最終製品のコストに占める割合は非常に小さい。従って、これが2~3倍になったとしても、最終製品の製造コストは1~2%しか上昇しないことが、産業連関表という政府統計を用いた産業連関分析²⁹により示されている。（詳細は「[持続可能な地球の未来を築く日](#)

[本の化学産業\(Planet Positive Chemicals in Japan\)](#)」44~47ページのセクション3.7と3.8を参照)

ここで、最終製品の1~2%のコスト上昇は現在から2050年までの25年間に渡る累積的な上昇である。インフレーションのため現在日本では、消費者物価が毎年2~3%上昇していることを考えると、25年間での累積1~2%の上昇は相対的に小さく、サプライチェーン内での他の企業の脱炭素化によるコスト上昇を考慮しなければ、最終消費者としては認識しにくいレベルである。しかし、コストが2~3倍に上昇することは、サプライチェーンで隣接する基礎化学品の直接の顧客にとっては大打撃である。従って、化学メーカーはコストが1~2%しか上昇しないサプライチェーン川下のブランドオーナー³⁰と直接対話を進めるべきであり、これが脱炭素化学製品をサプライチェーンに導入する早道になる。その結果、第4章に示すように基礎化学品の低コスト化が将来、十分に進んだ場合には、基礎化学品のコスト上昇がもたらす最終製品の製造コスト影響は1~2%の上昇にとどまる。しかし、基礎化学品の低コスト化が進まない場合には、またサプライチェーン内の他の企業の脱炭素化によるコスト上昇を考慮すると、最終製品の製造コスト上昇はより大きくなる。コスト上昇が大きいほど、社会の脱炭素化の進展は遅くなるので、第4章に示す低コスト化は極めて重要である。なお、脱炭素化によってコストが上昇する場合に、そもそも誰がこれを負担すべきかについては、Box 3を参照されたい。

²⁹ 産業連関分析：産業間の取引関係をもとに、ある産業の変化が他の産業や経済全体に与える影響を定量的に分析する手法。

³⁰ ブランドオーナー：最終製品のブランドを保有し、マーケティング・販売を行う企業。

Box 3

脱炭素化によるコスト増を誰が負担するべきか？

脱炭素化によるコスト増を誰が負担するべきかという問題は、経済だけの問題ではなく、社会としての価値判断を伴う問題である。

環境問題の多くは化学物質等の環境への漏出である。しかし、漏出させている本人は多くの場合、漏出によって社会全体や第三者が被るコストを十分に負担していない（これを外部不経済が発生しているという）。このようなコストは支払わずにすむのであれば利益が向上するので、漏出を続けコストを支払わないことは一見、合理的な行動である。しかし、皆が同じことを行うと環境などの社会的共通資本が劣化し、自分もその被害を受けることになる。これを共有地（コモンズ）の悲劇という。これを解決するには、漏出者（その行為によって利益を得ている受益者）に社会全体や第三者が被る本来のコストを支払ってもらうのが有力な方法である。

地球温暖化も二酸化炭素の環境への漏出と言え、地球温暖化は共有地の悲劇の一典型であるので、漏出のコスト（脱炭素化によるコスト増）は、本来は受益者が支払うべきである。それは、今を生きる消費者と企業（＝投資家）であり、地球温暖化対策のための規制がコスト増をもたらす場合には、今を生きる我々は、

本来はそれを支払う必要がある（規制や炭素価格などのムチ）。産業革命以来の過去世代の消費者・投資家にも本来は負担してもらうべきだったが、それはもはや不可能である。従って、その分は現世代だけでなく将来世代にも負担してもらうのが現実的な選択肢である。これは例えば国債発行に支えられた支援（補助金などのアメ）の形を取る。アメとムチのバランスや、消費者と投資家の負担バランスには正解がないので、国としての価値観に応じて決めるしかない。

