

博士論文 平成24(2012)年度

国際的な気候変動政策に関する経済学的研究

慶應義塾大学 大学院 経済学研究科

有野 洋輔

# 謝辞

本論文は筆者が慶應義塾大学大学院経済学研究科後期博士課程に在籍中の研究成果をまとめたものである。

まず、経済学部の細田衛士教授には、本研究の実施と報告の機会を与您いただき終始ご指導とご助言をいただいた。ここに深謝の意を表す。経済学部大沼あゆみ教授には、指導教授として、本論文の細部にわたりご指導をいただいた。ここに深謝の意を表す。本論文の第3章の研究は、大沼教授との共同研究より生まれた成果である。両先生方には、大学院で7年間にわたり心暖まる激励とご指導をいただいていた。

本論文を構成する3本の論文発表時において、多くの方々から有益なご討論とご助言をいただいた。第2章の論文報告の際、2012年1月韓国ソウルの延世大学で開催された‘EU Centres Institutes Asia-Europe Roundtable on “Climate Change Action in the EU and Asia”’参加者から多くの助言をいただいた。報告の機会を与您下さった慶應義塾大学法学部の田中俊郎名誉教授と延世大学の Young-Ryeol Park 教授のご厚意に感謝の意を表す。早稲田大学国際学術院の太田宏教授から貴重なご助言をいただいたことにも感謝の意を表す。第3章の論文報告の際、環境経済・政策学会2007年大会参加者ならびに2009年8月にサザンデンマーク大学で開催された‘Symposium on Energy and CO2 Emissions/Policies: Global CO2 Economics’参加者から有益な助言をいただいた。特に、滋賀県立大学の林宰司准教授から貴重なご助言をいただいたことに感謝の意を表す。第4章の論文報告の際、2012年1月上智大学で開催された‘International Workshop on Theoretical and Empirical Approaches for Understanding Adaptation to Climate Change’参加者から有益な助言をいただいた。特に、報告の機会を与您下さった上智大学大学院地球環境学研究科鷲田豊明教授のご厚意と貴重なご助言に心より感謝の意を表す。

本論文の構想段階から完成段階までのすべての過程において、慶應義塾大学経済学部の坂上紳助教、東北公益文科大学の一ノ瀬大輔専任講師、慶應義塾大学経済学部の澤田英司助教から貴重な助言をいただいたことに、深く感謝の意を表す。

# 目次

第 1 章	序論	1
1.1	本論文の目的	1
1.2	本論文の構成	2
1.3	気候変動政策研究の系譜	7
1.3.1	緩和策の系譜	7
1.3.2	適応策の系譜	9
1.4	理論的研究の系譜：緩和策と適応策の結びつけ	10
1.4.1	気候変動政策の系譜にみる緩和策と適応策	10
1.4.2	環境経済学の系譜にみる汚染削減と防御的措置	11
	参考文献	14
第 2 章	「共通だが差異のある責任」の再構成：温室効果ガスと脆弱性の二重性	18
2.1	序論	18
2.2	脆弱性と緩和策・適応策	21
2.2.1	脆弱性の定義	21
2.2.2	貧困と脆弱性の多次元性	22
2.2.3	脆弱性概念における緩和策と適応策の統合	22
2.2.4	経済モデルにおける緩和策と適応策	23
2.2.5	衡平性の代表的基準：緩和能力	24
2.2.6	緩和能力から脆弱性へ	26
2.3	脆弱性による「共通だが差異のある責任」の再構成	28
2.3.1	法的根拠	28
2.3.2	脆弱性の導入	30
2.4	脆弱性を含めた「共通だが差異のある責任」の数値例	31
2.4.1	設定	31
2.4.2	結果	32
2.5	結論	37
2.6	補論	39
2.6.1	「共通だが差異のある責任」の定義	39
2.6.2	データとデータ源	41
2.6.3	責任の数値	43
	参考文献	46

