

Discussion Paper Series

Social Systems Division, NIES

No. 2024-02

在宅勤務の実施に伴う エネルギー消費量への影響の分析

金森有子*・山澤佳那子・増井利彦

国立環境研究所 社会システム領域
〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2
*kanamori@nies.go.jp

要旨: コロナ禍で急速に普及した在宅勤務だが、COVID-19の5類化とともに、以前のような出社に戻りつつあるという報告もある。本研究では、2022年に実施した在宅勤務の実施に関するオンライン調査結果を用いて、理想的な在宅勤務頻度だった場合にエネルギー消費量やCO₂排出量に与える影響を分析した。

キーワード: 在宅勤務、エネルギー消費量、回帰分析

2024年2月



Discussion Paper Series

Social Systems Division, NIES

No. 2024-02

Analysis of the impact of telework on energy consumption

Yuko KANAMORI* · Kanako YAMASAWA · Toshihiko MASUI

Social Systems Division, National Institute for Environmental Studies

〒305-8506 16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki

*kanamori@nies.go.jp

Abstract :

Telework spread rapidly with the outbreak of COVID-19 infection, however there are reports that work style is now returning to the previous style of coming to work. In this study, we analyzed the impact on energy consumption and CO₂ emissions for the case of ideal frequency of telework, using the results of an online survey on telework conducted in 2022.

Keyword : Telework, energy consumption, CO₂ emission

February 2024



1. はじめに

日本では、ワークライフバランスの改善や業務効率・生産性の向上を実現するための柔軟な働き方として、テレワークが推進されてきた（総務省¹⁾。実際には新しい働き方としてそれほど普及してこなかった。しかし、2020年にCOVID-19への対応としてテレワークの導入が推奨されたことで、テレワーク利用者が急激に増加した。COVID-19が2類感染症と指定された期間、所謂コロナ禍では、COVID-19の流行レベルにより多少の変動はあったものの、テレワークの利用者及び利用頻度はかなり多い状況が維持された。多くの人がテレワークを同時に実施したことで、現状の技術でテレワークを大規模に実施する際のメリット、デメリットが共有された。テレワーク・リモートワーク総合研究所ホームページ²⁾では、テレワーカーの感じたメリット・デメリットの調査結果を示している。メリットとしては、通勤のストレスの減少、プライベート時間の充実、休暇が取りやすいなど、時間の使い方に関するメリットを多くの人が感じていた。一方、デメリットとしては、仕事とプライベートの切り分けが困難、仕事に関するコミュニケーション、テレワーク時での自己負担額の増加が挙げられた。このようなメリット及びデメリットを認識する中で、2023年5月にCOVID-19が5類感染症に変更されると、テレワークの利用を継続するかどうかは企業や労働者により大きく判断が異なるものとなった。一部の大企業が完全出社へ方針転換したことが大きく報道されるなど、出社回帰の傾向がみられた。一方、一部の企業は引き続きテレワークを推奨し、企業によっては物理的なオフィスを廃止するといった対応も見られた。結果として現状は、コロナ禍よりは低いレベルだが、COVID-19流行前よりは高いレベルでテレワークが利用されている。

上述のテレワークによるデメリットは、今後の労働者、あるいは企業の取り組みにより改善される可能性がある。例えば、仕事とプライベートの切り分けが困難というデメリットは、COVID-19によるテレワークの普及が急であったことに加え、いつまでテレワークを継続する必要があるのか判断できなかったことにより、テレワークに適した環境を自宅で準備できなかったことに起因する可能性がある。そのような場合は、住宅の見直し等により問題が改善されるかもしれない。光熱費の負担増については、一部の企業で行われているテレワーク手当の普及が進むと負担が軽減するだろう。業務上のコミュニケーションの問題はテレワークを実施するための情報通信技術の進展により解消されるかもしれない。コロナ禍のテレワークの普及はあまりに急であり、企業や労働者の希望や意図と異なる理由によるものだったが、テレワークが当たり前である社会を経験したことで、必要となる技術や仕組みが明確になったことも事実である。そういったことへの取り組みが進めば、テレワークのメリットを感じている労働者も多いため、再度テレワークが普及する可能性も十分考えられる。本研究では、テレワークの中でも特に在宅勤務に着目し、在宅勤務の普及拡大による環境への影響を定量的に分析し、どのような在宅勤務の普及がCO₂排出量の削減につながるのかについて知見を得ることを目的とする。

2. テレワークの導入が環境に与える影響に関する既存研究

テレワークの導入が環境に与える影響については、既に多くの研究者により分析が行われてきた。本節では、比較的近年の日本を対象にした分析を紹介する。金森ら³⁾では、2022年2月に都市部でテレワークを実施している4000人を対象に在宅勤務の実施状況や意向に関するオンライン調査を実施した。その結果を用いて、調査時の在宅勤務の実施状況が環境に与える影響を定量的に分析した。分析では、自宅と職場のエネルギー消費量の変化に加え、自家用車通勤者と余暇時間の変化にも注目した分析を実施した。その結果、都市部におけるコロナ禍の在宅勤務は、自宅でのエネルギー消費量の増加と職場でのエネルギー消費量の削減がほぼ相殺することが分かった。また、通勤時間の減少により余暇時間が増加したため、余暇時間にエネルギー消費型の活動を実施すると在宅勤務によりエネルギー消費量が増加する可能性が指摘された。自家用車通勤者については、通勤の削減によるCO₂排出量の削減が非常に大きいものの、都市部においては自家用車通勤者が少ないため、都市部における在宅勤務の実施は、CO₂排出量がむしろ増加する可能性が指摘された。

山口ら⁴⁾は詳細なオフィスと住宅のエネルギー消費分析モデルを用いて、テレワークの実施に伴うオフィスと住宅でのエネルギー消費の増減を推計した。東京都市圏を対象にした分析では、オフィスにおける減床策が講じられない場合、住宅と職場のエネルギー消費量の増減は相殺し、エネルギー消費量の合計値は変化しないことが示された。一方、オフィスの減床策が講じられる場合は、テレワークによりエネルギー消費量の削減効果があることも示された。

能瀬ら⁵⁾はテレワーク実施率別の住宅とオフィスのエネルギー消費量の変化を分析した。その結果、テレワークの実施はエネルギー消費量の増加を招くという結果となった。

小野田ら⁶⁾は、在宅勤務の実施に伴う実際のオフィスビルにおける在室人数とエネルギー消費量の計測結果に基づき、テレワーク実施時のオフィスビルの使用についての示唆を与えている。

テレワークの導入は、様々な影響が考えられる。働く場所が変わることで、自宅でのエネルギー消費量の増加、オフィスのエネルギー消費量の削減が考えられる。さらに通勤が減るため、自家用車通勤者のエネルギー消費量の削減や、コロナ禍で観察されたように公共交通の減便も実施されれば、それに伴うエネルギー消費量の削減も考えられる。また、通勤時間の減少によって生じる余暇時間にどのような活動を実施するによっても、エネルギー消費量の影響を与えうる。一方、テレワークの導入に伴うエネルギー消費量等への影響の分析では、自宅でのエネルギー消費量の増加とオフィスでのエネルギー消費量の削減の影響だけ考慮する研究も多く、上述の通勤や余暇時間の変化まで含む包括的な分析はほとんど見られない。金森ら³⁾の分析では在宅勤務の実施に伴う影響を比較的広範に捉え分析を行ったものの、コロナ禍という特殊な状況下での在宅勤務の実施による影響を分析したものである。

本研究では、金森ら³⁾の手法を基礎として、在宅勤務の普及が拡大した場合の影響を通

勤や余暇時間の変化を含めて包括的に分析する。

3. 手法

本研究では金森ら³⁾の手法に基づいて分析を行う。2022年2月に実施したオンライン調査の結果を用いて、後述する式に基づき在宅勤務の実施に伴うエネルギー消費量及びCO₂排出量を推計する。調査や推計方法の詳細は金森ら³⁾を参照されたい。本研究では、金森ら³⁾の手法からの変更点を中心に説明し、同じ手法を踏襲した箇所は概要のみの説明に留める。なお、金森ら³⁾では、オンライン調査回答結果の平均値を用いて計算したが、本研究では4000件の全ての回答結果別に算出している。

3.1 本分析で対象とする範囲

本研究では、テレワークのうち在宅勤務に着目して、在宅勤務の実施がエネルギー消費の変化に与える影響を分析する。テレワークとは、「情報通信技術を活用した、場所や時間にとらわれない柔軟な働き方」を指し、働く場所によって、在宅勤務や移動中等のモバイルワーク、サテライトオフィスやコワーキングスペースといった施設利用型、リゾートで行うワーケーションを含めたものである。⁷⁾本研究では、このうち自宅で行う在宅勤務に着目し、(a)自宅でのエネルギー消費量、(b)職場のエネルギー消費量、(c)自家用車勤務者の通勤の変化によるエネルギー消費量、(d)余暇時間の変化によるエネルギー消費量の4つを区別して分析する。

3.2 オンライン調査と在宅勤務頻度に関する結果概要

本研究では、2022年2月に実施した在宅勤務の状況に関するオンライン調査の結果を使用した分析を行う。この調査は、都市部在住で調査時に在宅勤務を実施している4000名を対象に実施した。調査の概要を表-1に示す。

表-1 オンライン調査の概要

項目	概要
年齢	20代：800名 30代：800名 40代：800名 50代：800名 60代：800名
地域	首都圏（東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県）2999名、関西圏（大阪府、京都府、兵庫県）618名、中京圏（愛知県、岐阜県、三重県）312名、福岡県71名
主な調査項目	・個人属性（職業・勤め先規模・住居・家族構成） ・コロナ前、コロナ禍、理想的な在宅勤務日数 ・コロナ前、コロナ禍の働き方、通勤手段、通勤時間等 ・通勤時間の削減に伴う余暇時間の過ごし方 ・コロナ前、コロナ禍のオフィス利用の変化（照明・冷暖房の使用状況、オフィスの規模等）

※本表は金森ら³⁾から引用をベースに著者加筆

表-1 に示したように本調査では在宅勤務の実施頻度について、コロナ前の状況、コロナ禍の状況に加え、回答者が考える理想的な状況の回答が得られている。本研究ではこの3つの状況における在宅勤務の実施がエネルギー消費量等に与える分析結果を、それぞれ「コロナ前」「コロナ禍」「理想」として示す。このうち「理想」は、「コロナ禍後のオフィスへの出勤について、あなたの理想とする頻度と会社が設定するだろう頻度について教えてください。」という問いにおける「あなたの理想とする頻度」の回答結果である。表-2には状況別在宅勤務頻度を示す。また、表-3には、コロナ禍及び理想時の在宅勤務の頻度の回答結果を示す。理想の在宅勤務頻度の平均は3.14日/週となり、コロナ禍の在宅勤務頻度よりも多いが、必ずしも回答者全員が在宅勤務を増やしたいと考えているわけではない。表-3を見ると、コロナ禍の在宅勤務の頻度と理想の頻度が同じ人が約34%（網掛け部分が全体に占める割合）、コロナ禍より在宅勤務を増やしたい人が約38%、在宅勤務を減らしたいと考える人が約18%いることがわかる。

