

GEO-5 地球環境概観 第5次報告書 上

—— 私達が望む未来の環境 ——

前付け

第1章 駆動要因

第2章 大気

第3章 陸

第4章 水

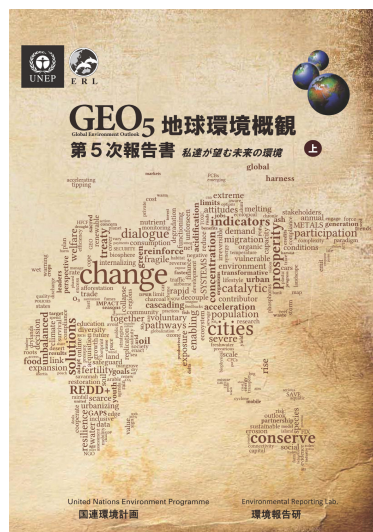
第5章 生物多様性

第6章 化学物質と廃棄物

第7章 地球システムの全体像

第8章 必要なデータの見直し

後付け



ここをクリックすると本の全体
を読むためのページが開きます。

2015年 10月 1日 発行

編 UNEP（国連環境計画）

発行所 一般社団法人 環境報告研
<https://www.hokokuken.com>

印刷者 大日本印刷株式会社

ISBN 978-4-9907-839-0-7

化学物質と廃棄物



Credit: © Vladimir Mechnik / iStock

統括執筆責任者: Ricardo Barra, Pierre Portas and Roy Victor Watkinson

執筆責任者: Oladele Osibanjo, Ian Rae, Martin Scheringer and Claudia ten Have

執筆協力者: Borislava Batandjieva, Walter Giger, Ivan Holoubek, Heather Jones-Otazo, Liu Lili, Philip Edward Metcalf, Karina Silvia Beatriz Miglioranza, Arthur Russell Flegal, Adebola A. Oketola (GEO Fellow) and Monica Montory (GEO Fellow)

主科学査読者: Mika Sillanpaa

章編集者: Ludgarde Coppens

主要メッセージ

化学物質と廃棄物による人や環境への影響についての科学的知見は、広範囲に及んでいるが不完全である。それは化学物質の使用、排出、暴露の経路、およびその影響について、特定の情報やデータが欠落しているためである。したがって、化学物質と廃棄物の複雑な特性や、環境への影響についての世界の認識は極めて不十分である。第4次地球環境概観（2007）は、データが世界的に不完全であること、多くの地域にとって化学物質による汚染の大きさと、その汚染による環境や人の健康への影響について、評価することが重要であることを示した。しかしその時以降、ほとんど何も起こっていない。国連の事務総長は、持続可能な開発委員会（CSD）への廃棄物処理のための政策オプションに関する2011年5月の報告書において「廃棄物のシナリオに関して、データ、情報、知見が不足していることなどが、廃棄物の効果的な処理や最小化に際しての障害となっている。」と述べた。また、都市における廃棄物処理に関する国連ハビタット報告書は「廃棄物を削減することが望ましいにもかかわらず、通常それほどこにおいてもモニターされていない。」と表明した（UN-Habitat 2010）。

過去10年で、化学物質の生産が、経済協力開発機構（OECD）の国々からBRIC（ブラジル、ロシア、インド、中国）および他の開発途上国へ移行したが、その間、販売は倍増し、多くの新しいタイプの化学物質が開発された。世界生産におけるOECDの市場占有率は、今や1970年より9%減っている。この移行の多くは、主要な新興経済国によるものである。2004年に、中国がBRICの生産のうち、48%という最大の市場占有率を占め、ブラジルとインドが各々20%で続き、ロシアが12%である（OECD 2008b）。化学物質の消費についても、開発途上国のそれは、先進国の消費よりはるかに速く成長しており、

2020年までに世界の消費の3分の1を占めることもあり得る。

化学物質は人の生活、経済発展、繁栄に重要な役割を果たす一方、環境や人の健康に悪影響を及ぼすことがある。開発途上国や移行国には、これらの影響を制御する能力に限界があるということと合わせて、それらの影響の多様性と予想される結末を考えれば、化学物質と廃棄物を適正に処理することが、分野横断的に極めて重要な課題である。世界保健機構（WHO）による最近の研究（Prüss-Ustün *et al.* 2011）では、環境中の化学物質への暴露が原因で、2004年に490万人が死亡したことが示された。多くの地域で、有害廃棄物が、都市廃棄物または固形廃棄物と混ざり合ったまま投棄されるか、屋外焼却されるかのいずれかになっている（UN-Habitat 2010）。

化学物質による世界の汚染は、持続可能な発展や生計にとって重大な脅威である。その問題は、人類と生態系のいずれにも影響を及ぼし、低濃度または致死に近い濃度の単一化学物質あるいは混合化学物質への長期暴露による悪影響をもたらす。現在、水域環境から採られた水や魚のサンプルの90%以上は、農薬によって汚染されている。暴露された農業労働者の約3%が、毎年、農薬の激しい中毒症状に苦しんでいることが推定値によって示されている（Thunduyil *et al.* 2008）。残留性有機汚染物質（POPs）による汚染が、北極や南極地域のような特に影響を受けやすい遠隔地で広がっている。

次のような新たな問題が出現し、それらによる健康や環境に及ぼされる害についてもっと良く理解し、その害を防ぐために迅速に行動することが必要となっている。

つまり電子電気機器の廃棄物（電子廃棄物）の適正な処理、内分泌腺かく乱化学物質、環境中のプラスチック、屋外焼却、そしてナノ材料の製造と使用などである。電子廃棄物は、年間 2,000～5,000 万トンと見積もられる、世界で最も急成長している廃棄物の流れであり (Schwarzer *et al.*, 2005)、21 世紀の主要な環境諸課題の一つになった。そのことに対し特に関心が高まっているのは、水銀や鉛などの重金属、臭素化難燃剤 (BFR) のような内分泌腺かく乱物質といった有害物質を含んでいるからだけでなく、回収してリサイクルできる、金、パラジウム、レアアース金属といった多くの戦略上重要な金属を含んでいるためである。ナノ材料あるいはナノ粒子については、それを含む製品が焼却処分や、埋められたり、長時間かけて分解されたりする時に、それらが製品から放出されるか否かについて、ほとんど知られていないから、重大な廃棄物処理の問題を引き起こす可能性がある。ナノテクノロジーに関して適正な意思決定を行う仕組みについて、先進国の規制当局間で、さらに開発途上国の規制当局間で、多くの論争が誘発されている。

これらの問題に効果的に対処するには、より良い情報を収集し、化学物質、放射性物質、廃棄物の処理に向けた統合的な取り組みが必要である。またその取り組みは、改善された環境ガバナンスによって、適宜、支援されることが必要である。化学物質と廃棄物の諸条約、つまりバーゼル条約、ロッテルダム条約、ストックホルム条約の間で、もっと大きく協力したり調整するプロセスが行われることによって、さらに求められるべき意識の向上、知識伝授、能力向上、国による実施、を促進する機会が提供される。

序文

248,000 を超える化学品が、商業的に利用可能であり(CAS 2011)、それらは規制やインベントリのシステムの対象になっている。化学物質は、農業、医療、工業生産、エネルギーの抽出と生成、公衆衛生、そして病原菌媒介生物の抑制などにおいて、人類に役立つ恩恵を提供する。化学物質は、特に妊産婦の健康を増進し、乳幼児死亡を減らし、食糧安全保障を確保するといった開発目標や社会目標を達成する際に重要な役割を果たし、またそれらの生産や管理が進歩したことで、使用の安全性が高まった。しかしそれでも、それらに内在する有害性のために、化学物質のいくつかは、環境や人の健康に危険をもたらす。多くの化学物質への同時暴露は、カクテル効果または相乗効果によって、その影響を悪化させるだろう。

化学物質は、原料の取り出しから、生産諸過程、輸送、消費を通して、最終廃棄物処理に至るまでのライフサイクルの多くの段階で放出される。それらは、室内環境、食糧、飲料水を通して、また土壌、河川、湖を通して分散される。残留性有機汚染物質(POPs)および重金属のような、いくつかの長命の化学物質は、全世界に運ばれ、一部は、熱帯雨林、深海、あるいは極地域のような直接人間の手のおよばないような環境にも到達する。そして、食物連鎖を通して、すばやく生物濃縮されて、人や野生生物の中に毒作用を引き起こすことがある。

化学物質から構成される製品は、多くの場合、それらの使用が終わった段階で有害廃棄物となり、当初の便益の価値を下げ、開発の利益を打ち消すことがある付加的な汚染の危険性を生み出す。一般的な汚染は、不法投棄や規制されていない屋外焼却によるものであり(UN-Habitat 2010)、最近の数十年間で多少の進展はあったものの、世界のいくつかの地域では増加すらしている。取り締まりが出来ていない原因の多くは、制度や規制の枠組みの不備といった要因にある。またそのような欠陥が、先進国から開発途上国への有害廃棄物の越境移動の増大にも影響している。開発途上国ではコンプライアンス、モニタリング、規制が不十分となる傾向があり、先進的な廃棄物処理業務を実行する財政的および技術的な能力が限られている。この越境移動によって、人口のより大きな部分を占める人々に対する暴露が急速に増加する危険があり、また特に女性や子供にとって、多くの場合、関連する重大な健康問題が引き起こされる。

おおまかに言って、先進国と開発途上国では有害廃棄物処理の進み方が異なる。先進国は一般的に、化学物質の有害廃棄物を処理するための包括的システムを持っているが、開発途上国は一般的に持っていない。開発途上国および移行国は、多くの種類の廃棄物を分類して適正に処理する能力がほとんど無いため、それらを一緒に埋める簡単な埋立処理を行っていて、その解決に苦勞している。

多くの開発途上国は、「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

1989)のような、化学物質と廃棄物に関する多国間環境協定に批准しているが、必ずしもこれらに沿って包括的に国の法令が策定・整備されているとは限らない。さらにこの問題の分野横断的な性質を考えると、ほとんどの開発途上国での化学物質の規制や管理が農業、産業、労働、健康を含むいくつかの省にまたがり、その上、各省内のいくつかの機関にもまたがっている。

ほとんどの国々で、特に暴露の危険性が高いのは、人口のうちの最も貧しい人たちである。その原因は、職業上での暴露か、貧しい生活環境か、清浄水や食糧を入手できないためか、汚染(発生)地域に居住しているためか、化学物質の有害な影響について知識不足であるためか、またはこれらの要因が組み合わさったものである。

放射能汚染は、環境と健康にとって潜在的な有害性を持つ、もう一つの汚染源である。放射能は、制御された放出や廃棄物処理によるものと、事故による放出の両方からもたらされる。放射性核種の大気環境や水生環境への制御された放出とは、多くの場合、公的に認められたレベルと形で放出となっている。一方で、制御されていない放出が、事故の結果として、また核兵器実験により残されたレガシーサイトで、発生しているかもしれない。産業、研究、医療からの放射性廃棄物の処理や廃棄に関しては、ほとんどすべての国々が関与し、原子力発電所からのものと同様、廃棄物の容量、放射能、その他特性に応じて様々なアプローチが要求される。

当初、化学物質と廃棄物を管理するための法律文書は、問題が起きてからの対応で、断片的で個別的であったと考えられ、



下水処理場、アメリカのロサンゼルス © John Crall/iStock

部分的には成功したが部分的にはうまくいっていない。例えば、オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書 (UNEP 1987)は、オゾン層を破壊する物質の影響を削減することに効果があったが、一方で、バーゼル条約(1989)は、有害廃棄物の越境移動を削減しようと苦闘している。しかし、過去十年で著しい進歩があり、規制のための法律文書は、現在、化学物質のライフ・サイクルや、廃棄物の発生や処理と化学物質との関係が、より良く幅広く理解されるようになったことで好転しつつある。バーゼル条約、ロッテルダム条約、ストックホルム条約に共に成果がもたらされるよう取り組んでいくことが、化学物質の全ライフ・サイクルにわたる対処を行うための第一歩となる。またこのことは、「国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ」(SAICM)の制定や、水銀に関する国際協定に向けて現在行われている交渉にも当てはまる。同様に、「放射性廃棄物管理の安全性及び使用済み核燃料管理の安全性に関する条約」が制定されたことは、著しい前進である。しかし、これらの取り組みが国家レベルで続けられ完全に根を下ろすようにするには、化学物質と廃棄物についてのより一層の科学に基づいた理解、開発の規範と持続可能性の規範とをバランスさせるための政策を作成する力、技術革新と社会的責任とを結び付ける官民のパートナーシップ、包括的な能力向上のための資金配分、のためにさらなる投資が必要である。

国際的に合意された目標

本章では、化学物質と廃棄物に関する国際的に合意された目標の進展について評価する。その諸目標は、GEO-5 ハイレベル政府間諮問パネルが、多国間の重要な環境協定および関連する協定や宣言の中から選定した目標であり、さらに大陸域協議において検討され優先順位付けされたものである。現在のデータ不足は、化学物質と廃棄物処理の多くの面で大きな制約となっているが、目標の選定を妨げる理由とは見なされていない。評価の対象とされた諸目標を表 6.1 に示す。

1970年代と1980年代において、化学物質と廃棄物が人の健康や環境に影響を及ぼしたことが、多くの重要な国際協定を創設させることにつながった。これらの協定は、2002年のヨハネスブルグでの「持続可能な開発に関する世界首脳会議」(WSSD)から発せられたものなど、他の関連する目標ベースの国際協定や宣言に沿ったもので、環境に配慮したデザイン、生産、消費、化学物質と有害廃棄物のリサイクルや処分に対して、特定の目標を体系化して実行に移すための枠組みを構成している (Box 6.1)。またこれらの目標は、ミレニアム開発目標 (MDG)、特に、極貧と飢えを撲滅するための MDG 1、および環境持続可能性を確保するための MDG 7 を背景に据える考慮がなされている。MDG 7は、安全な飲料水と衛生施設へのアクセスを改善するためのターゲットと共に、オゾン破壊物質に対する明確なターゲットも含んでいる。

国際協定の発展に極めて重要である広範な一連の原則は、次のようなものからなる。有害廃棄物と特定の有害化学物質の越

Box 6.1 多国間の環境協定および化学物質の適正な管理

化学物質の適正な管理は、1998年「国際貿易の対象となる特定の有害な化学物質及び駆除剤についての事前のかつ情報に基づく同意の手續に関するロッテルダム条約」や、2001年「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約」(いずれも2004年以降に発効)など、17の様々な多国間協定によって対処される。さらに、2006年に、第1回国際化学物質管理会議が、「国際的な化学物質管理に関する戦略的アプローチ」(SAICM)を制定した(SAICM 2009)。これは2020年までに世界中の化学物質の安全管理を達成するための、多様な利害関係者に関わる政策の枠組みである。これまでのところ、300を超える活動が、SAICMの「世界行動計画」の下で実施された。汚染物質の排出移動登録(PRTR)が促進され、現在、ちょうど23か国が、機能する国内登録を開設したところである。「化学品の分類および表示に関する世界調和システム」が、危険有害性の周知に備えるために制定された。それには、化学物質に内在する有害性に沿って化学物質を分類するために必要な基準がすべて含まれている。しかし、多くの諸課題が残っており、化学物質の適正な管理に関する優先順位の欠落、法律制定の限界、情報不足、汚染現場を改善するための活動資金を含む適正財源の不足が、今だに2020年の目標を達成するに当たっての主たる障害である(CSD 2010)。

境移動に対する事前告知に基づく同意； 国の公表による透明性； 化学物質と廃棄物を環境上適正に処理すること； 廃棄物発生抑制； 予防的措置； 汚染者負担の原則である。これらは、規制措置を実施し、環境状態をモニタリングし、コンプライアンス制度などの一定の義務を課して、取り込まれる。また、能力向上やトレーニング、国際協力、相乗作用、パートナーシップなどの支援を提供するメカニズムを伴ってなされる。

化学物質と廃棄物の適正な処理に関する目標は、資源効率を向上させながら、人の健康や環境を保護することを目指す。それらは6つのテーマに分類される。

- 残留性有機汚染物質と重金属などの化学物質の全ライフサイクルにわたる適正な処理、および廃棄物の適正な処理；
- 有害化学物質の貿易に責任を持たせることに加えて、有害廃棄物の越境移動の規制；
- 国、大陸域、世界レベルの監視システムに加えて、透明性のある科学的根拠に基づくリスク評価とリスク管理手順；
- 化学物質と廃棄物を適正に処理する能力を国々が強化するための支援；
- すべての汚染源からの海洋環境の保護と保全；
- 放射能と核廃棄物に関する安全管理

