



日本銀行金融研究所
Institute for Monetary and Economic Studies,
Bank of Japan

気候変動の経済学

第5号：気候変動の経済学：実証分析編



金研ニューズレター特別号
2021年10月

5



日本銀行金融研究所
Institute for Monetary and Economic Studies,
Bank of Japan

金研ニュースレター

特別号 気候変動の経済学 (5) 2021年10月

金融研究所(Institute for Monetary and Economic Studies, IMES)は、1982年10月に日本銀行創立100周年を記念して、日本銀行の内部組織の1つとして設立されました。金融研究所は、金融経済の理論、制度、歴史に関する研究を行っているほか、金融経済に関する歴史的資料の収集・保存・公開を行っています。

ハイライト

- ✓ 気温上昇は世界経済にマイナス
- ✓ 生産や物価への影響
- ✓ 炭素税の効果検証
- ✓ 経済学の有用性



気候変動の経済学：実証分析編

金研ニュースレター特別号「気候変動の経済学」シリーズでは、近年関心が高まっている気候変動問題について、経済学の主要な研究成果を順に紹介していきます(計5回)。本シリーズの内容や意見は金融研究所員によるものであり、日本銀行や金融研究所の公式見解を示すものではありません。

シリーズ最終号では、気候変動や政策対応がマクロ経済や物価に及ぼす影響を検証した実証分析を紹介する。

気温上昇は、長期的にみて世界経済の成長に負の影響を及ぼし、異常気象は、短期的には経済活動を低下させ、供給制約から物価を上昇させるという結果が示されている。また、自然災害の可能性が経済主体の意思決定に織り込まれれば、現在の経済活動と物価にも負の影響が及びうる事が報告されている。

炭素税の導入は、①短期的には実体経済・物価を押し下げる可能性があるが、その程度は必ずしも大きくないこと、②グリーン技術の研究開発を促進する効果がありそうなこと、③グリーン技術・ブラウン技術の研究投資選択は過去の選択に引きずられやすいことが指摘されている。

こうした実証分析は未だ発展途上にあり、今後、新たな発見や異なった評価が下されうる。適切な現状認識と今後の政策対応のため、気候変動の経済学の発展が一段と重要になっている。

【気候変動がマクロ経済・物価に与える影響】

気候変動がマクロ経済・物価に及ぼす影響としては、①気温上昇が長期的な経済成長に与える影響と、②猛暑や暴風雨などの異常気象が短期的に経済・物価に与える影響が考えられる。

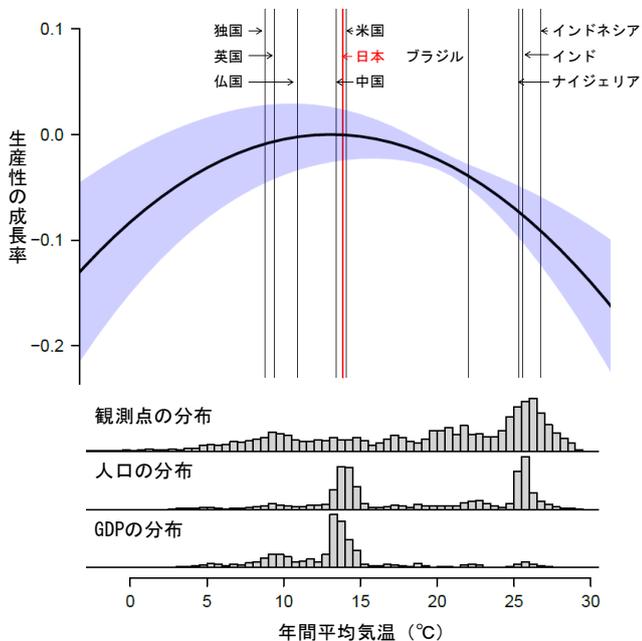
① 気温上昇が長期的な経済成長に与える影響

シリーズ初号で紹介した DICE モデルなどでは、気温の上昇がマクロ経済の生産性を低下させることにより、GDP を押し下げることが想定されている。この点に関する実証研究を2つ紹介する。

