



UNEP



International
Resource
Panel

世界の物質フローと資源生産性

政策決定者向け要約

UNITED NATIONS
ENVIRONMENT
PROGRAMME



謝辞

執筆者：Heinz Schandl、Marina Fischer-Kowalski、James West、Stefan Giljum、Monika Dittrich、Nina Eisenmenger、Arne Geschke、Mirko Lieber、Hanspeter Wieland、Anke Schaffartzik、Fridolin Krausmann、Sylvia Gierlinger、Karin Hosking、Manfred Lenzen、谷川寛樹、Alessio Miatto、Tomer Fishman

協力機関：オーストラリア連邦化学産業研究機構（CSIRO）、ウィーン経済・経営大学（WU）エコロジー経済学研究所（オーストリア）、アルペン・アドリア大学クラゲンフルト校社会生態学研究所（オーストリア）、ハイデルベルク・エネルギー・環境研究所（ifeu）（ドイツ）、シドニー大学（オーストラリア）、名古屋大学（日本）

世界の物質フローと資源生産性作業部会会合（2014年9月24～25日、於東京）に参加された以下の各氏に感謝を申し上げます。粟生木千佳、Souvik Bhattacharjya、Christelle Beyers、Shaofeng Chen、Anthony Chiu、Nicklas Forsell、橋本征二、林優里、堀田康彦、金田昌敏、小嶋公史、Shaoyi Li、Choudhury Rudra Charan Mohanty、森口祐一、南斉規介、小野川和延、清水延彦、Sangwon Suh、田崎智宏、Steven Textoris、富坂隆史、Arnold Tukker、Maria Cristina Vallejo、Zhou Xin、山田浩司。また、日本の環境省および地球環境戦略研究機関（IGES）には、作業部会会合を開催していただいたことに謝意を表する。

この報告書のために設置された地域レファレンス・グループの以下のすべてのメンバーに感謝を申し上げます。Adel Abdel-Kader、Alicia Bárcena、Charles Davis、Ananda Dias、Stefanos Fotiou、Stephan Moll、Hitomi Rankine、Anna Stabrawa、Ron Witt。

ピアレビューのコーディネーターを務められた A. Erinc Yeldan、レビュアーの Christelle Beyers、Shaofeng Chen、Anthony Chiu、Roland Clift、小嶋公史、Simron Singh、Fatma Taskin、Tommy Wiedmann、Minpeng Chen に謝意を表する。また、国際資源パネル事務局の Shaoyi Li、Tomas Marques、Vera Günther に感謝申し上げます。

整理編集：Karin Hosking
デザイン & レイアウト：Valeta Designs
印刷：UNESCO
写真：istock

Copyright © United Nations Environment Programme, 2016

この報告書は、出典を明記することを条件として、著作権保有者から特に許可を得ずに、教育目的または非営利目的で、形式を問わず全部または一部を複製することができる。この報告書を出典として利用する場合は、その出版物のコピーを UNEP に送付していただければ幸いである。

この報告書は、国連環境計画の書面による事前の許可なく、再販売またはその他の商業目的で使用してはならない。

免責条項：

この報告書で用いられた名称や提示された資料は、国、領土、都市、地区またはその当局の法的地位、あるいはその国境や境界の範囲決定に関する国連環境計画の意見を表すものではない。さらに、表明されている見解は、国連環境計画の決定や公式方針を必ずしも反映するものではなく、商品名や商業プロセスに関する引用があっても、それは支持を意味するものではない。

報告書全文版を引用する際は、「UNEP (2016). Global Material Flows and Resource Productivity. An Assessment Study of the UNEP International Resource Panel. H. Schandl, M. Fischer-Kowalski, J. West, S. Giljum, M. Dittrich, N. Eisenmenger, A. Geschke, M. Lieber, H. P. Wieland, A. Schaffartzik, F. Krausmann, S. Gierlinger, K. Hosking, M. Lenzen, H. Tanikawa, A. Miatto, and T. Fishman. Paris, United Nations Environment Programme.」と表記すること。

ジョブ番号：DTI/1974/PA
ISBN：978-92-807-3554-3



世界の物質フローと資源生産性

政策決定者向け要約

作成者：国際資源パネル (International Resource Panel: IRP)

この文書は、報告書から得られた主な所見を明らかにするものであり、報告書全文と併せて読むべきである。この報告書の基礎となる研究およびレビューは、報告書全文に参考文献として掲載されている。

報告書全文は <http://www.unep.org/resourcepanel/Publications> からダウンロードすることができる。追加コピーはEメール (resourcepanel@unep.org) または以下の宛先まで郵便で注文することができる。

United Nations Environment Programme (UNEP)
1 rue Miollis
Building VII
75015 Paris, France

序論



Janez Potočnik



Alicia Bárcena

近年、資源効率と天然資源の持続可能な管理への関心が高まり、国際政策課題の最優先事項のひとつとして注目を集めている。

2015年9月、ニューヨークにおける「持続可能な開発のための2030アジェンダ」の歴史的な採択を以て、国際社会は17の持続可能な開発目標(SDGs)を採択し、現在および将来世代のために世界をよりよい場所に変えることを決意した。そのような世界を実現するためには、今後天然資源のより良い管理、保全、利用を行い、消費と生産の両方において資源効率を大幅に改善しなければならないことは広く認められている。SDGsは、経済成長と人間の福利を、増え続ける天然資源利用と関連する環境影響から切り離すこと(デカップリング)が早急に必要であることを強調している。

この歴史的認識の一部として、G7首脳は2015年ドイツでのサミットにおいて、持続可能な開発の追求という幅広い戦略の中核要素として、資源効率を向上させるための野心的行動を支持することを決定した。

いま世界中で、天然資源の持続可能な管理を国の開発計画に組み込んで主流化する戦略やプログラムが策定され、実施されている。法律や規則を公布し、資源効率化を支援して投資をグリーンセクターやグリーン化しつつあるセクターに誘導する効果的な政策枠組を実施する国も増えている。

経済計画や政策立案には、正確で信頼できるデータと科学情報が不可欠である。デカップリングと資源効率の進展状況を把握し、改善すべきところを特定するためには、確かな指標が必要である。

国際資源パネル(IRP)は、資源効率とデカップリングに関する科学的評価報告書をいくつか作成しており、そうした深い科学知識に基づく政策との関連性の強い情報を提供するには理想的な立場にある。

国際資源パネルの世界の物質フローに関する作業部会は、この報告書を通じて、過去40年間の世

界経済における物質の利用と動きについて初となる包括的で統一したデータセットを提供する。作業部会はこの確かなデータセットに基づき、バイオマス、化石燃料、金属鉱石、非金属鉱物の採取、取引、消費を含む、資源利用の状態、傾向、構造および動向を分析している。報告書は、世界の物質利用がこの40年間で220億トン（1970）から700億トン（2010）へと3倍に増えていることを示している。

報告書はさらに新たなマテリアルフットプリント指標を用いて、最終消費に必要な物質量を示し、経済への真の影響を明らかにしている。この指標は世界のサプライチェーンを資源の最終需要と関連付けることによって、各国の物質面での平均生活水準をよく表している。この指標によると、富裕な先進国の開発と福利のレベルは、主に高度に資源集約的な消費・生産パターン（非持続可能であり、世界の他の地域でこのパターンの適用可能性は低い）を通じて達成されていることが示されている。

したがって、物質利用と関連する環境影響を経済成長から切り離すことは、人間社会の繁栄と健全な自然環境の確保に不可欠である。しかし、デカップリングに向けた努力を成功させるためには、経済の成熟ともなう単なる効率の向上だけにとどまらない

取組が必要である。

この報告書はまた、消費が物質利用増加の主要な原動力であり、ここ数十年の人口増加よりも重要な要因となっていることを示している。今後数十年で数百万人が貧困を脱し、中産階級が急速に拡大する中、豊かで平等な世界を実現するためには、生活スタイルと消費行動を根本から変革させる必要がある。

この報告書の所見は、天然資源管理および資源効率に関する国や地域の様々な取組に大いに役立つ可能性があり、特に今後14年間におけるデカップリングに関連するすべての持続可能な開発目標の実施や管理に直結している。

