

# 資源効率性と気候変動

## 低炭素未来に向けた物質効率性戦略

政策決定者向け要約

# 謝辞

主執筆者：Edgar Hertwich、Reid Lifset、Stefan Pauliuk、Niko Heeren.

補助執筆者：Saleem Ali、Qingshi Tu、Fulvio Ardente、Peter Berrill、Tomer Fishman、Koichi Kanaoka、Joanna Kulczycka、Tamar Makov、Eric Masanet、Paul Wolfram.

調査補助、フィードバック、データ：Elvis Acheampong、Elisabeth Beardsley、Tzruya Calvão Chebach、Kimberly Cochran、Luca Ciacci、Martin Clifford、Matthew Eckelman、Seiji Hashimoto、Stephanie Hsiung、Beijia Huang、Aishwarya Iyer、Finnegan Kallmyer、Joanna Kul、Nauman Khursid、Stefanie Klose、Douglas Mainhart、Kamila Michalowska、Rupert Myers、Farnaz Nojavan Asghari、Elsa Olivetti、Sarah Pamentor、Jason Pearson Adam Stocker、Laurent Vandepaer、Shubhra Verma、Paula Vollmer、Eric Williams、Jeff Zabel、Sola ZhengおよびBing Zhu。本報告書は国連環境計画（United Nations Environment Programme：UNEP）の国際資源パネル（International Resource Panel：IRP）の支援の下で執筆された。IRPの共同議長であるJanez Potočnik氏およびIzabella Teixeira氏、IRPおよびその運営委員会のメンバーに御礼申し上げる。

執筆者は、外部査読過程で査読編集者を務めたIRPメンバーのAnders Wijkman氏およびパネルメンバーのEster van der Voet氏のリーダーシップと支援に感謝の意を表する。さらに、Andreas Frömel氏、Shinichiro Nakamura氏、Wenji Zhou氏、および匿名の専門査読者による外部専門査読にも感謝している。

執筆者は、UNEP設立による国際資源パネル事務局、特にMaria Jose Baptista氏による本報告書作成における調整業務および技術支援に御礼を申し上げる。さらにSystemiqのJulia Oktatz氏によるIRP事務局への支援にも感謝する。

推奨される引用方法：IRP（2020）. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S., Heeren, N. A report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

装丁およびレイアウト：Marie Moncet および Yi-Ann Chen

アイコン：Freepik、www.flaticon.comより

印刷：UNESCO

表紙写真：Colors of Humanity Series – Marthadavies、iStock / Getty Images

---

## © United Nations Environment Programme, 2020

本書は、教育または非営利目的に限り、出典を明記した場合に、著作権者からの特別許可なしに形式を問わず全体または一部を複製することができる。その場合、本書を出典として使用した出版物を 1 部、国連環境計画に送付頂ければ幸いである。国連環境計画からの書面による事前の許可なしに、本書を再販目的またはその他の商業目的で使用することはできない。

### 免責事項

本書で使用されている名称および提示された資料は、国、領土、都市またはその権限の法的地位に関する、あるいは国境や境界の画定に関する国連環境計画の見解を示すものではない。また、本書で示された見解は必ずしも国連環境計画の決定事項や方針表明ではなく、商品名または商業プロセスに関する引用についても是認するものではない。

本版は、IRP「Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future (Summary for Policymakers)」の公益財団法人地球環境戦略研究機関（IGES）による仮訳である。

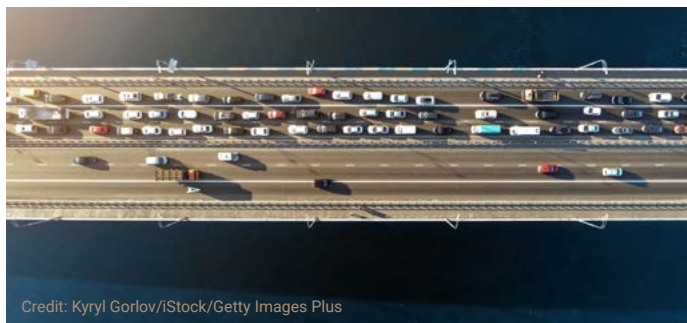
本版は非公式な仮訳であり、国連環境計画は一切の責任を負わない。IGESは、翻訳の正確性について万全を期しているが、翻訳により不利益等を被る事態が生じた場合には一切の責任を負わないものとする。仮訳版と原典の英語版との間に矛盾がある場合には、英語版の記述・記載が優先する。

Job No: DTI/2269/PA

ISBN: 978-92-807-3771-4

DOI: 10.5281/zenodo.3542680





政策決定者向け要約

## 資源効率性と 気候変動

低炭素未来に向けた  
物質効率性戦略

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

本書は同書名の完全版から主要な結果を抽出しており、完全版と共に読んで頂きたい。本書が参照する研究や書評の一覧は完全版に掲載している。完全版報告書は下記の国際資源パネルウェブサイトにてダウンロード可能である：

<https://www.resourcepanel.org/reports/resource-efficiency-and-climate-change>

## 序文

本年、国連環境計画（UN Environment Programme：UNEP）は排出ギャップ報告書（Emissions Gap Report）の第10版を刊行した。同報告書は、地球の気温上昇を1.5℃に抑えるためには、温室効果ガス排出量の一層大幅かつ迅速な削減を世界全体で直ちに成し遂げなければならない点を明らかにした。この目標を達成するには、私達は、物質効率性戦略の実施を含むあらゆる排出量削減策を駆使する必要がある。

国際資源パネル（International Resource Panel：IRP）は、人類が資源をよりよく管理できるかについての知見を2007年から提供している。IRPの研究で、地球上の生物多様性喪失・水ストレスの原因の90%以上、世界での温室効果ガス（greenhouse gas：GHG）発生のおよそ半数が天然資源の採取・加工によるものであることが判っている。IRPの最新報告書である本報告書「資源効率性と気候変動：低炭素未来に向けた物質効率性戦略」は、G7国の委託を受け執筆され、住宅部門および自動車部門におけるこのような影響の軽減につながる物質効率性を通じた新しい有望な機会を示している。

従来の気候変動緩和の取組では、エネルギー効率の改善と再生可能エネルギーへの移行の加速に重点が置かれてきた。これらの取組が引き続き重要であると同時に、物質効率性も大きな寄与をもたらし得ると本報告書は指摘している。IRPによるモデル分析によると、一連の物質効率性戦略を講じることで、G7諸国と中国では2050年に住宅建物の物質循環で発生するGHG排出量を少なくとも80%削減することが可能であろう。住宅の集約的利用、使用材料を抑えた設計、建築材料のリサイクルの進歩は最も期待できる戦略である。

同様に、物質効率性は自動車の生産・使用・処理においても排出量を大幅に削減し得る。特に、物質効率性戦略によって2050年に自動車の物質サイクルで発生する排出量の削減割合はG7諸国で最大70%、中国およびインドでは50%から60%にもなり得る。最大の削減は、車両の利用形態の変更（ライドシェアリング（相乗り）やカーシェアリング）や、より集約的な利用および出かける目的に合わせて（trip-appropriate）小型車両へ転換することによって実現するであろう。

本報告書は、天然資源が私達の福利・幸福、住まい、交通移動、食料にとって不可欠であることをはっきりと示している。持続可能で価格が手頃なエネルギー源、エミッション・ニュートラルな（正味排出量をゼロとする）インフラや建築物、排出量ゼロの交通システム、省エネルギー産業および廃棄物量の少ない社会を伴う未来に向けて、天然資源の効率的な使用は中心に据えられなければならない。本報告書で紹介される戦略は、そのような未来を現実のものとするために大きな役割を果たすことができるものである。



**Inger Andersen**  
国連環境計画事務局長

## はじめに

私達は、今世紀半ばに90億人を超えることが見込まれる世界の人々の福利を大きく脅かす地球温暖化という危機的状況の中で生きている。この状況は同時に、プラネタリー・バウンダリー（人類が生存できる限界）を十分尊重し、かつ社会福祉を支える手段を通じて、私達人間の生産と消費体制を再構築する絶好の機会でもある。例えば、低炭素の住宅・モビリティサービスの提供により、物質効率性戦略は、この取組において欠かせない役割を果たすであろう。

国際資源パネル（International Resource Panel：IRP）は、天然資源の現状、傾向、将来の状態について独立した権威ある政策に結びつく科学的評価を実施することを目的に2007年に設立された。IRPは28刊の評価報告書を通じて、どのようにして社会は経済発展・福利と環境劣化・資源利用とを切り離すこと（デカップリング）ができるかについての知見を発展させてきた。

この10年間、循環経済（Circular Economy）、持続可能な資源管理（Sustainable Materials Management：SMM）、循環型社会（Sound Material Cycle Society）といった枠組の下、政策決定において天然資源への注目が集まるようになってきた。しかし、本報告書が示すように、物質利用関連政策のほとんどは依然として温室効果ガス排出量削減よりも廃棄物管理に重点が置かれている。天然資源に関する政策と研究は、気候変動の緩和と適応が急務となっている状況により調和しなければならない。

IRPは持続可能な資源管理についてG7への知見の提供者であり、2017年にはG7の委託を受けて作成した報告書「資源効率性：潜在力および経済的意味」を発表した。この報告書で、資源効率性の向上が実務的に達成可能であるだけでなく、経済成長、雇用創出および気候変動戦略にも資することを裏付ける科学的根拠を示した。本報告書のフォローアップとして、G7はIRPに対し、温室効果ガス排出量削減に資源効率性が果たす影響に絞った研究の実施を要請した。

これを受け、本報告書「資源効率性と気候変動：低炭素未来に向けた物質効率性戦略」では、住宅建物および軽量車両の生産と使用における物質効率性の向上によりもたらされる気候変動緩和の機会を検証している。

世界に先駆けて本報告書において実施した統合ボトムアップ型モデル分析は、例えば、物質効率性戦略によって住宅建物の物質サイクルにおけるGHG排出量を2060年に大幅に削減することが可能であると示している。具体的には、モデル分析の結果、2016年から2060年までの期間に、住宅部門でのGHG削減量は中国では3億5,000万トン、インドでは2億7,000万トン、G7諸国では1億7,000万トンに上ると示している。自動車に物質効率性戦略を適用した場合も、同様にチャンスは大きいと言える。さらなる朗報として、物質効率性戦略はすぐにでも活用可能な立証済の技術に基づいていることから、1.5°C目標に向けて前進するための実際の選択肢となる。

本報告書では、このような削減を達成するには様々な面での政策介入が必須であると結論付けている。政策には、人々がどのように生き、どのような物質を用い、どのように使うかに影響を与える力がある。課税、土地の区割り、土地利用規制といった（政策）手段は一定の役割を果たすが、消費者の嗜好や行動に働きかけることも有効である。

私達は、懸命な努力で物質と資源の関連性について新たな見識を見出したEdgar Hertwich氏と彼が率いるチームに心から感謝している。特に、全ての人々に繁栄ある未来が訪れるよう、野心的かつスピードとインパクトを重視した行動が緊急に求められている現在、物質効率性は気候という難解なパズルを解くための重要なピースとなる。



