

東京大学公共政策大学院
「公共政策の経済評価」 2023 年度

エネルギー価格抑制策の経済評価

2024 年 3 月

公共管理コース 1 年 吉村 拓也
経済政策コース 1 年 朱 奕静
経済政策コース 1 年 西山 卓也
経済政策コース 1 年 浜舘 瑞希
経済政策コース 1 年 星 ひより

目次

要旨.....	3
1. はじめに.....	4
2. 現状分析.....	4
2.1. 燃料費価格の現状.....	4
2.2. 電力・都市ガス料金の現状.....	6
2.3. 燃料油価格激変緩和対策事業の現状.....	8
2.4. 電気・ガス価格激変緩和対策事業の現状.....	8
3. 分析手法.....	8
3.1. 想定するケース（With/Without）.....	8
3.2. 推計期間.....	8
3.3. 費用と便益の項目.....	9
3.4. 消費者余剰及び生産者余剰の変化並びに補助金額.....	10
3.4.1. 消費者余剰の変化及び補助金額の推計.....	10
3.4.2. 生産者余剰の変化の推計.....	11
3.5. 外部費用.....	11
3.5.1. 温室効果ガスの排出費用.....	11
3.5.2. ガソリンと軽油の使用に伴う自動車走行による外部費用.....	12
3.6. 死亡回避便益.....	13
3.6.1. 概要.....	13
3.6.2. 冷房使用増加による熱中症死回避便益.....	14
3.6.3. 暖房使用増加による凍死回避便益.....	15
3.6.4. 一人当たりの気温死により失われた統計的生命価値の推定.....	15
3.6.5. 気温死の低減により得られる貨幣価値の推定.....	16
4. 分析結果.....	17
4.1. 分析結果まとめ.....	17
4.2. 結果の妥当性（ガソリン・軽油）.....	19
4.2.1. 概要.....	19
4.2.2. ガソリンの結果の妥当性.....	19
4.2.3. 軽油の結果の妥当性.....	19
5. 感度分析.....	20
5.1. 外部費用のパラメータの変化.....	20
5.2. 統計的生命価値の変化.....	20
5.3. 価格弾力性の変化.....	21
5.3.1. 低圧電力（電灯）.....	21
5.3.2. 都市ガス.....	21

5.4.	冷房又は暖房不使用割合の変化	22
5.5.	都市ガスの補助対象割合	22
5.6.	感度分析まとめ	23
6.	政策的含意と限界	23
6.1.	政策的含意	23
6.2.	限界	24
	謝辞.....	25

要旨

研究の背景・問題意識

現在日本が直面している課題として、原油価格の高騰が挙げられる。コロナ禍からの経済回復の重荷になる事態や、国際情勢の緊迫化による国民生活や経済活動への悪影響を防ぐために、燃料油及び電力・都市ガスの卸売価格を抑制するための手当として「燃料油価格激変緩和対策事業」及び「電気・ガス価格激変緩和対策事業」を実施している。これらの政策により各エネルギー小売価格の急騰が抑制されている。一方で、補助金によってエネルギー使用が増加することで、環境に対する負荷や自動車使用増加による渋滞等を増加させる可能性がある。これらの影響を踏まえ、当政策の社会的余剰の分析を実施することが必要である。

分析モデル・手法

本稿では、政府が実施したエネルギー価格抑制策（燃料油価格激変緩和対策事業及び電気・ガス価格激変緩和対策事業）の費用便益分析を行った。推計期間は、2023年1月の電気・ガス価格激変緩和対策事業実施から、各種データが入手可能な9月までの9か月間とした。分析対象とした費用項目は、補助金額と外部費用（温室効果ガス排出、大気汚染物質発生、騒音発生、交通渋滞発生、交通事故発生、道路インフラ費用過小負担の増加にかかる費用）の変化、便益項目は、消費者余剰の変化と死亡回避（熱中症死・低体温症死の回避によって救われる生命の価値）である。

結果

両事業の2023年1月から9月までの9か月間の純便益は▲1,409億円であり、便益対費用比率は0.94となった。このことから、生産者余剰と物価安定効果に関する便益を捨象した範囲において、当該政策の実施は、社会的余剰を減少させることが分かった。費用と便益それぞれの構成に注目すると、前者については補助金額分、後者については消費者余剰の増加分が大半を占める結果となった。純便益の損失額についてエネルギー種別に見ると、ガソリン、軽油、低圧電力（電灯）で大きくなった一方で、都市ガスや灯油などでは小さくなった。

1. はじめに

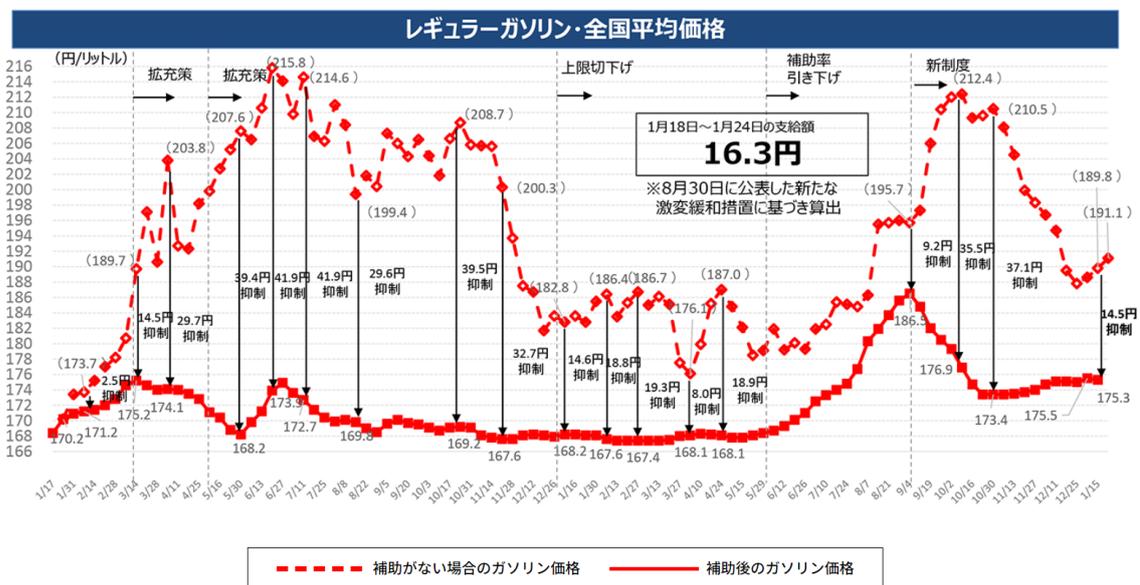
現在日本が直面している課題として、原油価格の高騰が挙げられる。コロナ禍からの経済回復の重荷になる事態や、国際情勢の緊迫化による国民生活や経済活動への悪影響を防ぐために、燃料油及び電力・都市ガスの卸売価格を抑制するための手当として「燃料油価格激変緩和対策事業」及び「電気・ガス価格激変緩和対策事業」を実施している。これらの政策により各エネルギー小売価格の急騰が抑制されている。一方で、環境に対する負荷も考えられ、社会的余剰の分析が必要である。本稿では、このようなエネルギー価格抑制策について、費用便益の分析による政策評価を行う。

2. 現状分析

2.1. 燃料費価格の現状

はじめに、各燃料価格の日本での現状を述べる。今回分析対象とする燃料油は、ガソリン、軽油、灯油である。燃料油価格激変緩和対策事業では、この他に重油と航空機燃料を対象としている。しかし、重油と航空機燃料はガソリン、軽油、灯油と比較して消費量が少ないことから本分析の対象外とした。

図 2-1、図 2-2、図 2-3 は、2022 年 1 月から 2023 年 1 月の各燃料油の全国平均価格の推移を示している。ガソリン価格の推移は、図 2-1 の破線のとおりである。ガソリン価格は、2022 年 1 月から同年 6 月にかけて約 170 円から 215.8 円へと約 30%上がっている。