国際資源パネル (IRP) は、持続可能な資源管理と資源効率に関する最先端の科学的知識を提供し続けることに尽力する。世界の物質フローと資源生産性の理解に重要な貢献を果たされた Heinz Schandle および Marina Fischer-Kowalski とその共著者の方々に深く感謝するとともに、この報告書とデータセットで明らかにされた課題、チャンス、影響に対する政策決定者とビジネスリーダーの対応を期待している。

序文



Ibrahim Thiaw

天然資源は、地球上で生きる私たちの生活基盤を提供する。水、土、エネルギー、鉱物、金属は私たちの生活水準を支えている。こうした資源は私たちに食物と住まいを与え、一生を通じて必要な物質を提供してくれる。

しかし、これらの天然資源にかかる圧力は高まっている。過去半世紀の人口増加と世界経済需要の増大が、このような貴重な資源を急速に枯渇させ、自然環境と人の健康に危害を加えている。これまで以上にグローバル化が進む経済においては、天然資源の持続可能な管理がますます重要になるだろう。

世界の国々は 2015 年に持続可能な開発目標を採択した際、このような重要課題の解決に向けた道筋を定めた。この野心的な目標は、将来世代のために天然資源基盤と地球の生態系を維持しつつ、貧困を根絶して経済成長を持続することを目指している。目標を実現するには、先進国発展途上国を問わず、全世界の協調した行動が必要になる。このため、私たちは天然資源がどこでどのように利用されているのかを、より深く理解しなければならない。

国際資源パネル (IRP) による最新報告書『世界の物質フローと資源生産性』は、この重要な問題に対する包括的な科学的見解を提供している。報告書は先進国と発展途上国の間で、1人当たり物質消費量に大きな格差があることを示している。このことは、今後14年間でSDGsを達成する上で計り知れない意味を示唆する。

世界の物質利用は加速化している。1人当たり物質採取量は1970年の7トンから2010年には10トンに増加し、世界の多くの地域における物質面での生活水準が向上していることを示している。物質需要の増大に対応するため、国内物質採取量は各地で増加している。しかし、ヨーロッパとアジア・太平洋地域はすべての物質需要を国内採取で満たすことはできず、輸入への依存が大きく高まっている。このため物質の貿易は、主に消費を要因とし活況を呈している。

報告書ではさらに、北米およびヨーロッパと、それ以外の地域との物質面の生活水準の大きな格差をもあらわにしている。アジア・太平洋、ラテンアメリカ・

カリブ海、西アジア地域の年間1人当たりマテリアルフットプリントは9～10トンであり、北米・ヨーロッパ(1人当たり20～25トン)の半分である。これに対し、アフリカの平均マテリアルフットプリントは1人当たり3トンに満たない。こうした指標の分布は不平等な生活水準を裏付け、すべての人々のための持続可能な開発の達成にどれだけの取組が必要かを浮き彫りにしている。

この重要な評価結果が政治家やビジネスリーダーに刺激を与え、SDGsの達成に必要な行動をとる意欲が生まれることを心から願っている。

Janez Potočnik と Alicia Bárcena の主導の下、この実りある報告書を作成した国際資源パネル (IRP) に感謝の意を表したい。

Ibrahim Thiaw

国連事務次長補兼 UNEP 事務局次長

目次

はじめに	10
国際的な政策協議で中心となりつつある資源効率	12
現代の環境政策に必要な不可欠なデカップリング	14
加速化する世界の物質利用	17
物質の貿易は激増し、直接貿易フローが示すよりもはるかに大量の物質が動いている	20
世界の物質利用増大の主要な原動力は消費	24
高物質効率国から低物質効率国へと生産拠点が移った結果、全体的な物質効率の低下が生じた	26
富裕国と同様の生産・消費システムで、富裕工業国で達成された福利水準を世界的に一般化することは不可能	29
最富裕国の物質消費は平均で最貧国の10倍	31
世界の物質フローについての新たな包括的データベース	34
物質フロー勘定から得られる指標	36
持続可能な開発目標に関する情報の提供	39
次のステップ	41
参考文献	43

はじめに

国民経済計算を通じて経済活動を総体と詳細のレベルで測定することは、あらゆる国が行っている標準的な活動である。国連環境計画（UNEP）の国際資源パネルが行った新たな研究では、世界経済および各国における物質利用について国民経済計算を補完する初めての一貫した勘定を提示している。この研究は物質採取と物質取引について報告し、政界やビジネス界が物質の需要と供給の測定に利用できる信頼できるデータベースや指標を提供している。研究は、40年に及ぶバイオマス、化石燃料、金属鉱石、非金属鉱物の採取、取引、消費をカバーした広範なデータベースによって裏付けられている。データベースと関連する指標は、とりわ

けSDGターゲット8.4（消費と生産における資源効率）、12.2（天然資源の持続可能な管理と効率的利用）、12.5（廃棄物削減）の測定に役立てることによって、持続可能な開発目標の世界的な指標枠組みの実施もサポートすることができる。こうしたデータは、UNEP オンライン・データポータル（<http://uneplive.unep.org/>）と国際資源パネル（IRP）のウェブサイト（<http://www.unep.org/resourcepanel/>）から入手できる。

程度は異なるが、ほとんどの経済活動は、物質や他の天然資源（エネルギー、水、土地など）の供給に依存している。成長する世界経済は生産と消費

のためより多くの物質を必要とし、結果として天然資源の枯渇、廃棄物と排出、気候変動といった様々な環境影響をもたらす。世界的な人口増加と1人当たり消費の増大という背景を考えると、経済計画と政策立案にあたっては、標準的な国民経済計算に加えて、物質の採取と取引に関する追加の情報が必要となる。こうした情報によって、世界、地域、国レベルでの物質生産性の評価が可能となる。

物質生産性の傾向と向上は、イノベーションや技術の変化と、資源効率や持続可能な消費と生産に対する政策の複合効果によるものである。増加する世界人口の願望（住宅、移動手段と食料、電力と水、

現代的な消費財の提供）をかなえるには、世界経済における物質とエネルギーの効率を大幅に改善しなければ不可能なことは、今や広く理解されている。この報告書で提供されている新しい情報は、原料の世界的な供給に関連する機会、リスク、脆弱性を特定し、世界経済における効率向上と物質利用削減の可能性を示すものである。

国際的な政策協議で中心となりつつある 資源効率

資源効率という概念、物質利用単位当たりの経済価値を高める必要性は、国際政治の世界で確実に受け入れられてきた。

2015年9月にすべての国連加盟国によって広く合意された国連「持続可能な開発のための2030アジェンダ」とその17の持続可能な開発目標（SDGs）は、天然資源の持続可能な利用と管理が、現在および将来世代のためにより良い未来を実現する必要条件であると述べている。持続可能な消費と生産（SCP）、デカップリング、資源効率、廃棄物減量化（3Rs：リデュース、リユース、リサイクル）は、ア

ジェンダでは独立した目標やターゲットとして取りあげられている。このように、経済成長と人間の福利を増え続ける天然資源の消費から切り離すことの差し迫った必要性は、今や政策協議においてきわめて明白になっており、多くの国が、経済的繁栄からの資源利用のデカップリング（切り離し）を促進する政策を開始している。

加えて、2015年6月にドイツで開かれたG7首脳会合では、持続可能な物質管理と循環経済を促進するためのより広範な戦略の主要な要素として、資源効率を向上させるための野心的な行動をとることが決定された。

多くの国が、経済開発戦略や計画の一環として、資源生産性向上と経済成長単位当たりの物質利用量削減の必要性を先頭に立って唱えてきた。特に、日本、EU、中国は、各々の経済において物質の採取と利用の削減と、再製造、リサイクル、再利用を通じた循環行動の拡大を目指したハイレベルの政策アジェンダを策定している。日本の循環型社会を目指す政策目標、持続可能な天然資源管理に関する欧州戦略、中国の循環経済促進法は、資源効率と持続可能な物質管理への関心が高まっていることを示す重要例となっている。