第 3 章	南北経済における温室効果ガスの緩和策と適応策の技術革新	52
3.1	序論	52
3.2	モデル	55
3.3	適応技術革新にともなう排出量の変化	56
3.4	適応技術革新にともなう厚生の変化	60
3.5	国際的な所得移転制度の効果	62
3.6	結論	63
3.7	補論	65
3.7.1	(3.6) 式の解法	65
3.7.2	$\frac{dZ_N^*}{d\alpha}$ , $\frac{dZ_S^*}{d\alpha}$ , $\frac{dZ^*}{d\alpha}$ の符号	67
3.7.3	$\frac{dW_N^*}{d\alpha}$ と $\frac{dW_S^*}{d\alpha}$ の符号	68
参考文献		69
第 4 章	気候安全保障下の緩和援助策と適応援助策：発展途上国の脆弱人口を視野に入れて	72
4.1	序論	72
4.2	モデル	75
4.3	最適な援助分配比率と GHG 排出量	77
4.3.1	第 2 段階：GHG 排出量の決定	78
4.3.2	第 1 段階：援助の分配比率の決定	79
4.4	適応基金の下での最適な援助分配比率と GHG 排出量	81
4.5	結論	82
参考文献		85
あとがき		88

# 第 1 章

## 序論

### 1.1 本論文の目的

大気という地球公共財を介して、地球上のあらゆる生命は結びついている。大気中の温室効果ガス（Greenhouse Gas: GHG）濃度上昇によって生じる気温上昇と気候変動の影響は、人間であろうと動植物であろうと地球全域の生命に及ぶ。人間社会に限って言えば、人種・民族・文化・宗教という枠を超えて、地球上に存在する 70 億人以上の人間が地球温暖化にともなう気候変動の影響を受ける。このように、気候変動問題は、国家という枠組みを超えた国際的な課題である。

気候変動政策は、気候変動問題の原因と結果のそれぞれの観点から、緩和策（mitigation）と適応策（adaptation）に分類できる。緩和策とは、温室効果ガスの排出抑制と植生による炭素の吸収・固定のことを指し、原因物質の排出制御に関する対策である。適応策とは、気温上昇や気候変化などの変わりゆく環境条件に対応するという人間・自然システムの側の対策の総称である。例えば、海面上昇による高潮被害に対する適応策には、内陸への撤退、防波堤の耐久力強化による防護、および建造物の設計変更による順応がある。

ここで問題となるのは、1992 年に採択された国連気候変動枠組条約（United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC）の第 2 条で掲げられている究極目標を達成するために、緩和策と適応策をどのような割合で実行するのが望ましいかという問いである。UNFCCC 第 2 条では、

（第 2 条）...気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極的な目的とする。そのような水準は、生態系が気候変動に自然に適応し、食糧の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行することができるような期間内に達成されるべきである。

と規定されている。ここで目指されているのは、最終的には温室効果ガス濃度を安定化さ

せることであるが、そのための対策として緩和策と適応策を織り合わせる事が掲げられている。

しかし、緩和策と適応策は、どちらも無制限に実行できるものではない。気候変動政策に用いることのできる経済資源は有限である。そのため、緩和策と適応策に用いられる資金を効率的に分配する必要がある。このように、資源の稀少性の観点から2つの対策を費用効果的に実行するという視点は重要である。経済のエネルギー構造を変更し低炭素化を進める緩和費用と気候変動影響を低減するための経済・自然システムの適応費用の合計費用を最小化するという視点がなければ、どちらか一方の対策を偏重することになり社会的費用の観点で非効率性が発生してしまうためである。

上述の緩和策と適応策の効率性の問題に加えて、気候変動問題が国際的課題である以上、国家間の費用負担の問題がある。これは衡平性に関わる問題である。UNFCCC 第3条には、

(第3条) 締約国は、衡平の原則に基づき、かつ、それぞれ共通に有しているが差異のある責任及び各国の能力に従い、人類の現在及び将来の世代のために気候系を保護すべきである。したがって、先進締約国は、率先して気候変動及びその悪影響に対処すべきである。

と規定され、気候変動問題に関する国家間の責任配分と費用負担の問題が提示されている。条文からは、少なくとも先進国が率先して費用負担をすることが衡平の原則に基づく行為であることが示唆されているが、1992年にUNFCCCに先がけて採択された「環境と開発に関するリオデジャネイロ宣言」で提示されている衡平性の諸原則(第2章で詳細に検討する)と相互に関連し合い、複雑な基準を形成している。国際的な協調行動を実現するためには、国家間の費用負担とその大元となる衡平性概念ならびに責任概念に関する一致が必要不可欠である。

以上の背景をふまえて、本論文では、国際的な文脈における緩和策と適応策の関わり合いを論じることを目的とする。言い換えると、気候変動政策における衡平性と効率性の問題を論じることを目的とする。本論文の特徴は、従来緩和策の視点から論じられてきた気候変動政策の経済学的研究に、適応策の視点を導入することにある。

