

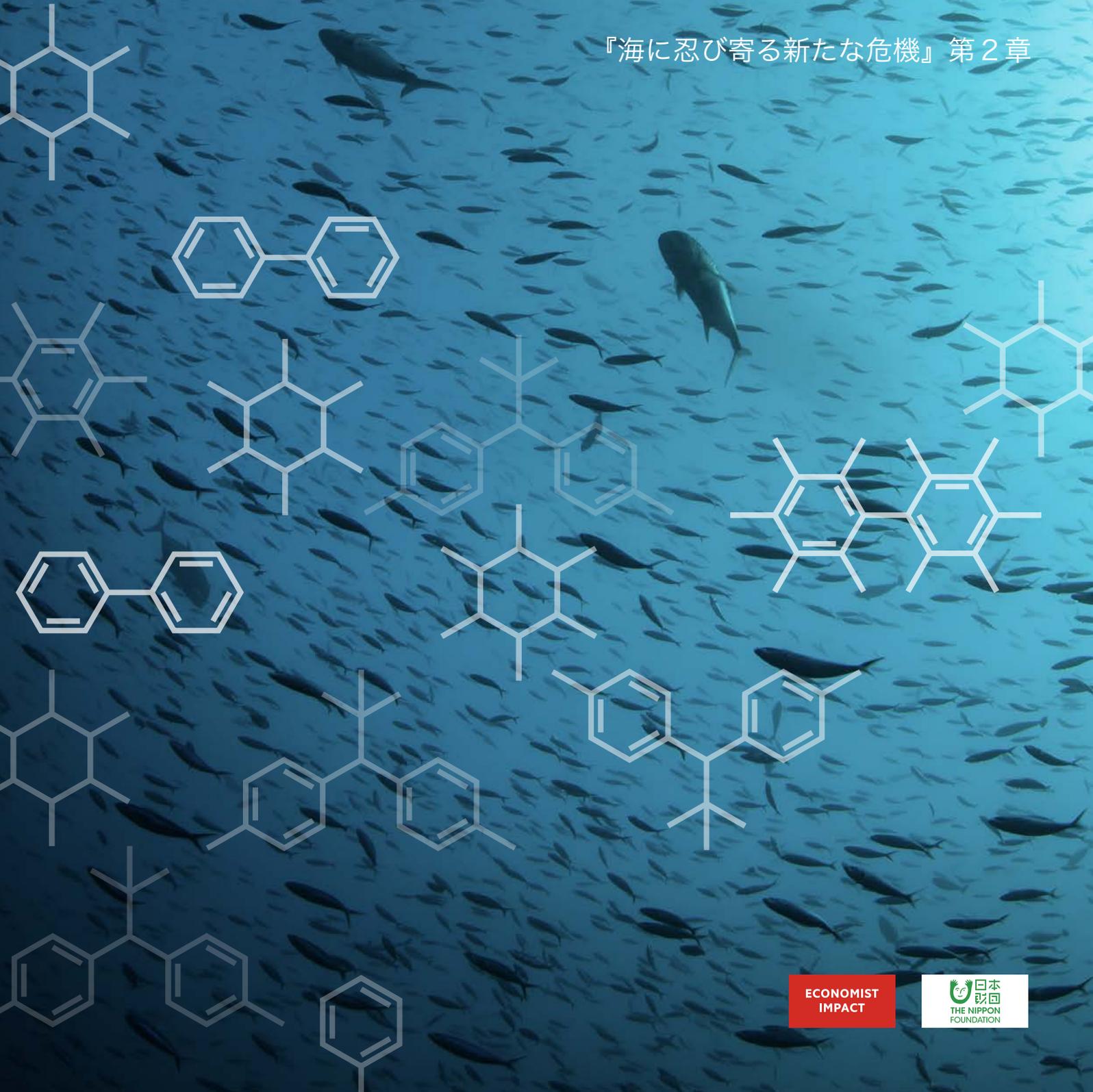


Back to Blue

An initiative of  
Economist Impact and The Nippon Foundation

# 海洋化学汚染の汚染源

『海に忍び寄る新たな危機』 第2章



## 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となっており、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。

## 第2章：汚染源

本章では、化学製品の製造前段階（原料となる石油・鉱物・金属の採掘等）から製造・使用、公共・民間セクターにおける処理・廃棄段階までのライフサイクル全体に焦点を当て、海洋化学汚染の発生源について検証する。

### 2.1 主要な論点

- **海洋化学汚染は、原料の採掘を含む化学セクターのバリューチェーン全体で拡散しており、生産拡大と監視体制の不備によってさらに悪化する見込みだ**  
化学セクターのバリューチェーンでは、石油・鉱物・植物・空気を原料に様々な製品が作られており、製造から廃棄までのあらゆる段階で汚染が生じている。こうした現状が懸念される理由は、世界有数の規模を誇る同セクターが急拡大していること、また主たる生産地が米国・ヨーロッパ・日本から規制環境が十分整備されていない新興国へシフトしていることだ。
- **化学メーカー・消費者・公共セクターは特に大きな汚染源となっている**  
化学物質は工業製品のほとんどに含まれており、ユーザーとなる企業・消費者・公的機関も深刻な汚染源となっている。
- **消費者**が使う殺虫剤・肥料・プラスチックは海の大きな汚染源となっており、医薬品・パーソナルケア製品による影響も深刻化しつつある。
- 浚渫・防衛産業を含む**公共セクター**では、軍用品の備蓄やその廃棄、難燃性化学物質の使用が汚染の原因となっている。
- **電子廃棄物 [e-waste]・未処理排水・プラスチック**がもたらす影響は過小評価されている。特に電子廃棄物は、適正にリサイクルされる割合が2016年時点でわずか20%だ。分解によってマイクロプラスチック・ナノプラスチックとなり、有害化学物質を拡散させるプラスチックも、未処理排水と並んで深刻な汚染源となっている。

○ **規制当局にはルールの厳格化・徹底、生産者には共通基準の遵守が求められる**

将来的に化学製品の生産拡大を牽引するのは、アジア太平洋・中東・アフリカなどの地域だ。特にアジアは、2030年までに工業化学製品（医薬品を除く）の売上の3分の2を占めると予測されている。域内諸国はこうした状況を考慮に入れ、市民・環境を汚染から守るための規制強化を早急に進めるべきだ。また対応能力が限られるこうした国々を後押しするため、国際社会にも対応の加速が求められる。責任意識を示し、汚染を軽減するためにも、化学セクターは（最低限の対策として）本拠地の基準を世界全体で適用する必要があるだろう。

○ **廃棄・処分段階を念頭に置いた製品設計は極めて重要だ**

汚染の軽減に向け、廃棄・処分段階まで考慮に入れた製品設計を取り入れる化学メーカーはごくわずかだ。工業製品の95%以上が、何らかの形で化学物質を使用することを考えれば、顧客となる製造企業にも同様の対応が求められる。

○ **気候変動に伴う自然災害や沿岸部都市の拡大も、深刻な汚染源となりつつある**

暴風雨の増加や海面上昇が工業施設にもたらすリスクは、十分に認識されていない。化学セクターはこうした危険性を考慮し、被害の予防・軽減に向けた対策を強化すべきだ。また過去数十年を通じた沿岸部都市の増加も、海洋環境に深刻な影響を及ぼしている。排水処理体制の改善をはじめとする汚染対策の推進は、自治体にとっても喫緊の課題だ。

汚染源となる化学物質を生産するのは化学メーカーだ。しかし、製品ライフサイクルには様々な段階があり、複雑な相関関係と多様なステークホルダーで成り立っている。そして、こうしたプレイヤーの全てが、有害化学物質の海洋流出に責任を負っている。

流出の経路は汚染物質の種類によっても大きく異なる。例えば、石炭火力発電所で発生する水銀は、大気中を長距離移動し、公海や極地などに拡散する。一方、陸上環境で使用されたPFASは、河川から海へ流出して汚染原因となる。

他にも、次のような流出経路が考えられる：

- 河川・海へ直接廃棄された工業排水・尾鉱\*
- 陸上環境で直接的に使用され、雨によって河川・海へ流出する化学物質（例：肥料・排水スラッジ [汚泥]）
- 家庭や工業・商業施設（例：ホテル・レストラン・病院）から流出する、未処理・処理不全の排水
- 雨水溝から河川・陸水生態系への流出
- 汚水処理タンク等から地下水へ漏出し、河川や海へ流出
- 散布された化学物質（例：農薬）が、雨によって地表から河川や海へ流出
- 海上の船舶による汚染物質の直接廃棄
- 海洋事故、汚染物質（例：化学兵器）の廃棄、異常気象・自然災害による陸上施設からの流出

\* 尾鉱：選鉱の結果生じる低品位の産物で、廃棄対象となる

**“海洋化学汚染のほとんどは陸上環境に由来するものだ。ある著名な統計によると、その割合は約80%にも上るといふ（残り約20%は海洋由来の汚染）。特に河川・湖沼などの淡水域は、直接的・間接的に大きな汚染経路となっている”**

このリストからも明らかのように、海洋化学汚染のほとんどは陸上環境に由来するものだ。ある著名な統計によると、その割合は約80%にも上るといふ（残り約20%は海洋由来の汚染）。特に河川・湖沼などの淡水域は、直接的・間接的に大きな汚染経路となっている。

しかし、独立系の海洋環境保護コンサルタント Peter Kershaw 氏によると、海洋由来汚染の影響は20%という数字が与える印象よりも深刻だ。

化学物質の放出量は種類・地域によって差があり、環境に与える影響は、化学物質の性質によっても変化する。つまり、特定地域で発生する海洋由来の汚染が、世界規模の化学汚染より大きな害をもたらすこともあるのだ。数トン規模の硝酸やその他化学物質、プラスチック細片を輸送中のタンカーが、火災によって2021年にスリランカ沖で沈没したケースはその典型的な例だろう<sup>1</sup>。

「この事故では、複雑な化合物が海洋流出したことで、同地域の繊細な生態系に深刻なダメージを与えた。流出した有害物質は比較的少量だが、被害は甚大だった」と同氏は指摘する。

Kershaw 氏は、汚染源とその影響を両方理解することが重要だと考えている。「それによって、輸送中の貯蔵方法や生産拠点で実施すべき規制など、包括的な対策を打ち出すことができる」からだ。

また20%という数字は、「海洋由来の汚染を“重要性で劣る”と過小評価する風潮につながりかねない。中国・インド・米国における殺生物剤 [biocide] の利用拡大といった問題と比べ、海洋由来の汚染は対策の効果が出やすい」といふのが同氏の見方だ。

しかし POPs や金属などの化学物質に関しては、この数字が有効な指標になる。「こうした化学物質による汚染は、ほとんどの場合に陸上で発生する」からだ。「ただし、陸上から海への流出経路は、水銀の場合は大気、窒素肥料や一部の殺生物剤の場合は河川、その他の物質は排水路など、物質の種類によって大きく異なる」といふ。