以上は、日本国内を想定した議論であるが、先進国vs発展途上国の議論もある。先進国は過去に多量の二酸化炭素を排出して発展を遂げた。一方で、発展途上国はパリ協定により、二酸化炭素排出に依存した発展が難しくなったばかりか、インフラが先進国に比べて脆弱なため地球温暖化の影響を先進国よりも受けやすい。従って、パリ協定では温室効果ガスの排出削減に加えて、発展途上国の脱炭素化や地球温暖化対策費用の先進国による資金負担も議論されている。

このように脱炭素化に伴うコスト負担の問題は、消費者・投資家間、世代間、国家間をまたぐ公平性の問題も含んでいる。

なぜ脱炭素化が進まないのか？

特に海外の再エネのように、(補助金を含めて)コストが現行よりも下がれば、脱炭素化はある程度、自動的に進む。しかし、コストが上昇すると、重力に逆らって車が自動的に坂道を登らないように、脱炭素製品の販売は不確実になり、脱炭素化が進みにくくなる。これは化学製品も例外ではない。

第3章で見たように、化学産業の脱炭素化には2050年を見据えた長期的かつ莫大な投資が必要である(技術開発、設備投資、新規原料確保、サプライチェーンの新しいパートナーとの連携構築等)。川の向こう側へ渡り切る前に溺れてしまう(倒産)リスクがあると思ったら、企業は川に入らない(①コスト上昇→②将

来需要が不確実になる→③各企業の許容できる投資リスクを超過)。

コスト上昇が産む

「ニワトリと卵」が最大の壁

化学産業を含む製造業で低コスト化を実現する最大のツールは「規模の経済」³¹である。一般に、製造業では総コストに占める固定費³²の割合が大きい。しかし、生産量が増えても固定費はほとんど増えないので、生産量が増えるほど製品1kg当たりの固定費が小さくなり、結果としてコストが下がる。しかし、化学産業は日本でも海外でも、現在は図5の「ニワトリと卵」のループにはまって、抜け出せていない。🔒



図5: 「ニワトリと卵」のループ

第3章に示した通り、規模の経済が十分に働いてコストが下がれば、基礎化学品のコストは現在の2~3倍の上昇にとどまり、化学製品を使った最終製品のコスト上昇は1~2%にとどまる。しかし、生産量が低い現時点でのコストは2~3倍より大きくなり、最終製品のコスト上昇も1~2%にとどまらない。従って、コストダウン、

需要増、そして脱炭素製品の市場拡大のためには、この「ニワトリと卵」のループから抜け出さなければならない。例えば、中国の太陽電池や電気自動車の製造はこのループを抜け出し、図6のループに入ることができ、世界市場で大きな存在感を示すに至った。

31 規模の経済：生産量が増えることで固定費の影響が薄まり、製品1単位当たりのコストが下がる現象。

32 製造業のコストは変動費と固定費に大きく分けられる。生産量が増えたときに、変動費(原材料費等)は生産量にほぼ比例して増えるが、固定費(設備投資の減価償却、労務費等)はほとんど増えない。



図6：「ニワトリと卵」を抜け出した中国の太陽電池・電気自動車のループ

「ニワトリと卵」の壁を乗り越えるには、リーダー企業と政府による二人三脚が必要

「ニワトリと卵」の壁を乗り越えるには、「企業（化学メーカー、B2B顧客³³）がリスクを取って投資するリーダーシップ」+「企業が負うリスクを支える政府の政策・制度」による二人三脚が必要である。二人三脚では一方のみが努力しても前に進めない。政府の政策・制度は需要（のきっかけ）を作るが、企業がそれに応えなければ、需要 >> 供給（需要が供給を大幅に

上回る）となり、価格が大幅上昇してしまう。逆に、企業のリーダーシップに政策が応えなければ、需要 << 供給（供給が需要を大幅に上回る）となり、リスクを取って設備投資等を行った企業は大赤字・倒産となり得る。どちらか一方が前に進みすぎたり、後ろに残りすぎたりすると、二人三脚は転倒する。かつての日本の新産業育成では歩調が合わない転倒例が見られたので（Box 4参照）、今後の取り進めに活かして図7の二人三脚を進める必要がある。