## 1.2 本論文の構成

第1章の残りの節では、気候変動政策の経済学的研究の系譜を、緩和策と適応策の観点で紹介する。まず、先行研究が温室効果ガス緩和策を中心に行われてきたことを示し、適応策はそうした一連の研究とは直接的には関連していなかったことを論ずる。その後、緩和策と適応策の相互依存関係に着目する研究が登場するようになり、両者の代替・補完関

係が理論的に分析されるようになったことを明らかにする。

気候変動政策の文脈では、緩和策と適応策の関係に着眼した理論的研究は 2000 年以降行われ始めたのであるが、大気汚染や騒音などの公害(地域的汚染)を想定した 1970 年代以降の研究の中には、防御的措置(汚染物質の流入を防ぐための仕切りの設置や被害者の汚染地域からの移転など)に関する理論研究も見られる。したがって、第 1 章の最終節では、気候変動問題以外の環境問題に範囲を広げて、排出削減策(緩和策)と防御的措置(適応策)の関わり合いを論じた研究の系譜も示す。

第 2 章では、国際的に協調して気候変動問題を解決していくための要となる、国家間の責任配分の問題、すなわち衡平性の問題を分析する。既述の通りに、UNFCCC 第 3 条では「共通だが差異のある責任」原則が掲げられ、締約国のうち附属書 I 国(先進国)が率先して費用負担をすることが求められている。このことは、先進国が途上国よりも大きな責任を負っていることと、今後も途上国よりも相対的に大きな責任を負う必要があることを示唆している。

しかしながら、数世紀にもおよぶ南北格差を無自覚に前提とすると「共通だが差異のある責任」は上述の解釈で十分なように見えるが、必ずしもこの解答は自明ではない。現在温室効果ガスの排出量が世界第 1 位の中国を筆頭として、インドやブラジルなど途上国(非附属書 I 国)の人口増加率と経済成長率は著しく、経済規模の観点では能力に大きな相違は見られなくなりつつある。さらに、経済成長にともなうエネルギー使用量の増加、温室効果ガス排出量の増加によって、大気の稀少性は高まる一方である。このような状況下、2011 年 12 月に南アフリカのダーバンで開催された国連気候変動枠組条約第 17 回締約国会合では、交渉の難航の末、苦肉の策として 2015 年までに世界規模の法的合意を採択することが決定したが、「法的合意(legal agreement)」は必ずしも非附属書 I 国(途上国)が絶対値の排出削減義務を負うことを意味していない\*1。換言すれば、排出削減の費用負担の問題と、その前提となる責任配分の問題は依然未解答のままである。したがって、京都議定書の第 1 約束期間(2008~2012 年)以降の将来枠組みの形成において、「共通だが差異のある責任」原則の意味内容が改めて吟味される必要がある。

以上の背景をふまえ、国際的な気候変動政策の衡平性の原則である「共通だが差異のある責任」原則について再検討することを第 2 章の分析の目的とする。従来温室効果ガス排出量の観点のみに基づいていた責任概念に、脆弱性を加えることを分析の視点とする。この視点は、温室効果ガス緩和策に偏ってきた気候変動政策の経済学的研究に適応策を導入するという視点と並行的なものである。

分析方法としては、第 1 に、法的根拠に基づいて脆弱性を衡平性の基準の 1 つと考えることの可能性を論じた上で、第 2 に、責任概念に脆弱性を接合するという考え方を具体化

---

\*1 UNFCCC ホームページ: <http://unfccc.int/2860.php>

するための数値計算を用いる。数値計算では、温室効果ガスと脆弱性、温室効果ガスと適応力、温室効果ガスと人口という3つのケースを示し、比較分析を行う。

分析結果は以下のようにまとめられる。まず、法的解釈について、1992年のリオ宣言第6原則で、脆弱性は「共通だが差異のある責任」原則の基準の1つとして規定されていることを示す。それにもかかわらず、これまで脆弱性が責任と切り離されて論じられてきた理由は、貧しく必要性が高ければ脆弱性も高い一方で豊かで必要性が少なければ脆弱性も低いという具合に、「脆弱性」が他の衡平性の基準である「支払能力」や「必要」と同一視されてきたためであることを示す。それほどまでに南北の所得格差に対する懸念が強いことが示唆される。次に、数値例では、従来温室効果ガスに100%の重みづけがなされていた責任において、脆弱性の比重を増加させることで各国の責任がどのように推移するかが明らかとなる。このように、変数間の重みづけを変化させる計算方法の導入によって、途上国が強く主張する1人当たり排出量に依拠した責任概念が、変数間の比率を固定している点で、比較的強い仮定に基づいていることが明らかになる。

