



Back to Blue

An initiative of  
Economist Impact and The Nippon Foundation

# 海洋化学汚染の克服と 企業が果たすべき役割

『海に忍び寄る新たな危機』第6章

ECONOMIST  
IMPACT

日本  
財団  
THE NIPPON  
FOUNDATION

## 報告書について

陸上・大気・河川・排水路などで見られる化学物質汚染は、過去数十年で悪化の一途を辿っている。これまでも度々対策が講じられてきたが、その深刻さが明らかとなったのはつい最近のことだ。栄養素・重金属・残留性有機汚染物質 [Persistent Organic Pollutants = POPs]・排水などに含まれる化学物質は、様々な形で環境へ流出し、土壌・帯水層・食物連鎖、あるいは南極・高地・低地をはじめとする極地帯など、地球上のありとあらゆる場所で検出されている。近年は自然環境・人体への害を示す多くのエビデンスが明らかになっており、この問題が気候変動・生物多様性の損失と並ぶ（あるいは両者との相互作用により）深刻な脅威になるという認識が広まりつつあるのだ。

化学汚染の構造的問題が取り上げられる際には、人の生活と密接に関わる陸上環境に焦点が当たることが多い。海洋環境における化学汚染の規模や潜在的影響 — またその喫緊性 — も同様に深刻だが、未だ十分に認識されていないのが現状だ。同報告書は、海洋化学汚染に対する認知度を高め、海洋環境における化学物質汚染の防止・緩和・減少に向けた取り組みを促進すべく作成された。主な目的は、海洋環境の“汚染ゼロ”実現というよりも、『Back to Blue』の掲げる理念に沿って）現実的かつ踏み込んだ目標・方策を提示することにある。

『Back to Blue』発足の契機となったエコノミスト・インパクトのグローバル・アンケート調査（2021年実施）では、海洋環境問題の二大関心事にプラスチック汚染と化学物質汚染が挙げられた（3番目に回答が多かったのは気候変動）。報告書『海に忍び寄る新たな危機 — 有害化学物質による海洋汚染と克服に向けたビジョン・方策』が明らかにする通り、これら三つの問題は、複雑に、深く絡み合っている。

地表面積の70%、居住可能空間の99%を占める<sup>1</sup>海洋環境は、あらゆる生命体にとって極めて重要な存在だ。しかし化学物質汚染の規模や、海洋環境（海洋生物・生物多様性・生態系機能など）への影響については、十分な科学的検証が行われていない。同報告書では、現時点で明らかな影響、そしてさらなる研究が急務となる領域を明らかにしてゆく。

この問題への対応が急務である大きな理由は、一刻も早く行動を起こさなければ、極めて大きな脅威となることだ。そのため同報告書では、汚染軽減に向けた具体的な方策を、ステークホルダーごとに提起している。こうした取り組みはあくまでも出発点に過ぎない。同報告書の発表後、『Back to Blue』は問題克服に向けたロードマップを打ち出すことを次の目標としている。

### 海洋環境の重要性

同報告書の対象となるのは、深海・沿岸・湾岸・河口部など、水圏の中でも海水の存在する“海水域”で、サンゴ礁・藻場・マングローブ林・干潟・堆積層・水柱といった多様な生態系が見られる場所だ。河川・水路・地下水を含む淡水域も、海・沿岸地域への汚染経路として取り上げるが、基本的には調査の対象外であることに留意いただきたい。

**“この問題への対応が急務である大きな理由は、一刻も早く行動を起こさなければ、極めて大きな脅威となることだ”**

海水域は地球上の生命体にとって不可欠な存在だが、その重要性は著しく過小評価されている。数十億単位の人々に食料源を供給するだけでなく、大気中の酸素の半分以上を生成し、炭素吸収源として地球温暖化のブレーキ役も担う。また漁業・海運・観光・娯楽・資源開発など、経済的にも重要な役割を果たしている。化学汚染によって、数十兆ドル規模の市場が失われる可能性を考えても、極めて深刻な事態と言わざるを得ない。

これまで人類は、有害物質・廃棄物を無尽蔵に吸収・分解可能な存在として海を扱ってきた。しかしこうした考え方は誤りだ。研究は途上にあるが、化学物質が海洋環境にもたらす害については既に明らかな点も多い。ホッキョクグマ・プランクトン・海中植物・タツノオトシゴなどの海洋生物相からより広範な生態系まで、深刻な影響を及ぼしていることは動かざる事実だ。また化学物質の生産拡大に伴い、汚染が悪化しつつあることにも異論の余地はない。問題克服に向けた早急な取り組みが求められているのはそのためだ。

人類の活動が気候変動の大きな原因であることは、これまでの科学研究からも明らかだが、海洋化学汚染も同様に人為的問題であり、これら二つの問題には密接な相関関係がある。化学物質が気候変動のもたらす負の影響を増幅する一方、気候変動（海水温上昇・大気中のCO2濃度上昇に伴う海水の酸性化・塩分濃度上昇など）も化学物質の有害性を悪化させることが知られている。こうした負の循環に歯止めをかけるためには、二つの問題へ同時に対処する必要があるのだ。

海洋環境の生物多様性（つまり“多様な生態系とそれによって生じる自然界の摂理”<sup>2</sup>）は、気候変動や汚染、水産資源の乱獲などによって急速に損なわれつつある。この問題を放置すれば、海洋生態系の破壊はさらに深刻化するだろう。生物種の減少は、陸上・海洋環境に共通する問題だ。しかし後者には未知の部分も多く、被害の実態把握が難しいという点で大きく異なる<sup>3</sup>。

生物多様性、そしてそれを支える複雑な生物の相互作用に及ぶ害は、海洋生態系の機能・回復力にも影響を与えている。同分野の研究は依然として黎明期にあり、海水温度の上昇や酸性化、化学物質汚染、海洋産物の乱獲などを含む産業開発をもたらす悪影響も十分に解明されていないのが実状だ。しかし海洋環境における化学物質汚染の悪化が、人類の生活、そして気候・炭素の循環など地球上の生態系機能の損失（あるいは破壊）につながることは間違いない。

### 海洋環境と化学物質汚染

海洋環境汚染に対する関心は近年高まっているが、その焦点となっているのはプラスチック汚染の問題だ。今回取材を行った専門家の多くが指摘する通り、この問題は目に見えやすく、感情に響きやすい。鼻にストローが刺さったウミガメや、死んだクジラ・海鳥の胃から取り

出される大量のプラスチックごみの映像が強い印象を与えることを考えれば、注目が集まるのは当然と言える。

化学物質汚染とも深く関わるプラスチック汚染は、複雑かつ重大な脅威だ。しかし次のような理由から、化学物質汚染はそれ以上に深刻な問題と言える：

- 化学物質汚染は物理的に目に見えづらいため、(ウミガメの映像のような) 視覚的イメージを認知度向上に活用することが難しい。こうした特徴が、汚染の実態解明と危機意識の醸成を妨げている。
- 合成化学物質の生産・開発は急速に拡大しており、今後数年から数十年間でさらに加速する可能性が高い。その重要な背景となっているのは、環境配慮や持続可能性のある社会への移行、つまり“グリーン・トランジション” [green transition] の推進だ。
- 化学物質の生産拠点は、規制・施行体制が発展途上にある中・低所得国へとシフトしつつある。対策が一定の効果を上げている高所得国も、開発・イノベーションの加速とそれに伴う汚染リスクに直面し、さらなる対応を迫られている。
- 多くの科学者は、汚染の影響評価に向けたさらなる研究の必要性を訴えている。数万種に上る化学物質の多くで、人体・環境への影響がほとんど解明されていない現状を考えれば、科学者の懸念は驚きに値しない。
- 海洋化学汚染は先進国にとっても脅威だが、その影響は発展途上国で特に顕著になりつつある。こうした国々は化学物質の主要消費地ではなく、市民・生態系に対する影響が注目されにくい。

同報告書が明らかにする通り、この問題に対する危機意識は依然として低い。世界は今、事態の打開に向けた早急な取り組みを求められているのだ。

### 主要な化学物質と汚染源

最近発表された研究によると、世界には少なくとも35万種の合成化学物質が存在し、毎年数千種が新たに開発されている。そしてその多くについては、人体・環境への影響がほとんど解明されていない<sup>4</sup>。毒性の高さから使用が禁止された場合も、代替品から有害物質が検出される(“残念な代替” [regrettable substitution] と呼ばれる) ことも少なくない。

使用禁止・制限・代替措置の対象となった化学物質は、過去数年で数百種に上る。特に有害性が高いのは、残留性有機汚染物質 [Persistent Organic Pollutants = POPs] と呼ばれる物質で、長距離を移動し環境・生物相に深刻な脅威をもたらす恐れがある。これまでに数百種の化学物質が POPs に認定されているが、一部の研究者は対象とすべき化学物質がさらに数千種あると考えている。

世界には膨大な数の化学物質が存在しており、同報告書の中で有害性の高いものを全て網羅することは難しい。今回組織された専門家パネルの助言により、危険性が危惧される化学物質は、以下三つへの影響・関与の高さを軸に分類されている：

- 自然環境 (特に海洋環境)
- 人体の健康
- 経済 (経済的影響の数値化は、『Back to Blue』イニシアティブが掲げる長期的目標の一つ)

有害性が特に高いPOPsは、主要汚染源の一つであり、同報告書でも大きく取り上げている。他にも重金属・栄養素・農薬・プラスチック・医薬品・放射性物質・石油製品・家庭用化学製品、そして擬似残留性化学物質[pseudo-persistent chemicals]なども深刻な汚染源だ。しかしこれら化学物質の大半は、現在のところ使用禁止・制限の対象となっていない。

同報告書では現時点の影響評価を元に対象を選別しているが、有害化学物質の数は今後さらに増えるはずだ。また今後の研究によって、海洋化学汚染の影響がより広範かつ深刻であることが判明する可能性もある。

海洋環境における化学物質汚染の現状を評価するためには、特に二つの観点から分析を行う必要がある：

- 有害化学物質は海洋環境にどのような影響を及ぼしているのか？
- どのような経路をたどって海洋環境へ流出しているのか？

一つ目について正確な答えを導き出すためには、さらなる研究が必要だ。個々の化学物質、あるいは化学物質の混合物がもたらす自然環境への影響については、特にそうだと言える。二つ目の点を明らかにするためには、まず化学物質のバリューチェーンに関わる様々なステークホルダーを特定しなければならない。例えば、化学セクター（これまで汚染コストの多くを外部化してきた）や、その顧客となる企業（工業製品の95%以上が化学物質を使用）、投資家、規制当局・政府関係者（浚渫・防衛など汚染源となる公共事業者も含む）、廃品・リサイクル業者、市民社会などはそれにあたるだろう。

消費者もステークホルダーとして重要な存在だ。海洋汚染の原因となる化学物質には、殺虫

剤・肥料・プラスチックといった消費者向け製品（“新たに懸念される化学物質” [chemicals of emerging concern] と呼ばれることもある）も含まれているからだ。また過去数十年を通じた沿岸部都市の増加・拡張、世界的な人口・所得増加などを背景に、医薬品・パーソナルケア製品による汚染も急速に悪化している。

こうした現状を踏まえ、同報告書では原料となる原油や鉱物、金属の採掘・処理など、製造前の段階も視野に入れながら、化学製品のバリューチェーンに関する分析を行っている。例えば、原料採掘と製造の両方を手がける大手石油・ガス会社（例：Exxon Mobil・Shell・BP）は、大きな責任を担うべき存在だ。また化学セクターによる説明責任の問題も、重要なテーマとなるだろう。長期的成長が見込まれる同業界は、海洋汚染に深く関与しながらも、厳格な規制の対象となっていない。

都市ごみや電子廃棄物、未処理排水など、製品ライフサイクルの出口にあたる処分・廃棄 [end of life] 段階も海洋汚染の大きな原因となっている。例えばプラスチック製品は、製造段階で様々な化学物質が使われるだけでなく、分解によってマイクロプラスチック・ナノプラスチックを生成。海水中の化学物質を吸収し、長距離を移動することで汚染を悪化させている。

規制当局は、（少なくとも理論的には）原料の採掘・抽出から廃棄までのライフサイクル全体を監視すべき存在だ。厳格な規制の施行・徹底、他地域・国との連携、事業移転などを通じた企業による“規制逃れ”の防止といった取り組みは、汚染対策を進める上で極めて重要な意味を持つ。欧州委員会 [European Commission] の調査によると、規制の施行は人体・環境にもたらす影響の軽減や、水質レベルの改善など様々な効果をもたらしているという。

規制を効果的に活用すれば、生産者による共通基準の遵守、あるいは廃棄処分や海洋環境への影響を視野に入れた製品設計を促すことも可能だろう。

#### “何もしない”ことのリスク

海洋環境の化学物質汚染は、ほとんどが人為的なものであり、過去100年に発生したものだ。そして化学物質の生産・イノベーションは、今後数年から数十年にかけて加速する見込みで、規制環境が発展途上にある国々がその中心となる可能性が高い。対策が講じられなければ、海洋化学汚染は更に大幅に悪化する可能性が高い。

### “厳格な規制の施行・徹底、他地域・国との連携、事業移転などを通じた企業による“規制逃れ”の防止といった取り組みは、汚染対策を進める上で極めて重要な意味を持つ”

現在そして将来的な汚染の範囲・規模・影響と、それに伴う損失の評価は、科学者・環境活動家にとって喫緊の課題だ。脅威の実態が明らかになれば、対策の実効性も高まるだろう。“何もしない”という選択肢も存在するが、現実的には何らかの対策が講じられる可能性の方が高い。過去数年で、問題に対する危機感がさらに深まっているからだ。例えば国連環境計画[UNEP]は、化学物質・プラスチック・廃棄物による汚染を、気候変動・生物の多様性損失と相関関係にある三大人為的危機の一つに認定した。また国際連合[国連]は、汚染問題を海洋環境の持続可能性が「深刻な脅威に晒される」重大な背景と考えており、『持続可能な開発目標』[SDGs]達成の鍵を握る要因と位置づけている。科学誌 New Scientist も 2021 年月中旬に発表された記事に、“化学物質汚染が地球の三大危

機である理由”という見出しを掲げ、危機感をあらわにした<sup>5</sup>。一方、Stockholm Resilience Centre は過去十年間、この問題を地球上で人間が安全に生存できる限界“プラネタリー・バウンダリー” [planetary boundary] の一つと見なしている。

