

令和 3 年 8 月 17 日現在

機関番号：82101

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(A））

研究期間：2018～2020

課題番号：18KK0322

研究課題名（和文）プラネタリーヘルスに向けたPM2.5による消費基準健康被害量の全球的予測

研究課題名（英文）Global projection of consumption-based PM2.5 health impacts for planetary health

研究代表者

南齋 規介（Nansai, Keisuke）

国立研究開発法人国立環境研究所・資源循環・廃棄物研究センター・室長

研究者番号：80391134

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 6,800,000円

渡航期間： 15ヶ月

研究成果の概要（和文）：G20議長国の19カ国を対象にそれらの消費がグローバルサプライチェーンを通じて誘引する直接的間接的なPM<sub>2.5</sub>の一次粒子排出量と二次粒子前駆物質排出量を推計し、それが形成する大気のPM<sub>2.5</sub>濃度を計算した。この濃度をもとに世界199カ国におけるPM<sub>2.5</sub>に由来する早期死亡者を算定することで、G20各国の早期死亡者フットプリントを同定した。加えて、各国の2050年と2100年の性別年齢層別の将来人口動態変化を考慮し、平均寿命までの消費が引き起こす生涯消費フットプリントを同定した。高齢化による高リスク人口の増加とアフリカにおける人口増加が生涯消費フットプリントを大きく変化させる要因であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

各国首脳が出席するハイレベル政策会合であるG20議長国について、グローバルサプライチェーンを通じて生じるPM<sub>2.5</sub>由来の早期死亡者の定量情報と2050年と2100年の将来人口動態変化が早期死亡者数の変化と密接であることを示した。これは、PM<sub>2.5</sub>による人健康影響に対して、G20として協働対策や国際貿易の制度設計を促進することを支援するとともに、改善実施の遅延は早期死亡者の現状維持でなく、大きく増加することを警告する。

研究成果の概要（英文）：We estimated the direct and indirect PM<sub>2.5</sub> primary and secondary precursor emissions induced by the global supply chains of the 19 G20 Presidency countries and calculated the atmospheric PM<sub>2.5</sub> concentrations brought out from those emissions. We calculated the number of premature deaths due to exposure to PM<sub>2.5</sub> concentrations in 199 countries worldwide, and determined the PM<sub>2.5</sub> premature death footprint of each G20 country. In addition, the footprint caused by their lifetime consumption up to life expectancy by considering future demographic changes by sex and age group in 2050 and 2100 in the world. An increase in the number of high-risk populations due to ageing and population growth in Africa were found to be the main drivers of changes in the lifetime consumption footprint.

研究分野：環境システム学

キーワード：消費基準勘定 グローバルサプライチェーン 早期死亡者 大気汚染

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

PM<sub>2.5</sub>に関する消費基準健康被害量の算定は、Takahashi らが 2014 年に世界で初めて報告したが、アジア 9 カ国を評価範囲とした一次粒子のみを対象とした評価であった。その後、清華大学(中国)の Zhang らが世界 13 地域間の 2007 年消費基準被害量を二次粒子を含めて算定し、”Transboundary health impacts of transported global air pollution and international trade”を *Nature* (543)で発表した。Zhang らの方法は、国際貿易を通じた間接的な被害量の存在を示すことはできるが、13 地域間の分析で削減の国際体制は議論ができない。だが、Zhang らの貢献により、アジアだけでなく世界全体を捉え、過去ではなく将来を見据えた事実の発見と政策的含意を導くことが次の重要課題となった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、アジアのサプライチェーンを通じた PM<sub>2.5</sub> に健康被害を分析する基課題を進展させ、分析対象とするサプライチェーンを世界経済全体に拡張し、将来影響を見据えて経済需要国と PM<sub>2.5</sub> による健康被害国とが連帯する国際協働体制を構築する枠組みを科学的見地から提案することである。

3. 研究の方法

グローバルサプライチェーンを考慮した PM<sub>2.5</sub> による健康被害を消費者基準勘定で行うため、世界 186 カ国を含む EORA 世界産業連関表と大気汚染物質排出インベントリデータベース (EDGAR) を組み合わせ、一国の消費が世界に誘引する PM<sub>2.5</sub> 一次粒子および二次粒子前駆物質の消費基準排出マップを作成した。消費国として、対策の国際協働体制を検討できる機会と素地のある G20 議長国 (19 カ国) を選定した。消費基準排出マップを 6 領域 (アジア、欧州、北米、南米、アフリカ、オセアニア) 別に大気化学輸送モデル (CMAQ) に入力し、45km グリッドの解像度で消費国が直接間接に生成する PM<sub>2.5</sub> 濃度を求めた。統合暴露反応モデル (IER) にグリッド濃度を付与して、5 つの疾患別 (虚血性心疾患 (IHD)、慢性閉塞性肺疾患 (COPD)、脳卒中、肺がん (LC)、下気道感染症 (LRI)) に相対リスクを計算し、人口データから性別年齢階層別の早期死亡者数 (PM<sub>2.5</sub> 早期死亡者フットプリント) を 6 領域に存在する世界 199 カ国について算定した。さらに、各国の 2050 年および 2100 年の性別年齢階層別の人口動態の変化を組み込み、G20 各国の PM<sub>2.5</sub> 早期死亡者フットプリントに対する将来影響を定量化した。