表-2 状況別在宅勤務の頻度に関する回答

	在宅勤務の回数						平均(日/週)
	週0日	週1日	週2日	週3日	週4日	週5日	
コロナ前	3197	308	185	95	72	143	0.49
コロナ禍	0	858	1133	694	578	727	2.80
理想※	235	224	763	815	781	825	3.14

※回数を設定しないと回答した人もいるため、合計が4000にならない。

表-3 コロナ禍と理想時の在宅勤務の頻度に関する回答

		理想						未設定
		週0回	週1回	週2回	週3回	週4回	週5回	
コ ロ ナ 禍	週0回	0	0	0	0	0	0	0
	週1回	89	143	245	139	98	81	63
	週2回	72	46	361	305	159	108	82
	週3回	30	13	85	251	153	101	61
	週4回	21	15	42	75	231	146	48
	週5回	23	7	30	45	140	389	103

3.3 自宅でのエネルギー消費量

自宅でのエネルギー消費量は金森ら³⁾の手法と同様の手法で計算する。つまりPC、モニター、照明、冷暖房の使用に伴うエネルギー消費量の影響を式(1)～式(4)に従い計算した。変数の説明の最後に(●)と記載したものは、アンケート結果をそのまま使用したものである。PCとモニターのエネルギー消費量は個人の労働時間の変化、照明やエアコンは労働

時間に加え、部屋を共有する家族の有無を計算に反映させている。

$$E_{h,"PC"} = LT_h \cdot UE_{"PC"} \cdot LD_h \quad (1)$$

$$E_{h,"MN"} = LT_h \cdot UE_{"MN"} \cdot LD_h \quad (2)$$

$$E_{h,"LT"} = LT_h \cdot \sum_r (UE_{r,"LT"} \cdot DR_r) \cdot LD_h \cdot C1 \cdot C4 \quad (3)$$

$$E_{h,"AC"} = \sum_r (UE_{r,"AC"} \cdot DR_r) \cdot C2 \cdot C3 \cdot C1 \cdot C4 \quad (4)$$

$E_{h,"PC"}$: 在宅勤務(h)でパソコン(PC)の使用に伴うエネルギー消費の増加量

$E_{h,"MN"}$: 在宅勤務(h)でモニター(MN)の使用に伴うエネルギー消費の増加量

$E_{h,"LT"}$: 在宅勤務(h)で照明(LT)の使用に伴うエネルギー消費の増加量

$E_{h,"AC"}$: 在宅勤務(h)でエアコン(AC)の使用に伴うエネルギー消費の増加量

LT_h : 1日の平均在宅勤務(h)時間 (●)

$UE_{"PC"}$: パソコン(PC)の単位エネルギー消費量

$UE_{"MN"}$: モニター(MN)の単位エネルギー消費量

$UE_{r,"LT"}$: 部屋の広さ(r)別照明(LT)の単位エネルギー消費量

$UE_{"AC"}$: エアコン(AC)の期間消費電力量

DR_r : 部屋の広さ(r)の分布 (●)

LD_h : 1年間の在宅勤務(h)日数 (●)

$C1$: 家族との部屋の共有に関する補正係数 (係数の範囲: 0~1) (●)

$C2$: エアコン使用期間補正係数 (一週間における在宅勤務日数から算出) (●)

$C3$: エアコン使用时间補正係数 (= 0.5)

$C4$: 使用強度補正係数 (係数の範囲 照明: 0~1、空調: 0~1.1) (●)

3.4 職場のエネルギー消費量

職場のエネルギー消費量の推計方法は金森ら³⁾の手法を見直した。職場のエネルギー消費量の推計では、在宅勤務に移行しやすい業種を検討したうえで、事務所ビル(以後、オフィスと呼ぶ)のエネルギー消費量の変化を推計する。在宅勤務の実施がオフィスのエネルギー消費に与える影響は、オフィスの状況によって異なる。例えば、表-4に示す在宅勤務実施時のオフィス使用方法の違いによっても、エネルギー消費量に与える影響が異なる。例えば、「個室利用」の場合は、在宅勤務時にPCや照明、冷暖房など在宅勤務者が使用している部屋に関するエネルギー消費がないと想定できる。一方、多くのオフィスで見られる大部屋タイプの場合、在宅勤務の実施に伴い確実にエネルギー消費量の削減が期待できるのは個人の使用に付随するPCなどに限定され、照明や空調の削減はそれほど見込めない。そのため表-4の「大部屋_FA」のようにフリーアドレスを導入し、出社状況に応じて職務エリアを限定できるとエネルギー消費量の削減が期待される(山口ら⁴⁾)。一方で、現実にはフリーアドレスは職場の活性化や効率化などの目的で導入されるため、フリーアド

レス導入時に出勤率に応じて執務エリアを限定するといった対策は取られない可能性もある。在宅勤務導入に伴い出勤率が平均的に減少した際にとられる対策としては、オフィス面積の削減であり、実際に本研究で使用したオンライン調査の結果でも、コロナ禍でオフィスを縮小したと回答した人が約 2 割いた。また、その究極の形としてオフィスを廃止したと回答した人も 0.5%程度いた。オフィス面積の変化に関する結果を表-5 に示す。

オフィスの利用に伴うエネルギー消費量の厳密な計算には、上述のオフィス使用の想定に加え、各職場の在宅勤務の割合や勤務時間のばらつき、付帯設備など様々な情報が必要になるが、実施したオンライン調査は職場の使用に関するこれらの情報が十分に把握できない。そこで、本分析では表-4 に示すオフィスの使用の想定に加え、山口ら⁴⁾の研究で分析された結果を踏まえ、表-6 に示す 5 パターンについて分析を実施した。

表-4 在宅勤務実施時のオフィス使用の想定

	想定内容
1. 個室利用	個室(10m ²)を利用している場合。オフィスを使用しない場合は、部屋の照明や冷暖房を使用しない。
2a. 大部屋_NFA	大部屋、固定席を利用している場合。一部の社員が在宅勤務をしても、照明や冷暖房の削減効果がほとんど得られない場合。
2b. 大部屋_FA	大部屋、フリーアドレスを採用し、社員の勤務状況に応じてオフィス面積を削減できる場合。社員の出勤率に応じて、照明や冷暖房を削減できる場合。
3. 大部屋見直し	在宅勤務の本格導入に従い、オフィス面積を削減した場合。
4. オフィス廃止	完全在宅勤務の導入に伴い、オフィスを廃止した場合。職場のエネルギー消費はない。

表-5 オフィス面積の変化に関する調査結果

	回答数	回答割合
オフィスの規模は変化していない	2763	69%
オフィス規模が拡張した	289	7%
オフィス規模が縮小した	835	21%
わからない	113	3%

表-6 オフィスにおけるエネルギー消費量変化推計パターン

	内容
オフィス(a)	全員が個室利用の場合
オフィス(b)-1	全員が大部屋_NFAの場合(テレワーク実施率：26.7%)
オフィス(b)-2	全員が大部屋_NFAの場合(テレワーク実施率：50%)
オフィス(b)-3	全員が大部屋_NFAの場合(テレワーク実施率：回答者のテレワーク実施率が会社の実施率とする場合)
オフィス(c)	調査結果によるオフィスの増床/減床を考慮した場合(オフィス面積に変化がない場合は大部屋_NFA (回答者のテレワーク実施率が会社の実施率とする場合)で計算。)

以下、具体的な計算方法を説明する。個室利用の場合の計算方法は金森ら³⁾と同様の方法を用いて、PC、モニター、照明及び冷暖房のエネルギー消費量の削減を推計した。ただし、オフィスにおける執務面積として1人あたり10m²と想定した。これは山口ら⁴⁾の分析と想定を一致させ、表-6における推計パターン間の比較を可能とするためである。

大部屋の場合は、山口ら⁴⁾で使用された業務施設エネルギー需要モデルを用いた推計結果（以下、業務エネルギー需要モデル結果）を使用した。この業務エネルギー需要モデル結果には、テレワーク実施率が9.8%、26.7%、50.0%のオフィスにおけるエネルギー消費量及びテレワーク実施率が26.7%と50.0%の時に在室率に応じて執務室面積を減少させる設定とした26.7%減床、50.0%減床ケースにおけるエネルギー消費量がある。また、用途別については7種類（照明、機器、空調、補機、ヒートポンプ、冷凍、その他）の結果が利用できる。

大部屋におけるエネルギー消費量のうち、PC及びモニターの利用に伴うエネルギー消費量は自宅でのPC及びモニターのエネルギー消費量の計算方法に従う。すなわち式(1)と式(2)のうち在宅勤務に伴う勤務時間と勤務日数をオフィス勤務に伴う値に変更する。照明や冷暖房、それ以外のオフィスの使用に伴うエネルギー消費量を計算するために、業務エネルギー需要モデル結果のうち機器の使用に伴うエネルギー消費量を除くテレワーク実施率別エネルギー消費量の結果を線形補完して、図-1に示す在宅勤務実施率とエネルギー消費量の関係を設定した。なお、増床した場合は、使用する床面積を拡大させた。大部屋におけるエネルギー消費量の推計方法を式(5)～式(9)に示す。

