

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 5 月 13 日現在

機関番号：34315

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K24387

研究課題名（和文）大気汚染規制と気候変動対策による食料安全保障への共便益

研究課題名（英文）Co-benefits of air pollution regulations and climate change mitigation for food security

研究代表者

長谷川 知子（Hasegawa, Tomoko）

立命館大学・理工学部・准教授

研究者番号：60615524

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、全球を対象に気候変動およびその緩和策が対流圏オゾン濃度変化を通じて作物収量、食料消費と飢餓リスク人口への影響を評価した。その結果、強い気候変動緩和策を実施した場合の飢餓リスク人口は気候変動なし・緩和策なしのシナリオと比べて、気候変動影響により約980万人増加する一方、オゾン濃度軽減により約550万人減少し、合計で約380万人増加した。地域別に見ると、オゾン濃度軽減による食料消費カロリーの増加および飢餓リスク人口の減少に大きな効果が見られたのはインド、その他アジアなどの深刻な飢餓に直面する地域であり、本研究知見は、途上国を中心に気候変動対策導入のインセンティブになると言える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで気候変動と気候変動緩和策が作物収量変化を通じて食料消費や飢餓リスク人口に及ぼす影響は評価されてきたが、気候緩和策の効果のみを考慮し、大気汚染軽減を通じた副次的な効果は考慮されていなかった。本研究ではそれを明らかにした。今回得られた結果、すなわち、気候変動対策がオゾン濃度軽減を通じて食料消費を増やし飢餓リスクを減らすという気候変動対策の副次的便益を示せたことは、特に途上地域での気候変動対策の導入においてインセンティブになりえるため、本知見の社会的意義は高いと言える。

研究成果の概要（英文）：We investigated the impact of climate change and mitigation measures on crop yield, food consumption and population at risk of hunger through changes in tropospheric ozone concentration at the global level. As a result, we found that the population at the risk of hunger increases by 9.8 million due to the effects of climate change, while it decreases by 5.5 million due to reduced ozone concentration, resulting in a total increase of 3.8 million under a stringent climate change mitigation scenario compared to a baseline scenario with no climate change and no climate mitigation. At regional scale, in the regions currently facing at risk of hunger such as India and other South Asian countries, the reduction in ozone concentration had a significant effect on the increase in food consumption and the decrease in the risk of hunger. This benefit could be an incentive to introduce climate change mitigation measures in developing regions.

研究分野：環境システム工学

キーワード：気候変動 対流圏オゾン 共便益

1. 研究開始当初の背景

これまで気候変動対策の副次的効果の研究は大気汚染の健康影響で盛んに行われてきた。しかし、大気汚染の農業影響については極めて限定的な知見しかない。例えばオゾンの農業に対する影響を調べた研究として世界的な作物収量被害の推定を行ったものがいくつか存在するが、大気汚染物質排出シナリオの前提となる社会経済状況の一貫性がない。また、気候緩和策を行う事による効果が不明であるという問題があった。さらに、気候変動と気候変動緩和策が作物収量変化を通じて食料消費や飢餓リスク人口に及ぼす影響は評価されてきたが、気候緩和策の効果のみを考慮し、大気汚染軽減を通じた副次的な効果は考慮されていない。

2. 研究の目的

そこで本研究では、世界全体を対象として気候変動と気候緩和策が対流圏オゾン濃度変化を通じて作物収量、食料消費と飢餓リスク人口への影響を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、世界経済モデル(応用一般均衡モデル)を用いて、温室効果ガス削減を実施したシナリオとそうでないシナリオの大気汚染物質排出量に基づき、オゾン濃度、収量変化を推計した。さらに、気候変動とオゾン濃度変化を通じて作物収量にもたらす直接的便益と作物収量変化を通じて食料消費と飢餓リスク人口にもたらす影響を比較することで、気候変動緩和とオゾン濃度軽減による副次的な効果について考察を行った。

4. 研究成果

まず作物収量への影響について述べ、続いて食料消費および飢餓リスク人口への影響について示す。強い気候変動緩和策(RCP2.6相当)を導入すると、今世紀半ば(2050年)において、気候緩和策は対流圏オゾン濃度減少を通じて将来的に作物収量を全世界で1%程度改善させるが、気候緩和策による気候変動影響の軽減効果と比較すると3割程度と副次的な便益としては限定的であることがわかった。この原因として本研究で用いた最新の社会経済シナリオを基にしたNOx排出量は緩和策をとらないシナリオでも経年的に概ね減少傾向にあり、緩和策の追加的な効果が限定的であるのに対して、既往研究はNOx排出量が大きいシナリオを用いていることが考えられる。しかしながら地域的にみると、中東・北アフリカ・その他アジアといった地域では緩和策の導入により3%前後の比較的大きな収量改善が見込まれた。局地的に大きな収量減少がある場合、国内外の経済・食料安全保障における混乱を生む要素となり、このような地域では強い緩和策による副次的影響は大きいと言える。