クロスカントリー・データを用いた分析

1つ目は、クロスカントリー・データを用いて気温と生産性成長率の関係を明らかにした Burke et al. (2015)であるⁱ。彼らは、世界 166 か国を対象にしたパネルデータを用いて、年間平均気温と生産性成長率との関係を分析した (図 1)。

【図 1：年間平均気温と生産性の成長率の関係】



(注) シャドーは 90%信頼区間、縦線は各国の平均気温を表す。
(出所) Burke, Hsiang and Miguel (2015) の複製データから筆者が作成。

図 1 から、各国の年間平均気温と生産性成長率との間には非線形な関係があることが分かる。具体的には、年間平均気温が 13°C 付近までは、気温の上昇に伴い生産性成長率は改善する。しかし、気温がそれを上回ると、生産性成長率が非線形的に低下するⁱⁱ。

こうした関係を前提にすると、地球温暖化は、気温がかなり低い国では生産性成長率への影響が小さい (あるいはプラスになる) 一方、もともと気温の高い国では生産性成長率を大きく低下させる要因になりうることを示唆される。

Burke らはこの推計結果に基づいて、気候変動抑制策を導入せず、化石燃料に依存した経済活動が続くような世界をシミュレーションしている。その結果は、多くの国で生産性が低下し、世界の平均所得が大きく減少するだけでなく、グローバルな所得格差拡大を招くものであった。

米国の州別データを用いた分析

2つ目は、気温と GDP 成長率の関係を分析した Colacito et al. (2019)であるⁱⁱⁱ。彼らは、同じ国や地域でも季節によって気温がマクロ経済へ与える影響が異なる点に注目し、趨勢的な気温上昇の影響を推察している。

まず、米国の州・セクターレベルのデータを用いたパネル分析を行い、夏の平均気温と GDP 成長率の間には、統計的に有意な負の関係があることを明らかにしている。具体的には、夏の平均気温が 1°F (約 0.56°C) 上昇すると、米国における州毎の GDP 年間成長率が 0.15~0.25%低下するとの推計結果を示している^{iv}。

Colacito らは、これらの推計結果を気温の将来予測に当てはめた場合、米国の経済成長率は次の 1 世紀で、気温上昇がなかった場合と比べて最大 1/3 程度下押しされると推計している。

② 異常気象が短期的に経済・物価に与える影響

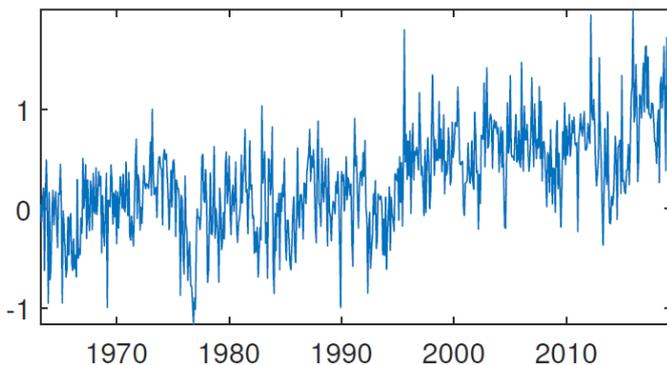
気候変動は、長期的な経済成長への影響だけでなく、短期的にも、異常気象の発生を通じて自然災害をもたらし、経済・物価に影響を及ぼすとみられる。以下、異常気象が実際に発生した場合の影響を分析した研究と、異常気象の可能性が企業や家計の意思決定に織り込まれることで生じる影響を分析した研究を紹介する。

異常気象の経済への影響

最近の研究としては、Kim et al. (2021)が注目されている^v。彼らの研究は、気候変動によるマクロ経済への影響が時間とともに変化する可能性を考慮した点が特徴である。

Kimらは、異常気象を表す指標として、気温や降水量、風速、海面上昇などのデータから気候変動の度合いを指数化した Actuaries Climate Index (ACI) を用いている(図2)。米国のACIの推移をみると、短期的な振幅だけでなく趨勢的な上昇が読み取れる。分析期間の後半ではACIの平均値が高くなっており、過去10年間で極端な気象現象の発生が増えたことを示している。