本報告書では、こうした複雑かつ多様な海洋化学汚染の経路を、(部分的に重複する)六つのカテゴリーへ分けることにする：

- 化学セクター
- 製品・製造過程に化学物質を使用する他のセクター
- 消費者
- 公共事業・レガシー化学物質
- 事故
- 廃棄物管理・処理施設

## 2.2 概論：主要汚染源と説明責任

世界の化学セクターは、数百社に上る多国籍企業から数千社の小規模企業まで、様々な企業で構成されている。医薬品・基礎化学品など、数社の大企業が大きな影響力を持つ分野もあれば、無数のサブセクターに数千単位の企業がひしめく特殊化学品のような分野もある。

同セクターが総エネルギー需要に占める割合は約 10%と世界最大の規模を誇り<sup>2</sup>、地球温暖化ガス [GHG] 排出量も全体の 7%<sup>3</sup> を占める。しかし、数十年にわたって深刻化する海洋汚染の発生源はそれだけではない。

例えばサプライチェーンの川上では、石油・ガス・金属・鉱物といった原料を採掘する企業が大きな汚染源となっている。こうした原料は、大手化学メーカー（一部はエネルギー企業の子会社 [例：ExxonMobil Chemical]）によって

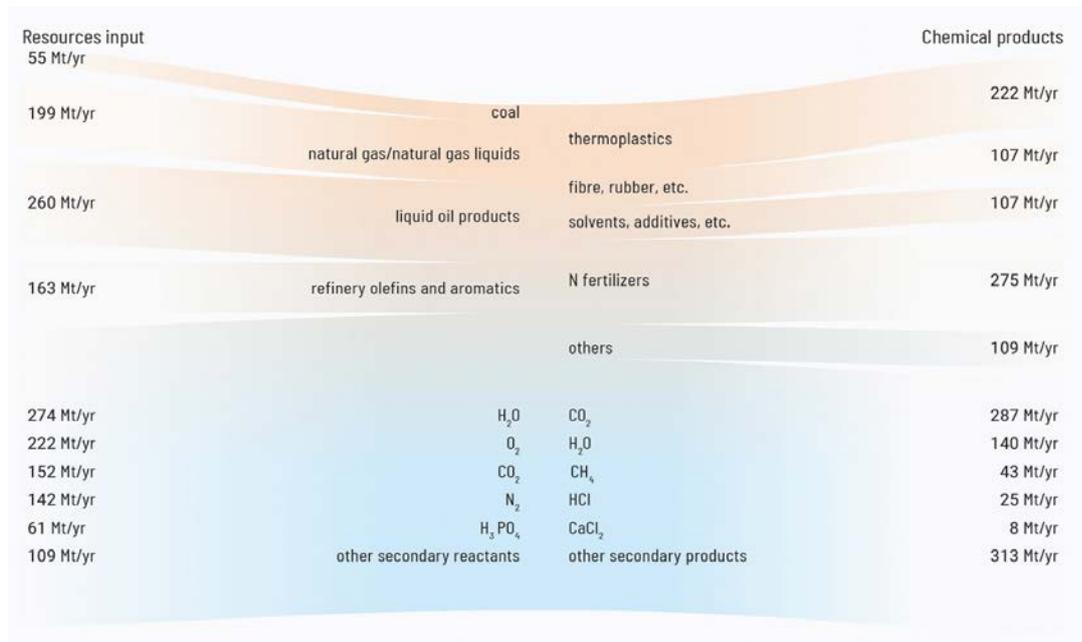
バルクケミカル\*へと精製され（下図参照）、その後小規模企業によってさらに中間化学製品・特殊化学製品へと加工されることが多い。

サプライチェーンの川下には、工業製品・消費者向け製品の原料としてこうした化学物質を利用する企業、これらの製品を使用する工業セクター・公共セクター・消費者、さらには廃棄・処分を担う公共・民間セクターの廃棄物管理業者がいる（下図参照）。

\* バルクケミカル [bulk chemicals]：標準的な化学反応によって大量生産される化学物質

### 化学セクターによるインプット・アウトプット (2013年)

2018年の研究によると、化石燃料とその派生製品は化学セクターによるインプットの最も大きな割合を占めている（約 6.7 億トン）。残りの 9.6 億トン占めるのは、水・酸素・二酸化炭素・窒素・リンや、その他の二次反応物だ。一方、アウトプットの大きな割合を占めるのは、二酸化炭素・窒素肥料・熱可塑物質と、その他二次生産物で、合計 11 億トンに達する。



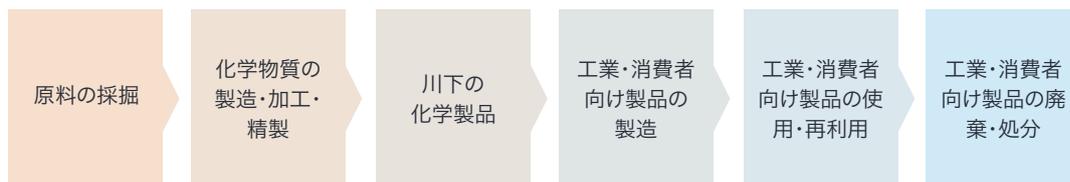
資料：Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)

化学セクターのバリューチェーン（下図参照）では、化石燃料・鉱物・植物・空気などを原料とし、実に様々な製品が作られている。プラスチック・塗料・石油化学製品・爆薬・農薬・産業用ガスや総合化学製品、先端高分子などの特殊化学製品、食品・医薬品といった産業向けの中間体などはその一例だ。

こうしたバリューチェーンの拡大・複雑化は現在も進行しつつある。本報告書の文脈で重要な点は、同セクターが直接的（深海・沿岸部における石油・金属・鉱物の採掘など）、間接的な（河川・海への未処理・処理不全の排水放出など）形で汚染悪化の要因となっていることだ。また気候変動の加速に伴い高潮・台風などの自然災害が増加する今後、事故による海洋汚染も深刻化する可能性が高い。

### 化学物質のライフサイクル：原料から廃棄まで

化学物質汚染は製造・使用にまつわる全ての段階で発生する。国連環境計画によると、最大の汚染源となっているのは、鉱業・農業・排水処理・電力・化学メーカー・製造業・廃棄物処理といった業種だ。



資料: Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)

### 化学セクターのバリューチェーン

原料	基礎化学品	中間物	処方製品・生成物	化学セクターの顧客企業
	オレフィン（エチレン・プロピレン・ブチレン） 芳香族（ベンゼン・トルエン・キシレン） 塩素アルカリ（塩素・苛性ソーダ） メタノール バイオ素材（例：砂糖・でんぷん・天然油・酸） その他（例：アンモニア・リン）	日用品 差別化商品 特殊化学製品	プラスチック・エンジニアリング樹脂 押出フィルム・パイプ・プロファイル・コーティング・シート・発泡体 中空成形品 射出成形部品 合成物 合成繊維 ゴム製品 塗料・メッキ 接着剤・封止材 潤滑剤 水処理製品 洗剤 工業化学物質 難燃剤 その他	自動車・運輸 消費者向け製品 包装材 建築 娯楽・スポーツ 工業 医療 製薬 パーソナルケア製品 繊維 電気・電子機器 航空宇宙 食品 バイオベース素材

資料: Chemical Sector SDG Roadmap, World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2018年)

### バイオベースの化学原料

近年見られるバイオベース化学原料の利用拡大は、海洋化学汚染の潜在的要因として注目に値する。

その大きな背景となっているのは、脱化石燃料と持続可能な生産活動を求める声の広まりだ。代替原料となる穀物・木材パルプへの関心は高まっており、バイオベースの化学製品が市場全体に占める割合は、2025年までに現在の11倍（22%）に拡大すると予測されている<sup>5</sup>。

だがこうした製品の生産には、海洋汚染の原因となる肥料・農薬が使われる恐れもある。環境メリットの減少を避けるためにも、代替原料へのシフトは厳密な管理の下で進める必要があるだろう。

またバイオベース化学原料の多くは、廃棄・処分段階で既存原料と同じ問題を抱えている。単に代替原料を使用するだけでは、効果が気候変動の分野に限られ、必ずしも海洋化学汚染の軽減につながらないのだ。

**“20世紀の大部分を通じて生産はヨーロッパ・北米・日本などのOECD諸国で行われてきた。しかし大手多国籍メーカーが生産能力を拡充する手段として、非OECD諸国に拡大進出するようになった。また中国・中東諸国の企業による市場シェアの拡大も進んでいる”**

#### 化学セクターの現状

医薬品を除く化学セクターの売上高は、2020年時点で3.5兆ユーロ（約451兆円）と、医薬品市場に次ぐ世界第2の規模を誇る<sup>4</sup>。European Chemical Industry Council [欧州化学工業評議会 = Cefic] の推計によると、医薬品も含めた場合の売上高は5兆ユーロ（約

645兆円）で、2001年時点の2兆ユーロ（約258兆円）から大幅に増加している<sup>6</sup>。

Ceficは、同セクター（医薬品市場を除く）の売上高が2030年までに世界全体で6.2兆ユーロ（約838兆円）に達すると予測しており、中国市場はその半分程度を占める見込みだ<sup>7</sup>。またOECDの試算によると、世界全体の市場価値も2060年までに約22兆ドル（約2530兆円）へと拡大<sup>8</sup>。売上増加に伴って、生産能力も2017年時点で23億トンに増加（2000～2017年にかけて倍増）しており、今後も拡大する可能性が高い<sup>9</sup>。

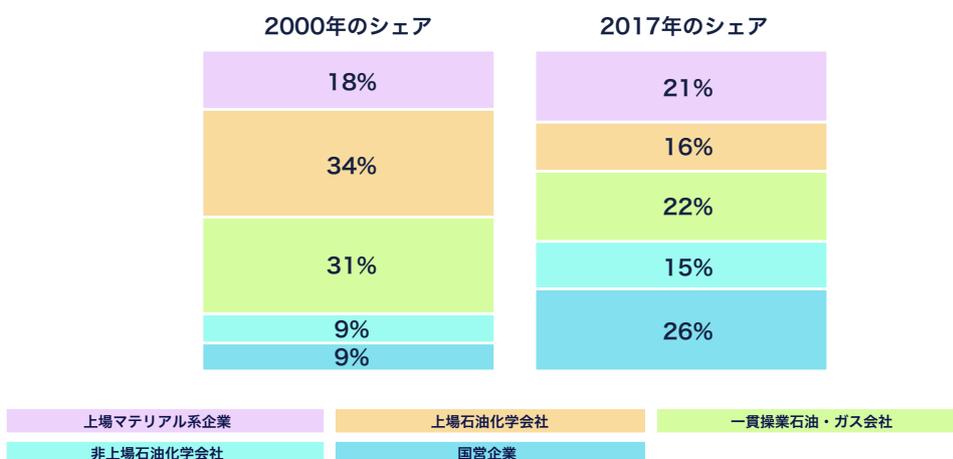
同セクターの将来的動向については第6章で詳しく取り上げるが、現状を理解するには、過去数十年に起こった三つの大きな変化を理解する必要がある。一つ目は主要生産地の変化だ。20世紀の大部分を通じて生産はヨーロッパ・北米・日本などのOECD諸国で行われてきた。しかし大手多国籍メーカーが生産能力を拡充する手段として、非OECD諸国に拡大進出するようになった。二つ目に起こった変化は、中国・中東諸国の企業による市場シェアの拡大だ。