だが危機意識を高める言葉も、具体的行動につながらなければ意味がない。汚染の実態には依然として不明な点も多く、さらなる研究の推進と資金確保が欠かせないだろう。ただし問題の全容解明をただ待つ時間は残されていない。数万種に上る化学物質の検証には数十年という時間が必要だが、その間にも着実に悪化する汚染を傍観している余裕はないからだ。世界で近年広まりつつある“予防原則”<sup>\*</sup> [precautionary principle] という考え方に基づき、一刻も早く対策を講じることが求められている。

対策を進める上で特に大きな責任を負うのは、化学セクターやその顧客となる企業だ。気候変動と同様、汚染の影響を前提とした企業活動は取り組みの第一歩となるだろう。

世界が何もしなければ、海洋化学汚染のさらなる悪化は避けられない。化学製品の生産拡大が大きな要因であるのは確かだが、規制とその実行体制や製品設計の問題、家庭・工業排水処理体制・廃棄物管理体制の不備など、対応すべき課題はその他にも数多くある。

今回取材を行った専門家が特に大きな課題と考えているのは、“海は廃棄物・有害物質を無尽蔵に吸収・分解できる”という人々の固定観念だ。そして同報告書が明らかにするとおり、これは全くの誤解なのだ。

\* 予防原則：重大かつ不可逆的な影響を及ぼす仮説上の恐れがある場合、科学的因果関係が十分証明されなくても規制措置を可能にするという考え方

### 世界的問題と実態解明の必要性

海洋における化学物質汚染は、国境や生産地からの距離に関わらず、あらゆる地域と人々に影響を及ぼす問題だ。それを証拠に太平洋島嶼部やフェロー諸島、北極圏の住民—特に海産物を食料源とする貧困国の女性・子供—からも、有害物質が検出されている。つまりこれは、世界全体の脅威として捉えるべき問題だ。

しかしその経済的コストは一部の高所得国を対象とした検証であり、海洋環境に生活や命がかかっている数十億の人々への影響はほとんど分かっていない。海洋生態系や人体、地域経済に最も有害な化学物質に焦点を当てた調査・資金支援が、喫緊の課題となっているのはそのためだ。

また個々の化学物質だけでなく、複数の化学物質による相互作用が海洋環境にもたらす影響についても、さらなる調査が求められる。分析の際には、気温・酸性度・塩分濃度といった変動要因を考慮に入れる必要があるだろう。

既存の研究は先進国を対象とすることが多いため、少なからずバイアスが見られる。同報告書ではこうした現状を念頭に置き、新興国を対象とした研究も可能な限り活用した。研究活動の偏りは、今後解消すべき大きな課題の一つと言えるだろう。

既存の研究にまつわるもう一つの課題は、より幅広いコミュニティとの知見共有だ。国連環境計画が指摘するように、研究者と政策立案者間のコミュニケーションについても改善を図る必要がある。何もしないことのデメリットと、対策を講じることのメリットを明確化することが変化を促す有効な手段となるだろう。同

報告書で取り上げた米国メキシコ湾沿岸部の化学物質汚染では、低酸素海域 [デッドゾーン] の拡大に伴う漁業への推定被害額が年間約8億3800万ドル(約960億円)に上っている。一方、適切な対策を講じた場合は、生物多様性の回復につながるだけでなく、漁業収入が1億1700万ドル(約134億円)以上増加する見込みだ。

### 企業

主要汚染源となっている化学セクターは、問題克服に大きな責任を担うだけでなく、取り組みの成功を左右する存在だ。仮に対応を怠れば、業界そのものが存亡の危機に立たされるだろう。その理由の一つは、化石原料に大きく依存する同セクターが、脱炭素化を求める政府・金融機関のさらなる圧力に直面することだ。もう一つの理由は、化学物質汚染が環境・人体に及ぼす影響の解明が進み、気候変動の問題でも重要な役割を果たした消費者・投資家の声が高まることだ。

現状維持に甘んじる企業は、グリーンケミストリー分野で見られる革新的企業の台頭によって、特に大きな圧力にさらされる可能性が高い。革新的企業は、業界の持続可能な変革にも重要な役割を果たすだろう。化学物質使用の適正化、規制の厳格化を求める消費者・市民の声の高まりを背景とした顧客企業の取り組み加速も、こうした流れを後押しするはずだ。

プラスチック汚染対策と同様、化学セクターでは循環利用の推進に向けた機運が高まっているが、意外にも企業の対応は限定的で、業界レベルの連携はほとんど見られない。改革を加速させるためには、文化・構造レベルで企業のあり方を変える必要がある。

### おわりに

海洋環境の化学物質汚染は可視化が難しい問題だ。しかし現在、この課題は徐々に解消されつつある。問題の規模・深刻度、そして事態のさらなる悪化が海洋環境にもたらすリスクについては、科学的エビデンスの蓄積が進んでいる。気候・天候の調整や、酸素の生成、炭素の吸収、数十億の人口に対する食料源の供給など、海洋環境が果たす重要な役割を考えれば、現状容認という選択肢は存在しない。

あらゆるステークホルダーの関与を実現し、具体的行動につなげるためには、複雑な課題への対応を迫られる。問題克服は決して不可能でない。同報告書（そして『Back to Blue』イニシアティブ）を通じ、問題の背景や実態、現時点で明らかな影響、克服に向けたソリューションなど、この地球規模の課題に対する認知度が向上し、様々なステークホルダーの取り組みが推進されることを願っている。

# 海洋化学汚染の克服と企業が果たすべき役割

## 主要な論点

- **化学セクターのバリューチェーンは、問題克服に向けた取り組みを大きく左右する**  
化石燃料由来の原料を使う汎用化学製品メーカーや特殊化学製品メーカー、製薬企業、農薬メーカーなどの化学セクターは、海洋化学汚染の克服に最も大きな影響力を持つ業界だ。しかし多くの企業は、長大かつ複雑なサプライチェーンに組み込まれ、大規模インフラによる規模の経済を通じて低い利益率を補っており、業界単位の連携はほとんど見られない。化学セクターは今後、複雑かつ困難で、痛みの伴う変革を迫られるだろう。
- **現状を容認し、変化を怠れば、業界全体が存亡の危機に直面する恐れがある**  
原料や大量のエネルギーを消費する製造プロセスなど、化学セクターは様々な面で化石燃料に依存している。気候変動対策を怠れば、規制当局・金融機関による圧力の高まりによって存亡の危機に直面するだろう。同セクターは、痛みを伴う改革
- **既存の取り組みには断片的なものが多い。真の変革を実現するためには、文化・体制レベルの改革が不可欠だ**  
化学セクターにおける企業・業界単位の汚染対策は、依然として大きな成果につながっていない。しかし持続可能性の問題へ真剣に取り組む企業も現れていることは前向きな材料だ。例えばヨーロッパの大手化学企業は、比較的厳格なEU規制を背景に対策を加速。その他地域でも、化学物質の影響に関する情報公開を求め、消費者・金融機関が圧力を高めている。株主はビジネスモデルのシフトが実現しない場合の長期的リスクを認識し、グリーン・トランジションに伴う短期的コストを許容すべきだ。また小規模企業、今後中心的な生産拠点となるアジア・中東の企業にも、変革を求めるべきだろう。

- **循環型経済の実現に向けた取り組みは加速している。特にプラスチックごみ対策は、変革の推進力となる可能性が高い**

プラスチック汚染対策に乗り出す企業は増加しており、変革の実現に向けた道筋は整いつつある。増産・リサイクルの同時進行というアプローチを唱える企業・業界団体は、依然として少なくない。しかし製品設計の抜本的見直しや売上減少の可能性を伴う、真の意味での循環型経済を支持する企業も現れている。過去約5年を通じて化学セクターで見られるこうした流れを見れば、海洋環境における液体物質汚染対策を業界主導で進めることも可能だろう。

**“変革の実現に向けた重要な鍵となるのは、現代化学産業が誇る最大の武器“科学イノベーション力”だ。特にグリーンケミストリーは、低環境負荷・高機能な化学製品の開発に重要な役割を果たす”**

- **持続可能な変革の鍵を握るのは、グリーンケミストリーを通じたイノベーションの推進だ**

変革の実現に向けた重要な鍵となるのは、現代化学産業が誇る最大の武器“科学イノベーション力”だ。特にグリーンケミストリーは、低環境負荷・高機能な化学製品の開発に重要な役割を果たす。その推進に不可欠なテクノロジーはすでに存在し、グリーンケミストリー分野のスタートアップも活発な活動を進めている。ただし、こうした取り組みが、変革のスピード・コスト・複雑さという普遍的課題に直面しているのも事実だ。グリーンケミストリー関連の特許出願件数が全体に占める割合は、依然として2%を下回っている。しかし、

既存化学メーカーが同分野のスタートアップ買収を進めれば、サステナブル製品の開発・市場化を低コストで実現できる可能性がある。

- **変革はバリューチェーン全体で進める必要がある**

変革を求められているのは、化学セクターだけではない。バリューチェーン川下の企業の多くは、コスト増加につながる製造・使用法の変更に消極的だ。化学メーカーとユーザー企業には、こうした現状打破と連携を通じたイノベーションの推進が求められている。取り組み実現の鍵を握るのは、拡大生産者責任の確立だ。化学セクターは、製品の安全性・持続可能性評価においてリスクベースのアプローチへ重きを置き、製品ライフサイクルを通じた汚染物質“漏出”の可能性を軽視している。また規制当局は化学製品の製造・廃棄にまつわる側面を十分考慮に入れておらず、消費者にも製品の環境汚染リスクに対する意識不足が目立つ。化学製品の安全性証明義務を（製造企業ではなく）政府・市民社会が負っている現状も課題だ。

- **海洋化学汚染の克服に向け、化学セクターには下記六つの方策が求められる：**

1. **イノベーションの推進**：持続可能性の高い製品・製造プロセスの開発、リスクベースのアプローチから、危険回避のアプローチへシフトする
2. 変革に向けた**経済的インセンティブ**の提供：民間セクターの関与を促すためには、汚染対策を経済的メリットにつなげる仕組み作りが必要だ

3. **有志連合の形成**：化学企業や金融機関・政府・市民社会などのステークホルダーで構成される有志連合を設立し、“先行優位性”を確立する
4. **透明性向上とサプライチェーンの包括的連携**：製品に含まれる汚染・有害物質の情報公開推進に向け、ユーザー企業のさらなる働きかけが求められる
5. **ユーザー企業による化学汚染対策の改善**：農業・養殖・廃棄物などのセクターでは、責任ある化学物質の使用・管理に向けたベストプラクティスが広まりつつある
6. **拡大生産者責任の導入に向けた対話の推進**：効果的な汚染対策のためには、化学メーカーが販売後の製品に負う責任を拡大する必要がある

“様々な課題を克服し変革を実現する上で最も重要となるのは、システム全体を対象とした包括的取り組みだ。化学セクターが求められる規模・スピードで自発的に改革を進めることは考えにくい。現状打破のためには、インセンティブとなるサステナブル製品の需要・供給拡大や、消費者・小売企業（中小事業者も含む）の危機意識が不可欠だろう”

## イノベーション・ビジネス変革： 企業の取り組みと海洋化学汚染対策

海洋化学汚染を克服するための最も有効な手段は民間セクターによる取り組みだ。収益拡大・汚染削減の両立を可能にするグリーンケミストリーは、将来的な化学セクターのあるべき姿を示唆している。また消費者による環境意識の広まりを背景に、大手消費財メーカー（靴・家具など）は、透明性向上・情報開示を求める姿勢を強めている。陸上・海洋環境における化学製品（例えば農薬）の使用法を変える上で、革新的なテクノロジー・取り組みは特に重要な役割を果たすだろう。

前向きな変化も見られる一方、変革を進める企業はごくわずかで、旧態依然としたビジネスモデルが化学セクターの大勢を占めている。産業・農業分野で化学製品の使用方法を見直せば、海洋環境へ流出する化学物質を削減できるが、それだけでは対策として不十分だ。プラスチック製品（建材・シャンプー容器など）の抜本的な設計見直しなども進める必要がある。製造体制・プロセスやサプライチェーンの抜本的改革には大規模投資が不可欠だが、短期間で確実な経済的リターンを期待するのは難しい。

様々な課題を克服し変革を実現する上で最も重要となるのは、システム全体を対象とした包括的取り組みだ。化学セクターが求められる規模・スピードで自発的に改革を進めることは考えにくい。現状打破のためには、サステナブル製品の需要・供給の拡大、消費者・小売企業（中小事業者も含む）の危機意識が不可欠だろう。また、化学セクターが改革を怠った場合に生じるリスクを株主が意識することも重要だ。

エネルギー・化学セクターを専門とするコンサルティング企業 Wood Mackenzie の中間体・アプリケーション部門統括責任者 Guy Bailey 氏によると、「化学セクターは現在重要な岐路に差しかかっている」という。「廃棄物フットプリントや化学製品の製造・消費に伴う温室効果ガスの大幅な削減を迫られている」からだ。

デジタル化やネットゼロへの移行といった経済のメガトレンドは、先進的企業に大きな市場機会をもたらしている<sup>6</sup>。しかし「既存ビジネスがもたらす大きな環境負荷によって、同セクターの先行き不透明感はむしろ高まって

いる」と同氏は指摘する。「廃棄物管理の不備に伴うカーボンフットプリントの増加や大気汚染、水資源の消費といった課題への対応を怠れば、規制当局の介入や、投資の減速、消費者の反対運動といった様々な問題に直面する可能性が高い」という。

## 6.2 現行体制の課題：高まる声と実践の必要性

企業との連携を通じて有害化学物質の削減に取り組む NGO ChemSec [国際化学物質事務局] のエグゼクティブ・ディレクター Anne-Sofie Bäckar 氏によると、海洋汚染の問題に対する「企業の関心は依然として低い。」化学メーカーは先進国における排水管理規制を遵守しているが、「化学物質が海洋環境にもたらす影響には必ずしも目を向けていない」という。

### “サステナブル経営が主流となりつつある今、新たなビジネスモデルを掲げ、低環境負荷製品への移行を進める企業も現れている”

消費者意識の変化や規制の厳格化、投資家の関心の高まりを受け、一部の企業は環境フットプリントの削減に向けた包括的な取り組みを検討している。しかし先進企業でも、海洋化学汚染対策の優先度は決して高くない（一部の企業はプラスチック汚染対策を打ち出している）。