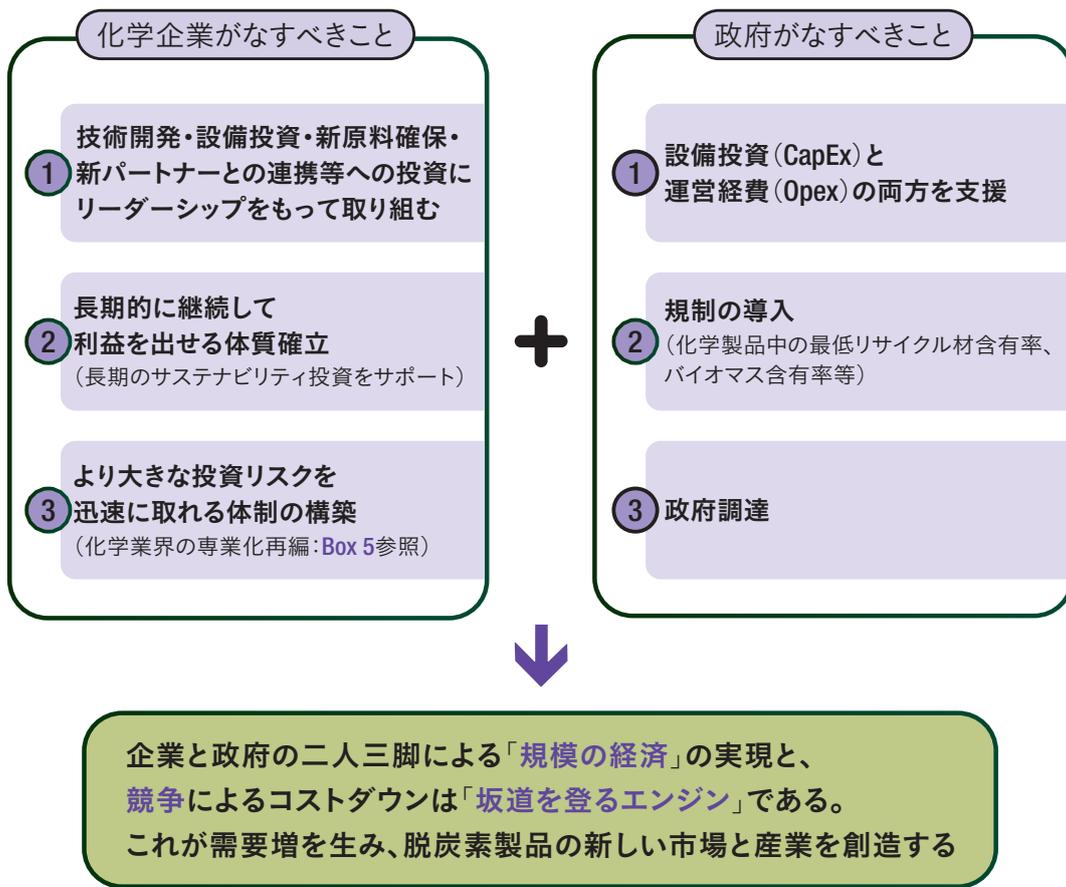


図7：企業と政府が二人三脚で進めるべき脱炭素新市場・新産業の育成

33 B2B顧客：企業が企業に対して製品やサービスを提供する取引形態における顧客（Business to Business顧客）。

日本の強み (Box 6参照) を活かしながら、実現可能なレベルの規制設計と供給体制に関して政府とリーダー企業 (化学メーカー、B2B顧客) が対話を行うことが鍵となる。このプロセスの中で、企業は一度に巨大工場を作るのではなく、段階的に規模を拡大し、コストを下げていくことにより、リスクが低減される (図8)。