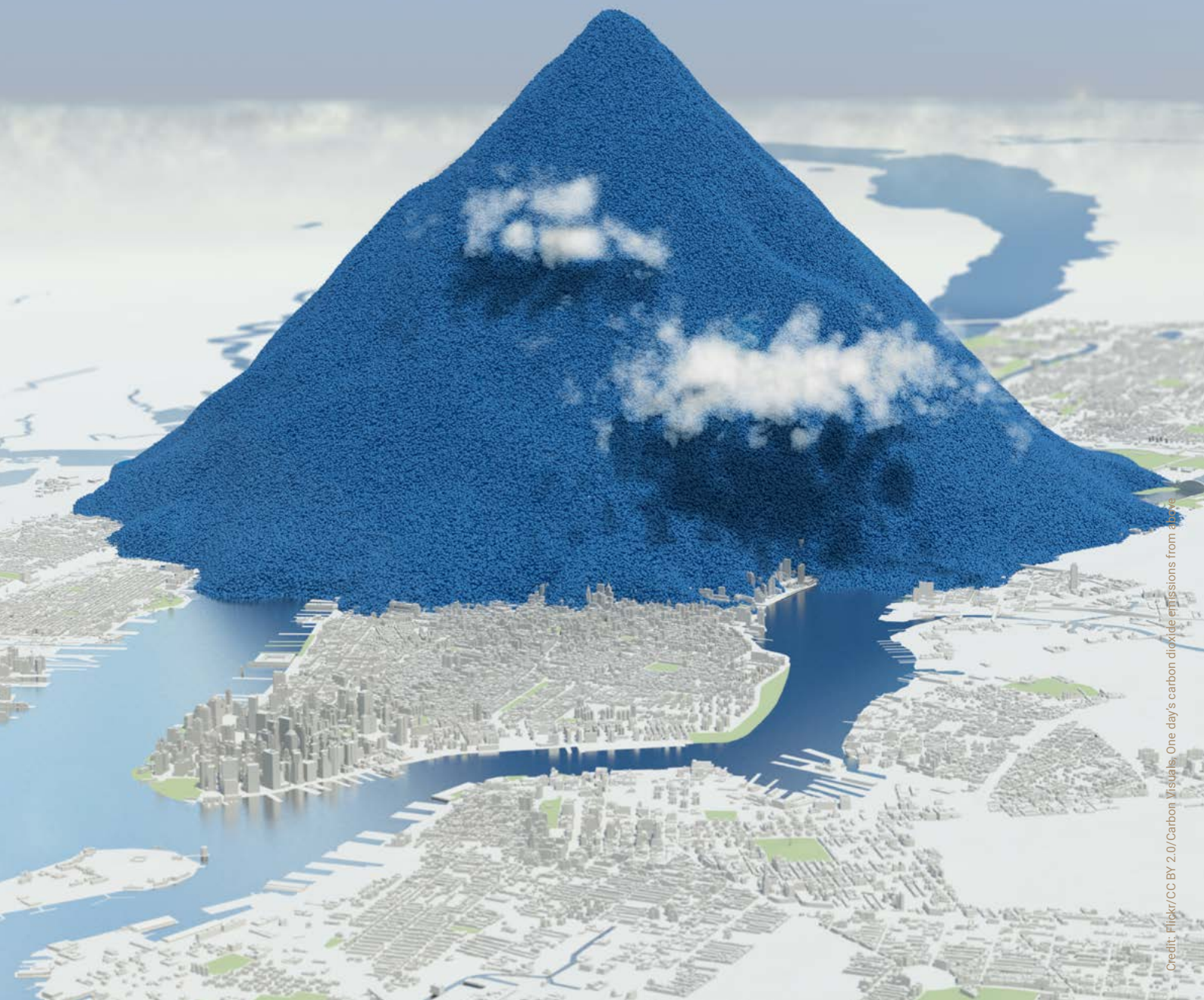
**Janez Potočnik**  
IRP共同議長



**Izabella Teixeira**  
IRP共同議長



# 主要なメッセージ





## 1. 物質効率性の改善がパリ協定で設定された 1.5℃目標に近づくための好機となる

政策決定者がパリ協定で掲げられた目標達成に真剣に取り組むならば、排出量削減に益々積極的に関与しなければならない。気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change：IPCC）が提案した総炭素予算（カーボンバジェット）によると、気温上昇を1.5℃に止めるには、G7諸国は自国の残余二酸化炭素排出量を50ギガトンに制限する必要がある（排出量が地球の人口全体に均等に分配された場合）。モノの生産、使用、消費、処理の過程で発生する排出量を削減することが、各国が排出量を前述の炭素予算以内に収めるための一助となる。

モノの生産起源の排出量が世界のGHGに占める割合は、1995年の15%から2015年の23%へと増加した。この量は、農業、林業および土地利用変化によるGHG排出量を合計した量に匹敵するが、注目度は遥かに低い。モノの生産による排出量のおよそ80%は建築物および製造品における物質の使用に関わりがあった。本報告書で言及する物質とは、金属、木材、建設材料およびプラスチックといった固形物質と認識される。燃料、食料、化学薬品は含まない。

G7諸国では、建設業および製造業における最重要製品である住宅や自動車に必要な物質から発生するGHG排出量の削減によって、2016年から2060年までのライフサイクル全体での累積二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）換算排出量を25ギガトンまで減らすことが可能である。物質効率性を向上させるための技術は今日揃っている。

## 2. 住宅建物起源のGHG排出量を削減するための 多大な機会がある

再生資源の利用といった物質効率性戦略によって、G7諸国では2050年に**住宅建物の物質循環で発生するGHG排出量**を80%から100%削減することが可能であろう。2050年に可能な削減量は中国で80%から100%、インドで50%から70%にもなり得る。

排出量の削減が大いに期待できる戦略として次が挙げられる：より集約的な住宅利用（G7諸国で2050年に最大70%削減）、使用物質量を縮減した建築物の設計（G7諸国で2050年に8%から10%削減）、持続可能な方法で収穫された木材の使用（G7諸国で2050年に1%から8%削減）。建築材料のリサイクルの進歩によって、G7諸国では2050年にGHGを14%から18%削減することが可能であろう。全体的に、前述した戦略をG7諸国で実施することで、2016年から2050年までの期間に5から7ギガトンの累積CO<sub>2</sub>換算排出量削減につながり得る。

物質効率性戦略はまた、**住宅建築のライフサイクルの他の段階**にも影響し、相乗的なエネルギー使用量減少につながる可能性がある。建築物のライフサイクル全体を見ると、物質効率性戦略によって、G7諸国では2050年に住宅の建築、管理、分解で発生する排出量を35%から40%削減することが可能であろう。中国とインドでは50%から70%の同様の削減も達成し得るであろう。

### 3. 乗用車起源のGHG排出量を削減するための大きな機会がある

クリーンエネルギーや電気、水素を燃料とする車両への移行によって期待されるGHG排出量抑制に加え、物質効率化により大幅な削減が可能となるだろう。物質効率性戦略を講じた場合、2050年に**乗用車の物質サイクルで発生するGHG排出量**をG7諸国で57%から70%、中国で29%から62%、インドで39%から53%削減することが可能であろう。

物質効率性戦略は、**車両運行中のエネルギー使用から発生するGHG排出量**も削減し得る。物質効率性戦略によって、G7諸国では2050年に自動車の製造、運行、使用済管理で発生する総GHG排出量を30%から40%削減することが可能であろう。中国とインドでの削減率は20%から35%と予測される。

ライフサイクル全体での排出量は、車両の利用形態を変えたり（相乗り（ライドシェアリング）や車両の共同利用（カーシェアリング））出かける目的に合わせて小型車両へ転換したりすることで最大限の削減が達成され得る。これは主に、このような取組によって原材料の需要だけでなく車両運行中のエネルギー使用量も減らすからである。

### 4. 物質効率性の成果を得るために政策介入は必須である

現行の政策は、ライフサイクル全体でのGHG削減よりも埋立てごみの転換や重量に過剰に重点が置かれている。住宅や車両の設計によって、使用物質量、製造や管理・運行過程でのエネルギー使用量、耐久性、再利用やリサイクルのし易さが決定付けられる。建築物の設計と政策とを結びつける存在である建

築基準は物質効率性を推進あるいは制限することもあり得る。

横断的政策が物質効率性に有意義な影響をもたらす見込みがあるが、その定量的予測はほとんど示されていない。そのような政策としては、建築基準の改定、建築物認証制度の政府による利用、グリーン公共調達、バージン（一次）原料に対する課税、バージン（一次）原料に対する補助金の撤廃、リサイクル材料含有の義務付けが挙げられる。

### 5. 物質効率性の変容を目指す政策がとるべき道は何通りもあり、中には直接的でないものもある

利用集約度の向上は、物質の選別や利用方法から人々の生活の営み方へと政策の重点を移行させることといえる。課税、土地の区割り、土地利用規制といった政策手段は一定の役割を果たすが、消費者の嗜好や行動に働きかけることも有効である。

物質効率性はリバウンド効果に弱い。この原因は、金銭的な貯えが消費増を招く可能性があること、つまり、利用者間を結びつけるピアトゥピア（P2P）型宿泊施設（例：AirBnb）の利用によって旅費の節約が可能となることから移動が活発となり、GHG排出量の増加に結び付きかねないということである。リバウンド効果は、税制やキャップ・アンド・トレード制度のような生産または消費にかかるコストを直接的あるいは間接的に上げる政策措置により低減され得る。

別の有望な政策の方向性として、パリ協定に向けた国毎に定められた排出削減目標（Nationally Determined Contributions：NDCs）を物質効率性の議論に組入れることが考えられる。

現在、NDCsで表明されている物質効率性への関与は限定的で、資源効率性、資源管理、物質効率性、循環経済または消費者サイドの方策はほとんど言及されていない。日本、インド、中国、トルコの(1) NDCsでのみ明示的な緩和措置として挙げられている。NDCsでは、廃棄物管理の取組（物質効率性戦略と重複する部分がある）は多少確認できるが、物質効率性政策と強力な結びつきを持ち、かつその先駆けの資源政策形態であろう建築エネルギー効率基準の設定が、NDCsではより大きな役割を担っている。NDCsにおける対象範囲を広げるだけでなく、緩和への野心を高めることによって、物質効率性は推進可能である。

## 6. 政策は、様々なライフサイクル段階や産業セクター間の環境負荷の転換状況や相乗効果（シナジー）を明らかにするため、ライフサイクル全体を対象とした分析により評価される必要がある

モニタリングや指標体系だけが、政策の有効性を示すものとはならない。効率的な物質利用、製品の再利用や改修およびリサイクルに的を絞った政策によるGHG排出量削減効果についての体系だった定量的研究は皆無に等しい。これまで以上に綿密で包括的な政策分析により、政策開発を成功に導くことができる。



Credit: fotolupa/Stock/Getty Images Plus



## ボックス 1. 用語の説明と本報告書でのスコープについて

物質効率性、循環経済、3R観点（リデュース、リユース、リサイクル）、持続可能な物質管理という言葉は、程度の差はあるが、一次材料に対する需要を削減しつつ繁栄を実現するために社会が実践すべき資源利用方法を示す。しかし、意味の範囲に幅がある。

本報告書ではこれらの用語を次のように定義する：

- **物質効率性**：物質使用を減らしつつ福利・幸福の質を落とさないこと。物質使用の単位毎に獲得したサービス量で測定する。対象物質はバイオマス、セメント、化石燃料、金属、非金属鉱物、プラスチック、木材等。
- **資源効率性**：物質効率性の他、物質、水、エネルギー、土地も含める広義語である。IRPによる「世界資源アウトルック2019（Global Resources Outlook 2019）」では投入量を抑え高い成果を達成することと定義され、資源生産性（GDP/資源消費量等）といった指標に反映され得る。従って、資源効率性に優れた経済は天然資源の観点からみて最適化された生産・消費体制を包含すると言える。資源効率性という用語には、循環経済へ向けたシステム全体のアプローチにおける脱物質化（節約、モノとエネルギー使用の削減）と再物質化（再利用、再製造、リサイクル）の戦略が含まれる。
- **持続可能な物質管理（SMM）**：資源のライフサイクル全体で資源を最大限生産的かつ持続的に利用・再利用することで人間のニーズを充足するアプローチ。一般的には、関わる物質の量および関連するインパクト全てを最小限にすることである（US EPA、2015年）。
- **循環経済**：経済活動の中で製品、物質および資源の価値をできる限り長期間維持し、廃棄物の発生を最小限に抑える経済を指す。
- **3Rの概念（リデュース、リユース、リサイクル）**：前述した概念で述べられた戦略に類似した戦略を包含する。廃棄物政策に由来し、「R」は、製品のライフサイクル中の生産・使用工程に影響しまた影響される。