第3章では、南北2国からなる世界経済を想定し、両国間の緩和策と適応策に関する効率的な資金分配を論ずる。既述の通りに、UNFCCC第2条の究極目標において、緩和策と適応策を組み合わせることで気候変動に対処していくことが明記されている。そこに大気という環境資源と経済資源に稀少性があることを考え合わせると、両者の効率的な利用に関する分析が必要不可欠となる。

国際的な文脈において、緩和策とは異なり、適応策は私的財としての性質を有している。両方の対策は気候変動被害を低減するという共通の機能を有しているが、緩和策については、1国が行う温室効果ガス排出削減を通じて他国にも影響を及ぼすという点で公共財としての性質を有している。それとは対照的に、例えば、イスラエルにおける灌漑水管理、南アメリカの作物種の変更、オランダにおける保険料支払い費用を削減するための砂袋や耐水性床の購入という具合に、1国が行う適応策の便益は他国にまで広がりを見せない。

以上の性質の違いを前提として、技術革新によって適応策が緩和策に比してより効果的になるという状況において、各国の温室効果ガス排出水準と厚生水準にどのような影響がおよぶかを分析する。技術革新を分析の主眼においているのは、温暖化への適応策において、農業の品種改良や情報技術(影響予測技術)の進歩が重要な役割を果たすためである。先行研究では、1国内での緩和策と適応策の最適性について効果が解明されてきたが、多くの研究では自国の適応策が緩和策の水準を変化させることによって生じる他国への影響については考察の対象としていない。技術革新によって適応策そのものがより効果的になると、当該国では緩和策の水準を低下させ適応策に以前よりも大きな比重を置くことになる可能性がある。その国が適応策の水準を変更することで緩和策の水準が変化することになれば、その国による緩和策が世界の排出量を変化させ、結果的に他国に影響が及ぶこと



になる。したがって、適応策のもつ効果を明らかにするためには、複数国モデルによる分析が必要となる。

分析方法としては、先進国と途上国から成る2国モデルを使用する。両国はそれぞれ緩和策の水準を決定するが、適応策については先進国のみ実施可能とする。すなわち、途上国では、財政制約ゆえに実行可能な気候変動政策は緩和策のみであると仮定する。この仮定は、気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change：IPCC）が指摘しているように、途上国が適応策に必要な費用を容易に賄うことができないという事実に基づいている。先進国と途上国が相手国の行動を所与として自国の厚生を最大化するべく、戦略的に排出水準を決定する同時ゲームを考える。解は同時ゲームナッシュ均衡解として特徴づけられる。

分析結果としては、適応策の技術革新の程度によって5つの場合が生じることが示される。その内の1つの場合においてのみ、世界の総排出量が減少し、強い意味でのパレート改善が達成される。2つの場合において、どちらか一方の国の厚生のみ改善するという弱い意味でのパレート改善が起きる。残りの2つは、先進国の厚生は改善するが途上国の厚生は悪化するという場合と、先進国の厚生は悪化し途上国の厚生は改善するという場合である。主要な結論の1つは、技術革新が十分に効力を有している場合、逆説的に途上国の厚生が悪化するということである。先進国は、自国の適応策によって気候変動被害を抑制できる分、温室効果ガス排出の緩和策の水準を引き下げるという行動にでるため、途上国には被害が及ぶのである

さらに、第3章の後半分析は、適応投資の水準に応じて先進国に課税する国際所得移転制度によって、高水準の技術革新が生じた場合においても先進国と途上国双方の厚生改善を実現できることを示している。先進国に適応策の費用負担を求めることで、実質的に適応策の技術革新の程度が抑制され、温室効果ガス排出を緩和するという行動が喚起される。要するに、たとえ課税による収入が途上国に移転されなかったとしても、先進国の緩和策の成果である大気安定化の便益が途上国におよぶ可能性が示される。先進国から途上国への所得移転（基金）は現在のUNFCCCの国際交渉でも主要な争点となっており、第3章の分析は、たとえ各国が非協力的に行動する場合においてさえ両国の厚生を高める可能性を提示していると言える。続く第4章では、先進国から途上国への所得移転の分配のあり方にまで踏み込んで論じる。

