

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24760728

研究課題名(和文)コベネフィットを考慮した最適なCO₂排出削減タイミングに関する研究研究課題名(英文)A research on the optimal timing of CO₂ mitigation considering its co-benefits

研究代表者

竹下 貴之 (TAKESHITA, Takayuki)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科(環境)・准教授

研究者番号：70344075

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、70地域分割を施した長期最適化型世界エネルギー需給モデルを用いて、産業革命前からの世界平均地上気温上昇幅を2℃以下に抑制する気候変動制約の下でのCO₂排出削減対策がもたらすコベネフィットを定量化するとともに、そのようなコベネフィットを考慮した上で最も費用効果的なCO₂排出削減タイミングを導出した。その結果、世界48地域全体での大気汚染物質排出量の減少、一次エネルギー輸入依存度の低下、一次エネルギーの多様化がもたらされることを明らかにした。また、世界のCO₂排出量は2020年には2010年レベルから減少し、その後2050年までほぼ一定で推移することを導いた。

研究成果の概要(英文)：This research first quantitatively assessed the co-benefits of CO₂ mitigation under climate stabilization constraints so that global average temperature increase should be limited to 2 degrees Celsius above pre-industrial levels, and then derive the most cost-effective timing of CO₂ mitigation under the climate stabilization constraints described above taking into account the co-benefits of CO₂ mitigation. These were done by using a long-term bottom-up type global energy system model called REDGEM70 with 70 world regions. The results show that a decline in air pollutants emissions, a decline in import share of primary energy supply, and an increase in Shannon-Wiener diversity index occur as the co-benefits of CO₂ mitigation. The results also show that global CO₂ emissions decrease in 2020 compared to the 2010 level and remain almost constant until 2050.

研究分野：エネルギー学

キーワード：エネルギーシステム 気候変動緩和 コベネフィット

1. 研究開始当初の背景

(1) 長期世界エネルギー需給モデルを用いて、危険な気候変動を回避する制約条件の下で最も費用効果的なCO₂排出削減タイミングを導出した先行研究を調査すると、それらのほとんどにおいて、可能な限りCO₂排出削減を遅らせるという、所謂「delayed action」が望ましいという結果が得られてきた。その主な理由としては、技術進歩により将来のCO₂削減コストは現在より低下すること、将来のCO₂削減コストの現在価値は割引により小さく見積られること、現存する炭素集約的な資本ストックの寿命前の廃棄を回避できることと整理できる。

(2) 一方、所与の気候変動制約下においてCO₂排出の早期の削減、所謂「early action」が望ましいとする指摘も見られる。その主な理由としては、delayed actionを行う場合、炭素集約的かつ超長期の寿命を持つ資本ストックへのlock-in等により、多くのCO₂排出削減機会を失うこと、delayed actionを行う場合overshootを招くリスクや気候システムを不安定化させる閾値を超過するリスクが増加すること、early actionにより、クリーンエネルギー技術の研究開発・習熟・量産が促進され、期間全体で見た気候変動制約達成に要するコストを低減させることができることと整理できる。

(3) こうした「delayed action or early action」に関する論争は活発に行われてきたが、近年の傾向として、early actionを推奨し、delayed actionを望ましい政策として鵜呑みにすることを警告する論調が強まっている。ただし、同議論に対して説得力ある回答を提示するためには、CO₂排出削減対策がもたらすコベネフィットの定量的提示、及び、そのようなコベネフィットを考慮した上で、気候変動制約下においてdelayed actionまたはearly actionのいずれが費用効果的かに関する定量的分析が不可欠である。

2. 研究の目的

(1) 応募者が構築した、70地域分割を施した長期最適化型世界エネルギー需給モデルREDGEM70を用いて、産業革命前からの世界平均地上気温上昇幅を2以下に抑制するような気候変動制約の下でのCO₂排出削減対策がもたらすコベネフィットを定量的に明らかにする。