【図2：ACIの推移】

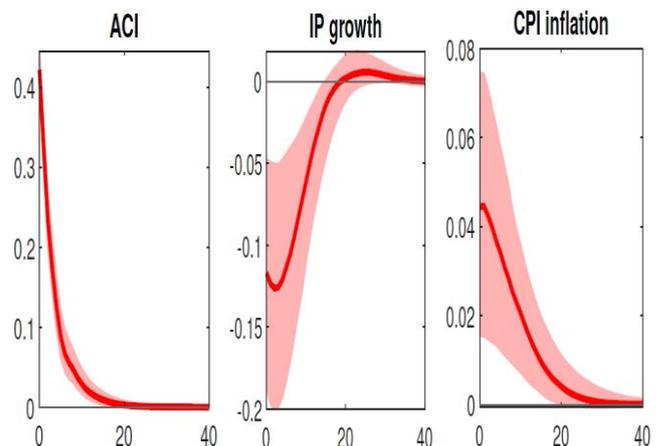


(注) 対象は米国本土。
(出所) Kim, Matthes and Phan (2021)

Kimらは、米国を対象に、ACIと経済・物価に関するデータを用いて非線形の時系列モデル(VAR model)を推計している。分析の結果、ACIの高まりは、工業生産成長率の低下など实体经济に悪影響を及ぼしており、また、その影響は近年強まっていることを確認している(図3)。

物価については、ACIの上昇がインフレ率を押し上げるという実証結果を示している。インフレ率の上昇は、異常気象の影響を受けた供給制約の強まり(生産や流通の停止・停滞)が食料品とエネルギー品目で生じている面が強いと解釈している。

【図3：ACI上昇時の鉱工業生産とインフレ】



(注) 横軸の単位は月。サンプル終期による推定値。シャドーは68%信頼区間を表す。

(出所) Kim, Matthes and Phan (2021)

自然災害の可能性を織り込むことの影響

Dietrich et al. (2021)は、自然災害の可能性を前提に経済活動が行われるようになると、マクロ経済にどのような影響が及ぶのかを検証している^{vi}。気候変動によって、将来、洪水などの自然災害が増加する懸念が高まると、人々は災害に備えようと貯蓄を増やし、消費財・サービスの需要が低下する可能性があるという指摘している。

彼らはまず、米国人を対象にしたサーベイ調査に基づき、近い将来、気候変動により大規模な自然災害が起こりうると多くの人が想定していることを指摘している。例えば、「被害額が GDP の 5% に相当する自然災害が 12 か月以内に起こる確率」という質問への回答をみると、中央値で 12% という結果が得られている。

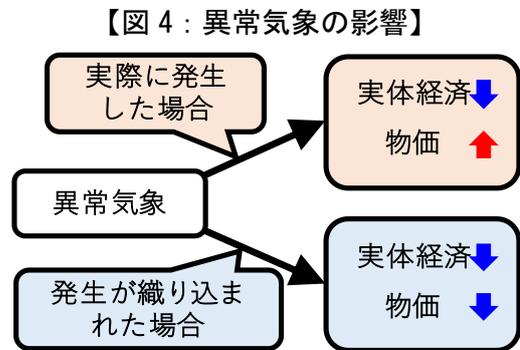
そのうえで、自然災害の発生が経済活動にどう織り込まれるかを、ニューケインジアン・モデルを用いて定量的に評価している。このモデルでは、自然災害が発生した場合、生産設備の一部が毀損すると想定している。これを織り込んで企業や家計が意思決定を行うと、総需要が低下し、自然利子率（マクロ経済の需給を一致させる実質金利の水準）が低下する。分析に際しては、人々が想定する自然災害の発生確率を 12% とするなど、サーベイ調査の結果をもとにパラメータの値を設定している。

シミュレーションの結果、自然災害の可能性を織り込むケースでは、そうでないケースと比べて自然利子率が 0.65% 低下することが示されている。また、需給ギャップは 0.2% 拡大し、その結果、インフレ率が 0.3% 低下するとの試算結果を得ている。