出所：資源エネルギー庁「燃料油価格激変緩和補助金」

図 2-1 燃料油価格激変緩和対策事業（ガソリン価格）の効果の推移

軽油価格や灯油価格についても、図 2-2 及び図 2-3 の各破線のとおり、2022 年 1 月から 6 月にかけて、それぞれ 150 円から 195.7 円、110.4 円から 157.5 円へと、それぞれ約 30%、約 40%と急激に増加している。



出所：資源エネルギー庁「燃料油価格激変緩和補助金」

図 2-2 燃料油価格激変緩和対策事業（軽油価格）の効果の推移

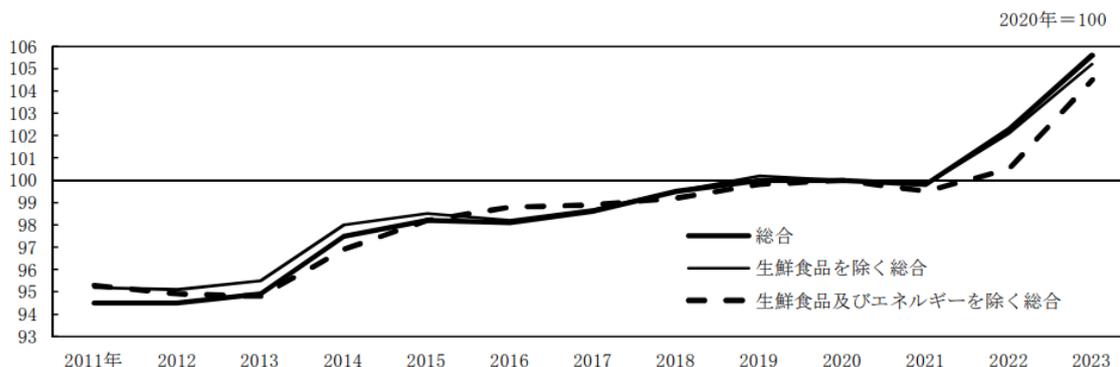


出所：資源エネルギー庁「燃料油価格激変緩和補助金」

図 2-3 燃料油価格激変緩和対策事業（灯油価格）の効果の推移

いずれの燃料油も、2022 年末から 2023 年半ばにかけて、価格が下がり安定したが、その後再び各価格は上昇している。

消費者物価指数については、図 2-4 のとおりである。2021 年から指数は増加の一途を辿っているが、今回分析対象とする補助金の影響を受けていないと考えられる「生鮮食品及びエネルギーを除く総合（コアコア）」の物価指数は 2021 年から 2023 年にかけて 99.5 から 104.5 へと増加する程度であり、燃料油価格ほどの度合いで上昇してはいない。

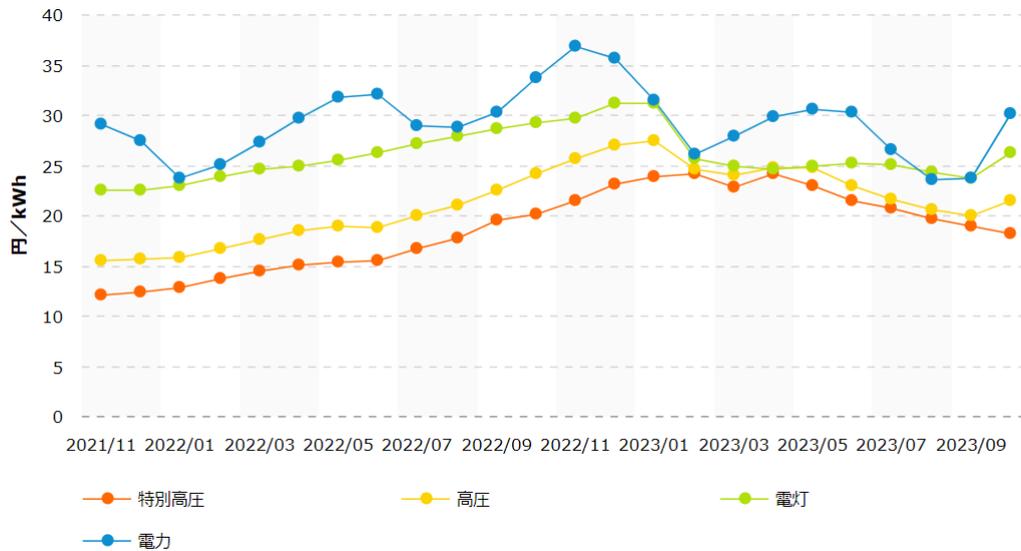


出所：総務省「2020 年基準消費者物価指数」

図 2-4 消費者物価指数の推移

2.2. 電力・都市ガス料金の現状

次に、電気料金の推移を確認する。図 2-5 は、2023 年 1 月から実施されている電気・ガス価格激変緩和対策事業の影響を含む、電力料金の推移を示している。特別高圧、高圧、電灯の価格は政策実施の 2023 年 1 月まで上昇し続けていた。

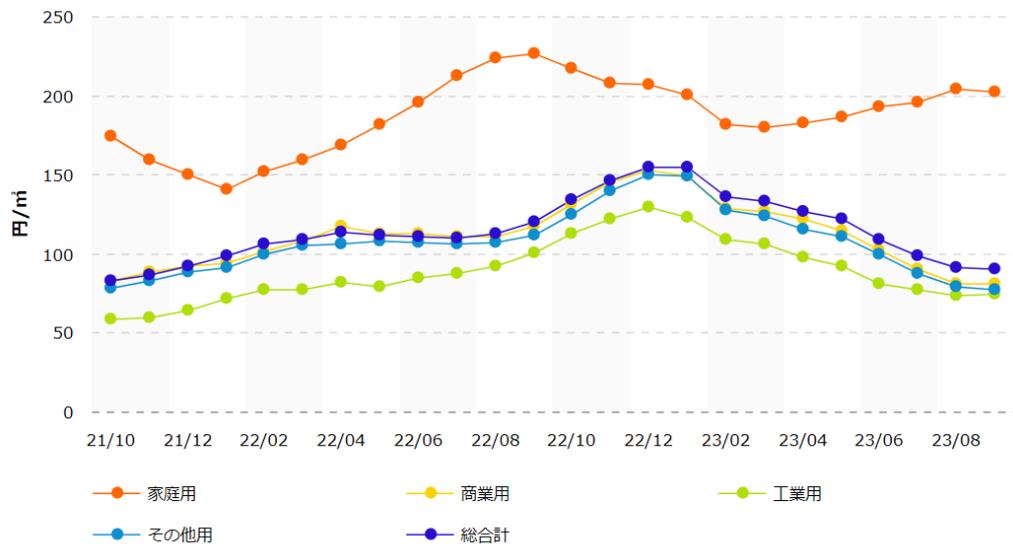


※消費税及び再生可能エネルギー発電促進賦課金は含まない単価。

出所：電力・ガス取引監視等委員会「電力取引の状況」

図 2-5 電力料金の推移

続いて、都市ガス料金の推移を確認する。図 2-6 は、2021 年から 2023 年までの都市ガス料金の推移を示している。家庭用は 2022 年 1 月まで下落傾向だったが、それ以降は 2023 年の同事業実施まで上昇基調となっており、その他の用途の都市ガスに至っては、2022 年 1 月までの下落傾向もなく、一貫して上昇基調だった。



出所：電力ガス取引監視等委員会「ガス取引の状況」

図 2-6 都市ガス料金の推移

2.3. 燃料油価格激変緩和対策事業の現状

次に、本稿で分析の対象となる二つの事業の一つである燃料油価格激変緩和対策事業について述べる。本事業は、燃料油卸売業者に対して価格抑制の補助金を支給するものである。具体的には、全国平均ガソリン価格が1リットル約170円以上（基準価格は、時期によって若干の変動がある。）になった場合、燃料油元売りに補助金を支給する¹。本事業による価格抑制策の効果は、図2-1から図2-3の垂直線によって表される。