ChemSec は、世界の大手化学メーカー 50 社を対象とし、懸念化学物質の使用状況やグリーンケミストリーへの投資などを評価するランキング『ChemScore』を作成している。2021 年末に発表された最新の結果によると、最も優れたパフォーマンスを示したタイの化学メーカー Indorama Ventures でもスコアは“B”グレードにとどまっており、オランダの DSM と米国の Air Products は“B-”。その他の企業は“C+”もしくは“D”に低迷して

いるのが実状だ（詳細については次ページの表を参照）。

Bäckar 氏によると、こうした結果を深刻に受け止め、スコア改善に取り組む企業も見られるが、むしろ例外的存在だ。対象となった 50 社の 76% はサステナブル製品を前向きに評価しているものの、既存製品の廃止に向けた戦略を公に打ち出す企業はわずか 8% にとどまっている<sup>7</sup>。

資産運用機関 Aviva Investors は、環境・社会・ガバナンス面のリスク・エクスポージャー改善に向けて ChemScore を活用しているが、同社のシニア ESG アナリスト Eugénie Mathieu 氏によると、「対象企業の多くは情報公開に驚くほど消極的」だという。

「ステークホルダー（主要 NGO を含む）との連携・対話という面で、化学セクターは他のセクター（食品業界など）から大きく後れを取っている。サステナビリティの推進という意味でも、業界の姿勢はかなり後ろ向きだ。かつてのタバコ産業のように、問題の存在すら否定する企業も少なくない」という。

### 化学メーカーと市場機会の拡大

ただしサステナブル経営が主流となりつつある今、新たなビジネスモデルを掲げ、低環境負荷製品への移行を進める企業も現れている。REACH 規制による変革が浸透しつつあるヨーロッパでは、特にその傾向が顕著だ。いくつかの化学メーカーでは、環境配慮型製品・ソリューションが収益に占める割合も増加しつつある。

例えばドイツの総合化学メーカー BASF は、消費者による各製品の持続可能性評価を可能にするため、『サステナブル・ソリューション・ステアリング』の手法を記載した手引書を発行。環境負荷の軽減につながる 1 万 6000 種以上のアクセラレーター・ソリューションを公開して

いる。同社のアクセラレーター製品の売上は、2020年時点で167億ユーロ（約2兆2500億円）に達しており、2025年までに収益全体の約3分の1に当たる220億ユーロ（約3兆円）へ拡大させる予定だ<sup>8</sup>。

一方、住友化学は、気候変動・環境負荷の軽減と天然資源の効率的活用につながる製品・技術の特定を目的とする取り組み『スミカ・サステナブル・ソリューション [SSS]』を発足。2021年時点で収益全体の20%にあたる57の製品・技術を認定している<sup>9</sup>。

### 世界大手化学メーカー 50 社の ChemScore ランキング<sup>10</sup>

企業名	国	スコア	グレード	企業名	国	企業	グレード
Indorama	タイ	28.8	B	Ecolab	米国	12.3	D+
DSM	オランダ	27.9	B-	Lanxess AG	ドイツ	12.0	D+
Air Products	米国	24.8	B-	旭化成	日本	11.6	D+
Avery Dennison	米国	22.6	C+	Lotte Chemical	韓国	11.4	D+
Johnson Matthey	英国	20.2	C	Mosaic	米国	11.4	D+
東レ	日本	18.2	C	Sasol	南アフリカ	11.2	D+
Air Liquide	フランス	18.0	C	PPG Industries	米国	11.0	D+
Linde	ドイツ	17.5	C	Eastman Chemical	米国	11.0	D+
三菱	日本	17.4	C	信越化学	日本	11.0	D+
Lyondell Basell	オランダ	17.2	C	Bayer	ドイツ	10.6	D+
Akzo Nobel	オランダ	16.6	C	Dow	米国	10.5	D+
Sherwin-Williams	米国	16.6	C	Corteva	米国	10.4	D+
Yara Intl.	ノルウェー	16.1	C-	Dupont Nemours	米国	10.4	D+
Covestro	ドイツ	16.0	C-	昭和電工	日本	10.1	D+
三井化学	日本	15.9	C-	東ソー	日本	9.7	D+
住友化学	日本	15.7	C-	Umicore	ベルギー	9.2	D+
Nan Ya Plastics	台湾	15.1	C-	3M	米国	9.2	D+
BASF	ドイツ	15.0	C-	Arkema	フランス	9.0	D+
Nutrien	カナダ	14.6	C-	Solvay	ベルギー	8.0	D
Evonik Industries	ドイツ	14.0	C-	DIC	日本	8.0	D
日東電工	日本	13.8	C-	PTT Global Chem	タイ	7.1	D
SABIC	サウジアラビア	13.2	C-	Hanwha Solutions	韓国	5.1	D
Westlake Chem	米国	12.7	D+	Wanhua Chem	中国	4.5	D-
Braskem	ブラジル	12.5	D+	Formosa Chem	台湾	3.6	D-
LG Chem	韓国	12.4	D+	Sinopec Shang-A	中国	3.6	D-

資料: ChemSec (2021)

スイスの特殊化学製品メーカー Clariant のサステナビリティ部門 統括責任者 Richard Haldimann 氏によると、同社では 2020 年時点で“サステナビリティ主導製品”が売上の約 8% を占めている。必ずしも大きな割合ではないが、「売上はポートフォリオ全体の平均値を 1.5 倍上回るペースで伸びている」という。

また先進企業は、自社製品が健康・持続可能性に及ぼす影響への関心を高めつつある。例えばオランダの DSM は 2020 年、ポートフォリオ全体を対象に高懸念物質\* [substances of very high concern = SVHC] を含む製品の特定に着手。高懸念物質を 0.1% 以上含む全ての製品を対象に、リスク削減・代替物質の検討を含む行動計画を打ち出している<sup>11</sup>。また Dow Chemical をはじめとするその他化学メーカーも、同様の取り組みを進めている。

現在 Clariant は持続可能性に関する 36 の指標に基づいて製品評価を行っているが、「過去

10 年間の取り組みは決して平坦な道りではなかった」と Haldimann 氏は語る。「歩みは決して速くないが、様々な課題を一つずつクリアしてきた。今では、持続可能性の面で一定のメリットが得られるかどうかをイノベーション・プロジェクト検討の基準とする部門もある」という。

### セクター主導の取り組み

化学セクターには、移行を検討する企業の参考事例となる業界単位のイニシアティブ・枠組みが見られる。参加企業にガバナンス・サステナビリティ原則の遵守を求める、International Council of Chemical Associations [国際化学工業協会協議会 = ICCA] のイニシアティブ『Responsible Care』[レスポンシブル・ケア] はその一例だ（詳細については次ページの囲み記事を参照）。ICCA によると、同プログラムには世界の大手化学メーカーの 96% にあたる 580 名の CEO が名を連ねている<sup>12</sup>が、（その他プログラムと同様に）参加は現在のところ義務化されていない。

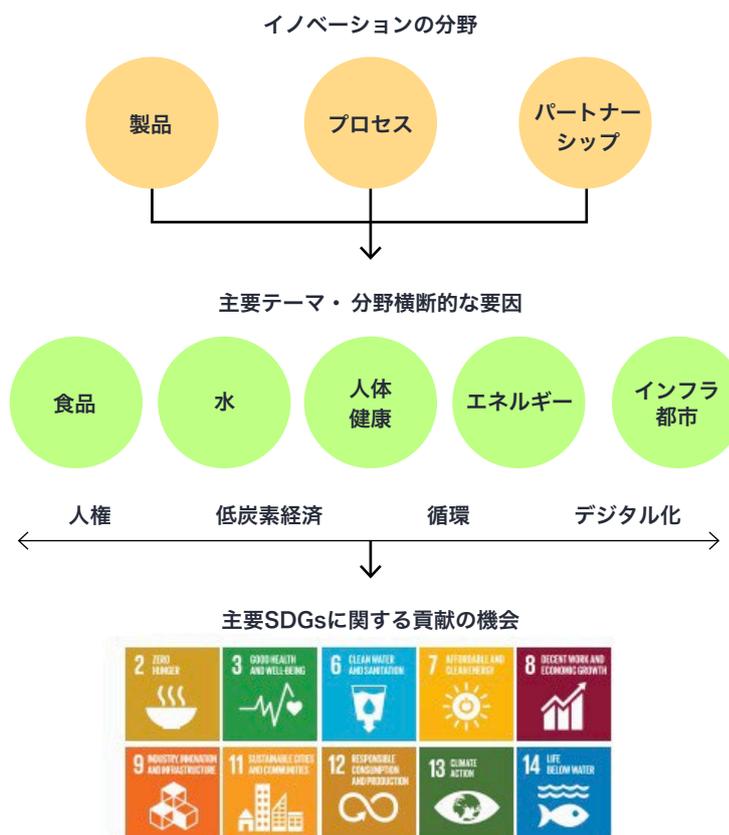
## レスポンシブル・ケア憲章

レスポンシブル・ケアの参加企業には、以下 6 原則の遵守が求められる：

- 世界的なレスポンシブル・ケアの取り組みを通じ、化学製品の安全管理を積極的に支える企業のリーダーシップ文化を確立する
- 自社の環境・健康・安全性のパフォーマンスや、施設・プロセス・技術に関わるセキュリティの継続的改善を進め、人々の安全と環境を守る
- 化学製品の管理体制を世界規模で強化する
- 化学製品の取扱工程の安全管理を推進するため、ビジネスパートナーに働きかける
- より安全な操業・製品に対するステークホルダーの懸念に応えるとともに、自社のパフォーマンスや製品について率直なコミュニケーションを行い、ステークホルダーとの関係を強化する
- 社会課題に対して革新的技術やその他の解決法を開発・提供することにより、持続可能な取り組みに貢献する<sup>13</sup>

\* 高懸念物質：CMR 物質（発がん性、変異原性、生殖毒性を持つ）、PBT 物質（難分解性、生体蓄積性、毒性を持つ）、vPvB 物質（極めて残留性や生体蓄積性の高い物質）、呼吸器感作性物質、内分泌かく乱性物質や、CMR 物質の懸念を有する化学物質

### 化学セクターによる SDGs への貢献



資料: World Business Council on Sustainable Development Chemicals Sector SDG Roadmap (2018)

地域レベルで厳格な規定を盛り込んだイニシアティブを打ち出す業界団体もある。持続可能性の向上を目的とした独自のプログラムを進める欧州化学工業連盟 [Cefic] はその一例だ。同団体は『サステナビリティ憲章』<sup>14</sup> や欧州グリーンディールの原則を化学セクターに適用するための『Sustainable Development Indicators』[持続可能な開発指標 = SDIs]などを推進している<sup>15</sup>。また、長期的ビジョンの柱として循環型経済・気候・環境・SDGs など八つの項目を掲げ<sup>16</sup>、2021年10月には『Sustainable by Design』[持続可能に設計された化学物質]と題された報告書を発表。「安全な化学物質・原料・製品・技術の提供とその活用を通じた環境・経済・社会的価値の向上、循環型経済・

気候中立な社会への移行推進、人体・環境への影響回避」に向けた道筋を欧州の化学セクターに示している<sup>17</sup>。

一方、31の化学メーカーが参加するグローバル・ネットワーク『Together for Sustainability』[サステナビリティのための協力 = TfS]は、自らを化学セクターの環境・社会・ガバナンス分野における“国際基準的な存在”と位置づけている。国連グローバル・コンパクトやICCAのレスポンシブル・ケアで掲げられた原則も適用する同ネットワークの参加企業には、サプライヤーを対象とした最低限の評価・監査を毎年実施することも義務づけられている<sup>18</sup>。

国連グローバル・コンパクトが300以上のステークホルダーとの意見交換を元に作成した『持続可能な海洋原則』[Sustainable Ocean Principles]も、SDG目標14の達成に向けた責任ある企業行動の包括的枠組みを提供している。

Cefic・American Chemistry Council [米国化学協議会 = ACC]と同様、World Business Council for Sustainable Development [持続可能な開発のための経済人会議 = WBCSD]の化学セクター・ワーキンググループ(大手化学メーカー11社が参加)もSDG実現に向けたロードマップを策定している。「化学セクターが持つ影響力・イノベーション力を、SDG達成に向けて活用するための方策を検証・特定・実行するのがその狙いだ<sup>19</sup>。

こうした取り組みが歓迎すべきものであることは言うまでもない。しかし海洋環境の汚染ゼロを実現するためには、SDG原則をより多くの企業に浸透させる必要がある。WBCSDの化学セクター統括シニア・ディレクター Marcel van den Noort氏によると、「化学メーカーは現行製品ポートフォリオの10年後のライフサイクル・コストを見据えた戦略を考える必要がある。原価上昇や新たな規制、消費者需要の変化に伴う大幅なコスト増加により、化学セクターは今後さらに厳しい状況に直面する可能性が高い」という。

同氏が環境パフォーマンス改善に向けた最初のステップとして勧めるのは、『Portfolio Sustainability Assessment』[ポートフォリオ持続可能性評価 = PSA]だ。WBCSDが化学

## 危機対応に向けたトランジション

Joel Tickner氏・Ken Geiser氏・Stephanie Baima氏は2021年末、学術誌『Environment: Science and Policy for Sustainable Development』に論文を発表した。“地球の存亡にかかわる”持続可能性・ビジネスの問題へ対処するため、化学セクターは信頼性の高い移行戦略を打ち出すべきだというのがその論点だ。

同論文は、「かつて高い質を誇ったイノベーション分野でのリーダーシップを放棄し、現状維持を容認している」として同セクターのあり方を批判。資本集約型の化石燃料インフラへの依存度が高く、利益率が低いために研究開発費を十分確保できない現状に警鐘を鳴らしている。3名の研究者が移行戦略を通じて解消を求めるのは、次のような課題だ：

- 化石資源への依存が、環境負荷と甚大な財務リスクを及ぼしている
- 化石燃料ベースのインフラに対する大規模投資により、真の意味で持続可能なビジネスモデルへの移行が経済的に難しくなっている
- サプライチェーンの混乱による影響を受けやすい
- 研究開発費の減少がイノベーションの足かせとなっている
- CO<sub>2</sub>の排出
- 化学物質が人体・生態系へもたらす影響

迅速かつ抜本的なビジネスモデルの見直しを進めなければ、今後数十年を通じて化学セクターが直面する環境・財務上の課題への対応が難しくなる、というのが研究者グループの見解だ<sup>20</sup>。