第4章では、第2章で詳細に論じられる脆弱性に着目しつつ、第3章の後半の分析で提示される先進国から途上国への所得移転をさらに深めて考察する。実際に、UNFCCC第4条4項では、先進工業国が脆弱性の高い国に対して援助策を実施することが約束されている。京都議定書第12条8項においても、脆弱性の高い途上国の適応策の費用負担の必要性が規定され、2001年のマラケシュ合意をへてクリーン開発メカニズム（Clean Development Mechanism: CDM）の収益の一部が適応基金の運営の原資とされることが

決められた（亀山、2010）。つまり、適応援助策によって脆弱性の高い途上国の適応力を高めることが近年の国際的課題となっているのである。

しかしながら、途上国内にも人口集団毎に著しい脆弱性の不均一性が見られる。例えば、大気と海洋の水循環を介して、洪水や渇水のように大規模かつ長期的な影響を生じさせる気候変動問題においては、気象災害の発生により土地を追われる人口集団（気候変動避難民）の存在が顕著である。土地という生産要素を剥奪されることは、主に農業に従事する大多数の家計において、資本・労働を投入する場を失うことに等しい。生産要素を失えば生産・消費をすることができず、生命維持に支障をきたすことになる。つまり、途上国内の気候変動避難民は、生産人口に比して極めて脆弱性が高いと考えられる。このような特質をふまえて、第4章では、先行研究を拡張し途上国内の人口集団を脆弱層と非脆弱層（生産人口）に区別した上で援助の分配を論じることを目的とする。

分析方法としては、Buob and Stephan（2008）とOnuma and Arino（2011）が用いた南北経済モデルで考察されていなかった援助の分配を分析する。途上国の人口を明示的に表し生産人口と脆弱人口に区分した上で、先進国から途上国へ支給される適応援助と緩和援助の間の効率的な分配比率を求める。援助の分配比率にとどまらず、その分配比率に応じて南北各国が互いに戦略的に行動したときにどのような温室効果ガス排出行動をとるかという点まで考察対象とすることで、開発政策と気候変動政策を統一的に考察する。具体的には、2段階ゲーム（第1段階で援助の分配比率を決定し、第2段階で各国の温室効果ガス排出水準を決定する）を想定する。その解は部分ゲーム完全均衡となる。

分析結果は、援助の分配比率を決定する主体（先進国、途上国または両国）に応じて3つの場合に分かれるが、途上国の人口分布が結果に影響する点が特徴的である。第1に、先進国が分配比率を決定する場合は、自国にも便益が及ぶように途上国における緩和水準が増加するよう緩和策の分配比率を増加させる。その結果、すべて緩和援助策として投資することになる。第2に、途上国が分配比率を決定する場合は、先進国の温室効果ガス排出増加による不利益と援助そのものから得られる便益の多寡に応じて分配比率の選択がなされる。具体的には、脆弱人口と生産人口の援助による便益の多寡に応じて分配比率が調整され、両人口集団の相対的な人口規模が分配比率の水準の決定要因となる。その結果、脆弱人口が十分に多い場合は、適応策への投資が増加し、脆弱人口が十分に少ない場合は、緩和策への投資が増加する。第3に、先進国と途上国が協力的に分配比率を決定する場合は、緩和策にも適応策にも援助資金が偏ることはなく、その水準は途上国単独で決定する分配比率よりも高くなる（緩和援助策の比率が高くなる）。以上のように、途上国は脆弱人口の適応策に、先進国は生産人口の緩和策に援助するインセンティブを有していることが示される。この結果、両国の利害が均衡する水準（協調解）は、その両方のインセンティブが調和する点、すなわち、先進国単独で決める第1の場合の分配比率と、途上国単独で決める第2の場合の分配比率の中間のいずれかの比率として実現すると解釈できる。