食料消費および飢餓リスク人口への影響の結果としては、強い気候変動緩和策を実施した(RCP2.6)ときの飢餓リスク人口は気候変動影響により約980万人増加する一方、オゾン濃度軽減により約550万人減少し、合計で約380万人の増加となった(図1)。また、地域別に見ると、オゾン濃度軽減効果により食料消費カロリー及び飢餓リスク人口の改善が大きく表れたのはインド、その他アジアであり、インドでは気候変動の影響がオゾン濃度軽減効果を上回るため、両方を考慮したとき改善効果は見られなかったが、その他アジアではオゾン濃度軽減効果が気候変動の影響を上回り、両方を考慮したとき改善効果がみられた。オゾン濃度軽減による食料消費カロリーの増加および飢餓リスク人口の減少への大きな効果が見られたのはインド、その他アジアなどの今も深刻な飢餓に直面する地域である。本研究の知見は途上国を中心に気候変動対策導入のインセンティブになりうる。

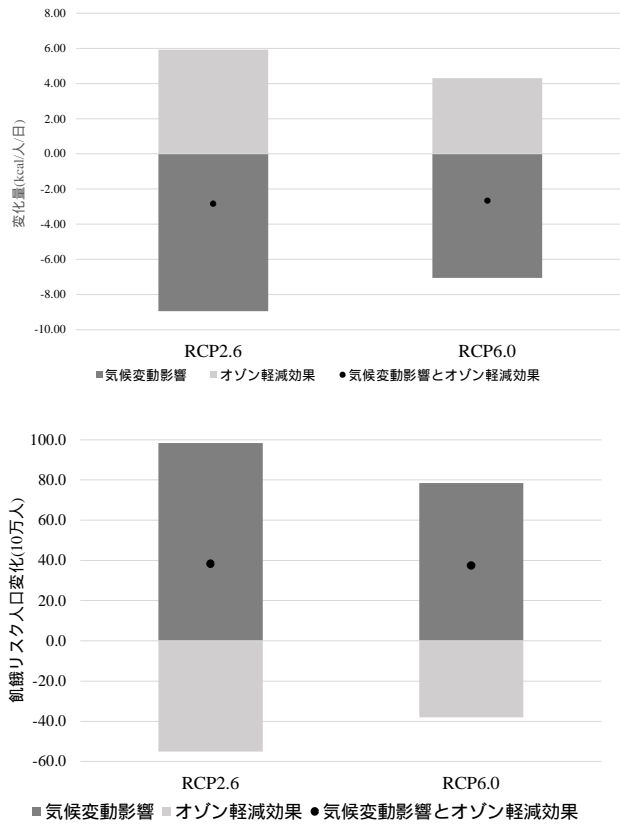


図1 2050年異なる気候条件化における気候変動とオゾン濃度軽減による世界の平均一日一人当たり食料消費カロリー（左）と飢餓リスク人口（右）の変化。図中の値は現在の気候条件とオゾン濃度を将来に想定したシナリオからの変化を示す。RCP2.6、RCP6.0は2100年に産業革命前からの気温上昇がそれぞれ0.3-1.7、1.4-3.1に相当し、RCP2.6はいわゆる「2目標」に相当する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 18件 / うちオープンアクセス 22件）

1. 著者名 WATANABE Ryouichi, FUJIMORI Shinichiro, HASEGAWA Tomoko, OSHIRO Ken	4. 巻 76
2. 論文標題 CO-BENEFIT OF CLIMATE POLICY IN GLOBAL CROP YIELD CHANGES ASSOCIATED WITH TROPOSPHERIC OZONE DECREASES	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. G (Environmental Research)	6. 最初と最後の頁 I_129 ~ I_140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejer.76.5_I_129	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 -
1. 著者名 Hasegawa Tomoko, Sands Ronald D., Brunelle Thierry, Cui Yiyun, Frank Stefan, Fujimori Shinichiro, Popp Alexander	4. 巻 163
2. 論文標題 Food security under high bioenergy demand toward long-term climate goals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Climatic Change	6. 最初と最後の頁 1587 ~ 1601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10584-020-02838-8	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
1. 著者名 Hurtt George C., Chini Louise, Sahajpal Ritvik, Frolking Steve, Bodirsky Benjamin L., Calvin Katherine, ...Hasegawa Tomoko, et al.	4. 巻 13
2. 論文標題 Harmonization of global land use change and management for the period 850-2100 (LUH2) for CMIP6	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geoscientific Model Development	6. 最初と最後の頁 5425 ~ 5464
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/gmd-13-5425-2020	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
1. 著者名 O'Neill Brian C., Carter Timothy R., Ebi Kristie, Harrison Paula A., Kemp-Benedict Eric, Kok Kasper, ...Hasegawa Tomoko, et al.	4. 巻 10
2. 論文標題 Achievements and needs for the climate change scenario framework	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Climate Change	6. 最初と最後の頁 1074 ~ 1084
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41558-020-00952-0	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