2.4. 電気・ガス価格激変緩和対策事業の現状

最後に、電気・ガス価格激変緩和対策事業について述べる。本事業は、電気・都市ガスの小売事業者等に対して値引きの原資を支援するものである。具体的には、国が指定する値引き単価で電気・都市ガス料金の値引きを行なった小売事業者等に対し、国が値引き原資を交付する。電気・都市ガスの小売事業者等は、家庭や企業に請求する月々の料金から、各消費者の使用量に応じて値引きを行っている。国が指定する値引き額は、電気代の低圧契約では3.5円/kWh、高圧契約では1.8円/kWhとなっている。都市ガス代では1,000万m³未満の家庭や企業などで15円/m³となっている（いずれも2024年1月時点）。

3. 分析手法

本稿では、「燃料油価格激変緩和対策事業」及び「電気・ガス価格激変緩和対策事業」の発生ベースでの費用便益分析を実施する。費用便益分析は、社会的余剰（社会的厚生）の定量的分析である。前述したとおり、対象政策の目的の一つに、「経済活動への悪影響を抑制すること」が挙げられている。しかし、いわゆる「経済効果」である、国内総生産・国内総所得・国内総支出の増加を発生ベースの便益推計に加えると、便益の二重計上となる。これを防ぐため、本分析では、対象政策によって生じる「経済効果」を便益項目として設定しない。

3.1. 想定するケース（With/Without）

本稿は、With ケースと Without ケースを以下のように定義し、費用便益分析を行った。

【With ケース】

燃料油価格激変緩和対策事業及び電気・ガス価格激変緩和対策事業を実施する。

【Without ケース】

上記の補助事業を実施しない。（価格高騰状態を放置する。）

3.2. 推計期間

本稿の分析は、2023年1月の補助事業実施から、9月までの9か月間について推定を行う。推計期間を2023年1月から9月までの9か月間とした理由は、電気・ガス価格激変緩和対策事業が始まった時点から、本稿の執筆を始めた時点で得られる最新データまでとしたためである。燃料油価格激変緩和対策事業の費用及び便益を合計して推計するため、

時点を合わせて、燃料油価格激変緩和対策事業の推計期間も 2023 年 1 月から 9 月までの 9 か月間とした。

3.3. 費用と便益の項目

費用、便益に設定した項目を表 3-1 に示した。

費用項目として、全てのエネルギー源に対する補助金支出額を設定した。さらに、外部費用として、エネルギー源の使用や発電によって発生する温室効果ガスの排出費用を設定した。また、ガソリンと軽油の使用増加に伴う乗用車・商用車の走行距離の増加により発生する、大気汚染物質の排出費用、騒音の発生費用、交通渋滞の発生費用、交通事故の発生費用、道路インフラ費用の過小負担も同じく外部費用として設定した。

便益項目としては、全てのエネルギー消費における消費者余剰及び生産者余剰の変化を設定した。この分析では、先に述べた外部費用は消費者と生産者のいずれにも負担されていないものとして、消費者余剰及び生産者余剰の変化とは別の枠組みで設定し、算出した。熱中症や低体温症による死亡の回避も便益として設定した。

表 3-1 費用便益項目

	項目	内訳
費用	補助金	政府が支出した補助金 (各エネルギー)
	外部費用の変化	温室効果ガス排出の増加分 (各エネルギー)
		大気汚染物質排出の増加分 (ガソリン・軽油)
		騒音発生が増加分 (ガソリン・軽油)
		交通渋滞発生が増加分 (ガソリン・軽油)
		交通事故発生が増加分 (ガソリン・軽油)
		道路インフラ費用歌唱負担の増加分 (ガソリン・軽油)
便益	消費者余剰の変化	消費者余剰の増加分 (各エネルギー)
	生産者余剰の変化	生産者余剰の増加分 (各エネルギー)
	死亡回避	屋内での熱中症による死亡の回避 (低圧電力 (電灯)) 屋内での低体温症による死亡の回避 (灯油、低圧電力 (電灯)、都市ガス)

3.4. 消費者余剰及び生産者余剰の変化並びに補助金額

表 3-1 のとおり、補助金を費用、消費者余剰及び生産者余剰の変化を便益として計上している。本分析では限界費用が一定であり、価格が限界費用に等しいと仮定する。したがって供給曲線は水平な直線となり、生産者余剰は生じない。したがって、社会的余剰は消費者余剰から補助金額を差し引いたものになる。

3.4.1. 消費者余剰の変化及び補助金額の推計

各エネルギー源の一般均衡需要曲線を推計した上で消費者余剰、補助金総額を算出した。

一般均衡需要曲線の推計については、線形と仮定 ($P = aX + b$) し、推計期間を通しての平均単位当たりのエネルギー源価格 (P^*)、推計期間を通しての平均月当たりの平均取引量 (X^*) 及び表 3-3 の価格弾力性 ε を用いて以下のとおり、一般均衡需要曲線の a, b を求めた。

$$a = \frac{P^*}{\varepsilon X^*}, \quad b = P^* - \frac{P^*}{\varepsilon}$$

さらに、2週間ごとに変化する燃料油事業における補助金額 ΔP を推計期間における燃料油価格と補助金がなかった場合の燃料油価格(経済産業省)の差の平均とした。また、定額であった電気・ガス事業における補助金額 ΔP は表 3-2 の値とした。推定した一般需要均衡曲線から補助金がなかった場合の取引量 $\hat{X} = (\frac{\varepsilon \Delta P}{P^*} + 1)X^*$ を求め、 (X^*, P^*) での消費者余剰から $(\hat{X}, P^* + \Delta P)$ での消費者余剰を引いたものを消費者余剰の変化とした。 (X^*, P^*) のデータについては、燃料油のうち、ガソリン及び軽油の消費量は「自動車燃料消費量調査」(国土交通省)²、灯油の消費量は「資源・エネルギー統計(石油)」(経済産業省)³、また、価格のデータは補助事業告知ウェブサイトで公表していたデータ(経済産業省)⁴を使用している。

都市ガス及び電気の消費量並びに価格については、「ガス取引の状況」(経済産業省)⁵及び「電力取引の状況」(経済産業省)⁶を使用した。

表 3-2 単体量当たりの補助金額

エネルギー源	単体量当たりの補助金額
都市ガス	15 円/m ³
電気（低圧電力（電力）、低圧電力（電灯））	3.5 円/kW
電気（高圧）	1.8 円/kW

出所：資源エネルギー庁「電気・ガス価格激変緩和対策事業」

表 3-3 エネルギー源の価格弾力性

エネルギー源	価格弾力性
ガソリン ⁷	-0.051
軽油 ⁷	-0.09
灯油 ⁷	-0.094
都市ガス ⁷	-0.007
低圧電力（電灯） ⁸	-0.7
低圧電力（電力） ⁹	-0.2
高圧電力 ⁹	-0.2

出所：沈（2003）⁷、谷下（2009）⁸、Hosoe & Akiyama（2009）⁹

3.4.2. 生産者余剰の変化の推計

限界費用を一定とし、競争市場で価格は常に限界費用に等しいと仮定することで、生産者余剰はゼロであり、その変化もゼロとなる。

3.5. 外部費用

3.5.1. 温室効果ガスの排出費用

補助金交付により、エネルギー価格が下がることでエネルギーの使用量が増える。これにより温室効果ガスの排出が増加する。温室効果ガスは気候変動の原因物質であり、その増加によって異常気象を引き起こし、暴風や水害をもたらすとともに農作物や水産物の生産性にも影響を与える¹⁰。このように、エネルギーの使用は、気候変動を引き起こし、市場を介さずに社会が負担する費用を増加させているため、外部不経済を発生させていると考えられる。この外部不経済による社会的費用の増加を費用として算出した。