三つ目の変化は、中国や中東諸国による市場シェアが拡大するに伴って国有企業の存在感が高まったことが挙げられる。結果として世界全体の売上高に占める国有企業の割合は2017年時点で26%に増加している（2000年時点の約3倍）<sup>10</sup>。

もう一つ注目に値するトレンドは、ナノマテリアル・除草剤・殺虫剤をはじめとする合成化学物質の台頭だ。こうした製品の多くは、人体・環境への影響が解明されておらず、その一部からは内分泌かく乱物質が検出されている。Lancet Commission [ランセット委員会] は、2017年に発表した環境汚染と健康

### 世界全体のシェアに占める割合（2000～2017年：企業種別）

国有企業は最小プレーヤーであった2000年時点の9%から2017年の26%へと市場シェアトップを占めるに至った。また、一貫操業石油・ガス会社と上場石油化学会社のシェアが合計65%から38%へ低下する一方、非上場石油化学会社の割合は9%から15%へ増加している。



資料: Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)

被害に関する報告書でこの状況について触れ、「公衆衛生・環境保護体制が十分でない低・中所得国への生産拠点シフトが加速すれば、事態はさらに深刻化する可能性がある」として懸念を示している<sup>11</sup>。

世界最大の生産国である中国は、2020年時点で売上全体の約45%を占めている。次いで大きな割合を占めるのは、アジア（中国・日本・韓国を除く）・NAFTA・EUの国々だ<sup>12</sup>。2000年以降に急成長を遂げているのは中国・中東諸国・インドで、今後はアジア太平洋地域・中東・アフリカ諸国の台頭が見込まれる<sup>13</sup>。特に工業化学製品（医薬品を除く）の売上高に占めるアジア諸国の割合は、2030年までに約3分の2へと拡大する可能性が高い（次ページの図参照）<sup>14</sup>。こうしたトレンドの加速に伴い、海洋化学汚染対策の必要性はさらに高まるだろう。

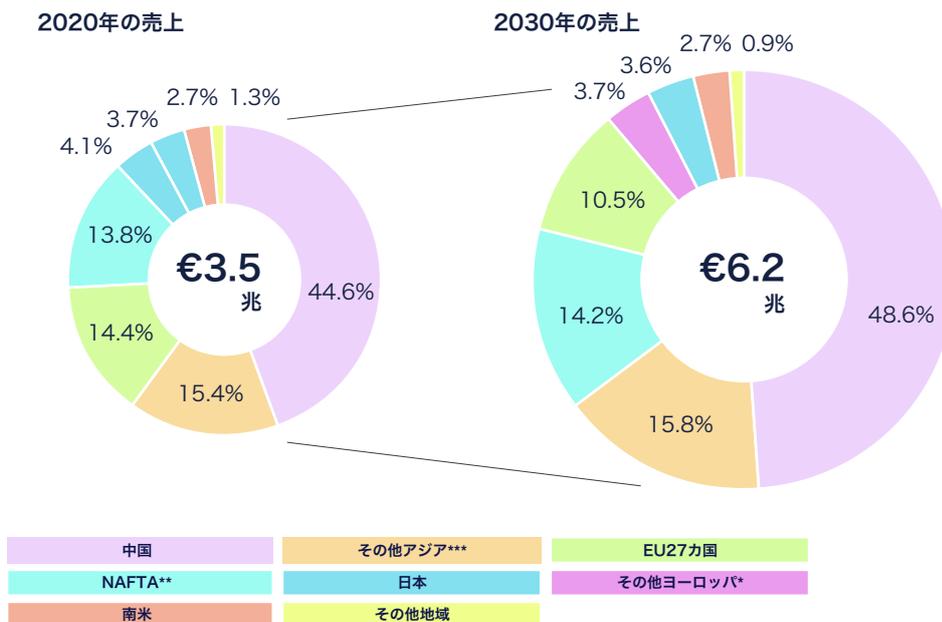
### 2.3 企業：化学メーカー

非OECD諸国における過去数十年の生産拡大は、数十兆ドルの市場規模を誇る化学セクターにとっても大きな変化だ。国連による報告書『Second World Ocean Assessment II』[世界海洋アセスメント第2版＝WOA II]も、大西洋地域から太平洋地域への生産拠点シフトに言及し、2030年までに後者を拠点とする企業が70%に増加すると予測<sup>15</sup>。新製品のさらなる開発に伴い、海洋環境への汚染物質流出が増える可能性を指摘している。

製品自体だけでなく、製造過程に生成された化学物質も深刻な影響をもたらす恐れがある。世界の多くの地域で肥料・農薬・医薬品・難燃剤・PFAS等の生産が拡大すれば、問題はさらに深刻化するだろう。

### 化学製品売上高の推移予測：2020～2030年

アジア諸国における工業化学製品（医薬品を除く）の売上高は、今後も大きな割合を占める見込み。



\* その他ヨーロッパに含まれるのは、英国・スイス・ノルウェー・トルコ・ロシア・ウクライナ  
 \*\* 北大西洋自由貿易地域  
 \*\*\* 中国・日本・韓国を除くアジア諸国

資料: 2022 Facts and Figures of the European Chemical Industry, Cefic (2022年)

生産拡大に伴い、もう一つの懸念材料となるのは、分野によって異なる資源効率の問題だ。現在の化学セクターで最も資源効率が低いのは製薬産業で、最終製品1kgあたりの廃棄物量が25～100kgと、基礎化学品（1～5kg）・精製化学製品（5～50kg）をはるかに上回っている（次ページの表参照）<sup>16</sup>。つまりバリューチェーンの川上に行けば行くほど、資源効率は悪化し、廃棄物の量が増加するのだ。

バルクケミカル・メーカーと製薬会社では生産量が大きく異なるなど、分野ごとの違いがあるのは確かだ。しかし廃棄物の相対的発生

量を把握する意味で、こうした比較は有効と言える。

有害廃棄物の発生量を記録する国は限られているが、米国・EU諸国・中国などでは統計が取られている。こうした国々のデータを活用すれば、化学セクターが排出する有害廃棄物の割合をある程度推測できる。

例えば米国では、2011年に発生した有害廃棄物に占める基礎化学品メーカーの割合が56%に上った（こうした廃棄物の多くは製造拠点で処理される）。また石油・石炭製品

### E ファクター：化学セクターの資源効率

E ファクターは製品一単位あたりに発生する廃棄物量を示す指標。例えば“10”は、製品1kgごとに10kgの廃棄物が発生することを示す。

業種	年間の廃棄物量(トン)	Eファクター(製品1kgあたりの廃棄物量[kg])
石油精製	10 <sup>6</sup> -10 <sup>8</sup>	<0.1
バルクケミカル	10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup>	<1-5
ファインケミカル	10 <sup>2</sup> -10 <sup>4</sup>	5-50
医薬品	10-10 <sup>3</sup>	25- >100

資料: Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)

メーカーは19%、農薬・肥料メーカーは5%を占めている<sup>17</sup>。一方EU諸国では、化学・製薬セクターが2015年時点で13%、石油会社は8%を占める<sup>18</sup>（域内最大の発生源は廃棄物・排水管理セクターで51%）。

製造過程で発生する汚染物質の流出経路はいくつかある。その一つは、特定の場所から流出するケースで、“点汚染源” [point source] と呼ばれる。河川・海への排水の直接廃棄や排水処理施設などはその一例だ。多くの排水処理施設は、化学物質のろ過機能を備えておらず、世界全体で排出される都市・工業排水の80%以上は、処理が不十分なまま環境へ流出している<sup>19</sup>。

大気降下も主要な流出経路の一つだ。例えば、プラスチックの製造過程で使われる石油化学製品の生成には天然ガスが使われるが、海洋酸性化の原因となる大量の二酸化炭素・酸化窒素がこの工程で大気へ放出される<sup>20</sup>。その他にも陸上環境からの漏出、汚染地下水の浸透<sup>21</sup>、不法投棄や過去に行われた直接廃棄<sup>22</sup>、産業廃棄物埋め立て地の汚染スラッジ [汚泥]

などは深刻な流出経路となっている。過去に行われた直接投棄の例としては、DDTを含む推定約50万バレルのスラッジがカリフォルニア州沿岸部に廃棄されたケース<sup>23</sup>、あるいは200万本のタイヤがフロリダ州の沿岸部に廃棄されたケースがある<sup>24</sup>。

化学製品の製造拠点も重要な汚染源だ。「製造施設は大量の水を使用するため、河川・海へ近い場所に建設されることが多い」と指摘するのは、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。「排水が処理施設を経由する地域もあるが、そうでない地域も多い」という。

同氏によると、処理施設のない地域では有害化学物質が海へ流出する可能性が高まる。河川・海などへ直接排出される、あるいは埋め立て地に廃棄され、地下水・大気を経由して海へ到達するといった経路が一般的だ。

「例えば、我々が海で検出したペルフルオロオクタン酸 [PFOA] は、主に製造施設から流出したものだ。流出した PFOA は残留性・移動性が高いため、ほぼ例外なく海へ到達する」という。

### “一部の化合物は排水処理施設で除去できるが、残留性が非常に高い化学物質は処理が難しいのが実状だ”

一部の化合物は排水処理施設で除去できるが、「残留性が非常に高い化学物質は処理が難しい」のが実状だ。「除去率は化合物の性質によって大きく異なり、PFAS などはその割合が非常に低い」と同氏は指摘する。

多くの新興国と異なり、先進国では処理体制が比較的整備されている。例えばスイスは、排水に含まれる有機汚染物質の半減という目標を掲げ、処理施設の拡充に過去 20 年で 10 億ユーロ (約 1295 億円) を投じてきた<sup>25</sup>。しかし、こうした対策が問題解消につながるとは限らない。莫大な費用をかけて (エネルギー消費量の多い) オゾン処理施設・活性炭吸着装置を設置しても、残留性・移動性の高い有害化学物質を除去できない可能性があるからだ。汚染源が化学メーカーであっても、バリューチェーン内の他分野であっても、この状況は変わらない<sup>26</sup>。