4. 研究成果

(1) G20 議長国である 19 カ国 (アルゼンチン、オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、フランス、ドイツ、インド、インドネシア、イタリア、日本、メキシコ、ロシア、サウジアラビア、南アフリカ、トルコ、英国、米国) の消費がグローバルサプライチェーンを通じた PM<sub>2.5</sub> の発生によって世界 199 カ国にもたらす早期死亡者の総数は 2010 年において約 200 万人と推計された。死亡者数の多い国順の内訳を図 1 に示す。中国で約 950 万人の死亡者があり、インドが 47 万人と続く。G20 議長国の消費のため、G20 国内 (\*のある国) の死亡者が多いが、バングラディッシュ (BGD) やウクライナ (UKR) のように誘発した PM<sub>2.5</sub> の越境汚染によってもたらす被害もフットプリントにおいて大きいことを確認した。一次粒子と二次粒子の寄与を見ると、二次粒子の割合が特に先進国における影響では大きい。これは、サプライチェーンでの経済活動に連動する PM<sub>2.5</sub> が対象となるため、ダストや森林火災などの自然起源一次粒子がフットプリントには含まれないことも要因の一つである。

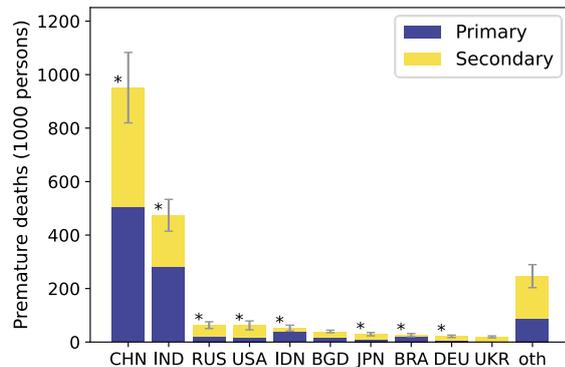


図 1 : G20 議長国 (19 カ国) の消費の伴いグローバルサプライチェーンを通じて発生する PM<sub>2.5</sub> による早期死亡者数 (死亡者の多い上位 10 カ国)

(2) G20 国全体の消費に関する PM<sub>2.5</sub> 早期死亡者フットプリントを性別年齢層別に見ると (図 2)、年齢層の増加に伴い概ね早期死亡者が増えることがわかる。しかし、0 から 5 歳未満の乳幼児の死亡者数も約 7 万 9 千人存在することから、早期死亡者の平均死亡年齢を下げており 67 歳と推計された。この早期死亡者の平均年齢は消費国によって差が大きく、南アフリカでは 57 歳、サウジアラビアでは 59 歳、インドでは 60 歳であるのに対し、英国、フランス、ドイツは 71 歳であった。

(3) G20 国の早期死亡者フットプリントの内訳を 6 領域ごとに 5 つの疾病別に図 3 に示す。中国インドでの死亡者が多いため、アジア領域での死亡者が卓越している。欧州領域や北米領域と比べて、乳幼児死亡の主要原因となっている LRI の割合が高いことが特徴的である。この LRI の高割合は南アフリカ領域にも共通する。G20 のフットプリントの縮小において、PM<sub>2.5</sub> の排出削減だけ