このような連携と、その中で生まれる競争の組合せがコストダウンをもたらす。化学産業では、脱炭素製品の市場は待っていても生まれない。(詳細は「[持続可能な地球の未来を築く日本の化学産業 \(Planet Positive Chemicals in Japan\)](#)」51ページのセクション4.2を参照)

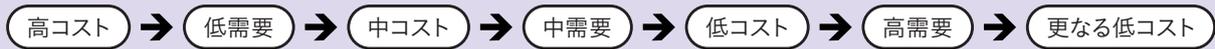


図8: 二人三脚によるコストダウンと需要 (市場) 形成

Box 4

二人三脚が不十分であった過去の例

太陽光パネル、発光ダイオード(LED)照明、リチウムイオン電池などの新製品は、登場した当初は従来製品よりも価格が高いことが多い。もしくは、これらの製品のメリットを享受するためには、従来製品には必要がない初期投資を利用者が行う必要がある (例えば、LED照明は従来の白熱灯よりも初期コストは高いが、寿命が長く、消費電力が低いので長期的には安くすむ)。そのため、「ニワトリと卵」の壁を超えないと導入が進みにくい。これらの製品では、日本企業は当初、技術開発や製品化で世界をリードしていたし、これらの技術に関してノーベル賞を受賞した日本人科学者もいる。しかし、その後は海外企業との競争にさらされ、市場シェアを失い、事業から撤退する結果となったものが多い。

例えば、太陽光パネルでは、日本企業の世界市場シェアは2002年に55%を占めていた³⁴。しかし、日本で固定価格買

取制度(FIT)が導入されたのは2012年で、それまでの間に日本企業は競争力と市場シェアを低下させていった。その結果、FIT導入後に国内での太陽光パネルの設置は爆発的に伸びたものの、導入される太陽光パネルの大半は海外製となった。もし、より早い段階でFITのように需要を後押しする支援と規制が導入されていれば、状況は異なっていた可能性がある。風力発電についても、政府が2019年に洋上風力の促進区域を指定して以降、設置が進んでいるが、その時点で日本の風力発電設備メーカーは既に競争力を失い、市場から撤退していた。

初期の需要を喚起し市場成長を牽引するには、企業の供給拡大と政府の支援・規制がうまく連携する必要があるが、これが機能しなかったことが、「ニワトリと卵」のサイクルから脱却しきれなかった一因と考えられる。新産業の黎明期には二人三脚が特に重要である。

34 Nemet, How Solar Energy Became Cheap, Routledge (2019)

Box 5

化学産業における業界再編の必要性

現在、多くの日本の大手化学企業では、川上化学産業として基礎化学品を作る部門と川下化学産業として機能化学品を作る部門（図3参照）が同じ会社内に共存している。このような企業構造は垂直統合型と呼ばれる。加えて、成長のための投資を後者（川下の機能化学品部門）に集中させるという企業戦略でこれらの企業は共通している。一方で、7種類の基礎化学品を作る前者（川上化学産業）は10兆円規模の巨額の設備投資を必要としている。

この状況は、かつての日本の電機産業と似ている。例えば、1990年代の半導体メモリーや2000年代の液晶パネルでは、日本企業は技術的・市場的優位性を持っていたにもかかわらず、大規模な投資に関する意思決定を迅速に行えなかったために、海外の競合他社に先行され、他の原因と併せて事業撤退につながったケースが数多くあった。半導体メモリー

や液晶パネル事業は、それぞれの電機メーカーの中では数ある事業部門のひとつに過ぎず、特定の事業部門だけに巨額の投資を行うという戦略的かつ政治的判断がタイムリーにできなかったのである。

このような経営上の袋小路は、現在の垂直統合型を見直し、各社の基礎化学品部門同士を水平統合することにより、基礎化学品に特化した企業を生み出す業界再編によって回避できるであろう。これによって経営陣は、巨額であるが必要な投資判断をタイムリーに行うことができるようになると考えられる。また、川上（基礎化学品）の再編は、川下（機能化学品）の事業再編を促す可能性がある。これらの再編については、2010年代後半に米国のダウ・ケミカルとデュポンが合併後に分割を行った事例をはじめとする欧米の化学企業の再編から学ぶことが多いと思われる。