具体的には、各エネルギー源の単体量当たりに発生する二酸化炭素換算の温室効果ガスの量である排出係数を表 3-4 の値を用い、補助金によって増加したエネルギー源の量($X^* - \hat{X}$)に乘じることで、補助金による追加温室効果ガス発生量を求めた。

表 3-4 エネルギー源ごとの温室効果ガス排出係数

エネルギー源	排出係数	単位
ガソリン	2.32	t-CO ₂ /L
軽油	2.619	t-CO ₂ /L
灯油	2.489	t-CO ₂ /L
電気	0.000433	t-CO ₂ /kWh
都市ガス	0.002046	t-CO ₂ /m ³

出所：1 t-CO₂の外部費用は「燃料別の二酸化炭素排出量の例」¹¹

さらに、1 t-CO₂の外部費用については、2,889 円/t-CO₂（「公共事業の費用便益分析（共通編）に関する技術指針」（国土交通省、2009）¹²における 10,600 円/t-C から炭素原子量 12.011、酸素原子量 15.999 から CO₂ 1t 当たりの金額に換算）を使用し、追加温室効果ガス発生量に乗じることで、温室効果ガスによる外部性を推計した。

3.5.2. ガソリンと軽油の使用に伴う自動車走行による外部費用

ガソリン及び軽油については、自動車の走行に使用されるエネルギー源であり、補助金によりこれらの消費量が増加することで、自動車の走行による騒音及び大気汚染による健康への影響・生活環境悪化、交通事故、交通渋滞、インフラ損傷（自動車税との差分）が生じる^{13 14}。ガソリン及び軽油の自動車走行への利用についても、市場を介さずに社会が負担する費用を増加させているため、外部不経済を発生させていると考えられる。したがって、これらの外部不経済による社会的費用の増加を費用として算出した。

これらの外部費用は自動車のタイプ（乗用車、バス、トラック）ごとの走行距離に比例して発生すると仮定し、さらに、ガソリン及び軽油の全量が自動車の走行に使用されるため、走行需要の価格弾力性はエネルギー源需要の価格弾力性 ε と等しいとの仮定の下、自動車の走行によって発生する外部費用を推計した。なお、外部費用の係数は兒山・岸本（2001）¹³の中位（表 3-5 参照）を使用した。

推計期間内の補助金による自動車の追加走行距離 $\Delta L_{i,j}$ は、ガソリン又は軽油の推計期間での平均価格 P_j^* 及び単位量当たりの補助金 ΔP_j^1 並びに自動車のタイプごとの走行距離 $L_{i,j}^*$ ¹⁵値を使用し、以下のとおり算定した。（ i は自動車タイプ、 j はガソリン又は軽油）

$$\Delta L_{i,j} = \frac{\varepsilon_j \Delta P_j}{P_j^*} L_{i,j}^*$$

$$Ext_j = \sum_{i=1}^3 (air_i + noise_i + acci_i + jam_i + inf_i) \Delta L_{i,j}$$

トラックについては、大型トラックと小型トラックの算術平均とした。自動車の車種

別ごとの走行距離は「自動車輸送統計調査」¹⁵から対象期間中の走行距離を算出した。

表 3-5 自動車走行の単位距離当たりの外部費用

外部性（自動車タイプ）	単位距離当たりの外部費用[円/km]
大気汚染（乗用車） air	1.8
大気汚染（バス） air	69.2
大気汚染（大型トラック） air	59.1
大気汚染（小型トラック） air	13.8
騒音（乗用車） noise	3.6
騒音（バス） noise	35.6
騒音（大型トラック） noise	35.6
騒音（小型トラック） noise	3.6
道路混雑（乗用車） jam	7.3
道路混雑（バス） jam	14.6
道路混雑（大型トラック） jam	14.6
道路混雑（小型トラック） jam	7.3
交通事故（乗用車） acci	7.65
交通事故（バス） acci	7.4
交通事故（大型トラック） acci	7.9
交通事故（小型トラック） acci	4.9
インフラ過小負担（共通） inf	7

3.6. 死亡回避便益

3.6.1. 概要

便益項目として、死亡回避便益を評価する。死亡回避便益は、以下の2つである。

第一に、低圧電力（電灯）価格、灯油価格、都市ガス価格の高騰を防ぐことによる暖房使用の増加を通して、屋内での低体温症による死亡を防ぐことの便益である。

第二に、低圧電力（電灯）価格の高騰を防ぐことによる冷房使用の増加を通して、屋内での熱中症による死亡を防ぐことの便益である。

Without の場合にはエネルギー価格の高騰が生じており、一部の消費者では支払意思額（Willingness to pay。以下「WTP」という）がエネルギー価格を上回るために冷暖房の使用を控えようとする。このことにより、熱中症による死亡や、低体温症による死亡が増加することが予想される。With の場合はエネルギー価格の高騰が抑えられるため、一部の消費者の冷暖房使用控えが食い止められる。これによって Without の場合に発生していた死亡数を減らすことができる。

このような消費量の変化による影響を、消費者の合理的な選択の結果と考えると、消費者余剰の変化の中に含まれるため、新たな便益として計上されない。しかし「消費者がエネルギーに対する WTP を過小に評価している」とすると、需要曲線が消費者の合理的な

判断によって形成されていないことになり、この消費量の変化による影響を消費者余剰以外の便益として計上する必要がある。

エネルギー価格の高騰によって冷暖房を使用しない判断をし、熱中症や低体温症を引き起こす人々は、自らの体調や命を守ることに支払うはずの金額を正確に理解できておらず、冷暖房に支払える費用すなわちエネルギーに支払える費用を過小に設定していると考えられ、これが WTP の過小設定になる。

3.6.2. 冷房使用増加による熱中症死回避便益

屋内で熱中症によって死亡するケースは、主に高齢者で多く、2020 年のデータではその 80%を 65 歳以上が占めている¹⁶。また、高齢者は若年層に比べ、冷房使用が少ないという報告もある^{17 18}。これらのことから、本分析で算出する熱中症死亡回避による便益は、消費者の中でも特に高齢者の冷房に対する WTP が過小推定されていることから生じると考えられる。

高齢者の冷房に対する WTP が低い理由として、以下の事柄が挙げられる。

第一に、許容できる温度が高いことである。高齢者が熱中症になりやすい理由として、体温調節機能の低下という生理的理由と、許容できる温熱環境の拡大などの心理的理由があると指摘されている^{19 20 21}。このうち、許容できる温熱環境の拡大によって、高齢者は室内温度が多少高くともエアコンを使用しない可能性がある。

第二に、冷房使用によって身体不調をきたすと考えられていることである。糸井川の報告では、冷房を使用しない高齢者女性のうち、その理由に冷風を嫌うことや、冷房を使用することによって体調不良が生じることを挙げる人が 15%程度存在した¹⁹。体調不良については、冷房使用によって下肢の痛みや冷え、痺れ、腹痛、腰痛などの症状が生じたり、就寝中に冷房を使用していると翌日に風邪気味になったりという訴えがあることが示されている²²。

また、冷房を使用しないことによって熱中症を発症し搬送され、2 日間入院した場合にかかる費用は、暑さ指数と呼ばれる WBGT（湿球黒球温度）が、日常生活における熱中症予防指針²³において「警戒」以上のレベルを示す 25°C以上の時間にエアコンを全て利用した場合の電気料金よりも高額になることが報告されている²⁴。この研究では、第二の理由に挙げた体調不良に対する医療費を考慮していない。しかし、2 割負担の医療費とエアコンに使用した電気料金との差額は調査した全ての月において 5,000 円以上と見積もられており、上述した冷房使用による体調不良に対する医療費は 5,000 円以内に収まると想定すると、冷房を使用するほうが消費者にとっても費用が小さく収まるか最低でも同等の費用で済むと考えられる。