ボローニャで開催されたG7環境大臣会合のコミュニケにおいて、IRPは、GHG削減可能性という点で最も有望な資源効率性手段の特定によって共通便益を追求することを目的とし、資源効率性政策による可能なGHG削減量を詳細に検証するよう要請を受けた。この要請に応え、筆者らはG7諸国の住宅および自動車において物質効率性が向上した場合に期待される削減GHG排出量を定量化する複数の排出シナリオを作成し、G7諸国の他、中国とインドの結果も示している。筆者らはまた、住宅・自動車部門において物質効率性戦略の推進または規制を目指す政策を調査した。建設活動および製造活動が物質使用によるGHG排出量においてそれぞれ世界全体の40%を占めることから、住宅と自動車は特に関連性が強い。頑健なボトムアップ型モデルの作成のために、この2つの製品カテゴリーの特異性と幾分かの均質性が必要であった。

G7はIRPに対し、資源関連の枠組（資源効率性；循環経済；リデュース、リユース、リサイクル；持続可能な物質管理）の実施に関わる低炭素技術の検討も要請した。本報告書に向けたシナリオのモデル分析において、筆者らはパッシブハウス（特定基準を満たす省エネルギー住宅）や電気自動車（EV）といった低炭素技術の当該2部門（住宅と自動車）での利用度向上の他、全体の電源構成（エネルギーミックス）および関連GHG排出量の変化を検討している。



Credit: ian Anupong/iStock/Getty Images Plus







# 1. 序論

## 1.1 物質と気候変動とのつながり

これまでのIRPによる評価で示されている通り、世界経済が天然資源をどのように扱うかは地球の気候に大きく関わる。人間による天然資源の採取方法や使用量によってGHG排出量が決まるのである。資源効率性が大幅に向上しない限り、地球温暖化を1.5℃から2℃未満に維持することは不可能に等しく、実質的にコストが高つくこととなる。

物質の生産・使用と気候変動は何通りかに相互作用する。物質の生産はGHGを発生させ、人為的な気候変動を引き起こす。GHG排出量の緩和と気候変動への適応方法は、今度は物質需要に影響を及ぼす。具体的には次が挙げられる：

- 緩和の取組には、より大量の、かつ、より希少な物質が必要となるかもしれない。太陽光、風力、原子力、二酸化炭素回収貯留（carbon dioxide capture and storage：CCS）を伴う化石燃料燃焼を通じた低炭素発電では、従来の火力発電と比べて、さらに物質を多く使用するかあまり一般的でない物質を使用することになる。
- 適応方法によっては物質需要を増やす可能性がある。防波堤や沿岸保護構造、交通・道路インフラ改修、または断熱や冷房を含む構造環境の強靱性といった選択を行った場合、物質の採取量と使用量および関連するGHG排出量を増やす可能性がある。

## 1.2 物質需要の伸びとGHG排出量

1995年から2015年までの期間に、物質生産によって発生するGHG排出量は、バージン原料の増産を受け、5ギガトン二酸化炭素換算量（CO<sub>2</sub>e）から11ギガトンCO<sub>2</sub>e以上へと倍以上に増加した。物質効率性戦略では、人々の福利を損なうことなくエネルギー集約的なバージン原料の需要を下げるのが可能である。資源効率性と循環経済は、私達の物質使用方法に変化をもたらすための有効な政策的枠組となるかもしれない。

GHG排出量に占める物質生産の割合は、1995年から2015年までの期間に15%から23%へと増加した（図1）。物質のカーボンフットプリントの半分以上は物質生産過程における直接的な排出である。バリューチェーン全体へのエネルギー供給による排出が35%、採鉱が2%、その他の経済プロセスが9%を占める。GHG排出量という観点において最も重要な物質は鉄とスチール（32%）で、セメント・石灰・石膏（25%）、ゴム・プラスチック（13%）、その他の非金属鉱物（13%）がこれに続いた（図2）。

図1. 物質生産による排出量が世界の総排出量に占める割合 1995年対2015年

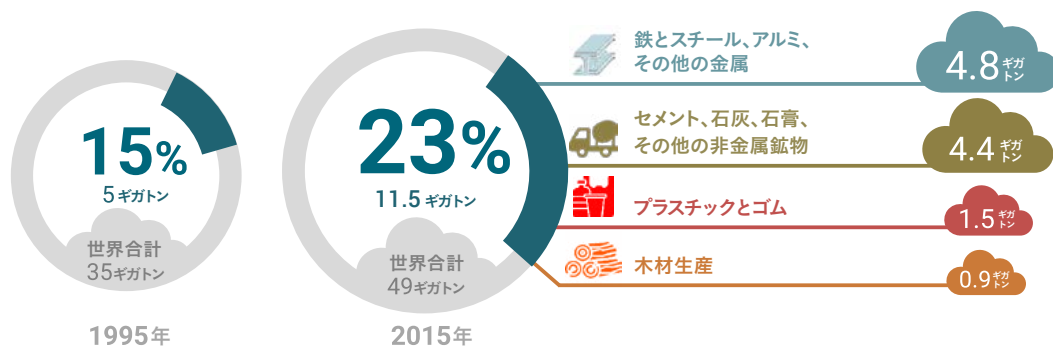
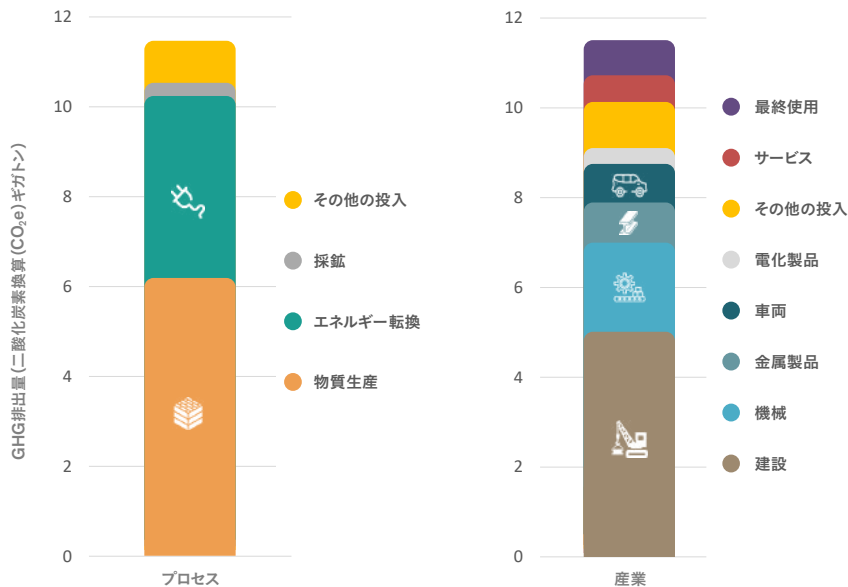


図2. 2015年の世界の物質カーボンフットプリント

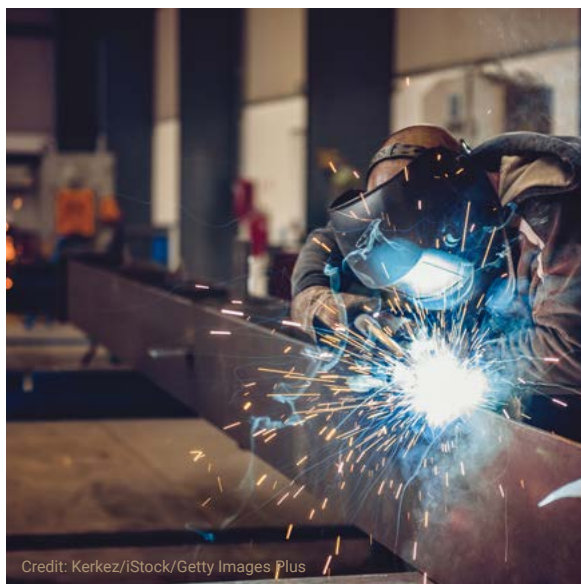
(A) 排出プロセス別 (B) 下流の生産プロセス別物質の初回用途



出典：Hertwich, E.G., Ali, S., Ciacci, L., Fishman, T., Heeren, N., Masanet, E., Asghari, F.N., Olivetti, E., Pauliuk, S., Tu, Q., Wolfram, P., 2019. 建築物、車両および電化製品関連の温室効果ガス排出量削減に向けた物質効率性戦略 - レビュー (原題: "Material efficiency strategies to reducing greenhouse gas emissions associated with buildings, vehicles, and electronics—a review"). Environ. Res. Lett. 14, 043004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab0fe3>

建設部門と製造部門は、物質の使用開始から（訳者補足：を測定した）のGHG排出量のそれぞれ40%を占めた。住宅建物は建設部門で、自動車は製造部門で最重要製品であった。

物質の大半は資本財を生産するために利用される。物質の大規模な使用は、主に新興経済で建築物やインフラのような資本の増強によって発生する。結果、新興経済は世界のエネルギー使用よりも世界の物質使用に寄与しているといえる。一方、G7諸国では物質関連のGHG排出量は1995年以降ほぼ横ばいでおよそ2ギガトンCO<sub>2</sub>eである。G7諸国は経済協力開発機構（OECD）非加盟国で生産された物質を使用する製品やサービスの正味の輸入国である。生産と消費において最も著しい伸びを見せたのは新興5カ国（BRICS：ブラジル、ロシア、インド、中国、南アフリカ）である。



Credit: Kerkez/iStock/Getty Images Plus

### 1.3 物質効率性戦略： GHG排出量削減の新たな機会

これまでの物質に関連した脱炭素化の取組では、物質生産における加工段階のエネルギー使用とGHG排出量の削減に主眼が置かれてきた。このような生産を重視した戦略には、省エネルギー、燃料と原材料の代替利用、工程関連のCO<sub>2</sub>排出削減およびCCSがある。しかし、このような戦略を通じたさらなる大幅なGHG排出量削減は高コストの上に困難である場合が多い。

物質の生産と使用で発生するGHG排出量は、需要側戦略を通じても緩和できる（ボックス2「物質効率性戦略」参照）。例えば、物質効率的な設計、低炭素・軽量の物質の選択、製造および回収の両方における歩留り向上、建築物と車両のより集約的な利用方法が挙げられる。

物質効率性を通じた一次材料の需要削減によって産業生産の脱炭素化に伴う全体的な金銭および環境コストを軽減し、そのような脱炭素化を遂げる速度を上げることができる。

本報告書で行うモデル分析では、需要側の物質効率性戦略を通じた物質起源のGHG排出量削減に関する大きな機会を示す。また、物質効率性と操業上のエネルギー使用との間のシナジーを見出す。物質効率性によるGHG排出削減は、電力供給における脱炭素化、家庭でのエネルギー使用の電力化、電気自動車やハイブリッド車へのシフトにより達成される削減量をはるかに上回るであろう。



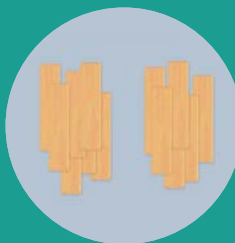
## ボックス2. 気候行動に向けた物質効率性戦略

本報告書では次の物質効率性戦略を検討した：



### 省物質設計

サービスの質を落とさず軽量で小型の製品を設計することで、製品に含まれる物質の量、そして多くの場合当該製品の運用に必要なエネルギーをも削減する。本報告書では、軽量構造（集合住宅の耐力構造に使用する鋼鉄やコンクリート量を削減）や車両の小型化、つまり大型車両（小型トラック、SUV）から小型車両（乗用車、ミニカー）への転換の両方について取り上げる。