#### 2.4 企業：その他のセクター

化学製品は、ほぼ全ての業種で使用されており、その流通構造は極めて複雑だ。ユーザーとなる業種には、陸上環境で使用する農業・鉱業・石油採掘・運輸・建設・防衛・観光など、そして海洋環境で使用する漁業・海運・深海採鉱などがある。

また消費者市場でも、電子機器・自動車・衣服・家庭用製品・玩具、あるいはその梱包に使われるプラスチック包装材など、多岐にわたる製品・用途で化学製品が利用されている。

こうした様々なセクターで使用される化学製品の用途は、大きく四つに分類することができる：

- 単独使用 — 製造過程で使われる洗浄溶剤など
- 化学物質の混合使用 — 農業・洗剤・消費者向けケア製品など
- 添加剤としての使用 — プラスチック (玩具等) へ柔軟性を与えるために添加されるフタル酸エステルなど
- 製品の部材として使用 — バッテリーの電解液など<sup>27</sup>

化学製品は世界全体に普及しており、汚染の全容を解明することは不可能に近い。しかし一部の国々では、排出量データを蓄積する取り組みが行われている。約 40 カ国の様々なセクターを対象に、化学物質数百種のデータを記録する、OECD の『環境汚染物質排出移動登録』 [Pollutant Release and Transfer Register = PRTR] はその一例だ。だが「対象化学物質のリスト化や、報告基準となる閾値、データ収集・公開に使われる単位の本一化」の必要性など、PRTR には依然として課題も見られる<sup>28</sup>。

もう一つの例は、米国環境保護庁 [EPA] による『Toxics Release Inventory』 [有害化学物質排出目録制度 = TRI] で、複数セクターにまたがる国内製造施設 2 万 1000 箇所を対象に、770 品目・33 種類の化学物質についてデータ

を収集している<sup>29</sup>。TRIによると、対象セクターの製造活動に伴う汚染物質の排出量は、2019年時点で307億ポンド（約1400万トン）に上っている。そのうち約90%についてはリサイクルや、燃料としての利用、処理が行われたが、残りの34億ポンド（約154万トン）は埋め立て地への廃棄、大気・水域への放出などの形で環境へ流出した（下図参照）。

EPAによると、埋め立て・地下埋設といった形で製造施設から排出された化学廃棄物は約100万トン。残りの約50万トンは、大気・水域への放出、敷地外での埋め立てといった形で流出している<sup>30</sup>。

多くの国では、規制やその施行・監視・徹底に向けた体制が十分整備されておらず、有害廃棄物という言葉の定義も「国や時代によって大きく異なる」のが実状だ<sup>31</sup>。また化学物質が発生源のレベルで監視・管理されないことも多く、汚染の実態がほとんど不明な場合もある<sup>32</sup>。

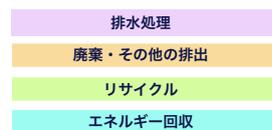
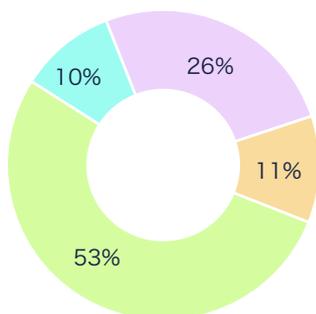
課題に直面する様々なセクターの中でも、次の三つは特に深刻な影響が懸念される：

- **鉱業**：特に大きな懸念材料となっているのは、陸上で発生した尾鉱の深海廃棄だ。尾鉱には硫化物やヒ素・カドミウム・水銀・

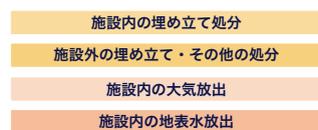
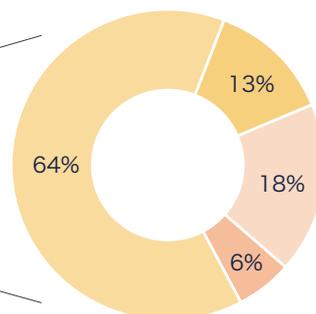
### 米国の製造施設における有害化学物質の処理と環境への流出量（2019年）

TRIは2万1000箇所の製造施設から排出される770品目・33種類の化学物質を対象としてデータを収集。鉱業・製造・有害廃棄物管理などのセクターが対象となっている。（排出リスクを伴う全ての工程で発生した）廃棄物の多くはリサイクル・処理・回収されたが、全体の約10%は環境へ流出している。

製造関連廃棄物（処理・回収済み・2019年）  
307億ポンド



環境流出（廃棄やその他の方法で排出）  
34億ポンド



注：重複計上を避けるため、右側のグラフではTRIの調査対象施設から搬出され、搬出先の施設（同じくTRIの調査対象施設）で排出された化学物質は除外している。両グラフの数値は四捨五入をしており、数値の合計値は100%にならないことに留意いただきたい。

資料：Introduction to the 2019 TRI National Analysis, EPA

“多くの国では、規制やその施行・監視・徹底に向けた体制が十分整備されておらず、汚染の実態がほとんど不明な場合もある”

鉛等の金属、化学処理物質、細粒堆積物といった様々な有害物質が含まれているため、深刻な海洋汚染の原因となる<sup>33</sup>。依然として黎明期にあるが、鉱物（例：リン酸塩・硫化物）や金属（例：ニッケル・銅・コバルト・マンガン）、グリーンテクノロジーや低炭素・持続可能な成長に不可欠なレアアースなどの物質を海底から採掘する<sup>34</sup> 深海採鉱も懸念が高まりつつある。深海採鉱によって発生する有害化学物質は、採掘対象によって異なる<sup>35</sup>。しかし陸上における鉱物資源埋蔵量の減少に伴い、企業・政府は海底資源への関心を高めており、深海採鉱がもたらす影響が深刻化することは間違いない。Kershaw氏が指摘するように、深海生態系に影響が及べば、グリーンテクノロジーそのものの信頼性が損なわれることになる。こうした事態を避けるためにも、持続可能な採鉱計画の策定・推進が不可欠だろう。

- **海運**：船舶のディーゼル機関から排出される窒素酸化物 [NOx]・硫化硫黄 [Sox] は、海洋化学汚染の大きな要因となっている。しかし通常海域よりも規制の厳しい排出規制海域 [Emission Control Area = ECA] が設けられたことで、排出規制海域においては SOx 由来の海洋酸性化には歯止めがかかる見込みだ。バルト海域を対象とした同様の規制では、窒素排出量が 40% 低下すると予測されている<sup>36</sup>。また低硫黄燃料や排ガス洗浄装置“スクラバー”

[scrubber] の利用により、SOx の排出量は世界的に減少する可能性が高い。ただし国連は、「(スクラバーから排出された) 排水に含まれる金属・多環芳香族炭化水素 [PAH] が深刻な汚染源になりつつある」として懸念を示している<sup>37</sup>。ヨーロッパの多くの港湾地域では既に影響が出始めており、米国・中国はスクラバー洗浄水の排出禁止措置を打ち出している。国際海事機関 [IMO] の MARPOL Convention [マルポール条約] など、船舶による海洋汚染の防止に向けた国際的連携を今後加速させる必要があるだろう<sup>38</sup>。

- **石油・ガス**：1 年間に処分・解体される石油プラットフォームの平均数は現在 120 基程度だが、今後さらに 2500 ~ 3000 基が対象となる見込みだ。国連は海洋環境汚染の「懸念が深刻化する領域の一つ」としてこの問題を挙げている<sup>39</sup>。北海を対象とした規制では、プラットフォームからのトップサイド [上載設備]・ジャケット [躯体] の切り離しが義務づけられているが、他の地域ではこうした措置が義務化されていない。例えば米国・東南アジア諸国では、海中構造物の一部を人工岩礁として使用することが認められているため、メキシコ湾海域には 500 以上の構造物が残ることになる<sup>40</sup>。また海底掘削に伴う化学物質汚染水（排出量は一日あたり 3950 万 m<sup>3</sup>）や、掘り屑の廃棄も大きな汚染源となっている<sup>41</sup>。こうした汚染水には、バックグラウンド濃度\*の 100 ~ 10000 倍のカドミウム・鉛・水銀・クロム、そして炭化水素・自然起源放射性物質などが含まれる<sup>42</sup>。

本報告書では十分なスペースを割くことが難しいが、企業活動に由来する汚染源は他にも数多くある。特に大きな懸念材料となっているのは、デジタル化の加速に伴う電子機器の生産拡大だ。世界の三大生産拠点となっているアジア（73%）・ヨーロッパ（14%）・南北アメリカ（12%）は、総生産量の99%を占めている。

電子機器の生産には、鉛・水銀・難燃剤・フタル酸エステルなどの有害物質をはじめとした化学物質が欠かせない<sup>43</sup>。こうした化学物質や製造過程で生成された副産物が不適正な方法で廃棄されれば、大気放出、埋め立て地からの漏出、河川への流出といった形で海洋汚染の原因となる。本報告書でさらに取り上げるように、処分・廃棄を念頭に置いた製品設計はほとんど普及していないため、海洋環境に及ぼす影響が極めて大きい。先進国が電子廃棄物の受け入れ先として長年利用してきた新興国では問題が特に深刻だ。

## 2.5 消費者

このカテゴリーに含まれるのは、上記二つのセクションで取り上げた企業の多くが製造に関わる製品で、携帯電話、テレビ、パーソナルケア製品、家庭用洗剤、あるいはその輸送に不可欠な自動車の燃料・タイヤなど多岐にわたる。

世界の多くの地域では、農業・畜産業が生計の一部、あるいは小規模事業として営まれている。こうした地域で多用される動物向け医薬品や、収穫量増加に使われる肥料・農薬もこのカテゴリーに含まれる。食糧農業機関 [FAO]

によると、世界全体で5.7億件存在すると言われる農場の約90%は小規模事業者であり、その多くは新興国の地方部に住む低所得層だ<sup>44</sup>。

農薬使用量が世界で最も多い地域はアジア（特に中国）で、2019年には1990年の2倍にあたる220万トンが消費されている（次ページの表参照）。1ヘクタールあたり使用量も3.7kgと、世界の平均値を1kg以上上回る。残りの大部分を占めるのは米国だ。（これらの数値は、商業・個人利用の両方を含む。）