Dietrich らの分析は、生産設備にマクロ経済レベルで大きなダメージが生じるような自然災害が「将来生じ得ると人々が意識するようになる」だけで経済が縮小してしまうロジック（あるいはすでにそうなっている可能性）を示した研究であるといえよう。

以上、異常気象が経済・物価に短期的に与える影響についての研究を紹介してきたが、その結果をまとめると図 4 のようになる。異常気象は、実際に発生するだけでなく、発生の可能性が織り込まれるだけでも、実体経済に対して負の影響を与える。一方、インフレ率は影響の現れ方が異なっており、異常気象が実際に発生すれば供給制約の強まりか

らインフレ率は押し上げられるが、発生の可能性が織り込まれるだけの場合には逆に押し下げられるとみられる。



（出所）Kim, Matthes and Phan (2021) と Dietrich, Müller and Schoenle (2021) の結果を基に筆者が作成。

【炭素税が経済・物価に与える影響】

ここからは、気候変動政策（炭素税の導入・引き上げ）がマクロ経済や物価に与える影響を実証的に分析した研究を紹介する。以下、①炭素税が短期的に経済・物価に与える影響と、②炭素税がクリーンエネルギー分野の技術進歩に与える影響の実証研究を紹介する。

① 炭素税が短期的に経済・物価に与える影響

気候変動の経済学では、気候変動の負の外部性に対する有効な政策手段として炭素税が提案されている（ピグー税に相当、第 2 号参照）。しかし、その導入に際しては実体経済への負のインパクトが懸念されることが多い。

Metcalf and Stock (2020) は、1990 年代初頭から炭素税が導入されてきた欧州のデータを用いて分析を行っている^{vii}。その結果、炭素税の導入・引き上げが GDP や雇用の成長率に対して負の影響を与えているという統計的な確証は得られなかったと報告している^{viii}。

Konradt and Mauro (2021) は、物価への影響を検証している^{ix}。炭素税の導入によりエネルギー関連コ

ストが上昇すれば、企業は消費財価格に転嫁するため、インフレ率が上昇すると予想される。しかし、欧州とカナダのデータを用いた分析では、炭素税の導入はインフレではなく物価の小幅下落をもたらすことが示されている。予想と逆の結果が得られた理由として、炭素税の導入はエネルギー価格を上昇させる一方、所得を低下させ、家計消費を抑制するため、サービスや非貿易財の価格がむしろ下落する可能性を指摘している。

② 炭素税が技術進歩に与える影響

炭素税の導入・引き上げによりグリーン産業での技術進歩が加速することが考えられる。Aghion et al. (2016)は、自動車産業に焦点を当て、企業単位のパネルデータを用いて炭素税導入の効果を検証している⁸。

特許データは長期かつ多数の国で観察可能である。そこで、電気・ハイブリッド・水素自動車関連の特許と内燃機関関連の特許に注目し、前者をグリーン技術開発の代理変数、後者をブラウン技術開発の代理変数とみなして分析している。

Aghionらの分析では、企業は、炭素税導入・引き上げに伴う燃料価格の上昇に直面すると、グリーン技術の開発に積極的になることが示唆されている。また、ブラウン技術への投資から利益を得てきた企業ほどブラウン技術の開発を志向し続けるという経路依存性があることも指摘されている。

こうした経路依存性から企業を離脱させ、グリーン技術の開発を促すことが、気候変動政策の重要な役割であると述べている。

【気候変動の経済学は益々重要に】

本稿では気候変動の経済学における最近の実証分析を紹介した。こうした実証分析は、今後さらに進展することが予想される。温室効果ガスの発生や気温上昇、異常気象は、近年になるほど顕著に

なっており、今後、デジタル化の恩恵もあって、これまでとは異なる結果や新しい発見など様々な知見が積み上げられていくとみられる。

こうした実証分析の基礎になるのが経済学の視座である。複雑な相互依存関係をモデル化し、全体像を捉える理論的な枠組みの提供は、経済学の得意分野である。経済活動、CO₂排出、気温上昇、異常気象、経済的被害、政策対応、企業や家計の反応など、気候変動問題においては様々な要素が相互に関係しており、個々の要素間の関係性を捉えることすら容易ではない。そして、スーパーコンピュータを利用するような大規模で精密な気候モデルに比べ、経済モデルではパーツの分析精度は粗い。これは、要素全体の関係をモデル化するにあたって、扱いやすさを重視し極端な簡素化を図っているためである。