現代の環境政策に必要不可欠な デカップリング

物質利用と環境影響を経済成長から切り離すこと（デカップリング）は、物質処理量を大幅に減らした上で人間の福利を将来確保するための不可欠な戦略である。多くの地域や国が、その経済の物質効率を大幅に高めて、全体的な物質利用レベルを減らすための戦略に着手している。中でも、欧州連合、日本、中国は現在ハイレベルの政策枠組や法律を設けて資源効率を支援するとともに、持続可能な消費と生産を实践するグリーンセクターに投資を誘導している。発展途上国は、人間開発への取組と増え続ける天然資源の利用、排出、廃棄物を切り離す必要性を認識し、SCPとグリーン経済政策を国の開発計画にますます組み込んで主流化している。UNEPとIRPは、天然資源の持続可能な利用について、特に天然資源がライフサイクル全体で環

境に及ぼす影響について中立的で一貫性があり、信頼性が高く政策関連性に富んだ科学的評価を提供し、経済成長と環境悪化とを切り離す方法に対する理解を深めることに貢献している。各国はとりわけこの情報を参考にすることで、物質処理量を減らし経済の物質効率を高めようとする自国の取組の進捗状況を測ることができる。

経済が成熟し、物質強度が低く給与と収入の高い経済活動へと移行するにつれて、経済活動と物質利用のデカップリングはある程度自然に成功する。デカップリングは、構造変化による自然発生的配当としてもたらされる効率の向上をさらに超える必要がある。そうする中で、利用可能な天然資源と生態系の限度内で、増加する世界人口と急成長する世界経済の

ニーズと野心に応えることが可能になるだろう。デカップリングのための技術の潜在性は大きく、経済的便益はかなりなものになる。短・中期的に費用対効果の高いデカップリングの方法は様々なものがあり、長期的にはデカップリングは現状維持よりもはるかに高い経済的利益を生み出すだろう。

この報告書では、資源生産性をふたとおりの方法で測定している。ひとつは、国家経済の物質強度（GDP1 単位当たりの領域内物質利用量）による測定、もうひとつは GDP1 単位当たりの物質消費量による測定である。



加速化する世界の物質利用

この40年間に世界の物質利用は大きく増加しており、経済成長と人口増加が減速した2000年以降においても加速化している。全体として、世界経済は1970年から2010年にかけて3倍以上拡大し、人口はほぼ倍増、世界の物質採取量は3倍に増えた。世界経済は2000年以降に物質利用が大きく加速化

したが、これは中国をはじめ多くの新興経済国で産業転換や都市化が進み、過去に例を見ないほど大量の鉄鋼、エネルギー、建設資材を必要としたことと強く関係している。アジアの新興経済国における2000年以降の物質需要の増大は、特にラテンアメリカ、アフリカ、オーストラリアのような原料の輸

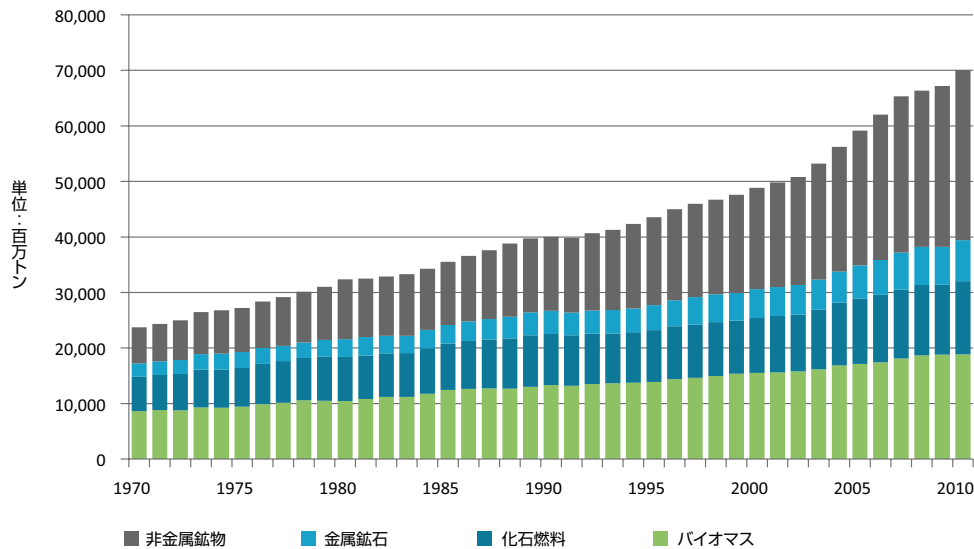


図1. 4物質カテゴリー別世界の物質採取量 (DE)、1970～2010年、単位:百万トン

出地域・国を中心に、世界経済全体に影響を及ぼしている。

年間世界物質採取量は 1970 年の 220 億トンから 2010 年には約 700 億トンまで増加し、中でも最速の伸びを示した物質グループは建設用の非金属鉱物だった。

過去 40 年間の景気動向と天然資源利用の間には、密接な関係があった。2008 年から 2009 年にかけては世界金融危機によって世界物質需要は低下し、2009 年には貿易フローが急激に萎縮したが、その後再び成長軌道に乗っている。物質の利用削減を持続できるかどうかは、その経済の構造的資産基盤の変革次第である。建物、輸送・通信インフラ、発電能力、給水設備ならびに製造インフラは、現行システムを動かすために一定レベルの物質利用が必要

となる。このことはつまり、世界の物質利用システムには慣性が深く組み込まれていて、物質利用の速やかかつ持続的な削減が困難になっていることを意味する。

世界物質採取量は大きく増加し、世界各地における物質面での生活水準が向上した結果、世界の 1 人当たり物質利用量は 1970 年の 7 トンから 2010 年には 10 トンに上昇した。国内物質採取は、物質需要の増大を満たすために世界のすべての地域において増加している。1 人当たりレベルで見ると、特に 2008 年以降、物質利用はヨーロッパと北米をはじめとする一部の地域で低下している。アジア・太平洋地域は最も急速な成長を示し、世界の物質利用に占める割合は 1970 年の約 25% から 2010 年には 50% 以上に達している。アジア・太平洋は、金融危機の間に物質利用が減少しなかった唯一の地域だった。

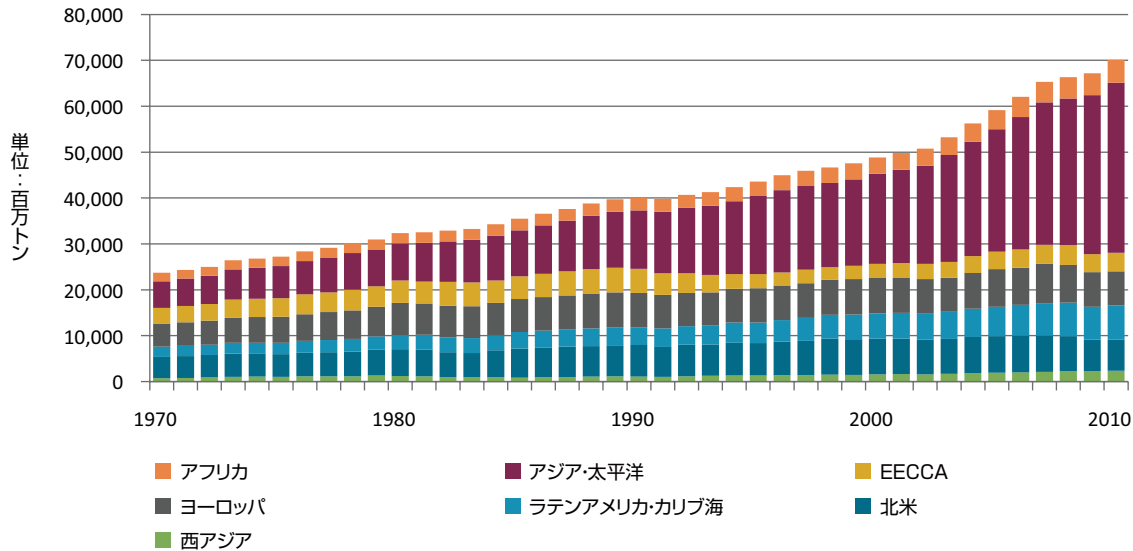


図2. 7地域別の国内採取量 (DE)、1970～2010年、単位:百万トン

世界で人口が密集しているヨーロッパとアジア・太平洋地域（およびある程度は北米も）は、とりわけアジア・太平洋では農業および鉱業生産が大幅に伸びているにもかかわらず、天然資源の国内採取量ではすべての物質需要を満たすことができていない。