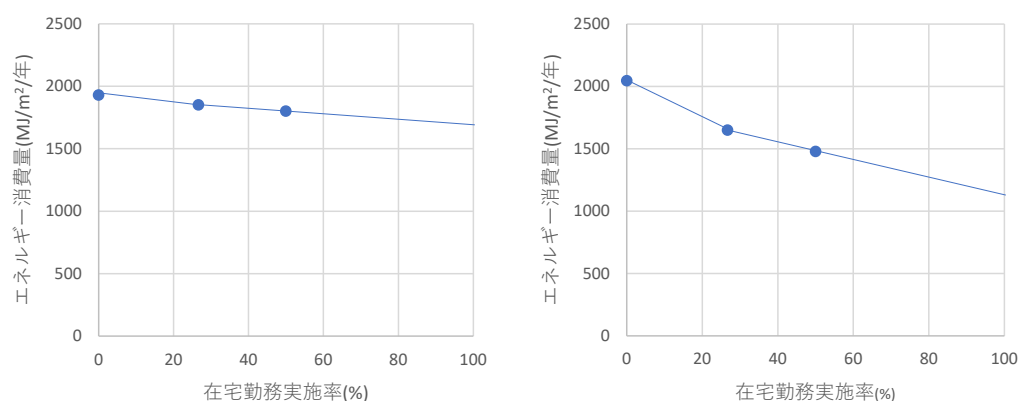


図-1 在宅勤務実施率と機器使用を除くオフィスでのエネルギー消費量の関係
(左：減床がない場合、右：減床を考慮した場合)

$$E_{off} = E_{off,"PC"} + E_{off,"MN"} + E_{off,"OTH"} \quad (5)$$

$$E_{off,"PC"} = LT_{off} \cdot UE_{"PC"} \cdot LD_{off} \quad (6)$$

$$E_{off,"MN"} = LT_h \cdot UE_{"MN"} \cdot LD_{off} \quad (7)$$

$$E_{off,"OTH"} = f(ro) \cdot 10 \cdot rFA \quad (\text{床面積の変化を考慮しない場合} \cdot \text{増床の場合}) \quad (8)$$

$$E_{off,"OTH"} = g(ro) \cdot 10 \quad (\text{減床を考慮する場合}) \quad (9)$$

E_{off} : オフィスにおけるエネルギー消費量

$E_{off,"PC"}$: オフィスでの PC 使用に伴うエネルギー消費量

$E_{off,"MN"}$: オフィスでのモニター使用に伴うエネルギー消費量

$E_{off,"OTH"}$: オフィスでの PC とモニター以外のエネルギー消費量

LT_{off} : 1 日の平均オフィス勤務時間

LD_{off} : 1 年間のオフィス勤務日数

$f(ro)$: 在宅勤務実施率(ro)別オフィスのエネルギー消費量 (減床を考慮しない場合・増床の場合)

$g(ro)$: 在宅勤務実施率(ro)別オフィスのエネルギー消費量 (減床を考慮する場合)

rFA : 床面積拡大係数 (床面積に変化がない場合=1)

3.5 自家用車勤務者の通勤の変化によるエネルギー消費量

自家用車通勤者の通勤の変化によるエネルギー消費量の推計方法は金森ら³⁾と同じ手法で計算する。推計方法を式(10)に示す。

$$E_{car} = 2 \cdot \sum_p (D_p \cdot DAW_p) \cdot LW / FE \quad (10)$$

E_{car} : 乗用車通勤に伴うガソリン消費量

D_p : 個人 p の職場までの距離

DAW_p : 個人 p の 1 週間の出勤日数

LW : 1 年間で出勤する週数 (1 年間で 240 日出勤となるように調整)

FE : 燃費 (ガソリン 1L で走る距離 20km/L)

3.6 余暇時間の変化によるエネルギー消費量

余暇時間の変化によるエネルギー消費量の影響は金森ら³⁾と同じ手法で余暇時間を実施する活動についての回答結果から計算した。推計方法を式(11)に示す。余暇時間に行う活動としては 12 種類想定しているが、そのうち 6 種類の活動 (家事、自己研鑽、エネルギー多消費趣味、通院等、身の回りの掃除、買い物) に関してエネルギー消費量があり得ると想定した。

$$E_{act} = T_{act} \cdot C5_{act} \cdot UE_{act} \quad (11)$$

E_{act} : 活動 act 別エネルギー消費量

T_{act} : 活動 act 別消費時間

UE_{act} : 各活動で想定したエネルギー消費活動の単位エネルギー消費量

$C5_{act}$: 活動 act 別活動量補正係数 (活動時間補正、活動人数割合補正)

3.7 CO₂排出量の推計方法

3.2 から 3.5 で説明したエネルギー消費量の推計結果から CO₂排出量を算出する方法を式(12)に示す。計算に用いた排出係数は、電気 0.433kgCO₂/kWh、ガソリンは 2.322kgCO₂/L とした。

$$CO_2 = E_{ene} \cdot CO_2coef_{ene} \quad (12)$$

CO₂ : CO₂排出量

E_{ene} : エネルギー種 ene 別エネルギー消費量

CO_2coef_{ene} : エネルギー種 ene 別 CO₂排出係数

4.分析結果

4.1 回答者平均のエネルギー消費量及び CO₂排出量の変化

表-7～表-12 に自宅、職場、移動、余暇時間の変化におけるエネルギー消費量と CO₂排出量推計結果を示す。

表-7 自宅における平均エネルギー消費量

	状況別電力消費量			変化量		
	コロナ前	コロナ禍	理想	コロナ前 →コロナ禍	コロナ前 →理想	コロナ禍 →理想
PC	9.5	50.4	60.6	40.9	51.1	10.2
モニター	6.1	32.3	38.8	26.2	32.7	6.5
照明(LED)	3.2	18.3	27.0	15.1	23.8	8.7
照明(蛍光灯)	4.9	27.4	38.1	22.5	33.2	10.7
エアコン	19.0	108.2	150.5	89.2	131.5	42.3
合計(LED)	37.8	209.2	277.0	171.4	239.2	67.8
合計(蛍光灯)	39.4	218.3	288.1	178.9	248.7	69.8
合計(モニター無、LED)	31.7	176.9	238.2	145.2	206.5	61.3
合計(モニター無、蛍光灯)	33.4	186.1	249.3	152.7	215.9	63.2

単位：kWh/年/人

表-8 自宅における平均 CO₂ 排出量

	状況別CO ₂ 排出量			変化量		
	コロナ前	コロナ禍	理想	コロナ前 →コロナ禍	コロナ前 →理想	コロナ禍 →理想
PC	4.1	21.8	26.3	17.7	22.2	4.5
モニター	2.6	14.0	16.8	11.4	14.2	2.8
照明(LED)	1.7	9.8	11.7	8.1	10.0	1.9
照明(蛍光灯)	2.6	14.7	16.5	12.1	13.9	1.8
エアコン	10.2	58.0	65.2	47.8	55.0	7.2
合計(LED)	18.7	103.6	120.0	84.9	101.3	16.4
合計(蛍光灯)	19.5	108.5	124.7	89.0	105.2	16.2
合計(モニター無、LED)	16.0	89.5	103.2	73.5	87.2	13.7
合計(モニター無、蛍光灯)	16.9	94.5	107.9	77.6	91.0	13.4

単位：kgCO₂/年/人

表-9 職場における平均エネルギー消費量

		状況別エネルギー消費量			変化量		
		コロナ前	コロナ禍	理想	コロナ前 →コロナ禍	コロナ前 →理想	コロナ禍 →理想
(a) 個室	PC	82.8	36.4	34.1	-46.4	-48.7	-2.3
	モニター	53.0	23.3	21.9	-29.7	-31.1	-1.4
	照明(LED、10m ²)	54.1	23.8	22.3	-30.3	-31.8	-1.5
	照明(蛍光灯、10m ²)	81.1	35.6	33.4	-45.5	-47.7	-2.2
	冷暖房(10m ²)	594.6	287.5	245.1	-307.1	-349.5	-42.4
	合計(LED)	784.5	371.0	323.4	-413.5	-461.1	-47.6
	合計(蛍光灯)	811.5	382.8	334.5	-428.7	-477.0	-48.3
(b)-1大部屋	ガス	47.0	45.7	45.7	-1.3	-1.3	0.0
	26.7% 電気	2102.4	1972.8	1958.6	-129.6	-143.8	-14.2
(b)-2大部屋	ガス	47.0	44.4	44.4	-2.6	-2.6	0.0
	50% 電気	2102.4	1921.4	1907.1	-181.0	-195.3	-14.3
(b)-3大部屋	ガス	47.0	44.1	43.8	-2.9	-3.2	-0.3
	回答者実施率 電気	2102.4	1909.1	1880.3	-193.3	-222.1	-28.8
(c)大部屋	ガス	47.0	42.8	42.5	-4.2	-4.5	-0.3
	減床考慮 電気	2102.4	1854.6	1825.6	-247.8	-276.8	-29.0

単位：個室及び電気については、kWh/年、ガスはm³/年

表-10 職場における平均 CO₂ 排出量

		状況別CO ₂ 排出量			変化量		
		コロナ前	コロナ禍	理想	コロナ前 →コロナ禍	コロナ前 →理想	コロナ禍 →理想
(a) 個室	PC	35.9	15.8	14.8	-20.1	-21.1	-1.0
	モニター	23.0	10.1	9.5	-12.9	-13.5	-0.6
	照明(LED、10m ²)	23.4	10.3	9.6	-13.1	-13.8	-0.7
	照明(蛍光灯、10m ²)	35.1	15.4	14.5	-19.7	-20.6	-0.9
	冷暖房(10m ²)	257.5	124.5	106.1	-133.0	-151.4	-18.4
	合計(LED)	339.8	160.7	140.0	-179.1	-199.8	-20.7
	合計(蛍光灯)	351.5	165.8	144.9	-185.7	-206.6	-20.9
(b)-1大部屋	26.7%	1018.0	958.8	952.7	-59.2	-65.3	-6.1
(b)-2大部屋	50%	1018.0	933.7	927.6	-84.3	-90.4	-6.1
(b)-3大部屋	回答者実施率	1018.0	927.7	914.5	-90.3	-103.5	-13.2
(c)大部屋	減床考慮	1018.0	901.1	887.8	-116.9	-130.2	-13.3

単位：kgCO₂/年

表-11 自家用車通勤に伴う平均エネルギー消費量と平均 CO₂ 排出量

	状況別結果			変化量		
	コロナ前	コロナ禍	理想	コロナ前 →コロナ禍	コロナ前 →理想	コロナ禍 →理想
ガソリン消費量(L/年)	423.1	225.7	182.5	-197.4	-240.6	-43.2
CO ₂ 排出量(kgCO ₂ /年)	982.4	524.1	423.8	-458.3	-558.6	-100.3

表-12 余暇時間の変化に伴う平均エネルギー消費量と CO₂ 排出量の変化

	コロナ前→コロナ禍				コロナ前→理想の頻度			
	増加回数 (回)	平均増加 時間 (時間)	エネル ギー消費 量の変化	CO ₂ 排出量の 変化 (kgCO ₂ /年)	増加回数 (回)	平均増加 時間 (時間)	エネル ギー消費 量の変化	CO ₂ 排出量の 変化 (kgCO ₂ /年)
家事	2.0	0.5	3.1	1.4	2.3	0.6	3.6	1.5
自己研磨	0.7	0.2	0.2	0.1	0.8	0.2	0.3	0.1
エネルギー多消費趣味			9.9	23.1			11.2	26.0
(a)ドライブ	0.5	0.1			0.6	0.2		
エネルギー多消費趣味			7.9	3.4			9.0	3.9
(b)オープン								
病院・公共交通機関	0.6	0.1	3.4	7.9	0.7	0.2	3.9	9.1
身の回りの用事	1.7	0.4	2.6	1.1	1.9	0.5	2.9	1.3
買い物	1.2	0.3	3.7	8.5	1.4	0.4	4.2	9.7
合計	-	1.7	-	(a)42.0 (b)22.4	-	2.0	-	(a)47.7 (b)25.6

