

IGES ・ Aalto University ・ D-mat ・ Sitra ・ KR Foundation

1.5-Degree Lifestyles: Targets and Options for
Reducing Lifestyle Carbon Footprints

日本語要約版

1.5

°Cライフ
スタイル

— 脱炭素型の暮らしを実現する選択肢 —

小出 瑠 ・ 小嶋 公史 ・ 渡部 厚志



1.5°Cライフスタイル

— 脱炭素型の暮らしを実現する選択肢 —

日本語要約版

1.5-Degree Lifestyles

Targets and Options for Reducing Lifestyle Carbon Footprints



1.5°Cライフスタイル

— 脱炭素型の暮らしを実現する選択肢 —

日本語要約版

1.5-Degree Lifestyles: Targets and Options for Reducing Lifestyle Carbon Footprints



謝辞

本テクニカルレポート日本語要約版は、2019年2月に出版された英語版テクニカルレポート「1.5-Degree Lifestyles: Targets and Options for Reducing Lifestyle Carbon Footprints」(Institute for Global Environmental Strategies, Aalto University, D-mat Ltd. 2019) に基づき、その概要を日本の読者向けに加筆・修正し、日本に関する分析結果を中心に取りまとめた要約版である。

英語版テクニカルレポートは地球環境戦略研究機関 (IGES)・Aalto University・D-mat Ltd.により、The Finnish Innovation Fund Sitra および KR Foundationの支援を受けて作成された。また、日本語要約版の作成にあたっては (独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (S-16) の成果を活用した。

日本語要約版著者

小出 瑠・小嶋 公史・渡部 厚志 (IGES)

日本語要約版レビュー

西岡 秀三・浜中 裕徳・堀田 康彦 (IGES)

英語版コンセプト・コーディネート

Lewis Akenji (IGES)

英語版著者

Michael Lettenmeier

Ryu Koide

Viivi Toivio

Aryanie Amellina

(Aalto University / D-mat Ltd.)

(IGES)

英語版コントリビューター

Sonja Nielsen (Aalto University), Miho Kamei (IGES)

英語版レビュー

Jennie Moore (British Columbia Institute of Technology), Mariana Nicolau (Collaborating Centre for Sustainable Consumption and Production), Ari Nissinen (Finnish Environment Institute), Johanna Kentala-Lehtonen, Matti Kuittinen, Pirkko Heikinheimo, and Taina Nikula (Finnish Ministry of the Environment), Chen Liu, Diego Silva Herran, Mikiko Kainuma, Nanda Kumar Janardhanan, Satoshi Kojima, Sudarmanto Budi Nugroho, Xianbing Liu, and Yuji Mizuno (IGES), Kate Power (KR Foundation), Arnold Tukker (Leiden University), Fritz Reusswig (Potsdam Institute for Climate Impact Research), Aarne Granlund, Anu Mänty, Emma Hietaniemi, Lari Rajantie, and Markus Terho (Sitra), Chris West (Stockholm Environment Institute, York University), Andreas Hauser (Swiss Federal Office for the Environment), Garrette Clark (United Nations Environment Programme), Jun Nakatani, Tomohiko Ihara (University of Tokyo), Chris Weber (World Wildlife Fund), Stefan Lechtenböhmer (Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy).

Copyright © 2020 Institute for Global Environmental Strategies.
All rights reserved.

日本語要約版 ISBN 978-4-88788-240-9

グラフィックデザイン Jalo Toivio Design

目次

略語一覧	III
1. 概要	1
2. 背景	7
3. パリ協定の1.5°C目標に対応したカーボンフットプリントの長期目標	11
4. ライフスタイル・カーボンフットプリントの現状	15
4.1 食	17
4.2 住居	17
4.3 移動	18
4.4 その他の領域 (消費財・レジャー・サービス)	19
5. ライフスタイル・カーボンフットプリント削減行動の選択肢	21
6. 結論	27
付録 1. ライフスタイル・カーボンフットプリント目標の設定手法	30
付録 2. ライフスタイル・カーボンフットプリントの評価手法	31
付録 3. 日本人のライフスタイル・カーボンフットプリントの詳細表	33
参考文献一覧	35

略語一覧

3R	リデュース・リユース・リサイクル (Reduce, Reuse, Recycle)
AR	IPCC評価報告書 (IPCC Assessment Report)
AR5	IPCC第5次評価報告書 (IPCC Fifth Assessment Report)
BECCS	炭素回収・貯留付きバイオエネルギー (Bioenergy with Carbon Capture and Storage)
CCS	二酸化炭素回収・貯留 (Carbon Capture and Storage)
CO ₂	二酸化炭素 (Carbon Dioxide)
CO ₂ e	二酸化炭素換算 (Carbon Dioxide Equivalent)
CH ₄	メタン (Methane)
GHG	温室効果ガス (Greenhouse Gas)
GLIO	グローバル拡張産業連関 (Global Link Input-Output)
HFCs	ハイドロフルオロカーボン (Hydrofluorocarbons)
IAMs	統合評価モデル (Integrated Assessment Models)
INDC	自国が決定する貢献案 (Intended Nationally Determined Contributions)
IPCC	気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change)
ISO	国際標準化機構 (International Organization for Standardization)
LCA	ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment)
LCI	ライフサイクルインベントリ (Life Cycle Inventory)
LNG	液化天然ガス (Liquefied Natural Gas)
LULUCF	土地利用、土地利用変化および林業 (Land Use, Land Use Change, and Forestry)
N ₂ O	亜酸化窒素 (Nitrous Oxide)
OECD	経済協力開発機構 (Organisation for Economic Co-operation and Development)
PFCs	パーフルオロカーボン (Perfluorocarbons)
SDGs	持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals)
SF ₆	六フッ化硫黄 (Sulphur Hexafluoride)
UNEP	国連環境計画 (United Nations Environment Programme)

1. 概要

本

報告書は、パリ協定に対応した一人当たりのカーボンフットプリント（最終消費によって直接または間接的に発生する温室効果ガス排出量）の目標を提示し、ライフスタイル全般にわたるカーボンフットプリントの現状と目標との間のギャップ、ならびにギャップを埋めるための解決策を物的消費量に基づいて横断的に評価した初めての報告書である。本研究では、現在の消費パターンがカーボンフットプリントに与える影響を検証し、低炭素型ライフスタイルに移行することで得られる潜在的な削減効果を評価するために、一人当たりライフスタイル・カーボンフットプリント（一般家庭の最終消費によるカーボンフットプリント¹⁾）の世界的目標を1.5°C目標達成に向けた代表的な排出シナリオに準拠して設定した。目標値は、2030年、2040年および2050年における世界一律の目標として設定した。本研究では日本、フィンランド、ならびに中国、ブラジル、インドにおける現在の平均ライフスタイル・カーボンフットプリントを、物的消費に着目して推計した。さらに、平均的な日本人を想定し、多様な低炭素型ライフスタイルの選択肢を特定し、これらの選択肢が取り入れられた場合のカーボンフットプリント削減の可能性を定量的に示すことで、ライフスタイル変革が気候変動の緩和にとって重要な役割を有することを明らかにした。

本研究では、家庭の行動が気候変動に及ぼす影響を把握する

方法として、ライフスタイル・カーボンフットプリントに着目した。個人のライフスタイルは日々の生活の様々な要素一食、住居、移動、消費財、レジャー、およびサービスに関連した消費などから構成される。本研究で採用した消費ベースの計算においては、家計が消費した製品やサービスの生産段階における温室効果ガス（GHG）排出量は、家計消費により誘発された間接排出量とみなされる。カーボンフットプリントに関しては、これまで特定の製品、組織、都市または国のカーボンフットプリントに焦点が当てられてきたが、本研究ではこれを家計消費とライフスタイルという異なる視点で分析するものである。

本日本語要約版は、ライフスタイル・カーボンフットプリントに関する目標設定および国際比較の研究成果の要約を示すとともに、特に日本における推計結果および低炭素型ライフスタイルによるカーボンフットプリント削減効果を解説する。

ライフスタイルの変革は喫緊かつ不可避の課題

人々の消費パターンや現在主流になっているライフスタイルを変えることは、総合的な気候変動対策を進める上で重要かつ不可欠な要素である。しかし、世界の平均気温の上昇を1.5°Cに抑える

1 ライフスタイル・カーボンフットプリントは消費者による製品やサービスの購入・使用に伴うGHG排出を対象とする。そのため、中央・地方政府による支出や公共投資、設備投資などの固定資本形成に伴うGHG排出量は除外される。

ライフスタイルの変革を 実現するための 様々な選択肢が存在し、 可能な限り速やかに行動を 開始しなければならないことを 本研究は示している。

ことを目指すというパリ協定の意欲的な目標を実現する上で、ライフスタイルの変革がもたらす可能性はこれまでの科学文献や政策アプローチにおいて十分に示されてこなかった。本研究は、ライフスタイル変革に関する明確な目標を示し、その実現による気候変動対策へのメリットを定量化する試みである。分析により、2050年までに現在のライフスタイルからのGHG排出量を80%以上削減しなければならないケースもあるという結果が明らかになった。削減が必要なのは先進国だけではなく、一人当たりの平均排出量を現在のレベルから削減しなければならない新興国・途上国も複数ある。これは、基本的ニーズが満たされていない国民が多数を占める国にとっては大変大きな課題である。しかし、ライフスタイルの変革を実現するための様々な選択肢が存在し、可能な限り速やかに行動を開始しなければならないことを本研究は示している。

近年、ライフスタイルの変革が気候変動対策に対して有する重要性が国内外の調査や国家・地域戦略においても認識されつつある。気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の「1.5°C特別報告書」は、1.5°C目標を達成するためにGHG排出量を緊急かつ大幅に削減する必要性を強調し、人々の行動とライフスタイルの変化が地球温暖化を1.5°C未満に抑えるための緩和の実現可能性を高める促進条件になると結論づけた (IPCC 2018)。欧州委員会の気候中立経済へ向けた長期戦略ビジョンは、GHG排出ネット・ゼロへの転換は技術や雇用に加えて人々の日常生活の変革も必要とするもので、ライフスタイルの選択により生活の質を高め、気候変動対策に貢献することができると指摘した (European Commission 2018)。さらに、日本の「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」は、「国民一人一人が持続可能なライフスタイルへと変革す

る『ライフスタイルのイノベーション』を目指すとしている (環境省 2019, p.61)。

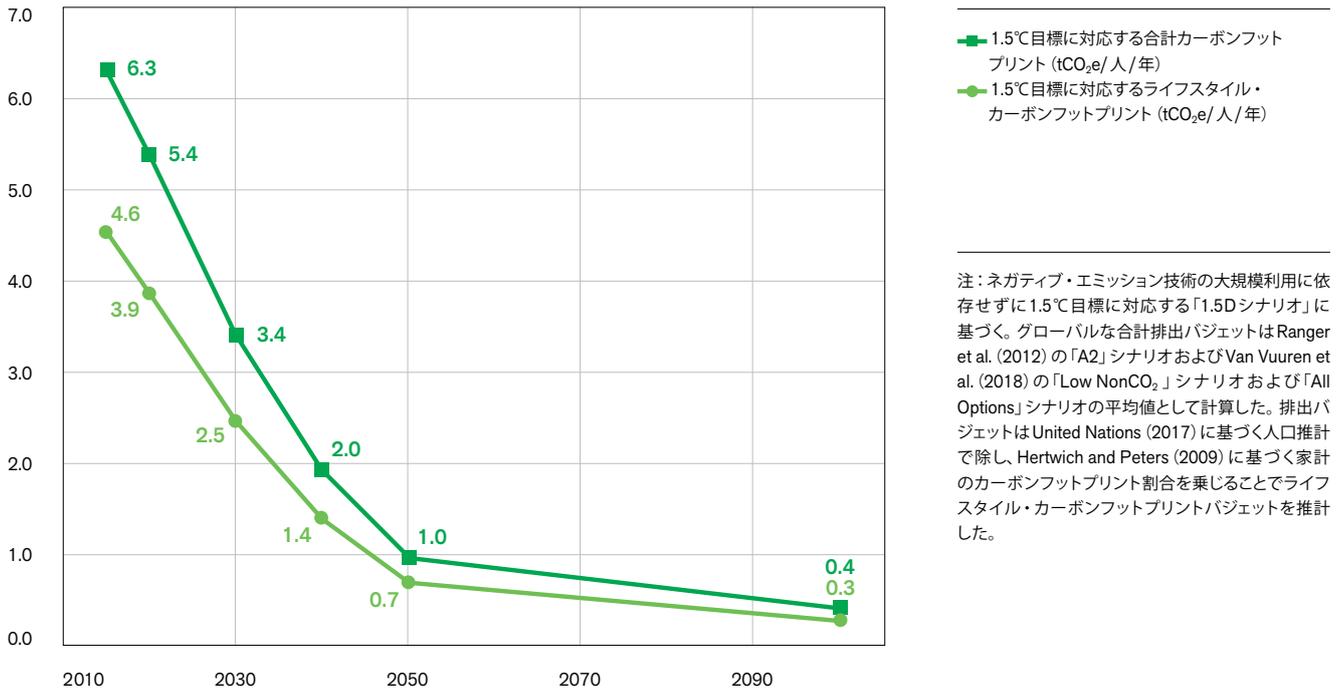
気候変動対策には行動の変化やインフラを含むシステム変革が重要であるが、現在進められている議論のほとんどはテクノロジーの変革に重点を置いている (Creutzig et al. 2016; Akenji and Chen 2016)。GHG排出削減の道筋を示す気候変動に関する将来シナリオ研究においても、技術的な変化が専門家主導で評価され、市民はこれを受け入れるものと、一般的に想定されている。しかし、本報告書は、市民によるライフスタイルの変革が技術システムを変え、ひいては脱炭素型社会の実現につながる可能性があることを示している。IPCC第5次評価報告書 (AR5) は、消費パターンや食生活の変化といったライフスタイルおよび文化的な要素が排出量に多大な影響を及ぼすと指摘している (IPCC 2014a)。消費者の行動は既存のインフラや製品の入手可能性によって大きな制約を受けているが、低炭素型ライフスタイルへの移行は、分野によってはその制約にとらわれず比較的短期間でGHG排出量削減に効果を発揮する可能性がある (Lettenmeier, Laakso, and Toivio 2017)。ライフスタイル変革による効果を十分理解するには、市民の行動がGHG排出量に及ぼす潜在的影響を考慮し分析することが必要である。しかし、これまでのところ、将来にわたるGHG排出削減の道筋を定量的に示す排出シナリオ研究においても、そのような分析を実施した文献は限られている。

現状と目標との間のギャップ

分析の結果、一人当たりカーボンフットプリントの現状と目標値との間に大きなギャップがあることが浮き彫りになった。2017年時点の日本における一人当たりライフスタイル・カーボンフットプリントは二酸化炭素 (CO₂) 換算で7.6 tCO₂eと推計された。国際比較の対象とした他の国では、フィンランドが10.4 tCO₂e、中国が4.2 tCO₂e、ブラジルが2.8 tCO₂e、インドが2.0 tCO₂eであった。既存研究における排出シナリオに基づき、世界人口の推計値と家計消費によるカーボンフットプリントの割合を考慮したライフスタイル・カーボンフットプリントの目標値は、2030年に2.5 tCO₂e、2040年に1.4 tCO₂e、2050年に0.7 tCO₂eと算出された (図1.1)。これらの目標値は、GHG排出量がただちに世界的に減少に転じ、ネガティブ・エミッション技術 (大気中のCO₂を回収・貯留する技術) の大規模な利用に依存せず、パリ協定の1.5°C目標を達成することを想定している。この目標を達成するためには、日本人は2050年までにカーボンフットプリントを91%削減する必要があり、2030年の目標を達成するには67%の削減 (2019年から2030年までに毎年10%削減) を実現するための行動を直ちにとる必要がある。本研究で対象とした新興国・途上国でさえも、国やシナリオによっては2050年までにカーボンフットプリントを6-8割以上削減する必要があることが明らかとなった (図1.2)²。

2 ネガティブ・エミッション技術を大規模に活用した場合およびパリ協定の2°C目標に対応するライフスタイル・カーボンフットプリントの目標については「ネガティブ・エミッション技術の目標への影響」(p.5)を参照されたい。

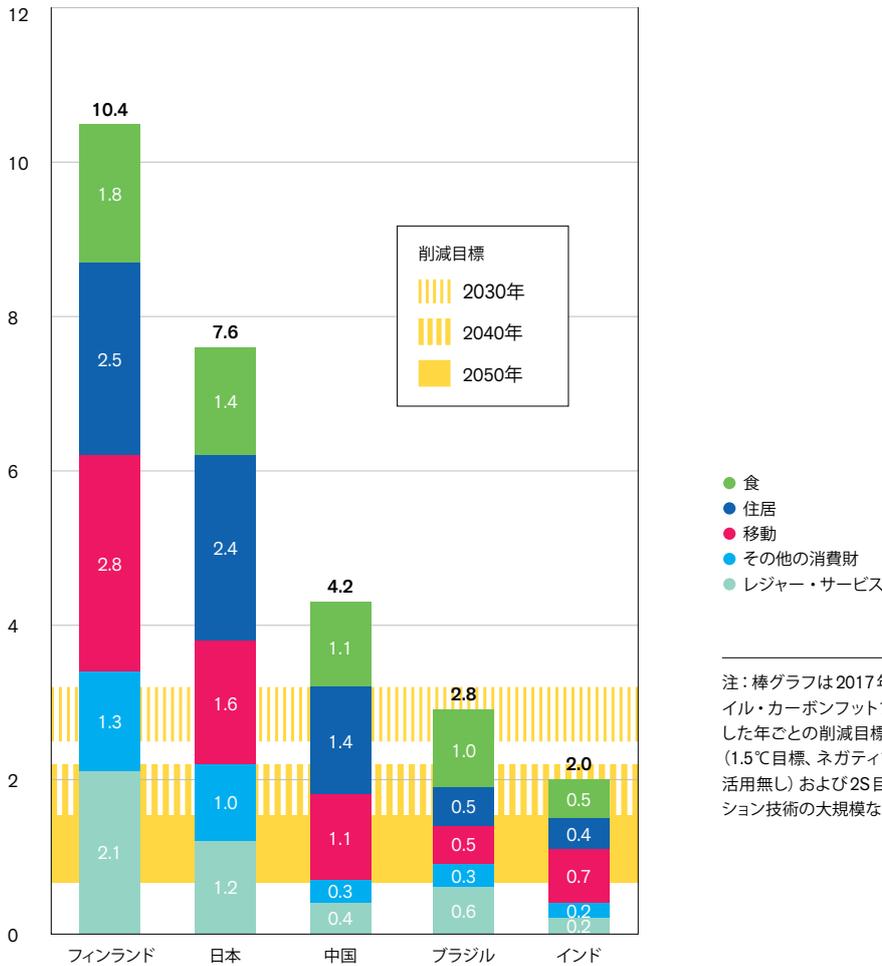
カーボンフットプリント目標 (tCO₂e/人/年)



注：ネガティブ・エミッション技術の大規模利用に依存せずに1.5°C目標に対応する「1.5Dシナリオ」に基づく。グローバルな合計排出バジェットはRanger et al. (2012)の「A2」シナリオおよびVan Vuuren et al. (2018)の「Low NonCO₂」シナリオおよび「All Options」シナリオの平均値として計算した。排出バジェットはUnited Nations (2017)に基づく人口推計で除し、Hertwich and Peters (2009)に基づく家計のカーボンフットプリント割合を乗じることでライフスタイル・カーボンフットプリントバジェットを推計した。

図 1.1 1.5°C目標に対応するライフスタイル・カーボンフットプリントおよび合計カーボンフットプリント目標

ライフスタイル・カーボンフットプリント (tCO₂e/人/年)



注：棒グラフは2017年時点の国ごとの平均ライフスタイル・カーボンフットプリント推計値。黄色の網掛で示した年ごとの削減目標幅の下限・上限はそれぞれ1.5D (1.5°C目標、ネガティブ・エミッション技術の大規模な活用無し) および2S目標 (2°C目標、ネガティブ・エミッション技術の大規模な活用に依存) を示す。

図 1.2 一人当たりライフスタイル・カーボンフットプリントおよび削減目標とのギャップ

気候変動に影響をもたらす ライフスタイル領域

食、住居、移動など物的消費のそれぞれの領域ごとにライフスタイル・カーボンフットプリントを詳しく調べたところ、大きなGHG排出をもたらしているいくつかのホットスポット（特に影響の大きい消費領域や製品・サービス項目）が明らかになった。例えば、肉・乳製品の消費（図1.3）、化石燃料エネルギーを用いた暖冷房、給

湯、調理、照明（図1.4）、自動車の使用、航空機での移動（図1.5）といった行動を転換することは、GHG排出量削減に大きく貢献する。これらの行動に関連する3つの領域（食、住居、および移動）は、合計ライフスタイル・カーボンフットプリントの約7割を占める。現状と目標との間のギャップを領域別に分析したところ、日本人が削減しなければならないカーボンフットプリントは、2030年までに食が47%、住居が68%、移動が72%、2050年までに食が75%、住居が93%、移動が96%であった。

カーボンフットプリント (kgCO₂e%) : 1,400 kgCO₂e/人/年 (外側の円)