以上のように入院で軽快する程度の症状の発症に対しても消費者は適切に想定できておらず、冷房に対する WTP を過小に設定していると考えられる。このことは、高齢者は熱

中症による死亡の回避を考慮に入れられず、低圧電力（電灯）に対する WTP を過小に評価していることを意味する。

このようにして、電力価格の高騰抑制によって、消費者余剰に含まれない部分で死亡数の減少という便益が発生していると考えられ、これを消費者余剰から独立した便益として計上した。

3.6.3. 暖房使用増加による凍死回避便益

低体温症は、体から失われる熱量が運動により生じる熱や暖房から得られた熱よりも多くなった場合に生じる²⁵。人口動態調査によると、低体温症による死亡（凍死）を示す「自然の過度の低温への暴露」による死亡者数は、2021年のデータで総数1,245人であり、その内約84%を65歳以上が占めている²⁶。熱中症死亡同様、凍死もその多くを高齢者が占めている。高齢者は、温度感覚の低下や、体温調節機能の低下、皮下脂肪の減少などにより、他の年代と比較して低体温症になるリスクが若年層と比較して高くなっている。また、2018年12月から2019年2月及び2019年12月から2020年2月に収集された、18歳以上を対象とした全国規模の観察研究のデータによると、偶発性低体温症によって亡くなった患者のうち約84%が屋内で発症している²⁷。

WHOが2018年に発表した「WHO HOUSING AND HEALTH GUIDELINES」では、健康的に過ごすために、冬季は室温を18°C以上に設定することが推奨されている²⁸。しかし、日本の2,094世帯を対象にした調査では、居間の室温が18°C未満である割合が61%であることや、冬季室温平均が16.7°Cであることなどが報告されており、多くの家庭において健康的に望ましい室温を下回る状況だと考えられる²⁹。

各世帯の室温が低い理由は、健康を維持するために適切な室温を理解していないという知識不足が考えられる³⁰。消費者、特に高齢者の暖房に対するWTPが、知識の不足によって過小推定されていることによって、凍死回避による便益が生じていると考えられる。どの年齢においても健康的に望ましいとされる室温を保つことができていないことが想像されるが、その中でも特に高齢者は低体温症により死亡するリスクが高く、室内温度をより適切に保つ必要がある。高齢者はそのような情報を把握できておらず、暖房にかかるべき費用を過小に推定している可能性がある。

このようにして、電力・都市ガス・灯油価格の高騰抑制によって、消費者余剰に含まれない部分で死亡数の減少という便益が発生していると考えられ、これを消費者余剰から独立した便益として計上した。

3.6.4. 一人当たりの気温死により失われた統計的生命価値の推定

一人当たりの気温死により失われた統計的生命価値は、死亡した年齢における日本人の平均余命の貨幣価値に相当する。一人当たりの生存年価値は個人や年齢によって異なるものと仮定し、 VLY とおく。各年代（インデックス i を用いる）における平均余命を

$additional_i$ （「令和4年簡易生命表」³¹の男女の平均余命の算術平均）及び社会的割引率 r を用いて、各年代の死亡した年齢における日本人の平均余命の貨幣価値 Q_i は、

$$Q_i = \sum_{t=0}^{additional_i} VLY \times \left(\frac{1}{1+r}\right)^t$$

となる。 VLY については、一人当たりの統計的生命価値 VSL から算出した。具体的には、2007年の内閣府報告書³²で示されている一人当たりの統計的生命価値2億2,670万円を、2004年（同報告書で統計的生命価値を算出する根拠となったデータは2004年に実施されたアンケートであった）での平均余命（「平成16年簡易生命表」³³及び「人口推計2004年年齢（各歳），男女別人口及び人口性比－総人口，日本人人口」³⁴を用いた各性別各年齢の平均余命の加重平均）である41.9年及び社会的割引率 $r=4\%$ を用いた下記の年金係数 $EANB$ で除した上で2020年を基準とした2004年及び2023年のCPIの比を用いることで令和4年での貨幣価値に換算した1,195万円を用いた。 VLY の計算式は以下の通りである。

$$VLY = \frac{VSL}{EANB} \times \frac{CPI_{2023}}{CPI_{2004}}$$

$$EANB = \sum_{t=0}^{41.9} \left(\frac{1}{1+0.04}\right)^t = \frac{1 - \left(\frac{1}{1+0.04}\right)^{41.9}}{1 - \frac{1}{1+0.04}}$$

なお、年代別の熱中症死者数については令和4年厚生労働省のデータ³⁵（5歳ごとの区分）を、年代別の凍死者数については令和3年人口動態統計のX31_自然への過度の低温への曝露のデータ²⁶（20歳ごとの区分）を用いた。

3.6.5. 気温死の低減により得られる貨幣価値の推定

各年代の気温死人数を n_i とすると、日本全体での気温死によって失われる生命の貨幣価値 D は、

$$D = \sum_i n_i Q_i$$

で与えられる。このうち、屋内で死亡し、かつ冷房又は暖房を使用していなかった高齢者の割合 η を乗じたものが補助金の効果の対象となる生命の貨幣価値である。また、補助金の実施による気温死によって失われる生命の貨幣価値は各エネルギー源の価格弾力性を通じて減少する。すなわち、この貨幣価値は以下のとおりエネルギー源の価格によって価格弾力性 ε を通じて変化するものと仮定する。

$$\varepsilon = -\frac{P}{D} \frac{dD}{dP}$$

熱中症による死亡者数は令和4年（以下令和4年7月から9月を「夏季基準」という）、凍死者数は令和3年（以下令和3年1月から2月を「冬季基準」という）のデータ²⁶が公表されている。令和4年の熱中症による死亡は全て夏季基準で発生したとし、令和3年の凍死の3分の2が冬季基準に発生したと仮定した。これらのデータを使用して算出した日本全体での気温死によって失われる生命の貨幣価値を D_0 とする。

推計期間内の補助金の効果を推計するためには、補助金事業を実施した場合の日本全体での気温死によって失われる生命の貨幣価値 D_1 及び補助事業を実施しなかった場合の貨幣価値 \widetilde{D}_1 をそれぞれ求める必要がある。求める便益は両者の差に屋内かつ空調を使用せず亡くなった方の割合 η を乗じた $\eta(\widetilde{D}_1 - D_1)$ である。これは、夏季基準内又は冬季基準内のエネルギー源 j の平均価格を $P_{j,0}$ とし、推計期間の同月の同エネルギー源の平均価格を $P_{j,1}$ （補助金あり）、 $\widetilde{P}_{j,1}$ （補助金なし）とすると、

$$\varepsilon_j = \frac{P_{j,0}}{D_0} \frac{D_1 - D_0}{P_{j,1} - P_{j,0}}$$

$$\varepsilon_j = \frac{P_{j,0}}{D_0} \frac{\widetilde{D}_1 - D_0}{\widetilde{P}_{j,1} - P_{j,0}}$$

であるから、

$$\widetilde{D}_1 - D_1 = \varepsilon_j \frac{\widetilde{P}_{j,1} - P_{j,1}}{P_{j,0}} D_0$$

となり、屋内かつ空調を使用していないで亡くなった方の割合 η を乗じ、

$$\eta(\widetilde{D}_1 - D_1) = \eta \varepsilon_j \frac{\widetilde{P}_{j,1} - P_{j,1}}{P_{j,0}} D_0$$