表 6.1 化学物質と廃棄物に関して国際的に合意された目標（選定されたもの）

<p>ヨハネスブルグ実施計画(JPOI)(WSSD 2002)の第23節 (ヨーロッパとアジア太平洋地域での大陸域協議において優先順位が高い)</p> <p>第22節 (アジア太平洋地域での大陸域協議において優先順位が高い)</p> <p>第23節(g)</p>	<p>持続可能な開発と人の健康と環境の保護のために、ライフサイクルを考慮に入れた化学物質と有害廃棄物の適正な処理のためのアジェンダ21で促進されている誓約を更新する。とりわけ、環境と開発に関するリオ宣言の第15原則に記されている予防的措置に留意しつつ(UNCED 1992a)、透明性のある科学的根拠に基づくリスク評価手順と科学的根拠に基づくリスク管理手順を用いて、化学物質が、人の健康と環境にもたらす著しい悪影響を最小化する方法で生産、使用されることを2020年までに達成することを目指す。</p> <p>また技術および資金協力を行うことにより、発展途上国が化学物質と有害廃棄物の適正な処理を行う能力を高めることを支援する。</p> <p>開発途上国への資金、技術、その他の援助により、環境への悪影響を最小限に抑え、資源効率を向上させるために、政府当局とすべての利害関係者が参加しつつ、廃棄物の発生を防ぎ、あるいは最少化し、再利用、リサイクル、環境に優しい代替物質を、最大限に活用する。</p> <p>水銀とその化合物に関する国連環境計画(UNEP)のグローバルアセスメントなどの関係する研究を見直すこと等を通じて、人の健康と環境に害を及ぼす重金属によるリスクの軽減を促進すること。</p>
<p>残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(Stockholm Convention 2001)の第1条</p>	<p>残留性有機汚染物質から人の健康と環境を保護すること。</p>
<p>国際貿易の対象となる特定の有害な化学物質及び駆除剤についての事前のかつ情報に基づく同意の手続に関するロッテルダム条約(Rotterdam Convention 2001)の第1条</p>	<p>特定の有害な化学物質の特性についての情報の交換を促進し、当該化学物質の輸入と輸出に関する各国の意思決定の手続を規定し並びにその決定を締約国に周知させることにより、人の健康と環境を潜在的な害から保護し並びに当該化学物質の環境上適正な使用に寄与するために、当該化学物質の国際貿易における締約国間の共同の責任と共同の努力を促進すること。</p>
<p>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 1989)の前文</p>	<p>有害廃棄物及び他の廃棄物の発生及び処理から生ずることがある悪影響から人の健康及び環境を厳重な規制によって保護すること。</p>
<p>1973年の船舶による汚染の防止のための国際条約に関する1978年の議定書(マルポール条約)(MARPOL 1973/78)の第17条</p>	<p>条約の締約国は、他の国際機関との協議で、またUNEPからの支援およびUNEP事務局長との調整によって、以下の領域での技術援助を必要とするかもしれない締約国に対して、必要な支援を促進する義務を引き受ける。この条約の意図および目的の実現を促進するため、できれば関係する国々の中で、以下が為されることが望ましい。</p> <p>a) 科学および技術スタッフのトレーニング；b) 必要とされる設備やモニタリング装置の取得；c) 船による海洋環境での汚染を防ぐかまたは減らすことを求める追加の措置および条件の採択を緩和すること；d) 研究の奨励</p>
<p>廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する国際条約(ロンドン条約)(London Convention 1972)の第2条</p>	<p>締約国は、個々におよび共同で、すべての汚染源から海洋環境を保護し保全するものとし、また、締約国の科学的、技術的、経済的な能力に応じて、廃棄物あるいはその他の物の海上での投棄あるいは焼却によって引き起こされる汚染を防ぎ、低減し、できれば廃絶するために有効な対策を取るものとする。</p>
<p>第12条</p>	<p>締約国は、次の物によって生じる汚染から海洋環境を保護するための措置を、権限のある専門機関およびその他の国際団体によって促進することを誓約する。</p> <p>(a)炭化水素(油を含む)およびその廃棄物</p>
<p>アジェンダ21(UNCED 1992b)の第22章3節</p>	<p>この計画領域の目的は、放射性廃棄物管理および安全への対話的で統合的な取り組みを行う広い枠組みの中で、人の健康および環境を保護することを前提に、放射性廃棄物が安全に管理され、輸送され、格納され、配置されることを確保することである。</p>
<p>使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約(IAEA 1997)の第1条</p>	<p>この条約の目的は、以下のとおりである。</p> <p>(1)・・・、使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全を高水準で世界的に達成し、かつ、維持すること。(2) 現在および将来において電離放射線による有害な影響から個人、社会および環境を保護するために、将来世代の必要および願望を満たすことを阻害することなく、現在世代の必要および願望を満たすことができるように、使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理のすべての段階において潜在的な危険に対する効果的な防護を確保すること。(3) 放射線による影響を伴う事故を防止すること、また、使用済燃料管理または放射性廃棄物管理のいずれかの段階において事故が発生した場合にはその影響を緩和すること。</p>

現状と傾向

第4次地球環境概観(2007)は、世界レベルでのデータが不完全であることを示した。そのため多くの大陸域が化学汚染の大きさと、それが環境や人の健康に及ぼす影響を評価すること

を課題とした。5年経過したが、ほとんど変わっておらず、この空白を埋めるために世界的な努力が必要である。次回のUNEP 地球化学物質概観レポートは、化学物質を適正に処理する国際的行動をさらに促進できるよう、評価して優先順位を設定する枠組みの提供を目指すべきである。

化学物質と廃棄物:データと指標

化学物質と廃棄物の現状と傾向を特定するには、時系列データを備えた一揃いの確立された指標が必要であるが、既存の化学物質についてのデータ不足と、市場に新しい化学物質がもたらされる技術進歩が速すぎるために、それらの指標作成が妨げられている。この欠陥を埋めることができるいくつかの指標を下記に提案する。その上で、必要とされるデータを照らし合わせ、知識ベースを強固なものにする長期時系列を構築するための大幅な投資が必要である。

廃棄物の発生、処理、リサイクルについての基礎データは取得が困難である。有害廃棄物についてのいくつかのデータは、バーゼル条約の事務局に提出される報告書(図 6.1)を通して利用可能である。国際的な移動の対象となる有害廃棄物については、その数量、特性、仕向先、処理または処分の方法についての情報を提供することになっている。しかしこれさえも、この条約の 2011 年第 10 回締約国会議で報告されたように、不完全で未証明のものである(UNEP 2011a)。有害でない廃棄物については、その発生と処分に関する世界のデータは、系統的に公表されておらず、したがって不十分である。国連事務総長が持続可能な開発委員会への報告書(2011年5月)で述べたように、「廃棄物を効果的に処理し最小化することを妨げている障害は、廃棄物の状況についてのデータや情報や知識の不足、現行法に包括的な規則が欠落していること、現行法の強制力が弱いこと、技術的組織的な能力が低いこと、人々の理解や協力が乏しいこと、資金不足などである。」(UNCSD 2011)。

これらの基本的なデータセットを利用可能にし、その質を向上させることが緊急に必要である。またそのデータセットは、国家間の比較に焦点が当てられ、適時性と経年的な一貫性がある

Box 6.2 ヨハネスブルグ実施計画(JPOI)(WSSD 2002)の第23節

課題

人の健康と環境を保護するための化学物質のライフサイクル全体にわたる適正な管理。

関連する目標

化学物質が、人の健康と環境にもたらす著しい悪影響を最小化する方法で使用、生産されることを2020年までに確保すること。

指標

化学物質と廃棄物に関する3つの条約(バーゼル、ロッテルダム、ストックホルム)の調印国の数；
調印国によって講じられる実行計画の数。

世界の傾向

いくつかの進展。

最も脆弱なコミュニティ

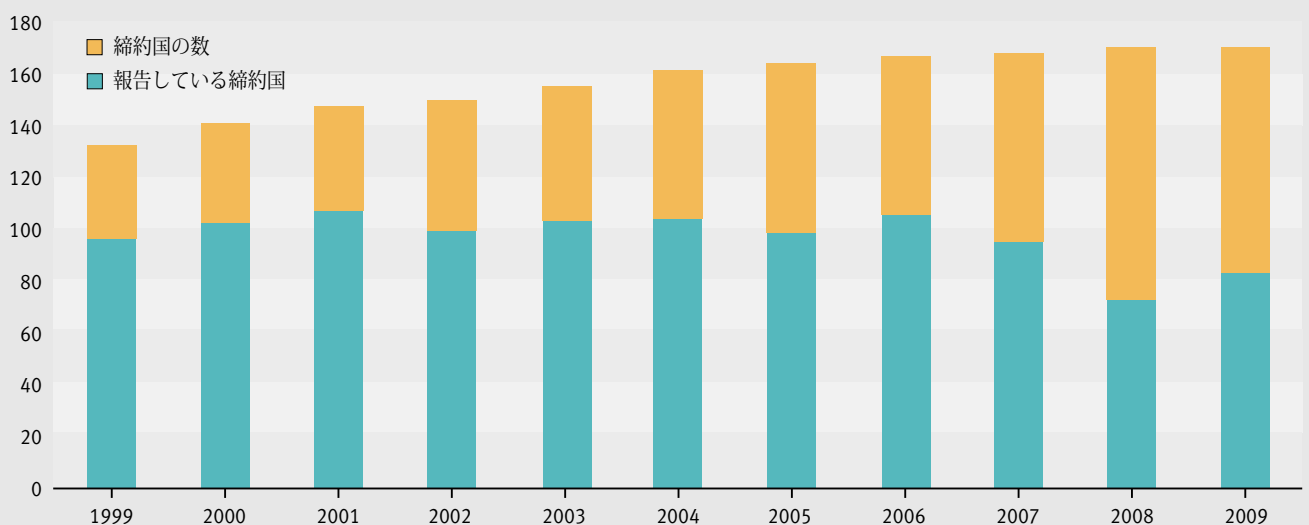
開発途上国の労働者、女性および子供、ならびに世界中の消費者

最も懸念される大陸域

アフリカ、中南米、アジア

り、説明力のあるものが求められる。廃棄物が、しだいに潜在的な資源として見なされるようになるにつれて、廃棄物のデータや指標は、より密接に、経済や社会情報システム、物質フロー勘定と結び付けられるようになるはずである。地方自治、産業、農業、鉱業、軍事、放射能、核などにおける廃棄物の発生を評価するには、計測可能であることが決定的に重要である。

図 6.1 バーゼル条約の締約国による国の報告書の送付、1999~2009年



Source: Basel Convention 2011

産業の効率や進展について、政府や地方自治体が情報を得る手助けとなる3つの指標を、ここで明らかにする。世界が適正な廃棄物処理を行なおうと意思決定するように導くには、これらの指標のためのデータが作成されることが必須である。提言される重要な指標は次のとおりである。

- 処理または最終的に処分される廃棄物の数量とタイプ (固形物、有機物、有害、無害)；
- 一人当たりの廃棄物と有害廃棄物の発生量；
- リサイクルされる、都市または家庭の廃棄物量、産業固形廃棄物量、および有害廃棄物量。

化学工業の現状と傾向

化学工業は経済成長の主な駆動要因であり、その業績が経済発展の先行指標である。2008年に、世界の化学工業は、約3兆7,000億USドルの推定売上高を計上し(OECD 2010a)、一年当たり3.5%で成長している。世界中の2,000万人以上が、化学工業によって直接あるいは間接的に雇用されている。また、化学工業は、激しくエネルギーを消費し、至る所で廃棄物を放出している。

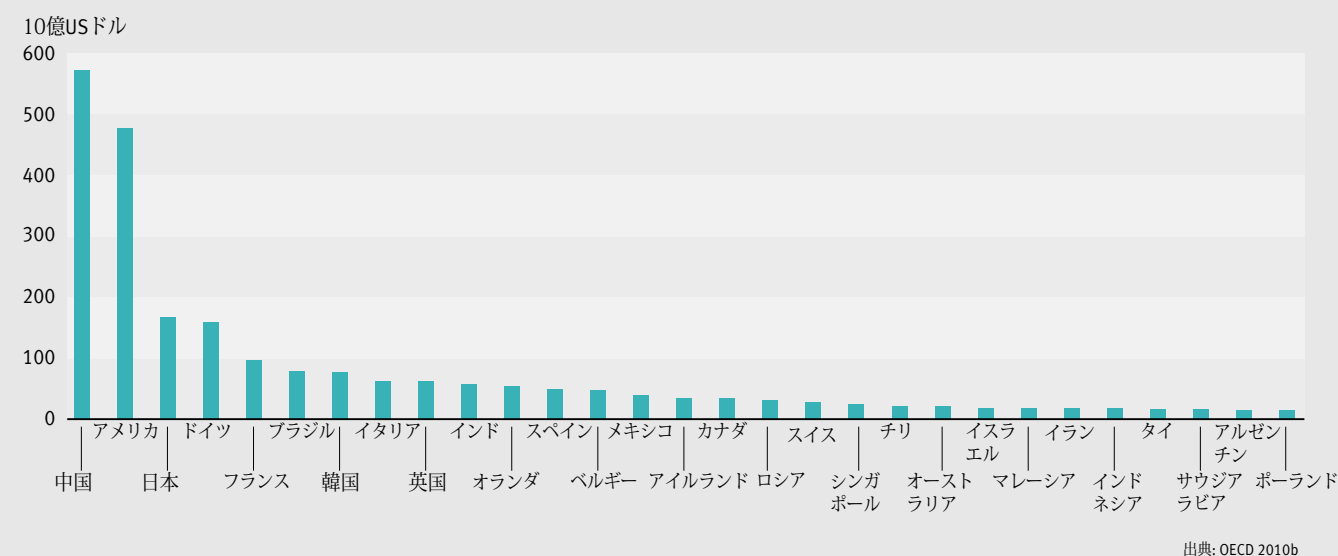
経済協力開発機構(OECD)の国々の企業が、世界生産の大部分(2004年に74.5%)を占め続ける一方、OECDの市場占有率は、現在、1970年の時より9%少ない。この変遷の多くは、主な新興経済国、特にBRIC国(ブラジル、ロシア、インド、中国)によって引き起こされた。2004年には中国がBRIC生産のほとんど(48%)を占め、ブラジルとインド(各20%)、そしてロシア(12%)が後に続いた(OECD 2008b)。同様に開発途上国の化学物質の消費は、先進国の消費よりはるかに速く成長しており、2020年までに世界の消費の3分の1



夜の大規模化学プラント © Tetsuo Morita/iStock

を占める可能性がある。一方で、いくつかのデータは、先進国が化学物質の使用を減少させていることを示している。例えば、国によって傾向は異なるが、OECDの国の農業の全体使用量は、1990~2002年の間に5%減少した(OECD 2008a)。アメリカとカナダにおいて共通である152種の農業の全放出量と移動量が18%減少し、オゾン破壊物質の生産がほとんど停止された。また酸性雨前駆物質の排出量が48%減少し、オゾン前駆物質が38%減少し、そして非メタン揮発性有機化合物が26%減少した。それでも、すべての政府間での国際的協力がなお必要であり、能力の向上、情報の共有、効果的な化学物質の管理を、世界的に促進する必要がある(OECD 2008b)。図6.2は、化学物質を生産している世界の主な国の売上データを示す。

図 6.2 国別の化学物質の売上高、2009年



世界の重要な問題としての廃棄物

世界中の廃棄物の発生が増大し複雑化するのに加えて、世界経済の相互依存が増すと、国々が不適切な廃棄物処理や処分操作へと誘導される可能性があり、また廃棄物関連のコストが増えて、経済や公衆サービスが維持できなくなる時が来るかもしれない。工業生産に投入されたいくつかの資源が、廃棄物として環境に戻り、有害なものになる可能性は避けられないので、自然資源の使用量と廃棄物量の両方を削減することを目指す、リサイクル、回収、再利用、その他運用によって、持続可能な経済発展を支援する統合政策が必要となる。決定的に重要なことは、廃棄物が発生する現在の傾向を逆転させることであるが、それには、有害物質の量とレベルの両方を最小にする、高いレベルの誓約が必要だろう。しかも不適切なリサイクルは、汚染のリスクをもたらす、毒性物質への人の暴露を増大させる。またリサイクルは、犯罪行為の偽装として悪用されることもある。

多くの新しい化学物質が市場に導入されることによって、新しい種類の廃棄物が生み出されている。多くの地域で、有害廃棄物の流れは、都市廃棄物または固形廃棄物と混合され、その後、野外で捨てられるか燃やされる(UN-Habitat 2010)。そのような危うい運用によって最も影響を受ける人々は、ごみ捨て場に隣接して、働いているか生活している貧困層であるので、このことは環境や社会正義の問題を提起する。

グローバル化によって、原材料は、一つの国または大陸域で生産され、もう一つの国または大陸域で使用され、第三の国または大陸域で廃棄物として処理されることになるかもしれない。電気電子機器はその代表例である (Schlupea *et al.* 2009; Cui and Forssberg 2003)。使用済み電子機器の処理は、それらの機器が難燃剤や貴金属を備え、毒性の物質やプラスチックも含んでいるため、この業界の2つの側面を例証するものである。機器には本来、人の健康を保護し、生計を支援し、仕事を生み出すことに貢献する潜在力があり、また経済発展、エネルギー効率、自然資源の保全、を支えることにつながる廃棄物から資源へのシフトを促進する潜在力もある。しかしその機器の廃棄処理が不適切または不十分だと、人の健康に深い影響を及ぼし、環境に重大な害をもたらす場合がある。電気電子機器の耐用年数を延ばし、製品の中に、より無害な物質を使用することが、廃棄の負担やそれに伴う危険を減らす一つの方法である。