セクター向けに開発した PSA は、「製品ポートフォリオ全体のサステナビリティ改善に大きな効果を発揮する」という<sup>21</sup>。こうした評価手法を取り入れる企業も一部で見られるが、業界全体の取り組みとはなっていないのが現状だ。

「先進企業の多くはこの手法を積極的に導入しており、意思決定の向上やサステナブル・ソリューションの推進、ステークホルダーとの関係強化に役立っている。ポートフォリオ全体を分析し、その結果を意思決定に活用しない企業は、今後市場で不利な立場に追い込まれるだろう。取り返しのつかない状態に追い込まれる前に、取り組みを始めるべきだ。」

「テクノロジーの進歩を背景に、海中に含まれる低濃度の汚染物質を検出する能力は 10 年前と比べて飛躍的に高まっており、今後もさらなる向上が期待できる。海洋汚染の実態解明はさらに進むだろう」と同氏は指摘する。

製品のライフサイクル全体を通じた影響・コストの検証は、化学セクターの環境フットプリントを改善する上で重要な役割を果たす。しかし究極的には、多くの製品が再設計を余儀なくされるだろう。

「ライフサイクルの様々な段階で汚染管理に取り組むことは可能だ。しかし製品の再設計によって有害化学物質を除去しなければ、根本的な問題解消は望めない」と指摘するのは、マサチューセッツ大学ローウェル校 サステナブル・プロダクション・センターの Joel Tickner 教授\*。「化学汚染の焦点は製造時の排出ガスの問題から、製品そのものの問題へとシフトしつつある」という。

学術誌『Environment: Science and Policy for Sustainable Development』へ同氏が

2021 年に共同発表した論文で指摘するように、化学セクターは汚染解消に向けた抜本的改革に依然として及び腰だ（詳細については下の囲み記事を参照）。取り組みが正しい方向に進んでいることは事実だが、「既存の化学物質・原料・製造施設・プロセスを変えることなく、汚染対策を進めようとしている」という<sup>22</sup>。

### 持続可能性向上に向けた変革

海洋化学汚染の克服に最も重要な鍵を握るのは、化学セクターそのものの根幹を成す科学力だろう。

「化学製品の設計・製造・使用段階において有害物質の使用・生成を削減・廃止するための原則を活用した取り組み」、つまりグリーンケミストリー\*\*は特に重要であり<sup>23</sup>、業界主導の取り組みが既に行われている。複数ステークホルダーの連携を通じ、「あらゆる業界・サプライチェーンと対象としたグリーンケミストリーの商業化推進」を目的とする Green Chemistry & Commerce Council [グリーンケミストリー・経済評議会 = GC3] はその一例だ<sup>24</sup>。

GC3 はサブセクターの代表者で構成される複数のワーキング・グループを発足すると共に、グリーンケミストリー分野のスタートアップの投資・市場拡大に向け、既存サプライヤー・ユーザーとのネットワーク構築を支援する Startup Network [スタートアップ・ネットワーク] も運営している<sup>25</sup>。Tickner 氏によると、大手化学メーカーとスタートアップのパートナーシップは、イノベーションの推進に極めて重要な役割を果たす。また大手化学メーカーによるスタートアップの買収は、持続可能性の高い新規化学物質を比較的低コストで市場化する手段としても有効だろう（詳細については次のセクションを参照）。

\* 同氏は、『Green Chemistry & Commerce Council』 [グリーンケミストリー・経済評議会] のエグゼクティブ・ディレクターも兼任

\*\* サステナブル・ケミストリーと呼ばれることもある

化学セクター自体も、こうしたパートナーシップの可能性に関心を高めている。例えば Cefic は、「気候中立・循環型テクノロジー分野のブレークスルーにつながる世界的イノベーション・ハブとホットスポットの構築」を目的としたネットワーク Future Chemistry Network [フューチャー・ケミストリー・ネットワーク] を手がけている<sup>26</sup>。

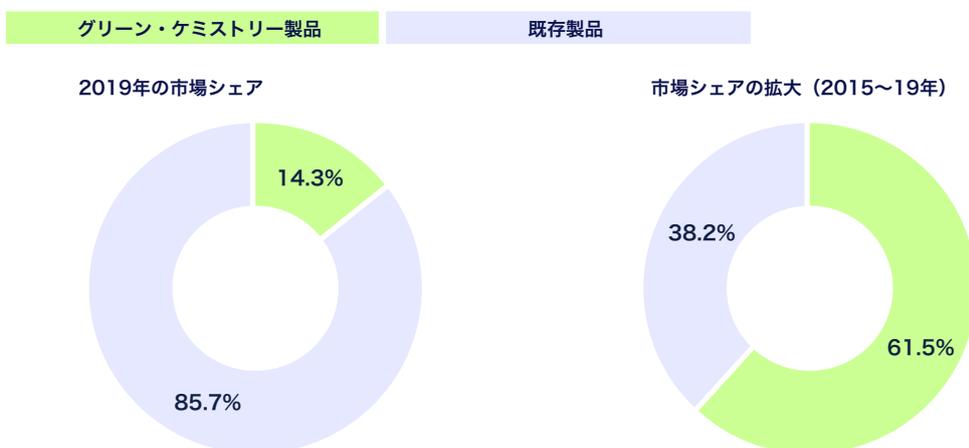
グリーンケミストリー分野ではスタートアップの台頭が著しく、数億・数十億ドルの企業価値を持つ企業も現れている<sup>27</sup>。下記はその一例だ：

- **P2 Science [米国]**：グリーンケミストリーの生みの親の1人 Paul Anastas 氏が創設。「特許取得済みのグリーンケミストリー・プロセスを活用し、バイオベースの化学原料を使った特殊化学製品を世界各国の消費財メーカー・工業会社へ提供」している<sup>28</sup>
- **DexLeChem [ドイツ]**：原油ベースの溶剤の代わりに水ベースの溶剤を使用した医薬品を製造<sup>29</sup>

- **Lygos [米国]**：「持続可能な有機酸・特殊化学製品・バイオモノマー」を工業・消費財メーカー向けに製造<sup>30</sup>
- **グリーンアースインスティテュート [日本]**：バイオ燃料や樹脂・炭素繊維・飼料添加物などのグリーン化学品を製造<sup>31</sup>
- **Solugen [米国]**：世界で初めて“カーボンネガティブ”な分子生産施設を稼働開始<sup>32</sup>

潤沢な資金を持つ既存企業にとっても、イノベーションの推進は決して容易でない。米国の化学メーカー Eastman が開発した高機能溶剤オムニア [Omnia] は、そのことを物語っている。低環境負荷で持続可能な代替物質を使った洗剤を有望分野と考えた同社は、毒性検査を通じて 2400 種類の溶剤に含まれる 70 の候補分子を特定した。さらに分析を進めた結果、コスト効率の高さも加味して 20 種類まで候補を絞り込み、さらなる安全性検査を実施。最終候補となった分子は、生分解可能かつ人体・海洋生物に無害で、既存製品と同レベルの洗浄力を持つことが確認された。

### グリーンケミストリー製品の市場拡大



資料：Green Chemistry & Commerce Council<sup>33</sup>

しかしオムニアの普及は思ったほど進まなかった。洗剤メーカーの多くは、既存製品が「安全性を十分に確保している」と考えており、成分変更の必要性を見出さなかったからだ。オムニアの需要がようやく伸びはじめたのは、Eastman の化学専門家が米国・カナダの洗剤メーカー 200 社を訪問し、同製品の認知度

が高まってからのことだった<sup>34</sup>。

Tickner 氏によると、「オムニアの普及が進まなかったのは、顧客企業が既存製品に不満を感じておらず、製品再設計のコストを敬遠したためだ」という。

## 液体廃棄物の効果的処理に向けたアプローチ

海洋化学汚染の最も効果的な対策は、有害な液体廃棄物の環境流出を防ぐことだ。そのためには、工業・農業・都市排水を海へ達する前に回収・処理する必要がある。

フランスの多国籍総合環境企業 Veolia の液体・有害廃棄物処理部門 統括責任者 Frédéric Madelin 氏によると、低コストかつ大規模に実践可能な液体廃棄物の処理技術は既に確立されているものの、規制環境などによって普及が阻まれているという。企業による液体汚染物質の排出を禁じる国もあるが、規制措置の徹底は難しく、下水道・用水路に工業排水が流出することも珍しくない。

Veolia は液体廃棄物の処理に関して三つの原則を掲げているという。一つ目はトレーサビリティ [追跡可能性] だ。同社は情報技術を駆使し、港湾施設・船会社・海洋石油プラント・工場・自治体などと連携。排水処理の各段階で発生する有害廃棄物とその検出場所の追跡、廃棄すべき場所の特定を進めている。

二つ目の原則は希釈処理を行わないことだ。多くの国は、有害性が閾値を下回る場合に液体廃棄物の環境放出を認めている。一部の企業はこの規制を抜け穴として悪用し、未処理の液体廃棄物を希釈し排出しているのが現状だ。「希釈処理を許せば、実質的には排水を処理せず放出していることになる」と Madelin 氏は指摘する。希釈処理を伴う排水処理プロジェクトを同社が請け負わないのはそのためだ。

三つ目は排水処理の徹底だ。例えば、同社が中国広東省の惠州で試験的に建設した処理施設は、エネルギー・製造・化学セクターが排出する汚染廃棄物を効果的に管理するため、焼却・化学処理・安全な埋立処理という 3 段階の処理を行っている。同氏によると、液体廃棄物の漏出がなく、海洋汚染のリスクを排除できる点は特に重要だという。

「企業は河川・地下水・海への流出を避けるため、適正な排水処理を行う必要がある」と同氏は強調する。発生源で回収・処理を行う技術は既に確立されているが、海への流出後に汚染物質を除去する方法は極めて限られている。「海全体から汚染物質を除去するのは事実上不可能なため、一度流れ出てしまった汚染物質の対策は極めて難しい」と同氏は警鐘を鳴らす。

多くの洗剤メーカーは、「既存製品に問題はなく、規制対象となる成分も含まれていないのに、なぜ変える必要があるのか？」と考えたのだ。消費者が代替製品を求める（そして値上げを厭わない）、あるいは規制措置によって強制されない限り、化学セクターで低汚染製品への移行が進まないことは、この経緯からも明らかだろう。

**“海洋化学汚染の最も効果的な対策は、有害な液体廃棄物の環境流出を防ぐことだ。そのためには、工業・農業・都市排水を海へ達する前に回収・処理する必要がある”**

Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology [スイス連邦材料試験研究所 = EMPA] 技術社会研究部の Zhanyun Wang 氏によると、グリーンケミストリーを活用した製品が全体に占める割合は2%以下で、普及は必ずしも進んでいない<sup>35</sup>。しかしマサチューセッツ大学ローウェル校・GC3による2021年の共同研究が指摘するように、その市場シェアは顧客需要と規制強化を背景として着実に拡大しつつある<sup>36</sup>。

#### 削減・再利用・リサイクル

使用済み化学物質を市場化可能な製品へと再生し、バリューチェーン内で循環させる化学物質リサイクルは、有効な汚染対策として注目が高まりつつある。例えば、UK Research and Innovation [UKRI] の循環型経済学際研究センター [Centre for the Circular Chemical Economy] は、多国籍企業・中小企業20社と連携。エチレン・プロピレンなどの汎用化学物質を対象として、採算性確保が可能なリサイクル・再製品化プロセスの研究を進めている<sup>37</sup>。

また企業・投資家は、プラスチック製品リサイクルへの関心を急速に高めている。例えばサウジアラビアの化学メーカー SABIC は、“Trucircle” というブランド名で、アイスクリーム容器やペットフード包装材など様々なリサイクル製品を展開中だ<sup>38</sup>。

ただし機械的リサイクルと比べて資源の消費量が多く、脱炭素化という意味では効果が限られる<sup>39</sup>など、化学的リサイクルという手法には欠点もある。メリットは多いものの、実践面で依然として課題が残るとというのが Tickner 氏の見解だ。「化石燃料が非常に安価で利用できる現在、既存製品とコスト面で対抗するのは（特に大規模生産では）難しい。またリサイクルの過程で生じる排出ガスの成分がほとんど解明されていない点も課題だ」という。

#### サプライチェーンのリスク管理と責任の明確化

製品開発のイノベーションが、有効な汚染対策となることは間違いない。しかしバリューチェーン・製品ライフサイクル全体を通じた汚染物質の流出防止という意味では、効果が限られるのも事実だ。

ChemSec の Bäckar 氏によると、化学メーカーの多くが安全性・持続可能性の評価にリスクベースのアプローチを用いている現状も問題だ。仮に有害物質が含まれていても、濃度が低い、あるいは人体・環境の暴露量が少ない場合は、リスクが低いと見なされる<sup>40</sup>。Tickner 氏は、このアプローチが製品のライフサイクルを通じて発生する汚染物質の「漏出」を考慮しない点を特に問題視している。「例えば、電気製品に使われる難燃剤そのものの汚染リスクは低いかもしれない。しかし屋外の埋立地で焼かれた場合に発生する有害物質は、極めて深刻なリスクをもたらすだろう。企業はこうした可能性を十分に考慮していない。」

## 使用量削減を通じた汚染対策

世界では現在、化学製品のサプライチェーンを通じて革新的取り組みが数多く行われている。こうした活動がさらに浸透すれば、海洋化学汚染の解消に大きな役割を果たすだろう。

主要汚染源の一つとなっている養殖産業の取り組みはその一例だ。業界主導で導入が進む“統合養殖”は、様々な生物種を養殖施設で共生させ、陸上環境で行われるバイオダイナミック農法と同じように“複合的な生態系”を生み出す手法だ。例えばムール貝や牡蠣の餌には、養魚場から排出される余剰飼料や排泄物を利用。魚の餌となる大型藻類を繁殖させ、殺生物剤の散布量も減らしている。また人工の環礁・湿地帯を設けることで、陸上ベースの養殖施設で発生する汚水の浄化も可能だ<sup>41</sup>。

様々な魚種を同じ環境で養殖する共培養 [Co-culture] は、病原体を減らす効果も期待でき、抗生物質やワクチンの使用減少につながるという。世界有数規模の水産事業を手がける食品大手企業 Cargill は、こうしたアプローチを活用することで、養殖サーモンの薬餌に含まれる抗生物質を 2015 年以降 80% 削減した<sup>42</sup>。

