

# 日本国内における地方別 二酸化炭素軽減目標

玉置 哲也<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 香川大学講師 創造工学部 (〒761-0396 香川県高松市林町2217-20)

E-mail:tamaki@eng.kagawa-u.ac.jp

地球温暖化に対する対策である緩和策は、直接的な二酸化炭素の規制を考えるものであるが、これらの議論は地球全体規模で進められてきた。COP21において各国の達成すべき二酸化炭素削減目標は提示されているものの、各々の国内においても地域ごとに特色があり、どのように目標を実現すべきかは不透明である。本研究では、日本国内で達成すべき目標が与えられた場合において、各地方ごとに達成すべき目標を設定するための手法を提案する。

**Key Words :climatic change, RCP8.5, RCP2.6, the RICE model**

## 1. はじめに

地球温暖化によってもたらされる影響は多岐にわたり、自然災害の甚大化や自然環境の急激な変化、疫病など様々な影響が懸念されている。2015年に開催されたCOP21では、世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して2度未満に抑える目標が採択され、我が国においても2030年度までに2013年比で26%の温室効果ガスを削減することが求められている。

地球温暖化に対する対策は大きく緩和策と適応策に分けることができる。緩和策とは、地球温暖化の主因である温室効果ガスの排出削減や吸収を行う対策のことであるのに対し、適応策とは起こりつつある地球温暖化の影響の防止・軽減・利用を行う対策のことを指す。例えば、再生可能エネルギーの利用や植林によるCO<sub>2</sub>吸収などは緩和策に該当し、治水、防災対策や農作物の新種開発などは適応策といえることができる。両策によって補完しあうことで、地球温暖化によるリスクを低減できると考えられているものの、IPCCの第5次評価報告書<sup>1)</sup>においては、たとえ適応策を講じても、現行を上回る追加的な緩和努力が必要であるとしている。

適応策と緩和策に対する投資比率については、その国の経済レベルや適応策・緩和策の効果の程度に大きく依存することが指摘されている<sup>2)</sup>が、一定の地球温暖化に対する投資可能額の中で適応策への配分が高くなってしまえば、IPCC第5次報告書で指摘されているような現行を上回る追加的な緩和策への投資が実現できない可能性

がある。

今までに、多くの研究者によって、地球温暖化に対する総合的な経済モデルが開発されてきた。例えば最適経済成長モデルをベースとしたDICEモデルやRICEモデル<sup>3)</sup>、一般均衡モデルをベースとしたモデルなど様々である。これらのうちRICEモデルは全球モデルではなく複数の地域における分析が行われているが、世界を10地域程度に分けた分析であり、国レベル、さらにはより細かな地域レベルで実行すべき排出規制水準は不透明である。

本研究では、ある地域で実現すべき排出量規制が与えられた際に、その地域に含まれるより小さな地域において実現すべき排出量制限を考える。

## 2. 分析モデル

本研究で用いる分析モデルは以下のとおりである。まず、既存のモデルにより地域*A*における最適な(もしくは実現すべき)二酸化炭素排出量  $E_{A,t}$  及び、それらが各地域で実行された場合の温暖化による被害率  $\Omega_{0,t}$  を推計する。

得られた  $E_{A,t}$  及び  $\Omega_{0,t}$  を所与として以下の問題を解く。

$$\begin{aligned} \max \quad & W = \sum_i \sum_t \rho^{t-1} U_{i,t}(C_{i,t}) \\ \text{s.t.} \quad & C_{i,t} = \alpha_{i,t} K_{i,t}^\gamma L_{i,t}^{1-\gamma} \Lambda_{i,t} \Omega_{0,t} - I_{i,t} \\ & K_{i,t+1} = (1 - \delta) K_{i,t} + I_{i,t} \\ & \Lambda_{i,t} = \theta_i^1 \mu_{i,t}^{\theta_i^2} \\ & E_{i,t} = \sigma_{i,t} \alpha_{i,t} K_{i,t}^\gamma L_{i,t}^{1-\gamma} (1 - \mu_{i,t}) \\ & E_{A,t} \geq \sum_i E_{i,t} \end{aligned}$$

● 添字

$i$  : 地域Aに含まれるより細分化された地域

$t$  : 時間

● パラメータ

$\rho$  : 効用の割引率

$\gamma$  : 資本配分率

$\delta$  : 減価償却費率

$\alpha_{i,t}$  : 全要素生産性

$L_{i,t}$  : 労働力

$\sigma_{i,t}$  : 生産活動に伴う排出量の調整パラメータ

$\theta_i^1, \theta_i^2$  : 排出制限に伴う費用の調整パラメータ

● 変数

$U_{i,t}$  : 効用

$C_{i,t}$  : 消費

$I_{i,t}$  : 投資

$K_{i,t}$  : 資本

$\mu_{i,t}$  : 排出量コントロール率

$\Lambda_{i,t}$  : 二酸化炭素排出量軽減費率

$E_{i,t}$  : 二酸化炭素排出量

ここでは、一例としてRICEモデルをもとに日本に最適な二酸化炭素排出量を推計し、各地方において実現すべき二酸化炭素排出量を算出する。各パラメータについてはRICEモデルと整合性を持つように設定する。