### 物質代替

セメントや鋼鉄を、建築物では木材に、車両ではアルミに替えることでライフサイクル全体での排出量の削減につながる。排出量削減のメカニズムは様々である。木造構造は建設段階で必要な炭素が削減され炭素貯留もなされる。車両に使われるアルミは物質起源の排出量の増加原因となる一方で運行中のエネルギー使用を減らし、ライフサイクル全体での排出量の削減につながる。



### 製造歩留りの改善

部材組立と製品製造の過程で発生するスクラップを削減することで物質投入量の需要を抑えることが可能である。車両製造において必要な切り落としまたは機械加工量の削減が一例である。



### より集約的な使用

サービスの質を落とすことなく使用製品の量を減らすことを示す。車両の場合、ライドシェアリングやカーシェアリングにより、より少数の車両を集中的に使用しながら人々に輸送サービスが提供されることとなる。建築物の場合、利用度を向上させ（例：ピアトゥピア（P2P）型宿泊施設、小規模で効率的に設計された住宅物件）、世帯規模・共同居住（同居）増加により必要な建築空間が削減できる。



### 使用後回収の改善と物質のリサイクル

この戦略により二次材料／再生資源の量または質を向上させ、同じ製品または別製品の生産に使用される原材料量の削減に寄与する。さらに多くの住宅や車両に使用される物質のリサイクルが期待できるが、異なる物質フローの混入を避けるため、さらなる分解（解体）が求められる。



### 回収、再製品製造および部品の再利用

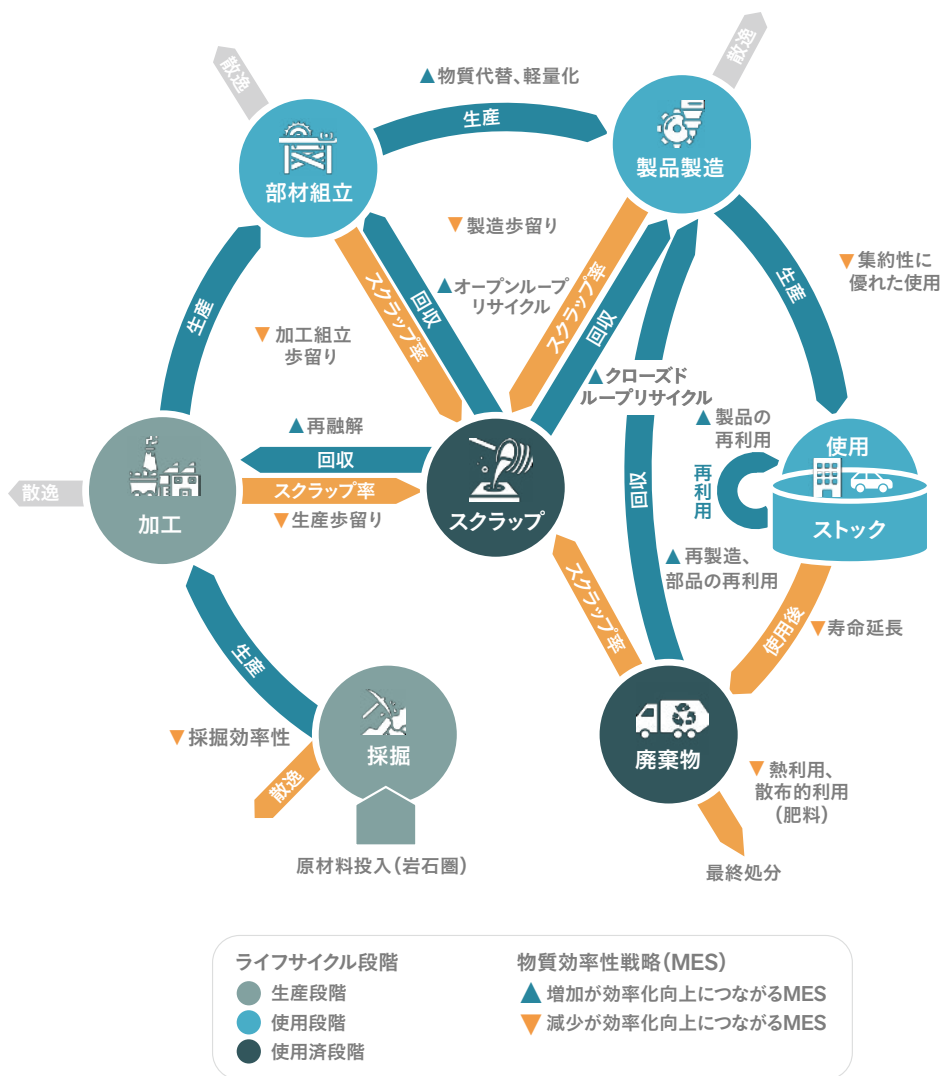
予備部品の生産、さらには一次製品を代替。例えば、建築物のI形鋼は再利用可能である。



### 製品寿命の延長

設計の改善、修理の増加、中古市場の拡充を通じた製品の寿命延長。例えば、利用形態の変更に対応し得る内部壁の修正を容易にした柔軟な設計により建築物の耐用期間は伸びる。

図3. 製品ライフサイクルにおける物質効率性戦略





前述した緩和の機会を活かすには、政策を通じて物質効率性戦略適用への意欲を刺激しなければならない。物質使用を減らし、物質使用の減少が今度は排出量の低減に向かう戦略でなければならない。政策による物質効率性の成果測定には、製品のライフサイクル全体を通じてのシナジーとトレードオフを明らかにするライフサイクルアセスメントを用いる必要がある。

今日の政策状況では、気候変動緩和の視点に欠ける物質効率性政策が大半で、物質効率性の視点に欠ける気候政策もまた多くある。典型的な物質効率性政策は、気候変動緩和とどのつ

ながりが限定的な廃棄物管理という分野の中での環境と資源の側面を改善する取組の一端として表現される。気候変動政策は、GHG排出量削減を目指す中核的戦略として、物質効率性よりもエネルギー効率性に主眼が置かれてきた。GHG削減の推進力として物質効率性が政策設計に組み入れられなければならない。物質効率性と気候変動緩和とを結びつけるには、目的の明瞭性および意図的な政策変更が非常に重要である。

本要約中の表1、2および3にて様々な物質効率性戦略に取組む国や地方自治体の政策例を示す。

### ボックス 3. 方法論について

筆者らは、建築スペースと車両輸送に対する需要、人口・経済予測およびストーリーラインの上に作成した複数のシナリオを用いて物質効率性戦略の影響を定量化している。このシナリオは、気候シナリオモデル分析で広く活用されている共通社会経済経路（Shared Socioeconomic Pathways：SSP）1と2に合致する。2つの参照シナリオは地球温暖化を2℃に止める目標に対応し得る電源構成（エネルギーミックス）の脱炭素化と電気自動車への転換を含む。3番目のシナリオでは大規模な需要の縮小および省エネルギー・省物質による脱炭素化による1.5℃目標の達成を想定する。全体的にみて、このモデルは気候政策における総合的な意思決定に不可欠なGHG排出量の4通りの見方を検証する。

図4. 本報告書で扱うGHG排出量の4通りの見方





## 2. 物質効率的住宅

### 2.1 可能性を理解する

本報告書で特定する物質効率性戦略は、2050年にG7で発生する住宅建物の建設、運用／管理、取壊しによるGHG排出量を、省エネルギーの向上と低炭素エネルギーミックスを通じて達成される削減量に比較し、35%から40%削減し得る。物質効率性戦略の可能性として次の3点が挙げられる：(1) 建築物の新築に必要なバージン原料の需要を削減する、(2) 二次（再生）材料を他の市場でも入手可能にし、他の市場でのバージン原料生産のニーズを軽減する、(3) 利用集約性を上げ、冷暖房や床面積のニーズを引き下げ、これに相当する運用／管理上のエネルギー使用による排出量も削減する。

現在主流の建築手法と**設計方法**は、炭素を大量に発生させる鋼鉄、セメント、ガラスといった物質を過度に使用するため、必要以上のカーボンフットプリントの発生につながっている。軽量で技術仕様書に厳格に沿って設計された建築物は使用する物質も抑え、2050年のG7諸国全体での関連排出量を8%から10%低下させることができる。中国とインドではこの削減率は12%から20%に上る。このような削減を達成するには、技術者は耐力梁のような建築部品の推奨寸法を算出し、建築家は様々な形状を組立てたり軽量の構造（例：トラス構造の梁）を使用したりするといった方法が考えられる。

**木材の使用を増やせば**、排出量削減と木材による炭素貯留をふまえると、G7では建築材料の物質サイクルで発生する排出量

の1%から8%が削減可能である。中国とインドでの削減率は、G7よりも新築の建設量が多く鉄筋コンクリートの使用が一般的で炭素が大量に排出されることから、5%から31%の範囲での削減が可能である。木材はカナダ、日本、北欧諸国、米国の戸建住宅の建設で広く用いられるが、集合住宅またはヨーロッパのG7諸国での使用はそれ程普及していない。最近の建設部門の進歩により、高層ビルに木造骨組みが使われるようになり、大量の炭素を放出する建築材料に替わり木材の用途が増えている。しかし、気候変動緩和分析における土地利用競争のモデル分析では、木材供給には限りがあり、気候便益は持続可能な方法で調達された木材製品のみにおいて得られる。より集約的なブランテーションに移行し森林経営を改善することがこの戦略で成果を上げるためには必要である。

基準シナリオに比較し**床面積の需要削減**を最大20%行うことで、G7での新築建設需要は抑えられるであろう。G7では、2050年に住宅建物における建設材料の物質サイクルで発生するGHG排出量を最大73%削減することが可能であろう（再生建築物質が経済のいずれかの場所で使用される場合の排出量削減を含む）。中国とインドでの削減率は6%から59%までとなるであろう。集約性を増した使用は、個人が戸建住宅よりも集合住宅の小さい物件に住む選択をすることで達成され得る。さらに、住宅や関連居住施設を共有（例：共同住宅）し、子が独立する時のように家庭の人員が減る時に小さな住居に移り住むことが個人に奨励される。



より集約的な利用は、都市型生活様式および求人市場や公共設備への利用し易さがあれば関心を引くかもしれない。

2016年には、建築材料のリサイクルによりG7の住宅建物から発生する物質サイクル排出量の15%から20%が削減された。楽観的な想定では、リサイクルが進めばG7ではさらに14%から18%の削減が可能である。

住宅建物利用の集約性を増すことで、冷暖房のエネルギー消費で発生する排出量を削減できる。床面積の縮小に比例した削減が可能である。

技術ポテンシャルが最大限に活用された場合、評価対象となった物質効率性戦略を合わせるとG7諸国と中国では2050年に住宅建物の物質サイクルに関わる年間GHG排出量は、物質効率性戦略を講じないシナリオと比べて80%から100%削減され得るであろう（再生物質の利用による削減を含む）。インドでの2050年の削減割合は50%から70%と予測される。量に換算すると、2050年の削減GHG排出量はG7で1億3,000万トンから1億7,000万トン、中国では2億7,000万トンから3億5,000万トン、インドでは1億1,000万トンから2億7,000万トンである。本モデル分析では、床面積の縮小により冷暖房のニーズも抑えられ、G7では2050年に推定1億2,000万トンから1億3,000万トンの排出量削減につながることが示されている。