Box 6

日本が有する、十分に認識されていない強み

日本の強み

- ① 世界第4位の経済規模と国内の充実したサプライチェーン
- ② 政府と産業界の強い連携
- ③ シンプルな法制度（多層的・複雑な階層構造になっていない）
- ④ 確立された廃棄物回収システム（リサイクル材の安定・安価供給につながる）
- ⑤ 社会的対立が比較的少なく、政治の分断に至っていない。長期政策の合意が可能

脱炭素化を通じて日本が新産業を育成できるかどうかは、国が有する構造的な強みと弱みをどのように活かし、克服するかに左右される。①と②は、企業（化学メーカー、B2B顧客）と政府が二人三

日本の弱み

- ⑥ 高い再生可能エネルギーのコスト
- ⑦ CCSへのアクセスが不確実
- ⑧ 国内バイオマス資源の開拓が不十分
- ⑨ 明確なリーダーとして主導する化学企業が不在

脚で新産業育成を進める上で特に重要な強みである。③は制度が多層化しやすい欧米や中国に比べて有利であり、④は回収システムが州ごとに異なる米国に比べて有利な点である。

新しい産業を育成すべく、他国に先駆けて「ニワトリと卵」から抜け出す

太陽電池や電気自動車では、中国が「ニワトリと卵」から抜け出したが、化学産業ではどの国・企業も依然として「ニワトリと卵」から抜け出せていない。先に抜け出した国・企業が競争

上有利になるので、日本にも十分にチャンスがある。他国に先駆けて脱炭素化に向けた変革を起こすことが国の基幹産業を守ることにもつながるので、新産業（低炭素化学産業）の育成を他国に依存するべきではない。

Box 7

炭素会計(カーボン・アカウンティング)³⁹等のルール役割

脱炭素化を実行に移すには、技術や投資だけでなく、それらを評価するための「ルール」も不可欠である。化学産業においても、多様な化学製品や複雑な製造プロセスからの温室効果ガス排出を、どのようにカウントするかを定める必要がある。これが定まらないと、どのような化学製品を政府調達の対象とするか決まらないし、リサイクル材含有率などの規制レベルの基準も決まらない。そのため、化学製品の製造・使用・廃棄に伴う温室効果ガスの排出量を測定するための、カーボンフットプリント³⁵、ライフサイクル・アセスメント(LCA)³⁶、マスバランス³⁷等のルールが重要となる。

一方で、ルールは必須だが、これを整備しただけでは坂道を登れない。ルール作りは登り坂を道路として舗装する役割を担うが、坂道を登る主役は、あくまでも二人三脚のエンジンである。すなわち、ルール整備は前提条件であり、需要や投資を直接生むものではない。

グローバル・ルールを待つか、ローカル・ルールで先行するか

世界の分断が進み、グローバルな統一ルールを決めるのが難しくなっている。また、ルール作りがビジネスに直結することが広く認識され、綱引きも激しい。日本国内の大きな市場・サプライチェーンが対象ならば、国際動向を踏まえつつ国内ルールを早期に整備し、世界に先駆けて変革を起こして、コストダウンと需要増を実現し、世界のデファクト・スタンダードを目指すのも1つの方法である。製品が炭素を含む化学産業には炭素会計に関連する独自の特殊性があり、日本の化学製品サプライチェーンにも独自の特殊性がある。グローバル・ルールの動向や、行く末を見定める「待ちの姿勢」ばかりではチャンスを失う。例えば、鉄鋼業界は日本発の炭素会計ルールを世界に向けて発信して、ルール作りを通じて脱炭素化を国際的に主導しようとしている³⁸。