第2章で取り上げたように、農業用地から流出する排水は海洋化学汚染の大きな原因となっている。対策として最も容易なのは、肥料の使用量そのものを減らすことだ。しかし肥料の使用量が世界的にも多い中国・ブラジル・メキシコ・コロンビア・タイといった国々がより効率的な手法を取り入れれば、(収穫量を確保しながら)窒素汚染をより大幅に(約 35%)削減できるだろう<sup>43</sup>。

またテクノロジー活用を通じた肥料使用量の削減も有効だ。人工衛星データやリモートセンシング技術を駆使した精密農業 [precision agriculture] を導入すれば、肥料の適正量を農地ごとに特定し、コスト・汚染削減と収穫量増加の両立も可能になる<sup>44</sup>。

また農業関係者も汚染物質の流出抑制に向け、様々なハイテク・ローテクソリューションの活用に取り組んでいる。例えば、効率の高い灌漑装置を使えば、水の使用量(そして排水量)を削減できる。また農地内に排水処理施設を整備すれば、発生源での廃棄物管理が可能だ。緩衝地帯となる湿地によって有害物質を吸収するなど、自然を活用したソリューションも有効だろう<sup>45</sup>。

こうした新たな取り組みを普及させるためには、業界単位の連携が重要となる。オーストラリア クイーンズランド州でサトウキビ農家と環境 NGO が設立したパートナーシップ Project Catalyst はその一例だ。農業関係者による土壌改良や化学物質・栄養素の管理計画推進、排水管理体制の強化を支援することで、グレートバリアリーフ近隣海域の水質向上につなげている<sup>46</sup>。

## ウォーター・クレジット：化学物質の削減に向けた政策イノベーション

都市・工業施設・農地から流出する排水は、海洋汚染の大きな要因だ。そして現在、排水の回収・処理・再利用を通じて汚染物質の流出を抑制し、水質浄化につなげる取り組みが多く行われている。

カーボン・クレジットと同様の仕組みを持つ『排水権取引制度』[Water Quality Trading Scheme]はその一例だ。この制度は汚染レベルに応じた排水権の売買を可能にし、工業・農業関係者による汚染軽減・排水処理の取り組みに経済的インセンティブを提供している。例えば米国オハイオ川流域の『水質クレジット制度』[Water Quality Credit]では、排水に含まれる窒素・リンの排出権取引を1クレジット（窒素1ポンドに相当）あたり12～14ドルの価格で実施<sup>47</sup>。オーストラリア クイーンズランド州も、グレートバリアリーフに流出する汚染物質の削減に向けて、近隣地域の農家を対象とした『サンゴ礁クレジット制度』[Reef Credit Scheme]を進めている<sup>48</sup>。

こうした取り組みは、排水処理施設の建設・改良・“グリーン化”需要につながるため、大きな経済効果を生み出すことが多い。公的資金・民間資金・慈善基金などを組み合わせて社会的課題に取り組む『ブレンド・ファイナンス』[blended finance]も有効な手法だ。ベリーズ・ガイアナ・ジャマイカの3カ国は、排水処理施設の建設・管理を行う企業向けに低金利のローンを提供。タイのKasikorn Bank [カシコン銀行]も、排水・固形廃棄物処理施設を建設する海岸地域の宿泊施設に、特別金利で融資を行っている<sup>49</sup>。

こうした取り組みが抱える課題の一つは、活動範囲が一定地域に限られ、規模拡大が難しいことだ。しかし、海洋汚染の解消という共通利害を持つ沿岸部企業が連携を図れば、業界の枠組みを超えた大規模プロジェクトも実現可能だろう。

## サプライチェーンと消費財メーカーの管理ポリシー



スポーツウェア・ブランドの **Nike** は、『化学物質プレイブック・禁止物質リスト [Chemistry PlayBook and Restricted Substances List]』を作成。「サプライヤーを対象に、Nike が考える化学物質の使用方針と、その遵守に向けて期待される取り組みを理解するための重要ツール」と謳っている<sup>50</sup>。



世界的な化粧品専門小売チェーン **Sephora** は、プライベート・ブランドとサードパーティ・ブランドを対象とする化学物質管理ポリシーを公表。また、第三者による監査を通じ、EU 規制よりも厳格な基準に基づく国際禁止物質リストを独自に作成している。同社はサプライヤーが優先的に削減・廃止すべき化学物質のリストも公開しており<sup>51</sup>、対象物質を含む商品は 2019 ~ 21 年にかけて約 30% 減少した<sup>52</sup>。



家具小売チェーン **IKEA** は、製品への化学物質使用に関し、厳格なポリシーの遵守をサプライヤーに求めている。また同社は、無作為に選別した生産施設の監査や、第三者による製品テストも実施<sup>53</sup>。管理ポリシーには、現行法規制よりもはるかに厳格な条項も盛り込まれている。



大手テクノロジー企業 **Apple** は、三つの環境優先課題の一つとして“より安全な化学品の使用 [smarter chemistry]”を提唱。サプライチェーンで使用される全ての化学物質をデータベース化し、禁止物質リストを通じた管理を実施している<sup>54</sup>。



衣料品メーカー **H&M** は、2030 年までの「汚染物質フリーのファッション」実現を目指し、化学物質管理ロードマップを掲げている<sup>55</sup>。



大手消費財メーカー **Unilever** は、Safety and Environmental Assurance Centre [安全環境保証センター = SEAC] を通じて、自社製品の安全性・持続可能性を評価<sup>56</sup>。洗剤に使われる化石燃料由来の化学物質を 2030 年までに廃止する意向を示している<sup>57</sup>。2021 年には、Royal Society of Chemistry [英国王立化学会] が主催する業界タスクフォースに参加し、シャンプー・塗料・接着剤などに使われるポリマーの代替物質の開発・普及に向けた取り組みを推進中だ<sup>58</sup>。しかし同社は、使い捨てプラスチック包装材やマイクロプラスチックの使用を継続しており、批判を浴びている<sup>59</sup>。業界のリーディング企業にとっても、汚染物質の廃止が難題であることはこの現状からも伺える。



ESTÉE LAUDER

化粧品の多国籍メーカー **Estée Lauder** は 2021 年、Green Chemistry 誌に査読付き [peer-reviewed] 論文を寄稿。グリーンケミストリーや持続可能性に配慮した、同社の原料選択・製品開発法を詳細にわたり公表している<sup>60</sup>。

ここで重要となるのは、化学メーカーの責任範囲という問題だ。多くの国では、適正な識別表示を行い、人体・環境の暴露量が限られている場合に、一部有害化学物質の使用を認めている。一般家庭で使われる洗剤はその一例だ。こうした製品には人体への摂取によって有害な影響を及ぼす化学物質が含まれている。しかし警告ラベルを貼ることで、適正使用・廃棄の責任が（製造企業ではなく）消費者に転嫁されているのが実状だ。つまり多くの規制措置は、化学製品が生産・廃棄段階で及ぼす影響を十分考慮していないのだ。

**“化粧品・ヘルスケア・日用品・家具・テクノロジー・家庭用品などのセクターは、海洋化学汚染の解消や化学セクターの持続可能性向上に極めて重要な役割を担っている”**

消費者は、汚染物質が製品に含まれる可能性を常に意識しているわけではない（例：日焼け止めに含まれるオキシベンゾン）。そして化学物質の有害性に関する証明義務は、製造企業ではなく政府・市民社会が負っているのが実状だ。探査船を使った民間海洋研究プロジェクト REV Ocean の科学研究統括ディレクター Alex Rogers 氏によると、海洋化学汚染の解消に取り組む上で「極めて深刻な問題」だが、化学セクターは対応に消極的だという。

**消費者の影響力**

化粧品・ヘルスケア・日用品・家具・テクノロジー・家庭用品などのセクターも、海洋化学汚染の解消や化学セクターの持続可能性向上に極めて重要な役割を担っている。こうしたセクターが現在直面する大きな課題は、長大かつ複雑なサプライチェーンを経た製品に含まれる化学物質の把握が難しいことだ。成分情報の

公開を促す規制措置はほとんど見られず、消費者の関心も低い。そのため、完成品メーカーの多くは「求められない情報は公開しない」という姿勢を保っているのが現状だ。

ただし消費者意識の高まりによって、持続可能性・製品の安全性向上に向けた取り組みが加速するセクターもある。

世界自然保護基金 [WWF] のプラスチック・材料科学担当ディレクター Alex Grabowski 氏によると、「消費者に直接製品を販売する [D2C] 企業は、ビジネスのイメージに影響を及ぼすこうした取り組みに関心を高めている」という。例えば一部の国際的消費財メーカーは、化学物質管理の強化に向けた先進的アプローチを導入。他業種にとっても参考事例となる取り組みを進めている。

「ビジネス上の意思決定要因として、持続可能性の重要性は高まりつつある。付加価値的な意味にとどまらず、企業の製品選択を大きく左右している」と指摘するのは、Clariant の Haldimann 氏。しかし、あらゆる要因を上回る最優先課題となったわけではない。「持続可能性を理由に製品機能面の妥協を厭わない消費者は、依然としてごくわずかだ。」どちらかを犠牲にするのではなく、「両者を可能な限り両立させるようなアプローチが必要だ」という。

また汚染解消に向けた連携の取り組みは、サプライヤーにも見られる。繊維・履物セクターのケミカル・フットプリント削減を目的としたマルチステークホルダー・イニシアティブ『Roadmap to Zero』はその一例だ。同イニシアティブの運営に携わる ZDHC のエグゼクティブ・ディレクター Frank Michel 氏によると、「消費者は企業による汚染対策推進に極めて

重要な役割を果たす」という。「消費者はどのブランドが汚染解消に向けた取り組みに参加しているかを必ずしも理解していない。このプログラムは、透明性向上を通じた業界の変革をサプライチェーン全体で実現する試みだ」と同氏は語る。

**“市場競争が激化する化学セクターでは、効率性が重視される。収益減少の恐れから、サステナブル製品が敬遠されがちなのはそのためだ”**

一方 Clariant は、Unilever やリサイクル業者向けペットボトル選別機メーカー TOMRA とパートナーシップを組み、リサイクル分別が容易な黒色ペットボトルを設計。黒色ペットボトルはリサイクル機械による分別が難しいため、再生ボトルの質低下と色褪せにつながりやすい。Clariant の Haldimann 氏によると、こうした課題の解消には、複雑な開発プロセスが必要だった。同社はまず、機械選別が可能な黒色ペットボトルを設計。その後 Unilever との連携を通じて、設計担当者・消費者のフィードバックを蓄積し、TOMRA の協力の下で現行の選別機による稼働試験を行った。

「汚染解消に有効なテクノロジー・ソリューションは、既に数多く存在する。重要なのは（サプライチェーンのパートナー企業との）連携を通じて、効果的な活用法を見出すことだ」と同氏は指摘する。

ヨーロッパの業界団体 International Association for Soaps, Detergents and

Maintenance Products [国際石鹸洗剤洗浄用具協会 = AISE] の取り組みは、バリューチェーンの複数ステークホルダーによる連携を通じた汚染解消のもう一つの例だ。European Committee of Organic Surfactants and their Intermediates [欧州有機界面活性剤委員会 = CESIO] とのパートナーシップの下、同協会は ERASM (環境リスク評価・管理の略称) と呼ばれる研究プラットフォームを運営。洗剤に含まれる界面活性剤が人体・環境へもたらす影響の軽減を目的として研究活動を進めている<sup>61</sup>。

また業界全体のカーボン・環境フットプリント削減を掲げ、同協会が導入した『Charter for Sustainable Cleaning』[持続可能な清掃憲章] は、ヨーロッパを拠点とする 170 以上の企業が採択<sup>62</sup>。一方、建築セクターが策定した『Health Product Declaration Collaborative』[共同健康製品宣言] は、建造環境\* で使用される製品が人体へもたらす影響の継続的報告・情報公開を参加企業に求めている<sup>63</sup>。化学業界のサブセクターでは、持続可能性向上に向け様々な取り組みが行われており、今後も活動の広まりが期待できる。

### 6.3 変革の阻害要因：求められる企業文化改革

#### コスト・スケール・テクノロジー

Wood Mackenzie の Guy Bailey 氏によると、多くの企業は持続可能性の高い製品・事業の推進に際し、三つの壁に直面する：

**市場化のタイムラグ：**概念実証から製品の市場化までには数十年単位の時間がかかる

\* 建造環境：人工的に作られた環境

こともある。持続可能性の高い代替物質を生み出す技術があったとしても、市場規模に見合った大規模な生産体制の構築は容易でないためだ。

**コスト：**新技術の導入はコスト上昇を招くことが多い。時間の経過と共に低下するが、買い手や投資家の支持を獲得する上で足かせとなる可能性がある。

**スケーラビリティ：**化学製品の市場化には、一定規模の最終消費者を確保する必要がある。例えば、テレフタル酸ポリエチレン [PET] やポリエチレン [PE] の代替物質となるバイオプラスチック PLA の製造にかかるコストは、汎用ポリマーの約2倍だ。既存物質よりも優れた特性を持つ PLA の価格差を受け入れる市場はあるが、生産能力は依然として限られている。例えば Coca-Cola のような大手企業が PET から PLA への移行を決めた場合、世界的な生産能力は需要全体のわずか7%程度だ。市場におけるサステナブル素材の汎用化は、時間をかけて段階的に進める必要がある。

市場競争が激化する化学セクターでは、効率が重視される。収益減少の恐れから、サステナブル製品が敬遠されがちなのはそのためだ。事業効率化が優先課題となっているのは化学セクターだけではない。しかし国連環境計画の化学品・廃棄物プログラム調整官 吉田鶴子氏によると、同セクターでは低汚染物質の開発よりも（有害物質を含む）既存製品分野への投資に利益が回される傾向が強いという。

マサチューセッツ大学ローウェル校の Tickner 氏によると、こうした現状は化学セクターにおける変革推進の足かせとなっている。「中規模化学メーカー数社の最高技術責任者 [CTO] との意見交換を行ったが、彼らの多くはサステナブル製品へのシフトを望んでいる」という。しかしここで問題となるのは、開発・生産体制の整備にかかる莫大な費用・時間だ。「競合企業が有害性を黙認して安価な既存製品を売り続け、ユーザー企業が価格差を理由に代替物質を敬遠すれば、新規化学物質の開発に取り組む企業が市場シェアを失ってしまう。」

「代替物質の生産を進める企業の中では、方針を巡る意見の食い違いも生じているようだ。しかし、市場シェア縮小の可能性がある限り、既存製品を廃止にできないだろう」と同氏は指摘する。四半期毎の業績公開を義務付けられる営利企業にとって、環境対策が収益にもたらす短期的影響は（たとえ長期的に利益が生まれても）無視できないのだ。