図5. 物質効率性戦略を講じる場合と講じない場合のG7諸国、中国およびインドにおける2050年の住宅の全ライフサイクル排出量

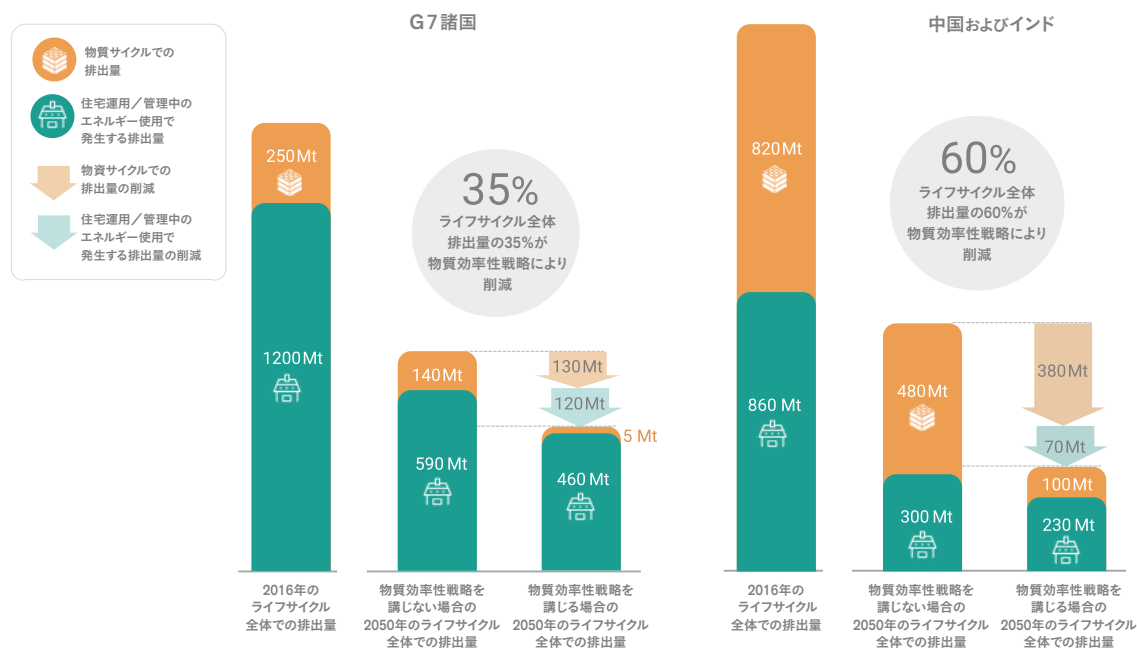
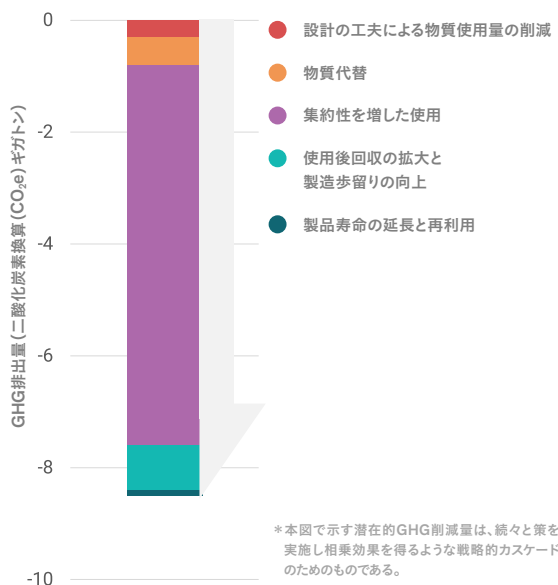


図6. G7における住宅に対する物質効率性戦略による潜在的GHG削減量（2016年～2060年）



## 2.2 政策における検討事項

建築部門における物質効率性の機会とは材料、部品、建築物という3レベルで存在する。政策介入点としては、設計、材料または部品生産、建築現場での工事、建物の使用と維持、改築、既存の建築物の修復と再利用、寿命後管理が挙げられる。

多くの物質効率性戦略にとって設計は非常に重要な介入点である。設計は主に建築基準を通じて間接的に政策によって定められていく。設計段階でなされる意思決定は、材料の選択、

建設工法、建物の耐用年数増加の機会、ならびに解体、部品の再利用および建築・解体廃棄物のリサイクルを含む寿命後戦略に影響する。これは、建築基準の内容および官公庁によるそれら基準の普及と採択の両方に細心の注意を払う必要があることを示唆する。革新的な物質効率性の実践への障害を取り除くには、仕様（技術）基準よりも実績（パフォーマンス）が大きな役割を果たし得る。

ビルディング・インフォメーション・モデリング（BIM）のソフトウェア活用とプレハブ工法により、物質使用を抑える方法や技術が円滑に導入され得る。主に大型ビルの建設にてそのようなツールの活用が義務付けられている国もある。寿命後管理、つまり建設・解体廃棄物の再利用およびリサイクルを促す政策は定着しているものの、埋立転用に重点が置かれている場合が多い。物質効率性が気候変動緩和の導き手となるならば、それらの政策目標をGHG排出量削減目標に移行するか、少なくともこれを含める必要がある。

シェアハウスや住居の小型化を通じた住宅建物の使用集約度の向上は、建築基準だけでなく土地の区割りや土地利用規制、固定資産税、炭素税およびその他の税金、都市化、人口動態動向および消費者の嗜好によっても形成される。住居の共有や小型化は、規制や税制の変更を通じて奨励され得るだけでなく行動やライフスタイルの変容も必要とする。

次の表にて住居の物質効率性戦略、関連政策手段および事例をまとめる。これらは全て本報告書の政策に関する章で取上げられている。

表1. 住宅に対する物質効率性戦略および政策オプション

物質効率性戦略	政策手段 <sup>1</sup>	内容	地域／国／自治体レベルの事例 <sup>2</sup>
省物質設計	直接軽量化に重点を置く政策手段は特定されなかった		
	プレハブ工法とモジュール式建設の義務付け	・ プレハブ工法とモジュール式建設の義務付けが軽量化につながり得る	・ シンガポール建築管理規制 <a href="https://www.bca.gov.sg/emailsender/buildSmart-022018/microsite/">https://www.bca.gov.sg/emailsender/buildSmart-022018/microsite/</a> . ・ 中国：新築建築物の30%を組立て式としている。 第13次五カ年計画 <a href="http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201705/W020170504041246.pdf">http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201705/W020170504041246.pdf</a> .
	ビルディング・インフォメーション・モデリング(BIM)使用の義務付け	・ 設計段階でのBIM使用によって、中～軽度の建築負荷で軽量化が可能な範囲を位置特定することができる	・ 英国規格協会およびビジネス省 <a href="https://www.bsigroup.com/en-GB/Building-Information-Modelling-BIM/">https://www.bsigroup.com/en-GB/Building-Information-Modelling-BIM/</a> .
物質代替	大規模木造骨組みに関する建築・消防基準法の改定	・ コンクリートとレンガに比べると、通常、ライフサイクル全体で木造から発生する排出量は少ない。建築基準法の多くは従来から火災防止のために木造を制限している ・ 大規模木材構造に関する規定を見直している建築・消防基準法もある	・ 国際基準評議会 (International Code Council : ICC). 高層木造建築物に関する臨時委員会 <a href="https://www.iccsafe.org/products-and-services/i-codes/code-development/cs/icc-ad-hoc-committee-on-tall-wood-buildings/">https://www.iccsafe.org/products-and-services/i-codes/code-development/cs/icc-ad-hoc-committee-on-tall-wood-buildings/</a> .
	クリンカー(焼塊)の代替物質を用いたセメントの使用を認める基準	・ ボルトランドセメントの生産にて大量のGHGが排出されている。これに替わる結合材に関する研究が現在行われている	・ 欧州セメント標準化 <a href="https://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=000000000030391002">https://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=000000000030391002</a> .
	物質に内包された影響に対処するための建築基準法改定	・ 仕様に基づく基準よりも実績に基づく基準により代替物質の使用が促される(例：含有ボルトランドセメント量を減らしたコンクリート)	・ 米国カリフォルニア州：低炭素コンクリート建築物 (Low Carbon Concrete Building Code) 案 <a href="https://www.bruce-king.com/building-codes">https://www.bruce-king.com/building-codes</a> .
製造歩留り向上	プレハブ工法の義務化	・ プレハブ工法によって自動化が進み生産計画立案と部品使用が改善するという効果があり、廃棄物の減少につながる ・ プレハブ工法は公共建築物および補助金を受けている建築物にて義務付けられていることがある	・ シンガポール建築管理規制 <a href="https://www.bca.gov.sg/emailsender/buildSmart-022018/microsite/">https://www.bca.gov.sg/emailsender/buildSmart-022018/microsite/</a> . ・ 中国：新築建築物の30%を組立て式としている。 第13次五カ年計画 <a href="http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201705/W020170504041246.pdf">http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201705/W020170504041246.pdf</a> .
	ビルディング・インフォメーション・モデリング(BIM)使用の義務付け	・ BIMは、建築設計者間の連携強化および高度なデジタル化や自動化を可能にする。この両方が、建築計画作成の早期段階での潜在的な廃棄物の特定およびプレハブ工法やその他の技術を通じたスクラップ発生の最小限化に寄与する	・ 英国規格協会およびビジネス省 <a href="https://www.bsigroup.com/en-GB/Building-Information-Modelling-BIM/">https://www.bsigroup.com/en-GB/Building-Information-Modelling-BIM/</a> .
		・ BIMは、主に大型建築物に対して用いられている。BIM使用の義務化による物質効率性への効果の評価はまだ確認されていない	

1-物質効率性を目指す、またはこれに関連する政策手段。物質効率性の奨励を意図しないものの物質効率性に大きな影響をもたらす政策はここに掲載されている。

2-この表に掲載されている法律、規制およびその他の政策はあくまで例として掲載されており、必ずしも有効な政策事例としてではない。障壁となった政策事例も示している。

物質効率性 戦略	政策手段 <sup>1)</sup>	内容	地域／国／自治体レベルの事例 <sup>2)</sup>
より集約的な使用	住宅売却における取引費用と税金の引下げ	・ 住宅売却への課税または資産高騰による収入への課税は、家庭内で変化があっても小さな家への住み替えを制限する可能性がある	・ 英国：土地印紙税 (UK Stamp Duty Land Tax). <a href="https://www.gov.uk/stamp-duty-land-tax">https://www.gov.uk/stamp-duty-land-tax</a>
	戸建区画整理の緩和	・ 最小敷地と構造物の制限に関する土地利用制限は、多世帯集合住宅の建設を制限し、住宅のサイズを増加させている	・ ミネアポリス2040 (Minneapolis 2040) 計画 <a href="https://www.brookings.edu/blog/the-avenue/2018/12/12/minneapolis-2040-the-most-wonderful-plan-of-the-year/">https://www.brookings.edu/blog/the-avenue/2018/12/12/minneapolis-2040-the-most-wonderful-plan-of-the-year/</a> ・ オレゴン州法 第639章 <a href="https://olis.leg.state.or.us/liz/2019R1/Measures/Overview/HB2001">https://olis.leg.state.or.us/liz/2019R1/Measures/Overview/HB2001</a>
	付属住戸 (accessory dwelling unit : ADUs) および内装 (インフィル) 開発を制限する法律の改正	・ ADUsや内装 (インフィル) 開発により、既存の市街地内での土地利用が都市密集率の増加と典型的な住戸小型化に向かう	・ 米国：メリーランド州優先的財政支援地域 (Priority Funding Areas). <a href="https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195380620.013.0022">https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195380620.013.0022</a>
寿命後の物質の回収とリサイクルの拡大	建築廃材 (construction and demolition waste : C&D廃棄物) の分別と加工	・ 分別の拡充は、リサイクルと一次材料の代替を促すような廃棄物の加工と分離の改善効果がある ・ 分別を義務付けることで物質の価値の維持を助けリサイクルの可能性を増幅させる	・ ノルウェー：計画立案・建築物法規制 ・ 日本：建設リサイクル法 <a href="https://www.env.go.jp/en/laws/recycle/09.pdf">https://www.env.go.jp/en/laws/recycle/09.pdf</a>
	埋立禁止の義務付け	・ 埋立禁止は支援政策と組み合わせられることが多い	・ 米国：バーモント州天然資源局条例第148号および第175号. <a href="https://cswd.net/recycling-old/construction-demolition-waste/act-175/">https://cswd.net/recycling-old/construction-demolition-waste/act-175/</a>
物質と部品の再利用	プレハブ工法とモジュール式建設の義務付け 分解・解体を見据えた設計基準	・ プレハブ工法を用いた要素やモジュール式建設は、分解や部品の再利用を可能にする設計を促す ・ 分解を可能にする設計は、価値が残る部品の分離や再利用を増加させ得る	・ シンガポール建築管理規制 <a href="https://www.bca.gov.sg/emailsender/buildSmart-022018/microsite/">https://www.bca.gov.sg/emailsender/buildSmart-022018/microsite/</a> ・ 中国：新築建築物の30%を組立て式としている。 第13次五カ年計画 <a href="http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201705/W020170504041246.pdf">http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201705/W020170504041246.pdf</a>
製品寿命の延長	耐用性のある建設に向けた政策は特定されなかった 遺産のリスト化	・ 取壊しまたは改造を制限する歴史的重要な建築物の保存を目的とした政策は、建築物のエネルギー効率性を抑制する恐れがある	・ 米国：国家歴史保全法 (US National Historic Preservation Act). <a href="https://www.nps.gov/history/local-law/nhpa1966.htm">https://www.nps.gov/history/local-law/nhpa1966.htm</a> ・ ニューヨーク市法律第97号 (New York City Local Law 97). <a href="https://www1.nyc.gov/assets/buildings/local_laws/ll97of2019.pdf">https://www1.nyc.gov/assets/buildings/local_laws/ll97of2019.pdf</a>