### 3. 推計結果

#### (1) 最適生産時 (BASEシナリオ)

実際のデータとして、日本を8地方区分(北海道、東北、関東、中部、近畿、中国、四国、九州)に分けて推計を行った。図1、図2に示すものは、RICEモデルにおいて最適な生産が実行された場合の日本の二酸化炭素排出量  $E_{A,t}$  を所与とした場合の、日本の各地方からの二酸化炭素排出量と排出量コントロール率である。排出量コントロール率は二酸化炭素排出の規制の程度を示す指標であり、0に近いほど規制を行わず、1に近くなるにつれて二酸化炭素の排出量を0にするような規制が行われることを表すものである。経済の中心である関東や中部、近畿において排出量が高いものの、その他の地方に比べて高めの排出量コントロール率を設定する結果となった。それに伴い、関東では他地方に比べて早い段階で排出量がゼロに到達している。また、この時の各地方の経済成長率は図3ようになる。現在、経済の中心である関東において経済成長率が高く、近畿、中部と続いている。経済の中心となるこれらの地方の二酸化炭素排出に対する負担を増やすことで、その他の地方の経済成長を引き上げることで、全体として最適な成長が見込まれることが示唆される。

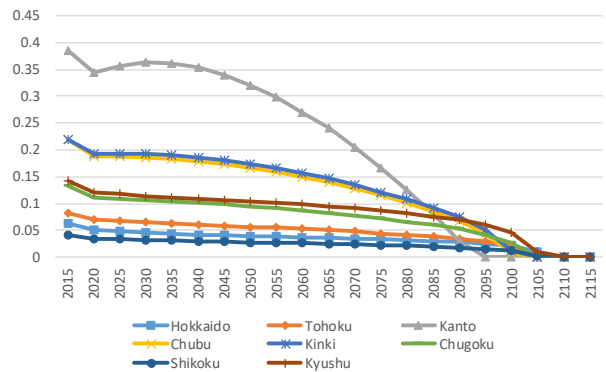


図1：二酸化炭素排出量(GtCO2)

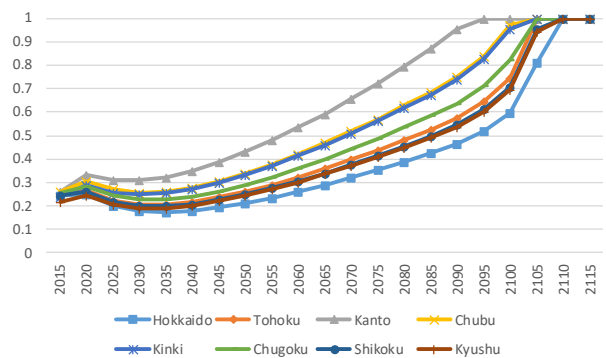


図2：排出量コントロール率

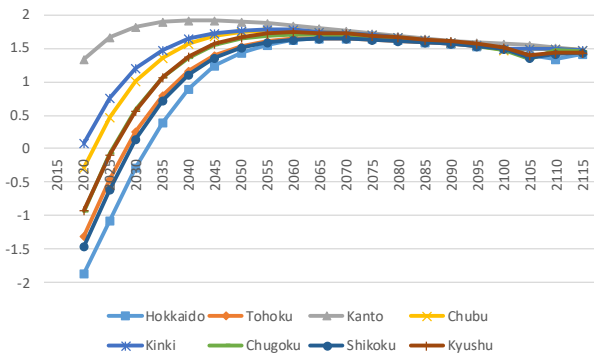


図3：経済成長率

(2) RCP8.5およびRCP2.6

続いて、RCP8.5シナリオとRCP2.6シナリオについてみてみよう。RCPシナリオは放射強制力の大きさにより考えられたシナリオであり、RCP8.5は「2100年時点で放射強制力が8.5W/m<sup>2</sup>を超え上昇が続く」というシナリオである。これに対しRCP2.6は「2100年以前に約3W/m<sup>2</sup>でピークを迎え、その後減少し2100年ごろには約2.6W/m<sup>2</sup>となる」シナリオである<sup>9)</sup>。ただし、本分析に用いているRICEモデルのベースとなるDICEモデル2016では、2度目標は負の二酸化炭素排出を考えない限り不可能であるとしており<sup>9)</sup>、したがって、RCP2.6シナリオが定める数値を遵守する経路は実行不可能となる。そこで、ここでは、「2100年以前に約3W/m<sup>2</sup>でピークを迎え」ることを制約条件に与えた日本の最適二酸化炭素排出量を計算し、それを本モデルに与えている。