また新たな製造インフラ構築の必要性も、グリーンケミストリー推進の阻害要因となっている。「多くの化学企業は、既存の製造工程に組み入れられなければ、低汚染製品の導入は難しいと考えている。新規製造インフラの構築には、莫大な費用がかかるためだ。」

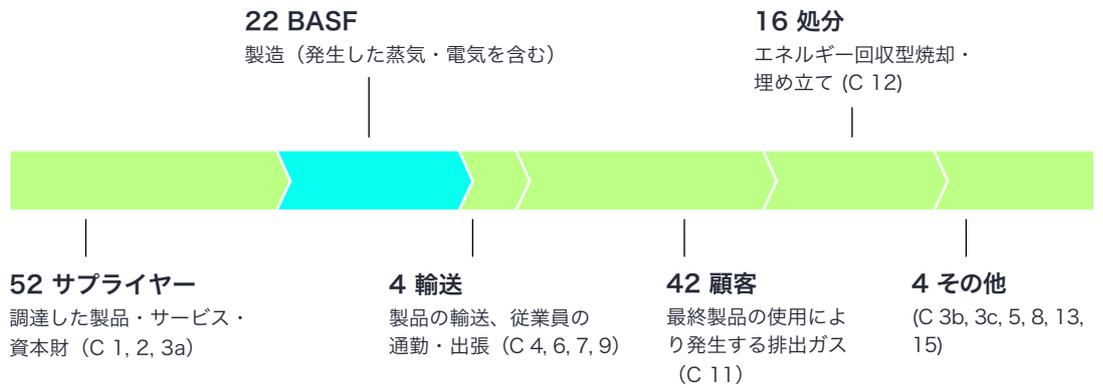
WBCSD の Marcel van den Noort 氏もこの見方に同意し、「化学セクターは汚染解消に役立つ技術を既に開発している。その導入を阻む壁となっているのは、コストの問題だ」と指摘する。

### BASF と Scope3 の実現に向けた取り組み

バリューチェーンを通じた温室効果ガスの排出状況  
BASF アニュアル・レポート 2018年版

2018年の温室効果ガス排出状況\*

[単位：CO2換算トン]



資料：World Business Council for Sustainable Development, TCFD Chemical Sector Preparer Forum Guide to Climate-related Financial Disclosure (2019).

\* BASFの対象事業には廃止された石油・ガス事業が含まれる。温室効果ガスは、温室効果ガスプロトコルに基づきScope1・2・3に分類。Scope3内のカテゴリーは括弧内に表示。

**“ネットゼロ達成の取り組みによって、海洋汚染対策がなおざりになるという事態を回避するためにも、脱炭素化・汚染解消を両立させるソリューションの開発は不可欠だろう”**

しかし化学メーカーがコストを理由に変革を怠れば、別の形で代償を強いられる可能性がある。例えば、住友化学は環境対策に毎年約3億7000万ドル（約437億円）を費やしている<sup>64</sup>が、低汚染製品への移行を進めばコンプライアンス・コストの削減につながるはずだ。Pfizerはグリーンケミストリーを活用し、製造過程で生成される廃棄物を減らすことでコスト削減を実現している<sup>65</sup>。

#### 脱炭素化の重要性

化学セクターの脱炭素化は、海洋汚染の克服にも重要な意味を持つ。“カーボンゼロ”に向けた取り組みを元に、“海洋汚染ゼロ”実現のコストを予測することは難しい。しかし製品再設計やサプライチェーンの見直し、既存製造工程の再構築など、求められる方策という意味で両者には共通点が多い。莫大な費用を伴う、複雑かつ長期的な取り組みが必要な点も同じだ。

投資機関を対象として、ポートフォリオの環境・社会的影響の軽減に取り組むNGO ShareActionによると、CO2排出量の多さにも関わらず、ネットゼロ実現に向けた信頼性の高い移行計画を策定する化学メーカーは限られ

ている。同セクターにとって特に難題となるのは、バリューチェーン全体を通じた排出削減が求められるネットゼロ目標“Scope 3”の実現だ。多くのセクターは、再生可能エネルギーの導入拡大を通じて目標の大部分を達成することができる。しかし製造プロセスに大量のエネルギーを消費し、化石燃料由来の原料を使う化学メーカーにとって、ネットゼロの実現は決して容易でない。製造工程の大幅な“グリーン化”を進めたとしても、製品自体が排出量の約半分を占める現状は大きな壁となっているのだ<sup>66</sup>。

### “汚染対策にまつわる様々な商業的課題を克服するためには、企業文化の抜本的改革が求められる”

肥料の使用量削減など、化学セクターによる現在の取り組みが汚染抑制につながることは確かだ。しかしCO<sub>2</sub>発生と汚染の因果関係は必ずしも単純ではない。「我々は、化学物質が海洋汚染を招いているという基本的事実に立ち返る必要がある。脱炭素化を進めるだけでは汚染は解消できない」とTickner氏は指摘する。

大規模投資を通じた脱炭素化の必要性に直面する化学セクターにとって、海洋汚染対策の優先度は決して高くない。だがネットゼロ達成の取り組みによって、海洋汚染対策がなおざりになるという事態は回避する必要がある。そのためにも、脱炭素化・汚染解消を両立させるソリューションの開発は不可欠だろう。

#### 企業文化変革の必要性

上記の様々な課題を克服するためには、企業文化の抜本的改革が求められる。しかし、化学セクターはその推進に必ずしも積極的でない。

今回取材を行った専門家の1人（匿名希望）によると、大きな要因となっているのは、化学企業の多くに見られる「現実と認識のギャップ」だ。自らをイノベーション・経済的繁栄の牽引役と考える経営幹部は、化学セクターが深刻な汚染源となっている現実から目を背け、（別の専門家が指摘するように）「旧態依然とした価値観」に囚われている。

こうした傾向が全ての企業にあてはまるわけではない。また汚染に対する危機意識に部門ごとの“温度差”が見られるなど、大規模かつ複雑な企業組織の中でも様々な価値観が存在するだろう。だがサステナビリティ部門が潤沢な予算を持ち、積極的に活動を進める企業でも、新たな価値観は必ずしも浸透していない。国連環境計画 金融イニシアティブ [UNEP FI] の統括責任者 Eric Usher 氏が指摘するように、「抜本的な組織改革が求められる」のはそのためだ。

オーストリアのBorealisをはじめとする大手化学メーカーでサステナビリティを担当してきた独立コンサルタント Craig Halgreen 氏によると、近年の化学セクターでは前向きな変化も見られるという。「変革の必要性を認識する経営者はたった5年前と比較しても増えている。次世代のための責任ある企業活動が、取締役会議で話題に上ることも今では珍しくない。しかし10年前には考えられなかった光景だ。」

だが採算性の問題から、(少なくとも長期的な)利益が見込める場合のみ低汚染製品への移行を進める、あるいは化学製品自体を減産・廃止する企業は依然として多い。今後はさらに困難な選択を迫られることになるだろう。

## 生物多様性の支援と企業文化の変革

国連環境計画世界自然保全モニタリングセンター [UNEP-WCMC] と先進企業グループの連携を通じて発足した『Proteus Partnership』 [プロテウス・パートナーシップ] は、生物多様性にもたらす影響・依存度の評価・管理を支援し、サステナビリティ重視の企業文化醸成を大企業で推進するプログラムだ。

同プロジェクトに参加する BP・ExxonMobil などの大手石油会社、そして BHP・Rio Tinto などの鉱業会社には、大規模かつ多角的な事業を世界全体で展開するなど、世界的な大手化学メーカーとの共通点が多い。

UNEP-WCMC の自然経済担当シニア・プログラム・オフィサー Stacey Baggaley 氏によると、企業の関与促進に向けた課題という意味でも類似点は少なくない。例えば多くの企業では、部門によって取り組み姿勢が大きく異なるため、トップダウン・ボトムアップ両面のアプローチ活用が求められるという。

Cレベル役員などの経営幹部とコミュニケーションを図り、生物多様性をもたらすビジネスリスク・機会に関する理解を深める。あるいは取り組みの推進役となる従業員を対象に、生物多様性の管理に必要なデータ・ツールの提供とスキル獲得の支援、組織内の水平的連携の推進を図るといった取り組みはその一例だ。

Baggaley 氏によると、生物多様性の保全に不可欠な知見・能力を、(環境部門だけでなく) 組織全体に醸成することは極めて重要だという。

Tickner 氏によると、「化学セクターは長い間、製品の機能性よりも市場開拓に重きを置いてきた。」だが今後は、製品開発後に受け入れ先となる市場を探すという既存のアプローチを改め、製品・有害性に関するユーザーのニーズに沿った製品作りを求められることになる。また「化学メーカーという枠組みを超え、サービス・プロバイダーへの転換を図る企業も現れるだろう。」例えば P&G の洗濯洗剤ブランド Tide は、将来的なビジネス・シフトのモデルとしてランドリー・サービス事業を始めている。また化学製品のリース事業を手がける企業も増えている。「化学的ソリューション以外にも、製品再設計の

方法がある」ことは、こうした取り組み例からも明らかだ。

需要縮小につながる恐れがあるという点は、循環型経済への移行も同じだ。しかし Halgree 氏によると、多くの企業はその価値を理解し、再使用・リサイクル推進に向けたプラスチック製造工程の見直しを進めているという。適正な経済的・規制インセンティブが整備されれば、企業文化・行動の抜本的な変革も可能だろう。

企業文化の変革においては、“ボトムアップ”の取り組みも重要となる。安全かつ持続可能な

グリーンケミストリーの推進に不可欠な高等教育レベルの資格が存在しない現状は、その意味でも課題だ。「有害性・持続可能性を考慮に入れて製品設計を行える化学者・技術者の育成は喫緊の課題だ」と Tickner 氏は指摘する。グリーンケミストリーやサステナビリティなどのテーマをカリキュラムの一環として取り上げる大学は増えている。しかし、国連環境計画の報告書『Global Chemicals Outlook』[世界化学物質アウトLOOK] は、グリーン・サステナブル・ケミストリー教育 [GSCE] のさらなる普及の必要性を訴えている<sup>67</sup>。

## “ ミッシング・ミドルが新たな価値観を受け入れなければ、取り組みの成果は限られたものになるだろう ”

### “ミッシング・ミドル” の重要性

環境配慮型ビジネスモデルへの移行に対する関心の低さは、化学セクター全体で見られる傾向だが、小規模・中規模企業の間では特に顕著だ。環境汚染の問題で、大企業がやり玉に挙げられることは少なくない。しかしその取り組み・行動には常に視線が注がれており、厳格な規制環境の中で事業を展開する企業が多い。より深刻な汚染源となっているのは、規制の比較的緩やかな国・地域を拠点とする中小企業だ。特に汚染対策に必要なリソース・インセンティブを持ちながら、十分な取り組みを行っていない中規模企業 [“ミッシング・ミドル”] は、問題克服の鍵を握る存在だろう。

環境フットプリント削減の取り組みを見ても、参加企業は市場での差別化を図る（特に欧米諸国の）多国籍企業や、消費者の批判を恐れる消費財メーカーなどの“常連”に限られている。サステナビリティ・リーダーとしての地位確立

を目指す企業にとって、こうした大手企業の後続くことで得られるメリットは大きいだろう。UNEP-WCMC の Baggaley 氏は、「すでに環境が整備された分野で大企業との連携を図れば、様々な取り組みが可能だ」と指摘する。

また大手企業の取り組みは、業界全体の将来的な姿勢・方向性を決定づける上で重要な意味を持つ。「化学セクターのバリューチェーンは極めて複雑だが、その頂点には基礎化学品の製造・処理、あるいはユーザーとしてその消費に携わる一握りの大企業が君臨している。こうした企業が環境重視の経営を推進すれば、業界全体がその流れに従わざるを得なくなるだろう」というのが同氏の見方だ。

だが“ミッシング・ミドル”が新たな価値観を受け入れなければ、取り組みの成果は限られたものになるだろう。また生産拠点の地理的シフトは、問題をさらに複雑化させる可能性が高い。化学セクターの地理的バランスは、持続可能性向上に向けた取り組みが最も活発なヨーロッパ・北米からアジア・中東へとシフトしつつあるからだ（詳細については次ページの囲み記事を参照）。

今回取材を行った専門家は、持続可能性向上に向けた化学セクターの取り組みとしてヨーロッパ企業の事例を多く挙げている。EU の比較的厳格な REACH 規則を背景に、同地域には（全体として）先進的取り組みが多く見られる。この傾向は、上述の ChemScore におけるヨーロッパ企業のスコア（15.1）が、米国・カナダ企業（13.6）やアジア企業（11.6）を上回る現状からも伺える<sup>68</sup>。ただし、より幅広い地域で取り組みを加速させなければ、海洋汚染ゼロの実現は難しいだろう<sup>69</sup>。

## 化学セクターの将来を左右するメガトレンド

化学製品の生産は、2050年までに約60%増加する見込みだ。しかしこの数字は将来的変化の一端にすぎない。化石燃料原料ベースの汎用化学製品は業界全体の売り上げの大きな割合を占めるが、市場競争の激化（そしてコロナ渦による混乱）によって利ざやは減少の一途を辿っている。ただし特殊化学製品や医薬品、農薬といった一部の分野では急速な成長が見られるなど、前向きな材料も少なくない。こうした（利益率の高い）分野では研究開発投資も拡大しており、化学セクターの今後を大きく左右する可能性が高い<sup>70</sup>。

### メガトレンド1：地理



近代化学産業の発祥地はヨーロッパ・北米だ。ドイツのBASFや米国のDow Chemicalsといった同地域の企業は、20世紀を通じて市場に大きな影響を及ぼしてきた。

しかし現在、業界の勢力図は水面下で急速に変化を遂げつつある。21世紀に入ってから成長が最も著しかったのはアジアだ。現在同地域は世界的な売上の半分を占めており、2030年までに3分の2へ拡大すると予測されている。

多角的に事業を展開する大手複合企業は、今後も大きな影響力を維持するだろう。しかし生産量・売上・利益の大部分を占めるのは、Sinopec・ChemChina・SABICといった新興国の企業だ。また現在のトレンドが継続すれば、中国は近い将来に純輸入国から純輸出国へと転じる可能性が高い<sup>71</sup>。