1. 著者名 Fujimori Shinichiro, Hasegawa Tomoko, Oshiro Ken	4. 巻 15
2. 論文標題 An assessment of the potential of using carbon tax revenue to tackle poverty	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Research Letters	6. 最初と最後の頁 114063 ~ 114063
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-9326/abb55d	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

1. 著者名 Leclere David, Obersteiner Michael, Barrett Mike, Butchart Stuart H. M., Chaudhary Abhishek, De Palma Adriana, ...Hasegawa Tomoko, et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 551 ~ 556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-020-2705-y	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

1. 著者名 Wu Wenchao, Hasegawa Tomoko, Fujimori Shinichiro, Takahashi Kiyoshi, Oshiro Ken	4. 巻 162
2. 論文標題 Assessment of bioenergy potential and associated costs in Japan for the 21st century	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Renewable Energy	6. 最初と最後の頁 308 ~ 321
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.renene.2020.08.015	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

1. 著者名 Fujimori Shinichiro, Hasegawa Tomoko, Takahashi Kiyoshi, Dai Hancheng, Liu Jing-Yu, Ohashi Haruka, Xie Yang, Zhang Yanxu, Matsui Tetsuya, Hijioka Yasuaki	4. 巻 15
2. 論文標題 Measuring the sustainable development implications of climate change mitigation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Research Letters	6. 最初と最後の頁 085004 ~ 085004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-9326/ab9966	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

1. 著者名 Janssens Charlotte, Havlik Petr, Krisztin Tamas, Baker Justin, Frank Stefan, Hasegawa Tomoko, Leclere David, Ohrel Sara, Ragnauth Shaun, Schmid Erwin, Valin Hugo, Van Lipzig Nicole, Maertens Miet	4. 巻 10
2. 論文標題 Global hunger and climate change adaptation through international trade	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Climate Change	6. 最初と最後の頁 829 ~ 835
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41558-020-0847-4	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

1. 著者名 Shiogama Hideo, Hirata Ryuichi, Hasegawa Tomoko, Fujimori Shinichiro, Ishizaki Noriko N., Chatani Satoru, Watanabe Masahiro, Mitchell Daniel, Lo Y. T. Eunice	4. 巻 11
2. 論文標題 Historical and future anthropogenic warming effects on droughts, fires and fire emissions of CO2 and PM2.5 in equatorial Asia when 2015-like El Nino events occur	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth System Dynamics	6. 最初と最後の頁 435 ~ 445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/esd-11-435-2020	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

1. 著者名 Hasegawa Tomoko, Fujimori Shinichiro, Havlik Petr, Valin Hugo, et al.	4. 巻 10
2. 論文標題 Reply to: An appeal to cost undermines food security risks of delayed mitigation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Climate Change	6. 最初と最後の頁 420 ~ 421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41558-020-0767-3	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

1. 著者名 Pereira Henrique M., Rosa Isabel M.D., Martins Ines S., Kim HyeJin, Leadley Paul, ...Hasegawa Tomoko et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 Global trends in biodiversity and ecosystem services from 1900 to 2050	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 bioRxiv	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1101/2020.04.14.031716	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

1. 著者名 Zhou Wenji, McCollum David L., Fricko Oliver, Fujimori Shinichiro, Gidden Matthew, Guo Fei, Hasegawa Tomoko, Huang Han, Huppmann Daniel, Krey Volker, Liu Changyi, Parkinson Simon, Riahi Keywan, Rafaj Peter, Schoepp Wolfgang, Yang Fang, Zhou Yuanbing	4. 巻 20
2. 論文標題 Decarbonization pathways and energy investment needs for developing Asia in line with 'well below' 2°C	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Climate Policy	6. 最初と最後の頁 234 ~ 245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14693062.2020.1722606	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

1. 著者名 SEKI Yuya, HASEGAWA Tomoko, FUJIMORI Shinichiro	4. 巻 76
2. 論文標題 Global flood impacts on food consumption and risk of hunger through changes in crop yields.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. G (Environmental Research)	6. 最初と最後の頁 I_89 ~ I_95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejer.76.5_I_89	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 -