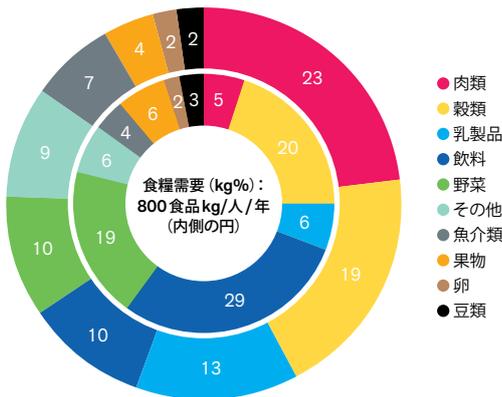
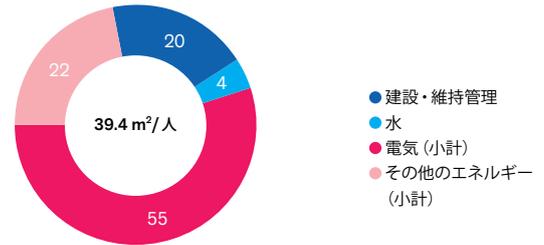


図 1.3 日本人の食に関連するカーボンフットプリントおよび物的消費量の割合 (2017年)

住居領域全体のカーボンフットプリント (kgCO₂e%) : 2,400 kgCO₂e/人/年



住居領域のうちエネルギー消費のカーボンフットプリント (kgCO₂e%) : 1,860 kgCO₂e/人/年 (外側の円)

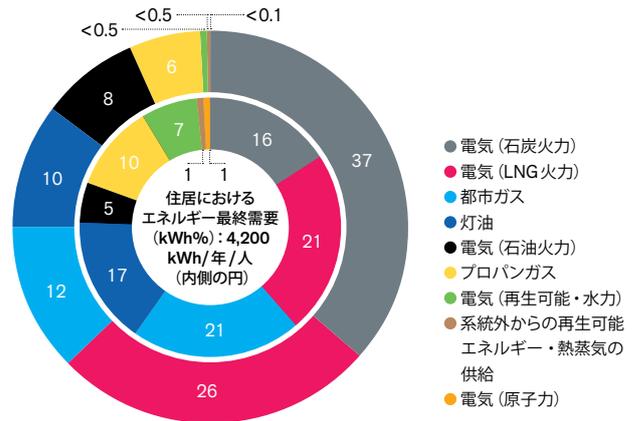


図 1.4 日本人の住居に関連するカーボンフットプリントおよび物的消費量の割合 (2017年)

カーボンフットプリント (kgCO₂e%) : 1,550 kgCO₂e/人/年 (外側の円)

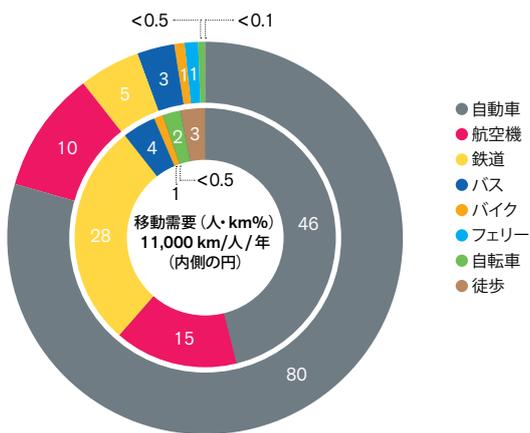


図 1.5 日本人の移動に関連するカーボンフットプリントおよび物的消費量の割合 (2017年)

注：平均ライフスタイル・カーボンフットプリントおよび物的消費量の2017年時点の推計値。内側の円は物的消費量の割合を示す。外側の円はカーボンフットプリントの割合を示す。

低炭素型ライフスタイルの 有望な選択肢

本研究によって排出削減の可能性が大きいことが確認された選択肢には、日本の場合、車を使わない個人旅行、ライドシェアリング、電気自動車やハイブリッド車の利用、車両燃費の改善、通勤距離の短縮、再生可能エネルギーにより発電された系統電力への移行、太陽光自家発電などの系統によらず供給される再生可能エネルギーの利用、コンパクトな居住空間、家電製品の効率向上、菜食などがある。これらの選択肢はそれぞれ、各領域のカーボンフットプリントを最大で一人当たり年間数百 kg から 1 tCO₂e 削減できる可能性がある。もっとも、これらの選択肢をどの程度採用するかによって期待できる効果は異なり、採用水準が高ければ、1.5°C 目標達成に向けた 2030 年の削減目標の達成に大きく貢献する。そのため、日本を含めた先進国におけるライフスタイルが極めて意欲的に転換されることが望ましく、約 30 ある選択肢を 75% 以上採用すれば目標を達成できると試算された。

ネガティブ・エミッション技術の 目標への影響

本研究における様々な削減シナリオのレビュー結果は、炭素回収・貯留付きバイオエネルギー (BECCS) などのネガティブ・エミッション技術をどの程度使用するかによって、削減目標レベルが変わることを示している。これらの技術を長期にわたって導入する場合、2030 年、2040 年、2050 年の目標値はそれぞれ、2.5 tCO₂e、1.4 tCO₂e、0.7 tCO₂e から、3.2 tCO₂e、2.2 tCO₂e、1.5 tCO₂e に緩められ、多少達成しやすくなる。この目標を達成するためには、日本人は 2030 年までにカーボンフットプリントを 58% 削減し (2019 年から 2030 年までに毎年 8% 削減)、2050 年までに 80% 削減する必要がある、依然として大幅な削減が必要である。本研究で対象とした新興国・途上国でさえも、国やシナリオによっては 2050 年までにカーボンフットプリントを 2-6 割以上削減する必要がある。ただし、これら技術の実際の利用可能性、実現可能性およびコストは不確実なため、大規模かつ広範な導入という想定に依存してしまうとリスクが高いことに留意しなければならない。

脱炭素型ライフスタイルへの 転換に向けて

現在の消費パターンが与える実際の影響と低炭素型ライフスタイルの排出削減効果を明らかにする本研究の手法は、他の分野や国にも広げて適用することができる。さらに、本研究のアプローチに基づき、低炭素型ライフスタイルに関するより広範な選択肢を評価し、低炭素型ライフスタイルを可能にするためのコミュニティや都市におけるステークホルダーによる行動を支援することが望

1.5°C 目標を達成することが
可能なライフスタイルへの
大規模な転換を実現するには、
個人や家庭が利用する
製品やサービスの生産・
流通にかかわるシステムの
変革と、個人や家庭による
行動の両方を推進することが
不可欠である。

まれる。また、本研究で特定した低炭素型ライフスタイルへの転換の選択肢について、その実現可能性や受容性を評価するには、政府や民間セクターの支援のもと、実際の家庭、近隣住区、地域社会での検証を行うことが有益であろう。

本報告書では、ライフスタイルと家庭による消費による GHG 排出量への影響を定量化したが、カーボンフットプリントの削減は個々の家庭だけの責任であると主張しているわけではない。1.5°C 目標を達成することが可能なライフスタイルへの大規模な転換を実現するには、個人や家庭が利用する製品やサービスの生産・流通にかかわるシステムの変革と、個人や家庭による行動の両方を推進することが不可欠である。本研究で強調した削減レベル (現在のライフスタイル・カーボンフットプリントから 90% 以上の削減が必要となる場合もある) は、一般の市民が低炭素型ライフスタイルを速やかに実践し始めることが望ましいだけでなく、持続可能性に関わる合意形成や政策の策定・実施のあり方 (ガバナンス) の根本的な見直しや、新たなビジネスモデルの展開が必要であることも意味する。ガバナンスとビジネスモデルは、インフラと経済システムの転換、消費者の選択と消費パターンの形成に重要な役割を担っている。社会のあらゆるステークホルダーが、抜本的な変革が必要であることを理解するだけでなく、現在とは異なる手段で日々のニーズを満たす方法を思い描き、持続可能な文明の実現のための意欲的な解決策を受け入れられるようになるまでには、広範な関係者による取り組みが必要であろう。このような変革は先進国・途上国両方のあらゆるステークホルダーに求められるが、国民の基本的ニーズを満たす努力を続けながら同時に脱炭素型ライフスタイルを可能とするインフラと経済システム転換を進めるという点で、途上国には大きな負担がかかるであろう。同時に、このような変革への取り組みは、新たなビジネスや生活の質を高める機会をもたらすものでもある。



2. 背景

パリ協定の「1.5℃目標」と ライフスタイル変革の重要性

二酸化炭素 (CO₂) をはじめとする温室効果ガス (GHG) の排出を削減し気候変動を緩和するにあたり、私達の日々の行動を変えることには大きな意味があるが、気候変動政策の多くのアプローチは、私達の行動よりも、技術の応用に焦点を当ててきた (Creutzig et al. 2016)。しかし昨今、権威ある報告書や政府の戦略においても、ライフスタイルの変革が及ぼす影響が大きいことが強調されるようになってきた。例えば、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の1.5℃特別報告書は、ライフスタイルの変革が重要性であると指摘している。気候変動の解決策を早急に見つける必要があることを強調したこの報告書は、現在の傾向が続けば、2030年から2052年までに世界の平均気温が1.5℃上昇するおそれがあり、たとえ各国が掲げている2030年までの緩和計画がすべて実施されたとしても、2100年には3℃上昇すると予想した。行動を先送りしてもその分コストが上昇し、座礁資産が増え、持続可能性との潜在的なトレードオフを有するテクノロジーへの依存度が高まるだけに終わると指摘する。このような現状に対し、人々の行動とライフスタイルの変化が地球温暖化を1.5℃未満に抑えるための緩和の実現可能性を高める促進条件になると結論づけている (IPCC 2018)。

また、欧州委員会の気候中立経済へ向けた長期戦略ビジョンは、GHG 排出ネット・ゼロへの転換は単なる技術や雇用の問題ではなく、人々の日常生活に関わるものであり、ライフスタイルの選択を通じて生活の質を高め、気候変動の解決に貢献することができると指摘した (European Commission 2018)。さらに、日本においても、2019年6月に閣議決定された「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」は、「国民一人一人が持続可能なライフスタイルへと変革する『ライフスタイルのイノベーション』」を柱の一つとし、エシカル消費の拡大、「量から質へ」の経済の転換、シェアリングエコノミー、ICTを活用したテレワークやフレックスタイム制の導入などを推進し、これらの効果を見える化し、関連するビジネスを推進するとしている (環境省 2019)。

気候変動に関する科学者コミュニティは、地球温暖化を1.5℃に抑

制するシナリオを検討する上で、需要サイドで消費者の行動が及ぼす影響を考慮する必要があると考えており、消費パターンや食生活の変化を含めた行動とライフスタイルの変化が、構造改革や技術変革とともに気候変動緩和に貢献すると指摘する (IPCC 2014a; IPCC 2018)。消費者の行動は既存のインフラや製品の入手可能性などに制約を受けているが、ライフスタイルの変化による成果は、分野によってはこれらの制約にとらわれずに比較的早く出る可能性があることも明らかになっている (Lettenmeier, Laakso, and Toivio 2017; Salo and Nissinen 2017; Moore 2013)。

地球温暖化を1.5℃以内に抑えることを目指すGHG排出削減シナリオのほとんどは、生産ベースでの対策とネガティブ・エミッション技術 (大気中のCO₂を回収・貯留する技術) を主な緩和策としてきた (Rockström et al. 2017; Rogelj et al. 2015)。最近になって、需要サイドの削減策を取り入れた排出削減シナリオも見られるようになったが、その数はまだ限られている (Van Vuuren et al. 2018)。一方、消費に着目した既存の文献の中に、低炭素型ライフスタイルによる排出削減ポテンシャルを定量化したものがあがるが、こうした研究では、削減目標と、パリ協定の2℃または1.5℃目標達成のためのシナリオを直接関連付けていない (Jones and Kammen 2011; Vandenbergh et al. 2008; Dietz et al. 2009)。このように、ライフスタイル変革による排出削減効果や、パリ協定で定められた目標を達成するために求められる変革の度合いに関する調査研究は十分ではない。

消費に伴い世界で生じるGHG排出量を 把握する「カーボンフットプリント」

本研究では、生産ベースの計算ではなく、消費ベースの計算を用いてGHG排出量とその削減可能性を検討した。生産ベースの計算は、国や地域などの地理的境界内における産業、家庭、輸送などを通して生じる直接的なGHG排出量を主な対象としており、輸入品の生産や輸送を通じた国際貿易からの間接的な排出は考慮されていない (Boitier 2012; Moore 2013)。生産ベースの計算の限界として、ある国において直接的なGHG排出が削減できたとしても、排出量の多

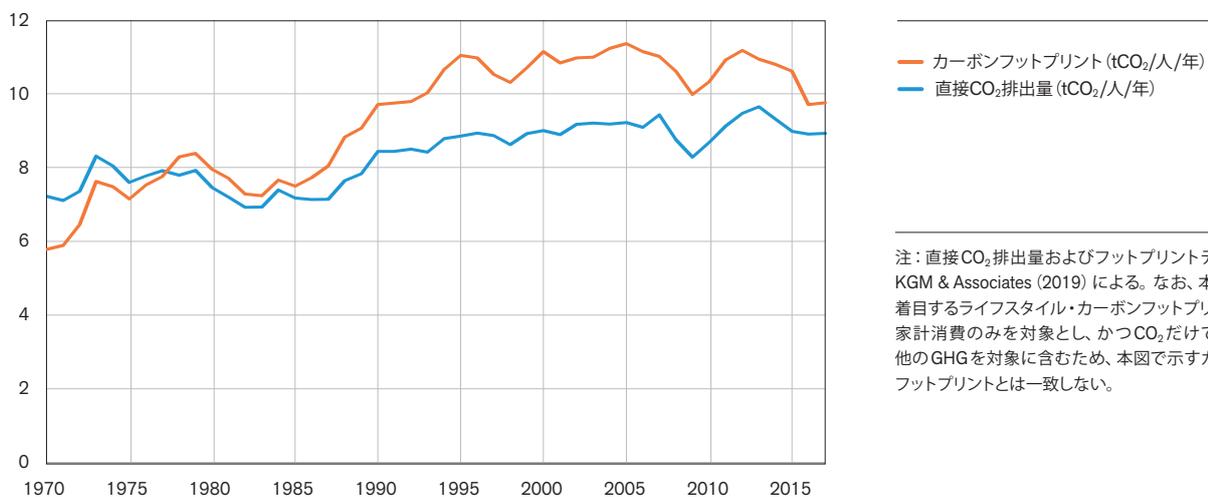
い生産活動が海外に移転することにより世界全体での排出量が削減できない「炭素リーケージ」が発生する可能性があり、生産ベースで見た排出削減が結果的に世界全体での十分な排出削減につながらない可能性が指摘されている (Boitier 2012; Moore 2013)。

これに対し、消費ベースの計算に基づくカーボンフットプリントとは、消費の観点から見た活動、利用する製品やサービスが提供され、廃棄されるまでのライフサイクル全般において直接または間接的に発生したGHG排出量を意味する。直接的な排出だけではなく、輸入品を含む製品・サービスの生産、流通、廃棄に伴う間接排出を含めることで、家計による最終消費と人々のライフスタイルが世界全体のGHG排出量に及ぼす影響を把握することができる。このアプローチを用いると、先進国で消費する製品・サービスを生産する発展途上

国に過剰な排出削減を強いることなく世界全体のGHG排出量を確実に削減し、排出削減のためのより幅広い選択肢を促進することができる (Peters and Hertwich 2008)。なお、本研究における「カーボンフットプリント」はCO₂だけでなく他のGHGを含んでおり、「GHGフットプリント」と表現される場合もある。

日本を含む先進国の多くは海外から輸入する資源や製品に依存しているため、カーボンフットプリントは地理的境界内の直接排出量よりも多い傾向にある。図2.1に示す通り、2017年における日本のエネルギー起源CO₂に関するカーボンフットプリントは一人一年あたり9.8 tCO₂であり、直接排出量8.9 tCO₂よりも多く、依然として高い水準にある (KGM & Associates 2019)。

一人当たりCO₂排出量 (エネルギー起源のみ) [tCO₂/人/年]



注：直接CO₂排出量およびフットプリントデータはKGM & Associates (2019) による。なお、本研究で着目するライフスタイル・カーボンフットプリントは、家計消費のみを対象とし、かつCO₂だけでなく他のGHGを対象に含むため、本図で示すカーボンフットプリントとは一致しない。

図 2.1 日本の一人当たり直接CO₂排出量およびカーボンフットプリント

カーボンフットプリントに関する既存研究は、主に特定の製品、活動、および一国の最終需要の影響に関するものであった (p.10のコラム「カーボンフットプリントとGHG直接排出量」参照)。過去数十年間の家計消費に関する研究 (Tukker et al. 2010; Hertwich 2005 を参照) の多くは、一般に支出に基づく推定に基づいているが、ライフスタイルのより広い視野をカバーした研究 (Schanes, Giljum, and Hertwich 2016; Salo and Nissinen 2017) や食物摂取量、移動距離、エネルギー消費などの物的消費量に基づいた消費パターンに注目した研究 (Girod and De Haan 2010; Barrett et al. 2002; Nissinen et al. 2007; Moore, Kissinger, and Rees 2013) は少ない。本研究では、消費モードの代替や物的消費の総量削減を通じたカーボンフットプリントの削減効果やその可能性を解明するため、主に物的消費量に着目してカーボンフットプリントを推定し、ライフスタイルによる気候変動への影響を分析した。

地球の限界「プラネタリーバウンダリー」

本研究では、カーボンフットプリントを「プラネタリーバウンダリー」

(地球の限界) と関連づけている。プラネタリーバウンダリーとは、気候変動、海洋酸性化、土地利用変化、生物多様性の損失など生存基盤にかかわる9つの地球システムのプロセスを対象として、将来にわたって人間が安全に活動できる範囲・限界を評価したものである (Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2015)。パリ協定における2°C目標や1.5°C目標は、気候変動に関するプラネタリーバウンダリーに対応している。本研究では、1.5°C目標に対応した一人当たりカーボンフットプリント (家計による最終消費分のみ) の目標値を、長期的にはそれが世界全体で同じ水準に収束するという前提で設定した。

将来のどの時点においても汚染の浄化や資源の再生に関する地球の環境容量と直接比較できるエコロジカルフットプリントとは異なり、カーボンフットプリントの目標を設定するには、排出削減に関する将来に向け、時間経過とともに徐々に排出量を削減し将来的には排出ゼロに近づけるための検討が必要となる。このような考え方にに基づき、目標達成へ向けた世界全体における各年のGHG排出量の上限を示す「カーボンバジェット」が推定されている。国連環境計画 (UNEP) の排出ギャップ報告書 (UNEP 2016) に見られるように、公表されている排出シナリオの多くは、世界全体の総排出量削減のためのシナリオを示している。本研究が提案する一人当たりのカー

ボンフットプリント目標は、こうした世界全体の排出シナリオを一人一人のライフスタイルに関連づけて一人一年当たりの目標として示したもので、代表的な既存の排出シナリオに基づき、目標値が将来に向けて漸減していくことを想定している。

ライフスタイル・カーボンフットプリント

カーボンフットプリントは、製品、個人、または組織の活動に対して算出することができる (Wiedmann and Minx 2008)。本研究は、人々の日常活動に焦点を当て、対象国における平均的な市民の暮らしに伴うカーボンフットプリントを推定した。本研究における「ライフスタイル・カーボンフットプリント」とは、家計が消費する製品やサービスのライフサイクル (資源の採取、素材の加工、製品の製造、流通、小売、使用、廃棄) において生じる GHG 排出を示す。消費者による製品やサービスの購入・使用に伴う GHG 排出を対象とするため、中央・地方政府による支出や公共投資、設備投資などの固定資本形成に伴う GHG 排出量は除外した。

なお、家計消費の気候変動への影響を把握するにあたり、ライフスタイルや消費の選択に関連する排出であれば、地球温暖化ポテンシャルがより高い CO₂ 以外の温室効果ガス (GHG) の排出量も考慮する必要がある。そのため、本研究において対象とする GHG は、世界のカーボンフットプリント分析に関する大半の文献や UNEP 排出ギャップ報告書 2018 年版 (UNEP 2018) と同様に、メタン (CH₄)、亜酸化窒素 (N₂O)、ハイドロフルオロカーボン (HFCs)、パーフルオロカーボン (PFCs) および六フッ化硫黄 (SF₆) とした。

脱炭素型の「ライフスタイル」とそれを可能にする社会システム

脱炭素型のライフスタイルへの転換は、一人一人の市民の選択であるとともに、社会全体の課題として取り組んでいかなければならない。持続可能なライフスタイルとは「環境劣化 (天然資源の利用、CO₂ 排出、廃棄物と汚染) を最小化し、全ての人のための公平な社会経済の発展とより良い生活の質につながる生活様式、社会行動および選択」を指し (UNEP 2014, p.1)、カーボンフットプリントなどの環境負荷の削減と高い生活の質を両立するものでなくてはならない。GHG 排出に関連する主なライフスタイルの領域には、本研究におけるカーボンフットプリント分析の対象とした食、住居、移動、その他の消費財、レジャー、サービスの消費があるが、ライフスタイルには仕事、教育、社会的つながり、健康など消費以外の側面も広く含まれる (Mao et al. 2019)。したがって、ライフスタイルの転換を実現するには、大量消費・大量廃棄型の消費を見直すとともに、そうした消費と結びついた生活時間や仕事・レジャーの在り方を再考することも含め、脱炭素と生活の質を両立するものでなくてはならない。また、個人の行動は製品の入手可能性やインフラの存在、あるいは社会規範や制度などにより制約を受けているため (Akenji and Chen 2016)、ライフスタイルの転換は、一人一人の意識や選択に加え、自治体やサービス提供事業者、地域団体などによる脱炭素型の暮らしを可能にするための後押しがなければ実現できない。このように、脱炭素型のライ

「ライフスタイル・
カーボンフットプリント」とは、
家計が消費する製品や
サービスのライフサイクル
(資源の採取、素材の加工、
製品の製造、流通、小売、
使用、廃棄) において生じる
GHG 排出を示す。