※エネルギー消費量の変化の単位は、「エネルギー多消費趣味(a)」「病院・公共交通機関」「買い物」が L/(人・年)、それ以外はkWh/(人・年)。

自宅の結果（表-7 及び表-8）を見ると、コロナ前には在宅勤務者が少なくおよそ 30～40kWh /人/年の電力消費量だったが、コロナ禍には 180～220kWh /人/年、理想の状況であれば 240～290kWh/人/年となることがわかる。CO₂ 排出量も同様にコロナ前は 16～20kg CO₂/人/年だったが、コロナ禍、理想時にそれぞれ 90～110、100～125kg CO₂/人/年となることがわかる。GIO⁸⁾によると、2021 年度に家庭の電力、灯油、ガスの使用による 1 人あたり CO₂ 排出量は 1244kgCO₂/人である。コロナ禍、理想時の在宅勤務の実施に伴う CO₂ 排出量の増加は、およそ家庭の 1 人あたり CO₂ 排出量の 7～10%であり、その影響は小さいものではないことがわかる。

職場（表-9 及び表-10）では、個室利用の結果は、自宅の結果同様の傾向、すなわち出勤日数に応じて大きくエネルギー消費量や CO₂ 排出量が増減することがわかる。一方、多くの職場で見られる大部屋タイプでは、在宅勤務の実施により仮に出勤人数が半減した場合でも、エネルギー消費量が半減するわけではない。そのため、出勤割合の変化がエネルギー消費量の増減に大きく影響しない。もし在宅勤務が多く実施されても使用するオフィス面積を見直さない場合、コロナ禍及び理想時の CO₂ 排出量をコロナ前と比較すると、それぞれ-60～-90kgCO₂/人/年、-65～-105kg CO₂/人/年となる。職場の在宅勤務実施率に応じて排出量は異なるため、自宅における CO₂ 排出量の増加分と職場における減少分が相殺するかどうかは、様々な条件により異なる。一方、オフィス面積の見直しが行われた場合の結果（表-10 オフィス(c)）と減床を考慮していない「オフィス(b)-3」の結果と比較すると、およそ 25～30%程度削減が上乘せされることが分かった。つまり在宅勤務を実施するときに、その実施率に応じて適切に床面積を減らすことができれば、自宅とオフィスの合計で CO₂ 排出量の実質的な削減の可能性が高くなることがわかる。

大部屋タイプの職場については、金森ら³⁾の推計方法と異なる手法を用いたので、金森ら³⁾の結果との比較を行う。コロナ前からコロナ禍のエネルギー消費量の変化を見ると、電力消費量が 130～250kWh/年程度の削減、ガス消費量が 1.3～4.2m³/年の削減となった。また CO₂ 排出量は、60～117kgCO₂/年程度の削減となった。金森ら³⁾では、CO₂ 排出量の変化は、フリーアドレスをしない場合 44.4kgCO₂/年、フリーアドレスをする場合 100.7kgCO₂/年の削減効果があると算出され、本論文の推計結果の方が 10～30%程度大きい値となった。このような結果の違いとなった原因は、金森ら³⁾で大部屋タイプの職場の計算のために使用したデータは、本論文で使用した出勤率より高い設定のものであったことが原因と考えられる。

次に通勤に使用する自家用車の結果（表-11）から、自家用車の利用による CO₂ 排出量への影響は、自宅やオフィスにおける CO₂ 排出量の変化よりも 5～10 倍程度大きいことがわかる。上述したように、自宅やオフィスのエネルギー消費量及び CO₂ 排出量はある程度打ち消しあってしまい、実質の排出量変化はかなり小さい。一方、自家用車通勤が減ることによる影響は絶対的な削減であり、その効果は非常に大きいことがわかる。

表-12 に示した余暇時間の活動の結果から、本研究の想定では 20～50kgCO₂/人/年程度

のCO₂排出量が排出されることがわかる。これは、自宅でのCO₂排出量の増加分やオフィスでの減少分と比較すると、1/4～半分程度の排出量となる。余暇活動に伴うCO₂排出量は純増であり、無視できない程度の排出であることがわかった。

続いて、表-13及び表-14に全ての影響、すなわち自宅、職場、自家用車、余暇時間の変化に伴うCO₂排出量を合計した結果を示す。表-7から表-12に示したように、様々な場合を計算していることから、表-13、表-14の作成にあたり、自宅の結果については照明にLEDを使用、モニター不使用の場合、職場は職場の在宅勤務実施率は回答者と同じと想定した「オフィス(b)-3」と「オフィス(c)」、移動は自家用車を使用している場合と使用していない場合の2パターン、余暇はエネルギー多消費趣味(b)で計算した結果を用いた。

通勤に自家用車を使う場合は、在宅勤務の実施により非常に大きなCO₂排出削減効果があることがわかる。現在の在宅勤務等の在宅勤務の実施は都市部で比較的高い割合で実施されているが、CO₂排出削減効果を考えれば、自家用車通勤の多い地方こそ在宅勤務の実施により多くのCO₂排出削減が見込まれる。

また、オフィス面積を適切に削減する場合、職場のCO₂排出量がより多く削減できるため、表-13のB-1の結果から、実質的に排出削減できることが示された。ただし、本研究で使用したオンライン調査結果では比較的多くの人が在宅勤務時に照明や空調の使用時間が短くなるような省エネに関する工夫をしている人が多かった。人々がエネルギー使用に無頓着になり使用時間が増える場合や、余暇時間によりエネルギー多消費型の活動をする場合、CO₂排出量は増加になる可能性は十分にある。通勤による自家用車の使用以外の要素で、在宅勤務の実施によるCO₂排出量を実質的に減少させるには、在宅勤務者自身が取り組めることとして、自宅で勤務時の省エネを心がけ、余暇時間の活動にも注意を払うことが必要となる。また、企業側も、在宅勤務等のテレワークを認める場合、適切にオフィス面積を削減する対策が必要となる。

表-13 在宅勤務の実施に伴うケース別平均CO₂排出量の変化(コロナ前→コロナ禍)
A：職場の計算で「オフィス(b)-3」の場合。B：職場の計算で「オフィス(c)」の場合

	自宅	職場	自家用車	余暇	合計
(A-1)標準	73.5	-90.3	0	22.4	5.6
(A-2)標準 + 自家用車使用	73.5	-90.3	-458.3	22.4	-452.7
(B-1)職場見直し	73.5	-116.9	0	22.4	-21.0
(B-2)職場見直し + 自家用車使用	73.5	-116.9	-458.3	22.4	-479.3

単位：kgCO₂/人/年

表-14 在宅勤務の実施に伴うケース別平均 CO₂ 排出量の変化(コロナ前→理想)

A：職場の計算で「オフィス(b)-3」の場合。B：職場の計算で「オフィス(c)」の場合

	自宅	職場	自家用車	余暇	合計
(A-1)標準	87.2	-103.5	0	25.6	9.3
(A-2)標準 + 自家用車使用	87.2	-103.5	-558.6	25.6	-549.3
(B-1)職場見直し	87.2	-130.2	0	25.6	-17.4
(B-2)職場見直し + 自家用車使用	87.2	-130.2	-558.6	25.6	-576.0

単位：kgCO₂/人/年

4.2 CO₂ 排出量の分布

次に、4000 件の回答者別に CO₂ 排出量の変化を算出し、実際に都市部においてどのような排出量分布であるのかを示す。図-2 にコロナ前からコロナ禍の変化、図-3 にコロナ前から理想時の変化の結果を示す。使用した結果は、自宅については照明に LED を使用、モニター不使用の場合、職場は職場の在宅勤務実施率は回答者と同じと想定した「(c)大部屋」、余暇はエネルギー多消費趣味(b)で計算したものをを用いた。また参考 4 に、比較的 CO₂ 排出量が多くなる場合の例として、職場での在宅勤務実施率が低く、余暇時間により多くのエネルギー消費を行うエネルギー多消費趣味(a)を用いて計算した結果を示した。