### 3. 物質効率的な自動車

#### 3.1 可能性を理解する

軽車両のモデル分析では、物質効率性施策が車両製造における物質とエネルギー使用、車両運行中のエネルギー使用および使用済み物質の回収と利用における効果を評価する。車両群の変化および使用済み車両がリサイクル可能となるタイミングを考慮している。使用済み車両からの物質の大半は、新規車両の製造には使用されず、建設材料としてダウンサイクル（訳注：質を下げたりサイクル）され、相応のリサイクルクレジットが付与される。

新たな物質効率性戦略を実施しないシナリオに比べると、モデル分析を行った物質効率性戦略では2050年にG7の物質サイクルにおいて最大で年間25メガトンCO<sub>2</sub>eが削減され得る。中国とインドでも25メガトンから30メガトンという同様の削減が達成され得る。運行中のエネルギー使用の減少に伴う相乗的な削減排出量は、G7で年間280～430メガトンCO<sub>2</sub>e、中国とインドではそれぞれ240～270メガトンCO<sub>2</sub>eである。

G7諸国では、使用済み車両から回収された物質が広くリサイクルされている。再生物質を使用すると、自動車に使われる物質の生産に伴うGHG排出量の半量がオフセットされ得る。しかし、現行の技術では、自動車のリサイクルによって得た二次鋼鉄では、銅の混入があり、市場状況の変化に応じてスクラップ使用が制限されうる。将来的に革新的なスクラップ回収が求められる。

G7では、製品製造歩留り、部材組立スクラップの使用、使用後回収における改善が、2050年に自動車の物質サイクルで発生するGHG排出量の37%の削減につながる可能性がある。削減は中国で34%、インドで26%に達する。車両の寿命延長と部品の再利用の促進によって、G7では5%から13%、中国では14%、インドでは9%の追加的削減につながり得る。

物質代替を通じた車体重量の削減により車両運行中の燃料節約につながる。車両に使用する物質の一部を鋼鉄からアルミに転換すると、車両製造過程での物質関連のGHG排出量は増加するものの、車両のライフサイクルを通じた総排出量は減少する。強度の高い鋼鉄や炭素繊維のような他の物質を使用した場合にも同様のトレードオフが見られた。

物質効率性戦略の中には、ライドシェアリング、カーシェアリングおよび小型車両への移行といった**車両の使用形態の変化**を含めるものもある。ライドシェアリングもカーシェアリングも移動ニーズの充足に必要な車両の総ストックを減らす可能性を有しており、車両製造に対する物質需要の低減につながる。G7において走行距離の最大25%がライドシェアリングで行われた場合、物質サイクルにおける排出量は13%から20%削減されるであろう。

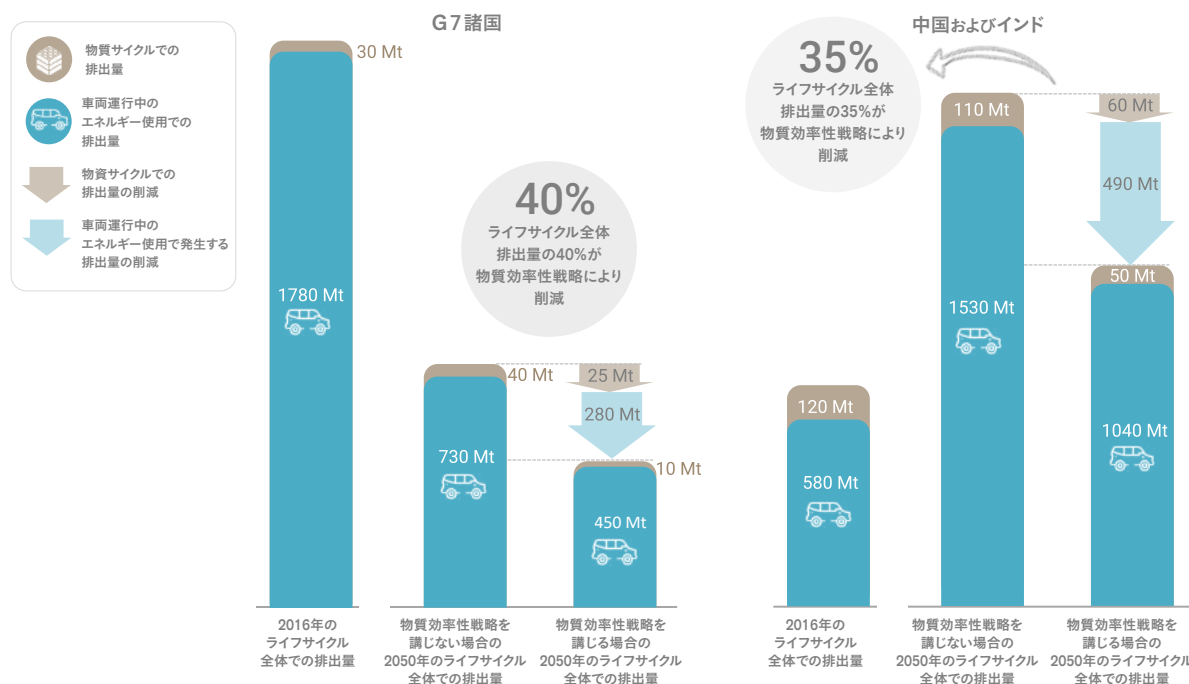
削減量は中国とインドでも同程度であると考えられる。並行して小型車両へ部分的に転換した場合、削減割合はG7で11%から14%、中国では4%、インドでは3%であろう。

総合すると、物質効率性の向上により2050年に削減可能な自動車の物資サイクルにおける排出量は、G7で57～70%、中国で29～62%、インドで39～53%である。技術戦略（例：部品再利用）や使用形態の変化（例：ライドシェアリングや小型車両使用の増加）が大きな役割を果たす。

物質効率性戦略の中には、車両製造と車両運行におけるエネルギー使用量を同時に抑えるものもある。運行中のエネルギー使用量の減少による削減排出量は、バッテリー式電気自動車

や燃料電池自動車への漸進的な移行を反映するシナリオでの物質サイクルによる削減量を数倍上回るであろう。調査した物質効率性戦略では、自動車の製造、運行、使用後管理で発生する2050年のG7の総GHG排出量を30%から40%、数値にして3億トンから4億5,000万トンCO<sub>2</sub>e削減し得る。中国とインドでの削減量は20%から35%であろう。ライフサイクル全体での排出量削減を目指す上での最も重要な戦略は、ライドシェアリング、カーシェアリング、小型車両への転換である。

図7. 物質効率性戦略を講じる場合と講じない場合のG7諸国、中国およびインドにおける2050年の自動車の全ライフサイクル排出量



### 3.2 政策における検討事項

自動車に関連する物質効率性政策の大部分は、物質の選択と使用後管理を中心とする。政策では大型で重量のある車両が選ばれる傾向を転じさせる効果が乏しかった国が多いものの、車両運行中の燃料消費とGHG排出量の削減を目指す政策の副産物として軽量設計を通じた物質消費減少が確認されてきた。軽量化の形態には、生産過程での炭素排出量は増加するが使用中の排出量は削減するというトレードオフをもたらし得るものもある。

ライドシェアリング、カーシェアリングおよび配車送迎サービスの形態を取る共用モビリティに向けた現行政策は、企業と運転手の行動、公共輸送機関の利用への影響、混雑という課題に適切に重点を置いている。車両移動から発生する排出量が政策論議で取上げられている一方、物質使用に関する議論は一般的でなく、インセンティブも強力ではない。配車送迎サービスは、これを促す強力なインセンティブが整備されない限り、物質使用と排出量を増加させる傾向にある。政策は、共用モビリティが追加的な車両購入・使用ではなく活用余地のある既存手段の利用へと向かうよう舵を取る必要がある。

自動車の使用後管理における重点は、車両破砕で発生する非金属物質残渣の汚染除去およびリサイクルと回収率の増加に置かれてきた。政策においては、使用後管理に着目することによるGHGへの効果があまり重要視されることはなかった。ダウンサイクリングを減らしこれに付随するGHG排出量削減の機会に取組むため、使用後政策を調節することは注目に値する。