図4、図5はRCP8.5およびRCP2.6シナリオ時の各地方の二酸化炭素排出量である。(1)で求めた最適生産時の二酸化炭素排出量に比べRCP8.5では二酸化炭素排出制限がほとんど行われていない。一方、RCP2.6ではかなり厳しい制限が取り組まれる結果となった。図6、図7では、Baseシナリオに対するRCP8.5およびRCP2.6シナリオの総産出額の増加量を推計している。RCP8.5シナリオでは、ほとんど二酸化炭素排出規制がないため(排出量コントロール率が0)、関東における総産出額が大幅に伸びている。しかしながら、2090年代をピークに急激な減少に転じている。これは、これまでに行っていなかった二酸化炭素削減技術を急速に導入することと気温上昇による被害増加の影響であると考えられる。一方、RCP2.6シナリオにおいては二酸化炭素排出規制がきつ(排出量コントロール率が2030年ごろに1になる)、特に関東、近畿、中部地方においてより高い排出規制を取る必要がある。これにより、それらの地方において、経済の中心地域で総産出額の低下がみられる。ただし、2090年ごろにはBaseシナリオと同水準の総産出額を得られる結果となっており、早めの対策によって将来の気温上昇による損失が提言された効果が表れていると考えられる。

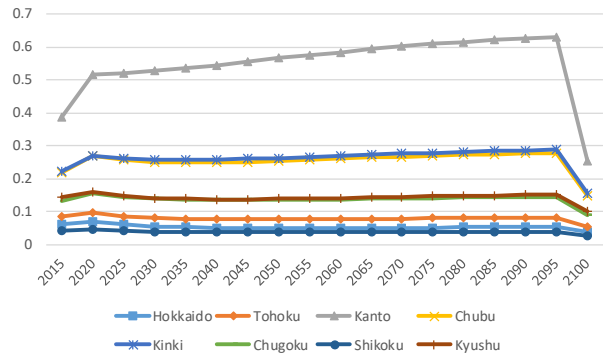


図4：RCP8.5における二酸化炭素排出量(GtCO<sub>2</sub>)

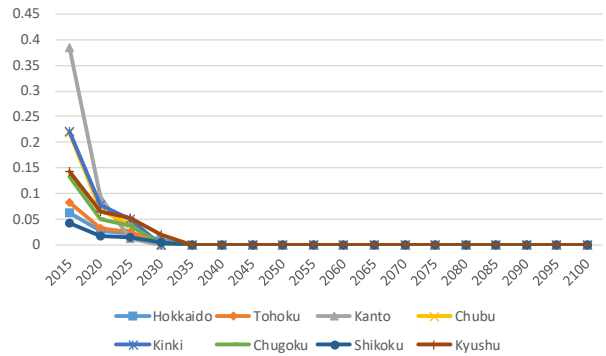


図5：RCP2.6における二酸化炭素排出量(GtCO<sub>2</sub>)

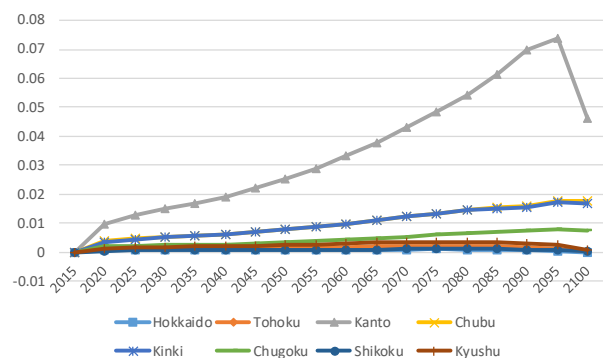


図6：Baseシナリオに対するRCP8.5シナリオ時の総産出額の増加額(兆円)

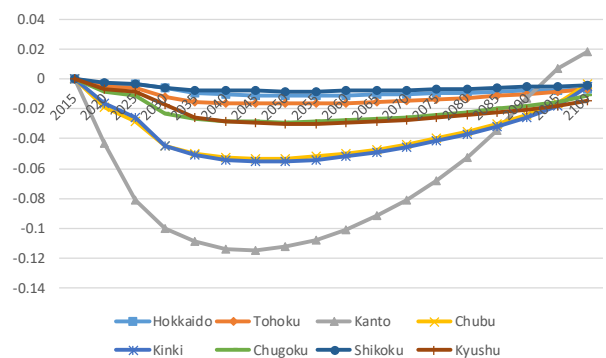


図7：Baseシナリオに対するRCP2.6シナリオ時の総産出額量の増加額(兆円)

参考文献

- 1) IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge University Press (2014).
- 2) T. Brechet, N.Hritonenko and Y. Yatsenko: Adaptation and Mitigation in Long-term Climate Policy, Environmental and Resource Economics, 55(2), pp-217-243, 2013.
- 3) W. Nozawa, T. Tamaki and S. Managi : On analytical models of optimal mixture of mitigation and adaptation investment, Journal of Cleaner Production, 186, pp-57-67, 2018.
- 4) W. D. Nordhaus : Economic aspects of global warming in a post-Copenhagen environment, Proceedings of the National Academy of Sciences, 1005985107, 2010.
- 5) 気象庁：異常気象レポート 2014, 2015 .  
[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/climate\\_change/](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/climate_change/)
- 6) Nordhaus, William D. : Revisiting the social cost of carbon. Proceedings of the National Academy of Sciences, 201609244. 2017

(2018.7.31 受付)