1. 著者名 OSHIRO Ken, FUJIMORI Shinichiro, HASEGAWA Tomoko, AKASHI Osamu	4. 巻 76
2. 論文標題 Implications of near-term mitigation actions for mid-century energy investments in Asia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. G (Environmental Research)	6. 最初と最後の頁 I_243 ~ I_252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejer.76.5_I_243	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 -

1. 著者名 OHATA Yusuke, HASEGAWA Tomoko, OCHI Yuki, TAKAHASHI Kiyoshi	4. 巻 76
2. 論文標題 CLIMATE CHANGE MITIGATION EFFECTS ON HUMAN HEALTH THROUGH UNDERNOURISHMENT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. G (Environmental Research)	6. 最初と最後の頁 I_433 ~ I_439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejer.76.5_I_433	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 -

1. 著者名 Hans van Meijl, Linsay Shutes, Hugo Valin, Elke Stehfest, Michiel van Dijk, Marijke Kuiper, Andrzej Tabeau, Willem-Janvan Zeist, Tomoko Hasegawa, Petr Havlik	4. 巻 25
2. 論文標題 Modeling alternative futures of global food security: Insights from FOODSECURE	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Global Food Security	6. 最初と最後の頁 100358
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gfs.2020.100358	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

1. 著者名 Shinichiro Fujimori, Ken Oshiro, Hiroto Shiraki, Tomoko Hasegawa	4. 巻 10
2. 論文標題 Energy Transformation Cost for the Japanese Midcentury Strategy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 4737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-12730-4	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

1. 著者名 Haruka Ohashi, Tomoko Hasegawa, Akiko Hirata, Shinichiro Fujimori, Kiyoshi Takahashi, Ikutaro Tsuyama, Katsushi Nakao, Yuji Kominami, Nobuyuki Tanaka, Yasuaki Hijioka, Tetsuya Matsui	4. 巻 10
2. 論文標題 Biodiversity can benefit from climate stabilization despite adverse side effects of land-based mitigation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 5240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-13241-y	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

1. 著者名 Jun'ya Takakura, Shinichiro Fujimori, Naota Hanasaki, Tomoko Hasegawa, Yukiko Hirabayashi, Yasushi Honda, Toshichika Izumi, Naoko Kumano, Chan Park, Zhihong Shen, Kiyoshi Takahashi, Makoto Tamura, Masahiro Tanoue, Koujiro Tsuchida, Hiromune Yokoki, Qian Zhou, Taikan Oki, Yasuaki Hijioka	4. 巻 9
2. 論文標題 Dependence of economic impacts of climate change on anthropogenically directed pathways	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Climate Change	6. 最初と最後の頁 737, 741
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41558-019-0578-6	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

1. 著者名 Tomoko Hasegawa, Petr Havlik, Stefan Frank, Amanda Palazzo, Hugo Valin	4. 巻 2
2. 論文標題 Tackling food consumption inequality to fight hunger without pressuring the environment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Sustainability	6. 最初と最後の頁 826-833
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41893-019-0371-6	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

1. 著者名 Stephanie Roe, Charlotte Streck, Michael Obersteiner, Stefan Frank, Bronson Griscom, Laurent Drouet, Oliver Fricko, Mykola Gusti, Nancy Harris, Tomoko Hasegawa, et al.	4. 巻 9
2. 論文標題 Contribution of the land sector to a 1.5 °C World	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Climate Change	6. 最初と最後の頁 817, 828
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41558-019-0591-9	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5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 渡邊諒一、藤森真一郎、長谷川知子、大城賢
2. 発表標題 世界を対象とした対流圏オゾンの作物収量に対する影響と気候政策の副次的便益に関する研究
3. 学会等名 第28回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 槇山直人、長谷川知子、大城賢、藤森真一郎
2. 発表標題 日本の農畜産業における温室効果ガス排出削減に関する研究
3. 学会等名 第28回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関祐哉、長谷川知子、藤森真一郎
2. 発表標題 世界を対象にした洪水による作物収量変化を通じた食料消費と飢餓リスクへの影響評価
3. 学会等名 第28回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太畑祐輔、長谷川知子、越智雄輝、高橋潔
2. 発表標題 気候変動対策による低栄養に起因する健康被害評価
3. 学会等名 第28回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大城賢、藤森真一郎、長谷川知子、明石修
2. 発表標題 アジアにおける温室効果ガス短期削減目標が2050年までのエネルギー投資に及ぼす影響
3. 学会等名 第28回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

プレスリリース：
生物多様性の損失を食い止め回復させるための道筋 - 自然保護・再生への取り組みと食料システムの変革が鍵
<http://www.ritsumeai.ac.jp/news/detail/?id=1839>

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------