フスタイルの普及に向け、一人一人の消費や生活様式の転換と、それを可能にするための多様なステークホルダーによる取り組みの両方が欠かせない。

日本語要約版の構成

本研究は、ライフスタイル・カーボンフットプリントの世界的目標を設定するとともに、現在の消費パターンとそれがカーボンフットプリントに及ぼす影響を検証し、低炭素型ライフスタイルの選択肢による削減効果を評価することで、既存の文献では不足していた知見を補うものである。本日本語要約版は、世界的な目標設定と国際比較の概要に加え、日本に関する分析結果を中心に取りまとめている。第3章は、2030年、2040年および2050年の家計消費による一人当たりカーボンフットプリントについて、パリ協定の1.5°C目標に対応した世界的目標を提示した。第4章では、日本、フィンランド、中国、ブラジルおよびインドにおける現在の平均的なライフスタイル・カーボンフットプリントを物的消費に着目して推定した。さらに、平均的な日本人の消費パターンとカーボンフットプリントを食、住居、移動などの主要な領域について検討することで、気候変動に影響をもたらすライフスタイル領域を特定した。第5章では、文献調査に基づいて、ライフスタイル・カーボンフットプリントを削減する選択肢の候補を特定し、日本においてそれらの選択肢を採用することによる削減効果を評価した。第6章では結論として、1.5°C目標に対応するライフスタイルへの移行へ向けた選択肢と、それを実現するために必要となる政策やビジネスに関する取り組みについて論じた。本研究の対象国は、先進国と途上国の違いも含めた多様な消費の実情を考慮して選定された。日本以外の分析対象国に関する結果および分析方法の詳細については、英語版報告書 (Institute for Global Environmental Strategies, Aalto University, D-mat Ltd. 2019) を参照されたい。

カーボンフットプリントとGHG 直接排出量

GHG 排出量の測定には、境界および範囲が異なる様々な指標が用いられてきた。本研究において分析したライフスタイル・カーボンフットプリントは、ある国の平均的な個人の家計消費によるカーボンフットプリントを意味し、燃料使用などによる直接排出と、購入した製品・サービスに伴う間接排出が含まれる(図2.2)。これらは、企業など組織のカーボンフットプリントの家庭版、あるいは国または都市のカーボンフットプリントの要素のうちの、家計需要の部分とみなすことができる。

生産ベースの排出量

国または都市における地理的境界内における家庭、政府、民間セクターの活動から直接排出されたGHGを示す。製品とサービスの最終消費によって地理的境界外で発生した間接的排出量は除外される。国のGHGインベントリや目標設定に用いられている。

製品のカーボンフットプリント

製品の生産、流通、消費および廃棄による直接的・間接的なGHG排出量であり、輸入された部品・製品の供給に伴うGHGを含む。カーボンフットプリントのラベリングや、製品またはプロセスに関する複数の代替案を比較する際に用いられ、製品プロセスに着目したライフサイクルアセスメント(LCA)により推

計されることが多い。また、LCAの方法に関する仕様は国際標準化機構(ISO) 14067(ISO 2018a)として標準化されている。

組織のカーボンフットプリント

組織の直接的活動を通じた燃料の燃焼などによるGHG排出(スコープ1)、購入した電気や燃料などのエネルギーの製造に伴う上流側のGHG排出(スコープ2)、ならびに購入した原材料などの生産や輸送を含む上流側、販売した製品の輸送、使用、廃棄を含む下流側におけるGHG排出(スコープ3)を含む。推計方法は、ISO 14064-1(ISO 2018b)およびGHGプロトコル(Greenhouse Gas Protocol 2011)により標準化されている。推定は、製品プロセスに着目したLCAと産業連関分析による推計を組み合わせた手法で行われることが多い。

国または都市のカーボンフットプリント

ある国または都市における政府および家庭の活動による直接的なGHG排出、ならびにそれらの主体の最終需要および資本投資による間接的なGHG排出を示す。購入された製品とサービスの生産、流通、消費および廃棄による間接的なGHG排出を含み、産業連関分析により推計されることが多い。推定例として、国の場合はEnvironmental Footprint Explorers(Norwegian University of Science and Technology 2018)、都市の場合はC40(C40 Cities Climate Leadership Group 2018)が挙げられる。

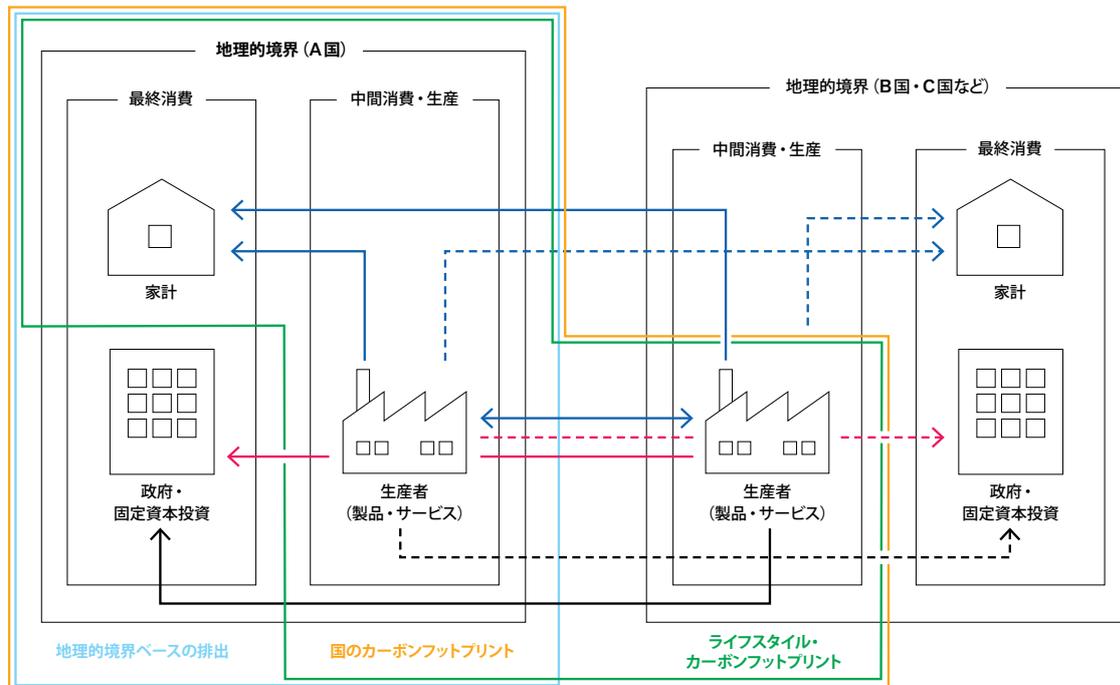


図 2.2 GHG 排出およびカーボンフットプリントの境界(バウンダリー) 比較

3. パリ協定の1.5°C目標に対応した カーボンフットプリントの長期目標

2015年に合意されたパリ協定により、国際社会は「世界の平均気温の上昇を工業化以前と比べて2°Cを十分に下回る水準に抑え、さらに1.5°Cに抑えることを目指す」(UNFCCC 2015) という明確な目標を約束した(コラム「パリ協定の温度目標」を参照)。パリ協定においては、その目標の達成に向け、排出量のピークを可能な限り早く迎え、その後排出量が急激に減少し、21世紀後半にはネット・ゼロエミッションの社会が実現することを想定している。パリ

協定に基づいた国連決議 (UNFCCC 2015) によると、2°C目標を下回るには、2030年の世界の排出量を40 GtCO₂eまで削減しなければならない。同決議は、現在の各国による自国が決定する貢献案 (INDC) が達成されても2030年の排出量は55G tCO₂eになり、この上限を守ることはできないとの懸念を表明している。このことは、気温上昇を1.5°Cに抑えるためには、ただちに排出量のさらなる大幅削減に取り組まなければならないことを意味する。

パリ協定の温度目標

2°C目標と1.5°C目標は、GHG排出量の予測、気候モデリング、ならびに気候変動が地球システムと人間社会に及ぼす影響に関する長年の科学研究に基づいて設定されたものである。将来の排出量とそれが気候に及ぼす影響に関する研究活動には統合評価モデル (IAMs) が主に利用され、様々な想定の下で将来の世界GHG排出レベルや特定の目標下で大気中に残存する最大GHG量が予測される。これらの予測は排出シナリオとも呼ばれ、目標達成に向けた対策の検討に取り入れられている。このような研究は、IPCCが気候変動に関する知識の現状を評価し、国際社会に伝えるために定期的に発表するIPCC評価報告書 (AR) の作成に際し参考に用いられる。2014年に発表された第5次評価報告書 (AR5) では、2010年のカンクン合意で定められた「世界の平均気温の上昇を2°C未満に抑える」という世界的な目標に焦点が当てられた (IPCC 2014a)。しかし、気候変動の影響に関する研究活動によって、2°C目標では極端な気象現象の増加、食糧生産や水供給の地域的な減少、サンゴ礁や北極氷床への影響を含む生態系や人間社会に対するリスクが高いことが明らかとなった (IPCC 2014b)。これらのリスクを考慮した結果、より意欲的かつ意欲的に気候変動緩和に取り組むよう国

際社会に求めたのが、1.5°C目標である。

しかし、パリ協定において意欲的な1.5°C目標が言及される以前には1.5°C目標を実現する排出シナリオに関する研究結果は限られていたため、パリ協定に関する国連決議において1.5°C目標と関連する排出シナリオに関する特別報告書の取りまとめがIPCCに対して求められた (UNFCCC 2015)。IPCCは、同報告書を作成するために、温暖化を1.5°Cに抑えるシナリオに関する新たな分析結果の提出を研究者コミュニティに呼びかけた。そしてIPCC 1.5°C特別報告書シナリオデータベースを公表し、その後、2018年10月に特別報告書が発表された。IPCC特別報告書は、緩和行動を強化するという文脈で、1.5°Cの地球温暖化が与える影響と、温暖化を1.5°Cに抑えるための排出シナリオを示している (IPCC 2018)。

平均気温上昇の1.5°C未満への抑制をテーマにした研究では、2°Cシナリオにおける緩和策をより厳しく設定し1.5°Cシナリオとする場合が多い。したがって、1.5°Cシナリオは2°Cシナリオと相互に関連しており、1.5°Cを目指すシナリオでは2°C目標達成の可能性はさらに高まる。本研究の目的は、家庭の最終消費による一人当たりのカーボンフットプリントの目標値を描くことであり、パリ協定の1.5°C目標を主なシナリオとし、幅広い目標値を示すために2°C目標に関するシナリオも考慮した。

本研究では、文献調査により特定された排出シナリオに基づき、パリ協定の目標を達成するためのライフスタイル・カーボンフットプリントの目標値を算出した。公開されている文献に示された2℃および1.5℃目標に沿ったシナリオに関する研究のレビューに基づいて選定され、本研究で用いた排出シナリオを表3.1に示す³。

これらの排出シナリオに基づき、パリ協定の1.5℃または2℃目標に対応するライフスタイル・カーボンフットプリントの目標値を算出した。家計消費とライフスタイルの重要性を明らかにするため、世界全体のGHG排出目標を一人当たりのライフスタイル・カーボンフットプリント目標に換算した。本研究では、2030年以降の一人当たりのカーボンフットプリント目標について、Meyer (2000) により提案された「収縮と収束 (contraction and convergence)」アプローチを部分的に採用し、より単純な仮定をおいた。すなわち、年齢、場所、その他の条件に関わらず、各国共通の一人当たりライフスタイル・カーボンフットプリント目標を設定した。

本研究において提案する一人当たりライフスタイル・カーボンフットプリントの長期目標を図3.1および図3.2に示す⁴。パリ協定の1.5℃目標に対応するライフスタイル・カーボンフットプリント目標は、CO₂換算で2030年に2.5 tCO₂e、2040年に1.4 tCO₂e、2050年に0.7tCO₂eと算出された(図3.1「1.5Dシナリオ：1.5℃目標・需要側対策」および図3.2「1.5℃目標に対応するライフスタイル・カーボンフットプリント」を参照)。これらは、CO₂以外を含む全てのGHGに関するCO₂換算の目標である。これらの目標値は、GHG排出量がただちに世界的に減少に転じ、ネガティブ・エミッション技術(大気中のCO₂を回収・貯留する技術)の大規模な利用に依存せず、パリ協定の意欲的な1.5℃目標を達成することを想定している。

パリ協定の1.5℃目標に対応するライフスタイル・カーボンフットプリント目標は、CO₂換算で2030年に2.5 tCO₂e、2040年に1.4 tCO₂e、2050年に0.7tCO₂e

本研究における様々な削減シナリオのレビュー結果は、炭素回収・貯留付きバイオエネルギー(BECCS)などのネガティブ・エミッション技術をどの程度使用するかどうかによって、削減目標レベルが変わることを示している。これらの技術を長期にわたって導入する場合、2030年、2040年、2050年の目標値はそれぞれ、2.5 tCO₂e、1.4 tCO₂e、0.7 tCO₂eから、3.2 tCO₂e、2.2 tCO₂e、1.5 tCO₂eに緩められ、多少達成しやすくなる(図3.1「2Sシナリオ：2℃目標・人工的カーボンシンク」および「1.5Sシナリオ：1.5℃目標・人工的カーボンシンク」を参照)。ただし、これら技術の実際の利用可能性、実現可能性およびコストは不確実なため、大規模かつ広範な導入に依存した目標設定は社会的リスクが高いことに留意しなければならない。

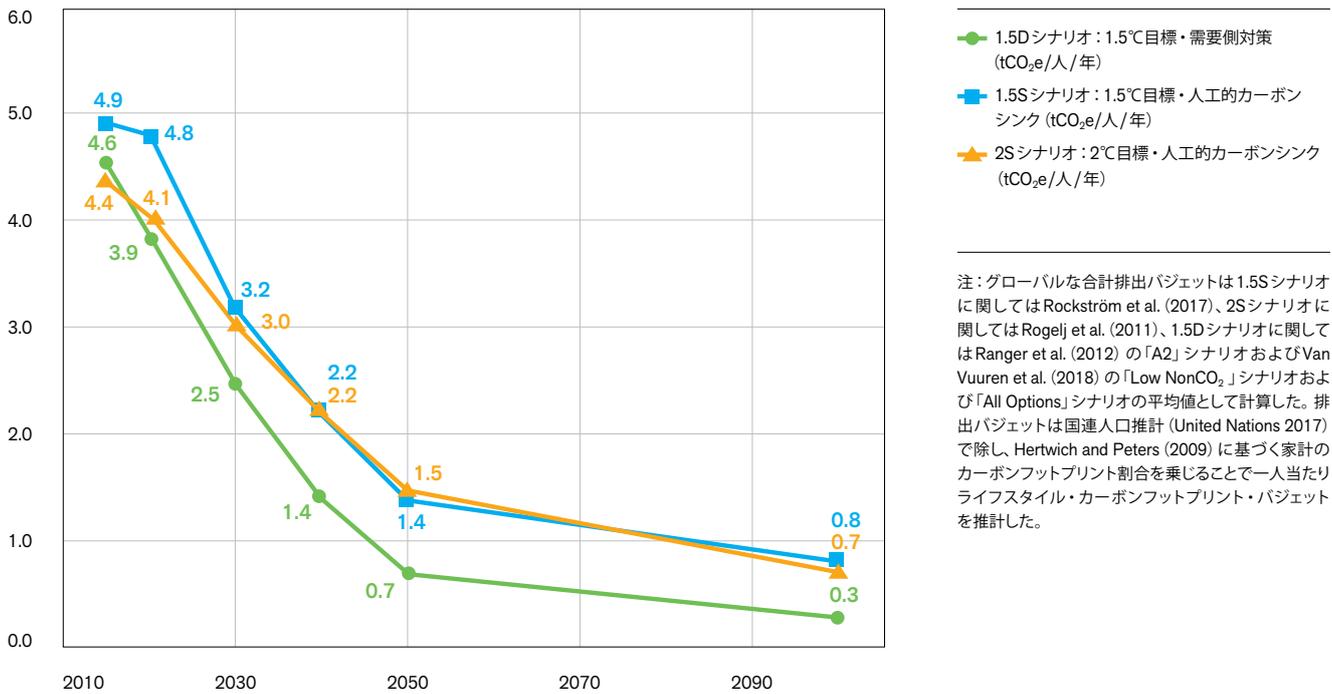
表 3.1 排出バジェット検討のために選定されたシナリオ

シナリオ	説明	出典
1.5S：人工的カーボンシンクによる1.5℃シナリオ	2050年以前にカーボンシンク(炭素の吸収源)の活用を開始することを想定し、75%の確率で2℃目標、50%の確率で1.5℃目標を達成する排出シナリオ	Rockström et al. (2017)
2S：人工的カーボンシンクによる2℃シナリオ	ネガティブ・エミッション技術の活用を想定し、66%の確率で2℃目標を達成する排出シナリオ	Rogelj et al. (2011)
1.5D (a)：需要側対策による1.5℃シナリオ	ネガティブ・エミッション技術の活用を想定せずに60%の確率で1.5℃目標を達成する排出シナリオ	Ranger et al. (2012) 「A2」シナリオ
1.5D (b)：需要側対策による1.5℃シナリオ	CO ₂ 以外のGHG排出を削減する厳しい対策により1.5℃目標を達成する排出シナリオ	Van Vuuren et al. (2018) 「Low Non-CO ₂ 」シナリオ
1.5D (c)：需要側対策による1.5℃シナリオ	エネルギー効率改善、再生可能エネルギー、土地利用の改善、農業・畜産セクターの改善、CO ₂ 以外のGHG削減、ライフスタイルの変化、人口増加率の減少により1.5℃目標を達成する排出シナリオ	Van Vuuren et al. (2018) 「All Options」シナリオ

3 本研究では特定されたシナリオを次のように名付けた。「1.5-」または「2.0-」は想定する温度目標を示す。「-S」(“Sink”)と後に付されたシナリオは人工的なカーボンシンク技術に依存することを示す。「-D」(“Demand”)と後に付されたシナリオはカーボンシンクに依存せず需要側の対策を重視することを示す。上記のシナリオは英語版報告書の最終ドラフト段階における文献レビューの時点で入手可能なものから選定された。排出シナリオの選定方法の詳細は本日本語要約版の付録1および英語版報告書のAnnex Aを参照されたい。

4 選定された排出シナリオに基づく一人当たりライフスタイル・カーボンフットプリント目標の算出方法の詳細は本日本語要約版の付録1および英語版報告書の2.3節を参照されたい。

ライフスタイル・カーボンフットプリント目標 (tCO₂e/人/年)

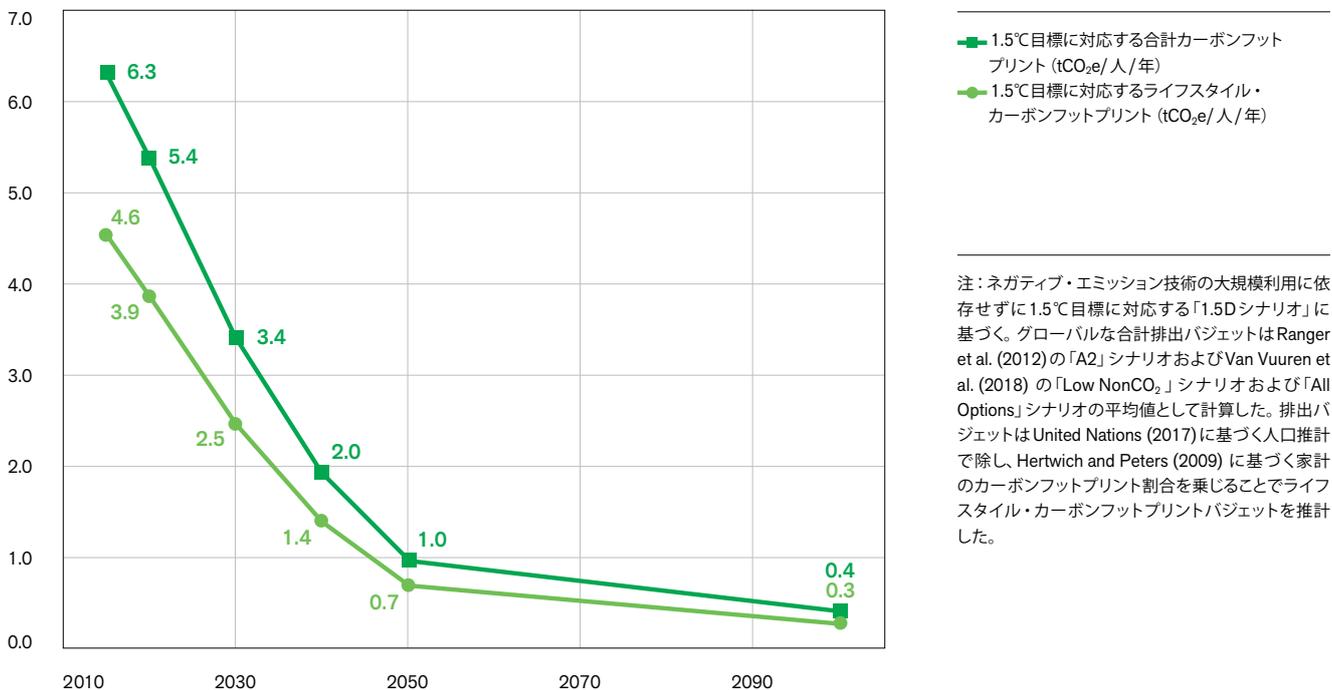


- 1.5Dシナリオ：1.5°C目標・需要側対策 (tCO₂e/人/年)
- 1.5Sシナリオ：1.5°C目標・人工的カーボンシンク (tCO₂e/人/年)
- ▲ 2Sシナリオ：2°C目標・人工的カーボンシンク (tCO₂e/人/年)