これらの地域は他のあらゆる地域から大量の物質輸入を必要とし、その量は増え続けている。特に大きいものは化石燃料と金属鉱石だが、農産物も増加している。

物質の貿易は激増し、直接貿易フローが示すよりもはるかに大量の物質が動いている

貿易は国内採取よりも急速に拡大し、物質の直接貿易は1970年から4倍に拡大している。2010年には、世界に100億トン以上の物質が輸出されていた。化石燃料が、輸出の最大シェアを占め、金属鉱石や

バイオマスをはるかに上回っていた。世界の1人当たり物質輸出量は1970年の0.8トンから2010年には1.6トンに倍増した。

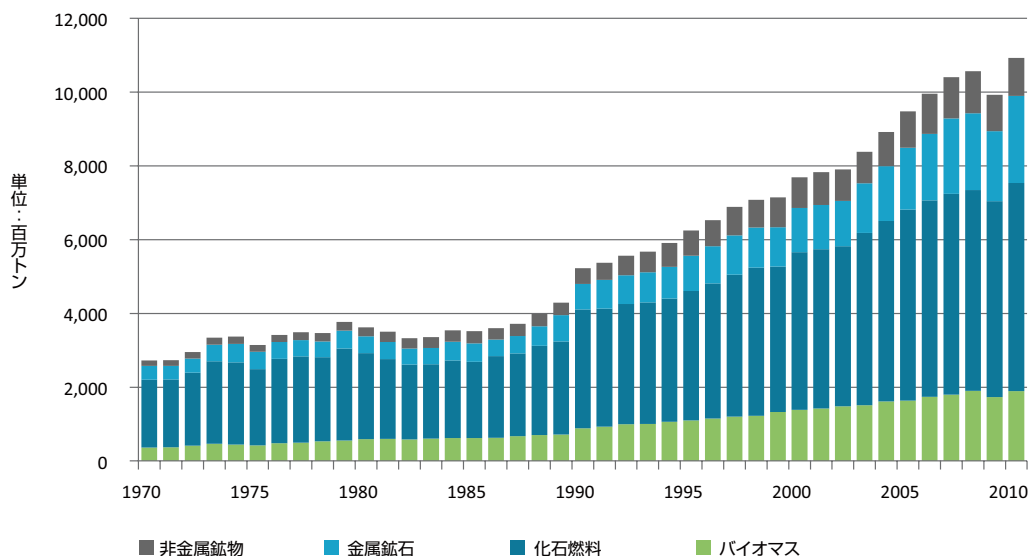


図3. 4物質カテゴリー別世界物質輸出量、1970～2010年、単位:百万トン

ただし、貿易製品のライフサイクル全体を考慮すると、貿易がかなり多くの物質採取の要因となっている。物質の直接貿易の一次資源等価換算量は、物質採取に対する貿易の実質の寄与度を示している。輸出入における一次資源等価換算を示すこの新しい指標からは、貿易は直接貿易フローで示されるよりもはるかに大量の物質を動かしていることが見てとれる。2010年には、100億トンの直接貿易財を生

産するために、世界で300億トンの物質の採取が必要だった。貿易財に対する世界物質採取の帰属に基づいて原料の貿易収支を見ると、ヨーロッパと北米のみが物質の純輸入地域となっていることがわかる。対照的に、アジア・太平洋地域は、大部分はヨーロッパと北米で消費されている製造品の大量輸出によって純輸出地域に転じている。

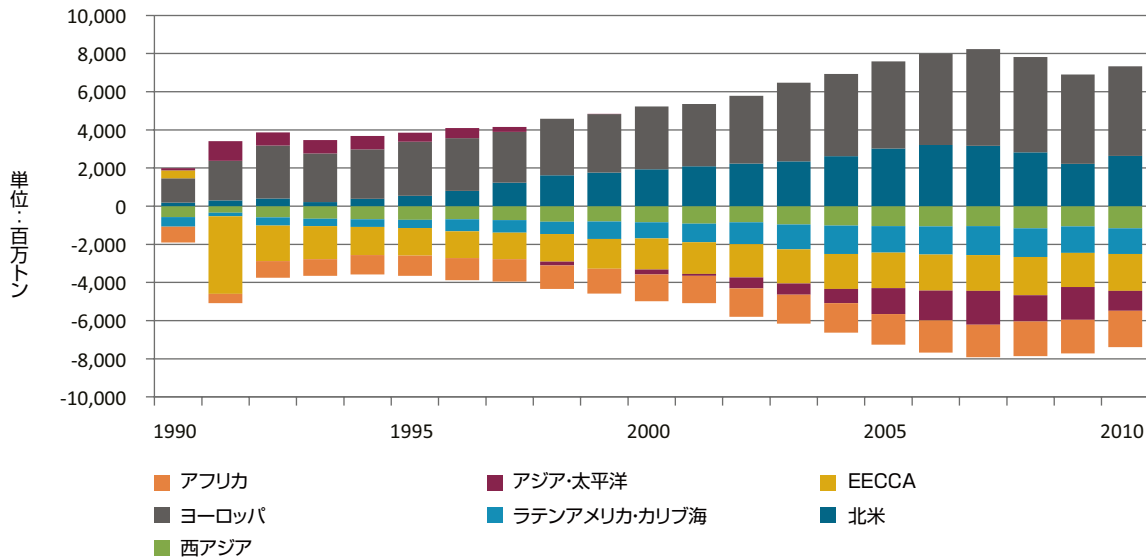


図4. 7地域別一次資源等価換算貿易収支 (RTB)、1990～2010年、単位:百万トン

この40年間に、貿易のための天然資源採取に関して国の分化（専門化）が進んできた。特に化石燃料と金属鉱石が顕著だが、農産物にもある程度見られる。この傾向はとりわけ国レベルで明確になっており、オーストラリア、ブラジル、チリ、インドネシア、カザフスタンなどは物質の純輸出量を徐々に増やす一方で、韓国と米国（2005年まで）は物質の純輸入量を増やし、ドイツ、フランス、日本などは40年間に高水準の純輸入状態を深化させてきた。中国、インド、パキスタンは、物質の直接貿易について輸入依存が急増しているが、上流および下流の間接的物質フローについて貿易フローを考慮すると（すなわち、貿易の原料等価換算を見ると）、純輸出国の状態となるという興味深いパターンを示している。

こうした分化の進行は、物質の純輸出国か純輸入国かによって、まるで異なる環境や社会の問題を生じさせることとなる。さらにまた、持続可能な天然資源利用や、経済成長と物質利用のデカップリングについても、異なる政策的背景を生み出すこととなる。輸入国は、経済的弾力性を高める物質効率化戦略や政策に投資する強力なインセンティブがある。こうした政策努力は、輸出国にはマッチしない。どちらのタイプの国も、世界の資源価格の変化に影響されるが、影響の受けかたは大きく異なる。物質輸入に依存する国は、低い世界市場価格から利益を得るが、価格が高くなると経済成果が損なわれる。物質輸出国は天然資源価格が高いと思われ利益を得るが、価格が低下し生産が収縮すると貿易収支に打撃を受ける。こうした状態は、ラテンアメリカ、アフリカ、オーストラリアを含む一次産品輸出地域で2014年ごろに見られた。



HOTEL
L
O
R
D
K
R
I
S
H
N
A
D
X.
I
N
N

H
C
H
O
T
E
L

H
A
F
L
I
Z
I
W
I
E
C
L
L

H
O
T
E
L

H
I
R
A
K

H
I
R
A
S
O
N
S

R
E
A
D
Y
M
A
D
E
G
A
R
M
E
N
T
S

A
C
O
M
P
L
E
T
E
F
A
M
I
L
Y
S
H
O
P

T
H
E
E
X
O
B
R
E
A
K
F
A
S
T

R
E
M
E
M
B
E
R

T
a

D
e
a
l
i
n
g

4
t
h
f
l
o
o
r

R
O
O
F
T
O
P

F
R
E
E
W
I
F

W
I
F

P

世界の物質利用増大の主要な原動力は消費

世界的にみて、1人当たり所得と消費の伸びが物質利用増大の最も強力な原動力であり、この数十年間というものの人口増加よりも大きな役を果たしてきたが、2000年以降はとりわけそれが明確になっている。人口は物質需要の上昇に引き続き貢献しているが、その程度は1人当たり所得の伸びや発展途上国における新たな中産階級の出現ほどではない。この40