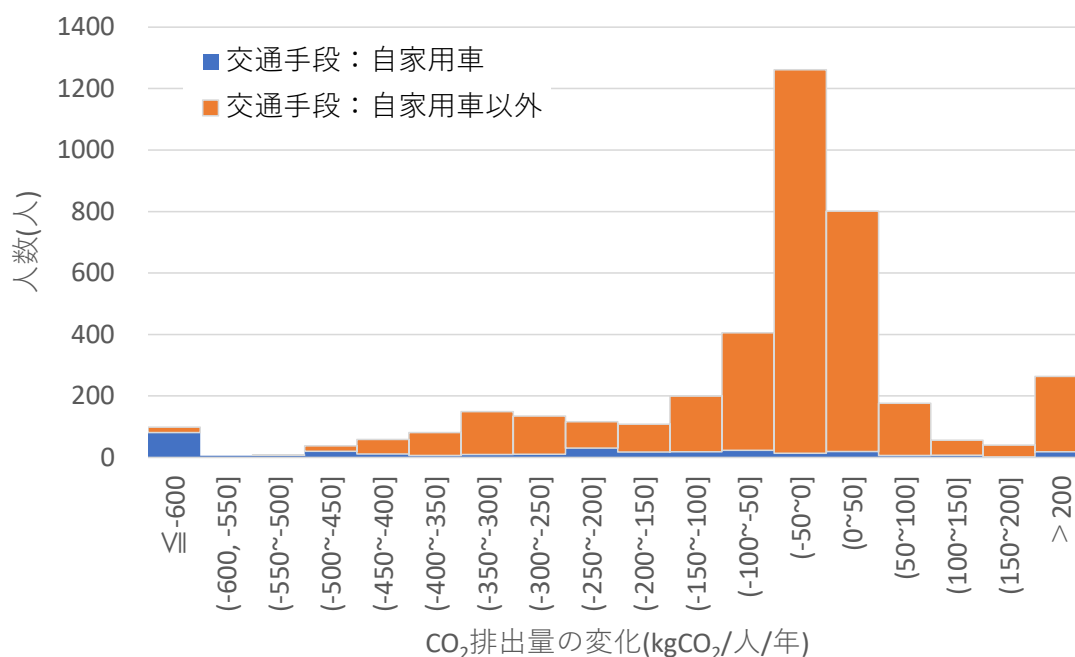


図-2 コロナ前からコロナ禍の CO₂ 排出量の変化の分布

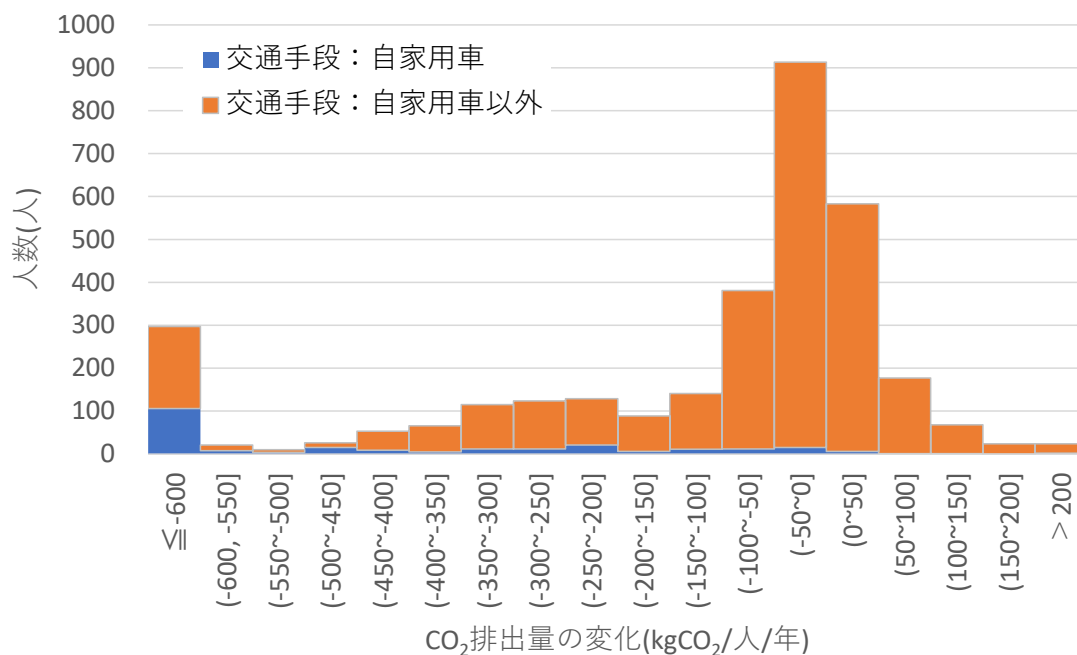


図-3 コロナ前から理想時の CO₂ 排出量の変化の分布

図-2 と図-3 を比較すると、CO₂ 排出量が微減となる(-50,0]の区間に含まれる人が最も多いという共通点が見られる。またコロナ禍の変化では、自家用車以外の手段から自家用車利用に代えたことで CO₂ 排出量が大きく増加する人が一定数存在したことがわかる。またコロナ禍と比較して理想時の働き方だと、600kg CO₂ 以上削減できる人が大きく増加している。自家用車通勤者の通勤頻度が大きく減少する場合や、職場への出勤を週0回と回答した場合、職場全体の出勤率が0となり、オフィス廃止と計算されたことによる影響が大きい。

次に属性別の CO₂ 排出量の分布を示す。コロナ前から理想時に変化した場合の地域別の結果を図-4 から図-6 に、年齢区分別の結果を図-7 から図-11 に示す。使用した結果は、自宅については照明にLEDを使用、モニター不使用の場合、職場は職場の在宅勤務実施率は回答者と同じと想定した「(c)大部屋」、余暇はエネルギー多消費趣味(b)で計算したものをを用いた。