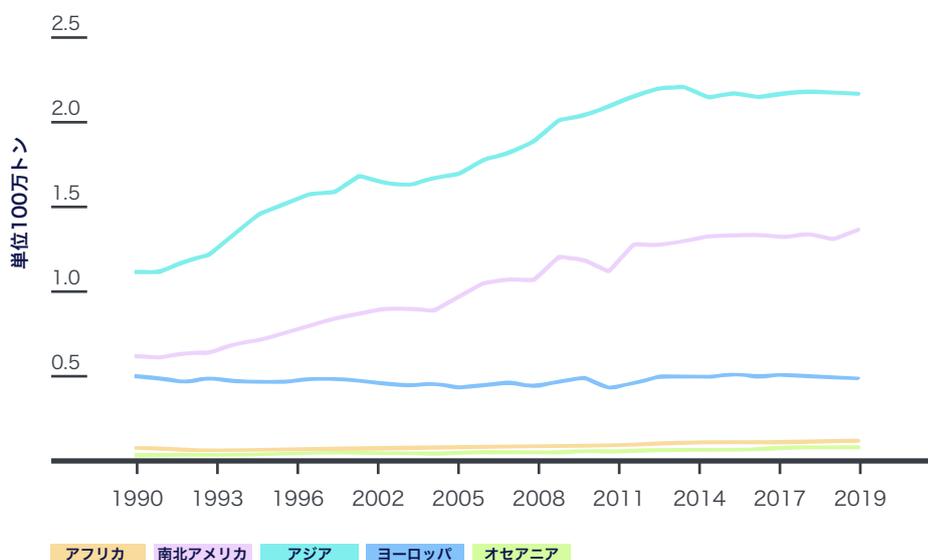
中国の農薬消費量は180万トンで、その他上位9カ国の合計値を上回っている<sup>45</sup>。その背景の一つとなっているのは、土地所有・移転を制限する同国の政策で、小規模農場による非効率的な農薬使用（殺虫剤を含む）の元凶となっている<sup>46</sup>。ある研究によると、制度上の歪みを是正すれば、農薬・肥料の使用（そして環境への影響）が半減し、所得倍増にもつながるといふ<sup>47</sup>。

同国の圧倒的な農薬消費量は、他の研究から流用したP.57の図でも明らかだ<sup>48</sup>。この研究は海水域の汚染レベルを検証していない。しかし、農薬が用水路を経由して海へ流出することを考えれば、ここに示されたリスクの度合いは海洋汚染にも有効だ。同研究の著者は、「農薬汚染や生物多様性損失、水不足のリスクが高い南アフリカ・中国・インド・オーストラリア・アルゼンチンなどの国々は、特に大きな懸念材料だ」と指摘している。

\*バックグラウンド濃度：汚染の影響を受けていない状態の濃度

### 農業使用量の地域別推移（1990～2019年）

農業使用量が最も多いのはアジアで、（米国と同様に）1990年以降急速に増加。ヨーロッパでは横ばい状態が続いており、アフリカ・オセアニアでも低いレベルにとどまっている。しかし人口増加が加速するアフリカでは、今後大きな伸びが見られる見込みだ。



資料:Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators 1990-2019, FAO (2021年)

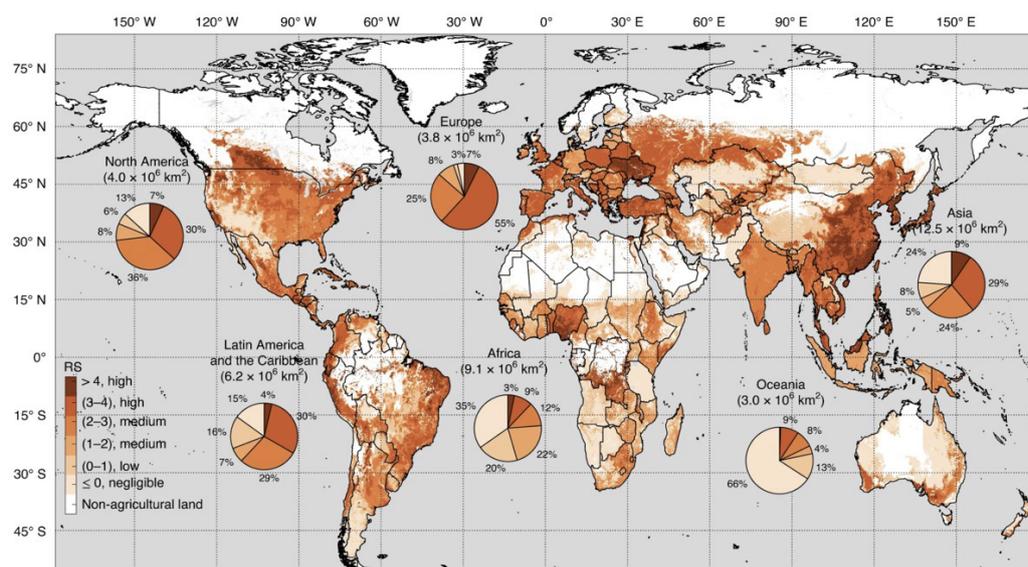
ただし1ヘクタールあたりの消費量という基準では事情が異なり、中国はトリニダード・トバゴ（25kg/ha）、セントルシア（20kg/ha）、エクアドル（14kg/ha）に次いで4番目だ<sup>49</sup>。また上位10カ国はいずれも海に面しているため（そのうち5カ国は小島嶼開発途上国 [SIDS]）、汚染物質が海洋環境へ流出する可能性は極めて高い。世界銀行は、カリブ諸島の海洋汚染に関する報告書で「農業で使われる農薬・殺虫剤は化学廃棄物の中で最も大きな割合を占めている」と指摘し、懸念を示している<sup>50</sup>。

また識字率が比較的低い新興国では、農薬の混用が横行している（先進国で使用禁止となった化学物質を含む）<sup>51</sup>。こうした混合農薬が、河川を經由して海洋環境にもたらす影響は深刻だ。

新興国でもう一つの汚染源となっているのは、金の人力小規模採掘 [artisanal gold-mining] だ。鉱石から金を取り出す際に使われる水銀は、気化して大気放出するため、環境へ深刻な影響をもたらしている（詳細については、P.59

### 農業汚染リスクのグローバル・マップ

引用元となった研究は、168カ国を対象とし、農業に含まれる有効成分92品目の環境汚染リスクを検証。環境内の残留物が、安全基準を上回るかどうかに基づいてスコア評価を行っている。基準の1000倍以上の残留物が検出された地域は、“高リスク地域”とされている。円グラフは、対象地域の農地をリスクレベルに応じて色分けしたもので、リスクが高ければ高いほど濃い色で示している。



資料: Risk of pesticide pollution at the global scale, Tang HM et al, Nature Geoscience (2021年)

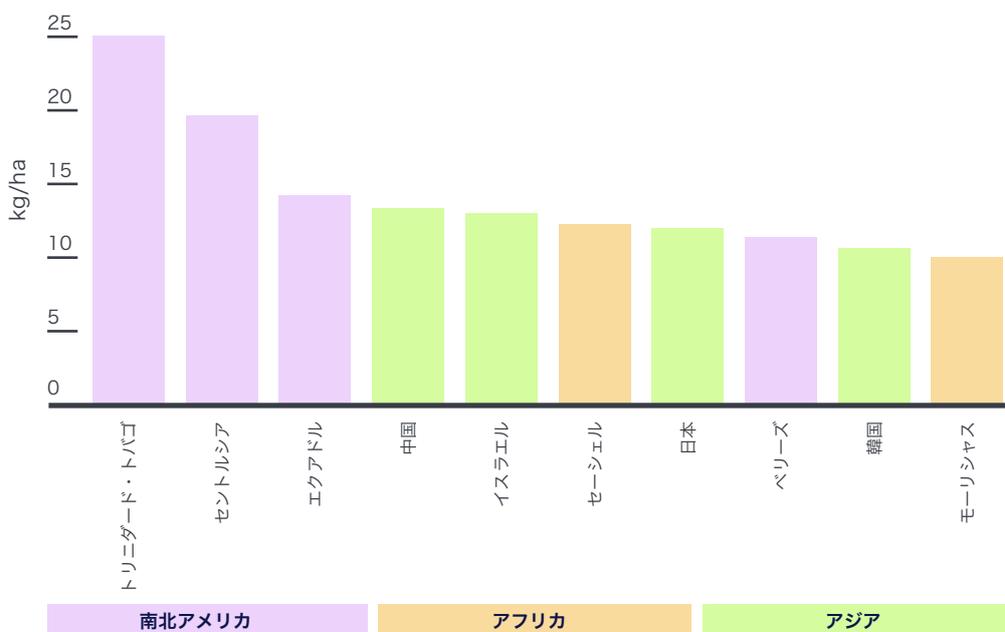
の囲み記事を参照)。水銀による人為的汚染源としては、38%と割合が最も大きい（2位は石炭火力発電 [21%]）<sup>52</sup>。

“消費者”カテゴリーに含まれるもう一つの物質は、娯楽活動に関するものだ。レジャー船舶の防汚塗料・殺生物剤（船底に貝・海藻類が付着するのを防ぐ）として使われるトリブチルスズ [TBT] の影響は、近年特に深刻化している。TBTは娯楽用ボートだけでなく、大型船舶にも使われるため海運セクターのセクショ

ンでも取り上げたが、世界自然保護基金 [WWF] は「意図的に放出される化学物質の中で最も毒性が高い」と懸念を示している<sup>53</sup>。

有機スズの一種であるTBTは、魚介類（特に貝類）への毒性が高く、低濃度でも生殖不能（雌に雄性生殖器官が形成される現象）を引き起こす恐れがある。雌が産卵不能に陥るため、商業漁業の対象となる貝類の個体数が大幅に減少している。

農地1haあたりの農薬使用量上位10カ国



資料：Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators 1990-2019, FAO (2021年)

TBTの船舶使用はロッテルダム条約によって2008年に禁止されたが、依然として市場には流通している。2021年に発表されたある研究によると、「TBTの使用状況は2014年以降大きく変化していない。同物質を含む塗料は現在も米国で生産されており、カリブ海・中央アメリカ諸国の店頭に並んでいる。過去7年間状況が変わらないどころか、むしろ流通網は拡大している可能性が高い」という<sup>54</sup>。

現在は代替防汚塗料が広く普及しているが、その影響を懸念する声も根強い。独立系海洋環境保護コンサルタントのKershaw氏は、「生物付着防止効果のある全ての塗料は殺生物剤と断言している。こうした塗料は経年劣化によって剥離するために汚染の危険性が高い」と警鐘を鳴らす。代替品がもたらす影響は、港・停泊場や自然保護区・サンゴ礁、公海の移動など、使用場所・目的によって大きく変わる可能性が高い。

**水銀：21世紀の代表的な高懸念化学物質**

水銀の語源となったローマ神話のメルクリウス [mercury] は、翼の付いた靴を履き、使者として空を飛び回る神として描かれた。21世紀を代表する高懸念化学物質の一つである水銀は、大気を通じて広く拡散するという意味でその名にふさわしい特徴を備えている。

水銀の有害性は既に広く知られており、2017年に発効した水俣条約 [水銀に関する水俣条約] の署名国は、「供給及び貿易の管理、使用量・排出量・放出量の削減」に向けた取り組みを進めている<sup>55</sup>。しかし国連環境計画によると、水銀の環境流出はむしろ増加しているのが実状だ。