(2) 同モデルを用いて、そのようなコベネフィットを考慮した上で、産業革命前からの世界平均地上気温上昇幅を2以下に抑制するような気候変動制約下における最も費用効果的なCO₂排出削減パターンを導出する。それにより、「delayed action or early action」に関する論争に一回答を提示する。

3. 研究の方法

(1) 応募者が構築した、70地域分割を施した長期最適化型世界エネルギー需給モデルREDGEM70に対して、SO₂、NO_x、PM、VOC、COといった大気汚染物質の排出量を排出源別・大気汚染物質種別・48地域別・時点別に導出できるようにするとともに、これらの排出に伴う損害コストを貨幣価値換算して内部化する、エネルギー供給の不安定化に伴うコストを貨幣価値換算して内部化する、という改良を加える。

(2) 割引率の値が、最も費用効果的なCO₂排出削減タイミングに大きな影響を与えると予想されるため、先行研究のレビュー等により、応募者が構築した、70地域分割を施した長期最適化型世界エネルギー需給モデルREDGEM70に適用すべき割引率の値を設定する。

(3) 応募者が構築した、70地域分割を施した長期最適化型世界エネルギー需給モデルREDGEM70に対して、太陽光や風力といった出力変動を伴う電源の電力システムへの導入を詳細にモデル化するという改良を加える。

(4) 以上の改良を加えた、70地域分割を施した長期最適化型世界エネルギー需給モデルREDGEM70を用いて、産業革命前からの世界平均地上気温上昇幅を2以下に抑制するような気候変動制約の下でのCO₂排出削減対策がもたらす、大気汚染物質の排出量削減、エネルギー供給安定度向上、といったコベネフィットを定量的に明らかにする。

(5) 以上の改良を加えた、70地域分割を施した長期最適化型世界エネルギー需給モデルREDGEM70を用いて、産業革命前からの世界平均地上気温上昇幅を2以下に抑制するような気候変動制約の下での最も費用効果的なCO₂排出削減パターンを導出する。

4. 研究成果

(1) 産業革命前からの世界平均地上気温上昇幅を2以下に抑制するような気候変動制約の下でのCO₂排出削減対策がもたらすコベネフィットについては、SO₂、NO_x、PM、VOC、COといった大気汚染物質の排出量の減少をもたらすことを明らかにした。具体的には、2020年 - 2050年とした対象期間中の世界全体の累積排出量は、SO₂排出量は39.7%、NO_x排出量は23.8%、PM排出量は12.9%、VOC排出量は12.6%、CO排出量は7.3%減少することを導いた。また、対象期間中における、世界48地域の一次エネルギー輸入依存度の低下、世界48地域の一次エネルギーの多様性(Shannon-Wiener diversity indexにより算出)の増加、世界48地域の一次エネルギー供給に占める石油のシェアの顕著な減少がもたらされることを明らかにした。

(2) 同モデルに対して、SO₂、NO_x、PM、VOC、CO の排出に伴う損害コスト及びエネルギー供給の不安定化に伴うコストを貨幣価値換算して内部化するという改良を加えた上で、産業革命前からの世界平均地上気温上昇幅を 2 以下に抑制するような気候変動制約の下で最も費用効果的な CO₂ 排出削減パターンを計算した結果、世界の CO₂ 排出量は 2020 年には 2010 年レベルから減少し、その後 2050 年までほぼ一定で推移することを導いた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 7 件)

竹下貴之 「次世代自動車普及によるグローバル・ベネフィットに関するモデル分析」 ITEC Working Paper, 査読無, vol. 14, no. 7, 2015.

Takayuki Takeshita “A Preliminary Assessment of the Competitiveness of Ocean Thermal Energy Conversion Technologies” *Advanced Materials Research*, 査読有, vol. 827, 2014, pp. 195-202,

DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.827.195

Takayuki Takeshita “A Preliminary Assessment of the Competitiveness of Wave Energy Technologies: A Regionally Detailed Analysis” *Applied Mechanics and Materials*, 査読有, vol. 431, 2013, pp. 356-364.

DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.431.356

Takayuki Takeshita “Prospects for Coalbed Methane and Shale Gas in a Carbon-Constrained World: A Preliminary Analysis” *International Journal of Clean Coal and Energy*, 査読有, vol. 2, no. 2B, 2013, pp. 27-34.

DOI:10.4236/ijcce.2013.22B007

Takayuki Takeshita “Prospects for Renewable and Fossil-Based Electricity Generation in a Carbon-Constrained World” *International Journal of Clean Coal and Energy*, 査読有, vol. 2, no. 2B, 2013, pp. 35-43.

DOI:10.4236/ijcce.2013.22B008

Takayuki Takeshita “A Cost-Optimal Scenario of CO₂ Sequestration in a Carbon-Constrained World through to 2050” *Natural Science*, 査読有, vol. 5, no. 2A, pp. 313-319.

DOI:10.4236/ns.2013.52A043

Takayuki Takeshita “Assessing the Co-Benefits of CO₂ Mitigation on Air Pollutants Emissions from Road Vehicles” *Applied Energy*, 査読有, vol. 97, pp. 225-237.

DOI:10.1016/j.apenergy.2011.12.029

〔学会発表〕(計 11 件)

竹下貴之 「2050 年までの世界の地域別・排出源別の大気汚染物質排出シナリオ」 ITEC シンポジウム. 2016 年 3 月 11 日, 同志社大学, 京都.

竹下貴之 「次世代自動車普及によるグローバル・ベネフィットに関するモデル分析」 ITEC シンポジウム. 2015 年 3 月 23 日, 同志社大学, 京都.

竹下貴之 「海洋温度差発電の競争力に関するモデル分析」 第 31 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス. 2015 年 1 月 28 日, 砂防会館, 東京.

竹下貴之 「波力発電の競争力に関するモデル分析」 第 31 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス. 2015 年 1 月 28 日, 砂防会館, 東京.

Takayuki Takeshita “Assessing the Competitiveness of Wave Energy Technologies: A Regionally Detailed Analysis” International Energy Workshop 2014. June 6, 2014, Beijing, China.

Takayuki Takeshita “Prospects for Coalbed Methane and Shale Gas in a Carbon-Constrained World: A Preliminary Analysis” 2013 International Conference on New Energy and Sustainable Development. June 15, 2013, Beijing, China.

Takayuki Takeshita “Prospects for Renewable and Fossil-Based Electricity Generation in a Carbon-Constrained World” 2013 International Conference on New Energy and Sustainable Development. June 15, 2013, Beijing, China.

Takayuki Takeshita “Global Energy Strategy for Meeting the 2 °C Target under a Low Nuclear Growth Scenario” 4th International Conference on Applied Energy. July 7, 2012, Suzhou, China.

Takayuki Takeshita “Assessing the Effects of Internalizing Externalities on the Road Transport Sector” International Energy Workshop 2012. June 21, 2012, Cape Town, South Africa.

Takayuki Takeshita “Optimal Technology and Fuel Choices in the Transport Sector in Achieving the 2 °C Target” Open Seminar at the I²CNER. August 22, 2012, Kyushu University, Fukuoka, Japan.

Takayuki Takeshita “Optimal Vehicle Technology and Fuel Strategies Considering Global Warming, Air Pollution, and Energy Security Concerns” ITEC-KSI Joint Seminar. June 8, 2012, Doshisha University, Kyoto, Japan.

〔図書〕(計 1 件)

竹下貴之 他, Routledge, “The Routledge Handbook of Environmental Economics in Asia” 2014, 668.

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

取得状況（計 0 件）

〔その他〕

なし

6．研究組織

(1)研究代表者

竹下 貴之（TAKESHITA, Takayuki）

長崎大学・水産・環境科学総合研究科（環境）・准教授

研究者番号：70344075