年間に数百万人が貧困から脱し、世界の多くの発展途上地域で急成長する中産階級は、ライフスタイル、願望、消費行動の変化をもたらしている。こうした新しい消費者は、より物質強度の高い製品やサービスを求め、その数の増加そのものが世界の物質要求を徐々に増加させた。

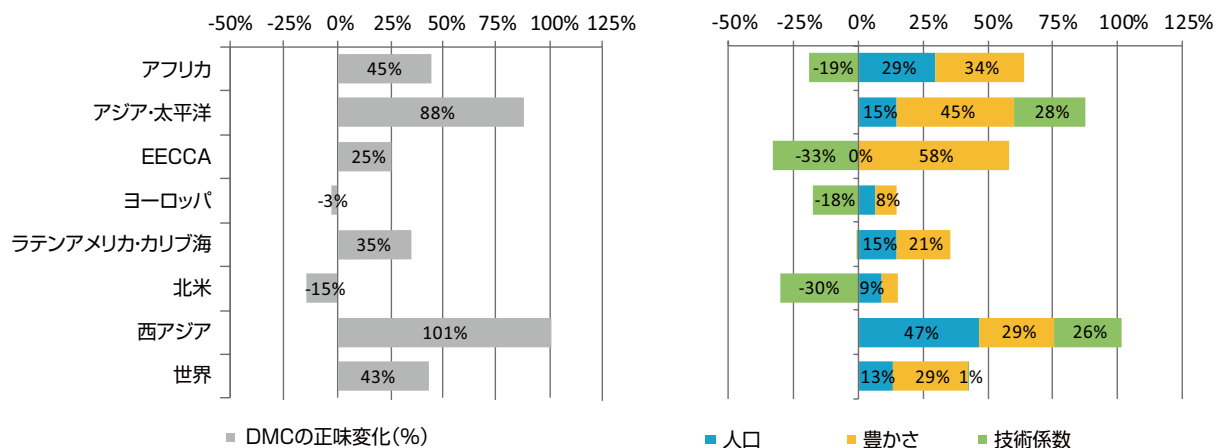


図5. 2000年から2010年にかけての世界各地における国内物質消費量(DMC)の正味変化の原動力: 人口、豊かさ、物質強度

1970年から1990年にかけて、人口と消費の増加に起因する物質利用増加の一部は、物質効率によって軽減された。1990年以降は、世界の物質効率に大きな向上はなく、実際のところ2000年前後からは低下し始めている。

高物質効率国から低物質効率国へと生産拠点が移った結果、全体的な物質効率の低下が生じた

国々は自国の経済の成熟にとまれない、物質効率の配当を手に入れる。ほとんどの国は、時間の経過とともに物質生産性を向上させてきた（GDP1単位当

たりの物質利用の低減）。物質強度が一定しているいくつかの資源輸出国を除き、こうした国々は過去40年間この経路を辿ってきた。それにもかかわらず、

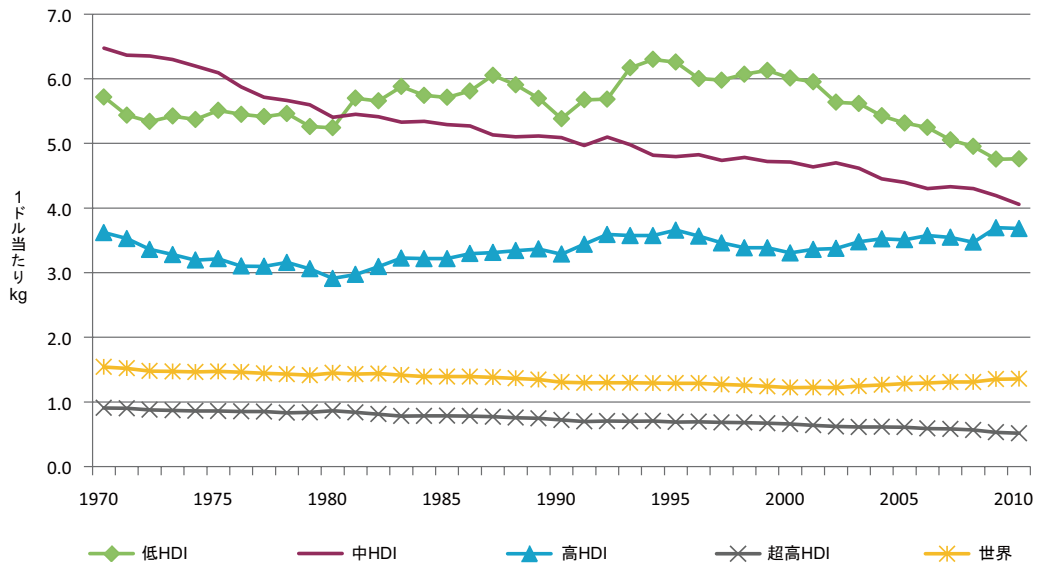


図6. 開発状況別および世界の物質強度(GDP1単位当たりDMC)、1970~2010年

世界の物質生産性は 2000 年ごろから低下し、いま世界経済は 21 世紀に入ったところよりも GDP1 単位当たりで多くの物質を必要としている。直観に反するように思われるかも知れないが、この原因は日本、韓国、ヨーロッパなどきわめて物質効率の高い経済から、中国、インド、東南アジアといった現時点では物質効率がはるかに低い経済に経済活動が大きくシフトしていることにある。

このことは、結果として経済活動 1 単位当たりの環境圧力を全体的に高めることとなり、今後数十年で物質利用効率を大幅に向上させるには、公共政策と資金供給についてさらなる努力が必要であることを示している。

世界経済における物質利用効率の向上は自然発生的に起きるのではなく、ビジネスや企業および政府系消費に対するインセンティブを転換するために適切に策定された政策が必要となる。多くの工業国において、高い度合いの福利を実現させてきた政策

設定は、労働生産性の向上にしばしば物質利用と廃棄物の増加という代償を払うことを容認してきた。2030 年までに多くの人々の一般的な福利を可能にするには、多大な変化が必要である。

研究開発に大規模な投資を行えば、多くの経済セクターで物質効率の急速な向上が可能になるだろう。しかしながら、物質利用効率の上昇は生産者や消費者にとってコスト低減につながり、原料で節約できた資金は経済の他の分野に投資され、支出されることになる。これがリバウンド効果を生み、効率性が経済成長を増進し、全体的な物質需要を減らそうとする努力におそらく相反することとなる。より低い物質消費レベルにおいて人間開発と福利の向上を達成するには、資源効率への投資やインセンティブ、採取時の一次原料に対する価格、短労働時間へのシフト（生産性向上を（別分野への投資ではなく）自由時間の増加に変換し、リバウンド支出を相殺する）といった複雑な政策の組み合わせが必要になる。



富裕国と同様の生産・消費システムで、富裕工業国で達成された福利水準を世界的に一般化することは不可能

IRP は、消費のマテリアルフットプリント (Wiedmann et al. 2015) という新たな指標を採用している。マテリアルフットプリントは、ある国または地域における最終需要 (家計および政府消費と資本投資) に必要な物質量を示す。この指標は世界の物質サプライチェーンと最終需要を関連付けた指標であり、ある国の物質面での平均的な生活水準をうまく示している。

現在の世界の生産システムは、特定のサプライチェーンと技術に基づいて計算すると、ヨーロッパで 1 人当たり消費約 20 トン、北米では 1 人当たり消費約 25 トンというマテリアルフットプリントを生み出している。どちらの地域も、世界金融危機での経済悪化により、2008 年以降マテリアルフットプリ

ントは減少している。世界金融危機以前には、北米の 1 人当たりマテリアルフットプリントは 30 トンを優に上回り、ヨーロッパは 20 トンを上回り、どちらも上昇傾向であった。北米とヨーロッパの景気回復がマテリアルフットプリントを再び成長軌道に乗せたかどうかは、現時点ではまだわからない。マテリアルフットプリントが世界の富裕な地域において世界金融危機以前のレベルに戻るとしたら、物質利用が一定化する所得水準はまだ存在しないということになるだろう。