2015年の試算によると、大気・河川を經由して海洋環境に放出される水銀の量は4100トンに上っている（右図参照）。

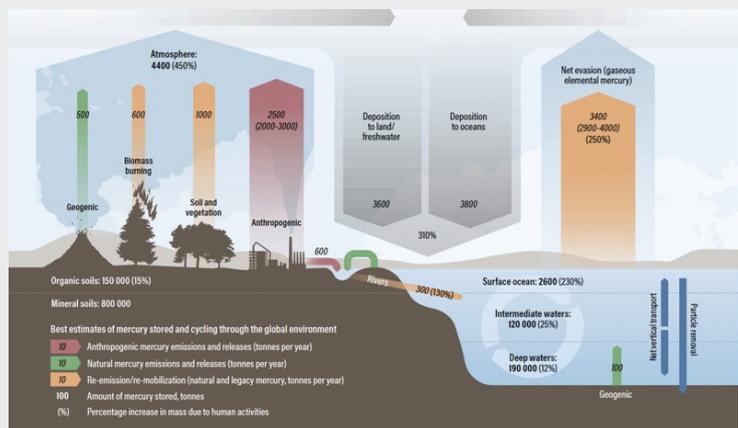
人力小規模採掘は、人為的活動の中で最大の汚染源となっている。次いで多いのが、石炭火力発電（21%）、非鉄金属・セメントの製造（合計26%）だ<sup>56</sup>。

水域に流出した無機水銀は、微生物によって毒性の高いメチル水銀へと変換され、食物連鎖の頂点に立つ捕食生物の体内に蓄積される。そのため、水産物を主な食料源とする地域の住民は、特に深刻な健康リスクに晒される。

例えば、6カ国の女性200名以上を対象とした研究では、太平洋島嶼部の対象者ほぼ全員の髪から、基準値（1ppm）を上回る水銀が検出された。他地域の対象者では、その割合が5人に1人とどまっている事を考えれば、汚染の影響は明らかだ<sup>57</sup>。

**水銀の循環**

人為的活動は水銀の循環と、土壌・海水への蓄積につながっている



資料: Global Mercury Assessment 2018, UNEP

**水銀の大気放出**

人為的要因による水銀の大気放出（地域・セクター別：2015年の推計）

	汚染源 (排出物/トン)				地域別合計 (変動幅)トン	世界全体に 占める割合 (%)
	化石燃料 燃焼	工業 セクター	意図的な使用 (生産廃棄物を 含む)	人力小規模 金採掘		
オーストラリア・ニュージーランド・オセアニア	3.57	4.07	1.15	0.0	8.79(6.93-13.7)	0.4
中央アメリカ・カリブ諸島	5.69	19.1	6.71	14.3	45.8(37.2-61.4)	2.1
CIS・その他ヨーロッパ諸国	26.4	64.7	20.7	12.7	124(105-170)	5.6
東・東南アジア	229	307	109	214	859(685-1430)	38.6
EU 28カ国	46.5	22.0	8.64	0.0	77.2(67.2-107)	3.5
中東諸国	11.4	29.0	12.1	0.225	52.8(40.7-93.8)	2.4
北アフリカ	1.36	12.6	6.89	0.0	20.9(13.5-45.8)	0.9
北米	27.0	7.63	5.77	0.0	40.4(33.8-59.6)	1.8
南米	8.25	47.3	13.5	340	409(308-522)	18.4
南アジア	125	59.1	37.2	4.50	225(190-296)	10.1
サハラ以南アフリカ	48.9	41.9	17.1	252	360(276-445)	16.2
世界全体	533	614	239	838	2220(2000-2820)	100.0

資料: Global Mercury Assessment 2018, UNEP

また医薬品・パーソナルケア製品（まとめて PPCPs と呼ばれる）も、消費者カテゴリーの中で重要な位置を占める汚染源だ。人・動物向け医薬品の生産量は、年間約 10 万トンに上っており、今後数十年でさらに増加する可能性が高い。市場には現在、少なくとも 3000 品目の PPCP が流通していると言われ、その数は毎年増加の一途を辿っている<sup>58</sup>。

**“世界人口の急速な拡大に伴い、化粧品・パーソナルケア製品・洗剤・医薬品の使用量が増加しており、沿岸部・海の生態系にかかる環境負荷は増加の一途を辿っている”**

世界の人口は急速に拡大しつつあるが、本報告書の対象となる沿岸部都市も例外ではない。1950 年時点でわずか 472 だった人口 10 万人以上の沿岸部都市は、2012 年時点で 2100 以上に増加している<sup>59</sup>。こうした流れを背景に、化粧品・パーソナルケア製品・洗剤・医薬品の使用量が拡大。急増する高齢人口の医薬品需要も加速している。高い購買力を持つ人口の世界的な増加に伴い、PPCPs の需要は今後も拡大するだろう。こうした流れを背景に、沿岸部・海の生態系にかかる環境負荷は、増加の一途を辿っている。

養殖魚介類を含む肉類の消費拡大も、動物向け医薬品の利用を後押ししている。その結果、都市排水処理施設に流入する化学物質の量も増加する見込みだ。上述の通り、こうした施設の多くは有害化学物質の処理能力を備えていないため、海洋生態系に及ぶ影響はさらに深刻化する可能性が高い。

## 2.6 公共事業・レガシー化学物質

このカテゴリーには、政府や化学製品を取り扱う公的機関、公共・防衛事業、あるいは保管・処分されたレガシー化学物質\*などが含まれる。

このカテゴリーに含まれる製品には、消費者向け製品と重複するものも多く（ウェアラブルデバイスやディスプレイなど）、不適正な処理が海洋汚染につながりやすい。武器・軍需品、山火事用消火剤、軍事施設の消火訓練用消火剤といったその他の製品は、このカテゴリー特有のものだ（消火剤には、水質汚染の原因となる PFAS が含まれている<sup>60</sup>）。

広く知られていないが、化学物質を含む軍需品の海中投棄は、20 世紀を通じて頻繁に行われてきた。2015 年に発表されたメタ分析\*\*によると、前世紀に日本・ロシア・米国・ヨーロッパ沿岸部で廃棄された軍需品は数十万トン規模に上る。米国とヨーロッパ（バルト海・北海は重点的な分析対象）は、特に影響が大きいという<sup>61</sup>。

特に大量廃棄されたのは、硫黄マスタード・ルイサイト・神経ガス・窒息剤・ヒ素化合物などだ。地域ごとに環境が異なるため、こうした物質の流出率を特定するのは難しい。しかし、複数の研究によって、海洋生物の慢性中毒が確認されている。また実験室における分析結果でも、埋め立て地の微生物叢\*\*\*に大きな変異が確認されており、「目に見えない深刻な変化が生態系に生じている可能性がある」という<sup>62</sup>。

バルト海域の環境監視を行う政府間組織 HELCOM [バルト海洋環境保護委員会]<sup>63</sup>

\* レガシー化学物質：禁止・制限対象、あるいは使用期限切れだが処理が行われていない化学物質

\*\* メタ分析：文献中に記載された統計量を統計的な手法で統合する分析

\*\*\* 微生物叢：ある特定の環境に生息する微生物の集まり・集合体

は、2013年に発表された報告書の中で、廃棄された化学戦資材（硫黄マスタード・ヒ素化合物・タブン・神経ガスなど）が合計4万トンに上ることを明らかにした<sup>64</sup>。特に神経ガスは、少量でも極めて毒性が高いと指摘している。同報告書によると、水柱から化学兵器物質・分解化合物は検出されていない。しかし、「こうした様々な化学物質・分解化合物が海洋環境にもたらす影響については、さらなる研究が必要だ」と結論づけている。また海中のこうした廃棄物は、漁業船舶にとっても深刻なリスクだ。例えば、バルト海で操業するトロール船の網から化学戦資材（その多くは硫黄マスタードを含む）が見つかった回数は、1968～1984年にかけて200回以上に上る<sup>65</sup>。

**“多くの国（特に廃棄物処理インフラが十分整備されていない国々）では、禁止対象あるいは使用期限切れとなった農薬の大量備蓄も深刻な問題だ。長年放置された大量備蓄は、存在自体が忘れられていることも多い”**

上述のメタ分析によると、こうした化学戦資材が魚介類の摂取を通じて人体にもたらすリスクは低い。しかし「底生生物を通じたヒ素の生体蓄積・濃縮、種形成の変化、脊椎動物・無脊椎動物の慢性毒性といった長期的影響をもたらす可能性は、現在のところ解明されていない」という<sup>66</sup>。またテクノロジーの進化に伴う海底開発の加速（ケーブル・パイプラインの敷設・掘削・底引漁など）によって、こうした廃棄物が掘り起こされる可能性も高まっている。「海底の化学戦資材が環境にもたらす影響は、依然として大きい」というのが同研究の結論だ<sup>67</sup>。

堆積物に含まれる重金属やPOPs、炭化水素、殺虫剤など<sup>68</sup>の漏出につながる港・停泊場、沿岸地域の浚渫も、深刻な汚染源だ<sup>69</sup>。例えば、オーストラリアのシドニー・ハーバーのトンネル建設プロジェクトでは、ダイオキシン・TBT・PCB・農薬・PFAS・重金属などを含む堆積物が浚渫によって拡散する可能性が指摘されている<sup>70</sup>。

また多くの国（特に廃棄物処理インフラが十分整備されていない国々）では、禁止対象あるいは使用期限切れとなった農薬の大量備蓄も深刻な問題だ。EMPAのZhanyun Wang氏によると、こうした殺虫剤は備蓄場所を特定するだけでも「大きな困難が伴う」という。

「長年放置された大量備蓄は、存在自体が忘れられていることも多い。また仮に見つかったとしても、適切に処理するのは至難の業だ。塩素殺菌された化学物質を燃やせば、ダイオキシンが発生しかねない。問題の重要性は理解されているが、解決策を見出すのは難しい。」

もう一つのレガシー化学物質として、同氏が危険性を指摘するのはPCBだ。製造されたPCBの約80%は依然として（変圧器などの形で）環境中にあり、目に見えない形で流出が進んでいる。第1章で取り上げたように、一部の国ではPCBが依然として使用されており、全廃期限も数年先の2025年だ（期限内の目標達成を既に断念した国もある）。

PCBが海洋生物にもたらす影響は、シャチの研究からも明らかだ<sup>71</sup>。ある研究者グループは、シャチから採取された体内組織のPCB濃度を

元にデータモデリングを作成。同物質がシャチの生殖・免疫機能に及ぼす深刻な影響を明らかにし、世界全体で個体数が半減する恐れを指摘している。特に英国・米国カリフォルニア州・日本・ブラジル・ジブラルタル海峡などに生息するシャチは、絶滅の可能性が極めて高いという<sup>72</sup>。