### メガトレンド2：持続可能性



化学セクターの将来的方向性は、化石燃料と密接に関わっている。気候変動対策は、CO2排出量が3番目に多い同セクターへ特に大きな影響を及ぼすだろう<sup>72</sup>。

同セクターから排出されるCO2の約半分はエネルギー消費、残りの半分は化学製品自体に由来するものだ<sup>73</sup>。この現状を考えれば、大規模投資を伴わないゼロカーボンの実現は決して容易でない。しかし他の産業と密接な相関関係を持つ同セクターが脱炭素化を推進できれば、汚染問題の克服を大きく後押しするだろう<sup>74</sup>。

化学セクターで進む生産拠点の地理的シフトは、気候変動の問題にも大きな影響を及ぼす可能性が高い。例えば中国の化学セクターは、石油・天然ガスよりも環境負荷が高い石炭へ大きく依存している。また同セクターの将来的な成長を牽引するのは、環境規制が比較的緩やかな新興国だ<sup>75</sup>。



### メガトレンド3：変動リスク

化石燃料由来原料への依存と中国企業の台頭により、化学セクターはさらなるリスクに直面する可能性が高い。例えば、中国経済の減速や中国・西側諸国のサプライチェーンのデカップリングなどは、業界全体に深刻な影響をもたらすはずだ。化石燃料ベースの化学製品は利ざやが極めて薄く、市場環境のわずかな変化が収益を大きく左右するため<sup>76</sup>、物価変動リスクも深刻な脅威となりかねない。



### メガトレンド4：テクノロジー

化学セクターを取り巻く環境には、前向きな材料も見られる。テクノロジーがもたらす変革のポテンシャルはその一例だ。技術的観点から見れば、化学セクターの現状は1960年代と大きく変わっていない（例：生産工程）<sup>77</sup>。

しかしテクノロジーの活用はこうした状況を一変させる可能性がある。汎用化学製品の収益は低下の一途を辿っているものの、特殊化学製品やバイオテクノロジー・燃料電池といったニッチ市場向け製品の需要は拡大しつつある<sup>78</sup>。こうしたセグメントが市場全体に占める割合は比較的小さいが、脱炭素化時代に生き残りを図る（ひいては成長を実現する）上で極めて重要な役割を果たすだろう。

こうしたシフトを推進する上で鍵となるのがテクノロジーだ。スマート・マニュファクチャリング、AI、IoT、データの蓄積・高度処理、そしてデジタル・ツインや材料科学分野のブレークスルーなどを活用し、業界の“グリーン化”を推進できれば、将来的な成長実現に大きく貢献するはずだ。

#### 6.4 変革への道筋： システムレベルの抜本的改革

化学セクターが海洋化学汚染対策（あるいはその他の環境・社会的取り組み）に消極的な理由の一つは、先行者利益が確立されていないことだ。革新的取り組みを始める先進企業は、投資家・社会の奇異の目に晒されるだけでなく、新たな収益源が確立されるまで膨大な移行コストの負担を強いられる。セクター全体として変革を推進し、それに伴うリスクを軽減するためにも、業界団体の設立は極めて重要な意味を持つだろう。

先行企業が直面する様々な課題は、他業界でも連携の推進要因となっており、（対応すべき問題の一つとして）海洋化学汚染の解消を目指す取り組みも既に見られる。業界団体は、化学セクター全体の包括的連携に向けたベースとなる可能性を秘めているのだ（詳細については、次ページの囲み記事を参照）。

連携に欠かせないのは、金融機関・政府・市民社会など他分野のマルチ・ステークホルダーの関与だ。今回取材を行った複数の専門家が指摘するように、分野ごとの価値観・ニーズの違いは変革推進を妨げる最大の要因となるため、こうしたステークホルダーの存在は重要な意味を持つ。

国連グローバルコンパクト 海洋ビジネス・アクション・プラットフォームの統括責任者 Erik Gierschsky 氏によると、化学・農業・

廃棄物管理など民間セクターにおいても、縦割りの業界構造は依然として顕著で、横の連携は十分に行われていない。複数セクターの関与を通じた連携の取り組みは、こうした課題を克服する上でも大きな役割を果たすという。

EMPA の Wang 氏もこの見方に同意し、「取り組みの推進には、政策担当者・化学者・企業関係者など幅広いステークホルダーの対話が不可欠だ。化学セクターに限らず、金融・消費財など、様々な業界の関与が求められる」と指摘する。

国際標準化機構 [International Organization for Standardization = ISO] や ASTM International などによる、国際規格の確立と持続可能性向上に向けた自発的活動の枠組み作りも重要だ。特に消費者の行動変容（例えば有害化学物質が含まれる製品の不買活動）や、企業によるベストプラクティスの確立・普及に大きな役割を果たすだろう。

ただし、こうした組織が顧客（つまり規格を利用する企業）へサービスを提供する営利企業であるという点には留意が必要だ。ASTM D20.96 分科委員会（自然環境汚染・生物分解 [嫌気性・好気性物質] 担当) の Linda Amaral-Zettler 氏によると、多くの規格団体は低コストかつ迅速に導入でき、利便性の高い規格を（制定に時間がかかり厳格な規制よりも）優先する傾向があるという。規制当局とは異なり、政策課題よりも業界ニーズを優先するため、先進的な規格を打ち出すことは難しいのだ。

## 取り組みの牽引役としての業界団体のポテンシャル

- 『Getting to Zero Coalition』：海運・エネルギー・インフラ・金融セクターの150企業が参加する企業連合。深海探査用“ゼロエミッション”船舶の開発・商業化などを通じた、海運セクターの脱炭素化を目的として掲げている。参加企業には、規制措置に先行したカーボン・ニュートラル船舶導入の「推進役となる」ことが求められている<sup>79</sup>。
- 『ReSource Plastic』：世界自然保護基金 [WWF] の主導の下で、多国籍包装材メーカー8社が参加する同プログラムは、自社製品から発生するプラスチックごみの追跡・情報公開・削減に取り組んでいる<sup>80</sup>。
- 『Alliance to End Plastic Waste』：80社が参加する同プログラムは、プラスチック廃棄物管理の強化に向け、サプライチェーンの川下を対象としたソリューションの開発・推進に投資を行っている<sup>81</sup>。
- 『Operation Clean Sweep』：化学メーカー・製造業・包装材メーカーが参加し、プラスチック樹脂・ペレットによる汚染の防止を目標に掲げている<sup>82</sup>。
- 『Ship Recycling Transparency Initiative』：「国際基準が設けられていない現状に鑑み、市場ベースのアプローチを通じて船舶リサイクルの環境負荷軽減」を推進。船主によるリサイクル関連情報の公開を支援し、購入・融資にまつわる荷主・投資家の意思決定に役立てている<sup>83</sup>。
- 『Ocean Stewardship Coalition』：『国連グローバル・コンパクト 持続可能な海洋ビジネス・アクション・プラットフォーム』から改名されたこの取り組みには、養殖・エネルギー・水産・海運など主要“ブルー”セクターの企業が参加。責任ある企業行動の枠組みを提供し、収益性・持続可能性を両立するビジネス機会の拡大を目指している<sup>84</sup>。

しかし現在、世界では様々な種類の規格が制定されている。「ケミカル・フットプリントの分析・削減に向け、ベストプラクティスとの比較を通じた化学物質管理体制の評価を実施する」アンケート調査『Chemical Footprint Project』はその一例だ<sup>85</sup>。また米国環境保護庁が運営する認定プログラム『Safer Choice』は、消費者が有害化学物質を含まない製品を特定する手段として活用されている<sup>86</sup>。

### 企業変革に向けたロードマップ

海洋化学汚染の解消に向けた取り組みには、前向きな材料も見られる。しかし、企業の変革推進を後押しするためのインセンティブは不十分だ。特に深刻な影響を及ぼしているのは、経済的インセンティブの不足だ。有害物質を含む化学製品は総じて利益率が高いため、収益を優先する経営者が対策を躊躇することも少なくない。業績の先行き不透明感が増す中、

低汚染製品への切替えに必要な生産施設の更新や製造過程の見直しに必要となる（時に膨大な額の）投資も、こうした傾向を助長している。

民間セクターに汚染対策への積極的関与を促すためには、低汚染製品の普及が経済的メリットにつながる環境を整備する必要があるという。

**“化学セクターの自発的取り組みや、新たなビジネスモデルへの移行を促すためには、規制改革や市民の圧力、サステナブル製品の需要拡大、金融セクターによる投資加速が不可欠だ”**

投資家・株主は環境・社会・ガバナンス面のリスクに対する関心を高めている（詳細については次章を参照）が、投資からリターンを期待しているという点は変わらない。Global Ocean Trust の創設者 Torsten Thiele 氏によると、

また化学セクターの自発的取り組みや、新たなビジネスモデルへの移行を促すためには、規制改革や市民の圧力、サステナブル製品の需要拡大、金融セクターによる投資加速が不可欠だ。「安全性の高いサステナブル製品への移行を真剣に考える化学メーカーもある。しかし経済的犠牲を払ってまで変革を推し進める企業はごくわずかだろう。条件は徐々に整いつつあるが、さらなる環境整備が必要だ」と Tickner 氏は指摘する。

## 化学セクター主導の対策推進に向けたロードマップ

- **イノベーションの推進**：持続可能性の高い製品・製造プロセスの開発、リスクベースのアプローチから、損失回避重視のアプローチへシフトする
- **変革に向けた経済的インセンティブの提供**：民間セクターの関与を促すためには、汚染対策を経済的メリットにつなげる仕組み作りが必要だ
- **有志連合の形成**：化学企業や金融機関・政府・市民社会などのステークホルダーで構成される有志連合を設立し、“先行優位性”を確立する
- **透明性の向上とサプライチェーン全体の連携**：製品に含まれる汚染・有害物質の情報公開推進のため、ユーザー企業によるさらなる働きかけが求められる
- **ユーザー企業による化学汚染対策の改善**：農業・養殖・廃棄物などのセクターでは、責任ある化学物質の使用・管理に向けたベストプラクティスが広まりつつある
- **拡大生産者責任の導入に向けた対話の推進**：効果的な汚染対策のためには、化学メーカーが販売後の製品に負う責任を拡大する必要がある

長大かつ多様なバリューチェーンを抱え、既存製品への依存度も高い化学セクターが、変革の推進役となる姿を想像するのは難しい。しかし、(普及・規模拡大が進めば)化学汚染の克服に大きな役割を果たす取り組みは既に行われている。

**“世界的な製品ニーズと汚染対策を両立する上で重要な鍵となるのはイノベーションの推進だ。それを実現できるだけのリソースと科学的知見を備えるステークホルダーは、化学セクターの他に存在しないだろう”**

化学セクターのあり方そのものを問題の原因と考える関係者は少なくない。しかし化学製品が現代生活に欠かせない以上、同セクターの取り組みへの協力・関与拡大を進める他に選択肢はない。世界的な製品ニーズと汚染対策を両立する上で重要な鍵となるのはイノベーションの推進だ。それを実現できるだけのリソースと科学的知見を備えるステークホルダーは、化学セクターの他に存在しないだろう。

こうした取り組みで重要となるのは、リスク管理と責任ある企業活動を巡る対話だ。海洋化学汚染に対し効果的な対策を打ち出すためには、化学メーカーが販売後の製品に対する幅広い責任を受け入れる必要がある。拡大生産者

責任の強化を求める消費者の声は徐々に高まりつつあり、改革の大きな推進力となるだろう。

サプライチェーンを通じた(化学物質に関する)情報公開はもちろん、近年になって安全性の高い製品を求める小売企業も現れはじめており、今後他の企業・業界に波及してゆく可能性は高い。またステークホルダーは、製品そのものだけでなく、その製造工程にも目を向けるべきだ。農業・養殖・廃棄物管理などのセクターでは、責任ある化学物質の使用・管理に向けたベストプラクティスが確立されつつある。

化学セクターやそのサプライチェーンが改革を自主的に進めることは考えにくい。海洋化学汚染に特化した業界団体を設立し、ベストプラクティスや先行者利益を確立する必要があるのはそのためだ。脱炭素時代の新たな変革を業界全体で実現することは、その理念を広めるよりもはるかに難しい。しかし汚染克服のためには、グリーン・ケミカルによる“革命”が必要だ。

取り組みを成功へ導く上でもう一つの鍵となるのは、ビジネスモデルの変革が収益拡大につながる仕組み作りだ。持続可能性をビジネスモデルの軸に据え、そのメリットを享受する化学メーカーが既に現れていることは前向きな材料だろう。