図8. G7における自動車に対する物質効率性戦略による潜在的GHG削減量（2016年～2060年）

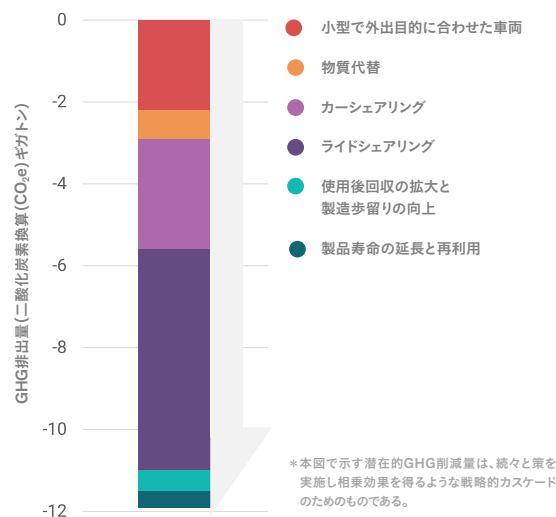




表2. 自動車に対する物質効率性戦略および政策手段

物質効率性戦略	政策手段 <sup>3</sup>	内容	地域／国／自治体レベルの事例 <sup>4</sup>
省物質設計	燃費施策の副産物	・ 燃費はG7各国で広く規制されており、目標を満たすための物質重量の軽減につながっている。軽量化に直接的に重点を置く政策事例は特定されなかった	・ 米国：企業平均燃費基準（Corporate Average Fuel Economy Standards）。 <a href="https://www.transportation.gov/mission/sustainability/corporate-average-fuel-economy-cafe-standards">https://www.transportation.gov/mission/sustainability/corporate-average-fuel-economy-cafe-standards</a> ・ 軽車両に対する排出量基準に関する欧州連合（EU）規制 <a href="https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32007R0715&amp;from=en">https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32007R0715&amp;from=en</a>
	CO <sub>2</sub> 強度に応じた課税	・ ノルウェーの「単発登録税（One-off registration tax）」はCO <sub>2</sub> の度合いに基づき計算され、優れた燃費と軽車両の選択を奨励する	・ ノルウェー車両登録税
物質代替	燃費政策の副産物	・ 燃費はG7各国で広く規制されており、アルミ、プラスチック、新規素材の使用につながっている。物質構成に直接的に重点を置く政策事例は特定されなかった	・ 米国：企業平均燃費基準（Corporate Average Fuel Economy Standards）。 <a href="https://www.transportation.gov/mission/sustainability/corporate-average-fuel-economy-cafe-standards">https://www.transportation.gov/mission/sustainability/corporate-average-fuel-economy-cafe-standards</a> ・ 軽車両に対する排出量基準に関する欧州連合（EU）規制 <a href="https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32007R0715&amp;from=en">https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32007R0715&amp;from=en</a>
より集約的な利用			
ライドシェアリング <sup>5</sup>	乗員多数車両専用（High occupancy vehicle：HOV）レーン	・ ライドシェアリングは、渋滞、エネルギー使用および汚染を軽減するために政府が長い間奨励してきた方法である。他の共用モビリティ形態でも見られる通り、ライドシェアリングの利用はデジタルプラットフォームによって拡大した	・ ハリス郡大都市圏都市交通局（Metropolitan Transit Authority of Harris County：METRO）。HOVレーン（ヒューストン）。 <a href="https://www.ridemetro.org/Pages/HOVHOTLanes.aspx">https://www.ridemetro.org/Pages/HOVHOTLanes.aspx</a>
カーシェアリング <sup>6</sup>	駐車場、ゾーニング（区分け）、建築基準法における優遇措置。物質効率性を重視する政策は特定されなかった	・ 一般的な政策は、駐車場に関する規制緩和、不動産開発および都市計画策定を通じてカーシェアリングを奨励している	・ サンフランシスコ路上共用車両許可証プログラム（On-Street Shared Vehicle Permit Program）。 <a href="https://www.sfmta.com/projects/street-shared-vehicle-parking-permit-program">https://www.sfmta.com/projects/street-shared-vehicle-parking-permit-program</a> ・ バンクーバー路上カーシェアリング用駐車政策（On-Street Car Sharing Parking Policy）。 <a href="https://vancouver.ca/streets-transportation/car-sharing-carpooling-and-ride-sharing.aspx">https://vancouver.ca/streets-transportation/car-sharing-carpooling-and-ride-sharing.aspx</a>
配車送迎サービス <sup>7</sup>	許可および料金 運転手および車両に対する要件 乗客保護 データ報告	・ ほとんどの規制が配車送迎サービスの安全で秩序ある運用、渋滞緩和、自治体への歳入に重点を置いており、明示的に物質効率性関連の影響には取り組んでいない	・ ニューヨーク市タクシーおよびリムジン委員会の規則（Taxi and Limousine Commission Rules）、配車送迎サービスライセンス。 <a href="https://www1.nyc.gov/site/tlc/businesses/high-volume-for-hire-services.page">https://www1.nyc.gov/site/tlc/businesses/high-volume-for-hire-services.page</a> ・ シカゴ配車送迎サービス税。 <a href="https://www.chicago.gov/city/en/depts/bacp/provdrs/edu/news/2019/october/Mayor_Lightfoot_Announces_New_Regulations_to_Ease_Traffic.html">https://www.chicago.gov/city/en/depts/bacp/provdrs/edu/news/2019/october/Mayor_Lightfoot_Announces_New_Regulations_to_Ease_Traffic.html</a>
使用後回収および物質リサイクルの拡大	リサイクルと回収の目標値を伴った拡大生産者責任	・ 使用済み車両（end-of-life vehicles：ELVs）に向けた政策は車両破砕残渣（車両の残骸破砕後に残る非金属材料）に重点を置いている。再生金属の最終製品利用に一層配慮しながらライフサイクルアップロードが適用されれば、物質効率性は向上する可能性がある	・ EU ELVs指令 <a href="https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0053:20130611&amp;qid=1405610569066&amp;from=EN">https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0053:20130611&amp;qid=1405610569066&amp;from=EN</a>

3-物質効率性を目指す、またはこれに関連する政策手段。物質効率性の奨励を意図しないものの物質効率性に大きな影響をもたらす政策はここに掲載されている。

4-この表に掲載されている法律、規制およびそのほかの政策はあくまで例として掲載されており、必ずしも有効な政策事例としてではない。障壁となった政策事例も示している。

5-Car-poolingと呼ばれる国もあるライドシェアリングは、行き先が同じまたは近い人々が1台の車両で移動を共にすることを指す。タクシーの変型である配車送迎サービス（例：UberやLyft）とは異なる。

6-車両の共同利用には2種類ある。1つは一元型デジタルプラットフォームを有する企業が自社の車両を登録会員に貸出するもの（例：Zip CarやCar2Go）、もう1つは個人が別の人物または団体が所有する車両を直接借りるプラットフォームである。

7-研究によると配車送迎サービスは現時点では物質効率性への改善効果はなく、モデル分析の対象から除外した。

物質効率性戦略	政策手段 <sup>3</sup>	内容	地域／国／自治体レベルの事例 <sup>4</sup>
	自動車リサイクル過程で発生する汚染の規制	・ 米国とカナダのELV政策はELV管理方法が原因で起こるリスク・汚染の削減に重点を置いており、明示的に物質効率性には着目していない	・ 米国・大気浄化法 (Clean Air Act : CAA) (冷却材) ・ 米国・水質浄化法 (Clean Water Act : CWA) (雨水管理).. <a href="https://www.epa.gov/compliance/clean-water-act-cwa-compliance-monitoring">https://www.epa.gov/compliance/clean-water-act-cwa-compliance-monitoring</a>
部品の再利用および再製造	再利用の義務化およびリサイクル料金と目標設定	・ 分解やリサイクル過程で発生する汚染の防止および管理 ・ エンジンやタイヤの再製造により車両と部品の寿命は伸びるが、大半が大型車に限られる	・ 日本：自動車リサイクル法 <a href="https://www.env.go.jp/en/laws/recycle/11.pdf">https://www.env.go.jp/en/laws/recycle/11.pdf</a>
	再利用および再製造の基準と定義	・ 中古または再製造された製品の基準と定義が産業や国によって異なることが貿易の妨げとなっている	・ バゼル条約 (Basel Convention) <a href="http://www.basel.int/?tabid=4499">http://www.basel.int/?tabid=4499</a> ・ EU廃棄物枠組指令 (Waste Framework Directive).. <a href="https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098">https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098</a> ・ 米国：連邦取引委員会 (Federal Trade Commission : FTC).. <a href="https://www.ftc.gov/enforcement/rules/rulemaking-regulatory-reform-proceedings/rebuilt-reconditioned-other-used">https://www.ftc.gov/enforcement/rules/rulemaking-regulatory-reform-proceedings/rebuilt-reconditioned-other-used</a>
製品寿命の延長	修理へのアクセスまたは適切な修理を義務付ける規制	・ 車両の修理に関わる政策の重点は通常、製品寿命延長よりも消費者保護に置かれている。修理によって物質効率性が向上し製品寿命が延びる可能性があるが、燃費効率の悪い車両の使用が続けられることにもなる	・ EU規則第715/2007号 (EC).. <a href="https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02007R0715_20121231&amp;from=EN">https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02007R0715_20121231&amp;from=EN</a> ・ 米国：2015年連邦車両修理費用節約法 (Federal Vehicle Repair Cost Savings Act of 2015).. <a href="https://www.congress.gov/bills/114th-congress/senate-bill/565">https://www.congress.gov/bills/114th-congress/senate-bill/565</a>



Credit: MarioGuti/Stock/Getty Images Plus





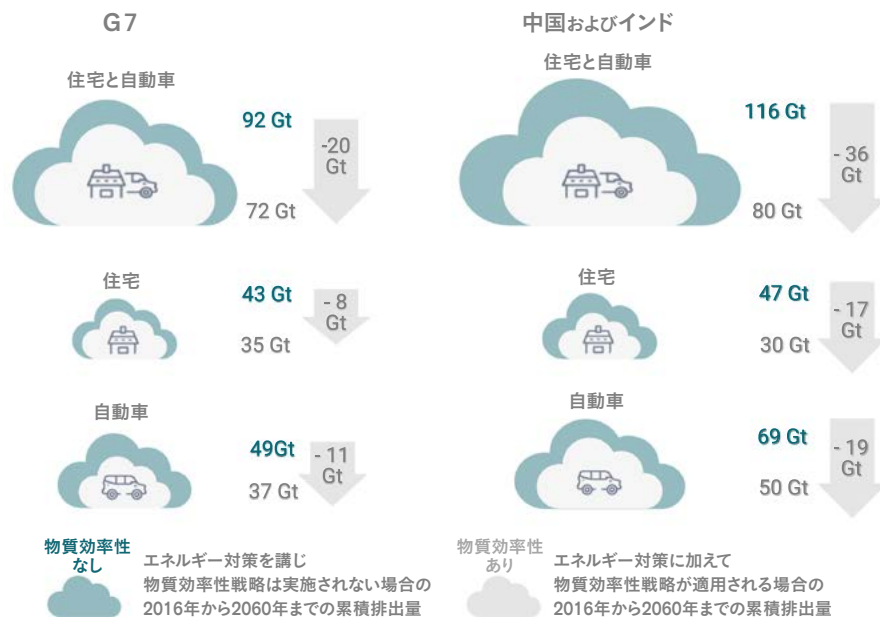
## 4. 累積結果

### 4.1 可能性を理解する

本報告書向けに作成された楽観的シナリオでは、対象の物質効率性戦略によってG7諸国での自動車の生産・運行・廃棄物処理で発生する累積排出量は2016年から2060年の間に49ギガトンから37ギガトンに削減されると予測されている。これは運行中のエネルギー使用減少によるところが大きい。住宅については、建設、運用／管理、解体で発生する累積排出量が、主に物質削減により43ギガトンから35ギガトンに削減されると

予測されている。本シナリオ分析では、物質効率性によって累積排出量を大幅に減らすことが可能であるものの、地球温暖化を1.5℃未満に維持するにはさらに別の施策が必要であることを示している。建築物のディープ・エネルギー・レトロフィット（DER：エネルギー改修・保全手段）、民間から公共の輸送手段への転換、電気自動車とクリーンエネルギーの一層迅速な導入、物質生産技術におけるGHG排出量削減といった、本報告書では検討していない追加的な選択肢が不可欠であろう。

図9. G7、中国およびインドにおける住宅と自動車のライフサイクル全体で発生する累積GHG排出量の削減（2016年～2060年）



出典：国際資源パネル（2019年）



## 4.2 分野横断的政策の検討

複数のセクターに関連する政策または本質的に分野横断的である政策は、単一セクターのみ（つまり住宅または自動車に限る）に着眼する政策または一次元的な政策よりも大きな影響を及ぼすかもしれない。このような政策として、建築物認証、グリーン公共調達（green public procurement：GPP）、バージン原料に対する課税、リサイクル材料含有の義務付け、バージン原料に対する補助金の撤廃が挙げられる。建築物認証は建築物の設計と使用後管理に関連した多くの物質効率性戦略の採用を促す影響力を備えている。GPPIはG7各国政府の多くのレベルで広く用いられており、物質効率性も徐々に導入されるであろう。GPPによる物質とGHGへの効果は定期的に評価されていないが、この政策手段を効果的に活用するならば、定期的な評価を行う必要がある。リサイクル材料含有の義務付けは比較的珍しいが、プラスチック廃棄物管理の文脈で次第に議論

されている。バージン原料に対する税金は、資源採取に関連する権利使用料とは異なり、建設鉱物に対する若干の課徴金を除いてはあまり普及していない。政策面で課題が多いものの、バージン資源に対する補助金の引き下げは、物質効率性の向上および政府歳入という2重の効果をもたらすかもしれない。