と求めることができる。

屋内かつ空調を使用せずに亡くなった方の割合 η について、熱中症死亡においては、東京都23区の「令和4年夏期の熱中症死亡者（屋内死亡者）のエアコン使用状況」³⁶における設置有かつ使用無と設置無の者の割合を足し合わせたものを用いた。低体温症による死亡においては、低体温症死亡者のうち暖房を使用していない者の割合を示すデータがなかったため、暖房を使用していない者の割合を100%とした。電気、都市ガスの夏季基準内又は冬季基準内のエネルギー源 j の平均価格 $P_{j,0}$ について、電気及び都市ガスは「電力、ガス取引の状況」⁵から対象となる期間の算術平均をとったもの、灯油は「給油所小売価格調査」³⁷から対象となる期間の算術平均をとったものを用いた。

4. 分析結果

4.1. 分析結果まとめ

表4-1は両事業の費用と便益を示しており、純便益は▲1,409億円、便益費用比は0.94となった。なお、便益費用比は、総費用に対する総便益の割合を指しており、総費用には

補助金額と外部費用を含んでいる。これらのことから、生産者余剰と物価安定効果に関する便益を捨象した範囲において、本費用便益分析上では純便益が負となった。しかしながら、便益対費用比率は、前述の2つの効果を捨象してもなお、1に近い値となった。費用と便益それぞれの構成に注目すると、前者については補助金額分、後者については消費者余剰の増加分が大半を占める結果となった。純便益の損失額についてエネルギー種別に見ると、ガソリン、軽油、低圧電力（電灯）で大きくなった一方で、都市ガスや灯油などでは小さくなった。

表 4-1 各費用便益項目の金額

	エネルギー種別	項目名	金額[億円]
費用	ガソリン	補助金額	4,502
		乗用車等による外部費用	482
	軽油	補助金額	2,586
		バス・トラック等による外部費用	306
	灯油	補助金額	1,102
		CO ₂ 排出にかかる外部費用	7
	都市ガス	補助金額	2,805
		CO ₂ 排出にかかる外部費用	1
	低圧電力（電灯）	補助金額	7,301
		CO ₂ 排出にかかる外部費用	251
	低圧電力（電力）	補助金額	912
		CO ₂ 排出にかかる外部費用	8
	高圧電力	補助金額	3,882
		CO ₂ 排出にかかる外部費用	42
		補助金総額	23,089
		外部費用総額	1,096
		合計	24,185
便益	ガソリン	消費者余剰の増加	4,493
	軽油	消費者余剰の増加	2,575
	灯油	消費者余剰の増加	1,095
		凍死回避便益	2
	都市ガス	消費者余剰の増加	2,804
		凍死回避便益	1
	低圧電力（電灯）	消費者余剰の増加	6,951
		凍死回避便益	65
熱中症回避便益		39	

	低圧電力（電力）	消費者余剰の増加	901
	高圧電力	消費者余剰の増加	3,852
	消費者余剰総額		22,670
	死亡回避便益		106
	合計		22,776
純便益	ガソリン		-491
	軽油		-316
	灯油		-11
	都市ガス		-1
	低圧電力（電灯）		-498
	低圧電力		-20
	高圧電力		-71
	合計		-1,409
	B/C		0.94

4.2. 結果の妥当性（ガソリン・軽油）

4.2.1. 概要

本項では、本分析で算出された、ガソリンと軽油に対する補助金によって引き起こされる乗用車と商用車の走行距離の変化が確からしい値であるのかを検討する。

ガソリンと軽油については、その外部費用はそのものの消費量変化ではない量である自動車の走行量の変化から算出されているため、その走行量の変化が本分析において妥当な値となっているのか、以下のとおり確認を行った。

4.2.2. ガソリンの結果の妥当性

燃料油価格激変緩和対策事業により、Without 時と比較して国内のガソリン消費は 133,887,584L 増加したと見積もられた。走行距離では 1,732,339,717km 増加し、これは乗用車・商用車 1 台当たり 1 か月で約 3km の走行を増加させたことになる³⁸。

この結果から、補助金によってもたらされたガソリンの消費量とガソリンによる走行距離の変化は、実際に起こりうる範囲内の変化だと考えられる。

4.2.3. 軽油の結果の妥当性

燃料油価格激変緩和対策事業により、Without 時と比較して国内の軽油消費は 152,959,385L 増加したと見積もられた。走行距離では 735,121,199km 増加したことになり、これは乗用車・商用車 1 台当たり 1 か月で約 11km の走行を増加させたことになる³⁸。

この結果から、補助金によってもたらされた軽油の消費量と軽油による走行距離の変化は、実際に起こりうる範囲内の変化だと考えられる。

5. 感度分析

本分析において使用したパラメータは不確実性を含んでいることから、その不確実性が純便益にどのような影響をもたらすか、その定量的な分析を行った。具体的には、5つのシナリオを作成し、それぞれの純便益等を算出した。シナリオ及びその結果は以下のとおりである。

5.1. 外部費用のパラメータの変化

外部費用のパラメータである自動車の走行に伴う走行距離当たりの係数及び二酸化炭素の1t当たりの外部費用係数を、前者については兒山・岸本(2001)¹³、後者については金本・蓮池・藤原(2006)³⁹から引用した。どちらも低位を取ったケースを低位ケース、高位を取ったケースを高位ケースとし、変化する費用及び純便益を計算した。結果は表 5-1 のとおりである（本分析は中位ケース）。

表 5-1 外部費用のパラメータ変化分析結果（単位：億円）

	低位	中位（本分析）	高位
走行に伴う外部性の係数（円/km）	19.4	26.8	36.5
上段：乗用車、下段：バス	76	134	194
二酸化炭素排出の係数（円/t-CO2）	1,364	2,896	13,636
ガソリンの外部費用	345	482	687
軽油の外部費用	198	306	508
灯油の外部費用	3	7	31
都市ガスの外部費用	0.45	1.0	4.5
低圧電力（電灯）の外部費用	118	251	1,183
低圧電力（電力）の外部費用	4	8	39
高圧電力の外部費用	20	42	196
純便益	-1,001	-1,409	-2,960

5.2. 統計的生命価値の変化

死亡回避便益を計算するにあたっての統計的生命価値において様々な研究結果が得られているところ、幅が存在している。この感度分析は様々な研究成果を踏まえたアンソニー（2004）⁴⁰に示されている250万から400万ドル（1999年）を用い、OECDによる1999年の購買力平価⁴¹及び消費者物価指数によるインフレ率⁴²から2023年価格に換算して約4億3,651万～6億9,841万円とした。その上で、各年代における死亡者全員がその年代の最高年齢である場合及び最小年齢である場合を組み合わせ、その上下限を高位、低位ケースとした。結果は表 5-2 のとおりである。

表 5-2 統計的生命価値の変化分析結果（単位：億円）

	低位	高位	本分析
参考文献	アンソニー（2004） ⁴⁰		内閣府報告書 ³²
統計的生命価値	4.4	7.0	2.5
熱中症 低圧電力（電灯）	67	108	39
凍死 低圧電力（電灯）	87	223	65
灯油	3	6	2
都市ガス	0.99	2.55	0.74
純便益	-1,357	-1,175	-1,409

5.3. 価格弾力性の変化

エネルギー源の中で価格弾力性の絶対値が最も大きい低圧電力（電灯）、最も小さい都市ガスについて、価格弾力性が変化したケースをそれぞれ計算した。

5.3.1. 低圧電力（電灯）

価格弾力性を-0.1、-0.7、-1と変化させ、それぞれを低位、中位、高位ケースとした。結果は表 5-3 のとおりである（本分析は中位ケース）。

表 5-3 低圧電力（電灯）の価格弾力性変化分析結果（単位：億円）

	低位	中位（本分析）	高位
価格弾力性	-0.1	-0.7	-1
外部費用	4	251	359
消費者余剰	7,296	6,951	6,800
凍死回避便益	1	65	93
熱中症回避便益	0.55	39	55
純便益	-918	-1,409	-1,622