マテリアルフットプリント指標は、物質採取や直接物質利用という尺度とは異なり、産業物質利用の着点を確立することができる。入手可能なデータによれば、現在の住宅・輸送インフラの建設方法、モビ

リティ、製造品、食料、エネルギーの配送方法に基づく現代経済の産業代謝は1人当たり20～30トンで安定化していることがうかがえる。今日の資源利用レベルでは世界経済がすでに一定の環境限界（プラネタリー・バウンダリー）を超えているという事実を考えると、富裕国と同様の生産・消費システムで、富裕な工業国で達成された福利水準を世界的に一般化することはできないことを示している。増大する世界人口のニーズと願望に包摂的な方法で応えるには、デカップリングの大幅な進展が求められる。

消費と生産が環境に与える圧力と影響を減らすために、高所得国は現在の1人当たりマテリアルフットプリントを大きく減らす必要がある。他方、多くの発展途上国は、生活水準の改善にともないマテリアルフットプリントが上昇することになるだろう。インフラと消費が大幅に成長する国では、資源効率の急速かつ短期的な向上を達成することによって、成長の一部を相殺し、天然資源の必要量、廃棄物、排出を最小化できる方法での都市やインフラの構築を目指した政策を策定しなければならない。持続可能な開発を促すことができる質が高く耐久性があるインフラへの投資を後押するような政策策定に向けた大きなチャンスである。

最富裕国の物質消費は平均で最貧国の10倍

北米・ヨーロッパとそれ以外の地域との間には、物質面での平均生活水準と、それともなうマテリアルフットプリントにまだ大きな格差がある。2010年におけるアジア・太平洋、ラテンアメリカ・カリブ海、西アジアの年間1人当たりマテリアルフットプリントは9～10トンで、ヨーロッパの1人当たりマテリアルフットプリントの半分だった。これに続き東欧・コー

カサス・中央アジア（EECCA）地域の1人当たりマテリアルフットプリントは7.5トン、アフリカは3トン未満となっている。

こうした結果は、人間開発とマテリアルフットプリントの関係を見れば明らかになる。人間開発指数（HDI）¹で測定される人間開発の程度がきわめて高

¹ HDIは、平均余命、識字率、所得に関する複合指数である。
参照URL：<http://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>

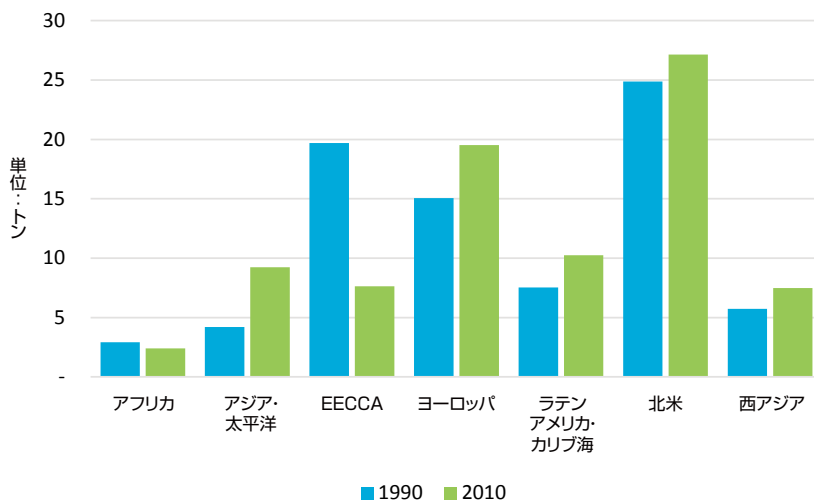


図7. 世界7地域の1人当たりマテリアルフットプリント(MF)、1990および2010年、単位:トン

い場合には、約 25トンのマテリアルフットプリントを必要とし、世界金融危機以前には増加していた。高 HDI 国のグループはマテリアルフットプリントも最速の成長を遂げ、平均で 1990 年の 1 人当たり 5 トンから現在では 1 人当たり 12.5 トンに増えている (図 8)。例えば中国は、2010 年のマテリアルフットプリントは 1 人当たり 14 トンで、強い上昇軌道に乗っていた。ブラジルは 2010 年のマテリアルフットプリントは 1 人当たり 13 トンで、近年やはり力強い伸びを示している。

人間開発指数 (HDI) が中 HDI 国の平均マテリアルフットプリントはこの 20 年間にゆるやかに増加し、1 人当たり 5 トンに達している一方で、低 HDI 国のマテリアルフットプリントはこの 20 年間に 1 人当たり 2.5 トンに留まったままとっている。最富裕国は最貧国の平均 10 倍、世界平均の 2 倍の物質を消費し、生活水準を支える物質配分がきわめて不均衡であることを示している。低所得国グループは、国際社会が目指す持続可能な開発成果を達成するためには、1 人当たりの物質量を増やす必要があることがわかる。

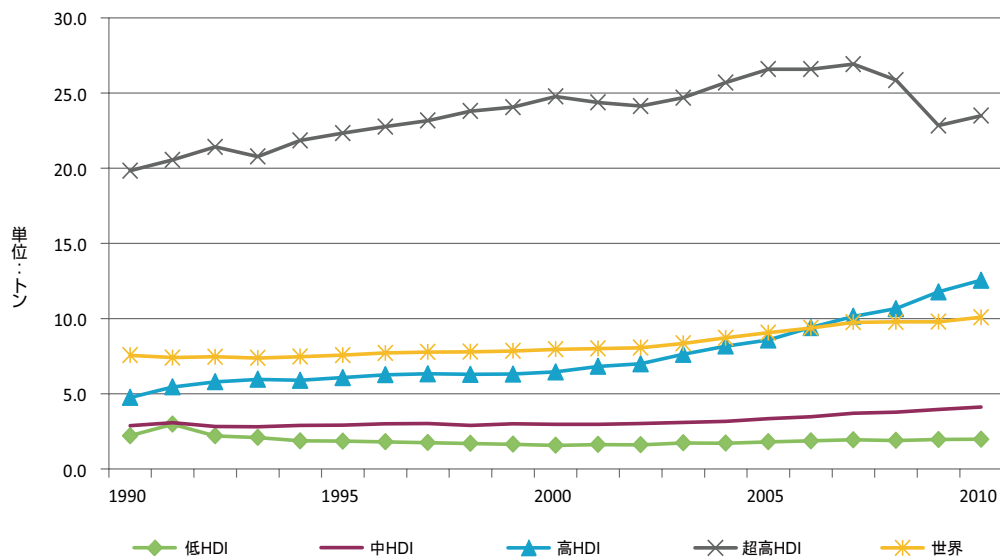


図8. HDIレベル別1人当たりマテリアルフットプリント(MF)、1990~2010年



世界の物質フローについての新たな包括的データベース

IRP は、世界の物質採取に関する信頼できる新しいデータベースと、物質貿易に関する改訂データベースを通じて、40年間（1970～2010年）の世界経済、人口、物質利用の関連について包括的に把握することを可能とした。新たな指標に加えて、一連の標準的な物質フロー勘定指標も用いている。IRPの提示するデータと指標は、国や地域が適切に策定された国内政策や地域イニシアティブを通じて物質効率の向上に取り組む過程で、進捗状況の測定を可能にするものである。世界のほとんどの国を対象にした40年間（1970～2010年）にわたる大規模なデータセットが作成されており、世界7地域および個別の国について総利用量、1人当たり利用量、1米ドル当たり物質利用量を含め、直接および消費ベースの物質フロー指標を提示している。さらにまた、様々な物質グループ別のデータも提供し、指標

と人間開発の成果との関連性も示している。

このデータセットは世界7地域と約180カ国それぞれについて同様の情報を示し、行政およびビジネスが十分な情報に基づく意思決定を行うための情報を提供する。各国が経済発展と人間開発に成功し、生活水準の向上と貧困撲滅を果たすことができるならば、物質利用のさらなる拡大が見通される。生産と主要サービス（住宅、移動、食料、エネルギー、給水）の提供に関して世界全体が同様のシステムをもつと仮定すれば、2050年までには90億人が年間約1,800億トン（現在のほぼ3倍）の物質を必要とすることになる（Schandle et al. 2016）。その結果として、賦存する天然資源採取の加速化や物質採掘と利用に関連する環境影響の増大が生じる。