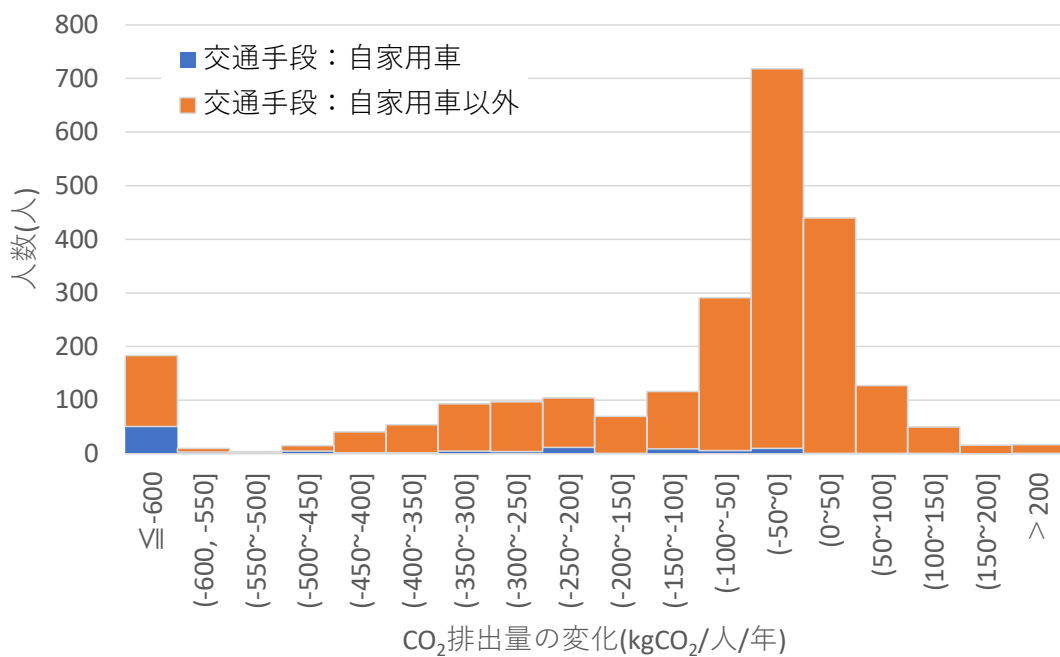


図-4 関東圏の CO₂ 排出量の変化 (コロナ前→理想時) の分布

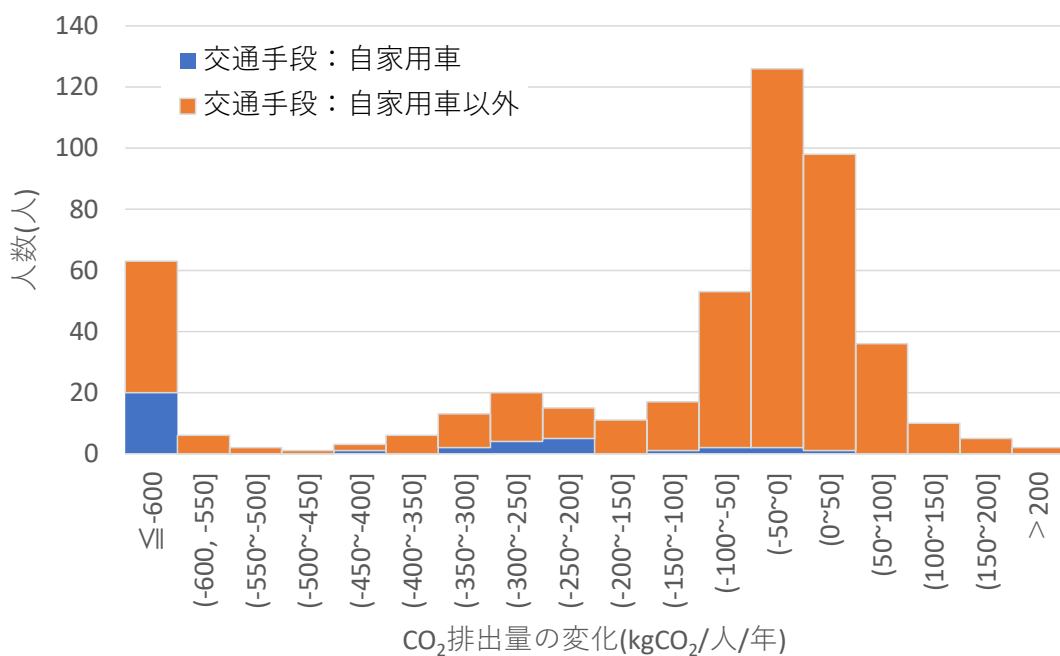


図-5 関西圏の CO₂ 排出量の変化 (コロナ前→理想時) の分布

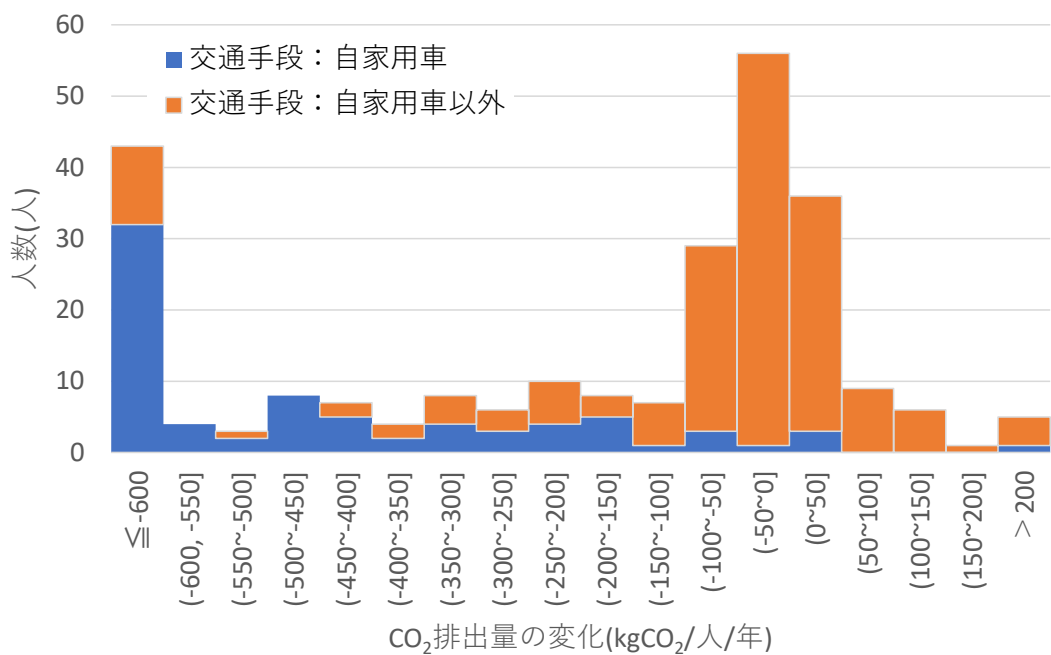


図-6 中京圏の CO₂排出量の変化（コロナ前→理想時）の分布

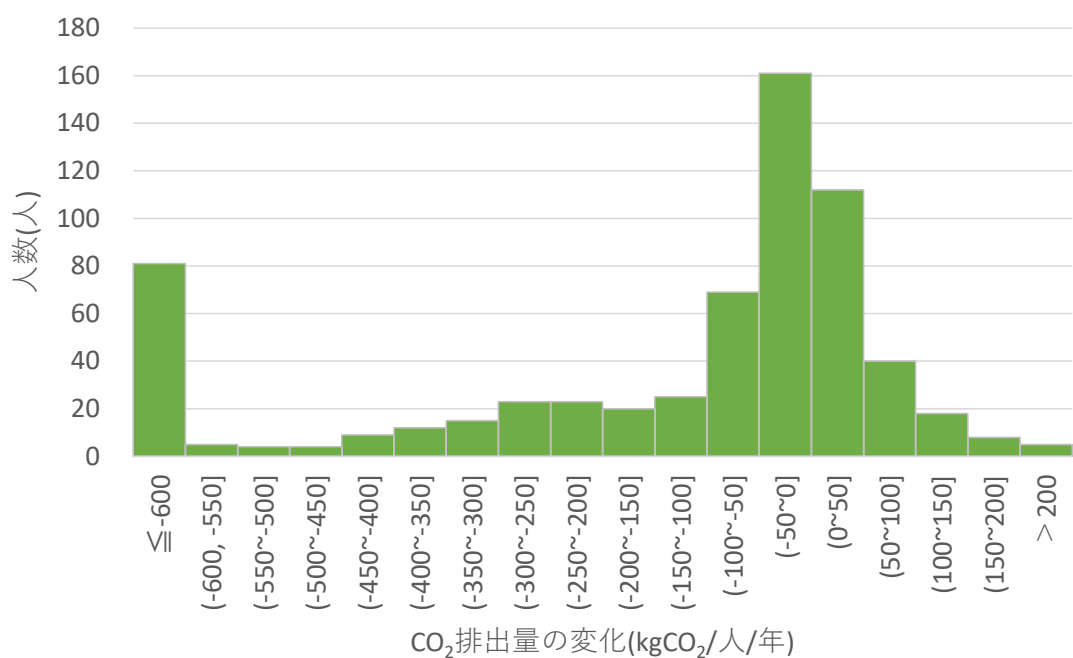


図-7 20代の CO₂排出量の変化（コロナ前→理想時）の分布

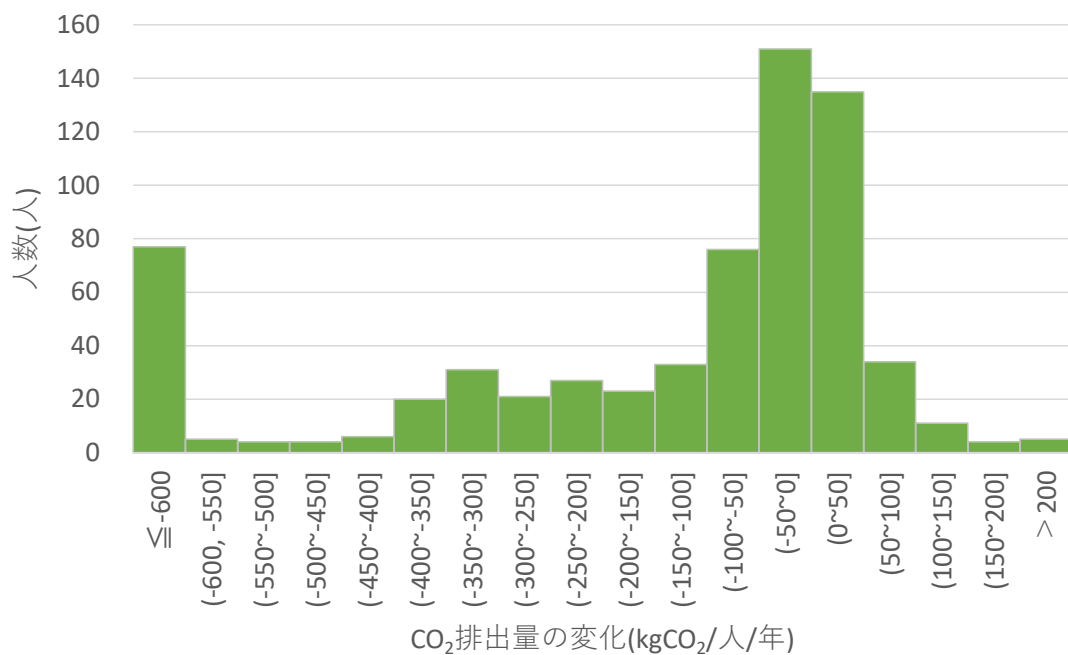


図-8 30代のCO₂排出量の変化(コロナ前→理想時)の分布

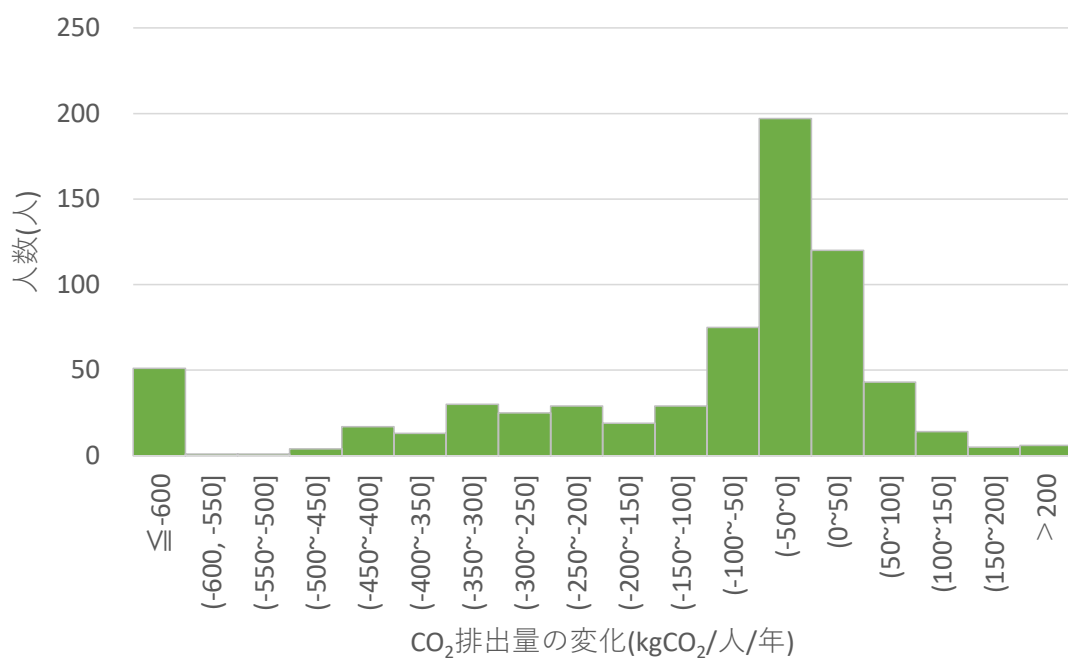


図-9 40代のCO₂排出量の変化(コロナ前→理想時)の分布

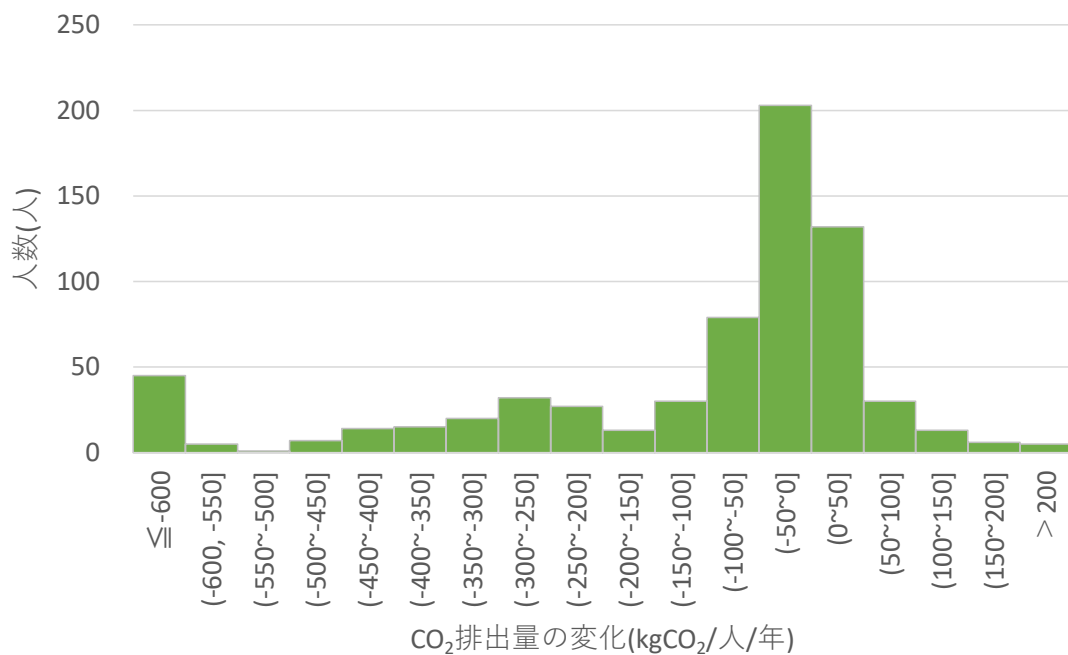


図-10 50代のCO₂排出量の変化 (コロナ前→理想時) の分布

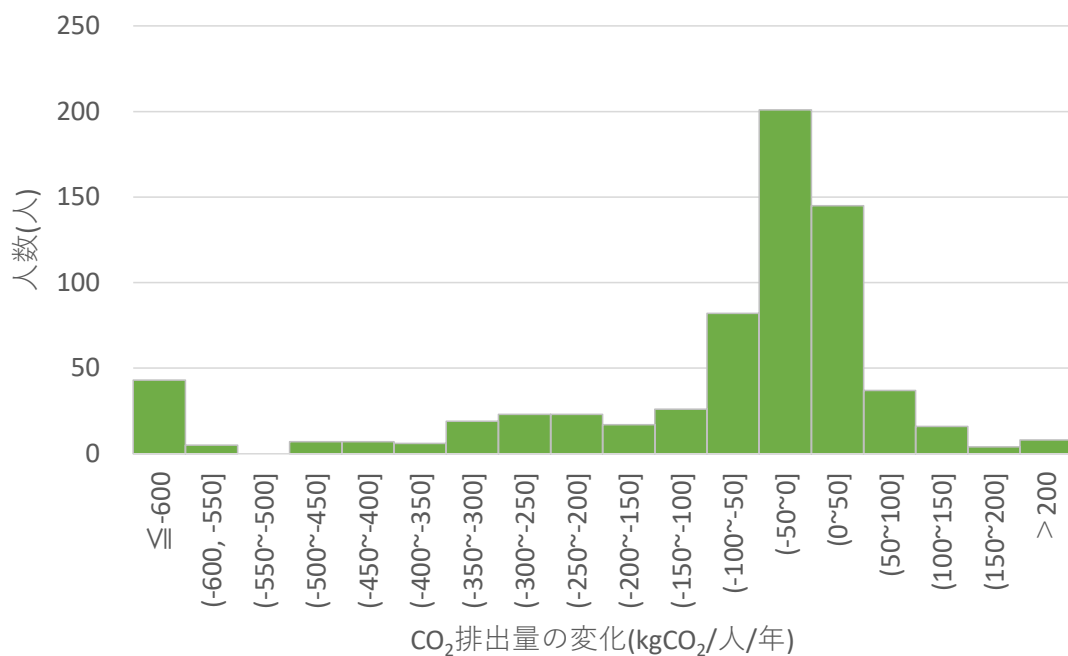


図-11 60代のCO₂排出量の変化 (コロナ前→理想時) の分布

図-4 から図-6 の結果から、関東圏、関西圏、中京圏の順に CO₂削減量が 600kg CO₂ 以上となる人の割合が大きくなることがわかる。これはこの順に自家用車通勤率が高くなる

ことによる。地域別の平均削減量は関東圏、関西圏、中京圏の順に、142、166、252kg CO₂/人/年となった。また、図-7 から図-11 の年代別の結果を見ると、比較的若い 20 代や 30 代に多く削減できる人がいることがわかる。このことも影響したのか、年代別の平均 CO₂削減量は、20 代から 60 代の順に、167、171、142、148、128kg CO₂/人/年となり、理想の頻度で在宅勤務できる場合、若い人の方が大きな削減が期待できる結果となった。このような差が生じた原因の検討は複数考えられるが、今後の課題としたい。

CO₂ 排出量の削減量について、自家用車通勤の削減の影響が大きいため、参考資料 1 には地域別の自家用車通勤による部分を除いた結果を示した。中京圏で年間 600kg CO₂ 以上削減できる人の数がおよそ半分に減った。関西圏や中京圏と比較すると関東圏では 100～450kg CO₂ 以上削減できる人の割合が全ての排出量レンジで 1～数%程度高い。なぜ関東のみこのような傾向が現れるのかについても今後の課題としたい。

5. 結論

本研究では、2022 年に実施した在宅勤務に関するオンライン調査結果を用いて、在宅勤務の実施がエネルギー消費量や CO₂ 排出量にもたらす影響を、在宅勤務実施頻度の違い（コロナ前、コロナ禍、理想時）や地域別の特徴など様々な点から分析した。その結果、金森ら³⁾で得られた知見に加え、①在宅勤務等のテレワークの実施により適切にオフィス面積を削減できる場合、在宅勤務の実施が CO₂ 排出量削減につながる可能性が示せたこと、②在宅勤務の実施に伴う CO₂ 排出量の分布については、地域別、年齢別に際立った違いはないものの、自家用車通勤による影響を除いた結果、比較的若い人の方が大きく削減できていることや、関東圏では年間 100kg CO₂ 以上の削減が見込まれる人が他の地域よりもわずかに多くみられるといった特徴が明らかになった。金森ら³⁾の結論とあわせて考えると、都市部でテレワークを実施することにより、CO₂ 排出量を削減するには、

- ・個人ができることとして、自宅での在宅勤務で照明や空調を適切に使用し、余暇時間の使い方にも注意を払うこと