## 脚注

- 1 Living Ocean, NASA Science 参照: <https://science.nasa.gov/earth-science/oceanography/living-ocean/>
- 2 UNEP and Biodiversity, UNEP (2020年) 参照: <https://www.unep.org/unep-and-biodiversity>
- 3 同上
- 4 Toward a Global Understanding of Chemical Pollution: A First Comprehensive Analysis of National and Regional Chemical Inventories, Wang Z et al, Environmental Science & Technology (2020年1月)  
参照: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b06379>
- 5 Why chemical pollution is turning into a third great planetary crisis, Graham Lawton, New Scientist (2021年7月)  
参照: <https://www.newscientist.com/article/mg25133440-700-why-chemical-pollution-is-turning-into-a-third-great-planetary-crisis/>
- 6 Chemical Companies Need a Bold New Approach to Value Levers, Andreas Gocke, Marcus Morawietz, and Udo Jung, BCG (2021年3月)  
参照: <https://www.bcg.com/en-au/publications/2021/a-new-approach-to-value-levers-in-the-chemical-industry>
- 7 Chemical companies tout green credentials whilst developing hazardous chemicals behind closed doors, ChemSec (2021年12月) 参照: <https://chemsec.org/chemical-companies-tout-green-credentials-whilst-developing-hazardous-chemicals-behind-closed-doors/>
- 8 Sustainable Solution Steering, BASF: 参照: <https://www.basf.com/au/en/who-we-are/sustainability/we-drive-sustainable-solutions/sustainable-solution-steering.html>
- 9 Solutions: Contributing through Business — Sumika Sustainable Solutions (SSS), Sumitomo Chemical.  
参照: <https://www.sumitomo-chem.co.jp/english/sustainability/management/promotion/sss/>
- 10 ChemSec ChemScore. 参照: <https://chemscore.chemsec.org/>
- 11 DSM, Integrated Annual Report 2020.  
参照: <https://annualreport.dsm.com/ar2020/report-by-the-managing-board/planet/product-stewardship.html>
- 12 Responsible Care® Global Charter: Company Signatories, International Council of Chemical Associations.  
参照: <https://icca-chem.org/wp-content/uploads/2020/09/Signatories-of-RC-Global-Charter.pdf>
- 13 同上
- 14 Teaming up for a sustainable future: Cefic Sustainability Charter, Cefic.  
参照: <https://cefic.org/app/uploads/2019/01/Cefic-Sustainability-Charter-TeamingUp-For-A-SustainableEurope.pdf>
- 15 Cefic Sustainable Development Indicators, Cefic.  
参照: <https://cefic.org/a-solution-provider-for-sustainability/cefic-sustainable-development-indicators/>
- 16 Molecule Managers: A journey into the Future of Europe with the European Chemicals industry, Cefic.  
参照: [https://cefic.org/app/uploads/2019/06/Cefic\\_Mid-Century-Vision-Molecule-Managers-Brochure.pdf](https://cefic.org/app/uploads/2019/06/Cefic_Mid-Century-Vision-Molecule-Managers-Brochure.pdf)
- 17 Sustainable by Design: Boosting Innovation and Growth within the European Chemical Industry, Cefic.  
参照: <https://cefic.org/app/uploads/2021/09/Safe-and-Sustainable-by-Design-Report-Boosting-innovation-and-growth-within-the-European-chemical-industry.pdf>
- 18 Together for Sustainability (Tfs). 参照: <https://tfs-initiative.com/>
- 19 Chemicals sector SDG Roadmap, World Business Council on Sustainable Development.  
参照: [https://docs.wbcsd.org/2018/07/Chemical\\_Sector\\_SDG\\_Roadmap.pdf](https://docs.wbcsd.org/2018/07/Chemical_Sector_SDG_Roadmap.pdf)
- 20 Tickner et al, Environment: Science and Policy for Sustainable Development (2021年)
- 21 Chemical Industry Methodology for Portfolio Sustainability Assessments (PSA), World Business Council for Sustainable Development (2018年10月) 参照: <https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Resources/Chemical-Industry-Methodology-for-Portfolio-Sustainability-Assessments>
- 22 Transitioning the Chemical Industry: The Case for Addressing the Climate, Toxics, and Plastics Crises, Joel Tickner, Ken Geiser & Stephanie Baima, Environment: Science and Policy for Sustainable Development (2021年)  
参照: <https://doi.org/10.1080/00139157.2021.1979857>
- 23 Green Chemistry: Theory and Practice, P T Anastas and J C Warner, Oxford University Press, Oxford (1998年)
- 24 The Green Chemistry & Commerce Council (GC3) 参照: <https://greenchemistryandcommerce.org/>
- 25 GC3 Startup Network. 参照: <https://greenchemistryandcommerce.org/startup-network/>
- 26 Cefic Future Chemistry Network. 参照: <https://cefic.org/thought-leadership/future-chemistry-network/>

- 27 "Forsaking funding at a 1 billion valuation, Solugen preps a new gen chemical product and a big 2021", Jonathan Shieber, Tech Crunch (2021年1月) 参照: <https://techcrunch.com/2021/01/21/forsaking-funding-at-a-1-billion-valuation-solugen-preps-a-new-green-chemical-product-and-a-big-2021>
- 28 P2 Science. 参照: <https://p2science.com/about-us/>
- 29 DexLeChem. 参照: [http://www.dexlechem.com/home\\_en](http://www.dexlechem.com/home_en)
- 30 Lygos. 参照: <https://lygos.com/>
- 31 Green Earth Institute. 参照: <http://www.gei.co.jp/en/>
- 32 Solugen. 参照: <https://solugen.com/about>
- 33 Green Chemistry a Strong Driver of Innovation, Growth, and Business Opportunity, Golden et al, Green Chemistry & Commerce Council and University of Massachusetts Lowell (2021年10月)  
参照: <https://greenchemistryandcommerce.org/resources/publications>
- 34 "Eastman Chemical Company's quest to develop a safer solvent", Carol Perkins, GreenBiz (2016年9月)  
参照: <https://www.greenbiz.com/article/eastman-chemical-companys-quest-develop-safer-solvent>
- 35 Barriers to the Implementation of Green Chemistry in the United States, Matus et al, Environmental Science & Technology (2012年) 参照: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es3021777>
- 36 Green Chemistry a Strong Driver of Innovation, Growth, and Business Opportunity, Golden et al, Green Chemistry & Commerce Council and University of Massachusetts Lowell (2021年10月)  
参照: <https://greenchemistryandcommerce.org/resources/publications>
- 37 UK Research and Innovation (UKRI) Interdisciplinary Centre for the Circular Chemical Economy, Loughborough University. 参照: <https://www.lboro.ac.uk/departments/chemical/research/centre-for-circular-chemical-economy/>
- 38 Chemical Recycling Poised to Take Off, Sreeparna Das, Plastics Technology (2021年1月)  
参照: <https://www.ptonline.com/articles/chemical-recycling-ready-to-take-off>
- 39 Slow Reactions: Chemical companies must transform in a low-carbon world, Jana Maria Hock, ShareAction (2021年9月)  
参照: <https://api.shareaction.org/resources/reports/Slow-Reactions-Chemicals-and-Climate.pdf>
- 40 Hazard vs. Risk; Who's the winner from a chemicals legislation perspective? ChemSec.  
参照: <https://chemsec.org/publication/risk-and-hazard/hazard-vs-risk/>
- 41 Towards Environmental Sustainability in Marine Finfish Aquaculture, Carballeira Braña et al, Frontiers in Marine Science (2021年4月) 参照: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.666662/full>
- 42 Aqua Nutrition Sustainability Report 2020, Cargill.  
参照: <https://www.cargill.com/doc/1432196768685/cargill-aqua-nutrition-sustainability-report-2020.pdf>
- 43 Can we reduce fertilizer use without sacrificing food production? Hannah Ritchie, Our World In Data (2021年9月)  
参照: <https://ourworldindata.org/reducing-fertilizer-use>
- 44 "Here's how precision agriculture could help farmers reduce fertilizer use", Emma Bryce, Anthropocene (2019年4月)  
参照: <https://www.anthropocenemagazine.org/2019/04/heres-how-precision-agriculture-could-help-farmers-reduce-fertilizer-use/>
- 45 Solving Marine Pollution, Olha Krushelnytska, World Bank Group (2018年9月) 参照: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/651521537901259717/pdf/130154-WP-PUBLIC-SolvingMarinePollution.pdf>
- 46 Project Catalyst. 参照: <https://www.projectcatalyst.net.au/>
- 47 First Climate. 参照: <https://www.firstclimate.com/en/water-quality-credits/>
- 48 Reef Credit Scheme. 参照: <https://greencollar.com.au/reef-credits/>
- 49 Krushelnytska (2018年)
- 50 Nike Chemistry. 参照: <https://about.nike.com/pages/chemistry-restricted-substances-list>
- 51 Sephora Public Chemicals Policy (2019年7月)  
参照: <https://www.sephorastands.com/wp-content/uploads/Sephora-Public-Chemicals-Policy-July-2019.pdf>
- 52 Sephora Public Chemicals Policy 2nd Progress Update (2021年) 参照: <https://www.sephorastands.com/wp-content/uploads/Sephora-Public-Chemicals-Policy-2nd-Progress-Update-2021-.pdf>
- 53 How we work with chemicals, IKEA.  
参照: <https://about.ikea.com/en/sustainability/healthy-and-sustainable-living/how-we-work-with-chemicals>
- 54 Environmental Progress Report, Apple (2020年)  
参照: [https://www.apple.com/environment/pdf/Apple\\_Environmental\\_Progress\\_Report\\_2020.pdf](https://www.apple.com/environment/pdf/Apple_Environmental_Progress_Report_2020.pdf)
- 55 Chemicals, H&M Group. 参照: <https://hmggroup.com/sustainability/circular-and-climate-positive/chemicals/>
- 56 Our approach to the safety of products and ingredients, Unilever. 参照: <https://www.unilever.com/brands/Our-products-and-ingredients/Our-approach-to-the-safety-of-products-and-ingredients/>
- 57 Unilever to eliminate fossil fuels in cleaning products by 2030, Unilever. 参照: <https://www.unilever.com/news/press-releases/2020/unilever-to-invest-1-billion-to-eliminate-fossil-fuels-in-cleaning-products-by-2030.html>
- 58 Consumer goods giants team up for greener chemicals drive, Sarah George, Edia (2021年5月)  
参照: <https://www.edie.net/news/8/Consumer-goods-giants-team-up-for-greener-chemicals-drive/>

- 59 ASN bank talks with Unilever about microplastics in cosmetics, Plastic Soup Foundation (2020年7月) 参照: <https://www.plasticsoupfoundation.org/en/2020/07/asn-bank-talks-with-unilever-about-microplastics-in-cosmetics/>
- 60 The Estée Lauder Companies Publishes Methodology to Drive Sustainable Cosmetics Innovation & Strengthen Environmental, Social & Governance Commitments, Market Screener (2021年12月)  
参照: <https://www.marketscreener.com/quote/stock/THE-ESTEE-LAUDER-COMPANIE-12437/news/Estee-Lauder-The-Estee-Lauder-Companies-Publishes-Methodology-to-Drive-Sustainable-Cosmetics-Innov-37249658/>
- 61 ERASM. 参照: <https://www.erasm.org/>
- 62 Charter for Sustainable Cleaning, International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products.  
参照: <https://www.aise.eu/our-activities/sustainable-cleaning-78/charter-kpi-reporting.aspx>
- 63 Health Product Declaration® (HPD) Collaborative. 参照: <https://www.hpd-collaborative.org/>
- 64 Sumitomo Chemical, "Sustainability Data Book 2020".  
参照: [https://www.sumitomo-chem.co.jp/english/sustainability/files/docs/environmental\\_protection.pdf](https://www.sumitomo-chem.co.jp/english/sustainability/files/docs/environmental_protection.pdf)
- 65 Pfizer's Green Chemistry Program, Juan Colberg et al, ACS (2021年11月)  
参照: <https://communities.acs.org/t5/GCI-Nexus-Blog/Pfizer-s-Green-Chemistry-Program/ba-p/86557>
- 66 Slow Reactions: Chemical companies must transform in a low-carbon world, Jana Maria Hock, ShareAction (2021年9月)  
参照: <https://api.shareaction.org/resources/reports/Slow-Reactions-Chemicals-and-Climate.pdf>
- 67 Green and sustainable chemistry education: Nurturing a new generation of chemists: Foundation paper for United Nations Environment Programme Global Chemical Outlook II, Vania Zuin and Ingo Eilks, UNEP (2019年1月)  
参照: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/32621/GSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 68 Chemical companies tout green credentials whilst developing hazardous chemicals behind closed doors, ChemSec (2021年12月) 参照: <https://chemsec.org/chemical-companies-tout-green-credentials-whilst-developing-hazardous-chemicals-behind-closed-doors/>
- 69 The state of the chemical industry—it is getting more complex, McKinsey & Company (2020年11月) 参照: <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/the-state-of-the-chemical-industry-it-is-getting-more-complex>
- 70 Tickner et al, Environment: Science and Policy for Sustainable Development (2021年)
- 71 Chemical industry vision 2030: A European perspective, Kearney.  
参照: <https://www. Kearney.com/chemicals/article?/a/chemical-industry-vision-2030-a-european-perspective>
- 72 Tickner et al, Environment: Science and Policy for Sustainable Development (2021年)
- 73 Slow Reactions: Chemical companies must transform in a low-carbon world, ShareAction (2021年9月)  
参照: <https://api.shareaction.org/resources/reports/Slow-Reactions-Chemicals-and-Climate.pdf>
- 74 2022 chemical industry outlook, Deloitte (2021年)  
参照: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/energy-and-resources/articles/chemical-industry-outlook.html>
- 75 Tickner et al, Environment: Science and Policy for Sustainable Development (2021年)
- 76 同上
- 77 同上
- 78 Chemical industry vision 2030, Kearney
- 79 Getting to Zero Coalition. 参照: <https://www.globalmaritimeforum.org/getting-to-zero-coalition/ambition-statement>
- 80 ReSource Plastic. 参照: <https://resource-plastic.com/footprint-tracker>
- 81 The Alliance to End Plastic Waste. 参照: <https://endplasticwaste.org/About>
- 82 Operation Clean Sweep. 参照: <https://www.opcleansweep.org/>
- 83 Global Goals, Ocean Opportunities, United Nations Global Compact (2019年)  
参照: <https://d306pr3pise04h.cloudfront.net/docs/publications%2FGlobal-Goals-Ocean-Opportunities.pdf>
- 84 Sustainable Ocean Business Action Platform, United Nations Global Compact.  
参照: <https://www.unglobalcompact.org/take-action/ocean>
- 85 The Chemical Footprint Project. 参照: <https://www.chemicalfootprint.org/>
- 86 Safer Choice, EPA. 参照: <https://www.epa.gov/saferchoice>

本報告書に記載された情報の正確を期すために、あらゆる努力を行っていますが、エコノミスト・インパクトは第三者が本報告書の情報・見解・調査結果に依拠することによって生じる損害に関して一切の責任を負わないものとします。

**ロンドン**

20 Cabot Square  
London, E14 4QW  
United Kingdom  
Tel: (44.20) 7576 8000  
Fax: (44.20) 7576 8500  
Email: london@eiu.com

**ジュネーブ**

Rue de l'Athénée 32  
1206 Geneva  
Switzerland  
Tel: (41) 22 566 2470  
Fax: (41) 22 346 93 47  
Email: geneva@eiu.com

**ニューヨーク**

750 Third Avenue  
5th Floor  
New York, NY 10017  
United States  
Tel: (1.212) 554 0600  
Fax: (1.212) 586 1181/2  
Email: americas@eiu.com

**ドバイ**

Office 1301a  
Aurora Tower  
Dubai Media City  
Dubai  
Tel: (971) 4 433 4202  
Fax: (971) 4 438 0224  
Email: dubai@eiu.com

**香港**

1301  
12 Taikoo Wan Road  
Taikoo Shing  
Hong Kong  
Tel: (852) 2585 3888  
Fax: (852) 2802 7638  
Email: asia@eiu.com

**シンガポール**

8 Cross Street  
#23-01 Manulife Tower  
Singapore  
048424  
Tel: (65) 6534 5177  
Fax: (65) 6534 5077  
Email: asia@eiu.com