続いて、緩和投資（CDM）による収益の一部を適応基金に回す政策の効果も検証する。第1に、先進国では、適応基金に回す割合にかかわらず、すべて緩和援助策として投資することになる。これは、CDM投資による収益に加えて、途上国の緩和水準の上昇の限界便益を常に与えることができるためである。第2に、途上国が選択する分配比率は、適応基金に回す割合が増えるにしたがって、増加する。大事なことは、ある一定の水準をすぎると分配比率は減少するものの、適応基金の存在により途上国に緩和援助策を求めるインセンティブが増加することである。第3に、両国が分配比率を選択する場合、適応基金によって途上国に緩和援助策を増やすインセンティブが加わることにより、分配比率が先進国が求める水準に一致する場合が生じることになる。あくまで援助総額を所与としたモデルの下ではあるが、適応基金の存在は、最適分配比率を南北協調解に近づける効果を有することが解明される。

## 1.3 気候変動政策研究の系譜

気候変動問題に関する経済学の系譜をたどると、Nordhaus(1977)に行き着く。Nordhaus(1977)は、化石燃料使用に根ざした経済成長が気候変動を招来することを指摘し、エネルギー分野の各企業にCO<sub>2</sub>の排出制約を課すモデルを用いて効率的な排出削減経路を導出した。気候変動問題が正式に国際的課題と認識されたのは1992年に採択された国連気候変動枠組条約においてであったが、1970年代にはすでに気候変動に関する科学的研究が幅広く実施されていた。そのような状況下、Nordhausは他の経済学者に先駆けて経済学の体系の中に気候変動問題を取り入れたのである。

本節の説明の手順は次の通りである。第1に、Nordhaus(1977)に端を発するGHG制御の経済学の変遷を示す。これは緩和策の研究体系と言い換えることもできる。気候変動が長期的な影響をもたらすことから動学モデルがその大半を占める。ただし、CO<sub>2</sub>の発生メカニズムが比較的単純で理論的な帰結は基本的な外部性理論で説明されるものであるがゆえに、気候変動政策の経済学の系譜は主にコンピューターシミュレーションを用いた実証的研究に牽引されてきたといえる。第2に、90年代後半以降モデルで分析されはじめた適応策の観点を入れた論文を整理する。気候変動の被害額に関する実証研究の中にその主な系譜を見ることができる。

### 1.3.1 緩和策の系譜

Nordhaus(1977)では、エネルギー市場に焦点が当てられている。各時点で消費者は効用の割引現在価値の合計を最大化するように消費量を決定し、最適なエネルギー消費水準の経路が導出される。併せて、エネルギー消費に伴うCO<sub>2</sub>排出経路と最適課税の経路が導かれる。このモデルの特徴は、企業にCO<sub>2</sub>の排出制約が課されている点である。すな

わち、気候変動の影響や被害といった外部性は考慮されていないモデルである。Nordhaus (1991) ではこの点に改良が加えられた。排出と濃度、濃度と気温を関連づける状態方程式と気温と被害を関連づける被害関数が明示的に方程式体系に組み込まれた。財市場と気候メカニズムを関連付けるモデルとなったことで、外部性が考慮されるに至った。したがって、本論文での最適課税はピグー税に分類される。このモデルをさらに拡張したのが Nordhaus (1994) であり、DICE (Dynamic Integrated model of Climate and Economy) モデルと呼ばれている。経済と気候が最適成長理論の枠組みの中で統合され、現実の政策立案に用いられる統合評価モデル (Integrated Assessment Model) の代表例となった。最適成長理論については、Ramsey (1928)、Solow (1970) らによって確立され、温暖化のみならず様々な環境汚染の分析に用いられている<sup>\*2</sup>。DICE モデルの経済理論は伝統的なピグー税の概念に集約できる。すなわち、汚染の限界被害額に等しい税を企業が排出する 1 単位ずつの汚染に課することでパレート効率性を達成 (社会的余剰を最大化) できるというものである。具体的には、濃度上昇のシャドー・プライスを限界被害額と理解し、それと税率を一致させる。過去数十年のデータから人口増加率と技術進歩率を外挿し、結果的に最適税率の経路が求められる。気候変動問題は蓄積性汚染であることから、毎期の自然による吸収・固定能力を毎期の排出水準が上回る限り、通時的に必ず濃度・気温・海面は上昇し被害も増加する。このことからピグー税は通時的に上昇してゆくという結果が得られる。本論文の理論的貢献は、経済の市場メカニズムにあるのではなく、むしろ従来「外部性」としてひとくくりにされてきた気温上昇と海洋・気候のプロセスを明示した上で、制約条件として経済成長理論に結びつけたことにある。Nordhaus and Boyer (2000) では、Nordhaus (1994) の DICE モデルが単一経済モデルであった部分を拡張し、世界を 13 地域に分割して地域別の GHG 削減費用と気候変動被害を算定した。加えて、従来は農業、その他財市場、海面上昇の被害推定にとどまっていた部分を拡張し、健康、レクリエーション、極端現象 (西部南極氷床の崩壊など) という非市場価値を環境評価に関する実証研究結果と結びつけて推定した。このように、理論的な拡張は Nordhaus (1994) でほぼ頭打ちとなりその後は実証的研究としての貢献がなされてきたといえる。Tol (2002)、Stern (2007) は同様のマクロ経済モデルを用いた最近の研究事例である。Stern (2007) は数ある研究の中でも最も低い割引率<sup>\*3</sup>を設定しているために、温暖化の長期的被害額とそれにともなう最適削減経路が最も大きく評価された研究である。