5.3.2. 都市ガス

価格弾力性を-0.001、-0.007、-0.01と変化させ、それぞれを低位、中位、高位ケースとした。結果は表 5-4 のとおりである（本分析は中位ケース）。

表 5-4 都市ガスの価格弾力性変化分析結果（単位：億円）

	低位	中位（本分析）	高位
価格弾力性	-0.001	-0.007	-0.01
外部費用	0.14	0.96	1.4
消費者余剰	2,805	2,804	2,803
凍死回避便益	0.11	0.74	1.06
純便益	-1,407	-1,409	-1,409

5.4. 冷房又は暖房不使用割合の変化

気温死の対象を「屋内で死亡」かつ「冷房又は暖房を使用していなかった者」としているが、後者の割合について不確実性を考慮して変化させた。具体的には「冷房を使用していなかった者」の割合を70%、80%、90%、「暖房を使用していなかった者」の割合を80%、90%、100%と変化させた。結果は表5-5、表5-6のとおりである（本分析では「冷房を使用していなかった者」、「暖房を使用していなかった者」の割合をそれぞれ中位ケース、高位ケースとした）。

表 5-5 熱中症死亡者割合変化分析結果（単位：億円）

	低位	中位（本分析）	高位
冷房不使用割合	70%	80%	90%
熱中症死亡回避便益（低圧電力（電灯））	34	39	43
純便益	-1,414	-1,409	-1,404

表 5-6 凍死者割合変化分析結果（単位：億円）

	低位	中位	高位（本分析）
暖房不使用割合	80%	90%	100%
凍死回避便益			
低圧電力（電灯）	52	58	65
都市ガス	0.74	0.67	0.74
灯油	1.9	1.7	1.9
純便益	-1,422	-1,415	-1,409

5.5. 都市ガスの補助対象割合

都市ガスの補助対象については、年間契約量が1,000万m³未満に限られているものの、都市ガスの消費量については、契約量ごとに詳細に分かるものではないため、補助対象割合を50%、70%、100%と変化させた。結果は表5-7のとおりである（本分析では70%とした）。

表 5-7 都市ガスの補助対象割合変化分析結果（単位：億円）

	低位	中位（本分析）	高位
補助対象割合	50%	70%	100%
都市ガス費用			
補助金額	2,003	2,805	4,007
CO ₂ 排出費用	0.7	1.0	1.4
都市ガス便益			
消費者余剰の増加	2,003	2,804	4,005
純便益	-1,408	-1,409	-1,410

5.6. 感度分析まとめ

表 5-8 は、各感度分析における純便益の最小値と最大値を表している。結果として、純便益に大きな影響を与える要素は、外部費用のパラメータと低圧電力（電灯）の価格弾力性であることが分かった。特に、低圧電力（電灯）の二酸化炭素による外部費用が上記2つの要素に大きく影響を受けている。表 4-1 より、本分析では、低圧電力（電灯）の二酸化炭素による外部費用は 251 億円となっており、外部費用の総額 1,096 億円のおよそ4分の1を占めている。

なお、純便益への影響が大きい外部費用のパラメータ及び低圧電力（電灯）価格弾力性をともに低位に設定しても、純便益は▲688 億円となり正となることはなかった。

表 5-8 各感度分析における純便益の最小値と最大値（単位：億円）

		純便益	
		最小値	最大値
パラメータ	外部費用	-2,960	-1,001
	統計的生命価値	-1,409	-1,175
	低圧電力（電灯）の価格弾力性	-1,622	-918
	都市ガスの価格弾力性	-1,409	-1,407
	熱中症死亡者割合	-1,414	-1,404
	凍死者割合	-1,422	-1,409
	都市ガスの補助対象割合	-1,410	-1,408

6. 政策的含意と限界

6.1. 政策的含意

以上の結果から、純便益が負であることから両事業の実施は費用便益分析の観点からは推奨されない。

しかし、気温死回避便益の発生を踏まえると、補助対象を便益が発生するエネルギー源（灯油、都市ガス、低圧電力（電灯））及び対象者（気温死のリスクが高い高齢者）に限定することで、攪乱費用が小さくなり、純便益が大きくなる。具体的な計算として、補助対象を灯油、都市ガス、低圧電力（電灯）に絞り、2023 年の高齢者（65 歳以上の者）の割合である 29%⁴³を補助金額、CO₂ 排出にかかる外部費用及び消費者余剰の増加に乗じた際に得られる純便益は▲73 億円となった。

一方で、補助対象を高齢者に限定した補助政策を実施すると、補助対象とならない他の消費者が対象となる高齢者よりも高いエネルギー価格に面することとなり、補助対象外の人々にとって不公平だと考えられる可能性がある。

死亡回避便益を得られる政策を打ち出すことの意義は、「生きたいと考える消費者が、熱中症や低体温症に対して適切な室温についての知識を十分に得られていないことにより

望まぬ形で死亡してしまう」という、消費者の認知バイアスに対して、消費者の不利益を政策によって無くそうとすることにある。高齢者のみを補助対象とする理由は、高齢者は加齢による温度知覚機能の低下によって自身の健康にとって適切な室温を認知できていないと考えられることに加え、加齢によってより熱中症や低体温症による死亡リスクが高くなっており、実際に死亡数が他の年代と比較して非常に多いためである。ここで、死亡回避便益をさらに増やすために補助対象を広げるとするならば、「本来であれば自身の生命を守るために支払うはずの金額を、適切な設定温度を理解していないために冷暖房に費やせていない全世帯」を対象とすることができる。しかしながら、そのような世帯のみを特定することは困難であり、政策の実現可能性は低いと考えられる。一方で、そのような個人を含む全世帯を対象とした場合、適切な設定温度を理解して冷暖房を使用している多くの世帯までも対象に含まれることになり、対象者を高齢者に限定した際の純便益よりも小さくなる。その数値について試算すると、低圧電力（電灯）・都市ガス・灯油に対しての補助金が高齢者のみに適用される場合、純便益は▲73 億円となり、全世帯に同政策が適用される場合は▲511 億円となった。高齢者のみを対象とする場合と比べ、全世帯を対象とする場合には純便益が約 438 億円低下すると推測された。

以上をまとめると、高齢者のみを対象とした補助制度は純便益を増加させる観点において効率的な政策である一方、不公平感を感じさせてしまうという欠点があり、一方で全世帯を対象とした補助制度は公平な政策である一方、純便益がより小さくなり効率性に欠ける。本稿では、純便益の大きさについてのみ分析を行ったが、政策の是非を考える上では以上で述べた公平性についても検討する必要がある。

6.2. 限界

本稿の限界は、以下の費用・便益項目が分析に含まれていなかったことである。

はじめに、本稿は補助金事業がもたらす価格安定効果を推計しなかった。これは、燃料油において考えられる効果である。中間財生産者がリスク回避的だった場合、予想エネルギー価格は平均価格よりも高く見積もられ、生産量を減らすことにつながる。つまり、燃料油価格が補助事業で安定化することにより、中間財生産者は生産量を増加させる可能性がある。また、消費者にとっては、短期的な価格変動リスクがあることによる効用の減少が生じることも考えられる。補助金が燃料油価格を一定化するとセキュリティ一面の役割を果たすが、その効用についての推計モデルが先行研究で十分に議論されていなかったため本分析は便益として計上しなかった。

加えて、エネルギー源に対する税を考慮していない。これを考慮した場合、外部費用が内部化されることにより、実現される市場は競争均衡に近づくと予想され、費用が小さくなり、純便益が大きくなることが想定される。

最後に、政策的含意で述べた「死亡回避便益を増加させる政策」という観点では、政策代替案として、熱中症・低体温症を予防するための取り組みの普及啓発政策があると考えられるが、これについての分析は本稿では実施しなかった。

謝辞

本稿の執筆に当たり、2023年度秋学期講義「公共政策の経済評価」にて親身にご助言いただいた指導教官の岩本康志教授及びティーチングアシスタントの吉井希祐氏に厚く御礼申し上げます。また、「公共政策の経済評価」の授業内報告会では、受講生の皆様より大変貴重なご意見をいただき、本分析の質を高めることが出来た。心より感謝申し上げます。なお本稿での推定結果や提言は筆者たち個人の見解であり、誤りは全て筆者たちに帰する。