この報告書では、物質利用（社会の代謝）は環境圧力として取り扱っている。物質利用が増えるほど、圧力は大きくなる。物質利用は、廃棄物フロー、エネルギー利用と炭素排出、土地利用、水利用といった他の圧力指標とも密接に関係している。物質利用が増えると、他の条件が等しければ、他の圧力指標も増大する。物質利用はまた、採取、生産（変換）、消費から処分までの物質利用ライフサイクル全体にわたって生じる環境影響の代理指標としても用いられる。物質利用が増加すると、物質利用が環境、社会、経済に与える影響も相応に増大する。物質利用の増加は、結果として気候変動、土壌や水域の酸性化および富栄養化レベルの上昇、生物多様性喪失や土壌浸食の悪化、廃棄物量および大気汚染の増大をもたらす。さらには、人間の健康

や生活の質にも悪影響を与える。最終的には、特定の天然資源の枯渇につながり、短・中期的に重要な物質の供給不足を引き起こすことになる。

それでもまだ多くの資源は中・長期的に豊富に利用できる一方、より効果的かつ効率的な物質利用を巡っての政策討論で、汚染・生態系劣化・気候変動が問題の中心となっていこう。とはいえ、物質需要の急速な拡大によって新たな採取・供給インフラへの超大型投資が必要であり、土地、水、エネルギー、物質の新たな利用をめぐる、地域紛争の一因となりかねない。こうした紛争はすでにエネルギーセクターに顕著であり、多くの場所において、採掘と農業や都市開発との間に競合が見られている。

物質フロー勘定から得られる指標

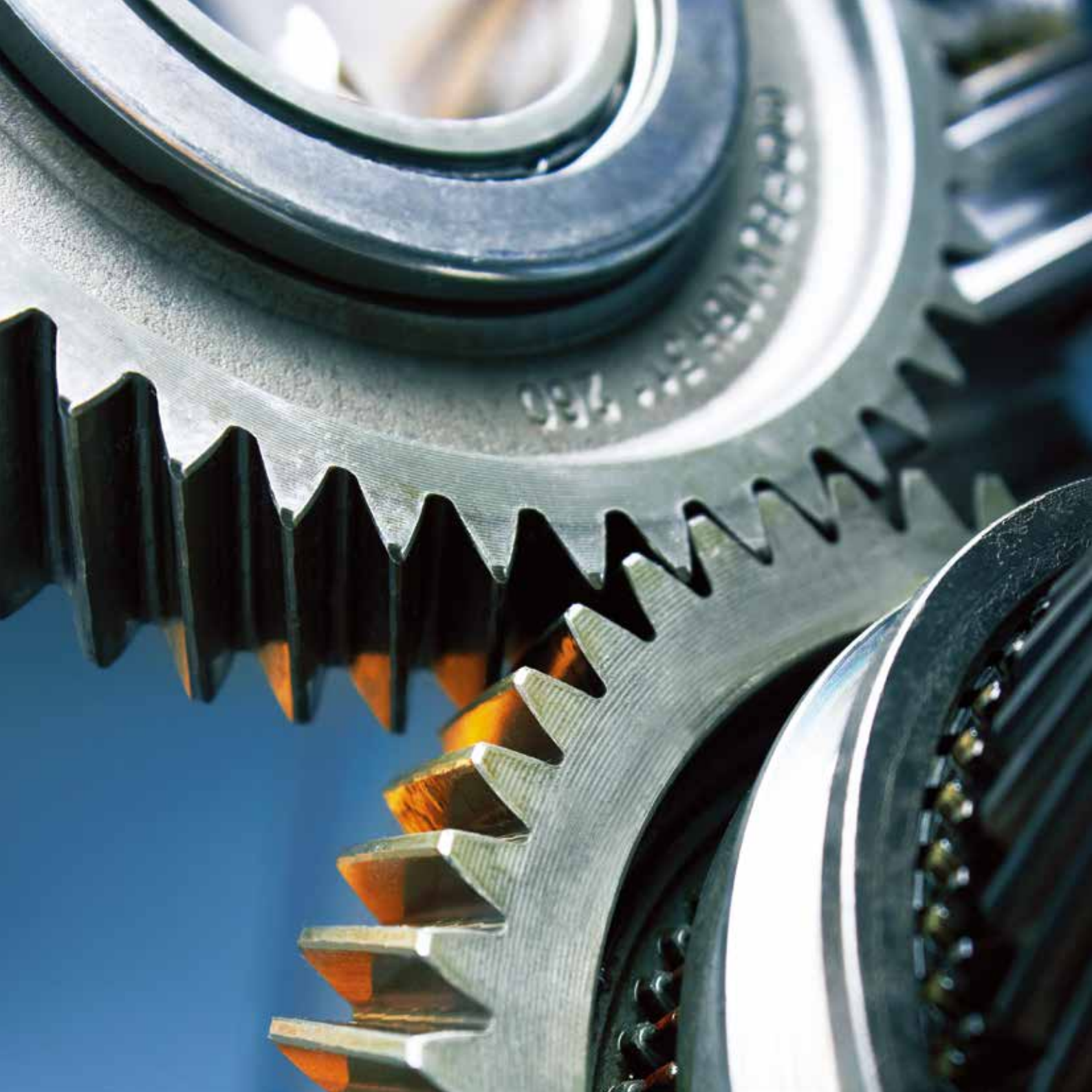
IRP が提示するデータセットは、この 20 年間に実現した国際合意や手法の標準化に基づいている (Fischer-Kowalski et al. 2011)。物質フローデータと追加的実証分析に基づき、直接物質利用と、ライフサイクル全体の貿易関与物質量に対する指標が策定された。表 1 にまとめられたヘッドライン指標は物的経済のあらゆる側面を示している。

異なるヘッドライン指標ならびに各ヘッドライン指標が示すより詳細な情報は、様々な政策領域に情報を提供し、物質利用の環境圧力のあらゆる側面を網羅している。具体的には、地域および世界経済における天然資源枯渇、資源効率、廃棄物管理・最小化といった側面が含まれる。これらの指標は、持続可能な物質管理、資源効率、廃棄物最小化に関する各国経済の実情を示すことができる。

表1. ヘッドライン指標

指標名	指標の意味	構成要素
国内物質採取量 (DE)	国内採取が天然資源に与える影響	44の物質カテゴリー
物質輸入量 (輸入)	直接輸入量	11の物質カテゴリー
国内物質投入量 (DMI) : DE+輸入	生産の関与物質量	11の物質カテゴリー
物質輸出量 (輸出)	直接輸出量	11の物質カテゴリー
物理的貿易収支 (PTB) : 輸入-輸出	直接貿易依存度	11の物質カテゴリー
国内物質消費量 (DMC) : DE+PTB	領域内の物質利用と長期的な廃棄物の発生可能性	11の物質カテゴリー
一次資源等価換算輸入量 ($RME_{Imports}$)	輸入の上流側関与物質量	4物質カテゴリー
一次資源等価換算輸出量 ($RME_{Exports}$)	輸出の上流側関与物質量	4物質カテゴリー
一次資源等価換算貿易収支 (RTB) : $RME_{Imports} - RME_{Exports}$	消費の貿易依存度	4物質カテゴリー
消費のマテリアルフットプリント (MF)、 一次資源等価換算消費量 (RMC) : DE+RTB ²	消費のための世界の採取による天然資源への影響	4物質カテゴリー
物質強度 (MI) : 1米ドル当たりDMC	物質利用の効率	1カテゴリー
調整物質強度 (AMI) : 1米ドル当たりMF	貿易調整済みの物質利用の効率	1カテゴリー

²MFとRMCは同じ尺度であり、ある国の最終需要の関与原料量を示す。どちらの用語も、査読論文で使われている。MFはエネルギー、炭素排出量、水に対する他のフットプリント勘定との概念的関係を意味し、RMCは物質フロー勘定の用語に関係する。