注：グローバルな合計排出バジェットは1.5Sシナリオに関してはRockström et al. (2017)、2Sシナリオに関してはRogelj et al. (2011)、1.5Dシナリオに関してはRanger et al. (2012)の「A2」シナリオおよびVan Vuuren et al. (2018)の「Low NonCO₂」シナリオおよび「All Options」シナリオの平均値として計算した。排出バジェットは国連人口推計 (United Nations 2017) で除し、Hertwich and Peters (2009)に基づく家計のカーボンフットプリント割合を乗じることで一人当たりライフスタイル・カーボンフットプリント・バジェットを推計した。

図 3.1 1.5°Cおよび2°C目標に対応するライフスタイル・カーボンフットプリント目標

カーボンフットプリント目標 (tCO₂e/人/年)



- 1.5°C目標に対応する合計カーボンフットプリント (tCO₂e/人/年)
- 1.5°C目標に対応するライフスタイル・カーボンフットプリント (tCO₂e/人/年)

注：ネガティブ・エミッション技術の大規模利用に依存せずに1.5°C目標に対応する「1.5Dシナリオ」に基づく。グローバルな合計排出バジェットはRanger et al. (2012)の「A2」シナリオおよびVan Vuuren et al. (2018)の「Low NonCO₂」シナリオおよび「All Options」シナリオの平均値として計算した。排出バジェットはUnited Nations (2017)に基づく人口推計で除し、Hertwich and Peters (2009)に基づく家計のカーボンフットプリント割合を乗じることでライフスタイル・カーボンフットプリントバジェットを推計した。

図 3.2 1.5°C目標に対応するライフスタイル・カーボンフットプリントおよび合計カーボンフットプリント目標



4. ライフスタイル・カーボンフットプリントの現状

本

研究では、日本、フィンランド、中国、ブラジルおよびインドを対象に、2017年を基準年とした家計消費のライフスタイル・カーボンフットプリントを推定し、GHG排出に大きな影響を与える消費領域の評価を行った⁵。本日本語要約版

では、主に日本に関する結果を中心に推定結果の概要を示す。

経済協力開発機構 (OECD) は、家計消費を「一般家庭による財とサービスの消費」と定義し、製品・サービスの選定から廃棄までに関連した選択および行動と説明している (OECD 2002)。本研究における「ライフスタイル・カーボンフットプリント」とは、家計が消費する製品やサービスのライフサイクル (資源の採取、素材の加工、製品の製造、流通、小売、使用、廃棄) において生じるGHG排出を示す。消費者による製品やサービスの購入・使用に伴うGHG排出を対象とするため、中央・地方政府による支出や公共投資、設備投資などの固定資本形成に伴うGHG排出量は除外した⁶。この方法を用いると、家計の最終需要により誘発されるカーボンフットプリントの大きさとその特徴を検討し、一人一人のライフスタイルが気候変動にもたらす影響を明らかにすることができる。

分析の結果、平均的な日本人のライフスタイルは一人一年当たり7.6 tCO₂eのカーボンフットプリントを生じていることが明らかとなった。また、フィンランド、中国、ブラジル、インドとの国際比較により、ライフスタイル・カーボンフットプリントの合計が国によって大きく異なることもわかった。分析の対象とした5カ国のうち、最も大きいフィンランドで一人一年当たり年間10.4 tCO₂eを排出しており、次が日本の7.6 tCO₂eであった。それでも日本人のライフスタイル・カーボンフットプリントは分析対象とした新興国のそれよりもかなり大きい。新興国のうちでは、中国のライフスタイル・

カーボンフットプリント一人一年当たり4.2 tCO₂e、ブラジルでは2.8 tCO₂e、インドは2.0 tCO₂eであった (図4.1)。

第3章で提示した通り、1.5°C目標に対応する世界共通のライフスタイル・カーボンフットプリント目標は2030年に2.5 tCO₂eである。日本を含む先進国のカーボンフットプリントはこの目標値をはるかに上回っており、いくつかの新興国でも目標を大幅に上回っていた。上記目標に到達するには、日本人はライフスタイル・カーボンフットプリントを平均で2030年までに67%削減する必要がある。削減の必要性はフィンランドでは76%に上り、中国においても41%削減が求められる⁷。また、2050年へ向けてはさらなる大幅な削減が必要であることも明らかとなった。本研究が提示する2050年における一人一年たりライフスタイル・カーボンフットプリントの目標値は0.7 tCO₂eであるが、現状のライフスタイルはすべての対象国において目標値を大幅に上回っている。上記目標に到達するには、2050年までに、日本人は平均でライフスタイル・カーボンフットプリントを91%削減する必要がある。他国のうちでは、特にフィンランドで93%の削減が必要で、中国、ブラジル、インドにおいてもそれぞれ84%、75%、64%の削減が必要である⁸。

カーボンフットプリントを消費領域ごとに検討した結果、3つの領域 (食、住居、移動) が最も大きな部分 (約4分の3) を占めることが明らかとなった。平均的な日本人のライフスタイル・カーボンフットプリントは、3分の1 (約32%: 2.4 tCO₂e) が住居に起因し、次いで移動 (約20%: 1.6 tCO₂e) と食 (約18%: 1.4 tCO₂e) によるものである。その他の消費財、レジャー、サービスの割合は相対的に小さく、日本においてはそれぞれ約13% (約1.0 tCO₂e)、約8% (約0.6 tCO₂e)、約9% (約0.7 tCO₂e) であった⁹。

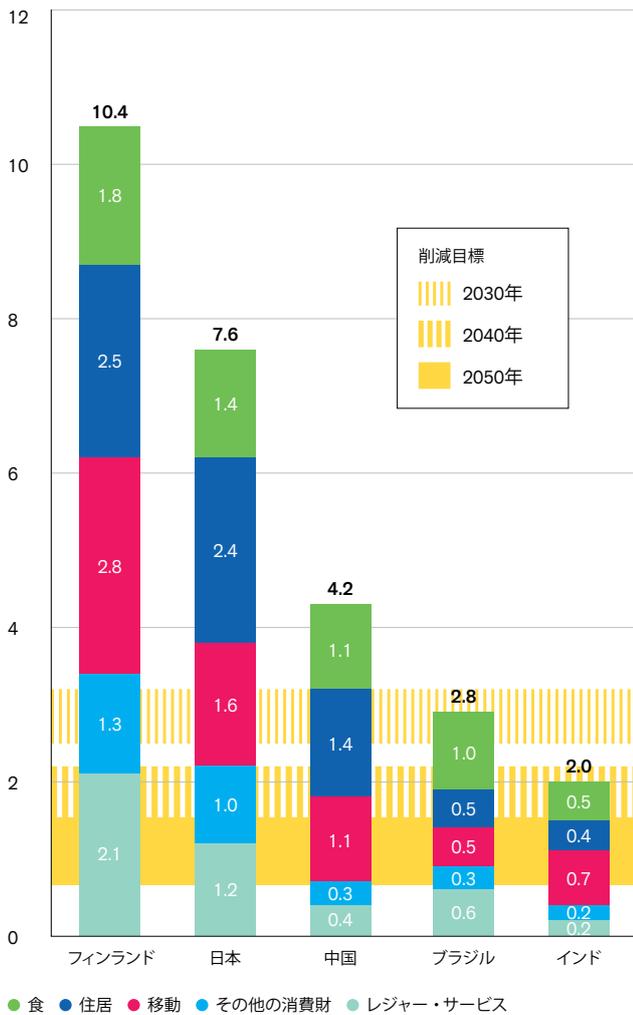
5 本研究では様々な消費の実情を考慮し、先進国と新興国・途上国の違いを強調するために、新興国・途上国を分析対象に含めた。ライフスタイル・カーボンフットプリントの評価手法の詳細は本日本語要約版の付録2および英語版報告書の3.1節およびAnnex Bを参照されたい。

6 資本投資やインフラ整備は家計の最終消費に直接関連付けることが難しいため、本研究におけるライフスタイル・カーボンフットプリントからは除外されている。本研究の分析は、家計消費と政府および固定資産投資との間の体系的な相互作用を考慮しておらず、これらは今後の研究課題である。

7 これらの削減幅はネガティブ・エミッション技術の大規模な利用に依存せずに1.5°C目標を達成することを想定した場合である。ネガティブ・エミッション技術の大規模な利用および2°C目標に対応するシナリオによれば、2030年までに求められるカーボンフットプリントの削減幅は、日本において58%、フィンランドにおいて69%、中国においても25%削減であるが、依然として大幅な削減が必要である。

8 ネガティブ・エミッション技術の大規模な利用および2°C目標に対応するシナリオによれば、2050年までに求められるカーボンフットプリントの削減幅は、日本において80%、フィンランドにおいて86%、中国において65%、ブラジルにおいて47%、インドにおいて23%削減であり、依然として大幅な削減が必要である。

9 平均的な日本人のライフスタイル・カーボンフットプリントの詳細な推定結果は本日本語要約版の付録3を参照されたい。



注：棒グラフは2017年時点の国ごとの平均ライフスタイル・カーボンフットプリント推計値。黄色の網掛けで示した年ごとの削減目標幅の下限・上限はそれぞれ1.5D(1.5℃目標、ネガティブ・エミッション技術の大規模な活用無し)および2S目標(2℃目標、ネガティブ・エミッション技術の大規模な活用に依存)を示す。

図 4.1 一人当たりライフスタイル・カーボンフットプリントおよび削減目標とのギャップ

本章では、主に3つの領域(食、住居、移動)における消費パターンとカーボンフットプリントの特徴を分析し、日本人の平均的なライフスタイル・カーボンフットプリントの現状について解説する。次節以降には、各領域におけるカーボンフットプリントと物的消費の中項目¹⁵別の割合をドーナツ図で示した(図4.2、4.4、4.6)。ドーナツ図における内側のグラフは物的消費量の割合、外側のグラフはカーボンフットプリントの割合を表す。また、カーボンフット

推定対象の消費領域

本研究では、過去の研究(Michaelis and Lorek 2004; Tukker et al. 2006; Kotakorpi, Lähteenoja, and Lettenmeier 2008; Seppälä et al. 2011; Lettenmeier, Liedtke, and Rohn 2014)を参考に、家庭における消費を以下の6つの領域に分類した。

- ・ **食**: 家庭の内外で消費されるあらゆる食品および飲料(野菜、果物、肉、魚、乳製品、穀類、アルコール飲料、ノンアルコール飲料など)¹⁰
- ・ **住居**: 住宅インフラおよび供給される生活インフラの利用(住居の建設・維持管理、住居におけるエネルギー・上下水道の利用など)
- ・ **移動**: 通勤、レジャー、その他の個人的用途のための移動手段(自動車、オートバイ、自転車、徒歩など)または交通サービス(電車、バス、航空機など)の利用¹¹
- ・ **その他の消費財**: 一般家庭が個人用途のために購入した商品および材料で、他の領域に該当しないもの(家電機器、衣類、家具、日用品など)¹²
- ・ **レジャー**: 自宅以外で行われる余暇活動(スポーツ、文化活動、娯楽、レストラン、ホテルサービスなど)¹³
- ・ **サービス**: 個人用途のために家計が購入したサービス(保険、情報通信、冠婚葬祭、クリーニング、公衆浴場、医療、教育サービスなど)¹⁴

プリントの消費量(x軸)と排出原単位(y軸)の内訳を視覚化した(図4.3、4.5、4.7)。グラフの面積は合計カーボンフットプリントの大きさを意味し、合計カーボンフットプリントが大きい順に左から並べた。各領域における2017年の平均排出原単位と総消費量は黒色の点線で示し、1.5℃目標を達成するために必要な2030年と2050年における目標はそれぞれ赤色の点線と青色の点線で表した。

10 自宅における調理による直接排出は住居に含まれる。また、レストランの運営にかかる排出はレジャーに含まれる。

11 通勤に伴う排出は移動に含まれるが、出張に伴う排出は供給されるサービスや製品を通して他の領域に含まれる。なお、GHG排出原単位の特性からタクシーは自動車に含めて推計した。

12 消費製品の使用段階における電気や燃料による排出は住居に含まれる。

13 外出先で消費した食品の材料の供給に関する排出は食に含まれる。自宅における余暇活動に伴う直接排出は住居に含む。

14 政府支出により供給され、家計による支払いを伴わない公共サービスはライフスタイル・カーボンフットプリントの対象外とした。

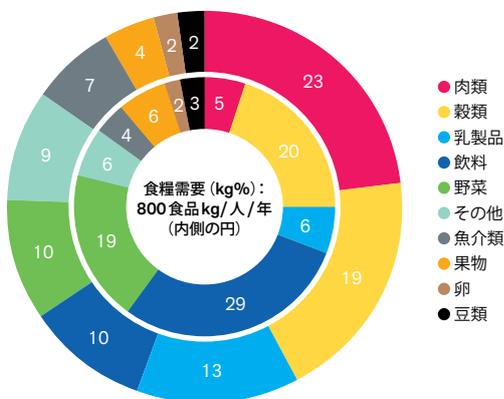
15 本研究では、食、住居、移動、その他の消費財、レジャー、サービスを分析対象の「領域」とし、推計に用いた個別の製品・サービスを「品目」とした。さらに、似たような製品・サービス群を「中項目」として領域と品目の間に位置付けて整理した。例えば、食領域における中項目としては肉類、穀類、飲料が該当し、そのうち肉類に関する品目としては牛肉、豚肉、鶏肉が該当する。

4.1 食

平均的な日本人の食事に伴うカーボンフットプリントは年間1,400 kgCO₂eで、このうちもっとも多くを占めるのが肉類である(図4.2)。肉類の消費は一人一年当たり約35kgであり、重量ベースでは約5%を占めるに過ぎないが、カーボンフットプリントの約4分の1(約23%)を占める。肉類は飼料の生産・輸送に伴うCO₂排出に加え、消化器からのCH₄発生、排泄物処理からのCH₄およびN₂O発生のため、1kgあたりの排出原単位が様々な食品のうちで最も大きい。次にカーボンフットプリントが大きいのが穀物で、カーボンフットプリントの約5分の1(約19%)を占める。穀物のうち、米は水田におけるCH₄発生などを通し、他の作物と比較して排出原単位が高い。このため、米を多く消費する日本では、穀物全体のカーボンフットプリントが比較的高い傾向にある。次に、カーボンフットプリントの約8分の1(約13%)が乳製品の消費によるものである。飲料と野菜はそれぞれカーボンフットプリントの約10分の1を占めるが、排出原単位は他の栄養源と比較して低い。魚介類はフットプリントの約7%を占めており、家庭に供給される非食用部分の割合が比較的高いため、排出原単位はやや高い。また、油や香辛料などの加工製品を含む「その他の食品」は、排出原単位も比較的高い。さらに、世帯における需要側の食品ロスは3.7%と推定され(農林水産省 2014)、消費量を押し上げる要因になっている。また、サプライチェーンにおける供給側の食品ロスは4.1%であり(環境省 2014)、排出原単位を押し上げる要因の一つである。

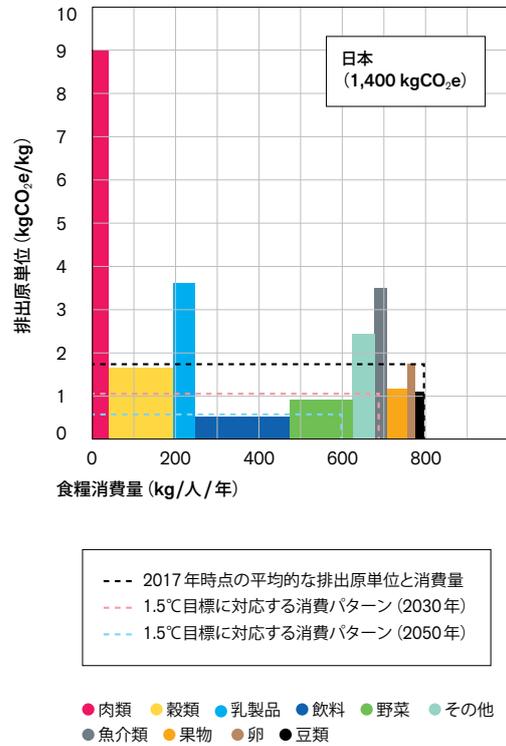
図4.3の点線で描かれた長方形の面積に示されるように、第3章で示した気温上昇を1.5℃未満に留めるための世界共通の目標に至るには、日本人は食事に伴うライフスタイル・カーボンフットプリントを2030年までに47%、2050年までに75%削減する必要がある。しかし、食事は生存の必須条件であることから、他の領域と比べて、物的消費そのものを削減することは難しい。栄養摂取の要件を満たしつつ、可能な限り栄養源を変更し、排出原単位を削減することが、食に関するカーボンフットプリントの削減につながるであろう。

カーボンフットプリント (kgCO₂e%) : 1,400 kgCO₂e / 人 / 年 (外側の円)



注: 平均ライフスタイル・カーボンフットプリントおよび物的消費量の2017年時点の推計値。内側の円は物的消費量の割合を示す。外側の円はカーボンフットプリントの割合を示す。

図 4.2 日本人の食に関連するカーボンフットプリントおよび物的消費量の割合 (2017年)



注: 色付きの四角形は中項目ごとのライフスタイル・カーボンフットプリントを示す。横幅、縦幅、面積はそれぞれ物的消費量、排出原単位、カーボンフットプリントを示す。黒の点線は2017年時点の平均的な排出原単位と物的消費量を示す。赤い点線は1.5℃目標に対応する2030年の消費パターン、青い点線は1.5℃目標に対応する2050年の消費パターンを示す。青および赤い点線の縦横比は参考値であり、物的消費量を減らすことができない場合には、排出原単位を削減する必要があり、食に関しては特にこの点の考慮は必須である。

図 4.3 日本人の食に関連するカーボンフットプリントの内訳 (2017年)

4.2 住居

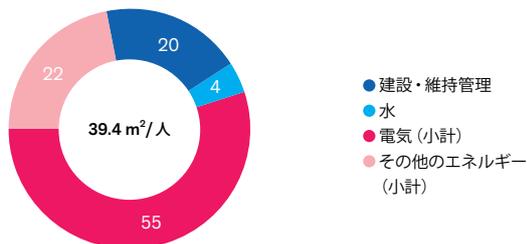
日本人の住居の床面積は平均で一人当たり39.4 m²である(総務省 2013)。平均的な日本人が住居との関連で生じるカーボンフットプリントは、一人一年当たり2,430 kgCO₂eである(図4.4)。住居に関連するカーボンフットプリントの約20%は建設と維持管理から発生する。残りの約8割は直接エネルギー消費(約77%)からなり、その半分以上が電力消費による。日本における電力系統(送配電網)から供給される電力(系統電力)は主にLNG、石炭、石油発電からなり(約84%)、水力やその他の再生可能エネルギーの比率は15%程度に過ぎない(資源エネルギー庁 2018)。家庭に供給されるエネルギーは、電気とその他のエネルギー(主に化石燃料起源の暖房用の灯油、調理・温水供給・暖房用の都市ガスとプロパンガス)で構成され、再生可能エネルギーの占める割合は約8%に留まる。住居におけるエネルギーの用途別に見ると、日本では温水と暖房がそれぞれ住居におけるエネルギー消費量の約29%と約22%を占める一方、冷房によるエネルギー消費は全体の約2%に過ぎない(資源エネルギー庁 2017)。

住宅に供給され直接消費されるエネルギーが再生可能エネルギーに転換されれば、低炭素型ライフスタイルに貢献する可能性がある。日本では、住居における直接エネルギー消費の電化率は比較的高いが(約51%)、日本における系統電力の約84%は化石

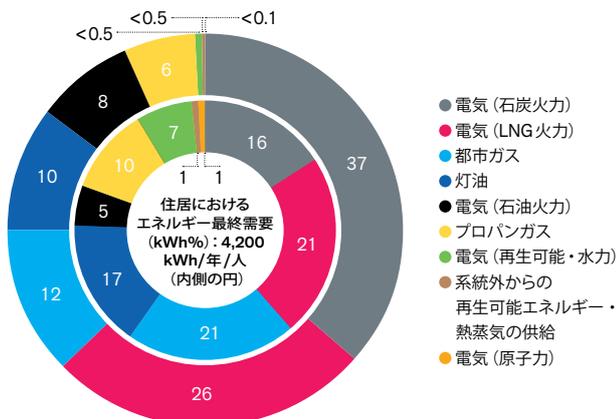
燃料を用いて発電されており、このうち石炭火力発電が約32%を占める。非電気エネルギー(約49%)は、温水供給と調理のための都市ガス・プロパンガス、暖房用の灯油が中心で、電力系統外から供給される再生可能エネルギーや蒸気の活用は1%未満に留まる。化石燃料起源のエネルギーを電気とそれ以外(灯油など)と比較すると、発電所の発電効率が比較的低いため、一般的に電気の方が、非電気のエネルギー源と比較して供給段階の効率は低い傾向にある。しかし、ヒートポンプ(エアコン)などの電気による室温制御システムは、家庭レベルでは高いエネルギー変換効率を有する。これらの要素を考慮すると、住居におけるエネルギー源の電化と系統電力の再生可能エネルギーへの転換および太陽光自家発電などの系統外の再生可能エネルギーの普及とが並行して推進されるべきである。

第3章で示した気温上昇を1.5℃未満に留めるための世界共通の目標に至るには、日本人は住居に関するライフスタイル・カーボンフットプリントを2030年に68%、2050年に93%削減する必要がある。そのために、排出原単位の低い電源や燃料への転換、エネルギー消費量の削減、効率の改善を進める必要がある。図4.5に示した住居のエネルギーに関連するカーボンフットプリントを見ると、日本における排出原単位の高さは突出しており、この問題に至急対処する必要がある。

