

化学輸送モデルを用いた影響評価手法の開発と越境移動を考慮した

大気汚染フットプリント分析

Development of impact assessment method using chemical transport model and air pollution footprint analysis considering transboundary movement

○小野あかり^{*1)} 湯龍龍²⁾ 小野雄也¹⁾ 伊坪徳宏¹⁾

1) 東京都市大学伊坪研究室 2) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

*g1683103@tcu.ac.jp

1. はじめに

Global Burden of Disease project の報告によると、2013 年には大気汚染による死亡者数が 550 万人にまでのぼり、肺がんをはじめとする様々な疾患への寄与も指摘されている。

また、国立環境研究所によると、アジア大陸で排出された大気汚染物質が西風によって日本列島に運ばれ、日本における微小粒子等の汚染レベルを押し上げる（越境被害を受けている）ことも報告されている。

大気汚染を対象とした健康影響評価を行っている既存研究を、疫学研究及び LCA 研究の双方から調査した結果、以下のような課題点が見えてきた。

- 既存研究の傾向から、近年相対リスク評価モデルを用いた影響評価手法は出てきている
- しかし、地域区分や解像度、疾患の網羅性の観点から未だ十分とは言えない
- 大気汚染フットプリントに関しては、世界の生産活動と消費活動に着目をし、どの地域に要因があるのかを示している論文もある
- しかし、具体的な要因国や要因製品まで示し、かつ具体的な対策を提言している研究はないことが分かった
- 更に損失余命で上記を示している文献もない

2. 研究目的

本研究では研究目的として以下 2 つを挙げる。

1. 越境大気汚染の考慮・詳細な解像度及び地域区分で多物質多疾患の評価を可能とする一般大気汚染の健康被害係数の開発
2. 全球を対象に健康影響評価を行い、越境汚染の影響を分析する

3. 評価対象及び研究方法

3.1 評価対象

評価対象物質は SO₂, BCOC, NO_x, NH₃ とする。対象国は、EDGAR が対象としている 192 ヶ国を 32 地域に統合した。LIME3 が 10 地域を対象としたことに比べると地域細分数を大幅に増やしたことになる。

また、対象疾患は、肺がん(LC), 虚血性心疾患(IHD), 慢性閉塞性肺疾患(COPD), 脳卒中(STROKE), 急性下気道性感染症(ALRI) の計 5 疾患を対象とする。

3.2. 算定方法及び使用データ

被害係数及び健康影響評価の算定フローを図 1 に示す。

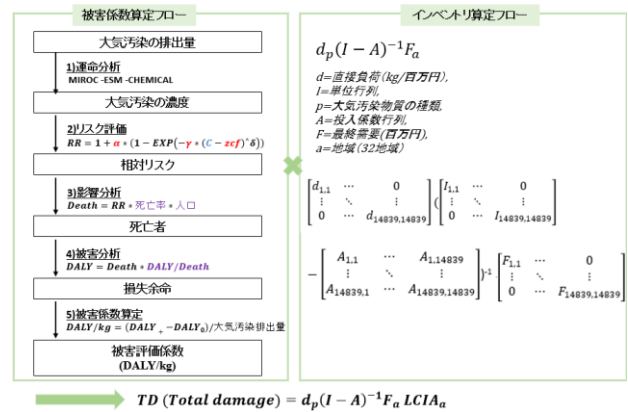


図 1 算定フロー

本研究では、大きく 2 つの算定フローに分かれて計算を進め、最終的な結果を算出している。

左側の被害係数算定フローに関してのみ、以下の図 2 にて詳細に説明をする。



図 2 被害係数算定フロー

算定フローは全 6 行程から成り、その過程で、濃度測定モデル(MIROC-ESM-CHEMICAL)や相対リスク評価モデル(An integrated exposure-response (IER) model)を使用している。

その後、図1のインベントリ算定フローで算出された結果と乗じることで最終的な32地域ごとのフットプリント結果を算出した。

以下、使用したデータを記載する。

表1 使用データ

被害係数算定フロー	1) 運命分析	モデル	グローバル輸送モデル (MIROC-ESM-CHEMICAL)
	2) リスク評価	参考文献	Addressing Global Mortality from Ambient PM _{2.5}
		パラメーター ($\alpha, \gamma, \delta, zcf, C$)	α, γ, δ : Global burden of Disease, $zcf: 5.8(\mu g/m^3)$ C: 国立環境研究所 Nagashima et al.
	3) 影響分析	死亡率人口	WHO 2010 (LC, IHD, COPD, STROKE ≥ 30 ALRI < 5)
	4) 被害分析	DALY 死亡者数	WHO 2010 (LC, IHD, COPD, STROKE ≥ 30 ALRI < 5)
5) 被害係数算定	大気汚染排出量	国立環境研究所 Nagashima et al.	
インベントリ算定フロー	全球評価	大気汚染排出量	Eora Database