- ・職場ができることとして、テレワークの実施率が安定するような仕組みづくりに加え、テレワーク実施率を踏まえて、床面積を削減することが必要となる。また、自家用車の使用を減らすことは CO₂ 排出量削減量が非常に多いため、自家用車通勤が多い職場は積極的にテレワークを実施できることが望ましいと言えるだろう。

また、本論文で示された地域別、年齢別の傾向が出た要因は現時点では明らかにできなかったが、今後丁寧に検討することで、在宅勤務の実施による具体的な CO₂ 排出量削減施策提案に向けた重要な示唆が得られる可能性がある。

謝辞

本論文は、国立環境研究所と株式会社オカムラとの共同研究「理想的なテレワークの実

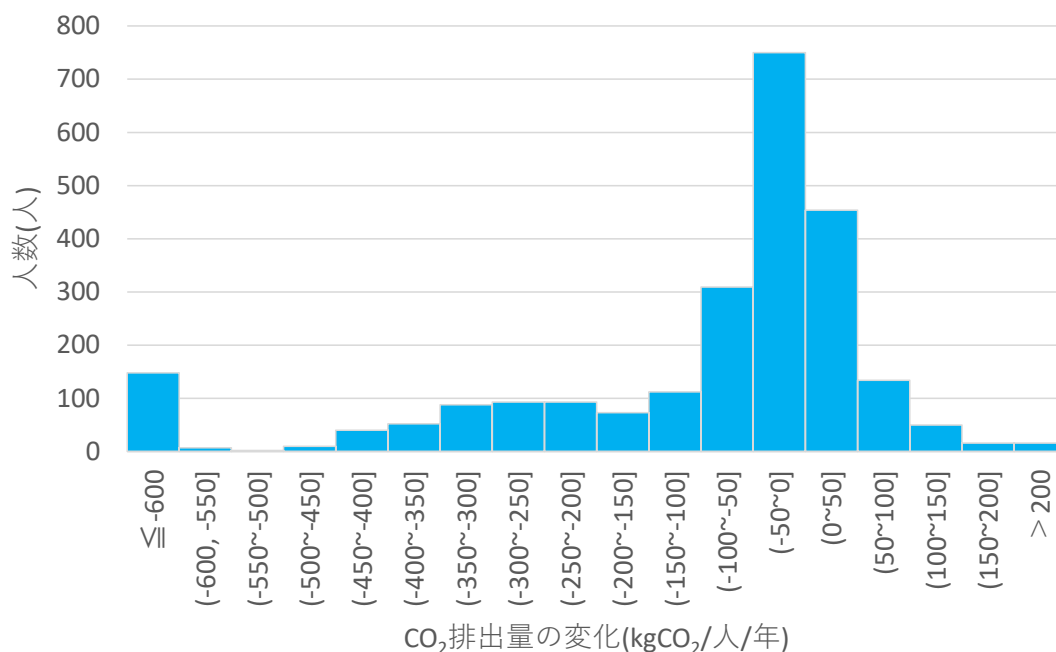
施による CO2 排出量への影響に関する研究」の成果である。

参考文献

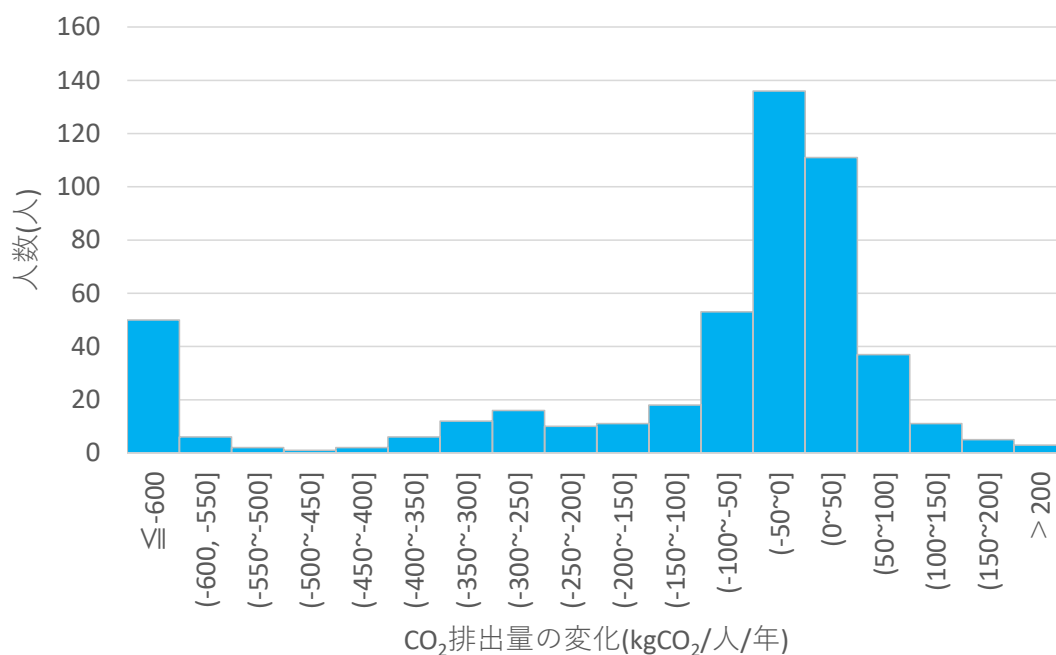
- (1) 総務省、テレワークの推進、
<https://www.jinji.go.jp/kenkyukai/telework/soumushiryoku0201.pdf> (accessed 2023-01-13).
- (2) テレワーク・リモートワーク総合研究所ホームページ：アフターコロナの働き方、テレワークへの意識は？, 株式会社 LASSIC(<https://www.lassic.co.jp>), <https://teleremo.net/?p=566>, (accessed 2024-01-22)
- (3) 金森有子, 池田晃一、有賀敏典、松橋啓介、森田舞、増井利彦 (2023) 都市部における在宅勤務の増加が CO₂ 排出量に与える影響の分析, 環境科学会誌, Vol.36, No.5, 173-184.
- (4) 山口容平・下田吉之 (2020) 在宅勤務によるエネルギー消費の変化, 環境工学研究会「新しい生活様式と都市環境」発表資料, <https://www.kinki-shasej.org/upload/pdf/kankyoku3482.pdf>, (accessed 2023-01-23).
- (5) 能瀬泰明・田中英紀・奥宮正哉・鶴飼真貴子 (2021) 事務所ビル・戸建住宅のエネルギー消費における在宅勤務の影響に関する研究, 空気調和・衛生工学会令和 3 年度大会 (福島) 学術講演論文集 第 9 巻 エネルギー管理編, 105-108. https://www.jstage.jst.go.jp/article/shasetaikai/2021.9/0/2021.9_105/_pdf/-char/ja, (accessed 2024-02-09).
- (6) 小野田亮介・大庭壇・永島啓陽・稲坂まりな・高木みき・渡邊円・田中宏昌・豊村幸毅・木虎久隆・田辺新一 (2021) 新型コロナウイルス感染症による在宅勤務実施に伴う住宅及びオフィスのエネルギー消費量の変動についての考察 その 2: エネルギー消費量と在室人数の関係の分析, 空気調和・衛生工学会令和 3 年度大会 (福島) 学術講演論文集第 9 巻 エネルギー管理編, 101-104. https://www.jstage.jst.go.jp/article/shasetaikai/2021.9/0/2021.9_101/_pdf/-char/ja, (accessed 2024-02-09).
- (7) 一般社団法人日本テレワーク境界ホームページ：テレワークとは, https://japan-telework.or.jp/tw_about/, (accessed 2024-02-13)
- (8) GIO (温室効果ガスインベントリオフィス) (2023) 日本の温室効果ガス排出量データ 1990 年度～2021 年度, <https://www.nies.go.jp/gio/archive/ghgdata/index.html>, (accessed 2024-02-09).