住居領域全体のカーボンフットプリント(kgCO₂e/人/年) : 2,400 kgCO₂e/人/年

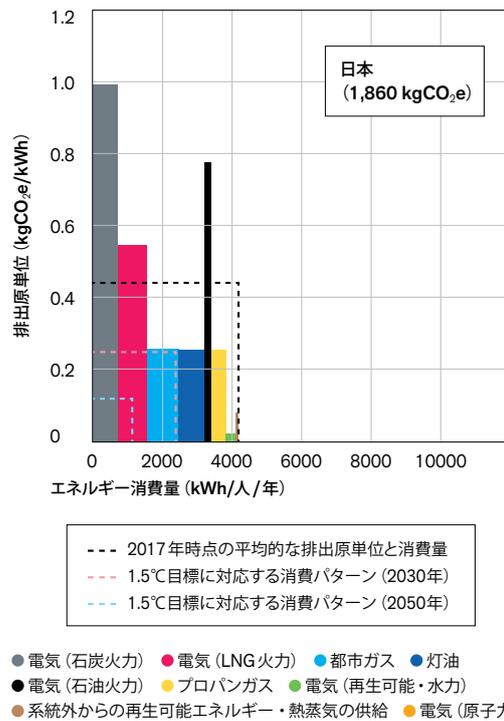


住居領域のうちエネルギー消費のカーボンフットプリント(kgCO₂e/人/年) : 1,860 kgCO₂e/人/年 (外側の円)



注: 平均ライフスタイル・カーボンフットプリントおよび物的消費量の2017年時点の推計値。内側の円は物的消費量の割合を示す。外側の円はカーボンフットプリントの割合を示す。

図4.4 日本人の住居に関連するカーボンフットプリントおよび物的消費量の割合(2017年)



注: 色付きの四角形は中項目ごとのライフスタイル・カーボンフットプリントを示す。横幅、縦幅、面積はそれぞれ物的消費量、排出原単位、カーボンフットプリントを示す。黒の点線は2017年時点の平均的な排出原単位と物的消費量を示す。赤い点線は1.5℃目標に対応する2030年の消費パターン、青い点線は1.5℃目標に対応する2050年の消費パターンを示す。青および赤い点線の縦横比は参考値であり、物的消費量を減らすことができない場合には、排出原単位を削減する必要がある。

図4.5 日本人の住居に関連するエネルギー消費由来のカーボンフットプリント内訳(2017年)

4.3 移動

日本人は、歩行を含めて平均で一人一年当たり11,000 km移動している。それに伴うカーボンフットプリントは1,550 kgCO₂eで、日本人一人当たりの総排出量の2割を超える(図4.6)。このカーボンフットプリントのうち約80%は自動車の使用によるものだが、自動車によって充足される移動需要は、一人一年当たり5,000 kmと移動距離の半分を下回っている(約46%)。自動車は、一台当たりの乗車人数が少ない場合も多く、また化石燃料による従来型の自動車が大部分を占めており、ハイブリッド車・電気自動車の使用が少ないため、排出原単位が高い。例えば、日本では自動車には平均で一台当たり1.3人しか乗車しておらず(国土交通省2017)、電気自動車による移動は自動車全体の1%に満たない。タクシーの場合は空車移動距離も含めると一台当たりの利用人数が低いため、排出原単位はさらに高くなる。

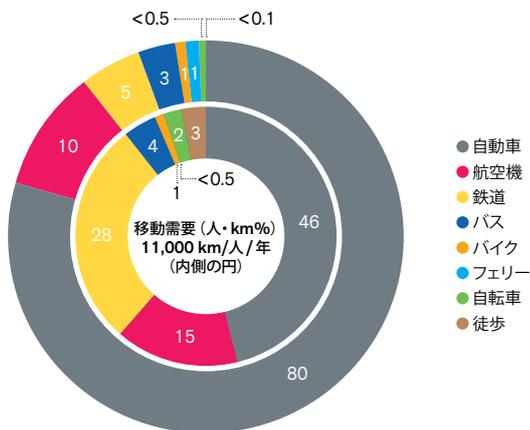
日本では、飛行機での移動が、自動車に次いで多くのカーボンフットプリントを占める。飛行距離は一人一年当たり1,700 km未満で移動距離の15%程度であるが、飛行機での移動により160 kgCO₂eのカーボンフットプリントを生じており、これは移動に関するカーボンフットプリントの約10分の1に相当する。乗客km当たりの二酸化炭素排出量は自動車よりも少ないものの、国内移動で平均約600 km、国際移動で約1,000 kmと比較的長い距離を移動している。

日本では陸上の公共交通機関が比較的多く利用されており、年

間移動距離の33%を占める（一人一年当たり約3,600 km）。これは、高い人口密度に支えられ、日本では広い範囲で公共交通機関が提供されているためである。このうち約3,100 km（約28%）が鉄道によるもので、移動1 km当たりの排出原単位は他の移動手段と比べてきわめて低い。一方、バスのシェアは約5%であり、自転車による移動は1日0.7 kmと1%に満たない。

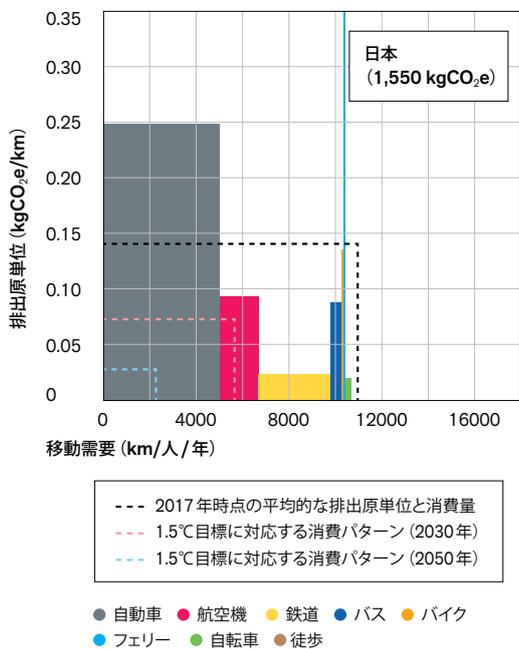
第3章で示した気温上昇を1.5℃未満に留めるための世界共通

カーボンフットプリント (kgCO₂e%) : 1,550 kgCO₂e/人/年 (外側の円)



注: 平均ライフスタイル・カーボンフットプリントおよび物的消費量の2017年時点の推計値。内側の円は物的消費量の割合を示す。外側の円はカーボンフットプリントの割合を示す。

図 4.6 日本人の移動に関連するカーボンフットプリントおよび物的消費量の割合 (2017年)



注: 色付きの四角形は中項目ごとのライフスタイル・カーボンフットプリントを示す。横幅、縦幅、面積はそれぞれ物的消費量、排出原単位、カーボンフットプリントを示す。黒の点線は2017年時点の平均的な排出原単位と物的消費量を示す。赤い点線は1.5℃目標に対応する2030年の消費パターン、青い点線は1.5℃目標に対応する2050年の消費パターンを示す。青および赤い点線の縦横比は参考値であり、物的消費量を減らすことができない場合には、排出原単位を削減する必要がある。

図 4.7 日本人の移動に関連するカーボンフットプリント内訳 (2017年)

の目標に至るには、移動に伴うライフスタイル・カーボンフットプリントを大幅に削減する必要がある。図4.7に示す試算結果によれば、日本人の移動に伴うカーボンフットプリントを2030年までに72%、2050年までに96%削減する必要がある。そのため、それぞれの移動手段に関する排出原単位の削減に加え、低炭素型の移動手段への大幅な転換、移動需要を減らしてもニーズが満たされるようなライフスタイルや社会のあり方への転換が求められる。

4.4 その他の領域 (消費財・レジャー・サービス)

日本人が購入・使用するその他の消費財のカーボンフットプリントは一人一年当たり約1,030 kgCO₂eであり、ライフスタイル・カーボンフットプリントの約13%を占める。家電製品と電子機器はその3分の1 (320 kgCO₂e、約31%)、次に大きい衣料品が5分の1 (220 kgCO₂e、約21%) を占める。日用品・医薬品 (120 kgCO₂e) やその他の商品 (160 kgCO₂e) などの生活必需品とは別に、娯楽や贅沢品の寄与も大きい。たとえば、スポーツおよび趣味用品、宝飾品、タバコを合わせると、約150 kgCO₂e (約14%) となる。

日本人が家庭外で消費するレジャー関連サービスからのカーボンフットプリントは一人一年当たり約580 kgCO₂eであり、ライフスタイル・カーボンフットプリントの約8%を占める。このうち、レストランとホテルがそれぞれ約5分の2と約5分の1を占める。ホテルおよびレストランサービスの金額当たり排出原単位は食材からのカーボンフットプリントを含めると100円当たり約0.3 kgCO₂eを超え、レジャー関連商品の中では最も高い。公営競技場や遊興施設などの特定の娯楽により生じるカーボンフットプリントは総計で約165 kgCO₂e (約30%) となり、これらの余暇関連商品の金額当たり排出原単位は100円当たり約0.25 kgCO₂eと比較的高い。残りの約35 kgCO₂eのカーボンフットプリントは、映画、演劇、スポーツ施設や野外公園を含めた文化、スポーツ、屋外レジャーからのものであるが、金額当たり排出原単位は100円当たり0.20 kgCO₂e未満と比較的低い¹⁶。

近年、「モノ」から「コト」の消費への転換 (脱物質的な消費) が注目されているが、レストランおよびホテルにおける食材調達から生じるカーボンフットプリントを含めた場合、余暇サービスと消費財の金額当たりの平均排出原単位はほぼ同じである。これは、サービス提供のサプライチェーンでも化石燃料が使用され、様々な製品が調達・使用・廃棄されているためである。このことは、物質購入から余暇や経験の消費へ移行することが、低炭素ライフスタイルにすぐには貢献しない可能性があることを示唆している。したがって、脱炭素型のライフスタイルを実現するためには、脱物質的な消費への移行とサービス産業の脱炭素化を同時に推進する必要がある。ただし、余暇以外のサービス消費の中には排出原単位が100円当たり約0.15 kgと若干低い項目もあり、非物質集約的なサービス産業への転換により生活の質を高めることが低炭素型のライフスタイルに貢献する可能性も示唆される。

16 ただし、レジャー施設へのアクセスについては、本項の計算には含まれておらず、前項の移動領域に含まれている。また、海外旅行中の消費量はデータの制約上含まれていないため、別途検討が必要である。



5. ライフスタイル・カーボン フットプリント削減行動の選択肢

2 017年時点における平均的な日本人のライフスタイル・カーボンフットプリントの推定値に基づき、低炭素型ライフスタイルの選択肢を導入することによるGHG削減の可能性について考えてみよう。1.5℃目標を達成するためのライフスタイル・カーボンフットプリントの一人当たり目標値によれば、日本では2030年までに67%の大幅なカーボンフットプリント削減が必要となる¹⁷。したがって、GHG削減効果の高い低炭素ライフスタイルの選択肢を戦略的に選び出し、これを実行することが不可欠である。そのためには、一人一人の行動変容とともに、それを可能にするインフラや

製品の入手可能性などの社会システムを整備することが必要である。

既存の研究によれば、政府の対策や環境教育を通じた対策は、多くの場合、抜本的な削減に対応せず、漸進的あるいは削減効果の少ない対策に焦点を合わせていると指摘されている (Wynes and Nicholas 2017)。したがって、大幅な削減を実現するためには、各領域で大きな削減の可能性があるライフスタイル選択肢を検討することが重要である。本研究では、適用可能な低炭素型ライフスタイルの選択肢を特定し、選択肢の導入による平均的な日本人を想定したカーボンフットプリント削減効果を評価した¹⁸。

17 ここで示した数字はネガティブ・エミッション技術の大規模導入に依存せずにパリ協定の1.5℃目標に対応する場合である。ネガティブ・エミッション技術の大規模導入を想定・パリ協定の2℃目標に対応する目標の場合には削減必要性は58%となる。

18 本研究で推定した削減効果は今回想定した平均的な日本人という対象範囲に限定的な試算結果である。実際には居住地域や対象者のライフスタイルの特性によって個別の選択肢が有する削減効果は異なる。

ライフスタイル・カーボンフットプリントの削減には、消費総量削減、効率改善、モード転換の3つのアプローチがあり(図5.1)、本研究ではこれら全てのアプローチを対象としてライフスタイルの転換を分析した(コラム「低炭素型ライフスタイルに向けた主なアプローチ」を参照)。本研究では、低炭素型ライフスタイルの選択肢を特定することを目的として既存文献のレビューを行い、生産と消費の双方に焦点を当て、特に十分な削減効果のある選択肢を調査した。その結果、4つの領域(食、住宅、移動、その他の消費財)で約50の低炭素型ライフスタイルの選択肢を特定した¹⁹。

低炭素型ライフスタイルの選択肢によるカーボンフットプリント削減効果は国によって異なる。本研究でレビューした既存文献の一部は削減効果を定量化しているが、大部分は対象国または対象都市の特定の状況に依存した数値であり、推定した削減効果の一部はカーボンフットプリントではなく直接排出量に対するものである。本研究では、日本およびフィンランドを対象に、物的消費量と排出原単位に関する収集データ(第4章参照)に基づき、いくつかの低炭素型の選択肢の削減効果を推定した²⁰。

さらに、本研究では様々な低炭素型ライフスタイルの選択肢がどの程度導入されるかを示す採用率を考慮した上でGHG削減可能性の検討を行った。行動を変える人口の割合と行動変化の程度(採用率)は、各選択肢の削減効果を推定する際に極めて重要である。本研究における「完全実施」とは、対象人口全体が低炭素選択肢を完全に実施し最大削減効果を生み出すことを意味し、実現可能性を必ずしも考慮しない理想的な想定である。一方、「部分採用」とは、個人が選択肢を部分的に実施するか、社会全体の一部の人々が選択肢を実施することを意味する。完全実施時の最大削減効果は、収集されたカーボンフットプリントデータを用いて関連する要素の排出原単位・消費量を変更することで推定した²¹。また、「部分採用」による効果は、完全実施による効果に採用率(%)を乗ずることで推定した。

平均的な日本人を想定した各選択肢の完全実施および部分採用によるライフスタイル・カーボンフットプリント削減効果の推計結果を示す(図5.2)。

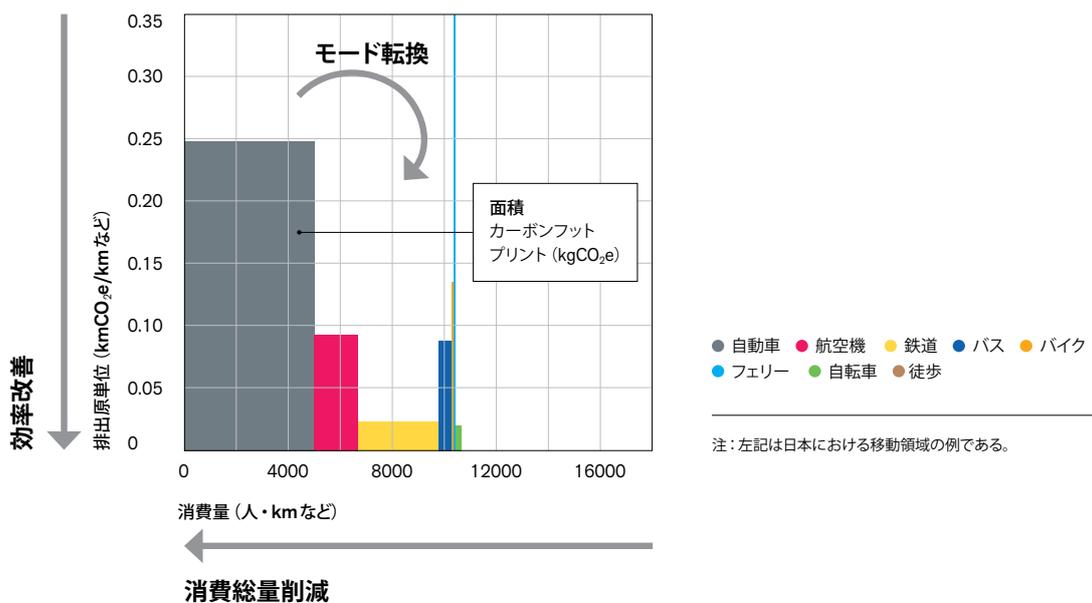


図 5.1 ライフスタイル・カーボンフットプリント削減の主なアプローチ：消費総量削減、モード転換、効率改善

- 19 本研究で特定された選択肢は文献レビューに基づいており、必ずしも網羅的ではなく、例えば既存文献には含まれないような完全に新しく革新的な低炭素選択肢は含まれていないことに留意されたい。選択肢に関するレビューの詳細および結果は英語版報告書 Annex E を参照されたい。
- 20 本研究では、総削減効果の推定においてリバウンド効果を考慮していない。選択肢から得られる削減効果の一部は、金銭と時間の再支出によって部分的に打ち消されることが予想されるため、本研究の推定はやや楽観的といえるであろう。また、本研究では、人口動態、技術、経済、および消費の間の相互作用や、なりゆきシナリオとの比較など、将来に向けた変化を考慮していない。削減効果の推計は、2017年時点でのカーボンフットプリント推計値に基づき各要素の消費量または排出原単位を変更する比較的単純な計算によって行った。将来のライフスタイルのより正確な時間の経過に伴う変化を考慮したモデル分析は本研究の範囲を超えており、今後の研究課題である。また、再生可能エネルギー由来の系統電力などのエネルギーシステムの変化はすべての製品およびサービスの推定に体系的には反映されておらず、住宅分野での直接エネルギー使用の特定の選択肢、ならびに他の領域に関する一般的な生産効率改善としてのみ反映されている。このようなエネルギーシステムの変化がもたらす生産システムを通じた影響の正確な反映は今後の研究課題である。
- 21 本研究では、各選択肢の「完全実施」に対応する状況を国ごとに仮定した。推定を行う上で、消費量、消費モード、および排出原単位の変化に関して比較的単純な仮定を置いており、例えば生産側については最も意欲的な企業目標が普及されると仮定した。詳細は英語版報告書 Annex F を参照されたい。

低炭素型ライフスタイルに向けた 主なアプローチ

ライフスタイル・カーボンフットプリントを削減する手段としては、消費総量削減、モード転換、および効率改善の3つのアプローチがある(図5.1)。これらのアプローチは既存文献による分析や提言とも合致する(Jones and Kammen 2011; Vandenbergh, Barkenbus, and Gilligan 2008; Lacroix 2018)。消費総量削減は、効率を上げるのではなく、消費量自体を削減することで環境負荷を低減するアプローチであり、「充足性」(Figge, Young, and Barkemeyer 2014)あるいは「絶対的削減」(Akenji et al. 2016)と呼ばれることもある。本研究における消費総量削減とは物的消費量を減らすことを指し、必ずしも支出の削減を意味しない。モード転換(Nelldal and Andersson 2012)は通常、輸送分野で論じられるが、本研究では食物の種類やエネルギー源なども広い意味での「消費モード」と捉え、移動以外の領域にも適用している。

- 消費総量削減は、消費する製品またはサービス(走行キロメートル、エネルギー利用、居住空間、食物など)の物的消費量を削減し、持続不可能な選択肢を回避することである。テレワークや職住近接などが含まれる。
- 効率改善は、消費量・使用量を減らさずに、低炭素技術への転換によって排出量を減らすことを意味する。低燃費車、省エネ住宅、食料生産の効率改善などが含まれる。
- モード転換は、ある消費モードから排出原単位がより低い別の消費モードに転換することである。公共交通機関の利用、再生可能エネルギーによる電気・暖房、菜食などが挙げられる。

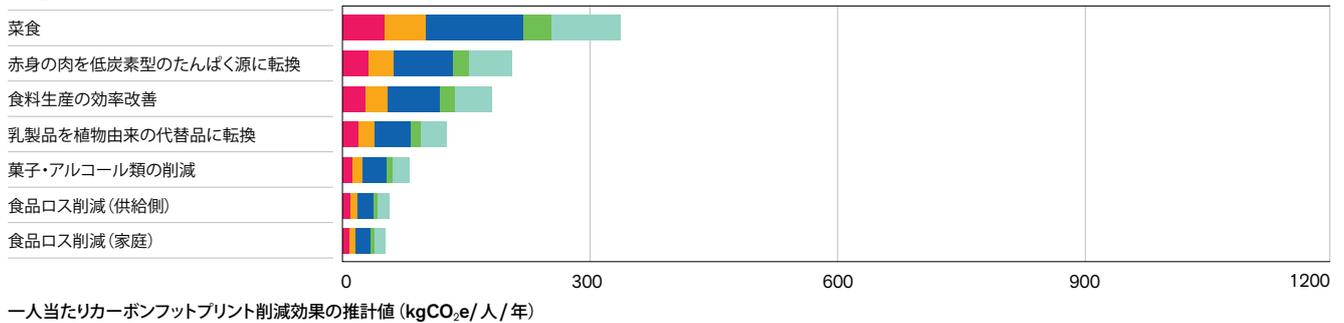
省エネ製品の導入や環境に配慮した行動に関しては、「リバウンド効果」を考慮することが不可欠である。リバウンド効果とは、一般家庭がエネルギー消費量やGHG排出量を削減するためにとった行動による当初の意図とは異なる結果を意味する(Sorrell 2012)。リバウンド効果はこれまで効率改善との関連で議論され、効率改善によって総消費量が増えたり、消費コストが低くなることでかえって排出量が増加する可能性が警告されてきた(Schmidt-Bleek 1993)。エネルギー消費量のリバウンド効果に関するレビュー研究によると、直接的なリバウンド効果(同じ消費項目に関するリバウンド)の発生予測率は最大30%で、間接的効果を含む経済全体へのリバウンド効果発生率(他の消費品目に関するリバウンド)は50%を上回る(Sorrell 2007)。例えば、低燃費車の導入によって車の総走行距離が増えたり、車のサイズが大きくなり、資源利用の絶対量や排出量