でなく、医療や公衆衛生の支援による各疾病の基本死亡率の改善も重要である。支援の優先性は地域による違いが明確にあることに留意すべきである。

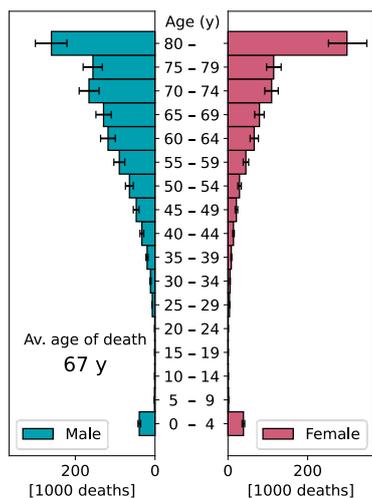


図2：G20 議長国（19 カ国）の PM<sub>2.5</sub> による早期死亡者数フットプリントの性別年齢層別内訳

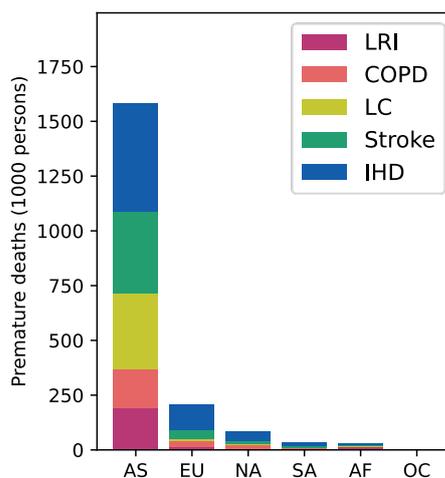


図3：G20 議長国（19 カ国）の PM<sub>2.5</sub> による早期死亡者数フットプリントの領域別疾病別内訳

(4) G20 国のフットプリントを各国の人口合計（43 億人）で割ることで、消費者一人当たりのフットプリントに換算すると、0.00046 死亡者/人となる。これに G20 国の平均寿命（77.46 歳）を乗じると、一人当たりの生涯消費に起因する早期死亡者を見積もることができる。本研究では、先進国の少子高齢化や途上国の人口増大による影響をこのフットプリントに反映させることを行った。具体的には、199 カ国の性別年齢層別の 2050 年と 2100 年の人口を国連統計を基に整備し、2010 から 2050 年、2050 年から 2100 年まで各年の人口を線形補間により 199 カ国について推計した。これをもとに、2010 年から平均寿命（77.46 年）に相当する期間の人口増加率を対応する国の性別年齢層別の早期死亡者数に乗じることで、現状と将来の暴露人口の補正を行った。

その結果、G20 全体の一人当たりの生涯消費は 0.095 人の早期死亡者フットプリントを生み出すことが推計された（図4参照）。G20 の中では、中国の値が最も高く、サウジアラビア、英国、ドイツ、米国と韓国となった。中国の高い値は、2050 年に向けて死亡リスクの高い高齢者人口が増加していることを反映しており、中国の一人当たりの消費によって発生する PM<sub>2.5</sub> 濃度が変わらない場合、ハイリスクな暴露人口の増加が一人当たりのフットプリントの増加を牽引することを示唆する。日本（84.21 歳）、イタリア（82.95 歳）、オーストラリア（82.75 歳）のように、平均寿命が 80 歳を超えると、各国のフットプリントの差は小さくなる傾向がある。

南アフリカ（63.86 歳）は G20 諸国の中で最も平均寿命が短い国である。生涯消費にフットプリントはオーストラリア、日本、イタリアなどの長寿国の数値に近い。これは、南アフリカの一人当たりのフットプリントが、基本死亡率の高い同国において将来の人口増加の影響を受けるためである。

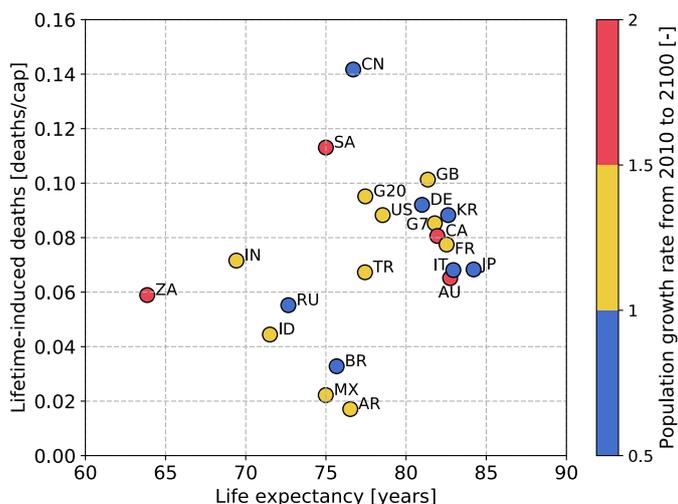


図4：G20 議長国（19 カ国）の平均寿命と生涯消費に伴う PM<sub>2.5</sub> による早期死亡者数フットプリントの比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nansai Keisuke, Tohno Susumu, Chatani Satoru, Kanemoto Keiichiro, Kurogi Midori, Fujii Yuta, Kagawa Shigemi, Kondo Yasushi, Nagashima Fumiya, Takayanagi Wataru, Lenzen Manfred	4. 巻 134
2. 論文標題 Affluent countries inflict inequitable mortality and economic loss on Asia via PM2.5 emissions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environment International	6. 最初と最後の頁 105238 ~ 105238
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.envint.2019.105238	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Keisuke Nansai, Susumu Tohno, Satoru Chatani, Keiichiro Kanemoto, Shigemi Kagawa, Yasushi Kondo, Wataru Takayanagi, and Manfred Lenzen
2. 発表標題 PM2.5-driven economic losses generated by the global trade
3. 学会等名 10th ISIE conference（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	レンツェン マンフレッド	シドニー大学・School of Physics・Professor	
	(Lenzen Manfred)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
オーストラリア	The University of Sydney			