**“気候変動による海面上昇や、暴風雨の大型化、豪雨・洪水の頻発に伴い、自然災害による化学汚染は今後深刻化する可能性が高い”**

また同研究は、「今後100年のPCBの媒介作用に関する予測分析によると、工業地域近海のシャチ、さらに食物連鎖の上位で捕食を行うあらゆるシャチは、個体減少の大きなリスクに晒されている」と指摘。「PCB（の生産）は30年以上前に世界全体で禁止されている。しかし世界各地の海でシャチが直面する現状は、その持続的脅威を浮き彫りにした」と警鐘を鳴らしている<sup>73</sup>。

## 2.7 事故・災害

海難事故による化学汚染という言葉からまず思い浮かぶのは、タンカーから流出した原油により、砂浜・岩・海洋生物・海鳥などが油まみれになる光景だろう。

船舶事故が石油流出の大きな要因となっていることは確かだが、大規模な流出事故はそれほど多くない。流出量が7万トンを超える事故は、1999年までの10年間で年間平均35.8件発生したが、2009～18年にかけては6.4件に減少している。その要因は、安全対策が強化

されたこと、そしてシングルハル・タンカー（船体が一重構造のタンカー）の多くが寿命を迎えたこと、などが大きく寄与している<sup>74</sup>。

このカテゴリーに属する、もう一つの汚染源は自然災害だ。Munich Re [ミュンヘン再保険会社]によると、自然災害の発生頻度は1980年以降上昇の一途を辿っている（次ページの図参照）<sup>75</sup>。気候変動による海面上昇や、暴風雨の大型化、豪雨・洪水の頻発に伴い、自然災害による化学汚染は今後深刻化する可能性が高い。

化学メーカーの生産拠点の立地も大きなリスク要因だ。原料・最終製品の輸送手段として主に海運を利用する化学メーカーは、生産拠点を沿岸部あるいはその近隣地域に構えることが多い。

例えば2021年8月、メキシコ湾に面したルイジアナ州を襲ったハリケーン“アイダ” [Ida] は、5段階のうち2番目に強い“カテゴリー4”へ発達。その予測進路には、約600の有害化学物質製造・貯蔵施設があった。そのうち3分の2は、海岸線から80km以内に位置しており、「高潮・強風・豪雨の深刻なリスク」に晒されている<sup>76</sup>。

## 2.8 廃棄物管理・処理

最後のカテゴリーは、化学製品の廃棄・処理にまつわる要因だ。工業製品の95%以上は製造過程で「何らかの化学処理」を行っているが、廃棄・処分を念頭に入れた製品設計はほとんど行われていない<sup>77</sup>。プラスチックを含む多くの製品が、深刻な汚染源となっているのはそのためだ。

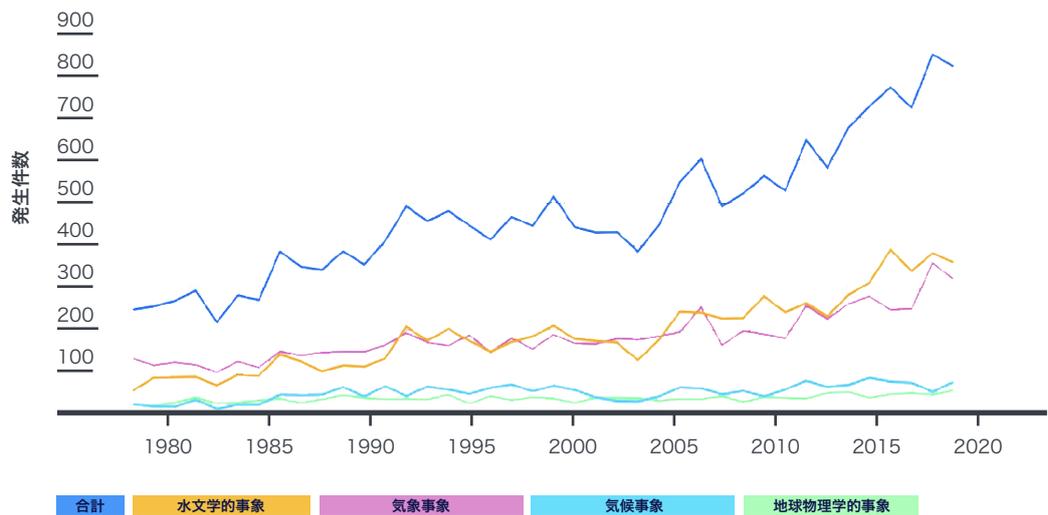
**“ 廃棄・処分を念頭に入れた製品設計はほとんど行われていないため、プラスチックを含む多くの製品が、深刻な汚染源となっている ”**

設計段階でこうした要因が考慮に入れられた場合も、安全性の問題が足かせとなることは多い。例えば電池の廃棄処分体制は、一部の先進国を除いてほとんど整備されていない。埋め立て地に使用済み電池が廃棄されれば、化学物質が地面へ漏出し、大気・河川を經由して海へ流れ込む可能性が高い。また多くの新興国では、鉛酸バッテリーが手作業でリサイクルされ、大量の有害物質が環境へ流出している<sup>78</sup>。

過去 50 年を通じた電子・電気機器の生産拡大に伴い、電子廃棄物の排出量（そして化学物質の含有量）も急速に増加している。世界全体の排出量は 2016 年時点で約 4500 万トンに達しており、2021 年までに 5200 万トンを上回る見込みだ。電子廃棄物の多くには、水銀・鉛・臭素化難燃剤といった汚染物質が含まれており、プラスチック製部品の多くにも有害な添加剤が使われている<sup>79</sup>。

電子廃棄物の排出量が最も多いのはアジア（2016 年時点で 1820 万トン）で、次いで多いのはヨーロッパ（1230 万トン）・米州（1130 万トン）だ。アフリカ・オセアニアは合計 290 万トンを排出している。

自然災害の発生件数推移（1980～2019年）



資料: Risks posed by natural disasters, Munich Re

電子廃棄物に関するもう一つの懸念は、リサイクル率が016年時点でわずか20%にとどまっている点だ。残りは埋め立て処分となるか、中古品として新興国へ送られ、貴金属を回収するために解体・焼却される。例えば、ガーナの首都アクラ近郊にある世界最大の電子廃棄物処理場アグボグブロシー [Agbogblosie] は海からわずか数キロの場所にあり、数万人規模のインフォーマル・セクター\*が先進国から送られた電子廃棄物の処理に携わっている。

**“ 汚染対策が先進国にとって大きな負担となることは言うまでもない。しかし新興国の多くは、化学汚染という専門的な問題へ対応するためのリソース・専門的知見が不足しており、規制体制や企業への影響力も限られている ”**

コンピュータ・テレビ・携帯電話・白物家電の解体では、部品・ケーブルを焼いて金属類を取り出す際に、難燃剤・臭素化ダイオキシン・塩素化ダイオキシン・フランなどプラスチック部品に含まれる汚染物質が放出される<sup>80</sup>。また多くの処分場では、PCB・PBDE・塩素化パラフィン [SCCP] なども検出されている<sup>81</sup>。こうした化学物質は、残留性が高く、分解されにくいいため、海洋生物へもたらす影響が大きい<sup>82</sup>。

過去10年間、中国・インド・パキスタン・ベトナム・フィリピンは、電子廃棄物の受け入れ国として大きな役割を担ってきた（全体の80%）。ガーナと同様、インフォーマル・セクターによる解体・焼却が行われてきたこれらの国々は、深刻な環境汚染に直面している<sup>83</sup>。Basel

Convention\*\* [バーゼル条約] には、電子廃棄物に関するいくつかの方策が盛り込まれているが<sup>84</sup>、国境を越えた不法投棄は依然として横行している。

不適正な埋め立て・焼却処分を通じた汚染原因となっているのは、電子廃棄物だけではない。毎年大量の消費者・企業向け製品が処分され、地下水・大気などを通じて汚染を拡散させている。こうした廃棄物の多くは毒性の高い化学物質を含んでいるため（次ページの表参照）、適正な処理・廃棄が行われなければ海洋汚染の原因となる。

問題をさらに深刻化させているのは、規制違反を承知の上で、あるいは規制を認識せずに有害物質を使用する企業の存在だ。スウェーデン化学物質庁 [Sweden Chemicals Agency] が2016年に実施した調査では、無作為に選択された154点の低価格電気製品（ヘッドフォン・自転車のライト・USBコネクターなど）のうち約40%から、基準値を超える禁止物質（鉛・SCCP・フタル酸エステルなど）が検出されている<sup>85</sup>。

また前述の通り、未処理排水も海洋化学汚染の大きな原因となっている。特に多くの低所得国では、有害物質（鉛・カドミウム・水銀等の重金属など）を含む未処理排水の割合が、全体の80～90%を占める<sup>86</sup>。排水処理施設が整備されている国々でも、医薬品・パーソナルケア製品の製造過程<sup>87</sup>あるいは最終製品<sup>88</sup>に使われる化合物のろ過機能を備えていないことが多い。

\* インフォーマル・セクター：公的な廃棄物処理の仕組みに組み込まれていないセクター

\*\* バーゼル条約：正式名称は『有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約』 [Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal]

意図せぬ汚染の原因となる製品・化学物質（既存研究をベースに作成）

製品	化学物質	研究例
耐熱カップ・食器	臭素化難燃剤（例：デカブロモジフェニルエーテル [decaBDE] ・テトラブロモビスフェノールA [TBBPA] ）	Samsonek and Puype 2013
電気製品	鉛	KEMI 2014
家庭由来の紙ごみ・段ボール	ミネラルオイル炭化水素・フタル酸エステル・フェノール・ポリ塩化ビフェニル・有害金属	Pivnenko et al. 2016
子供用玩具	ポリ臭素化ジフェニルエーテル [PBDEs] ・リン酸化難燃剤 [PFRs] ・可塑剤（例：フタル酸エステルなど）	lonas et al. 2014
包装材	ヘキサブロモシクロデカン [HBCDD]	Bodar et al. 2018
運動場・サッカー場のゴム製用具	多環芳香族炭化水素 [PAHs] ・フタル酸エステル・抗酸化物質（例：BHT・フェノール） ・ベンゾチアゾール及び派生物	Llompart et al. 2013, Bodar et al. 2018
持ち帰り用ピザ容器	フタル酸エステル・合成殺菌剤	Pieke, Smedsgaard and Granby 2018
食品サンプル各種	ビスフェノール	Liao and Kannan 2013
市販塩	マイクロプラスチック（例：ポリプロピレン・ポリエチレンなど）	Karami et al. 2017
はちみつ	ネオニコチノイド（例：アセタミプリド・クロチアニジン・イミダクロプリド・チアクロプリド・チアメトキサム）	Mitchell et al. 2017
レタス	各種の農薬	Skovgaard et al. 2017
食品サンプル各種	DDE（DDTの代謝産物） ・PCB同族体・PFOAなど	Schechter et al. 2010
ワイン	鉛（584ug/kg [2015年採取のサンプル] ）	WHO 2018
調理済みのカニ	ダイオキシン（WHO毒性等価係数：740pg/kg [2010年採取のサンプル] ）	WHO 2018