都市廃棄物

都市廃棄物の不適切な処理は、互いに増強し合う望ましくない結果に至る場合がある。それは環境を汚染し悪影響を及ぼし、人の健康を脅かし、物質とエネルギーの両方の形で資源を損失していると言える。都市の固形廃棄物処理に関する最近の国連ハビタット報告書は、廃棄物の処理が、世界中で拡大している問題であると指摘し、例えば、「廃棄物を削減することが望ましいにもかかわらず、通常それは、どこにおいてもモニターされていない。」と述べ、進捗度が記録されない場合には、目的を達成することが難しいことなど、直面している問題の複雑さと多様性を詳細に説明している(UN-Habitat 2010)。

Box 6.3 OECDの廃棄物

OECDの国々で発生した都市廃棄物の量は、2007年において推定6億5000万トン(一人当たり556kg)を超過し、1980年以降、著しく上昇した。データが入手できる国々のほとんどで、経済成長に伴って豊かさが増し、消費パターンが変化して、一人当たり廃棄物発生量がより多くなる傾向がある。しかし、過去20年において、廃棄物の発生は、民間消費のGDPあるいは支出高のいずれよりも、急速な上昇をしておらず、ここ最近では減速している。最終処分される都市廃棄物の量や組成は、国の廃棄物処理の方式によって左右される。都市廃棄物の処理方式は改善されているが、処分すべき固形廃棄物量を削減することに成功したのは、わずかの国々だけである(OECD 2010b)。

都市廃棄物は、年間一人当たり0.4~0.8トンで、国が排出している全ての廃棄物の中で大きな割合を占め(OECD 2008b)、固形廃棄物量は、年間約0.5~0.7%の推定率で増加している。また廃棄物はタイプで分別され、現在の都市固形廃棄物では、そのほとんど50%が生物分解性の成分で、5~15%が電子廃棄物であるが、これらが一緒に処分されるために廃棄物処理の複雑さが増している。さらに廃棄物処理は、鉱業や種々様々な製造業者による廃棄物から、農業や医療の廃棄物、家庭の廃物まで、廃棄物を発生させる者の範囲や多様性によって複雑になる。その上、都市廃棄物を適正に処理するために要する費用は、市町村予算の中で継続的にかなり大きな部分を占める。

多くの国は、ますます複雑になる廃棄物の流れに対処していくだけの設備を持っていない。また多くの国は、リサイクル可能な材料からいくらかの有価物を取り出すための制度(社会的仕組み)も施設も持っていないため、それらをやむなく都市廃棄物の一部としている。



リサイクルのための住居からの廃棄物を集めるロボットアームを備えた市のトラック © Paul Vasarhelyi/iStock

ライフサイクル思考:化学物質と廃棄物から受ける影響の範囲を特定する

人や生態系が有毒化学物質にどれくらい暴露されているかを最終的に決めるものは、その化学物質のライフサイクル特性によって定義付けられる。物質の放出は、化学物質の生産時に生じるだけでなく、その化学物質を含む製品を使用している間に(図 6.3)、そして最後にそれらを廃棄処分する時にも生じる。ライフサイクル思考は、そのような物質を、持続可能に生産し消費するための統合的アプローチを促進する。

資源が採取され生産・製造されてから、消費・使用され、消費の後に廃棄処分されるまで、資源を使用する全ライフサイクルを通して、有害化学物質の排出物や廃棄物から、望ましくない環境影響がもたらされる。これらの影響には、内分泌腺のかく乱といった意図しない副作用が含まれることがあり、ほとんどの動物の成長や生育を直に妨げ、人にも影響を与える(WHO 2002)。ライフサイクル分析は、そのような影響を理解するのに役立つ有益なツールである一方で、その分析は非常に複雑になることがある。よく起こることであるが、問題が特定され、同じ所期の特性を持つ代替の化学物質に切り替えても、さらに予期しない、または望ましくない結果がもたらされることがある(Muir and Howard 2010)。

最近になって懸念を引き起こしているものは、合成生物学や加工ナノ材料から生み出されている原材料である。新しい技術や化学物質が、世に出る速度が加速しているため(Poliakoff *et al.* 2002)、

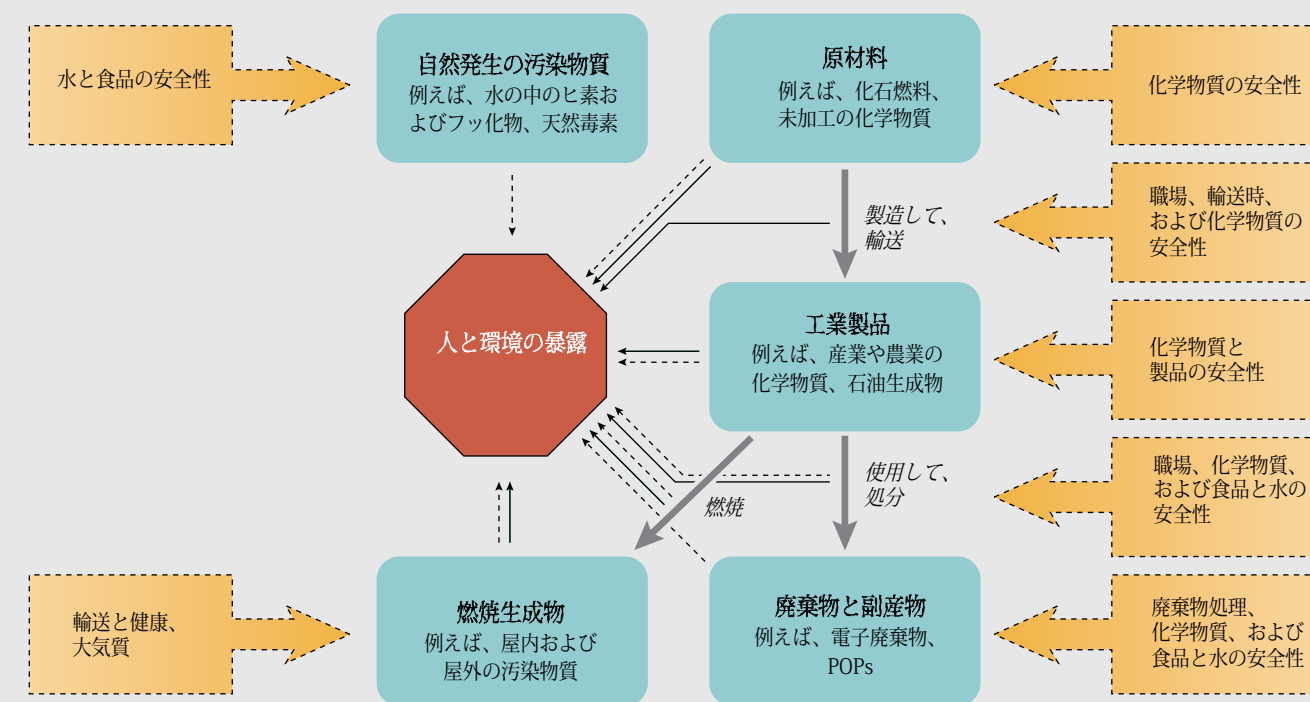
それらが生産に投入される前に、それらの影響を系統的、包括的に評価する様々なアプローチが必要である。化学物質のデザインにグリーンケミストリ原理を使用すること、またクリーン製造工程を採用することは、後々の段階での問題の発生を防ぐのに役立つかもしれない。このような手法は、世界の一部の地域で始められており、例えばカナダの環境モデリング・化学センター(CEMC 2012)では、いくつかの技術や化学物質に対して、暴露モデル(exposure model)が用いられ始めている。しかし、ライフサイクル分析は、まだ普遍的で体系的なアプローチにはなっていない。これには多分、新しい形の国際的なガバナンスが必要だろう(Finnveden *et al.* 2009)。

化学物質の数の多さや多様性、それらのライフサイクルの複雑さのために、化学物質の影響についての科学的な理解や、それらの制御に用いられる規制方針が、技術開発や経済発展より遅れて来るという事態は避けられない。

貧困と化学物質への暴露:脆弱なグループ

危険な化学物質の使用や、不適切な廃棄物処理からもたらされる影響(死、健康障害、生態系の衰退など)の圧倒的多数が、貧困の状況において生じている(Sexton *et al.* 2011)。毒素への暴露、有害な化学物質や廃棄物への暴露の危険性の増大は、圧倒的に、そういった危険に日常的に直面している貧困層に影響を及ぼす。それは、彼等の職業、貧しい生活水準、そしてこれらの化学物質や廃棄物への暴露によってもたらされる有害な影響についての知識不足、が原因である。貧困層の多くは、

図 6.3 化学物質のライフサイクル分析



注釈: 破線は管理オプションで、実線はライフサイクルに相当する。

出典: Adapted from Prüss-Ustün *et al.* 2011



汚染された水路に沿った掘っ立て小屋、フィリピンのマニラ。

© Marcus Lindström/iStock

電子廃棄物のような新しい種類の毒物による危険に遭遇する可能性がある経済のインフォーマルセクターに身を置いている。リスクは、そのような暴露から受ける量だけでなく、年齢、栄養状態、他の化学物質との複合暴露などの要因にも関係する。子供は、成長と発達が速く、体重の割にはより大きな暴露を受けることになるため、化学物質による健康への悪影響に特に弱い(Sheffield and Landrigan 2011)。

世界保健機構(WHO)による最近の研究(Prüss-Ustün *et al.* 2011)で、2004年に490万人が、化学物質への環境暴露に起因して死亡していることが示された。固体燃料の使用から来る屋内の煙、屋外の大気汚染、受動喫煙が、その最も大きな原因

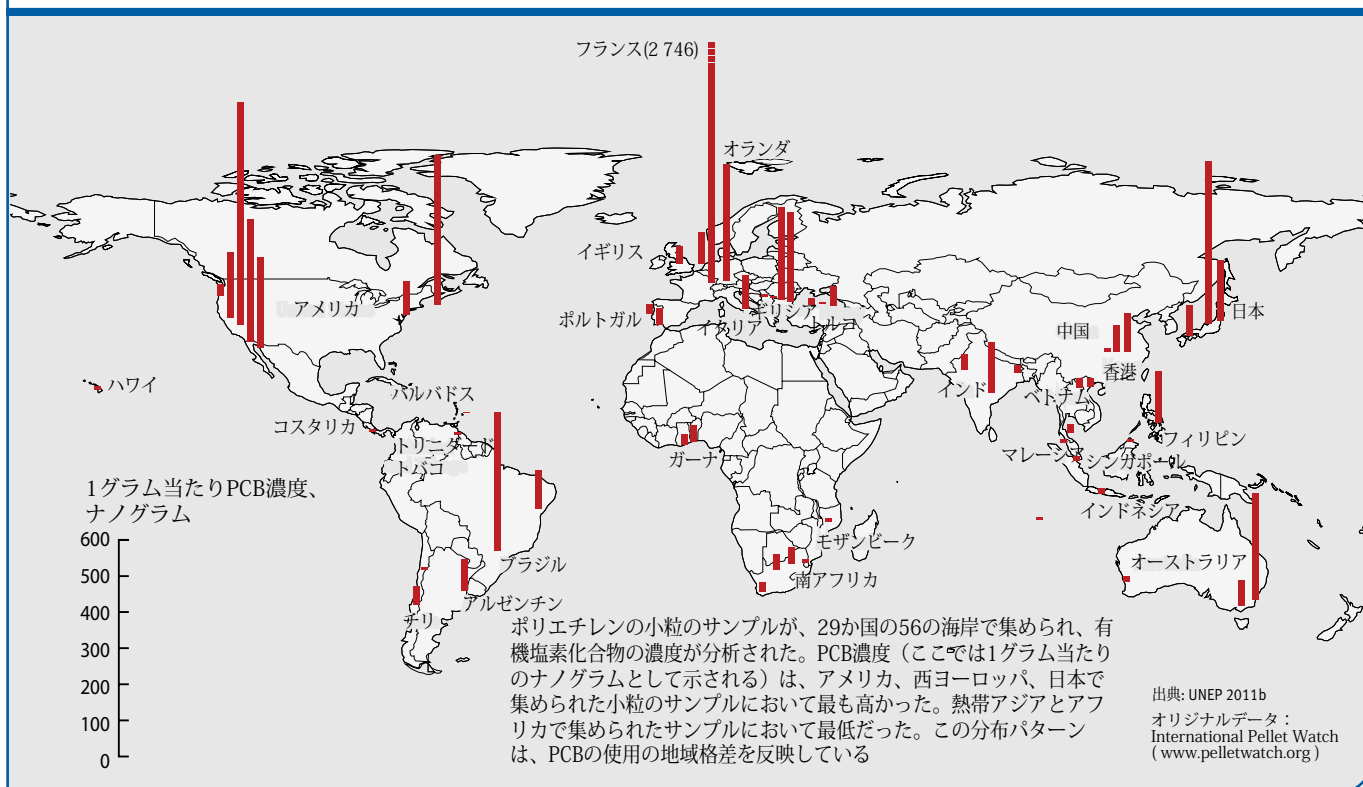
である。研究では、化学物質について既に知られている、人への負荷が大きいかかわらず、多くの化学物質についてのデータが不足しているために、そのことが過小評価されていると結論付けた。

有害廃棄物となる化学物質についての世界的な生産、貿易、用途における変化、ならびに有害廃棄物が付随して発生する生産に対して、必ずしもそれに対応する規制措置が実施されているとは限らないために、有害化学物質を環境に放出する危険性が增大している。ヨーロッパ、アメリカ、ロシアだけで200万の汚染現場があると推定されている。開発途上国や移行国のデータは、入手するのが難しく、懸念される状況にある。グローバルインベントリプロジェクト(Global Inventory Project)は、ブラックスミス研究所が、国連工業開発機関(UNIDO)、グリーンクロス、欧州委員会と共に関わっているプロジェクトであるが、現在、最も問題のある10タイプの汚染の中で、微量金属や農薬汚染を伴う世界中の80か国における汚染地区の状態を評価しつつある(Blacksmith Institute 2011)。これは、意思決定を行うために、政府、国際機関、影響を受けているコミュニティに対して、情報集約されたデータを与える初めての試みである。

海洋汚染

地球表面の71%を覆う海洋は、さまざまな度合いで汚染され、海洋生物、漁場、マングローブ、珊瑚礁、河口地帯、沿岸地帯が脅かされつつある。それらの汚染の約80%は陸上の発

図 6.4 海岸に打ち上げられられたプラスチック中のPCB



Box 6.4 船上で発生する廃棄物

世界の船団は、8万隻を超える船から成り、そのうち約5万隻の商船が国際貿易の90%を担っている。すべての船は、その航行中または貨物輸送時に、スラッジ、油タンクの洗浄液であるスロップ、乗組員からの廃物、貨物の残留物などの廃棄物を発生する。その大きさにもよるが、船は一回の航海の間に、数百トンの汚水を発生することがある。世界の船団には、総トン数500トンを超える船が5万隻あり、1隻当たり年間平均10回の寄港を仮定すると、50万回の寄港が毎年行なわれている(Mikelis 2010)。港の設備状況が、「1973年の船舶による汚染の防止のための国際条約に関する1978年の議定書」(マルポール条約)(MARPOL 73/78)によって要求されていて、港は船上で発生した廃棄物を集めるための適切な受入設備を提供する。汚水の不法排出は、海洋汚染の主な源泉となる。例えば、地中海地域海洋汚染非常事態対応センター(REMPEC)によれば、地中海では船の廃棄物の不法排出が年間2500回以上なされている。「1972年の廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約」(ロンドン条約)は、1975年から発効しており、1996年の議定書と共に、人の活動の影響から海洋環境を保護するための最初の国際条約の1つである。その目的は、海洋汚染のすべての汚染源について有効な規制を促進し、廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染を防止する実行可能な方策をすべて取ることである。

生源から来ている(UNEP 2011b)。海洋環境で一般的に検出される汚染物質は、農薬、化学肥料、重金属、洗剤、油、下水、プラスチック、その他の固形物などである(UNEP 2011b)。これらの汚染物質の多くは、深海や海底堆積物の中に蓄積され、そこで小さな水産生物によって消費され、世界の食物連鎖に再導入されている可能性がある(Jacobsen *et al.* 2010; Zarfl and Matthies 2010; Wania and Daly 2002)。海洋汚染の残り約20%は、海洋への直接投棄に由来する。直接投棄には、船から日常的に放出されている油廃棄物、事故による石油流出、地中海のような閉鎖性海域での生下水の流入などが含まれ、これらは海洋生態系にとって脅威である(UNEP 2011b)。図6.4は、世界中の海岸に打ち上げられたプラスチック中に含まれるPCBの分布を示す。また最も有害な汚染物質のいくつかは、大気汚染のような面的な汚染源からもたらされている。

残留性有機汚染物質

残留性有機汚染物質(POPs)は、残留性、生物蓄積、長距離移動などの共通した性質を備えた一群の化学物質である。これらの特性は、POPsが持つ毒性と組み合わせ、野生生物では海生哺乳動物などに、そして人では、特に養母や幼児のような脆弱なグループに、著しい悪影響を与える。POPsへの暴露による健康影響は、神経の発達障害、内分泌系の混乱、発癌性などである(Diamanti-Kandarakis *et al.* 2009)。