の傾向が悪化することにより、改善に逆行する可能性もある。近年は、モード転換や消費総量削減など他のアプローチでもリバウンド効果が考慮されるようになってきた(Buhl 2014; Ottelin, Heinonen, and Junnila 2017)。したがって、一つの製品または行動が環境影響を軽減する解決策になることがあるが、リバウンド効果を考慮しながら、一般家庭の行動を総合的かつ分野横断的に検証することが重要である。

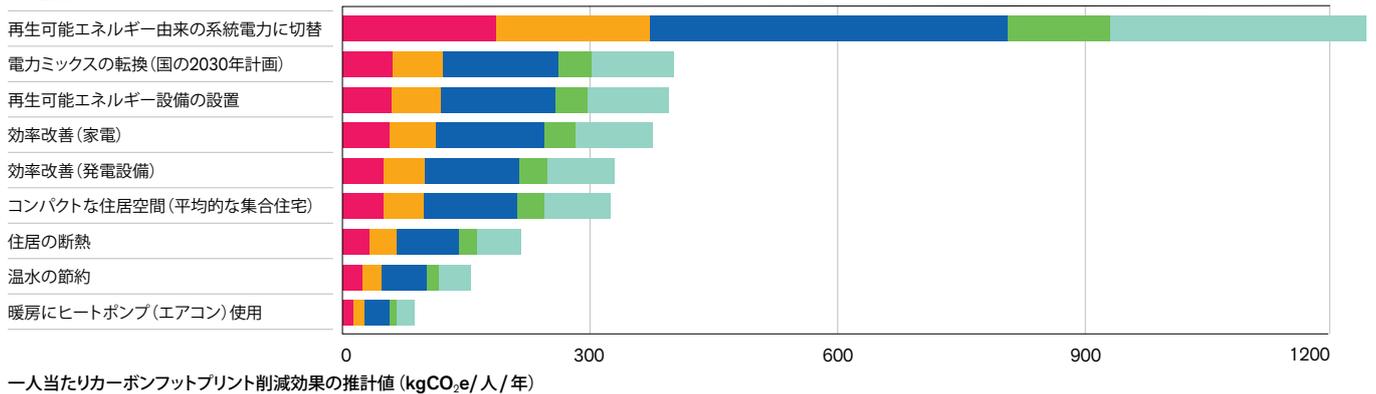
理論上、シェアリングエコノミーは低炭素型ライフスタイルへの推進に大きく貢献すると考えられる。しかし、実施する選択肢によってはリバウンド効果を発生させる可能性がある(潜在的マイナス効果についてはClausen et al. 2017を参照)。例えば、カーシェアリングは、それまで車を利用していなかった人が利用ようになることで総走行距離が増えたり、自動車利用が増加し、公共交通機関の需要を低下させる可能性がある。このように、シェアリングの選択肢によってさらなる需要が誘発されたり、消費モードの予期せぬ逆行が起きることで、ライフスタイルを横断的に評価した場合の合計ライフスタイル・カーボンフットプリントが増加するようないことがあってはならない。

もう一つの要素として、低炭素型ライフスタイルを推進する際には、消費者の行動が既存のインフラや製品の入手可能性によって大きな制約を受けている事実、いわゆる「ロックイン効果」(Akenji and Chen 2016; Sanne 2002)を考慮することが重要である。社会や経済全般に関しては、技術的・制度的な膠着状態が持続不可能な産業や経済への固定化(ロックイン)を招き、持続可能な技術・制度へのイノベーションを阻害するとの議論がなされてきた(Foxon 2002; Unruh 2000)。一方、消費者の選択やライフスタイルに関しても、市場の製品、公共交通や電力などのインフラ、消費者のコミュニティ(Akenji and Chen 2016)または経済構造の状況(Lorek and Spangenberg 2014)が原因でロックイン効果が働くこともある。人々はより多く消費することを強く望んでいるのではなく、「働きすぎと浪費のライフスタイル」を含む様々な社会的環境によって高環境負荷型のライフスタイルにロックインされているのである(Sanne 2002)。これらの視点を考慮した上で、生産プロセスを改善し、民間セクターによる低炭素型の製品・サービスの供給を増やし、インフラ変革を促すと共に、多様な選択肢を可能にするために国や自治体がより広範囲に効果的な政策を導入する必要がある。したがって、ライフスタイルの転換は消費者の個人的選択だけに責任があるのではなく(Akenji 2014)、あらゆるステークホルダー、特に民間セクターと政府による協調的行動が不可欠である。

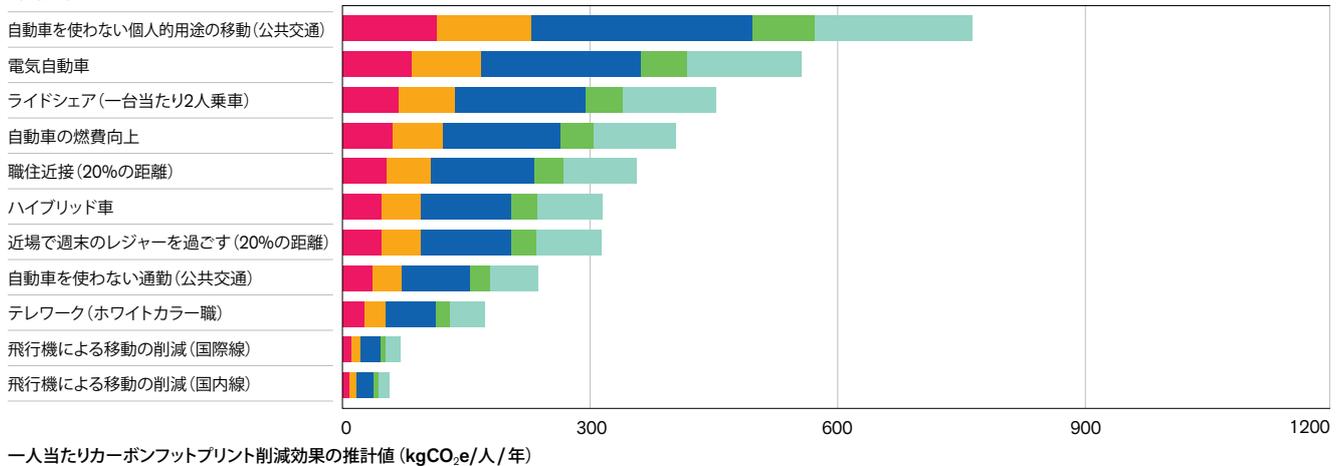
a) 食



b) 住居



c) 移動



● 採用率 15% ● 採用率 30% ● 採用率 65% (2S目標) ● 採用率 75% (1.5D目標) ● 採用率 100%

注: 英語版報告書の Annex F に示した仮定に基づく平均的な日本人を想定した推定。選択肢の重複または相乗効果のため個別の削減効果は表 5.1 における合計削減効果とは一致しない。

図 5.2 日本における低炭素型ライフスタイル選択肢の一人当たりカーボンフットプリント削減効果の推計値の比較

日本において削減可能性が最も高い選択肢 (完全採用の場合に一人一年当たり 400 kgCO₂e 以上の削減効果) としては、再生可能エネルギー由来の系統電力への切り替え、車を使わない個人的用途の移動、電気自動車への切り替え、ライドシェアリングなどの選択肢がある。これらの選択肢はいずれも化石燃料から再生可能エネルギーへの転換、あるいは自動車から公共交通機関への転換といった、炭素集約型消費モードから低炭素型消費モードへの転換であり、住居および移動領域に関する選択肢である。次に大きな

削減可能性 (完全採用の場合に一人一年当たり 200-400 kgCO₂e の削減効果) を有する選択肢としては、系統電力以外の再生可能エネルギー導入、燃費の良い自動車や効率の高い家電製品の導入、菜食、職住近接による通勤距離の短縮、コンパクトな居住空間、ハイブリッド車の導入などの選択肢がある。これらの選択肢は、モード転換、効率改善、物的消費の総量削減のいずれかに該当し、その大部分は移動と住宅領域に関する選択肢である。
一人一年当たり 200 kgCO₂e 未満の削減可能性を有する選択肢

も含めて、本研究では移動、住宅、食の3つの主要な領域に関する合計27の低炭素型ライフスタイルの選択肢を示した。これらは、モード転換、効率改善、および物的消費の総量削減のすべての方策をカバーする。

表5.1は、すべての低炭素ライフスタイル選択肢を導入した場合の総削減効果を、複数の採用率（15%、30%など）について、すべての選択肢の採用率が同じであるという前提に基づき推定した結果を示している。総削減効果は、個々の選択肢の推定削減効果の合計に対し、選択肢間の重複や相乗効果を考慮して推定した。採用率を15%と仮定した場合には18%（一人当たり1.4 tCO₂e）のカーボンフットプリント削減を、採用率30%と仮定すると34%（一人当たり2.6 tCO₂e）の削減を見込むことができる。一方、第2章で示した2030年削減目標を達成するために必要な一律の採用率を求めたところ、ネガティブ・エミッション技術の大規模な利用に

依存せずに1.5°C目標を達成するには採用率は75%が、ネガティブ・エミッション技術の大規模な利用を想定した2°C目標を達成するには採用率65%が必要である。つまり、すべての消費領域にわたる非常に意欲的な採用率が必要であるという結果となった。100%の採用率を仮定した場合、総削減効果は79%（一人当たり6.0 tCO₂e）であり、日本のライフスタイル・カーボンフットプリントは一人当たり1.6 tCO₂eまで削減される見込みである。一方、1.5°C目標に対応するには2050年の一人当たりカーボンフットプリントを0.7 tCO₂eとはるかに低く抑える必要があることを考えると、今回特定した選択肢だけでは長期目標を達成できないことは明らかである²²。したがって、供給システムとライフスタイルの抜本的な転換を含む、広範囲かつ意欲的な追加の選択肢を特定し、促進することが必要である。

表5.1 日本における低炭素型ライフスタイル選択肢の合計削減効果

	採用率 15%	採用率 30%	採用率 65% (2S 目標・2030年)	採用率 75% (1.5D 目標・2030年)	採用率 100% (製品・レジャー・サービスは90%)
各領域におけるカーボンフットプリント削減 (kgCO ₂ e%)					
食	-11%	-20%	-40%	-44%	-54%
住居	-20%	-37%	-64%	-69%	-78%
移動	-28%	-48%	-73%	-77%	-85%
その他の消費財	-15%	-30%	-65%	-75%	-90%
レジャー	-15%	-30%	-65%	-75%	-90%
サービス	-15%	-30%	-65%	-75%	-90%
平均	-18%	-34%	-62%	-68%	-79%
合計カーボンフットプリント (kgCO ₂ e/人/年)					
合計削減量	-1,410	-2,590	-4,650	-5,190	-6,030
削減後フットプリント	6,230	5,060	2,990	2,460	1,620

注：図5.2に示すすべての選択肢に関して同様の採用率を想定した。その他の消費財・レジャー・サービスのカーボンフットプリントは採用率と同様の割合で一律に削減されることを想定したが、採用率100%においてはこれらの領域におけるカーボンフットプリント削減を90%とした。

循環経済と低炭素型ライフスタイル

近年、低炭素社会に寄与する戦略の一つとして「循環経済」が注目を集めている (Material Economics 2018)。循環経済とは、「資源の投入・生産・廃棄パターンに沿った資源消費の線形モデル」から、「再生可能エネルギーに依存し、有害化学物質の使用を最小化・追跡・全廃し、慎重な設計によって廃棄物を無くすことを意図する環境保全型の産業経済」への移行を意味する (Ellen MacArthur Foundation 2013, p.14; p.22)。循環経済は低炭素型ライフスタイルにも寄与し、リデュース・リユース・リサイクル (3R) はより効率的な資源の利用を通じた低炭素型の選択肢となる可能性がある。また循環経済は、上述した主なアプローチや、建物・自動車の利用効率向上を目的としたシェアリングモデル (ライドシェア、コウハウジングなど) を通じ

て低炭素型ライフスタイルに寄与できる。さらにシェアリングは、特に日常的移動に新たな選択肢をもたらし、モード転換を可能にする。供給および消費面での食品ロスは、持続可能でより効率的な食品生産チェーンといった循環戦略を通じて削減することができる。循環経済によって低炭素型ライフスタイル選択肢の資源効率を高めることも可能である。例えば、電気自動車のマテリアルフットプリントは化石燃料車よりも高くなる場合があるが (Frieske et al. 2015)、バッテリーその他金属のリサイクル材使用率を高めればマテリアルフットプリントを低下させることができる (Teubler, Kiefer, and Liedtke 2018)。ただし本文で述べたように、シェアリングの選択肢がどの程度まで低炭素型ライフスタイルに貢献する可能性があるかは、選択肢の種類やリバウンド効果の程度によって異なる。

22 ネガティブ・エミッション技術の大規模導入を想定・パリ協定の2°C目標に対応する目標の場合は1.5 tCO₂e。



6. 結論

本報告書は、パリ協定と明確に関連付けた一人当たりのカーボンフットプリント目標を提示し、物的消費量に基づいてライフスタイル全般にわたるカーボンフットプリントの現状と目標との間のギャップを評価するとともに、そのギャップを埋めるための解決策を横断的に評価した初めての報告書である。本研究の目的は、ライフスタイルが温室効果ガス (GHG) 排出量や気候変動問題に及ぼす影響を明らかにし、低炭素ライフスタイルによるGHG削減の可能性を評価することにあった。本研究は、分析結果に基づき、気候変動に関するパリ協定に示された意欲的な1.5°C目標達成を目的とした場合のライフスタイル・カーボンフットプリント削減に向けた選択肢を提示した。本研究の対象は、日本とフィンランドの先進国2か国に加え、より幅広く世界的な課題を理解するために中国、ブラジルおよびインドの新興国3か国とした。その結果、物的消費とそれが誘発するライフサイクルGHG排出量に基づき、一般家庭のライフスタイル・カーボンフットプリントの特徴が明らかになった。さらに、現在の排出量とパリ協定の1.5°C目標に対応する一人一年当たりの目標値との比較によって、長期的なライフスタイル変革の潜在的可能性、ならびに各国の違いと特に影響の大きい消費領域が示された。本日本語要約版は、ライフスタイル・カーボンフットプリントに関する目標設定と国際比較に関する研究成果を要約するとともに、特に日本におけるカーボンフットプリントの推計結果および低炭素型ライフスタイルの選択肢とそのGHG削減効果に焦点を当てて紹介した。

現状と目標との間のギャップ

本研究では、パリ協定の意欲的な1.5°C目標に対応するライフスタイル・カーボンフットプリントの長期目標を算出した。ネガティブ・エミッション技術(大気中のCO₂を回収・貯留する技術)の大規模な利用に依存しないことを前提に既存文献から特定した代表的な排出シナリオに基づき算出された2030年、2040年、2050年の一人当たりライフスタイル・カーボンフットプリントは、それぞれ2.5 tCO₂e、1.4 tCO₂e、および0.7 tCO₂eである。これらは、国の平均的家計消費のカーボンフットプリントに関する世界一律の一人当たり目標である。

これらの目標を達成するには一人一人がライフスタイルを変革する必要があるが、インフラならびに政府、経済界その他ス

テークホルダーによる製品やサービスの供給システムを変革することも同じく重要である。炭素回収・貯留付きバイオエネルギー(BECCS)などのネガティブ・エミッション技術の大規模な利用を想定すると前述した目標値の上限は緩められ、2030年、2040年、2050年の一人当たりカーボンフットプリントはそれぞれ3.2 tCO₂e、2.2 tCO₂e、および1.5 tCO₂eとなる。つまり、これらの技術の利用は目標値に大きな影響を与える。ただし、このような技術の長期的な利用可能性やコストには不確実性が伴う。本研究における排出シナリオのレビューでは、ネガティブ・エミッション技術の大規模な利用という想定だけに頼る戦略はリスクが高く、将来の方向性を見誤るおそれがあることも明らかとなった。

現状のフットプリントに関しては、対象の5か国間で大きな違いがあった。日本人のライフスタイル・カーボンフットプリントは平均7.6 tCO₂eであり、ネガティブ・エミッション技術の大規模な利用に依存せずにパリ協定の意欲的な1.5°C目標に対応する世界共通の目標を達成するには、日本人は2050年までにカーボンフットプリントを91%削減する必要がある、2030年の目標を達成するには67%削減するための行動(2019年から2030年までに毎年10%削減)を直ちに取る必要がある。行動が遅れると2040年や2050年の一人当たり削減目標値がその分大きくなり、長期目標達成が一層厳しくなる。他国と比較すると、現状のライフスタイル・カーボンフットプリントはフィンランドが10.4 tCO₂e、中国が4.2 tCO₂e、ブラジルが2.8 tCO₂eおよびインドが2.0 tCO₂eであり、新興国においても国やシナリオによって2050年までに23-84%削減する必要がある²³。現状の一人当たりカーボンフットプリントは先進国において大幅に大きいことから、日本を含む先進国が即座に大規模な行動をとらなければならないことは明らかである。新興国においても、公共交通や再生可能エネルギーなどの低炭素型のインフラや持続可能なライフスタイルが第一の選択肢となる製品・サービス供給システムの整備を前提とした代替シナリオを見つける必要がある。

気候変動に影響をもたらすライフスタイル領域

日本における物的消費の項目別にライフスタイル・カーボンフットプリントを調べたところ、肉・乳製品の消費、化石燃料由来のエネルギー、自動車の使用など、ホットスポット(特に影響の大きい消費領域や製品・サービス項目)となるライフスタイルの分野がい

くつか明らかになった。これらは現在、家計消費の観点から見た気候変動の主な原因であり、パリ協定と整合する低炭素型ライフスタイルを促進する上でも大きな意味を持つホットスポットである。

分析した消費領域のうち、3つの領域（食、住居、および移動）は、合計ライフスタイル・カーボンフットプリントの約7割を占めていた。したがって、これらの領域で対策を講じると大きな削減効果が得られる可能性がある。食の場合、肉と乳製品は、消費量の割合が小さいにもかかわらず、カーボンフットプリントでは大きな割合を占める。対照的に、豆、野菜および果物は、低炭素でありながら栄養価が高く、カーボンフットプリントの割合が比較的小さい。住居では、石炭やLNG発電などの化石燃料由来の電力および灯油や都市ガスなどの電力以外の化石燃料エネルギーの使用がカーボンフットプリントに寄与する主な要素であり、再生可能エネルギーの割合は限定的であった。移動の領域では、自家用車利用がカーボンフットプリントへの寄与度が最も大きく、その次が航空機の利用であることが明らかとなった。

領域別の目標に対するギャップ分析によると、日本人に求められる2030年（2050年）のカーボンフットプリント削減幅は、食が47%（75%）、住居が68%（93%）、移動が72%（96%）であると試算された。先進国だけではなく、本研究で分析を行った新興国・途上国の現在のカーボンフットプリントは、すべての領域で2050年の目標値を既に上回っており、移動に伴うカーボンフットプリントは2030年の目標値を既に超えていた。

各国の間で現在の消費パターン、カーボンフットプリントに影響を及ぼす要因、および潜在的な削減効果には大きな差があることも確認された。これは製品とサービスの消費レベルや排出原単位が異なるためである。日本の化石燃料に依存した電力、フィンランドの乳製品の消費量と総エネルギー消費量などは、ある国に特有のホットスポットである。一方、車の運転や肉類の消費はすべての国におけるホットスポットであった（インドの肉消費量を除く）。どの国にも独自の文化があり、それぞれの社会を構成していることから、消費パターンやライフスタイル変革による削減効果にも当然ながら差が生じる。このため、2030年と2050年の一人当たりライフスタイル・カーボンフットプリントとして世界一律の目標値を設定したとしても、各国の対策はそれぞれの実情に応じた方法で、緊急かつ大規模な変革に取り組む必要がある。

低炭素型ライフスタイルの有望な選択肢

本研究では、様々な領域における低炭素型ライフスタイルの選択肢を特定した。日本に関しては平均的な日本人を想定し、約30の選択肢が一人当たりのライフスタイル・カーボンフットプリントに与える影響を推定した。潜在的に大きな影響を及ぼす選択肢には、再生可能エネルギー由来の系統電力への切り替え、車を使わない個人的用途の移動、電気自動車への切り換え、ライドシェア、系統電力以外の再生可能エネルギーの導入、車両燃費の良い自

動車や効率の高い家電製品の導入、菜食、職住近接による通勤距離の短縮、コンパクトな居住空間、ハイブリッド車の導入などがある。これらはデータが入手できた選択肢の中で最も有望なものであって、1.5℃ライフスタイルを実現するために必要な選択肢のすべてを示したものではない。実際には、選択肢を大幅に増やし、その他の削減策も含めながら、定められた目標を達成するために協調した取り組みを行う必要がある。

本研究で分析した選択肢が完全に導入されれば、各選択肢の一人一年当たりの削減効果は二酸化炭素換算量で数百kgから1 tCO₂e以上に及ぶ。例えば、日本で再生可能エネルギー由来の電力への切り替えが進んだ場合には一人当たり年間約1,200 kg CO₂e以上の削減効果がある。また、自家用車以外の移動手段による個人的用途の移動が広く普及した場合の削減効果は一人当たり年間約700 kg CO₂eである。菜食への移行は、一人当たり年間約300 kg CO₂eの削減効果がある。家電機器や食品生産の効率改善、テレワーク、温水の節約、航空便の削減、食品ロスの削減、過度の食料消費の削減など他の選択肢も、中程度の削減効果をもたらすことが明らかになった。国内における多様なライフスタイルを考慮すると、特定の個人や階層によっては、これらの選択肢を採用した場合の削減効果がさらに高くなる可能性もある。