持続可能な開発目標に関する情報の提供

SDGs は経済成長と人間開発を支える天然資源について、資源利用のあらゆる側面にわたって包括的に取りあげている。目標 6 は水利用、目標 7 はエネルギー、目標 12 は物質と廃棄物、目標 13 は炭素排出と気候変動に関係している。とりわけ重要な点として、経済成長に焦点を当てた目標 8 において、ターゲット 8.4 で資源効率を具体的に取りあげている。このターゲットは各国に対し、自国の生産と消費の資源効率を長期間継続的に向上するよう求めている。

IRP の研究で提示されたデータと指標は、ターゲット 8.4、12.2、12.5 をはじめ、SDGs の複数のターゲットに対する圧力指標を提供している。こうした圧



力指標は、経済成長、貧困削減、多くのモノやサービスへの普遍的アクセスといった、環境変化の要因と関連付けられる。

ターゲット 8.4 は、生産と消費の圧力（物質利用）と原動力（GDP）の間に一定の比率を求めている。前者は GDP1 単位当たり国内物質消費（DMC）、後者は GDP1 単位当たりマテリアルフットプリント（MF）として表現できる。

ターゲット 12.2 は国内経済レベルの代謝実績の尺度を求めており、これは生産と消費の両観点を反映した一人当たり DMC および 1 人当たり MF として表現できる。

ターゲット 12.5 は廃棄物削減に関するものであり、土地面積 1 単位当たり国内物質消費（DMC）として表現することで、廃棄物処分の生態系への圧力を示すことができる。

世界のほとんどの国のデータが入手可能であるため、これらの指標を利用することで、こうしたきわめて関係の深い SDGs ターゲットについての報告に物質

利用とマテリアルフットプリントが各国の経済発展にどの程度関連しているかを示すとともに、一国の経済活動における物質強度の改善を測定することができる。また、急成長する都市部および中産階級の人口を含む 90 億人に対応する世界経済の将来の物質要求に関する情報も提供し、各国政府による物質利用と物質効率の目標設定を可能にする。

多くの発展途上国にとって、SDGs を達成するには天然資源利用、廃棄物、排出を増やす必要がある。つまり、最終的には天然資源供給システムと、生態系が廃棄物と排出を吸収する能力を過剰に酷使する可能性がある。人間開発ニーズに応える余地を残すために、政府とビジネスは持続可能な消費と生産を達成するべく協力して取り組む必要がある。そうすることにより、高所得国は現在の多大な物質利用を削減する一方で発展途上国は物質利用を増やし、両者を持続可能なレベルに収束させることが可能になる。

次のステップ

物質利用と資源生産性の領域における IRP の取組は、世界のデータセットの調和と、国および世界レベルでの物質フローサテライトデータセットの確立に向けた最初の一步である。世界の経済発展による天然資源、廃棄物、排出の圧力が高まっているために、知識基盤をさらに充実し拡大する必要がある。

勘定の拡張とさらなる開発

IRP は、物質フローに関する既存の世界的な知識基盤をまとめ、物質投入と物質取引に関する 40 年間（1970 ～ 2010 年）の時系列データを提供することに成功した。データセットは、既存の時系列データの定期的かつ適時の更新を行うことによって、規模を拡大する必要がある。物質循環の後端部分を拡張し、様々な環境媒体（大気、土壌、水）への排出を報告し、国家経済の物質収支を世界規模でまとめる必要がある。これによって、世界経済に対応する物質ストック、既存の資産とフローの関係、世界経済の長期的な廃棄物・排出可能性についての理解を深めることが可能になる。

経済セクターへの着目

物質フローデータセットは物質特性別に構成されているが、経済セクターや特定の産業レベルでの意思決定に十分な情報を提供するには、セクター別の詳細データが不足している。これらの情報は重要なヘッドライン指標を提供するが、一次産業、都市、貿易という領域においてセクター別の政策を導くには個別具体性が不十分なことも多い。生産と消費をセクター別に分解する第一歩は、マテリアルフットプリント指標の採用によって始まった。しかしながら、真の物質フローのサテライト勘定を目指すには、幅広い経済セクターについての物質投入情報を確立するためのさらなる分析が少なくとも必要である。こうした分析は、セクター別政策に情報を提供し、そうした政策イニシアティブの進展状況の測定に利用できるだろう。ビジネスの意思決定に対する有用性を高める政策関係者以外にとつての物質フローデータの情報価値を強化するためにも重要である。

圧力と影響と地球の限界との関連付け

IRP が提示するデータセットと指標は、物質フローに関連する圧力指標となる。圧力は、物質需要の主要な原動力（人口、消費、経済成長）と関連付けられてきた。こうした指標は、経済および環境課題の早期診断を可能にし、政策介入の指針として利用することができる。これらの圧力は、よく知られたプロセスや経路を通じて、環境影響に関連付けられている。こうした環境影響には、気候変動、資源枯渇、廃棄物と汚染、毒性、人の健康といった多様な課題が含まれる。多くの場合、環境圧力や環境影響の地球的な制約（例えば、地球温暖化を2度未満に抑制する温室効果ガスの追加排出量など）を確立することが可能である。とはいえ、こうした重要な関連性についての知識基盤を増強し、その関連性が異なる地域的背景においてどのように展開するのかを探るためには、さらなる研究が必要とされる。

政策支援

データセットと指標は、政策関係者によって、行政の様々な場で利用される。こうしたデータや指標は、課題の発見、目的、目標、ターゲットの確立、政策イニシアティブの進捗状況の測定に役立つ。地域、国、セクターの政策枠組みの構築をよりうまく補助し、政策ツールや手段を特定し、地域や国の管理能力を高めるためには、政策関係者やビジネス界の情報ニーズに即座に注目し、個々の政策領域に合わせたデータと情報を生み出す必要がある。特にSDGsの管理という文脈、及び地域に着目すると、様々な国連機関が各国に提供する技術支援にこの知識基盤を適用することが、適切な政策策定によって世界の持続可能な発展を導くプロセスを後押しすることになる。

参考文献

Fischer-Kowalski, M., F. Krausmann, S. Giljum, S. Lutter, A. Mayer, S. Bringezu, Y. Moriguchi, H. Schutz, H. Schandl & H. Weisz (2011) Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting. *Journal of Industrial Ecology* 15, 855–876.

Schandl, H., S. Hatfield-Dodds, T. O. Wiedmann, A. Geschke, Y. Cai, J. West, D. Newth, T. Baynes, M. Lenzen & A. Owen (2016) Decoupling global environmental pressure and economic growth: scenarios for energy use, materials use and carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*.

Wiedmann, T. O., H. Schandl, M. Lenzen, D. Moran, S. Suh, J. West & K. Kanemoto (2015) The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, 6271–6276.

問い合わせ先：

Secretariat of International Resource Panel (IRP)
Division of Technology, Industry, and Economics United Nations Environment Programme (UNEP)

1 rue Miollis
Building VII
75015 Paris, France

T: +33 1 4437 1450
F: +33 1 4437 1474

E: resourcepanel@unep.org
www.unep.org/resourcepanel

天然資源の安価で公平かつ環境上持続可能な利用の確保に関する懸念の高まりに関する根拠は十分にある。この10年間に世界の天然資源利用は加速化し、天然資源採取の増大に合わせ排出と廃棄物も増大している。天然資源利用の管理、および経済成長と天然資源利用のデカップリングは、国連持続可能な開発目標を達成する手段となる。この新しい報告書では、40年間の世界の天然資源の動向を示し、証拠に基づく政策形成のための指標を提案している。

提示したデータと指標は、世界7地域とあらゆる国について、世界の生産と消費に必要な資源量を取りあげている。指標は世界の環境影響と物質面での生活水準をうまく示している。指標は国や地域によって大きく異なっており、豊かで公平かつ環境に優しい地球社会に移行する過程で、大きな課題と機会が私たちを待ち受けていることを示している。

www.unep.org

United Nations Environment
Programme

PO Box 30552, 00100

Nairobi, Kenya

T: (254-20) 7621234

E: unepubs@unep.org



仮訳: 本報告書の日本語訳は、国際資源パネル(IRP)事務局の許諾を受けて、日本国環境省の請負業務として、公益財団法人地球環境戦略研究機関(IGES)が実施しました。オリジナル版と翻訳の間に不一致が認められる場合、オリジナル版の内容が優先されます。

ISBN: 978-92-807-3554-3
DTI/1974/PA

16-00271