「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約」は、地球規模の行動に対する差し迫った必要に応じて2001年に採択され、2004年に発効した。現在、その条約は、177の締約国を擁し、まだ様々な国々の中に存在しているPOPsの量についての資料の作成、またヒトの組織(血液や乳)中のこれらの物質についての世界的なモニタリングを要請している。これは、環境中のPOPsの汚染状況や傾向、人の健康へのそれらの影響を、モニタリングし評価するために提案された2つの指標のうちの1つである。ストックホルム条約は、世界的に一貫した信頼できるデータの源泉となるよう、世界モニタリング計画(Global Monitoring Plan)を創設した。データの収集は初期段階にあり、今後数年のうちに、より多くのデータが利用できるようになるだろうが、個々の研究では、既にいくつかの物質に対して、歴史的傾向や地域的傾向が提供されている。一つの例はDDTである。DDTに対して、リッターら(Ritter *et al.* 2011)は、多くの個別測定から、(DDTの)ヒトの体組織中濃度の世界規模での時系列的傾向について報告している(図6.5)。一般に、DDTの体内負荷量は、ここ数十年間で減少したが、北部地域よりも、熱帯地域においてまだ相当に高い。DDTがマラリア予防対策に使用されている所では、他のどこよりも濃度がまだ非常に高く、際立った減少は見られない。

POPsに対するあともう一つの指標は、選定されたPOPsについて、都市または工業地域と、そこから遠く離れた地域との両方における大気中の動向である。大気中のこれらの物質の濃度は、食品やヒトの組織内での濃度よりもっと密接に排出量の変化に追随し、大気の長距離移動の影響を反映する。ハンegra(Hung *et al.* 2010)は、北極のモニタリング局で測定された様々なPOPsの長期的な時間的傾向について要約を提供している。北極の大気中のほとんどの物質の濃度は、一般的に低下してきているが、その半減期は長く、多くの場合、5~10年

Box 6.5 人の健康と環境と残留性有機汚染物質

関連する目標

POPsから人の健康と環境を保護すること。

指標

選択されたPOPsのヒトの細胞組織内での量的レベルの傾向；PCBs(長年規制されてきた従来のPOPs)や、エンドスルファン(2010年にストックホルム条約でリストに加えられた新しいPOPs)などの選択されたPOPsの大気中の量的レベルの傾向。

世界の傾向

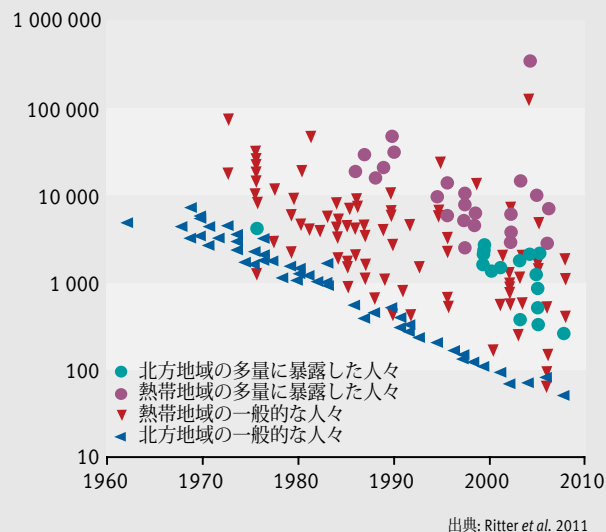
ある程度の進展；まだ早すぎて、上記の指標を用いて評価できない。

最も懸念される最も脆弱なコミュニティと領域

北極のコミュニティ、特に子供たち；
屋内に、ジクロロジフェニルトリクロロエタン(DDT)の残留噴霧を持つ区域の地域社会；
POPsに暴露される世界の子供たち。

図 6.5 人体中のDDTレベル、1960～2008年

ナノグラム、脂質重量のグラム当たり（対数目盛に注意）



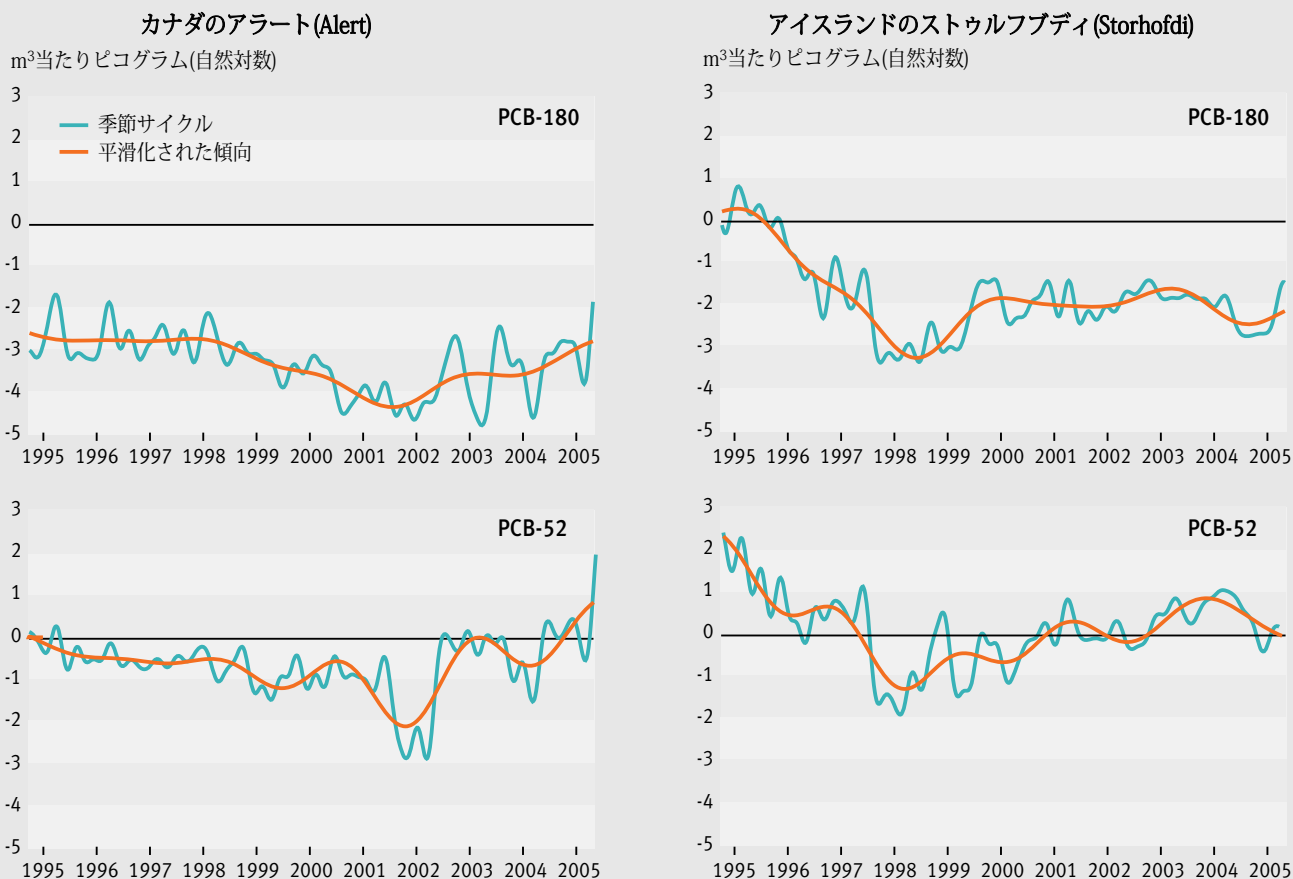
で、時にはそれよりもっと長い場合がある。近年、その濃度の低下が、いくつかの化合物に対して停止し、いくつかの物質では上昇していることが観測された。例えば、ポリ塩化ビフェニル(PCBs)、クロルデン、DDTの濃度が上昇している。2つの種類のPCBsに対する長期の傾向が図6.6に示される。

POPsの環境での振る舞いは、温度、その他気候関連の要因である降水パターン、風力場、異常気象などによって強く影響される(UNEP/AMAP 2010; Macleod *et al.* 2005)。一般に、気候変動(温暖化)は、一次発生源と二次発生源からのPOPsの放出を促進し、それらの大気による運搬移動を増大させることが予想される(Lamon *et al.* 2009)。気温の上昇が、どの程度までPOPsの分解を加速するかは不明瞭であるが、POPsをその中に数十年間保持していた氷が融解すると、環境中のPOPsやその他汚染物質の量を増大させることになる(Bogdal *et al.* 2010)。

POPsを含む農薬

農薬は、特定の害虫を殺す目的で作られた化合物であるが、多くの場合、非標的生物にも影響が及ぶ。ある研究では、サンプリングされた水や魚の90%以上が、いくつかの農薬によって汚染されていることが分かり、また暴露した農業労働者の約

図 6.6 北半球の2つの現場での大気監視データから得られた2種類のPCBの（経年的）傾向、1995～2005年



Source: Adapted from Hung *et al.* 2010



保護具を着用せずに、農民がブドウの木に農薬を吹きかけている。© Alistair Scott/iStock

3%が、毎年、激しい農薬中毒の症状の発現に苦しんでいることが推定された(Thunduyil *et al.* 2008)。したがって、暴露のタイプや汚染原因を識別し、陸域生態系や水界生態系での農薬レベルを下げるために取れる行動を特定することが、ぜひとも必要である。長期的な農薬の売上高のデータは、農薬使用についての世界と地域の主要な指標となる(Brodesser *et al.* 2006)。過去 25 年間は、哺乳類への毒性の懸念から、殺虫剤の売上高に減少が見られたが、一般的な農薬の売上高は、中南米地域で 2004 年の 54 億 US ドルから、2009 年までに 75 億 US ドルまで増加した。これらの売上高の内、2,4-D、パラコート、メタアミドフォス、メソミル、エンドスルファン、クロルピリホスが高い割合を占めた(Brodesser *et al.* 2006)。

世界的に、河川や地下水で見られる主要な 15 の農薬は、除草剤のアトラジンとジエチルアトラジン、メトラクロール、シアナジンとアラクロール、殺虫剤のダイアジノンなどである。しかし、魚や河床堆積物や土壌に関して言えば、そこに見られる主要な農薬は、今でもまだ、1960 年代に多量に使用され、現在ほとんどの先進国で禁止されている難分解性の殺虫剤である DDT、ディルドリン、クロルデンなどである。さらに、エンドスルファン硫酸塩は、まだ多くの国々で使用されているエンドスルファンの代謝物質であるが、表面水や地下水で見られる非常に一般的な汚染物質である(Ondarza *et al.* 2011)。ほとんどの有機塩素系殺虫剤の使用は 10~25 年前に終わっているが、それらは、懸念される濃度レベルで環境中に残存している(Gonzalez *et al.* 2010; Ondarza *et al.* 2010)。

低所得国の人口の 70%以上が農村地域に住んでおり、農村人口の 97%は農業に従事している。開発途上国が世界の農薬使用のちょうど 3 分の 1 を占め、さらに農薬中毒の大部分がこれらの国々で生じている(Brodesser *et al.* 2006)。

将来の気候変動の下で、人が農薬に暴露する程度や、農薬に

よる健康への影響は、気温や降水量のような要因の変化を考慮に入れた、より毒性の弱い農薬散布を採用できるかどうかにか左右されるだろう(Boxall *et al.* 2009)。

旧式の農薬

農薬は、所期の目的のために使用できなくなると、もはや旧式のものとなり、使用されなくなる。農薬を規制するための 4 つの主な国際協定としては、ストックホルム条約、ロッテルダム条約、バーゼル条約、そして「長距離越境大気汚染に関する 1979 年のジュネーブ条約に基づく POPs に関する 1998 年の議定書」(UNECE Geneva Convention 1979/98)がある。旧式の農薬は、その多くが非常に古く、資料が不足しているので、正確な量を評価することは難しい。ストックホルム条約の締約国は、ヘキサクロシクロヘキサン(HCH)など、2009 年に条約の付属書に加えられた 9 種の POPs に関する情報収集の作業中であるが、たとえいくつかの小さな投棄現場が見逃されたとしても、あとの投棄現場については、かなりよく知られている。しかし、ストックホルム条約の分類に入っていない旧式の農薬の量は曖昧なままで、単におおまかに計算されている可能性がある。UNEP は、アフリカや中東での経験に基づき、POP 農薬は平均すると、既存の旧式的全農薬のうちの約 30%を占めているに過ぎないと推定している(UNEP 2000)。

国際 HCH 農薬協会(IHPA 2009)によって実施された国別の評価によれば、旧式の農薬は次の国々で 256,000~263,000 トンになる可能性があり、その処分におよ 7 億 8000 万 US ドルかかると示唆されている。その国々とは、旧ソ連、バルカン諸国の南部、新欧州連合のメンバー国(EU 初期の 12 か国、EU 加盟候補国、欧州近隣政策(ENP)の国々、ロシア、中央アジアを併せた国々)である。また一方、国連環境計画(UNEP)の化学部門による推定では、旧式の農薬がアフリカに 120,000 トンも残っている可能性があり(UNEP 2002)、国連食糧農業機関(FAO)の見積りによると、その処分に約 2 億~2 億 5000

表 6.2 旧式の農薬の量

大陸域	推定数量 (トン)	1トン当たり3,000～5,000USドルで評価された処分費 (100万USドル)
アフリカ	27 395	82.2～137.0
アジア	6 463	19.4～32.3
東ヨーロッパ	240 998	722.9～1 204.9
中南米とカリブ諸国	11 284	33.9～56.4
近東	4 528	13.6～22.6
合計	290 668	872～1 453

注釈：FAOから得られた最新情報、1994年から2006年まで幅がある。
出典：FAO 2012

万 US ドルかかると見られている (FAO 2002)。これらの評価だけでも、併せて 376,000～383,000 トン、その処分に 9 億 6800 万～10 億 4000 万 US ドルかかることが分かる。表 6.2 の最新の FAO の統計によると、1 トン当たりの処分に 3,000～5,000 US ドルかかると推定される農薬の残量が約 290,000 トンあることが示されている (FAO 2012)。

2005 年に開始された「アフリカ諸国における農薬の廃棄削減のためのプログラム」(ASP) は、10～15 年以内にアフリカ内の旧式の農薬と汚染廃棄物をすべて取り除くこと、ならびに予防対策と能力向上を促進することを目指している。不実行のコストは、取り除くコストより、はるかに高くつくことは間違いないだろう。欧州環境機構 (EEA) によって強調されるように、不実行のコストの軽視が、頻繁に起こっている (Koppe and Keys 2001)、不実行のコストが高くつくことは、分析で分かっている (OECD 2008c)。

金属、半金属、および重金属

金属や半金属などの無機汚染物質もまた、地球的規模で、人に悪影響を与える (Blacksmith Institute 2011)。有機化学物質と異なり、金属元素は分解されずに、環境に蓄積し、時間と共にどんどん生物の体内に吸収されてしまうかもしれない。金属元素による影響は、多くの場合、開発途上国で起こっており、環境の制御や規制が貧弱な状況の中で、それらが採掘され、加工され、使用され、リサイクルされるために、とても深刻である。また、中進国の人々は、進行中の歴史的に有名な汚染物質の産業排出に苦しんでいるだけでなく、酸性雨や酸性鉱山排水を引き起こす硫酸化物のような他の汚染物質の関連放出にも苦しんでいる (Carn *et al.* 2007)。さらに、工業による汚染物質の排出は、他の大陸から長距離の大気輸送によって運ばれるため、汚染が南極大陸にまで及ぶ (Caroli *et al.* 2001)。またその汚染物質は、数十年後に氷河が融けると、再度放出されることになる (Geisz *et al.* 2008)。

自然発生のヒ素による中毒は、世界的な問題である (Raven-scroft *et al.* 2009)。10 年以上前、世界中の 1 億 3000 万人が、飲料水中の毒性レベルに達したヒ素に暴露されていたことが推定された。その毒性レベルは、WHO が提言した 10 ppb (Smith and Lingus 2000) という限界を超えていた。その限界より下のレベルでも、ヒ素中毒が生じるという証拠が次々と出されている (Wasserman *et al.* 2004)。なおヒ素については、多くの未調査の発生源があり、影響を受けた人々の総数はもっと多いかもしれない (Huang *et al.* 2011)。関連する中毒症としては、糖尿病、皮膚疾患、腎臓疾患、肺疾患、神経系疾患や血管系疾患 (とりわけ壊疽に至る烏脚病)、膀胱癌などがある。これらの疾病を最も多く発症するのは、ヒ素に汚染された食糧を生存食として生活している人々で、かつその毒性を部分的に中和する上水やミネラルや栄養分をわずかししか入手できない脆弱な人々である。病原体によって汚染された表流水から人々を保護するために、井戸を掘削したことで生じたバングラデシュのヒ素汚染は (Lokuge *et al.* 2004)、「史上最大の集団中毒」と評された (Smith and Lingus 2000)。先進国でも開発途上国の人々でも、ヒ素が以前に農薬として広範囲に使用されたなら、後に残された汚染現場でヒ素に暴露される可能性がある。