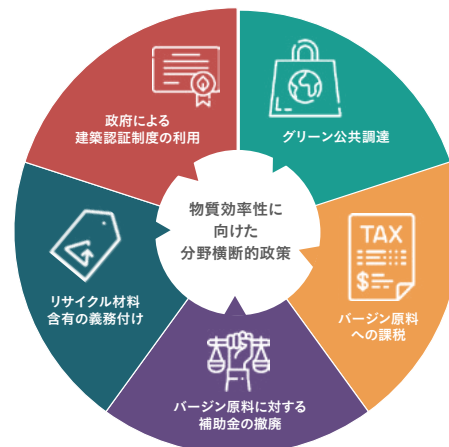


表3. 分野横断的政策手段

政策手段	内容	関連する物質効率性戦略	事例
グリーン公共調達（Green Public Procurement：GPP）	公共団体による、物質効率性や集約的使用に適した、または低内包炭素量物質あるいは再生物質を含む製品や材料の優先的購入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ より集約的な使用</li> <li>・ 使用後のリサイクルの増大</li> <li>・ リサイクル材料含有</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ブレーメン州：地元のカーシェアリング利用 <a href="https://clean-fleets.eu/fileadmin/files/documents/Publications/case_studies/Clean_Fleets_case_study-Bremen_Car-Sharing_integration.pdf">https://clean-fleets.eu/fileadmin/files/documents/Publications/case_studies/Clean_Fleets_case_study-Bremen_Car-Sharing_integration.pdf</a></li> <li>・ オランダ：道路および建築物制度 <a href="http://www.oecd.org/gov/ethics/gpp-procurement-Netherlands.pdf">http://www.oecd.org/gov/ethics/gpp-procurement-Netherlands.pdf</a></li> <li>・ 日本：グリーン購入法 <a href="https://www.env.go.jp/en/laws/policy/green/index.html">https://www.env.go.jp/en/laws/policy/green/index.html</a></li> </ul>
バージン原料への課税（Virgin material taxation：VMTs）／補助金撤廃	資源採取権使用料は古くからあるものの、バージン原料への課税VMTsはあまり普及していない	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ コストの変化が全ての物質効率性戦略を支え得る</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 欧州：鉱物への課税および課徴金 <a href="http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/policy-instrument-database/">http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/policy-instrument-database/</a></li> </ul>
リサイクル材料含有の義務付け	普及はしていないが、プラスチック対策として次第に提案されている	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ リサイクル材料の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日本：グリーン購入法 <a href="https://www.env.go.jp/en/laws/policy/green/index.html">https://www.env.go.jp/en/laws/policy/green/index.html</a></li> </ul>

政策手段	内容	関連する物質効率性戦略	事例
建築基準法の改定	建築基準法は物質効率性戦略の妨げにも促進剤にもなり得る	<ul style="list-style-type: none"> <li>物質構成の変更</li> <li>軽量化</li> <li>物質および部品の再利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国際基準評議会 (International Code Council: ICC), 高層木造建築物に関する臨時委員会. <a href="https://www.iccsafe.org/products-and-services/i-codes/code-development/cs/icc-ad-hoc-committee-on-tall-wood-buildings/">https://www.iccsafe.org/products-and-services/i-codes/code-development/cs/icc-ad-hoc-committee-on-tall-wood-buildings/</a>.</li> <li>最低セメント系物質含有量に関するアメリカコンクリート工学協会基準 (American Concrete Institute standard on Minimum Cementitious Materials Content)... <a href="https://www.ocapa.net/assets/Documents/329.1T-18%20minimum%20cementitious%20materials.pdf">https://www.ocapa.net/assets/Documents/329.1T-18%20minimum%20cementitious%20materials.pdf</a>.</li> <li>オレゴン州法第639章.. <a href="https://olis.leg.state.or.us/liz/2019R1/Measures/Overview/HB2001">https://olis.leg.state.or.us/liz/2019R1/Measures/Overview/HB2001</a>.</li> </ul>
政府による建築認証制度の利用	認証制度は、物質効率的な利用へのポイント付与により、低炭素、再生物質、または省物質の選択を奨励し得る	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用後リサイクルの増加</li> <li>リサイクル材料含有</li> <li>物質構成の変更</li> <li>物質および部品の再利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>米国：州：地方政府によるLEED (Leadership in Energy and Environmental Design) の採用、支援または推進</li> </ul>

## 横断的政策手段の活用事例

● グリーン公共調達

● バージン原料への課税／補助金撤廃

● リサイクル材料含有の義務付け

● 建築基準法の改定

● 政府による建築認証制度の利用

● オレゴン州法第639章

● 国際基準評議会高層木造建築物に関する臨時委員会

● 最低セメント系物質含有量に関するアメリカコンクリート工学協会基準

● 米国・州・地方政府によるLEEDの採用、支援または推進

● 欧州・鉱物への課税および課徴金

● ブレーメン州・地元のカーシェアリング利用  
オランダ・道路および建築物制度

● 日本・グリーン購入法









## 5. 結論

住宅建物や軽車両を例にとり、本報告書は物質効率性が既存の技術を通じて、大幅にGHG排出量を削減する機会をもたらすことを示している。このような技術は、低炭素エネルギー源への前進または省エネルギーの拡充のための従来の気候変動戦略を補うものである。

物質関連の削減は、設計および工学技術の改良を通じて達成され得る。本報告書はまた、より集約的な使用方法や軽量で小型の製品が物質需要の縮小だけでなくエネルギー需要の縮小にもつながり、様々な緩和アプローチにわたり大きなシナジーを生む可能性を有することを示す。商業建築、交通システムおよびその他の製造品についても同様の削減が可能かもしれない。この分野における政策指針を導くには追加的な研究が必要であろう。

社会面・技術面の発展によって、本報告書で調査した戦略の実施が容易になり、戦略間でのシナジーが発現し得る。集合住宅は規模が小さく空間効率に優れた設計がなされており、客室やブレイルームといった施設の共有の機会を促す。共用車両は集合住宅が多く立ち並ぶ人口密集地で利用し易く説得力がある手段である。車両の共同利用およびライドシェアリングはスマートフォンによって容易に利用できる上、新たなソフトウェアによって民間・公共交通システムのスムーズな統合も可能で、追加的な排出量削減の機会をもたらす。集約性を増した利用を実施するには社会規範と個人の嗜好の変容が求めら

れるかもしれないが、共同利用やコンパクト住宅は都市部の若年層の間で次第に支持を得ている。

本報告書は、住宅および民間交通手段の物質効率性の拡大に資する横断的政策と特定戦略に向けた政策双方の変化を特定した。物質効率性政策が功を奏するには複数の課題に対処しなければならない。効率性の向上による削減がかえって消費を増やしてしまうというリバウンド効果は、GHG排出量の削減を無効にする可能性がある。課税や排出量取引制度（キャップ・アンド・トレード方式）といった直接的・間接的に生産や消費の費用を引上げる経済手段がそのような影響を軽減することができる。

物質効率性政策の有効性に関する包括的な研究は非常に限られていた。事後評価、実証研究および反事実分析は、政策決定者が物質効率性政策の有効性評価を行う上で役立つと考えられる。G7諸国では一般的である成果のモニタリングで目標が達成されたか否かを確認することはできるか、これら成果が関心を集めている政策によるものかどうかを知ることはできない。

物質利用とGHG排出量の両方の削減という成果の評価は、プログラム数や参加者数の追跡よりも、政策を評価するためのよりよい根拠となる。さらに、排出量削減戦略の評価は、ライフサイクル全体にわたる異なるセクター間のシナジーおよびトレードオフを考慮しなければならない。シナジーとトレードオフ



の特定は、政策方針の中でより明確に取上げられなければならない。例えば、建築物の耐用年数を延ばすことは興味深い戦略であるが、多くのケースではその建築物のディープ・エネルギー・レトロフィットによって補完された場合のみ排出量を削減できる。

現行の物質関連政策は、ライフサイクル全体でのGHG排出量削減よりも埋立てごみの転換や廃棄物量に重点の大半を置いている。住宅および車両の設計は重要な介入点となる。設計によって、使用物質の量、製造や管理・運行過程でのエネルギー使用量、耐久性、再利用やリサイクルの容易さが決定付けられる。例えば、建築基準法は建築物の設計に取組むための政策手段であり、物質効率性の促進にも抑制にもなり得る。

物質効率性からもたらされる寄与により、各国がそれぞれの炭素予算（カーボンバジェット）内にとどまることが可能である。大気圏が世界の平均気温が産業革命以前に比べ1.5℃上昇する濃度に達するまでに排出できるCO<sub>2</sub>量には限りがある。IPCCが提案した炭素予算（カーボンバジェット）を満たすには排出量はギガトン単位で削減される必要がある。物質効率性はそのような削減に貢献することができる。







詳細問い合わせ先：

**国際資源パネル (International Resource Panel : IRP) 事務局**  
国連環境計画 (United Nations Environment Programme : UNEP)  
経済部 (Economy Division)  
1 rue Miollis  
Building VII  
75015 Paris, France  
電話 : +33 1 44 37 14 50  
ファックス : +33 1 44 37 14 74  
電子メール : [resourcepanel@unep.org](mailto:resourcepanel@unep.org)  
ウェブサイト : [www.internationalresourcepanel.org](http://www.internationalresourcepanel.org)



## 資源効率性と気候変動

### 低炭素未来に向けた物質効率性戦略

#### 政策決定者向け要約

国際資源パネル（International Resource Panel：IRP）は、天然資源の利用とそれに伴うライフサイクル全体に及ぼす環境面の影響について、独立した、首尾一貫性のある、権威付けされた科学評価を行うことを目的として設立された。IRPは、経済成長と環境劣化を切り離しつつ福利を拡大する方法についての理解促進に貢献することを目指している。

IRP事務局は国連環境計画内に設置されている。2017年以降、IRPは28刊の評価報告書を発行している。実施された評価は、政府、ビジネス、その他の社会が、協力の上、計画立案の改善、技術改革、戦略的インセンティブや投資を通して最終的に持続可能な資源管理を導く政策を策定・実施する機会について説明している。

本報告書は、資源効率性を持続可能な開発の中核的要素として推進する取組を行うという観点から、G7首脳による要請に応えIRPが作成したものである。物質効率性がGHG軽減戦略にもたらす寄与を厳密に評価している。具体的には、住宅建物および軽車両に物質効率性戦略を適用した場合のGHG排出量の削減可能性を評価し、これら戦略に向けた政策について考察している。

パネルによると、住宅の一層集約的な利用、使用材料を減らした設計、建設材料リサイクルの向上、その他の戦略を通じて、住宅建物の物質サイクルにて発生するGHG排出量はG7と中国で2050年に少なくとも80%削減されると考えられる。

自動車の生産、使用および処分においてもGHG排出量の大幅な削減が可能である。IRPによるモデル分析は、ライドシェアリング、カーシェアリング、外出条件に適した小型車両への転換を通じて、2050年に乗用車の物質サイクルで発生するGHG排出量について、G7諸国で最大70%、中国とインドでは最大60%の削減が可能であることを示している。

物質効率性の増加はパリ協定の大望を達成するための重要な機会である。物質は現代社会には欠かせないものである一方、その生産によって大量のGHGが発生している。物質生産で発生する排出量は現在、農業、林業および土地利用改変による排出を合わせた量に匹敵するにも関わらず、気候政策コミュニティの関心は非常に低いままである。IRPによる予測が示すように、今こそ、世界のカーボンフットプリントを削減するため、省エネルギーを超えた先に視点を移すべき時なのである。

Job No: DTI/2269/PA

ISBN: 978-92-807-3771-4

#### 詳細問い合わせ先：

国際資源パネル（International Resource Panel：IRP）事務局  
国連環境計画（United Nations Environment Programme：UNEP）  
経済部

1 rue Miollis - Building VII - 75015 Paris, France  
電話：+33 1 44 37 14 50 -ファックス：+33 1 44 37 14 74  
電子メール：resourcepanel@unep.org  
ウェブサイト：www.internationalresourcepanel.org