参考資料

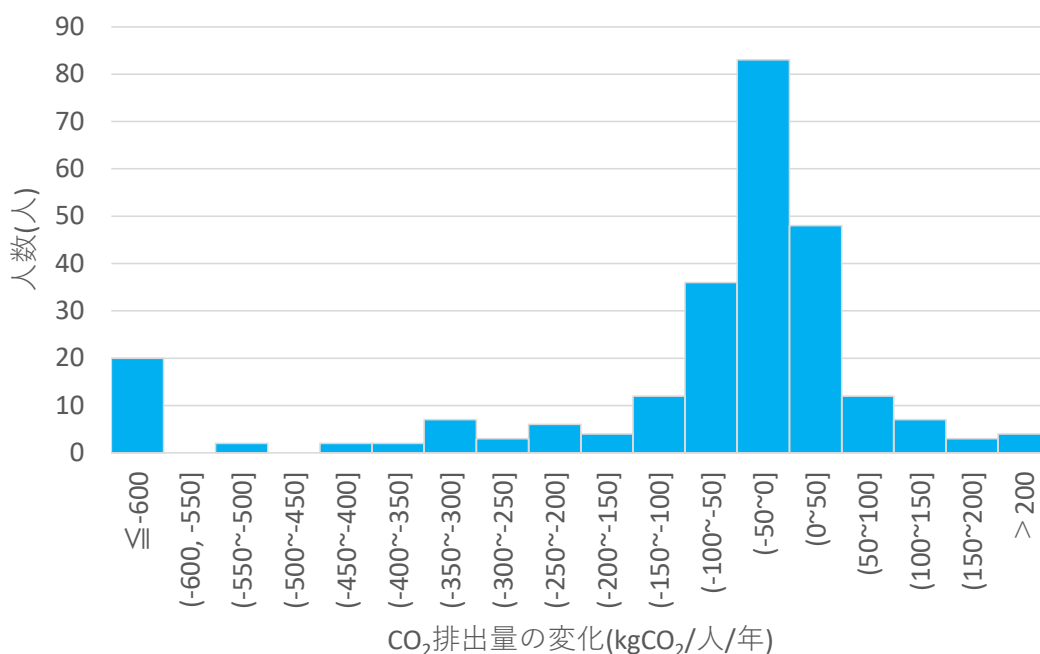
本文図-4～図-6 に示したコロナ前から理想時に変化した場合の地域別の CO₂ 排出量の結果から自家用車通勤に伴う CO₂ 排出量を除いた CO₂ 排出量の変化を参考 1～参考 3 に示す。



参考 1 関東圏の自家用車通勤による CO₂ 排出量を除く CO₂ 排出量の変化



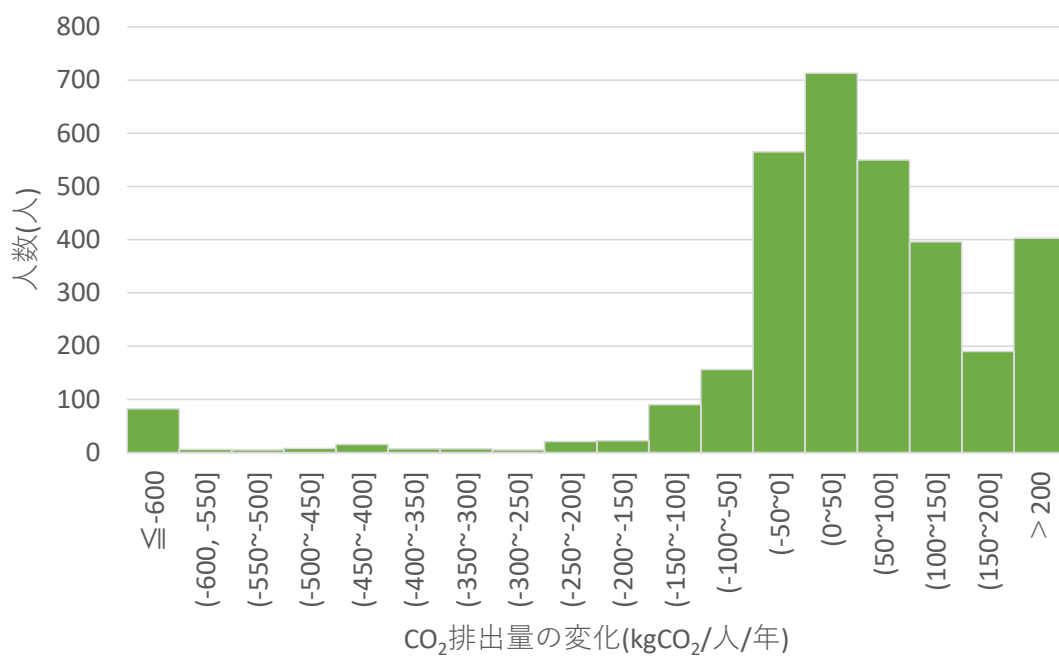
参考 2 関西圏の自家用車通勤による CO₂ 排出量を除く CO₂ 排出量の変化



参考3 中京圏の自家用車通勤によるCO₂排出量を除くCO₂排出量の変化

また、コロナ前から理想時に変化した場合のCO₂排出量の変化について、本文中では比較的排出削減が大きいケースを説明したが、逆にあまり排出削減が進まないケースの計算結果を参考4に示す。使用した結果は、自宅については照明にLEDを使用、モニター不使用の場合、職場については、大部屋の使用で職場の在宅勤務実施率は26.7%かつ床面積の変化を考慮した場合、余暇はエネルギー多消費趣味(a)で計算したものをを用いた。

この結果を図-3と比較すると、CO₂排出量が0~50kgCO₂/年となる人が最も多くなり、全体的にも排出量が減るケースが少なくなり、排出量が増えているケースが増えていることがわかる。またCO₂排出量が200kgCO₂/年以上増える人も激増していることがわかる。このような変化の理由としては、職場でのCO₂排出量削減効果が小さくなっていることも影響しているが、余暇時間の使い方としてエネルギー多消費趣味に多く行う回答した結果が影響したケースもみられる。本研究で使用したオンライン調査の結果では、エネルギー多消費趣味の詳細は明らかにできていないことに加え、職場全体としての在宅勤務実施率はわからないため、図-3及び参考-4が極端な場合を計算しているのか、あるいは、実際の状況に近いのかについての判断はできない。ただ、同じ調査結果を用いた計算でも、職場全体の在宅勤務状況の違いや、余暇時間の使い方の違いでこれだけ大きな結果の違いにつながることを考えると、結論にも示した通り、テレワークの実施をCO₂排出量の削減につなげるには、職場及び労働者本人の取り組みへの工夫が重要になってくることがわかる。



参考4 CO₂排出量の変化の分布

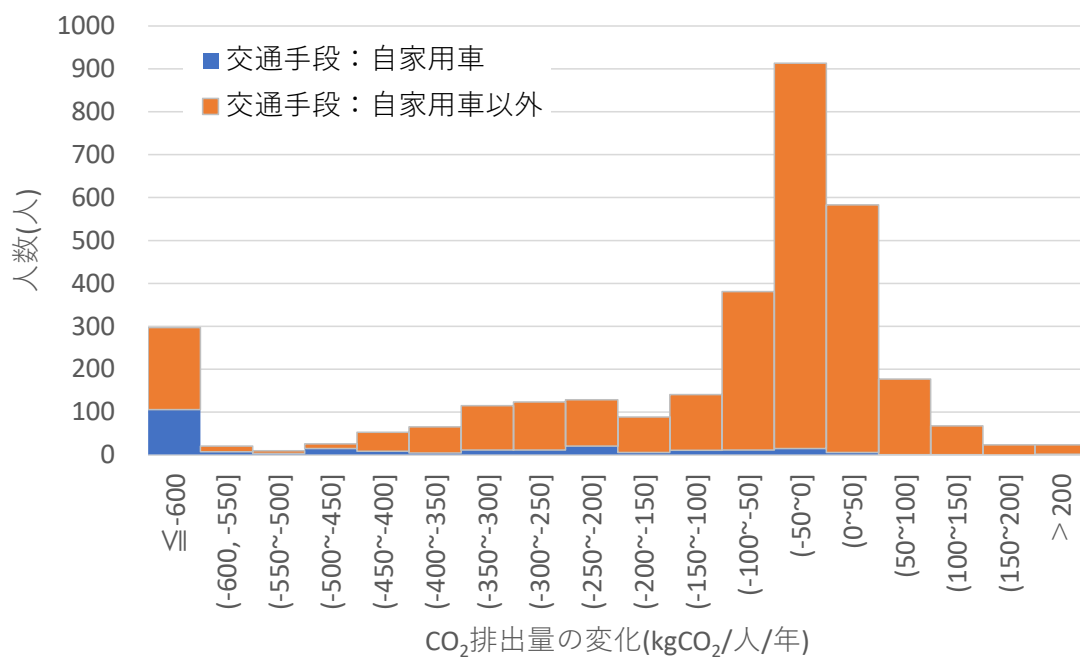


図-3(再掲) コロナ前から理想時の CO₂排出量の変化の分布

本ディスカッションペーパーシリーズは、国立研究開発法人国立環境研究所の研究者および外部研究協力者によって行われた研究成果をとりまとめたものです。関係する方々から幅広く意見やコメントを得るための場として公開しています。

論文は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、国立研究開発法人国立環境研究所の見解を示すものではありません。