資料：Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)

Peter Kershaw 氏はこうした現状から、汚染対策に関する重要な点を指摘している。それは、問題への対応が新興国にもたらす負担だ。対策が先進国にとっても大きな負担となることは言うまでもない。しかし新興国の多くは、化学汚染という専門的な問題へ対応するためのリソース・専門的知見が不足しており、規制体制や企業への影響力も限られている。（ただし、国連環境計画は世界規模の化学物質規制データベースを提供している。同氏が指摘するように、120カ国以上を対象に約1万6000項目の規制が検索可能な同サービスは、新興国にとって有用な情報源になるだろう<sup>89</sup>。）

今後数十年間、新興国は人口拡大の中心地となる見込みだ。例えばアフリカの人口は、2100年までに2020年時点の約3倍にあたる40億人へ増加すると予測されている<sup>90</sup>。こうした流れが、人為的危機である海洋化学汚染に、複雑な影響をもたらす可能性は高い。

## 脚注

- 1 参照: <https://www.nbcnews.com/news/world/fire-ravaged-cargo-ship-sinks-sri-lanka-sparking-fears-environmental-n1271119>
- 2 参照: <https://www.iea.org/reports/chemicals>
- 3 Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)
- 4 Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)
- 5 2022 Facts and Figures of the European Chemical Industry, Cefic (2022年)  
参照: <https://cefic.org/library-item/data-files-xls-2021-cefic-facts-and-figures>
- 6 数値はCeficにEメールで提供されたもの (2022年1月)
- 7 Cefic (2022年)
- 8 Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)
- 9 同上
- 10 同上
- 11 The Lancet Commission on pollution and health, Landrigan P et al, Lancet (2018年) 参照: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0)
- 12 Cefic (2022年)
- 13 UNEP Global Chemicals Outlook II (2019年)
- 14 Cefic (2022年)
- 15 The Second World Ocean Assessment, United Nations (2021年) 参照: <https://www.un.org/regularprocess/woa2launch>
- 16 Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)
- 17 同上
- 18 同上
- 19 同上
- 20 IPEN (2018年)
- 21 WOA II, United Nations (2021年)
- 22 Ocean dumping is today covered by the IMO's London Convention and London Protocol; however, as seen here, there are many cases of legacy dumping that have created ongoing pollution problems. For more on the IMO agreements, 参照: <https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/Pages/London-Convention-Protocol.aspx>
- 23 LA's Coast was a DDT Dumping Ground, UC Santa Barbara Marine Science Institute (2020年)  
参照: <https://msi.ucsb.edu/news/las-coast-was-ddt-dumping-ground>
- 24 The Time Florida Dumped 2 Million Tires In The Ocean To "Help" Fish, IFL Science (2021年)  
参照: <https://www.iflscience.com/environment/the-time-florida-dumped-2-million-tires-in-the-ocean-to-help-fish/>
- 25 Reducing the Discharge of Micropollutants in the Aquatic Environment: The Benefits of Upgrading Wastewater Treatment Plants, Eggen R et al, Environmental Science & Technology (2014年)  
参照: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es500907n>
- 26 First Steps Toward Sustainable Circular Uses of Chemicals: Advancing the Assessment and Management Paradigm, Wang Z and Hellweg S, ACS Sustainable Chemistry & Engineering (2021年)  
参照: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.1c00243?ref=pdf>
- 27 同上
- 28 Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)
- 29 Introduction to the 2019 TRI National Analysis, EPA  
参照: <https://www.epa.gov/trinationalanalysis/introduction-2019-tri-national-analysis>
- 30 同上
- 31 Environmental Indicators: Waste, UN Stats 参照: <https://unstats.un.org/unsd/environment/hazardous.htm>
- 32 Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)
- 33 Aquatic Pollutants in Oceans and Fisheries, IPEN (2021年)  
参照: <https://ipen.org/documents/aquatic-pollutants-oceans-and-fisheries>

- 34 WOA II, United Nations (2021年)
- 35 IPEN (2018年)
- 36 Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)
- 37 同上
- 38 詳細：参照：[https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)
- 39 WOA II, United Nations (2021年)
- 40 同上
- 41 同上
- 42 同上
- 43 Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)
- 44 参照：<http://www.fao.org/economic/esa/esa-activities/smallholders/en/>
- 45 Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators 1990-2019, FAO (2021年)  
参照：<http://www.fao.org/food-agriculture-statistics/data-release/data-release-detail/en/c/1417434/>
- 46 Overuse of fertilizers and pesticides in China linked to farm size, Stanford Earth Matters (2018年)  
参照：<https://earth.stanford.edu/news/overuse-fertilizers-and-pesticides-china-linked-farm-size#gs.aojtpc>
- 47 同上
- 48 Risk of pesticide pollution at the global scale, Tang HM et al, Nature Geoscience (2021年)  
参照：<https://www.nature.com/articles/s41561-021-00712-5>
- 49 Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators 1990-2019, FAO (2021年)  
参照：<http://www.fao.org/food-agriculture-statistics/data-release/data-release-detail/en/c/1417434/>
- 50 Marine Pollution in the Caribbean: Not a Minute to Waste, World Bank (2019年)  
参照：<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2019/05/30/new-report-calls-for-urgent-action-to-tackle-marine-pollution-a-growing-threat-to-the-caribbean-sea>
- 51 参照：<https://www.pan-uk.org/poisonings-developing-countries/>
- 52 Global Mercury Assessment 2018, UNEP (2019年)  
参照：<https://www.unep.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018>
- 53 WWF calls on the IMO members to adhere to ban on a highly toxic chemical, WWF (2001年) 参照：[https://wwf.panda.org/wwf\\_news/?2373/WWF-calls-on-the-IMO-members-to-adhere-to-ban-on-a-highly-toxic-chemical](https://wwf.panda.org/wwf_news/?2373/WWF-calls-on-the-IMO-members-to-adhere-to-ban-on-a-highly-toxic-chemical)
- 54 An absurd scenario in 2021: Banned TBT-based antifouling products still available on the market, Uc-Peraza RG et al, Science of the Total Environment (2021年)  
参照：<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721054541>
- 55 参照：<https://www.mercuryconvention.org/en>
- 56 Global Mercury Assessment 2018, UNEP (2019年)  
参照：<https://www.unep.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018>
- 57 IPEN (2018)
- 58 WOA II, United Nations (2021年) 参照：<https://www.un.org/regularprocess/woa2launch>
- 59 同上
- 60 Dozens More Military Bases Have Suspected 'Forever Chemical' Contamination, Military.com (2020年)  
参照：<https://www.military.com/daily-news/2020/04/03/dozens-more-military-bases-have-suspected-forever-chemical-contamination.html>
- 61 Sea-dumped chemical weapons: environmental risk, occupational hazard, Greenberg M et al, Clinical Toxicology (2015年)  
参照：<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26692048/>
- 62 同上
- 63 HELCOMについて：参照：<https://helcom.fi/about-us/>
- 64 Chemical Munitions Dumped in the Baltic Sea: Report of the ad hoc Expert Group to Update and Review the Existing Information on Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea (HELCOM MUNI) (2013年) 参照：<https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/10/Chemical-Munitions-Dumped-in-the-Baltic-Sea-Report-of-the-ad-hoc-Expert-Group.pdf>
- 65 同上
- 66 Greenberg M et al (2015年)
- 67 同上
- 68 Aquatic Pollutants in Oceans and Fisheries, IPEN (2021年)  
参照：<https://ipen.org/documents/aquatic-pollutants-oceans-and-fisheries>

- 69 IPEN (2019年)
- 70 "Watchdog 'failing in oversight' of dredging of toxic harbour sludge", Sydney Morning Herald (2020年)  
参照: <https://www.smh.com.au/national/nsw/watchdog-failing-in-oversight-of-dredging-of-toxic-harbour-sludge-20200421-p54lqd.html>
- 71 Predicting global killer whale population collapse from PCB pollution, Desforges JP et al, Science (2018年)  
参照: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.aat1953>
- 72 Pollution threatens the future of killer whales, BBC (2018年)  
参照: <https://www.bbc.com/news/science-environment-45652149>
- 73 Desforges JP et al (2018年)
- 74 WOA II, United Nations (2021年)
- 75 参照: <https://www.munichre.com/en/risks/natural-disasters-losses-are-trending-upwards.html>
- 76 Almost 600 Louisiana sites with toxic chemicals lie in Hurricane Ida's path, NOLA.com (2021年)  
参照: [https://www.nola.com/news/environment/article\\_85d4a426-0835-11ec-80b5-0b11ebddb24b.html](https://www.nola.com/news/environment/article_85d4a426-0835-11ec-80b5-0b11ebddb24b.html)
- 77 The Global Chemical Industry: Catalyzing Growth and Addressing Our World's Sustainability Challenges, Oxford Analytics for the ICCA (2019年) 参照: <https://icca-chem.org/news/chemical-industry-contributes-5-7-trillion-to-global-gdp-and-supports-120-million-jobs-new-report-shows/>
- 78 Recycling using lead-acid batteries: health considerations, WHO (2017年)  
参照: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259447/9789241512855-eng.pdf>
- 79 Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)
- 80 Highest Level of World's Most Toxic Chemicals Found in African Free-Range Eggs: European E-Waste Dumping a Contributor, Basel Action Network (2019年)  
参照: <https://www.ban.org/news/2019/4/24/rotten-eggs-e-waste-from-europe-poisons-ghanas-food-chain>
- 81 同上
- 82 Restricted chemicals found in home electronics, Swedish Chemicals Agency (KEMI) (2016年)  
参照: <https://www.kemi.se/archives/news-archive/news/2016-12-13-restricted-chemicals-found-in-home-electronics>
- 83 Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)
- 84 参照: <http://www.basel.int/Implementation/Ewaste/Overview/tabid/4063/Default.aspx>
- 85 KEMI (2016年)
- 86 Global Chemicals Outlook II, UNEP (2019年)
- 87 Drugged waters—how modern medicine is turning into an environmental curse, UNEP (2018年)  
参照: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/drugged-waters-how-modern-medicine-turning-environmental-curse>
- 88 Pharmaceuticals in the aquatic environment of the Black Sea region: A status report, UNESCO and HELCOM (2017年)  
参照: <http://www.helcom.fi/Lists/Publications/BSEP149.pdf>
- 89 詳細: 参照: <https://chemreg.net/un-landing-page/>
- 90 参照: <https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/903>

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