35 カーボンフットプリント：製品やサービスで排出される温室効果ガス量を二酸化炭素換算で示した指標。

36 ライフサイクル・アセスメント(LCA)：原料採取から製造、使用、廃棄までの環境影響(温室効果ガスに限らず)を体系的に評価する手法。

37 マスバランス：原料投入量と製品産出量を質量収支で管理した上で、バイオマスやリサイクル由来成分を実際とは異なる割合で製品に割り当てる手法。

38 日本鉄鋼連盟, GXスチールガイドライン・関連ガイドライン, <https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/greensteel/>

39 炭素会計(カーボン・アカウンティング)：製品や活動に伴う温室効果ガス排出量を測定・報告・検証するための考え方や手法。

Box 8

化学産業の脱炭素化のために消費者は何をすべきか

化学産業の脱炭素化のアクションは企業と政府が中心となる。しかし、消費者の選択も重要であり、化学産業の脱炭素化に直接的に影響を与える選択として、次の例が挙げられる。

- リサイクル材やバイオマスを使用した製品、低炭素製品を購入する(製品に付随する環境ラベル・情報表示を参考にして)
- 廃棄物を可能な限りリサイクルに回す(化学製品中の炭素を循環させるため)

脱炭素化は化学産業が新たな付加価値を生み出す機会となる

自動車産業や電機産業などの化学産業の伝統的な顧客産業は、化学製品を自社のハードウェア製品の原材料として使用することによって、ハードウェア製品に機能を付加し、価値を高めてきた。しかし今日では、ハードウェアがコモディティ化⁴⁰される傾向がある一方で、これらの製品の価値を左右する主要機能の多くがソフトウェアによって実現されるようになり、より大きな付加価値がソフトウェアによって追求されつつある(自動車の自動運転等)。このことは、ハードウェアや、そこで使用される化学製品がもたらす付加価値が相対的に小さくなることを意味する。その結果、化学製品の特性向上が付

加価値の向上に結び付きにくくなる。加えて、2020年から2050年にかけて日本の国内人口は約17%減少し、これに伴い国内需要も減少すると見られる。さらに、サーキュラー・エコノミー⁴¹による製品の長寿命化、資源の有効利用、リサイクルの進展により、化学製品の量的な需要は一層減少すると予想される。このような状況で、サステナビリティは新たな付加価値を生み出す機会となる。低炭素製品、新たなリサイクル関連技術、これを用いたクローズド・ループ⁴²による「ことづくり」⁴³等、量的な拡大のみに頼らないビジネスを作るチャンスである。(詳細は「[持続可能な地球の未来を築く日本の化学産業 \(Planet Positive Chemicals in Japan\)](#)」60ページのセクション4.3を参照)

40 コモディティ化：技術が成熟して、製品の機能や品質で差異化しにくくなり、価格競争が中心になること。

41 サーキュラー・エコノミー：製品や資源を循環させ、資源消費や廃棄物を最小化することを目指す経済の考え方。

42 クローズド・ループ (Closed Loop)：顧客へ販売した製品を使用後に回収し、再加工して再び同じ顧客に販売することにより、顧客との関係を強化する循環の仕組み。

43 ことづくり：製品そのものではなく、サービスや仕組みを通じて価値を提供する考え方。

むすび

本レポートでは日本の化学産業の脱炭素化に関する課題とアプローチを整理した。アプローチの「最適解」を定めることはまだできないが、進むべき方向は既に明らかである。地球温暖化の影響が深刻化する中で、また各国の化学産業

が「ニワトリと卵」からの脱却に向けて競争している中で、今後のリーダー企業と政府のアクションが、日本の化学産業の将来の競争力と脱炭素化を左右することになる。



2026年2月

カーボンニュートラル時代の 日本の化学産業

Planet Positive Chemicals in Japan

専門外の読者にもわかる
化学産業の地球温暖化対策

本研究は三菱ケミカル株式会社との共同研究の下で資金提供を受けました。



CENTER FOR
GLOBAL
COMMONS