低炭素型ライフスタイルには、消費総量削減、モード転換、効率改善という3つのアプローチがある。どれも、消費側と生産側、両方での対策が求められる。特にモード転換は、住居、移動、食の分野で非常に大きな削減可能性があるものと推定された。また、テレワークや職住近接などによる物的消費（例えば移動距離）の削減および自動車、家電機器などの効率改善にも中程度以上の削減可能性があることが確認された。このような消費モードの転換や、効率向上を目的とした製品代替、生活の質を維持しながらの物的消費の総量削減は、広範な社会経済システムにわたる変革と個人・家庭による行動の両方があって初めて可能となる。一般市民が低炭素型の消費モード（特に影響力が大きい選択肢）に移行できるようにするには、利用可能な製品の提供やインフラの整備が不可欠である。したがって、一般市民や消費者の決定は重要ではあるものの、1.5℃ライフスタイルに整合した選択肢が実行・利用可能となるようインフラと制度が整備され、持続可能性を促進するよう選択ができる状況にあることが肝要である。新しい持続可能な暮らし方を共に創造するために、新たな合意形成や政策の策定・実施のあり方（ガバナンス）と大胆な政策転換、ビジネスモデルと供給システムの変革、社会規範の転換を図る市民社会組織の関与などの協調的な取り組みが求められている。

日本における特定の低炭素型ライフスタイルの選択肢の総合的影響を評価したところ、2030年までに2℃目標（ネガティブ・エミッション技術の大規模利用を想定）または1.5℃目標（ネガティブ・エミッション技術の大規模利用に依存しない）を達成するためにライフスタイル・カーボンフットプリントを削減するには、約30の選択肢を65–75%の採用率で導入する必要があることが明らかになった。2050年目標を達成するには、一層多様な低炭素型ライ

23 ここで示した削減幅はネガティブ・エミッション技術の大規模利用に依存せずパリ協定の1.5℃目標に対応する目標である。2℃目標およびネガティブ・エミッション技術の大規模利用を想定した場合であっても、日本人は2030年までにカーボンフットプリントを58%削減し（2019年から2030年までに毎年8%削減）、2050年までに80%削減する必要があり、本研究で対象とした新興国においても2050年までにカーボンフットプリントを2–6割以上削減する必要があり、依然として大幅な削減が必要である。

フスタイルの選択肢と、一層革新的な製品・サービスの供給システムを整備することが必要になる。したがって、一般市民の行動変化を促進することと並行して、低炭素製品・サービスや、低炭素ソリューションを支えるインフラ設計を含む、有効かつ魅力的な解決策を早急に開発し、広範囲に提供しなければならない。

ライフスタイルの変革へ向けた 政府・企業・市民の役割

本研究では、ライフスタイル・カーボンフットプリントの考え方にに基づき、ライフスタイルの変革による気候変動緩和への貢献を把握することが有用であることが示された。また、パリ協定に関連した研究や議論において、ライフスタイルの観点を含めることの重要性も明らかになった。文献レビューにより、気候変動に関連した排出シナリオおよび解決策は、ネガティブ・エミッション技術や製品サイドの効率改善など技術的解決策に頼る傾向が強いことが明らかになった。本研究の視点は、求められるカーボンフットプリント削減レベル（例えば2050年までに91%削減）を考慮し、モード転換や物的消費の総量削減による低炭素型ライフスタイルの選択肢を導入することの重要性を示した点で、従来の研究とは異なる。

ここで示した低炭素型ライフスタイルの選択肢は、個人の行動を制約するものとしてではなく、新たなビジネス、雇用、生活の質改善の機会と捉えられるべきである。過度の食料消費の削減、自転車の利用、近場でのレジャー、テレワークなど、低炭素選択肢の多くには、健康改善、運動、余暇の増加といった副次的便益もある。こうした副次的便益については今後さらに調査する必要がある。

本研究で示された大幅なカーボンフットプリント削減を達成するには、関連するすべてのステークホルダーが行動を起こす必要がある。インフラの転換や製品・サービスの安定した供給のためには政府と企業の役割が不可欠であり、上述したように、一般市民が、無理なく、便利に、すぐにでも低炭素型ライフスタイルの選択肢を採用できるようにすることが望ましい。

政府・地方自治体には、低炭素型の都市計画によって公共交通機関や自転車の利用を促進させ、エネルギー供給システムを再生可能エネルギー源からのものに切り替えるよう推進する役割がある。低炭素型ライフスタイルを奨励するために税、補助金その他の政策手段を活用し、例えば、低炭素型の選択肢普及に向けたモードの転換やサービスの利用可能性の向上、あらゆる消費領域における排出原単位と物的消費量の削減に対しインセンティブを付与することも可能である。

企業は、本研究で対象とした様々な領域において低炭素型ライフスタイルの選択肢を増やす役割を担う。テレワーク、シェアリング、食品ロス削減、肉・乳製品の代替品、その他の低炭素型の製品・サービスの選択肢の供給などが有効だろう。また企業は、自社の戦略計画策定や投資決定に1.5℃目標に向けたビジネスモデルを取り入れる必要がある。一般市民は、投票や購買力を通じて、物的消費の総量削減、モード転換および効率改善を実現するための社会経済システムの転換を早急に行うよう、政府や企業に訴えることができる。

既存のインフラにより制約を受ける部分があるとはいえ、一般

市民が消費に関する習慣を変えることも重要である。短期的に実行可能な選択肢もある。例えば、公共交通機関、自転車、低炭素自動車への移行、自家用車の使用や航空機による移動の削減、再生可能エネルギー由来の電力の購入や発電設備への投資、ゼロエネルギー住宅・低炭素設備（ヒートポンプ、断熱材など）への投資、菜食、肉・乳製品の消費量や食品ロスの削減などがある。利用可能な低炭素製品・サービスを選択することで、低炭素型ライフスタイルの選択肢に関する市場を強化し、一般市民が低炭素型選択肢に関心があることを政府・地方自治体・企業に示すことができる。

脱炭素型ライフスタイルへの転換に向けて

本研究は、ライフスタイル・カーボンフットプリント、すなわち家計消費によって直接または間接的に排出されるGHG排出量を分析した。本研究で開発した方法は、気候変動だけでなく、ライフスタイルの観点から見た淡水利用や生物地球化学的循環（例えば窒素）といったプラネタリー・バウンダリー（地球の限界）に関する地球システムの他のプロセスに及ぼす影響の分析にも適用することができる。このような方法は、多様なライフスタイルによる資源利用と廃棄物の分析など、持続可能な開発目標（SDGs）に関する分析に用いることができる。

さらなる取り組みとして、ライフスタイル・カーボンフットプリントの推定および特に影響の大きい消費領域や項目（ホットスポット）の分析を、他国や国内の都市や地域に応用することもできる。また、社会の他の側面を理解するために、政府や資本投資のカーボンフットプリントを分析に組み込むことも可能である。さらに、本研究で用いた手法を市民が自らのライフスタイル・カーボンフットプリントを評価できる対話型のツールとして実装したり、消費者行動に関する調査データおよび収集されたビッグデータを用いて、個人レベルの分析を行うこともできる。各地の文化、消費者行動、インフラおよびサービス提供者の特徴を考慮しながら、より多様な低炭素型ライフスタイルの選択肢を採用し、評価することが重要である。研究を推進し比較可能性を確保するためには、製品や組織のカーボンフットプリントに関する現行の推計方法に関するガイドライン（p.10のコラム「カーボンフットプリントとGHG直接排出量」を参照）に加えて、ライフスタイル・カーボンフットプリントを推定する方法論に関するガイドラインを策定することも望まれる。

目標、ホットスポット、ならびに選択肢が有する潜在的な削減効果に関する知見を、企業および政府・地方自治体のあらゆる短期・長期の戦略に反映させるべきである。本研究で用いた手法を政府や企業が活用できる計画ツールとして実装することができれば、現在の消費パターンの実際の影響ならびに多様な背景の下での低炭素型ライフスタイルの選択肢の導入による効果を把握し、1.5℃ライフスタイルを可能にする社会へ向けた政策や経営戦略の立案を促進することができる。好影響を示す選択肢については、実際の家庭、地域、都市を対象とする調査研究によりその実現可能性と受容性を検証することができる。このような研究と社会実験を組み合わせたことが、1.5℃のライフスタイルに向けた政策の決定、事業の開発や個人の行動をさらに促進する鍵となるであろう。

付録1. ライフスタイル・カーボンフットプリント 目標の設定手法

本研究では、文献調査により特定された排出シナリオに基づき、パリ協定の目標を達成するためのライフスタイル・カーボンフットプリントの目標値を提示する。まず、公開されている文献に示された2°Cおよび1.5°C目標に沿った排出シナリオに関する研究を特定した。人工的なカーボンシンク（炭素の吸収源）の活用に関する仮定が目標達成に関する排出シナリオを決定づける鍵となることから、ネガティブ・エミッション技術に頼る場合と頼らない2種類のケースを考慮した。IPCC AR5シナリオデータベース (IIASA 2014)、UNEP 排出ギャップ報告書 (UNEP 2017) および学術ジャーナルに出版された個別の査読付き論文をレビューし、以下の基準を充たす文献に絞り込んだ²⁴。

- 地球上の平均気温の上昇を少なくとも66%の確率で2°C未満に抑える、または少なくとも50%の確率で1.5°C未満に抑えるシナリオを含む。
- 2100年までの時間的スケールにおけるカーボンバジェットの定量的な推計、モデルの種類に関する情報、ベースラインシナリオを示す。
- 大気中のGHG濃度を、2°C目標に関しては430–480 ppm、1.5°C目標に関しては430–450 ppm に抑えることを目指す（2100年時点）。
- 累積的なカーボンバジェットを、2°C目標に関しては350–950 GtCO₂、1.5°C目標に関しては350 GtCO₂未満として推計する（2011–2100年）。
- 温室効果ガス（GHG）としてCO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、およびSF₆を含む。
- 人工的なカーボンシンク（ネガティブ・エミッション技術）の活用に関する仮定が明示されている。
- 2015年以前に策定された排出シナリオの場合、GHG排出を削減し地球上の平均気温の上昇を抑制する国際的な政策上の約束に近い将来に定められることを想定している。

さらに、家計消費とライフスタイルの重要性を明らかにするために、世界全体のGHG排出目標を一人当たりの家計消費による

カーボンフットプリント目標に換算した。本研究では、2030年以降、世界のすべての国が同一の一人当たりカーボンフットプリント目標を有することを想定した。文献レビューに基づき選定された2°Cおよび1.5°C目標に対応する代表的な排出シナリオ（本日本語要約版の第3章表3.1を参照）に基づき、家計消費のカーボンフットプリントに関する一人当たりの目標を計算し、2030年、2040年、2050年における世界的に共通なカーボンフットプリント目標を提案した。

選定された排出シナリオに基づく各年の合計GHG排出バジェットを2017年改訂版World Population Prospects (United Nations 2017) における該当年の中位人口推計で割ることで、一人当たりのカーボンフットプリント目標を算定した。さらに、個人のライフスタイルに直接関連する家計消費に起因するカーボンフットプリント（ライフスタイル・カーボンフットプリント）の目標を検討するために、本研究では既存の産業連関分析による複数国のカーボンフットプリント推計結果 (Hertwich and Peters 2009) に基づき、カーボンフットプリントのうち家計消費に起因する割合を世界一律で72%と仮定した。本研究では、一人当たりカーボンフットプリント目標にこの割合を乗ずることで、ライフスタイル・カーボンフットプリントの目標を算出した。

本研究で提示する世界的に共通なライフスタイル・カーボンフットプリント目標は必要とされる平均的な削減レベルを示すには役立つものであるが、いくつかのデータ入手および手法上の制約があることに注意されたい。算出した目標値は家計カーボンフットプリントの割合に関して公開されている推計結果に基づいており、経済構造や排出量の違いによる国ごとの違いや、将来にわたる家計、政府、投資セクター間の割合の変化は考慮しておらず、不確実性を伴う。また、3つの代表的シナリオ（1.5D、1.5S、2Sシナリオ）は英語版報告書のドラフト時において入手可能であったものから選定されている。1.5D、1.5SシナリオはIPCC 1.5°C特別報告書における例示的シナリオに用いられているが、その他の新しいシナリオの反映は今後の研究課題である。さらに、目標の計算に関しては、本研究では現状のカーボンフットプリント、歴史的な排出に基づく公平性、気候およびその他の自然条件を加味した詳細なシナリオは考慮していない。提案された目標は人口推計と家計消費のカーボンフットプリント寄与割合を用いた単純な推計に基づくもので、消費者のライフスタイルのモデリングやシナリオ分析に関する複雑かつ動的な側面を考慮することは今後の研究課題である。

24 排出シナリオの選定方法および各シナリオの詳細は英語版報告書のAnnex Aを参照されたい。

付録2. ライフスタイル・カーボンフットプリントの 評価手法

本研究では、平均的な消費者を想定し、製品とサービスの家計消費から直接的・間接的に発生する一人一年当たりライフスタイル・カーボンフットプリントを測定した。推定の基準年は2017年とし、個別のデータが入手できない場合には、消費量または排出原単位に変化がないものと仮定し、入手可能な最新の年のデータを用いた。製品・サービスの家計消費に関する推計の範囲は、資源の採取、素材の加工、製品の製造、流通、小売、使用、廃棄を含む「ゆりかごから墓場まで」とするが、入手可能なデータの制約から土地利用、土地利用変化および林業（LULUCF）は除外した。使用した排出原単位データの範囲が上記と異なる場合には、補足的なデータを用いて推計範囲を可能な限り対応させた。

カーボンフットプリントの推計は、一般的にボトムアップ法またはトップダウン法を用いて行われる。これらの2つの方法にはそれぞれ長所と短所がある。トップダウン法は産業連関分析を用いており、対象範囲を網羅できる点で優れている。ただし、この手法は物理的な単位ではなく支出に基づく推計で、推定結果はどの産業連関モデルを選定するかに依存する。一方、ボトムアップ法は典型的なプロセスの分析に基づいて整備されたライフサイクルインベントリ（LCI）データベースを用いている。この手法では物理的な単位に基づく製品やサービスをより正確に推定できるが、対象範囲の網羅性を担保することが難しいことが欠点である。本研究では、主要な領域においては主にボトムアップ法を用いることで物的消費の特徴に関する詳細な検討を行い、そのほかの領域ではトップダウン法を用いることで網羅性を確保した。家計レベルの行動と推計結果を容易に結びつけることができるよう、主な3つの領域（食、住居、移動）においては、支出ではなく物理的な単位（食品の重量、移動距離など）を用いて推計した。トップダウン法は他の領域（その他の消費財、レジャー、サービス）および副次的な項目に関して、より網羅的な推計を行うために用いた。

なお、本研究では、食、住居、移動、その他消費財、レジャー、サービスを分析対象の「領域」とし、推計に用いた個別の製品・サービスを「品目」とした。さらに、似たような製品・サービス群を「中項目」として領域と品目の間に位置付けて整理した。例えば、食領域における中項目としては肉類、穀類、飲料が該当し、そのうち肉類に関する品目としては牛肉、豚肉、鶏肉が該当する。推計の手順は以下の通りである。

1. 国レベルの統計データを収集し、6つの領域における平均的な消費量を食品の重量（kg）、移動距離（人・km）、住居におけるエネルギー消費（kWh）、住居の広さ（m²）、製品またはサービスの支出（日本円）として推定した。
2. 製品および活動に関する排出原単位をLCIデータベースまたはその他の公的・内部データから収集した。日本に関しては、

食、住居、移動領域に関しては環境省（2016）、産業環境管理協会（2012）などのデータを用いた。その他の領域においては、グローバル拡張産業連関（GLIO）モデルによるデータベース（Nansai et al. 2012）を用いた。推計方法およびデータソースの詳細は英語版報告書のAnnex Bを参照されたい。

3. 個別の製品またはサービスごとの消費量に最も適切な排出原単位を掛け算することでライフスタイル・カーボンフットプリントを計算した（図A.1）。
4. 個別の製品またはサービスの品目に関する計算済みカーボンフットプリントを中項目（肉類、穀類、野菜など）および消費領域（6つの領域：食、住居、移動、その他の消費財、レジャー、サービス）に関して合計した。中項目は比較のために対象国間で可能な限り統一した。
5. 推計されたライフスタイル・カーボンフットプリントを図示し、物的消費およびカーボンフットプリントのホットスポット（特に影響の大きい消費領域や製品・サービス項目）を示した。
6. 前章において推計した長期目標をグラフに示し、2030年および2050年のライフスタイル・カーボンフットプリント目標（ネガティブ・エミッション技術の大規模な利用に依存しない1.5℃シナリオ）とのギャップを特定した。合計ライフスタイル・カーボンフットプリント目標は、統計センターから提供された全国消費実態調査（総務省 2004）の匿名マイクロデータを用いた分析に基づき、各領域に配分した。なお、配分の詳細は英語版報告書のAnnex Dを参照されたい。

計算結果は対象国、消費領域、中項目ごとの排出原単位およびカーボンフットプリントを比較するために図表として取りまとめ、本日本語要約版の第4章において検討した。また、詳細な推計表は本日本語要約版の付録3に掲載した。詳細な推計方法、データソースは英語版報告書のAnnex Bを参照されたい。

なお、本研究におけるカーボンフットプリントの推定にはいくつかのデータ入手可能性及び手法上の制約がある。本研究における排出原単位は、分析の対象範囲に最も近いデータを選択しているが、対象範囲や仮定に関する若干の差異があり、場合によっては詳細な情報がデータベースに含まれていない可能性がある。また、本研究におけるボトムアップ法では輸入品の原単位は国内生産品と同一であると仮定したが、これによりカーボンフットプリント推計に若干の誤差が生じる可能性がある。さらに、本研究において分析に用いたデータは、消費者のすべての活動を完全に網羅することは不可能に近いと、いくつかの領域における副次的

な活動を含んでいない可能性がある。消費量は各国において入手可能なデータから推計されているため、統計に関する方法論やデータの品質に差がある可能性がある。また、各領域に配分された2030年および2050年のカーボンフットプリント目標は2004年における日本の家計支出マイクロデータの分析に基づいており、参考値としてのみ活用されるべきである。

ただし、カーボンフットプリント推計における誤差は既存文献においても共通の課題である。トップダウン法による分析であっても、モデル選定や異なるセクター分類に伴う不確実性により、異なる

推計結果が得られる傾向があることが指摘されている (Owen et al. 2014; Arto, Rueda-Cantuche, and Peters 2014; Steen-Olsen et al. 2014)。以上の制約を踏まえ、個別の品目に関する排出原単位データは直接的に国ごとに比較することに必ずしも適していないため、本研究では消費量、カーボンフットプリント、排出原単位を中項目または領域ごとに比較することに焦点を当てた。本研究の目的は、個別の製品やサービスではなくライフスタイルに関連するGHG排出の全体像を描写することであり、個別の製品やサービスに関する詳細な検討は今後の研究課題である。

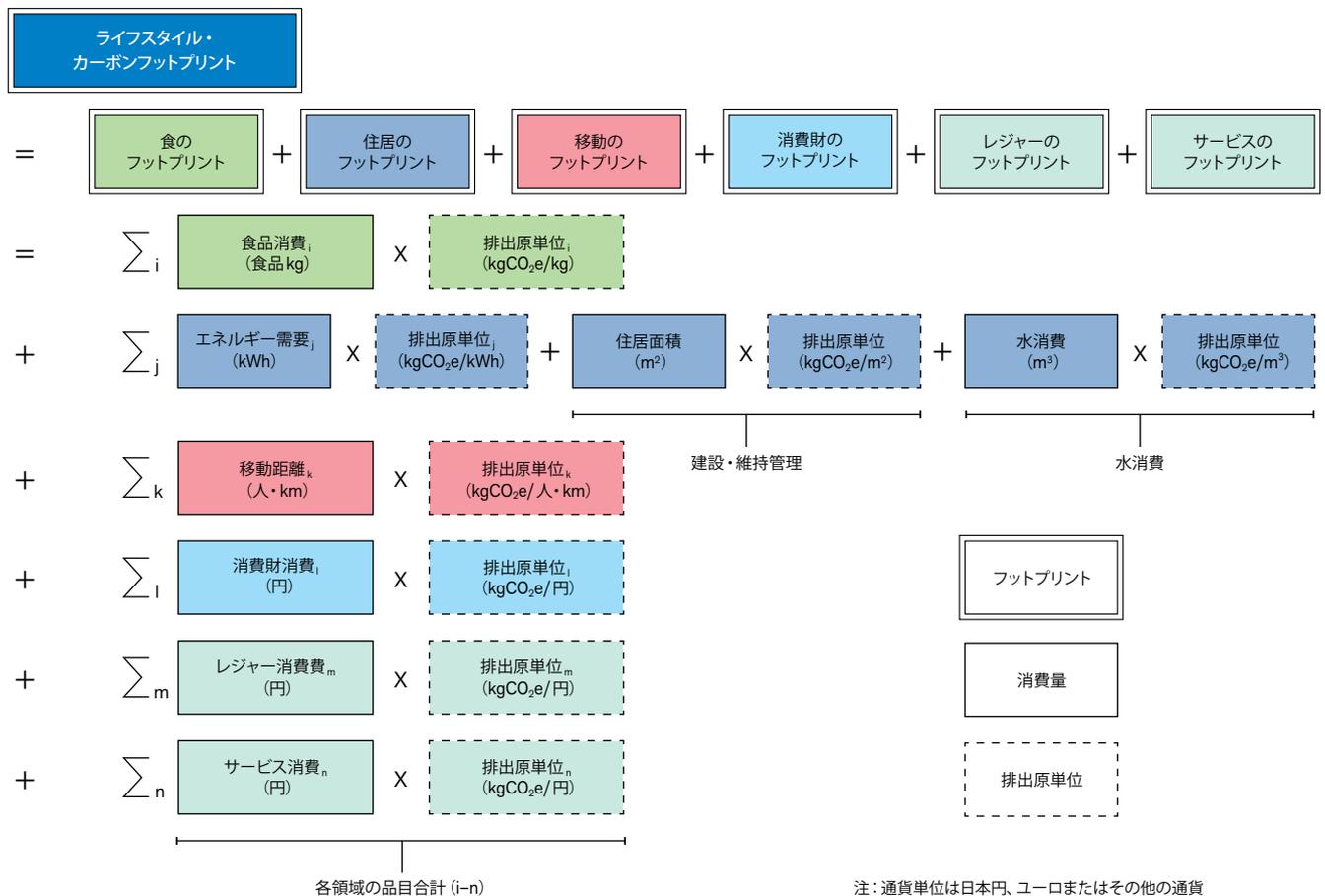


図 A.1 ライフスタイル・カーボンフットプリントの推計方法

付録3. 日本人のライフスタイル・ カーボンフットプリントの詳細表

本研究で推定した平均的な日本人のライフスタイル・カーボンフットプリントを表A.1に示す。

表A.1 平均的な日本人のライフスタイル・カーボンフットプリント (2017年)