鉛は、急性鉛中毒の原因となっいくつかの事業のために、世界の汚染物質の中で最も突出したものの一つである (Rauch and Pacyna 2009)。ザンビアのカブウェ (Nweke and Sanders 2009)、ロシアのルドナヤ川流域 (von Braun *et al.* 2002) などの以前に鉱業や精錬所の現場があったところで、人の健康問題が進行している。そこでは、両区域の精錬所が閉じられた後も、子供たちの中に高濃度の鉛が持続していた。またペルーのラオロヤにおいて、精錬所の最も近くに住んでいた子供たちの 99.7% が、体の組織内に危険な高濃度の鉛を持っていることが発見された (Fraser 2009)。世界的規模で、約 85% の鉛蓄電池がリサイクルされており、セネガルのダカールに、そのリサイクル現場がある (Haefliger *et al.* 2009)、その



アメリカのアリゾナ州ビスビーにある赤銅鉱の露天掘り鉱山ラベンダー
© Claude Dagenais/iStock

子供たちの平均血中鉛濃度は、1 デシリットル当たり 130 マイクログラムもあり、急性中毒どころか死を引き起こすのに十分な濃度であった(ATSDR 2007)。また子供たちは塗料の中の鉛に暴露される可能性もある。それは先進国では段階的に無くされたが、いくつかの開発途上国では続いている(Lanphear *et al.* 1998)。また電子廃棄物のリサイクルによって、ハンダの中の鉛による暴露が引き起こされ、中国のグイユに、そのような現場があり(Huo *et al.* 2007)、そこで検査された村の子供たちの 82%が、1 デシリットル当たり 10 マイクログラムという米国疾病管理センターの限界水準より高い血中鉛濃度を示した(ATSDR 2007)。その濃度は、推定される自然の鉛濃度より 2 ケタ高い。人の鉛中毒には、それ以下なら悪影響は出ないという閾値は設定されていない(Flegal and Smith 1992)。

ほとんどの石炭はわずかの水銀を含んでいるので、化石燃料の燃焼が増大するにつれ、産業による生物圏への水銀フラックスの増加が予測される(Soerensen *et al.* 2010)。こうして大量の水銀が、多くの産業活動によって環境へ放出されているが、水銀中毒からくる激しい神経毒性が報告されるのは、主として前近代的な採掘で金を水銀と化合させるために水銀を用いることに関係している。そのような採掘が 50 か国以上で実施されている(Bose-O'Reilly *et al.* 2008)。インドネシアやジンバブエでは、子供たちが鉱業に直接関係してもしていなくても、2 つの鉱業地区で検査された子供はすべて、水銀濃度が高く、水銀中毒に伴う兆候を示すことが分かった(Bose-O'Reilly *et al.* 2008)。ブラジルでの前近代的な金採掘場で働く人に発見されたように、水銀は、致死に至らないレベルであっても、発育を阻害し、また他のいくつかの毒素と同様、育まれた自己免疫力を永久に阻害することがあり、子供や成人が感染症や病気にかかりやすくする神経毒であるので、この子供たちの中毒は特に懸念される(Feingold *et al.* 2010)。現在、UNEP は水銀に対して世界の法的拘束力のある法律文書を準備するために、政府間交渉委員会を召集している。そこに 100 か国以上が参加していて、国際条約案が 2013 年の終わりに採択される状況になることが期待されている(Selin and Selin 2006)。

亜鉛、銅、マンガンのような他の多くの金属は、一定のレベルになると、人や環境に有害な影響を及ぼす可能性がある。カドミウムは、かつて顔料や電気めっきに使用されていたが、最も有毒な金属であり、汚染現場が残存しているかもしれない。現在の主な用途は、再充電可能なニッケルカドミウム電池で、これらの品目を回収しリサイクルすると、それが環境に放出されることがなくなるから、効果的であるにちがいない。またカドミウムは、化石燃料の燃焼によって環境に放出され、さらにリン鉱床中に存在する自然の汚染物質でもあるので、肥料を介して根菜類によって吸収される可能性がある(Jarup and Akesson 2009)。

放射性物質

放射性物質は、1890 年代以降に使用されるようになったが、1940 年代に核エネルギーが出現し、核兵器に使用され、放射性廃棄物の発生や汚染現場が付随的に増加したことで、著しく増大した。さらに産業、研究、医療での放射性物質の使用が増加し続けており、高濃度の天然に存在する放射性核種を含む鉱物の採取や処理も増加している。汚染現場のいくつかは相当の費用を掛けて除染されたが、その他の汚染現場は対処されていない。温室効果ガス排出への懸念が近年高まっているところに、化石燃料のコスト上昇やその供給力の低下が、時には原子力の採用に有利に働いた。しかし、スリーマイル島やチェルノブイリのような、希ではあるが非常に大きな影響を及ぼすことがある原発事故に対する社会の受け止め方が、抑制効果をもたらしてきた。核エネルギーの使用について、2020 年までに 15～45%、2030 年までに 25～95%増加するであろうと 2008 年に予測されていたが(IAEA 2008a)、将来の動向は、より最近の福島事故への対応により影響を受けるだろう。

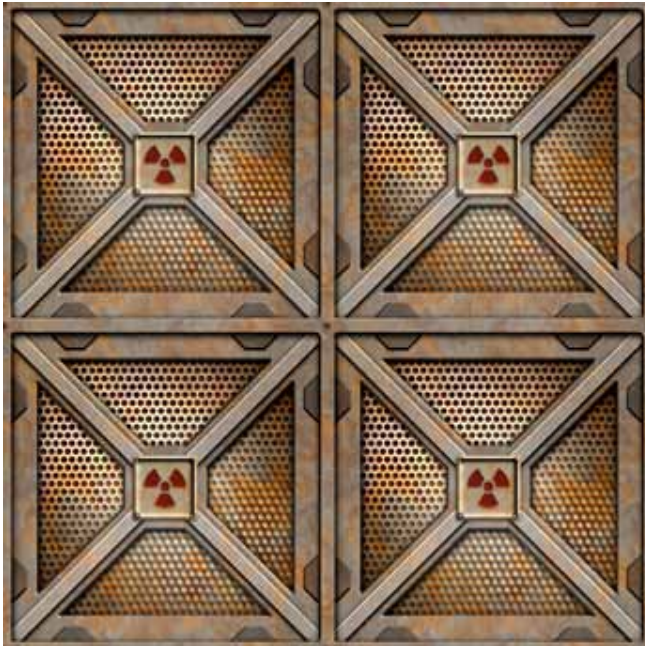
放射性廃棄物は、多くの物理的形態および化学的形態をとり、様々な放射線学的特性を持つ。国際的な分類体系(IAEA 2009 a)によって、廃棄物は分類(規制免除、極短寿命、極低レベル、低レベル、中レベル、高レベル)され、管理および処分オプションと結び付けられている。処分は、放射性廃棄物を管理する

表 6.3 世界の放射性廃棄物の保有目録、2004年

廃棄物の発生源	低レベルと中レベルの廃棄物		使用済燃料		高レベル廃棄物		採鉱	
	容積 (100万m ³)	放射能 (100万TBq)	質量 (100万 MTHM)	放射能 (100万TBq)	容積 (100万m ³)	放射能 (100万TBq)	容積 (100万m ³)	放射能 (100万TBq)
原子力	2	1.2	0.17	28 000	0.034	42	1 600	0.028
産業または医療の用途	2	1.2						
兵器	4	0.7			0.8	31	250	0.0046
合計	8	3.1	0.17	28 000	0.8	73	1 850	0.033

注釈：MTHM：metric tonne of heavy metal (重金属 1 トン)；TBq：テラ・ベクレル

出典：IAEA 2008b



放射性物質を貯蔵するための箱。© Clearviewimages/Stock

最終ステップであり、一般に、地表近くかまたは深い地層の施設内で為される。高レベルやいくつかの中レベル廃棄物は別として、大多数はそのような施設で処分されてきた。表 6.3 は世界の保有する放射性廃棄物の推定量を表す (IAEA 2008b)。

地表近くの施設は約 100 存在する。その他の様々なレベルの廃棄物処分用の施設については、多くの国々で開発中であるが、建設地の選定や設計のプロセスがしばしば論争的になる。多くの原子炉が、老朽化しており、近い将来に廃炉にされる必要があるだろう。そうすると放射性廃棄物となり、その処分のための施設と、それらを運用するための訓練された専門家が必要になることが示唆される。2012 年 2 月 2 日時点で、30 か国において合計約 368 ギガワットの能力になる 435 台の原子炉が稼働中であり、その約 75% が 20 年以上の年月を経ている。建設中のプラントは 63 個で、14 か国で合わせて 61 ギガワットの容量になる (European Nuclear Society 2012)。

「使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約」への締約国は、1997 年の設立後に着実に増加し、2011 年 4 月に 58 か国となり、放射性廃棄物管理に対して高水準の安全性を確保する義務を負う。3 年毎に開催されている 2009 年の検討会議で、45 の締約国からそれぞれ報告書が提出され、レビューに付された結果、安全性を向上させる義務、法令上の枠組みを構築し維持し実施していく義務、国の放射性廃棄物管理の戦略や政策が適正に実施されているかを監視する義務、があるとの結論が得られた (IAEA 2009b)。また 2006 年のレビュー会議以降に進展はあったけれども、2009 年の会議では、次の諸課題に対応するためにまだ多くのことを行う必要があると結論付けた。

- 処分を含む長期的な使用済燃料管理のための国家政策の実施；
- 使用済燃料と放射性廃棄物の処分施設の立地、建設、および操業；

- レガシー廃棄物（核兵器製造に伴い発生した放射性廃棄物や放射性物質で汚染したサイトにおける放射性廃棄物）の管理；
- 使用されなくなった密封線源のモニタリングおよび身元不明線源の回収；
- 知識管理と人材育成；
- 負債に対する財源の提供。

処分施設が、国際的な専門家によって検証され、安全性の実証を受けるという傾向が増えてきた (IAEA 2006)。その上で、国際原子力機関 (IAEA) の 2010 年の総会は、規制制度、専門的な取締官の育成、安全性、環境影響評価の適用を増強することを目指して、レガシーサイトを規制監督する国際ワーキングフォーラムを創設した (IAEA 2010)。

新たな問題

政策を策定して規制を行う工程は、化学物質や廃棄物の世界的な生産や分配で起こる急速な変化よりも、当然遅れがちである。したがってその課題は、数量的なデータが不十分であっても、また新旧の素材のライフサイクルにわたる潜在的危険性が完全に理解されていない場合でも、化学物質や廃棄物の望ましくない影響から人々の健康と環境を保護していくことである。

ナノ材料とナノ粒子

多くの新素材が、1メートルの10億分の1という、ナノメートルの大きさの微粒子として生産されている。それらは、それに対応する集合体としての物質とは全く異なる、化学的・生物学的な特性を示す。ナノ材料の商業的用途は、例えば、食品包装、パーソナルケア製品、化粧品、薬剤などである。ナノ材料は、その特異な性質によって、癌治療や、汚染の中和や、エネルギー効率の改善に役立てられている。しかし、それらは広く販売され、人体への暴露の可能性も、ある程度特定されているにもかかわらず、その安全性のテストが初期段階にあり、政府によるこれら新素材への現行規則の適応が遅れている (Morris *et al.* 2010)。職場や消費者への暴露、関連する人々の健康への影響について、もっとよく理解されるためには、より多くの研究が必要である。特にこれらの材料のうちのいくつかは、皮膚を通り抜けることが知られていて、十分に小さいために細胞膜に浸透し、細胞や細胞より小さいスケールで毒作用を引き起こす。さらに、製品が焼却処分されるか、埋められるか、あるいは長い時間をかけて劣化する場合に、製品からナノ材料またはナノ粒子が放出されるかどうかについて、ほとんど知られていない。したがって、それらが重大な廃棄物処理障害をもたらす可能性がある。ナノテクノロジーに関する適切な意思決定の仕組みが、先進国の取締官の間で多くの論争を引き起こしており、開発途上国の取締官の間でもますますそうになっている (Morris *et al.* 2010)。

環境中のプラスチック

プラスチックは環境中のどこにもある。それらは、多くの製品に広く使用され、多くの形態がある。単純なプラスティック

ク袋は、実用的な物体がいかに環境に有害なものになるかを示す典型例である。5000億を超えるプラスチック袋が毎年使用されるが、その多くが不適切に処分され最後に海のごみとなっている。この重大な問題が、UNEPの2011年鑑(UNEP 2011b)で取り上げられ、廃棄されたプラスチックの碎片が、海のごみの主成分を形成することが示された。廃棄されたプラスチックは、海洋の渦の中でマイクロの汚染物質に分解され、沿海の海岸を汚し、食物連鎖に入って、それがカメや海鳥のような海洋動物によって消費され、消化や呼吸や生殖作用に影響することによって、それらの動物を弱めるか、または死なせる。またこれらのプラスチックが細かく分解されたマイクロプラスチックが、PCBやその類似化合物などの残留性有機汚染物質の輸送ベクターとして作用し、野生生物に慢性的な影響を及ぼすことが懸念されている。その解決策は、プラスチックの漏出または排出を防ぐ適正な管理である。しかしプラスチックがリサイクルや再利用される比率は、EUのいくつかの国々での80%以上から、多くの開発途上国での、ごくわずかの比率まで、国によって大きく異なる。海洋環境を陸上ベースの諸活動から保護するための、世界行動計画(GPA)、およびその他の地方や大陸域のイニシアチブが、この問題に対処しようと努力している(Astudillo *et al.* 2009; Young *et al.* 2009)。

電子廃棄物

情報通信技術産業での装置の入れ替わりが速いことが、時代遅れになる電気電子製品の増大をもたらし、結果的にほとんど制御しがたいほどの量の使用済み製品が、電子廃棄物の世界的な取引を引き起こしている。世界で最も急成長している廃棄物の流れとして、年間2,000~5,000万トンと見積もられている電子廃棄物が、21世紀の主要な環境諸課題の1つになった(Schwarzer *et al.* 2005)。それは広範囲の電気製品によって発生するため、水銀や鉛などの重金属や、臭素化難燃剤(BFR)のような内分泌かく乱物質などの有害物質だけでなく、回収されリサイクルできる金、パラジウム、レアアースメタルなどの多くの戦略上重要な金属も含んでいるので、とりわけ注目されている。そのため電子廃棄物は、二次原料の貴重な源泉とし



廃棄されたコンピューター回路のボード。© roccomontoya/iStock

ての機能を果たすことができ、かつ乏しい自然資源への負荷や鉱業の環境フットプリントへの負荷を下げることができる。

それにもかかわらず、中古または使用済み装置として、先進国から輸出されるほとんどの電子廃棄物の仕向け先は、開発途上国のままである。しかし、これらの国々は、多くの場合、電子廃棄物の適正な処理のための設備、能力、資源を欠いていて、インフォーマルセクターや脆弱なグループと一体となって、戸外で燃やしたり、酸浸出を行うといった粗雑な処理方法を使用して、銅や金のような貴金属を回収している(UNEP 2009)。その処理過程で、廃棄物中の毒性物質が環境へ放出され、生態系や人の健康に高いリスクがもたらされる可能性がある。最近の研究では、2016年までには、開発途上国が、先進国の2倍くらい多くの電子廃棄物を発生させるだろうということが明らかにされている(Zoeteman *et al.* 2010)。電子機器は発展や進歩に積極的な影響を及ぼす一方で、使用済み電子廃棄物となって、人の健康や環境保全の両方に悪影響を及ぼす。これは、開発途上国や移行国において、ミレニアム開発目標(MDG)の達成を脅かす、ますます高まる環境問題であり民衆の健康問題である。

内分泌かく乱物質

内分泌かく乱とは、生命体が特定の化学物質にさらされると、生命体のホルモンによる信号が変化させられることを指す用語である。相当な数の化学物質が、人を含む多くの生物種の成長、ならびに生殖器や神経の発達に影響を及ぼす、内分泌かく乱物質であることが示された(Wayne and Trudeau 2011; Gore and Patisaul 2010; Toppari *et al.* 1996; Colborn *et al.* 1993)。さらに、環境中に低濃度で存在している、自然と人為起源の複数の化学物質が同時に作用することにより、人と野生生物の両方への暴露が増幅されている。「内分泌かく乱化学物質の科学的現状に関する全地球規模での評価」(WHO 2002)が出版されて以降、多くの調査が行なわれ、無機物質、有機物質のいずれでも、ホルモンの信号に影響を与え得ることが明らかにされている。UNEPは、国際的化学品管理に関する戦略的アプローチ(SAICM)の下で、これを新たな政策課題としてリストに載せることを提案した。