参考文献

- ¹ 燃料油価格激変緩和補助金, 資源エネルギー庁, 2024年1月24日閲覧,
<https://nenryo-gekihenkanwa.jp/>
- ² 自動車燃料消費量調査, 国土交通省, 2023,
<https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003181460>
- ³ 資源・エネルギー統計(石油), 経済産業省, 2024年1月23日閲覧,
<https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/sekiyuka/>
- ⁴ 燃料油価格激変緩和補助金, 資源エネルギー庁, 2024年1月23日閲覧,
<https://nenryo-gekihenkanwa.jp/pdf/prevprices11.pdf?20240116>
- ⁵ ガス取引の状況, 電力・ガス取引監視等委員会, 2023,
https://www.emsc.meti.go.jp/info/business/gas_report/gas-results.html
- ⁶ 電力取引の状況, 電力・ガス取引監視等委員会, 2023,
<https://www.emsc.meti.go.jp/info/business/report/results.html>
- ⁷ 日本におけるエネルギー需要の所得と価格の短・長期弾性値の計測, 沈中元, 2003, 第19回エネルギーシステム・経済・環境カンファレンス講演論文集, 19, 301-306,
<https://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y163-03/ref06.pdf>
- ⁸ 世帯電力需要量の価格弾力性の地域別推定, 谷下雅義, 2009, エネルギー・資源学会論文誌, 30(5), 45298, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjser/30/5/30_1/_article/-char/ja/
- ⁹ Regional electric power demand elasticities of Japan's industrial and commercial sectors, Hosoe & Akiyama, 2009, Energy Policy, 37(11), 4313-4319,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509003887>
- ¹⁰ 気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート 日本の気候変動とその影響 2012年度版, 環境省, 2012, https://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep130412/pamph_full.pdf
- ¹¹ 燃料別の二酸化炭素排出量の例, 環境省,
<https://www.env.go.jp/council/16pol-ear/y164-04/mat04.pdf>
- ¹² 公共事業評価の費用便益分析(共通編)に関する技術指針, 国土交通省, 2009,

<https://www.mlit.go.jp/tec/hyouka/public/090601/shishin/shishin090601.pdf>

¹³ 日本における自動車交通の外部費用の概算, 兒山真也、岸本充生, 2001, 運輸政策研究, 4(2), 019-030,

https://www.jstage.jst.go.jp/article/tpsr/4/2/4_TPSR_4R_08/_article/-char/ja/

¹⁴ 道路特定財源制度の経済分析, 金本良嗣, 2007, 日本交通政策研究会, 1-32

¹⁵ 自動車輸送統計調査, 国土交通省, 2023,

<https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003181460>

¹⁶ 熱中症環境保健マニュアル 2022, 環境省, 2022,

https://www.wbgt.env.go.jp/heatillness_manual.php

¹⁷ 高齢者における夏季の冷房使用状況と冷房使用時の生理的反応と温熱的快適性に及ぼす気流の影響, 田中英登, 梅田奈々, 2015, 日本生気象学会雑誌, 51(4), 145-150,

<https://doi.org/10.11227/seikisho.51.141>

¹⁸ 日常生活と熱中症, 三宅康史, 2012, 日本臨牀社, 70(6), 997-1004,

<https://mol.medicalonline.jp/library/archive/search?jo=ag6niria&ye=2012&vo=70&issue=6&UserID=157.82.128.6>

¹⁹ 高齢者の冷房を使用する理由と設定室温 – エアコンの使用に関する実態調査 –, 糸井川高穂, 2017, 日本建築学会環境系論文集, 82(734), 377-383,

<https://doi.org/10.3130/aije.82.377>

²⁰ 子どもと高齢者の熱中症予防策, 井上芳光, 2004, 日本生気象学会雑誌, 41(1), 61-66,

<https://doi.org/10.11227/seikisho.41.61>

²¹ 老若男女の温熱生理学(2): 性差と加齢の影響, 小川徳雄, 1996, 人間と生活環境, 4(1), 45329, https://doi.org/10.24538/jhesj.4.1_2

²² 高齢者の夏季空調への温冷感に関する調査, 天淵律子, 橋本修左, 2002, 日本健康医学会雑誌, 11(1), 40-46, https://doi.org/10.20685/kenkouigaku.11.1_40

²³ 「日常生活における熱中症予防指針」 Ver.4, 日本生気象学会, 2022, 2024年2月29日閲覧, <https://seikishou.jp/cms/wp-content/uploads/20220523-v4.pdf>

²⁴ 高齢者の熱中症による入院費用とエアコンの電気料金を用いたエアコン使用促進方法の検討, 紅粉美涼, 中井寿雄, 2022, 日本災害医学会雑誌, 27(1), 13-17,

https://doi.org/10.51028/jjdisatmed.27.1_13

²⁵ MSD マニュアル, 2024年1月23日閲覧,

<https://www.msdmanuals.com/ja-jp/ホーム/25-外傷と中毒/寒冷障害/低体温症>

²⁶ 人口動態調査 人口動態統計, 2022 2023,

<https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003411674>

²⁷ Accidental hypothermia: characteristics, outcomes, and prognostic factors—A nationwide observational study in Japan (Hypothermia study 2018 and 2019),

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ams2.694>

²⁸ WHO Housing and health guidelines, WHO, 2018,

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241550376>

- ²⁹ 住宅の温熱環境と健康の関連 ～住環境が脳・循環器・呼吸器・運動器に及ぼす影響に関する調査から～, 伊加賀 俊治, 2019, 第 49 回住宅宅地分科会,
https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/house02_sg_000152.html
- ³⁰ すこやかに住まう すこやかに生きる ゆすはら健康長寿の里づくりプロジェクト, 伊香賀 俊治 星 旦二 小川 晃子 安藤 真太郎, 2017
- ³¹ 令和 4 年簡易生命表, 厚生労働省, 2023,
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life22/index.html>
- ³² 交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究 報告書, 内閣府, 2007,
<https://www8.cao.go.jp/koutu/chou-ken/19html/houkoku.html>
- ³³ 平成 16 年簡易生命表, 厚生労働省, 2004,
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life04/>
- ³⁴ 2004 年人口推計, 総務省, 2004,
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200524&tstat=000000090001&cycle=7&year=20040&month=0&tclass1=000001011679>
- ³⁵ 人口動態調査 人口動態統計, 2022,
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyuu/necchusho22/dl/nenrei.pdf>
- ³⁶ 令和 4 年夏の熱中症死亡者数の状況【東京都 23 区 (確定値)】, 2024 年 2 月 28 日閲覧,
<https://www.hokeniryo.metro.tokyo.lg.jp/kansatsu/heatstroke/R04-heatstroke-fixed.html>
- ³⁷ 給油所小売価格調査, 資源エネルギー庁
- ³⁸ 自動車保有台数,
<https://www.tb.mlit.go.jp/kyushu/content/nenryoubetsusyaryousuuR5.9.pdf>
- ³⁹ 政策評価マイクロモデル, 金本良嗣 蓮池勝人 藤原徹, 2006
- ⁴⁰ 費用・便益分析 公共プロジェクトの評価手法の理論と実践, アンソニー・E・ボードマン 著/ 岸本光永 訳, 2004
- ⁴¹ Purchasing power parities (PPP), OECD, 2024,
<https://data.oecd.org/conversion/purchasing-power-parities-ppp.htm>
- ⁴² 2020 年基準消費者物価指数, 総務省
- ⁴³ 人口推計, 総務省統計局, 2024 年 2 月 29 日閲覧,
<https://www.stat.go.jp/data/jinsui/pdf/202402.pdf>