消費領域と中項目	一人一年当たり カーボンフットプリント (kgCO ₂ e/人/年)	カーボン フットプリント 割合 (%)	一人一年当たり 消費量	消費量割合 (%)
食	1,400	18%	800 kg	-
穀類	270	19%	160 kg	20%
野菜	140	9.8%	150 kg	19%
豆類	30	1.9%	20 kg	2.5%
乳製品	180	13%	50 kg	6.3%
卵	30	2.0%	20 kg	2.0%
魚介類	100	7.4%	30 kg	3.7%
肉類	330	23%	40 kg	4.6%
果物	60	4.2%	50 kg	6.2%
飲料	140	10%	230 kg	29%
その他	130	9.2%	50 kg	6.5%
住居	2,430	32%	39.4 m²	-
建設・維持管理 ^{注)}	480	20%	39.4 m ²	-
電気	1,330	55%	2120 kWh	51%
電気(再生可能・水力)	8	0.3%	310 kWh	7.4%
電気(石油火力)	150	6.3%	200 kWh	4.7%
電気(LNG火力)	490	20%	890 kWh	21%
電気(石炭火力)	680	28%	680 kWh	16%
電気(原子力)	1	0.03%	40 kWh	0.9%
その他のエネルギー	530	22%	2070 kWh	49%
灯油	190	7.7%	730 kWh	17%
プロパンガス	110	4.5%	430 kWh	10%
都市ガス	230	9.5%	890 kWh	21%
系統外からの再生可能エネルギー・熱蒸気の供給	2	0.1%	20 kWh	0.5%
上水・下水	90	3.7%	110 m ³	-

注：一人当たり平均居住面積

表A.1 平均的な日本人のライフスタイル・カーボンフットプリント (2017年) (続き)

消費領域と中項目	一人一年当たり カーボンフットプリント (kgCO ₂ e/人/年)	カーボン フットプリント 割合 (%)	一人一年当たり 消費量	消費量割合 (%)
移動	1,550	20%	10,970 km	-
飛行機	160	10%	1,660 km	15%
自動車	1,250	80%	5,000 km	46%
バイク	10	0.8%	90 km	0.8%
鉄道	80	5.0%	3,120 km	28%
バス	40	2.8%	490 km	4.5%
フェリー	10	0.9%	20 km	0.2%
自転車	6	0.4%	270 km	2.4%
徒歩	0	0.0%	310 km	2.9%
消費財	1,030	13%	358,600 円	-
白物家電	120	12%	38,200 円	11%
情報・音声映像機器	200	20%	73,400 円	20%
家具・木製品	40	4.0%	14,100 円	3.9%
衣類	220	21%	73,300 円	20%
スポーツ・趣味用品	80	8.1%	32,100 円	9.0%
紙・文房具	20	1.6%	3,800 円	1.1%
日用品・医薬品	120	12%	39,600 円	11%
宝飾品	30	2.7%	9,700 円	2.7%
タバコ	40	3.5%	31,700 円	8.8%
その他	160	15.5%	42,600 円	12%
レジャー	580	8%	220,000 円	-
サービス	650	9%	444,300 円	-
合計	7,650	100%	-	-

参考文献一覧

- 環境省. 2014. 「食品廃棄物等の利用状況等(平成26年度推計)」 <http://www.env.go.jp/press/files/jp/105509.pdf>.
- . 2016. 「サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出等の算定のための 排出原単位データベース (Ver.2.3)」 http://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/tools/DB_v2.3_r.pdf
- . 2019. 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」令和元年6月11日閣議決定. <https://www.env.go.jp/press/111781.pdf>.
- 国土交通省. 2017. 「平成27年度 全国道路・街路交通情勢調査自動車起終点調査 (OD調査) 集計結果の速報について」 <http://www.mlit.go.jp/common/001194564.pdf>.
- 産業環境管理協会. 2012. 「カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム基本データベース活用ガイド」 https://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/pdf/katsuyo_guide_ver1_20120717.pdf.
- 資源エネルギー庁. 2017. 「平成28年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2017)」 <http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2017.pdf>.
- . 2018. 「平成28年度(2016年度)におけるエネルギー需給実績(確報)」 http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/pdf/stte_024.pdf.
- 総務省. 2004. 「平成16年全国消費実態調査」 <https://www.stat.go.jp/data/zensho/2004/index.html>.
- . 2013. 「平成25年住宅・土地統計調査」 <https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2013/tyousake.html>.
- 農林水産省. 2014. 「食品ロス統計調査報告(世帯調査)平成26年度」 http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/syokuhin_loss/.
- Akenji, Lewis. 2014. "Consumer Scapegoatism and Limits to Green Consumerism." *Journal of Cleaner Production* 63: 13–23.
- Akenji, Lewis, Magnus Bengtsson, Raimund Bleischwitz, Arnold Tukker, and Heinz Schandl. 2016. "Ossified Materialism: Introduction to the Special Volume on Absolute Reductions in Materials Throughput and Emissions." *Journal of Cleaner Production* 132: 1–12.
- Akenji, Lewis, and Huizhen Chen. 2016. *A Framework for Shaping Sustainable Lifestyles*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Arto, Iñaki, José M. Rueda-Cantuche, and Glen P. Peters. 2014. "Comparing the GTAP-MRIO and WIOD Databases for Carbon Footprint Analysis." *Economic Systems Research* 26 (3): 327–53.
- Barrett, John, Harry Vallack, Andrew Jones, and Gary Haq. 2002. *A Material Flow Analysis and Ecological Footprint of York*. Stockholm: Stockholm Environment Institute.
- Boitier, Baptiste. 2012. "CO₂ Emissions Production-Based Accounting vs Consumption: Insights from the WIOD Databases." WIOD Conference Paper, April 2012.
- Buhl, Johannes. 2014. "Revisiting Rebound Effects from Material Resource Use. Indications for Germany Considering Social Heterogeneity." *Resources* 3 (1): 106–22.
- C40 Cities Climate Leadership Group. 2018. *Consumption based GHG Emissions of C40 Cities*. <http://www.c40.org/researches/consumption-based-emissions>.
- Clausen, Jens, Katrin Bienge, Jaya Bowry, and Martina Schmitt. 2017. "The five Shades of Sharing." *Ökologisches Wirtschaften - Fachzeitschrift* 32 (4): 30–34.
- Creutzig, Felix, Blanca Fernandez, Helmut Haberl, Radhika Khosla, Yacob Mulugeta, and Karen C. Seto. 2016. "Beyond Technology: Demand-Side Solutions for Climate Change Mitigation." *Annual Review of Environment and Resources* 41 (1): 173–98.
- Dietz, Thomas, Gerald T. Gardner, Jonathan Gilligan, Paul C. Stern, and Michael P. Vandenbergh. 2009. "Household Actions Can Provide a Behavioral Wedge to Rapidly Reduce US Carbon Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106 (44): 18452–56.
- Ellen MacArthur Foundation. 2013. "Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition." <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>.
- European Commission. 2018. *A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. Communication from the commission. COM/2018/773 final.
- Figge, Frank, William Young, and Ralf Barkemeyer. 2014. "Sufficiency or Efficiency to Achieve Lower Resource Consumption and Emissions? The Role of the Rebound Effect." *Journal of Cleaner Production* 69 (April): 216–24.
- Foxon, Timothy J. 2002. "Technological and Institutional 'Lock-in' as a Barrier to Sustainable Innovation." Imperial College Centre for Policy and Technology Working Paper.
- Frieske, Benjamin, Matthias Klötzke, Danny Kreyenberg, Katrin Bienge, Philipp Hillebrand, Hanna Hüging, Thorsten Koska, et al. 2015. "Begleitforschung zu Technologien, Perspektiven und Ökobilanzen der Elektromobilität: STROMbegleitung; Abschlussbericht des Verbundvorhabens" [Accompanying Research on Technologies, Perspectives and Life-Cycle Assessment of Electric Mobility: STROMbegleitung: Final Report of the Joint Research Project]. Stuttgart: Dt. Zentrum für Luftund Raumfahrt. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-59663>.
- Girod, Bastien, and Peter De Haan. 2010. "More or Better? A Model for Changes in Household Greenhouse Gas Emissions due to Higher Income." *Journal of Industrial Ecology* 14 (1): 31–49.
- Greenhouse Gas Protocol. 2011. *Corporate Value Chain (Scope3) Accounting and Reporting Standard*. http://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf.
- Hertwich, Edgar G. 2005. "Life Cycle Approaches to Sustainable Consumption: A Critical Review." *Environmental Science & Technology* 39 (13): 4673–84.
- Hertwich, Edgar G., and Glen P. Peters. 2009. "Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis." *Environmental Science and Technology* 43 (16): 6414–20.
- Institute for Global Environmental Strategies, Aalto University, and D-mat ltd. 2019. *1.5-Degree Lifestyles: Targets and Options for Reducing Lifestyle Carbon Footprints*. Technical Report. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.
- IIASA. 2014. *IPCC AR5 Scenarios Database*. <https://tntcat.iiasa.ac.at/AR5DB>.
- IPCC. 2014a. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- . 2014b. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- . 2018. "Summary for Policymakers." In *Global Warming of 1.5 °C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*.
- ISO. 2018a. "Greenhouse Gases - Carbon Footprint of Products - Requirements and Guidelines for Quantification." ISO 14067.
- . 2018b. "Greenhouse Gases - Part 1: Specification with Guidance at the Organization Level for Quantification and Reporting of Greenhouse Gas Emissions and Removals." ISO 14064-1.
- Jones, Christopher M., and Daniel M. Kammen. 2011. "Quantifying Carbon Footprint Reduction Opportunities for U.S. Households and Communities." *Environmental Science & Technology* 45 (9): 4088–95.
- KGM & Associates Pty. Ltd. 2019. *The Eora Global Supply Chain Database: Carbon Footprint of Nations*. <https://worldmrio.com/footprints/carbon/>.
- Kotakorpi, Elli, Satu Lähteenoja, and Michael Lettenmeier. 2008. "Household MIPS - Natural Resource Consumption of Finnish Households and Its Reduction." *The Finnish Environment* 43. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38369/FE_43en_2008.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- Lacroix, Karine. 2018. "Comparing the Relative Mitigation Potential of Individual pro-Environmental Behaviors." *Journal of Cleaner Production* 195 (September): 1398–1407.
- Lettenmeier, Michael, Senja Laakso, and Viivi Toivio. 2017. "Future Households: Smaller Footprint, Better Life." In *Boosting Resource Productivity by Adopting the Circular Economy*, edited by Christian Ludwig and Cecilia Matasci, 293–97. Villigen: Paul Scherrer Institut.
- Lettenmeier, Michael, Christa Liedtke, and Holger Rohn. 2014. "Eight Tons of Material Footprint—suggestion for a Resource Cap for Household Consumption in Finland." *Resources* 3 (3): 488–515.
- Lorek, Sylvia, and Joachim H. Spangenberg. 2014. "Sustainable Consumption within a Sustainable Economy – beyond Green Growth and Green Economies." *Journal of Cleaner Production* 63 (January): 33–44.
- Material Economics. 2018. *The Circular Economy: A Powerful Force for Climate Mitigation*. Stockholm: Material Economics Sverige AB.

- Meyer, Aubrey. 2000. *Contraction & Convergence: The Global Solution to Climate Change*. Green Books.
- Michaelis, Laurie, and Sylvia Lorek. 2004. "Consumption and the Environment in Europe — Trends and Futures." In Danish Environmental Protection Agency, Environmental Project No. 904 2004.
- Mao, Caixia, Ryu Koide, and Lewis Akenji. 2019. *Society and Lifestyles in 2050: Insights from a Global Survey of Experts*. Discussion Paper. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.
- Moore, Jennie. 2013. *Getting Serious about Sustainability: Exploring the Potential for One-Planet Living in Vancouver*. University of British Columbia. <https://open.library.ubc.ca/collections/ubctheses/24/items/1.0074187>.
- Moore, Jennie, Meidad Kissinger, and William E. Rees. 2013. "An Urban Metabolism and Ecological Footprint Assessment of Metro Vancouver." *Journal of Environmental Management* 124 (July): 51–61.
- Nansai, Keisuke, Yasushi Kondo, Shigemi Kagawa, Sangwon Suh, Kenichi Nakajima, Rokuta Inaba, and Susumu Tohno. 2012. "Estimates of Embodied Global Energy and Air-Emission Intensities of Japanese Products for Building a Japanese Input-Output Life Cycle Assessment Database with a Global System Boundary." *Environmental Science & Technology* 46 (16): 9146–54.
- Nelldal, Bo-Lennart, and Evert Andersson. 2012. "Mode Shift as a Measure to Reduce Greenhouse Gas Emissions." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 48 (January): 3187–97.
- Nissinen, Ari, Juha Grönroos, Eva Heiskanen, Asmo Honkanen, Juha-Matti Katajajuuri, Sirpa Kurppa, Timo Mäkinen, Ilmo Mäenpää, Jyri Seppälä, Päivi Timonen, Kirsi Usva, Yrjö Virtanen, and Pasi Voutilainen. 2007. "Developing Benchmarks for Consumer-Oriented Life Cycle Assessment-Based Environmental Information on Products, Services and Consumption Patterns." *Journal of Cleaner Production* 15 (6): 538–49.
- Norwegian University of Science and Technology. 2018. "Environmental Footprint Explorers." Accessed April 19, 2018. <https://environmentalfootprints.org/>.
- OECD. 2002. *Towards Sustainable Household Consumption? Trends and Policies in OECD Countries*. Policy Brief. Organisation for Economic Co-operation and Development. <http://www.oecd.org/greengrowth/consumption-innovation/1938984.pdf>
- Ottelin, Juudit, Jukka Heinonen, and Seppo Junnila. 2017. "Rebound Effects for Reduced Car Ownership and Driving." In *Nordic Experiences of Sustainable Planning: Policy and Practice*. Routledge.
- Owen, Anne, Kjartan Steen-Olsen, John Barrett, Thomas Wiedmann, and Manfred Lenzen. 2014. "A Structural Decomposition Approach to Comparing MRIO Databases." *Economic Systems Research* 26 (3): 262–83.
- Peters, Glen P., and Edgar G. Hertwich. 2008. "Post-Kyoto Greenhouse Gas Inventories: Production versus Consumption." *Climatic Change* 86 (1): 51–66.
- Ranger, N., L. K. Gohar, J. A. Lowe, S. C. B. Raper, A. Bowen, and R. E. Ward. 2012. "Is It Possible to Limit Global Warming to No More than 1.5°C?" *Climatic Change* 111 (3): 973–81.
- Rockström, Johan, Owen Gaffney, Joeri Rogelj, Malte Meinshausen, Nebojsa Nakicenovic, and Hans Joachim Schellnhuber. 2017. "A Roadmap for Rapid Decarbonization." *Science* 355 (6331): 1269–71.
- Rockström, Johan, Will Steffen, Kevin Noone, Åsa Persson, F. Stuart Chapin 3rd, Eric F. Lambin, Timothy M. Lenton, et al. 2009. "A Safe Operating Space for Humanity." *Nature* 461 (7263): 472–75.
- Rogelj, Joeri, William Hare, Jason Lowe, Detlef P. van Vuuren, Keywan Riahi, Ben Matthews, Tatsuya Hanaoka, Kejun Jiang, and Malte Meinshausen. 2011. "Emission Pathways Consistent with a 2 °C Global Temperature Limit." *Nature Climate Change* 1 (8): 413–18.
- Rogelj, Joeri, Gunnar Luderer, Robert C. Pietzcker, Elmar Kriegler, Michiel Schaeffer, Volker Krey, and Keywan Riahi. 2015. "Energy System Transformations for Limiting End-of-Century Warming to below 1.5 °C." *Nature Climate Change* 5 (6): 519–27.
- Salo, Marja, and Ari Nissinen. 2017. "Consumption Choices to Decrease Personal Carbon Footprints of Finns." Reports of the Finnish Environment Institute 30. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/225779/SYKE_30_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Sanne, Christer. 2002. "Willing Consumers —or Locked-in? Policies for a Sustainable Consumption." *Ecological Economics: The Journal of the International Society for Ecological Economics* 42: 273–87.
- Seppälä, Jyri, Ilmo Mäenpää, Sirkka Koskela, Tuomas Mattila, Ari Nissinen, Juha-Matti Katajajuuri, Tiina Härmä, Marja-Riitta Korhonen, Merja Saarinen, and YrjöVirtanen. 2011. "An Assessment of Greenhouse Gas Emissions and Material Flows Caused by the Finnish Economy Using the ENVIMAT Model." *Journal of Cleaner Production* 19 (16): 1833–41.
- Schanes, Karin, Stefan Giljum, and Edgar Hertwich. 2016. "Low Carbon Lifestyles: A Framework to Structure Consumption Strategies and Options to Reduce Carbon Footprints." *Journal of Cleaner Production* 139: 1033–43.
- Schmidt-Bleek, Friedrich. 1993. "Wieviel Umwelt Braucht Der Mensch -MIPS, Das Maß Für Ökologisches Wirtschaften" [How Much Environment Do People Require – MIPS, The Measure for Ecological Economy]. Basel, Boston, Berlin: Verlag Birkhäuser.
- Sorrell, Steve. 2007. "The Rebound Effect: An Assessment of the Evidence for Economy-Wide Energy Savings from Improved Energy Efficiency." UN Energy Research Centre. <https://doi.org/1-903144-0-35>.
- . 2012. "Mapping Rebound Effects from Sustainable Behaviours: Key Concepts and Literature Review." SLRG Working Paper 01–10. Guildford: The Sustainable Lifestyles Research Group (SLRG).
- Steen-Olsen, Kjartan, Anne Owen, Edgar G. Hertwich, and Manfred Lenzen. 2014. "Effects of Sector Aggregation on CO₂ Multipliers in Multiregional Input–Output Analyses." *Economic Systems Research* 26 (3): 284–302.
- Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, et al. 2015. "Sustainability. Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet." *Science* 347 (6223): 1259855.
- Teubler, Jens, Sebastian Kiefer, and Christa Liedtke. 2018. "Metals for Fuels? The Raw Material Shift by Energy-Efficient Transport Systems in Europe." *Resources* 7 (3): 49.
- Tukker, Arnold, Maurie J. Cohen, Klaus Hubacek, and Oksana Mont. 2010. "The Impacts of Household Consumption and Options for Change." *Journal of Industrial Ecology* 14 (1): 13–30.
- Tukker, Arnold, Gjaltp Huppés, Jeroen Guinée, Reinout Heijungs, A. de Koning, Laurant Oers, Sangwon Suh, et al. 2006. "Environmental Impact of Products (EIPRO) Analysis of the Life Cycle Environmental Impacts Related to the Final Consumption of the EU-25." Technical Report Series, EUR 22284 EN, 1 - 136.
- UNEP. 2014. *The 10YFP Programme on Sustainable Lifestyles and Education*. Accessed November 20, 2019. https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/sle_brochure.pdf.
- . 2016. *The Emissions Gap Report 2016*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- . 2017. *The Emissions Gap Report 2017*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- . 2018. *The Emissions Gap Report 2018*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- UNFCCC. 2015. "Report of the Conference of the Parties to Its Twenty First Session, Held in Paris from 30 November to 13 December 2015." Addendum-Part Two: Action Taken by the Conference of the Parties.
- United Nations. 2017. "World Population Prospects: The 2017 Revision." Accessed March 20, 2018. <https://esa.un.org/unpd/wpp/>.
- Unruh, Gregory C. 2000. "Understanding Carbon Lock-In." *Energy Policy* 28 (12): 817–30.
- Van Vuuren, Detlef P., Elke Stehfest, David E. H. J. Gernaat, Maarten van den Berg, David L. Biji, Harmen Sytze de Boer, Vassilis Daioglou, et al. 2018. "Alternative Pathways to the 1.5 °C Target Reduce the Need for Negative Emission Technologies." *Nature Climate Change* 8 (5): 391–97.
- Vandenbergh, Michael P., Jack N. Barkenbus, and Jonathan M. Gilligan. 2008. "Individual Carbon Emissions: The Low-Hanging Fruit." *UCLA Law Review*. University of California, Los Angeles. School of Law 55 (6): 1701–58.
- Wiedmann, Thomas, and Jan Minx. 2008. "A Definition of 'carbon Footprint'." *Ecological Economics Research Trends* 1: 1–11.
- Wynes, S., and K. A. Nicholas. 2017. "The Climate Mitigation Gap: Education and Government Recommendations Miss the Most Effective Individual Actions." *Environmental Research Letters* 12: 074024.