屋外焼却

屋外焼却では、燃焼によって生じた汚染物質が、大気に直接放出されるので、環境への投入量をコントロールする手立てがない。屋外焼却には、森林の山火事、計画的な野焼き(直後の穀類作物の栽培に備えて刈り株を焼くなど)、家庭ゴミや電子廃棄物のような廃物の無責任な焼却、放火に起因する廃タイヤの燃焼、さらに公開の花火などがある(Lemieux *et al.* 2004)。多環式芳香族炭化水素類(PAHs)が、これらの燃焼過程で常に放出され、鉛や銅などの重金属(花火の場合)も放出される。PAHsは、先進国や開発途上国のいずれにおいても広がっており(Barra *et al.* 2007)、それらの発癌性への懸念から、米国環境保護庁のような機関によって、優先監視汚染物質として分類されるようになっている。

化学毒性についての理解の欠落

人は、生産される多くの化学物質に絶えずさらされているので、これらの化学物質の振る舞いや、人の健康や環境との、それらの相互作用を理解しておく必要がある。広く使用されてきた化学物質の、以前には思いも寄らなかった特性が、レガシー汚染を引き起こしており、科学界や市民の間で、その懸念が高まっている。例えば、内分泌かく乱特性を持つことが分かっている多くの化学物質のうち、ビスフェノール A は、多くのプラスチック哺乳瓶や食品缶詰めの内面コーティング中に存在し、またフタル酸エステルは、いくつかの子供の玩具などの様々な軟質プラスチックの中に存在する (Hengstler *et al.* 2011)。通常これらの化学物質の存在は、素人にははっきりと分からないので、消費者は、そのような場合の暴露を防ぐために十分に警戒することができない。そのため、公共団体に対しては、生産された化学物質に関する潜在的リスクについて、人々に通知するよう重い責任を持たせ、また製造業者に対しては、製品の使用段階だけでなく使用後の段階まで製品に対して幅広く責任を取らせるアプローチ (拡大生産者責任) を持たせたり、代替物を探させるようにする必要がある。

既存の世界中のほとんどの化学物質に対する規制は、個々の物質による影響を取り扱ったものである。単一の化学物質の管理だけでも困難であるが、化学物質の混合物による人体暴露に対する理解に欠落があることも懸念されている (Rajapakse *et al.* 2002; Silva *et al.* 2002)。前述したように、混合物による毒性の研究はほとんど為されていない。多数の化学物質への暴露が組み合わさった場合の、化学物質の混合または相乗作用の危険性について、人の健康や環境へのさらなる評価が緊急に必要である。最新式の動的汚染 (動態) モデリングおよび混合された化学物質に関する毒性実験に基づく統合環境リスク評価は、化学物質の汚染に対する地球の限界量を計るのに役立つだろう (Handoh and Kawai 2011; Rockstrom *et al.* 2009)。

欠落点と展望

化学物質の特性、使用パターン、環境

多くの化学物質による健康や環境への影響についての情報や、製品内部にどのような様々なタイプの化学物質が使用されているかという製品に関する情報が不足している (OECD 2008b)。化学物質の評価における大きな欠落は、2 つの原因から生じている。一つは、多くの化学物質が導入され、体系立った評価が始められる前に、商取引が行われる品目になってしまっていることである。有害であるか、または潜在的に有害であるという証拠が高まったところで、地域規制や最終的に国際条約のリストに載せることは可能であるのに、ほとんどの工業用化学物質が評価されないままになっている。化学物質に関する、もう一つの原因は、例えば、フタル酸エステル類やビスフェノール A が持つ内分泌の働きや、生物濃縮によって長距離移動するといった、これまで思いもよらなかった特性に対して懸念が持ち上がってきたことである。さらに、学術的な評価によると、さらなる工業用化学物質や農薬が、POPs と見なされ

る可能性が示唆されている (Muir and Howard 2010, 2006)。また廃棄物の多くが混合されていて、そこに存在する任意の化学物質の危険性を評価することが、非常に困難になっていることも注目されるべきである。その上、有害廃棄物のリサイクルから発生する残留物は、リサイクル可能な材料そのものよりも高濃度の有毒物質を含む可能性がある。

ヒトの体組織に対してと同様に、環境中の POPs に対する長期的なモニタリング計画が、特に南半球において維持され拡張される必要がある。それらは、世界的な化学汚染の傾向をもっと良く理解するためと、ストックホルム条約の効力を評価するために不可欠である。

化学物質の毒性インベントリを作る大規模な作業は、重大な欠落点を埋めることを目指している。一例は、ヨーロッパで制定された化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する規則 (REACH) である。REACH 規則は規制対象にする化学物質の数を拡張し、中でも、1981 年以前に市場に出ていた化学物質やこれまで免除されていたものも規制対象とした (第 11 章)。

現状では製品内に使用されている化学物質に関する情報が限られており、人の健康や環境にもたらされる危険性の程度を明らかにすることが困難である。進行中の UNEP による世界化学物質概観 (Global Chemicals Outlook) や不実行のコストといったイニシアチブ (UNEP による化学物質の主流化) は、いくつかの重要な情報の欠落点を埋めるのに役立つだろう。

また科学知識の欠落に加えて、財源不足、能力不足、法令順守の監視不足によっても、適正な化学物質や廃棄物の管理が妨げられる。また教育や訓練が不足しても、多くの開発途上国での化学物質と廃棄物の適切な管理が制限される。自由貿易協定に起因する貿易の増大は、この状況を複雑にすることになる。それは、自由貿易協定が、化学物質使用の規制または制限を尊重しなければならない新興経済国にとって、大きな圧力として働くからである (Vogel 1997)。

化学物質、廃棄物、飲料水

世界で見た場合、約 11 億人が安全な上水道を利用できる状況になっておらず、また 26 億人が適切なし尿処理施設を利用できる状況になっていない。そのことによる健康への影響は、年間 170 万人が死亡し、またその 90% が 5 歳未満の子供たちであることであり (WHO/UNICEF 2005)、憂慮すべき事態である。水質汚染による損失は農村部の国内総生産 (GDP) の 0.3 ~ 1.9% に相当している可能性がある (WHO/UNICEF 2005)。重大な水質汚染の潜在性を抱える工業部門には、化学物質部門、食品と飲料部門、織物と鉱業部門、パルプと紙部門などがある。水質汚染のうち工業の点汚染源を規制するための政策的枠組みは、ほとんどの OECD 国において高度に発達しているが、重金属や塩素系溶剤のようないくつかの汚染物質は、懸念事項のままである。規制することは困難であるが、水域の硝酸汚染につながる農業排水のような非点汚染源に対して注意が払わ

Box 6.6 財政支援：進行中の課題

政府間レベルでの努力の多くは、開発途上国や移行国における化学物質と廃棄物の適正な処理のための、能力向上、技術援助、制度強化に要する財政支援と支援ニーズを特定することに注がれる。これは、バーゼル条約、ロッテルダム条約、ストックホルム条約の締約国会議の決定に反映され、特に国内の実施計画に対して反映される。化学物質と廃棄物の課題を遂行するための国際的な財政支援は、現在、OECD や地域開発銀行だけでなく、世界銀行、地球環境ファシリティ(GEF)、国連開発計画(UNDP)、UNEP、国連工業開発機関(UNIDO)、国連訓練調査研修所(UNITAR)、FAO、WHO、SAICMのクイックスタートプログラム、を通して管理され行われている。また、ある財政支援は、民間部門の機関を通して利用可能である。さらに、SAICM、化学物質の適正な管理に関する国際機関間プログラム(IOMC)、化学物質安全性政府間フォーラム(IFCS)、化学兵器禁止機関(OPCW)が、サポートと調整の役割を担っている。

既存のアプローチは分裂、断絶、不十分な調整によって阻まれており、適切な財政支援を行うことは、いまだに根本的な課題である。例えば、財政支援についての合意が不足していたことが、ストックホルム条約のためのコンプライアンス・メカニズムの制定を遅らせる大きな原因となった。その結果、2009年にUNEPの事務局長は、全体的な資金のニーズと可能性を検討するために、「化学物質と廃棄物に対する資金拠出選択肢に関する協議プロセス」を開始した。2009~2011年に参加国が次の4つの方針について議論した。

- 化学物質と有害廃棄物の適正な処理を中心に位置付けること；
- 国レベルと国際レベルで、官民協力や経済的手段を使用

- するなど産業界を関与させること；
- 多国間基金に似た新しい信託基金；
- 新しい地球環境ファシリティ (GEF) の重点分野として化学物質と廃棄物の安全処理を導入すること、GEF の下で既存の重点分野である POPs を拡張するか、または GEF の下で新しい信託基金を設立すること。

2011年10月の協議プロセスの最終会合で、化学物質と廃棄物の適正な処理に対して融資を行う統合的アプローチの概要を示す文書が作成された(UNEP 2012)。これは、2012年2月のUNEP運営審議会特別総会に提出されたUNEP事務局長の報告書の根幹を成し、そのことによって、化学物質と廃棄物の部門に最適な財政支援を確保する、統合的アプローチに関する本格的な提案を、各国政府が事務局長に要求するという成果につながった。これに関する決定が、2012年9月の第3回SAICM国際化学物質管理会議および2013年のUNEP運営審議会に期待されている。

協議プロセスを進めていくことは、化学物質と廃棄物の適正な処理に対する財政支援への注目を高め、また人の健康や発展、環境、炭素との結び付きに注目させる重要な機会である。持続する社会的、環境的、経済的な便益がもたらされることは、発展の本質的な要素であり不可欠な目標である。健康、水、下水、エネルギー、輸送、情報通信技術、災害管理、といった主要部門における適切な社会基盤が無ければ、有害な化学物質、危険な廃棄物または放射性の廃棄物、環境を汚染するその他廃棄物の流れ、への暴露の危険性から人々を保護することはほとんど不可能である。

れるようになりつつある。化学肥料や有機質肥料からの有機汚染物質の流出を削減する取り組みに加えて、農業からの有機機酸エステル類の流出についても懸念されている。OECDによって再検討された研究(2008a、2008b)によれば、ヒ素や硝酸塩のような様々な汚染物質を削減することを目標にした対策を含め、農業排水を削減し、降雨流水を制御する国の対策が、大きなOECD経済圏において1億USドルを越える健康上の有益性を生み出すかもしれないと示唆されている(Hammer *et al.* 2011)。OECDでない国々においては、安全でない上水道や下水に関する不実行のコストが、特に深刻である。

世界の対応を増強すること

バーゼル条約、ロッテルダム条約、ストックホルム条約、ならびに化学物質と廃棄物に対処するその他の協定書であるオゾン破壊物質に関するモントリオール議定書、マルポール条約、ロンドン条約、ならびに水銀に関する水俣条約やそれと同様のバマコ条約、ワイガニ条約、地中海条約といった地域条約が、人の健康と環境を、化学物質や廃棄物の悪影響から保護するための世界的対応を組み立てて強固にするための土台を担っている。これらの世界的な諸条約による支援を下になされる議論

が、新たに発生する問題の予測を可能にし、問題を持続可能な方向へと、着実に集団的に制御する方法を策定するように働く。OECDや欧州委員会によって合意されたような地域協定と同様に、これらの世界の法律上拘束力のある条約はすべて、化学物質と廃棄物の環境上適正な処理を行う普遍的な原理を共有している。この世界的な構成の鍵となる特性は、情報の収集と普及における透明性である。EUの化学物質に関する規則、REACHは、そのような取り組みの典型である(Hartung and Rovida, 2009)。しかし、次のいずれにも、大きな問題点が残っている。すなわち、市場に出ている多くの化学物質とナノ材料への対処と、多くの国々が有害化学物質と廃棄物を環境上適正な方法で処理することができていないという事実である。

人の健康や環境を有害化学物質と廃棄物から保護するという共通の目標を共有するバーゼル条約、ロッテルダム条約、ストックホルム条約に関して、これらの協定の締約国は、化学物質のライフサイクルの様々な段階で化学物質を管理することに対して、国々への援助を向上させるために、その3条約の運営を合理化することに着手した。この着手は、2008年の化学物質汚染国際パネル(IPCP)の制定を促し、2008年と2009年

の締約国による3条約のそれぞれの会議で、また2010年2月のインドネシアのバリでの3条約の同時臨時会議において、3つの条約間の協力と調整を増強させた。2011年の初め以来、それらの条約事務局は、共同の事務局長の下で働いており、化学物質と廃棄物の適正な処理に向けて、より全体論的なアプローチを行う可能性が広がった(Basel Convention 2012)。

概観

表6.4は、鍵となる課題ごとに主たる目標を要約して示し、本章で述べた指標を用いて目標の達成に向けた進展について説明している。その表は、第二部と第三部（いずれも下巻）で概説されるような政策オプションや対応を開発していく際に考慮されるべき提言を、第一部の他章からの提言に沿って示す。

表6.4 目標に向けた進展（表6.1を参照） つづき

A: 著しい進展 B: ある程度の進展		C: 進展がほとんど無いか全く無い D: 悪化している		X: 進展を評価するには早過ぎ ?: データ不十分	
鍵となる課題と目標	現状と傾向	展望	欠落している点		
1. 化学物質についての全ライフサイクルにわたる適正な管理、および廃棄物についての適正な処理を提供する。					
化学物質の適正な管理	B	17の多国間協定があり、300以上の活動がSAICMの世界行動計画の下で行われてきた。23か国が、機能する国の化学物質登録簿を持っている。化学物質の分類および表示に関する世界調和システムが設立された。	適正な化学物質の管理を実施する開発途上国の数が増加している。	化学物質のリスク評価とリスク管理のためのより統合された世界の枠組み。特にアジア太平洋地域と中南米において、中でも特に化学物質の生産、貿易、使用に大きく関与している開発途上国が化学物質の適正な管理を実施するための計画	
廃棄物の適正な処理	B	環境上適正な廃棄物処理を行うための客観的な基準が、最適なものになっておらず、処理業務が地方の規準や状況によって大きく異なり、都市では、廃棄物についてのモニタリングが不十分で、屋外焼却、不法取引といった廃棄物処理問題の増大に直面している。	廃棄物の発生は、消費と貿易における現在の傾向に従って増加するだろう。	廃棄物に関するデータ。	
資源効率を向上させる。	C	開発途上国において、廃棄物をエネルギーに転換するために使う有効な方法が不足している。	エネルギーの解決策と張り合うよりも、再利用やリサイクルによる廃棄物回収を重視することと釣り合いを取るのであれば、環境上適正なエネルギー回収は、状況によって役立つだろう。	すべての設備の運転性能の維持を確保するための、長期にわたる技術移転と能力向上。	
再利用、リサイクル、環境にやさしい代替物質を、最大限に増して廃棄物を最小限に抑える。	?	次のような多くの構想と、いくつかの地域や国の計画が存在する。リデュース、リユース、リサイクル；E Uの生産者責任指令；バーゼル条約のモバイルフォン・パートナーシップ・イニシアティブ(MPPI)；バーゼル条約のコンピュータ機器廃棄物に関するパートナーシップ(PASE)など。	これらの努力の多くを世界レベルにまで高める可能性。	廃棄物を最小化するために、全世界を測定する方法やそのデータ。信頼できるデータや傾向情報。	
有害廃棄物とその他廃棄物の発生および処理についての厳格な制御。	?	バーゼル条約事務局に報告される国からのデータは希薄で、解釈するのが難しい。締約国による報告が減少しつつある。	締約国がコンプライアンスを向上させ、方向を変えるよう支援されなければ、その傾向が継続するかもしれない。	意識向上と能力向上のためのさらなる努力。	
2. 人の健康と環境をPOPsから保護する。					
POPsの生産、使用、輸出入、を廃絶または制限する。	B/B/B	B：いくらかは前進しているが、指標に基づいて前進していると評価するには、まだ早い。B：長期記録では、1980年代と1990年代の間に、大気中のPOP濃度に減少が見られるが、その傾向は2000年以降、横ばいになった。B：西側の工業先進国の都市地域では、PCBの排出が進行中であり、年間一人当たり約0.1～1.0グラムである。	世界のどこにおいてもPOPsへの暴露は継続しそうである。気候変動は、POPsの移動性を増すことによって暴露を増加させるかもしれない。	ストックホルム条約に基づく開発途上国の国内実施計画への支援。マラリア予防対策から来るDDT暴露と、電子廃棄物の取り扱いから来るポリ臭化ジフェニルエーテル（化学物質の中でも特に）への暴露に対して十分に注意すること。	
3. 重金属によってもたらされる危険性の低減					
重金属の生産および使用を制限する。	B	先進国における進展は、急性毒性の発生頻度が少なくなったことであるが、暴露はまだ産業の現場やレガシーサイトで生じていて、慢性的な低濃度の曝露によって微妙に進行していく影響の可能性について懸念が増している。開発途上国では、重大な問題が残っており、多くの場合、重金属がわずかな規制の下で、採掘され、加工され、使用され、リサイクルされていて、ほとんどのケースの急性毒性、とりわけ鉛、水銀、ヒ素の急性毒性が発生している。	水銀に対して世界で進行中の包括的交渉は有望である。そしてさらに国際協定の中に重金属（鉛、カドミウム、ヒ素）を含める努力が必要である。	環境への重金属負荷を低減させることに役立つよう、消費財に、より無害な代替化学物質を使用できるようにするための追加調査。人の健康と環境についての、より厳格で業務的な基準。	