しかし、適切な気候変動政策の策定においては、パーツの精度だけでなく、気候変動問題を構成する要素全体の複雑な絡み合い方を大局的に捉えることが重要となる。この点こそが経済学の手法を気候変動問題に適用する最大のメリットであろう。

気候変動問題が深刻化するなか、炭素税や技術開発への補助金といった政策対応がグローバルに進展していくことが予想される。その際、気候変動問題の複雑な全体像を経済モデルで把握し、実証分析で定量的な検証を進めていくことは、①適切な政策手段が選択され、②過小もしくは過大な政策対応や思わぬ副作用の発生を回避していくために、ますます重要となっていくとみられる。気候変動の経済学のさらなる発展が期待される。

(シリーズおわり)

* 本号の執筆は主として笛木琢治と有賀涼が担当した。本稿の作成に当たっては、米国リッチモンド連邦準備銀行の Toan Phan 氏から多くの示唆を得た。記して感謝の意を表したい。

ⁱ Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, 527, 235-239.

ⁱⁱ 気候変動とマクロ経済の関係が非線形であるという点は、例えば次の研究でも指摘されている。Tol, R. S. J. (2009). The economic effects of climate change. *Journal of Economic Perspectives*, 23 (2), 29-51.

ⁱⁱⁱ Colacito, R., Hoffmann, B., & Phan, T. (2019). Temperature and growth: a panel analysis of the United States. *Journal of Money, Credit and Banking*, 51(2-3), 313-368.

^{iv} 気温と GDP 成長率の関係をセクター別にみると、夏の平均気温の上昇は、金融・不動産・保険やサービス、農業、小売りなど多くの主要業種にマイナスの影響を及ぼす一方、ポジティブな影響を受ける業種はごく僅かであることが報告されている。

^v Kim, H. S., Matthes, C., & Phan, T. (2021). Extreme

weather and the macroeconomy. Federal Reserve Bank of Richmond Working Paper Series, No. 21-14.

^{vi} Dietrich, A., Müller, G. J., & Schoenle, R. (2021). The expectations channel of climate change: implications for monetary policy. CEPR Discussion Paper No. DP15866.

^{vii} Metcalf, G. E., & Stock, J. H. (2020). The macroeconomic impact of Europe's carbon taxes. NBER Working Paper, No. 27488.

^{viii} Metcalf and Stock (2020)は、こうした結果が得られた理由として、炭素税による税収増が所得税など他の税金の軽減につながり、経済活動に正の影響を及ぼしている可能性を示唆しつつも、この点の検証は十分でないとしている。

^{ix} Konradt, M., & di Mauro, B. W. (2021). Carbon taxation and inflation: evidence from the European and Canadian experience. CEPR Discussion Paper No.16396.

^x Aghion, P., Dechezleprêtre, A., Hémous, D., Martin, R., & Van Reenen, J. (2016). Carbon taxes, path dependency, and directed technical change: evidence from the auto industry. *Journal of Political Economy*, 124(1), 1-51.

金研ニュースレター特別号

気候変動の経済学

- (5) 気候変動の経済学：実証分析編
- (4) 気候変動と非伝統的金融政策
- (3) 気候変動と技術進歩
- (2) 気候変動と最適課税
- (1) 気候変動とマクロ経済の関係を捉える：DICE モデル

金研ニュースレター 2021年10月

※本誌に関する照会は、日本銀行金融研究所までお寄せください。

無断での転載・複製はご遠慮ください。

日本銀行金融研究所 (IMES)

〒103-8660 東京都中央区日本橋本石町 2-1-1

TEL: 03-3279-1111 (大代表)

FAX: 03-3510-1265

E-mail: imes.journals-info@boj.or.jp

ホームページ: <https://www.imes.boj.or.jp/index.html>