4 結果

まず死亡者数の結果を既存研究と比較したものを示す。(表2)

表2 死亡者数結果

論文名	【既存論文1】 Transboundary health impacts of transported global air pollution and international trade.	【既存論文2】 The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale.	本研究	
著者	Zhang et al. (2017)	Lelieveld et al. (2015)		
発行元	NATURE	NATURE		
大気濃度測定モデル	GEOS-chemical transport model.	global ECHAM5/MESSEY atmospheric chemistry (EMAC)-general circulation model	グローバル輸送モデル (MIROC-ESM-CHEMICAL)	
解像度	不明	$1.1^\circ \times 1.1^\circ$	$0.1^\circ \times 0.1^\circ$	
インベントリデータベース	GTAP(2007,2008)	不明	MRIO(2010)	
対象疾患	LC, IHD, COPD, STROKE	LC, IHD, COPD, CEV ≥ 30 ALRI < 5	LC, IHD, COPD, STROKE ≥ 30 ALRI < 5	
死亡者数 (千人)	LC	206	161	279
	IHD	1,396	1,079	1,467
	COPD	394	374	524
	STROKE	1,452	1,311	1,765
	ALRI	-	230	251

上記の表では死亡者数以外にも、各研究で使用しているデータ等を載せて既存研究との比較を行っている。左2つが既存研究となっており、右が本研究の値となっている。結果としてはどちらの研究結果とも近い値となっており、本研究で使用した大気汚染測定モデルの結果を含め概ね妥当なのではないと言える。疾患ごとに見ていくとどの研究結果においても脳卒中の被害が最も高いことが分かった。

次に、本研究で算出された被害係数結果をBCOCのみ示す(図2)。

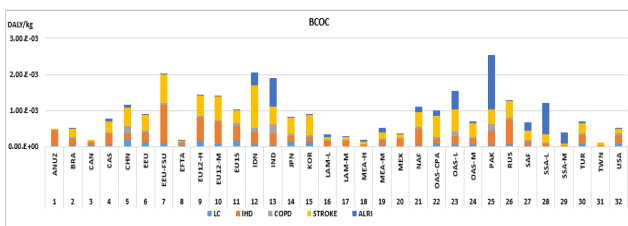


図2 被害係数結果(BCOC)

係数結果としては、大きい地域からパキスタン、インド、欧州の順となった。

また、高齢者の多い欧州地域は、高齢者がかかりやすい虚血性心疾患の割合が大きく、小児が多くいるパキスタン地域では5歳未満を対象とした急性下気道性感染症の割合が高くなるといった地域性が見られた。

最後に、各地域の年間消費額、大気汚染排出量、健康影響を図示化したものをBCOCのみ示す(図3)。

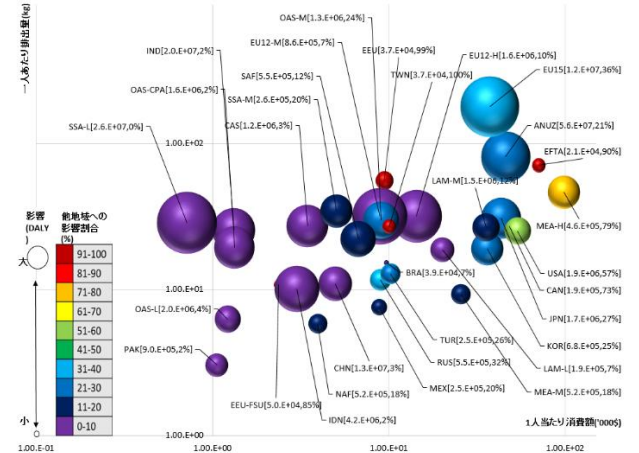


図3 消費・排出・影響関係図

横軸が消費額('000\$/人・年間)、縦軸が年間排出量(kg/人・年間)、円形が健康影響(DALY/地域・年間)となっている。円形の先に示されているカッコ内の数字は、左がDALY値、右が他地域への影響割合(%)となっている。円形の大きさが影響の規模を示しており、色が赤に近づくほど他地域への影響割合が大きい。この図を見ることで、経済状況と排出量の関係性や健康影響が最終的にどの程度自地域に来るのか、または他地域に行くのかを見ることが出来る。

5 まとめ

本研究では越境大気汚染の考慮・詳細な解像度及び地域区分で多物質多疾患の評価を可能とする一般大気汚染の健康被害係数の開発を行った。

健康影響評価結果では、各地域の消費額・排出量・影響の関係を見た。

自地域の消費活動から排出量、そして健康影響までの一連の流れから地域ごとの特性をみることが出来た。

6 参考文献

- 1) Global Burden of Disease project
- 2) An Integrated Risk Function for Estimating the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Fine Particulate Matter Exposure p.397-404
- 3) Regionalized life cycle impact assessment of air pollution on the global scale: Damage to human health and vegetation p.129-137