表 6.4 目標に向けた進展（表6.1を参照） つづき

3. 重金属によってもたらされる危険性の低減 つづき				
重金属と、重金属を含む廃棄物の輸出入を制限する。	B	電子製品の入れ替わりが速いこと、それらの内部の危険物質の排除に要するコストが高いために、人件費が低く、健康や環境の基準も低い開発途上国へ、電子廃棄物の取引と移動が増大することになった。	電子廃棄物における特定の有害性物質を制限するEU指令は、有望なステップであるが、さらなる世界的なイニシアチブが必要である。	水銀に関するような世界的なイニシアチブがあれば、有益だろう。
重金属を含有している廃棄物に対する廃棄技術を向上させる。	?	先進国では、非常に制御された廃棄処理が行われているが、多くの開発途上国では、採鉱、精錬、電池や電子廃棄物のリサイクル、に付随する廃棄処理を向上させる作業がまだ必要である。	鉛、水銀、場合により他の重金属に対する国際的に合意された目標が存在するかまたは展開中であるが、さらなる努力が必要である。	人の健康と環境についての、もっと厳格で業務的な基準、ならびに廃棄についてのもっと厳格な規制。
4. 特定の有害化学物質の国際貿易において、締約国間での共同責任や協調的努力を促進する。				
有害化学物質の輸出入に対して国が意志決定するためのプロセスを開発する。	C	多くの開発途上国において、制度や規制上の枠組みが弱く、現行法の執行度も低いため、適正な処理を行うための政策を欠いている。有害化学物質の輸出入のための権限を持っている政府系機関が多数あって、司法権の争いを引き起こし、意思決定が弱められるために、国が意思決定のための首尾一貫したアプローチを取れない。	ロッテルダム条約に基づいて通告される割合が継続または増強される場合、改善が予測される。	化学物質と廃棄物についての国際協定の実施における相乗作用を促進することを含めて、地域や国レベルで有効な意思決定を行うためのメカニズム、ガバナンス、規制の枠組みを改善すること。
化学的特性に関する情報交換を促進する。	?	化学物質の特性に関する情報の検索や普及のための、国、地域、世界の利害関係者が利用できるデータセットや有効なメカニズムが不足している。国レベルで、政府系機関の間での情報交換が不十分だと、情報に基づく意思決定が妨げられる。		有害化学物質と廃棄物の特性についての情報交換のための、世界、大陸域、国、の機能的なネットワークの開発と実施。
5. 透明性のある科学的根拠を有するリスク評価やリスク管理のやり方を用いる。				
ライフサイクル全てにわたる化学物質の適正な管理	?	リスク評価は、国際レベルで使用されつつあるが（ストックホルム条約）、開発途上国においては、化学物質と廃棄物によって引き起こされる暴露や影響に関するデータ不足、また能力的制約のために制約を受ける。 モントリオール議定書に基づき、不法な船積を見破るためのトレーニングが、オゾン担当職員に対して提供された。作業場の化学物質にラベル表示するための世界調和システム(GHS)は、危険有害性に基づくもので、リスク評価のためのデータとして用いることができる。 若干の化学物質は、危険有害性もそれらもたらすリスクも不明確である。製品内の化学物質は、時には商業機密を理由に、多くの場合明らかにされない。	その状況は、条約審査委員会の活動、水銀に関する政府間プロセス、EUのREACH、化学物質に関する国の再評価、によって好転するかもしれない。	化学物質のリスクに対する子供の脆弱性に関するデータ（平均リスク評価は単に成人のデータを用いている）。SAICMの支援による、化学物質の同定やリスク管理のトレーニング。製品組成の開示。
海洋環境の汚染を防ぎ、除去し、減らすための研究を奨励する。	A	これまで、海洋汚染研究への投資は、北半球においてより活発であった。最近では、発展途上の国々において、多くの場合、重要な食料源となっている海洋資源を汚染から保護する努力がなされている。		汚染に関する科学的に適正なデータ。
6. 適切なモニタリングシステムを開発する（国と大陸域と世界）。				
科学に基づいた適正なモニタリング計画を開発する。	?	POPsの世界的なモニタリング計画が実施されているが、広範囲の追加化学物質については、ほとんどの国々において生物学的モニタリング計画が不十分で、人体への暴露について完全な形での報告がなされていない；また有害廃棄物の報告制度は、バーゼル条約の締約国は利用できるが、完全には取り入れられておらず、報告も完全ではない；不適切に処分された廃棄物の影響は計量が困難である。	化学物質に関する世界モニタリング計画が開発され、今後数年間で制度的調和と世界的普及が達成されると予想される。	変化についてのモニタリングを可能にするデータセットや指標だけでなく、重要な化学物質と廃棄物の空間的・時間的傾向を構築する、包括的な地域と世界のモニタリング計画。 化学物質への暴露とその影響についての評価を支援するバイオマーカーと生物指標。開発途上国におけるトレーニング、適切な実験施設、ならびに先進国から輸入された有害な残留物の貯蔵、廃棄、または再処理をモニタリングするための能力を向上させることへの支援。

表 6.4 目標に向けた進展（表6.1を参照） つづき

7. 能力開発				
化学物質と有害廃棄物の適正な処理。	C	国際機関による努力にもかかわらず、開発途上国が適正に処理するための能力の開発がまだ不十分である。バーゼル条約とストックホルム条約の地域センターが、開発途上国の政府と利害関係者の能力を増強するために設立されたが、適切な融資メカニズムはまだ実施されていない。	ストックホルム条約とバーゼル条約ならびにSAICMとGHSが、画期的な融資メカニズムによって支援されることになれば、状況は好転しそうである。	適切な融資メカニズムならびに南北間での情報と知識の共有。
資源効率を向上させる。	B	統合的な廃棄物処理ではなく、資源や物資を回収しない廃棄物投棄が行われており、収集用の設備も統合的な廃棄物処理を行う国の廃棄物政策も法律の制定も不十分である。粗雑で非能率的な資源リサイクルが、非公式の経済活動として存在している。	分別されない廃棄物（ごみ）の投棄や、規制されない屋外焼却にとって代わる、廃棄物の環境上適正な処理。	実験プロジェクトまたは実証プロジェクトによって、廃棄物をリサイクルし物資を回収することに加えて、廃棄物をエネルギーへ、そして廃棄物を有機質肥料へ変えるという地域や国のイニシアチブの促進。
有害廃棄物の越境移動の規制	?	バーゼル条約の事前告知に基づく同意届出の手順を通して利用される規制制度は、迂回や不法な取引に対しては脆弱であるけれども、完全に利用されるならば、非常によく機能する制度であると言える。	さらなる奨励に加えて、国々がバーゼル条約およびSAICMに基づく対策を十分に実施するならば、進展度は向上するだろう。	バーゼル条約の実施と順守を保持するための、能力向上と資金調達メカニズムの改善。大陸域と国レベルで相乗作用を引き起こす条約のイニシアチブを入念に作り上げること。有害廃棄物の越境移動を抑制するための世界と大陸域と国のネットワーク間の協力を向上させること。 例えば、国際刑事警察機構汚染犯罪作業部会のイニシアチブと共に、順守と執行を向上させるために、ヨーロッパのIMPELネットワークおよび世界のINECEネットワークを通じたより大きな協力； 開発途上国における、バーゼル条約の担当者との活発な連携と協力ならびに報告の改善。
8. すべての汚染源から海洋環境を保護し保全する。				
船からの汚染	B	マルポール条約の下で進展があり、多数の国がまだ応じていないが、150か国が批准した。国際的な船舶輸送から出る温室効果ガス排出の抑制と、削減メカニズムそのものについての草案が、国際海事機関(IMO)の海洋環境保護委員会(MEPC)によって審議継続中である。	MEPCの下で、新しいメカニズムが開発され向上しそうである。	港湾でのゴミ処分施設など、船の廃棄物を制御するための機能的な国際的ネットワークの開発と実施。
海洋環境を保護する。	X	海洋環境の保護は、制度的取り決め、あるいは開発途上国における環境規制によって、必ずしも優先度を与えられているとは限らなかった。UNEPの地域海条約は、必ずしもすべてが国内法に反映されず、実施されているわけではない。多くの国々がマルポール条約を批准しなかったし実施しなかった。海岸や海洋の汚染レベルが、大陸域や国レベルでの陸上汚染源への制御が欠如しているために増大し続けている。海洋資源と海洋環境の持続不可能な開発が、広範囲に行われている。	進展と後退が混成している。	大陸域と国レベルでの、マルポール条約、地域海条約、ロンドン条約への批准と国内法令化と実施を促進するための国際的行動、ならびに化学物質と廃棄物に関する多国間協定を進展させるための国際的行動。
9. 放射性廃棄物の処理と安全性				
放射性廃棄物が安全に管理され、輸送され、格納され、配置されることを確保する。	B	核施設の操業から出る放射性廃棄物、ならびに医療、産業研究で使用される放射性物質は、一般に国際基準によって制御され、「使用済燃料と放射性廃棄物に関する合同条約」の会合で報告される。いくつかのレガシーサイトが、核兵器の生産と実験の後に残されたままである。いくつかのウランウム採鉱のレガシーサイトが、アフリカや中央アジアに残っている。	放射性廃棄物は、高レベルの自然発生の放射性核種と共に、原子力産業、医学使用、工業使用、ならびに採鉱や鉱物の資源開発によって発生し続けるだろう；管理し処理する設備が、近い将来に必要なだろう。	有利な相乗作用を展開させるために、前記合同条約（放射性廃棄物を安全管理するための重要な世界的協定書）および有害物質に関するその他の国際的協定書との間の結び付きをより密接にすること。ウランウム採鉱のレガシーサイトの修復を援助する国際的努力への支援。
放射線の影響を伴う事故を防ぎ、事故による放出の影響を緩和する。	B	福島事故は、チェルノブイリ以降の改善にもかかわらず、原発事故がまだ起こり得ることを例証する。また原子力安全条約（前記合同条約の姉妹条約）は、国々が高レベルの安全性を確実に維持することを目的としている。	他の国々が核計画を開発し続ける一方で、多くの国々が、福島事故の後に核計画の廃止を決定した。全体的な影響がどうなるかと言うには、早すぎる。	原子力安全条約および前記合同条約の目的が確実に達成されるようさらに重視すること。

参照文献

Astudillo, J.C., Bravo, M., Dumont, C.P. and Thiel, M. (2009). Detached aquaculture buoys in the SE Pacific: potential dispersal vehicles for associated organisms. *Aquatic Biology* 5, 219–231

ATSDR (2007). *Toxicological Profile for Lead*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA

Barra, R., Castillo, C. and Torres, J.P.M. (2007). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the South American environment. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 191, 1–22

Basel Convention (2012). *The Synergies Process*. <http://www.basel.int/TheConvention/Synergies/tabid/1320/Default.aspx>

Basel Convention (2011). Basel Convention website. <http://www.basel.int/Countries/NationalReporting/StatusCompilations/tabid/1497/Default.aspx>

Basel Convention (1989). *The Basel Convention on the Control of Transboundary Movement of Hazardous Wastes and their Disposal*. <http://www.basel.int/>

Blacksmith Institute (2011). *Top Ten of the Toxic Twenty. The World's Worst Toxic Pollution Problems Report 2011*. Blacksmith Institute, New York and Green Cross Switzerland, Zurich. <http://www.worstpolluted.org>

Bogdal, C., Nikolic, D., Lüthi, M.P., Schenker, U., Scheringer, M. and Hungerbühler, K. (2010). Release of legacy pollutants from melting glaciers: model evidence and conceptual understanding. *Environmental Science and Technology* 44(11): 4063–4069

Bose-O'Reilly, S.B., Lettmeier, R.M., Gothe, R.M., Beinhoff, C., Siebert, U. and Drasch, G. (2008). Mercury as a serious hazard for children in gold mining areas. *Environmental Research* 107(1), 89–97

Boxall, A., Hardy, A., Beulke, S., Boucard, T., Burgin, L., Falloon, P., Haygarth, P., Hutchinson, P., Kovats, S., Leonardi, G., Levy, L., Nichols, G., Parsons, S., Potts, L., Stone, D., Topp, E., Turley, D., Walsh, K., Wellington, E. and Williams, R. (2009). Impacts of climate change on indirect human exposure to pathogens and chemicals from agriculture. *Environmental Health Perspectives* 117(4), 508–514

Brodesser, J., Byron, D.H., Cannavan, A., Ferris, I.G., Gross-Helmert, K., Hendrichs, J., Maestroni, B.M., Unsworth, J., Vaagt, G. and Zapata, F. (2006). *Pesticides in developing countries and the International Code of Conduct on the Distribution and the Use of Pesticides*. Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES) Meeting on Risks and Benefits of Pesticides, Vienna, Austria, 30 March 2006. <http://www.naweb.iaea.org/nafa/fep/public/2006-AGES-CoC.pdf>

Carn, S.A., Krueger, A.J., Krotkov, N.A., Yang, K. and Levelt, P.F. (2007). Sulfur dioxide emissions from Peruvian copper smelters detected by the ozone-monitoring instrument. *Geophysical Research Letters* 34(09801) L09801, doi:10.1029/2006GL029020

Caroli, S., Cescon, P. and Walton, D.W.H. (eds.) (2001). *Environmental Contamination in Antarctica: A Challenge to Analytical Chemistry*. Elsevier Science, Oxford

CAS (2011). Chemicals Abstract Service. www.cas.org (accessed July 2011)

CEMC (2012) Canadian Centre for Environmental Modelling and Chemistry website. www.trentu.ca/academic/aminss/envmodel

Colborn, T., vom Saal, F.S. and Soto, A.M. (1993). Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Health Perspectives* 101(5), 378–384

CSD (2010). *Review of implementation of Agenda 21 and the Johannesburg Plan of Implementation: Chemicals*. Report of the Secretary-General. Commission on Sustainable Development, 18th session. <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N10/245/37/PDF/N1024537.pdf?OpenElement>

Cui, J. and Forsberg, E. (2003). Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review. *Journal of Hazardous Materials* 99(3), 243–263

Diamanti-Kandarakis, E., Bourguignon, J.P., Giudice, L.C., Hauser, R., Prins, G.S., Soto, A.M., Zoeller, T. and Gore, A.C. (2009). Endocrine-disrupting chemicals: an Endocrine Society scientific statement. *Endocrine Reviews* 30(4), 293–342

European Nuclear Society (2012). <http://www.euronuclear.org/info/> (accessed February 2012)

FAO (2012) *Prevention and Disposal of Obsolete Pesticides*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/agriculture/crops/obsolete-pesticides/where-stocks/zh/> (accessed March 2012)

FAO (2002) *Stockpiles of Obsolete Pesticides in Africa Higher than Expected*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/english/newsroom/news/2002/9109-en.html>

Feingold, B.J., Vegosen, L., Davis, M., Leibler, J., Peterson, A. and Silbergeld, E.K. (2010). A niche for infectious disease in environmental health: rethinking the toxicological paradigm. *Environmental Health Perspectives* 118(8), 1165–1172

Finnveden, G., Hauschild, M.Z., Ekvall, T., Guine, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D. and Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management* 91, 1–21

Flegal, A.R. and Smith, D.R. (1992). Lead levels in preindustrial humans. *New England Journal of Medicine* 326, 1293–1294

Fraser, B. (2009). La Oroya's legacy of lead. *Environmental Science and Technology* 43(15), 5555–5557

Geisz, H.N., Dickhut, R.M., Cochran, M.A., Fraser, W.R. and Ducklow, H.W. (2008). Melting glaciers: a probable source of DDT to the Antarctic Marine Ecosystem. *Environmental Science and Technology* 42, 3958–3962

Gonzalez, M., Miglioranza, K.S.B., Aizpún, J.E., Isla, F.I. and Peña, A. (2010). Assessing pesticide leaching and desorption in soils with different agricultural activities from Argentina (Pampa and Patagonia). *Chemosphere* 81(3), 351–356

Gore, A.C. and Patisaul, H.B. (2010). Neuroendocrine disruption: historical roots, current progress, questions for the future. *Front. Neuroendocrinology* 31, 395–399

Haefliger, P., Mathieu-Nolf, M., Locicero, S., Ndiaye, C., Coly, M., Diouf, A., Faye, A.L., Sow, A., Tempowski, J., Pronczuk, J., Filipe Junior, A.P., Bertollini, R. and Neira, M. (2009). Mass lead intoxication from informal used lead-acid battery recycling in Dakar, Senegal. *Environmental Health Perspectives* 117(10), 1535–1540

Hammer, S., Kamal-Chaoui, L., Robert, A. and Plouin, M. (2011). *Cities and Green Growth: A Conceptual Framework*. OECD Regional Development Working Papers 2011/08, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5kg0ffimxz34-en>

Handoh, I.C. and Kawai, T. (2011). Bayesian uncertainty analysis of the global dynamics of persistent organic pollutants: towards quantifying the planetary boundaries for chemical pollution. In *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry – Marine Environmental Modeling and Analysis* (eds. Omori, K., Guo, X., Yoshie, N., Fujii, N., Handoh, I.C., Isobe, A. and Tanabe, S.), pp.179–187. Terrapub, Tokyo

Hartung, T. and Rovida, C. (2009). Chemicals regulators have overreached. *Nature* 460, 1080–1081

Hengstler, J.G., Foth, H., Gebel, T., Kramer, P.J., Lilienblum, W., Schweinfurth, H., Völkel, W., Wollin, K.M. and Gundert-Remy, U. (2011). Critical evaluation of key evidence on the human health hazards of exposure to bisphenol A. *Critical Reviews in Toxicology* 41, 263–291

Huang, X., Sillampaa, T., Gjessing, E.T., Peraniemi, S. and Vogt, R.D. (2011). Water quality in the southern Tibetan Plateau: chemical evaluation of the River Yarlung Tsangpo (Brahmaputra). *River Research and Applications* 27, 113–121

Hung, H., Kallenborn, R., Breivik, K., Su, Y., Brorström-Lundén, E., Olafsdottir, K., Thorlacius, J.M., Leppänen, S., Bossi, R., Skov, H., Manö, S., Patton, G.W., Stern, G., Sverko, E. and Fellin, P. (2010). Atmospheric monitoring of organic pollutants in the Arctic under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP): 1993–2006. *Science of the Total Environment* 408, 2854–2873

Huo, X., Peng, L., Xu, X.J., Zheng, L., Qiu, B., Qi, Z., Zhang, B., Han, D. and Piao, Z. (2007). Elevated blood lead levels of children in Guiyu, an electronic waste recycling town in China. *Environmental Health Perspectives* 115(7), 1113–1117

IAEA (2010). *Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear, Radiation, Transport and Waste Safety*. General Conference Resolution GC (54)/RES/7 adopted 24 September 2010. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (2009a). *Classification of Radioactive Waste General Safety Guide*. Series No. GSG-1. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (2009b). *Summary Report. Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*. Third Review Meeting of the Contracting Parties, 11–20 May, Vienna. JCR/M3/02/Rev2. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (2008a). *20/20 Vision for the Future. Background Report by the Director General for the Commission of Eminent Persons*. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (2008b). *Estimation of Global Inventories of Radioactive Waste and Other Radioactive Material*. TECDOC-1591. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (2006). *An International Peer Review of the Programme for Evaluating Sites for Near Surface Disposal of Radioactive Waste in Lithuania*. Report of the IAEA International Review Team. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (1997). *Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*. International Atomic Energy Agency, Vienna. <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/1997/infcircs546.pdf>

IHPA (2009) *Obsolete (Lethal) Pesticides: A Ticking Time Bomb and Why We Have to Act Now*. International HCH and Pesticides Association. http://www.iHPA.info/docs/library/reports/timeBomb_Obsolete_Pesticides.pdf

IPCP (undated). International Panel on Chemical Pollution, Zurich. <http://www.ipcp.ch/>

Jarup, L. and Akesson, A. (2009). Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology* 238, 201–208.

Jacobsen, J.K., Massey, L. and Gulland, F. (2010). Fatal ingestion of floating net debris by two sperm whales (*Physeter macrocephalus*). *Marine Pollution Bulletin* 60(15), 765–767

Koppe, J.G. and Keys, J. (2001). PCBs and the precautionary principle. In: *Late Lessons from Early Warnings: The Precautionary Principle 1896–2000* (eds. Harremoës, P., Gee, D., MacGarvin, M., Stirling, A., Keys, J., Wynne, B. and Vaz, S.G.). pp.64–72. Environmental Issue Report No. 22. European Environment Agency, Copenhagen

- Lamon, L., Valle, M.D., Critto, A. and Marcomini, A. (2009). Introducing an integrated climate change perspective in POPs modelling, monitoring and regulation. *Environmental Pollution* 157(7), 1971–1980
- Lanphear, B., Matte, T., Rogers, J., Clickner, R., Dietz, B., Bornschein, R., Succop, P., Mahaffey, K., Dixon, S., Galke, W., Rabinowitz, M., Farfel, M., Rohde, C., Schwartz, J., Ashley, P. and Jacobs, D. (1998). The contribution of lead-contaminated house dust and residential soil to children's blood lead levels: a pooled analysis of 12 epidemiologic studies. *Environmental Research* 79(1), 51–68
- Lemieux, P.L., Lutes, C.C. and Santoianni, D.A. (2004). Emissions of organic air toxics from open burning: a comprehensive review. *Progress in Energy and Combustion Science* 30, 1–32
- Lokuge, K.M., Smith, W., Caldwell, B., Dear, K. and Milton, A.H. (2004). The effect of arsenic mitigation interventions on disease burden in Bangladesh. *Environmental Health Perspectives* 112, 1172–1177
- London Convention (1972/96). *Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter*. Adoption 1972; 1996 Protocol. <http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/Convention-on-the-Prevention-of-Marine-Pollution-by-Dumping-of-Wastes-and-Other-Matter.aspx>
- MacLeod, M., Riley, W.J. and McKone, T.E. (2005). Assessing the influence of climate variability on atmospheric concentrations of polychlorinated biphenyls using a global-scale mass balanced model (BETR-Global). *Environmental Science and Technology* 39, 6749–6756
- MARPOL (1973/78). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*. Adoption 1973, 1978 Protocol. International Maritime Organization (IMO), London. [http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-\(marpol\).aspx](http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-(marpol).aspx)
- Mikelis, N. (2010). *IMO's Action Plan on Tackling the Inadequacy of Port Reception Facilities*. Ships' Waste: Time for action! Conference organised by EUROSHORE and FEBEM-FEGE, Brussels, 14 October 2010. International Maritime Organization, London
- Morris, J., Willis, J., De Martinis, D., Hansen, B., Laursen, H., Sintes, J.R., Kearns, P. and Gonzalez, M. (2010). Science policy considerations for responsible nanotechnology decisions. *Nature Nanotechnology* 6, 73–77. doi:10.1038/nnano.2010.191
- Muir, D. and Howard, P. (2010). Identifying new persistent and bioaccumulative organics among chemicals in commerce. *Environmental Science and Technology* 44, 2277–2285
- Muir, D. and Howard, P. (2006). Are there other persistent organic pollutants? A challenge for environmental chemists. *Environmental Science and Technology* 40, 7157–7166
- Nweke, O.C. and Sanders, W.H. (2009). Modern environmental health hazards: a public health issue of increasing significance in Africa. *Environmental Health Perspectives* 117(6), 863–870
- OECD (2010a). *Cutting Costs in Chemicals Management: How OECD helps Governments and Industry*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- OECD (2010b). *OECD Factbook: Economic, Environmental and Social Statistics*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- OECD (2008a). *OECD Environmental Data: Compendium 2008*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. <http://www.oecd.org/dataoecd/56/45/41255417.pdf>
- OECD (2008b). *OECD Environmental Outlook to 2030*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- OECD (2008c) *Costs of Inaction on Key Environmental Challenges*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- Ondarza P.M., Gonzalez, M., Fillmann, G. and Miglioranza, K.S.B. (2011). Polybrominated diphenyl ethers and organochlorine compound levels in brown trout (*Salmo trutta*) from Argentinean Patagonia. *Chemosphere* 83, 1597–1602
- Ondarza, P.M., Miglioranza, K.S.B., Gonzalez, M., Shimabukuro, V.M., Aizpún, J.E. and Moreno, V.J. (2010). Organochlorine compounds (OCCs) in common carp (*Cyprinus carpio*) from Patagonia Argentina. *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology* 5, 41–46
- Poliakoff, M., Fitzpatrick, J.M., Farren, T.R. and Anastas, P.T. (2002). Green chemistry: the science and policy of change. *Science* 297, 807–810
- Prüss-Ustün, A., Vickers, C., Haefliger, P. and Bertollini, R. (2011). Knowns and unknowns on burden of disease due to chemicals: a systematic review. *Environmental Health* 10, 9–24
- Rajapakse, N., Silva, E. and Kortenkamp, A. (2002). Combining xenoestrogens at levels below individual no-observed-effect concentrations dramatically enhances steroid hormone action. *Environmental Health Perspectives* 110, 917–921
- Rauch, J.N. and Pacyna, J.M. (2009). Earth's global Ag, Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, and Zn cycles. *Global Biogeochemical Cycles* 23, GB2001
- Ravenscroft, O., Brammer, H. and Richards, K. (2009). *Arsenic Pollution: A Global Synthesis*. Wiley-Blackwell, Chichester
- Ritter, R., Scheringer, M., MacLeod, M. and Hungerbühler, K. (2011). Assessment of nonoccupational exposure to DDT in the tropics and the north: relevance of uptake via inhalation from indoor residual spraying. *Environmental Health Perspectives* 119, 707–712
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, S.F., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and Foley, J.A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475
- Rotterdam Convention (2001). *Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade*. Revised in 2011. <http://www.pic.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/1048/language/en-US/Default.aspx>
- SAICM (2009). Background information in relation to the emerging policy issue of electronic waste. *Implementation of the Strategic Approach to International Chemicals Management: Emerging Policy Issues*. International Conference on Chemicals Management, Geneva, 11–15 May. SAICM/ICCM.2/INF/36. Strategic Approach to International Chemicals Management
- Schluepa, M., Hagelueken, C., Kuehr, R., Magalini, F., Maurer, C., Meskers, C., Mueller, E. and Wang, F. (2009). *Recycling from E-waste to Resources: Sustainable Innovation and Technology Transfer*. UNEP/DTIE
- Schwarzer, S., De Bono, A., Giuliani, G., Kluser, S. and Peduzzi, P. (2005). *E-Waste, the Hidden Side of IT Equipment's Manufacturing and Use*. UNEP Early Warning on Emerging Environmental Threats No. 5. United Nations Environment Programme/GRID Europe. http://www.grid.unep.ch/products/3_Reports/ew_ewaste.en.pdf
- Selin, N.E. and Selin, H. (2006). Global politics of mercury pollution: the need for multi-scale governance. *Review of European Community and International Environmental Law* 15(3), 258–269
- Sexton, K., Ryan, A.D., Adgate, J.L., Barr, D.B. and Needham, L.L. (2011). Biomarker measurements of concurrent exposure to multiple environmental chemicals and chemical classes in children. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 74(14), 927–942
- Sheffield, P.E. and Landrigan, P.J. (2011). Global climate change and children's health: threats and strategies for prevention. *Environmental Health Perspectives* 119(3), 291–298
- Silva, E., Rajapakse, N. and Kortenkamp, N. (2002). Something from “nothing” – eight weak estrogenic chemicals combined at concentrations below NOEC produce significant mixture effect. *Environmental Science and Technology* 36(8), 1751–1756
- Smith, A.H. and Lingus, E.O. (2000). Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. *Bulletin of the World Health Organization* 78(9), 1093–1103
- Soerensen, A.L., Sunderland, E.M., Holmes, C.D., Jacob, D.J., Yantosca, R.M., Skov, H., Christensen, J.H., Strode, S.A. and Mason, R.P. (2010). An improved global model for air-sea exchange of mercury: high concentrations over the North Atlantic. *Environmental Science and Technology* 44(22), 8574–8580
- Stockholm Convention (2001). *Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*. Adopted 2001. Secretariat of the Stockholm Convention, Châtelaine. <http://chm.pops.int/default.aspx>
- Thundiyil, J.G., Stober, J., Besbelli, N. and Pronczuk, J. (2008). Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool. *Bulletin of the World Health Organization* 86(3), 205–209
- Toppari, J., Larsen, J.C., Christiansen, P., Giwercman, A., Grandjean, P., Guillelte, L.J., Jegou, B., Jensen, T.K., Jouannet, P., Keiding, N., Leffers, H., McLachlan, J.A., Meyer, O., Muller, J., Rajpert-De Meyts, E., Scheike, T., Sharpe, R., Sumpter, J. and Skakkebaek, N.E. (1996). Male reproductive health and environmental xenoestrogens. *Environmental Health Perspectives* 104(4), 741–803
- UNCED (1992a). *Rio Declaration on Environment and Development*. United Nations Convention on Environment and Development, Rio de Janeiro
- UNCED (1992b). *Agenda 21*. United Nations Convention on Environment and Development. <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/Agenda21.pdf>
- UNCSD (2011). *Report of the Secretary-General: Policy Options and Actions for Expediting Progress in Implementation: Waste Management*. Commission on Sustainable Development 19th Session, 2–13 May. Doc. E/CN.17/2011/6. United Nations Economic and Social Council. http://www.un.org/esa/dsd/csd/csd_pdfs/csd-19-sg-reports/CSD-19-SG-report-waste-management-final-single-spaced.pdf
- UNECE Geneva Convention (1979/98). *Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs)*. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1998.POPs.e.pdf>
- UNEP (2012). 12th Special Session GC/GMEF Website: UNEP/GCSS.XII/8 and UNEP/GCSS.XII/7. United Nations Environment Programme, Nairobi. http://www.unep.org/gc/gcss-xii/docs/info_docs.asp
- UNEP (2011a). *Selected Documents Relevant to the Work of the Implementation and Compliance Committee, Conference of the Parties to the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal*. Tenth meeting, Cartagena, Colombia, 17–21 October 2011. UNEP/CHW.10/INF/11. Implementation and Compliance Committee, United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2011b). *UNEP Yearbook 2011: Emerging Issues in Our Global Environment*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2010). *Report of the First Meeting of the Global Alliance to Eliminate Lead in Paints*. United Nations Environment Programme, Nairobi. http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/GAELP/FirstMeeting/GAELP_8_Meeting_report.pdf
- UNEP (2009). *Recycling from E-Waste to Resources*. Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies DTI /1192/PA. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2007). *Global Environment Outlook 4: Environment for Development*. United Nations Environment Programme and Earthscan, Nairobi

UNEP (2002). *Proceedings: Subregional Workshop on Support for the Implementation of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs)*. Port of Spain, Trinidad and Tobago, 4–8 June. United Nations Environment Programme – Chemicals, Geneva. http://www.pops.int/documents/implementation/gef/TT_Proceedings.pdf

UNEP (2000). *Related Work on Persistent Organic Pollutants under the Food and Agriculture Organization of the United Nations, Review of Ongoing International Activities Relating to the Work of the Committee*. Intergovernmental Negotiating Committee for an International Legally Binding Instrument for Implementing International Action on Certain Persistent Organic Pollutants, 5th Session, Johannesburg, 4–9 December. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://www.pops.int/documents/meetings/inc5/Fr/inf5-4/inf4.doc>

UNEP (1987). *Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. Ozone Secretariat, United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://ozone.unep.org/pdfs/Montreal-Protocol2000.pdf>

UNEP/AMAP (2010). *Climate Change and POPs. Predicting the Impacts*. Report of a UNEP/AMAP expert group. Secretariat of the Stockholm Convention, Geneva

UN-Habitat (2010). *Solid Waste Management in the World's Cities: Water and Sanitation in the World's Cities 2010*. United Nations Human Settlements Programme and Earthscan, London and Washington, DC

Vogel, D. (1997). Trading up and governing across: transnational governance and environmental protection. *Journal of European Public Policy* 4, 556–571

von Braun, M.C., von Lindern, I.H., Khristoforova, N.K., Kachur A.H., Yelpatyevsky, P.V., Elpatyevskaya, V.P. and Spalinger, S.M. (2002). Environmental lead contamination in the Rudnaya Pristan–Dalnegorsk Mining and Smelter District, Russian Far East. *Environmental Research* 88(3), 164–173

Wania, F. and Daly, G.L. (2002). Estimating the contribution of degradation in air and deposition to the deep sea to the global loss of PCBs. *Atmospheric Environment* 36–37, 5581–5593

Wasserman, G.A., Xinhua, L., Parvez, F., Ahsan, H., Factor-Litvak, P., van Geen, A., Slavkovich, V., Lolocono, N.J., Cheng, Z., Hussain, I., Momotaj, H. and Graziano, J.H. (2004). Water arsenic exposure and children's intellectual function in Arahazar, Bangladesh. *Environmental Health Perspectives* 112, 1329–1333

Waye, A. and Trudeau, V.J. (2011). Neuroendocrine disruption: more than hormones are upset. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews* 14(5-7)

WHO (2002). *Global Assessment of the State-of-the-Science of Endocrine Disruptors* (eds. Damstra, T., Barlow, S., Kavlock, R., Bergman, A. and Van Der Kraak, G.). International Programme on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva. http://www.who.int/ipcs/publications/new_issues/endocrine_disruptors/en/

WHO/UNICEF (2005). *Water for Life; Making It Happen*. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. http://www.who.int/water_sanitation_health/waterforlife.pdf; http://www.who.int/water_sanitation_health/waterforlife.pdf

WSSD (2002). *Johannesburg Plan of Implementation*. World Summit on Sustainable Development. http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIToc.htm

Young, L.C., Vanderlip, C., Duffy, D.C., Afanasyev, V. and Shaffer, S.A. (2009). Bringing home the trash: do colony-based differences in foraging distribution lead to increased plastic ingestion in Laysan albatrosses? *PLoS ONE* 4, 10

Zarfl, C. and Matthies, M. (2010). Are marine plastic particles transport vectors for organic pollutants to the Arctic? *Marine Pollution Bulletin* 60(10), 1810–1840

Zoeteman, B.C.J., Krikke, H.R. and Venselaar, J. (2010). Handling WEEE waste flows: on the effectiveness of producer responsibility in a globalizing world. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 47, 415–436