このような一連の実証研究から、最適な排出削減経路に影響をもたらす要因を費用、便益 (被害)、割引率の 3 つにまとめることができる。限界費用が限界便益に比して大きい

<sup>\*2</sup> 柳瀬 (2002) では、環境資源の性質別 (再生可能資源・枯渇性資源) に最適成長理論を用いた分析のレビューが広範になされている。気候変動問題は気温上昇が不可逆的な現象であることから枯渇性資源モデルで取り扱われることもある。

<sup>\*3</sup> Nordhaus モデルでは 6 % であるのに対し、Stern モデルでは 0.1 % にすぎない。

(小さい)のであれば最適削減量は少なく(多く)なる。それは最適削減量が各時点の限界削減費用と限界便益の割引現在価値が均等化する水準で決定することによる。割引率を高く(低く)設定すれば温暖化対策の便益の割引現在価値は低く(高く)評価されることになる。温暖化による影響は濃度蓄積にともなって長期的に現れるためである。このようにして、費用便益分析の結果は、費用、便益、割引に関するパラメータの値(とりわけ割引率)に依存する、と結論づけることができる。

### 1.3.2 適応策の系譜

緩和策が1970年代から90年代まで盛んに分析されてきたにも関わらず、適応策は90年代後半になるまで実証研究においてさえ考慮されてこなかった。気候変動問題の原因物質は温室効果ガスであり、それを制御することが最も本質的な対策であるためである。しかしながら、温暖化に関する気候プロセスが科学的に解明されてゆくにつれて、ある時点で排出削減をしてもその効果が現れるまでには20-30年程度の時間を要することがわかってきた(Solomon *et al.*, 2007)。そうすると、緩和策だけでは、すでに顕在化している被害(例えば、海面上昇による島嶼国の洪水被害、北極グマの生息地である棚氷の融解、サンゴの白化現象、気温変化や洪水・渇水が農林水産業に与える影響など)を食い止めることはできない。それゆえ、従来は明らかにされていなかった被害が認識されるのと歩調を同じにして、緩和策の最適経路に関する経済学的研究の系譜の中に、適応策の観点が加えられていったのである。

適応策の経済分析の系譜は、次のように分類することができる。すなわち、(1)緩和策を内生化したモデルに適応策を外生的に挿入するものと、(2)適応策を内生化したモデルに緩和策を外生的に挿入するものの2通りである。(1)について、数ある統合評価モデルの中で代表的なNordhaus and Boyer(2000)では、気温上昇と各地域の被害関数のパラメータの値(被害の所得弾力性)を変更するという方法が採用されている\*4。この場合、パラメータの値をどれだけ変更するかという外生的な選択によって結論が大きく変わってくるため、こうした計算結果は恣意的であるとの批判もある(Azar, 1998)。(2)の場合、農業、森林、沿岸、エネルギーなど様々な分野における被害推定モデルがあり、緩和策の程度に応じた気温上昇の将来予測が外生的に選択され、最適な適応投資水準を上下させる。Yohe and Schlesinger(1998)は、排出削減経路、濃度、気温、海面上昇を所与としてアメリカの沿岸部に防波堤を建設したときの費用を算出している。防波堤建設の規模を適応策と定義し、最小費用で適応をするモデルが用いられている。Tol and Dowlatabadi(2001)、

\*4 「所得の増加と共に農業シェアが縮小し被害額も抑制される」「所得の増加と共に都市化が進行し地下上昇と共に沿岸地域の経済的影響は大きくなる」「所得の増加と共により多くの冷房が必要となり経済的影響は大きくなる」「所得の増加とともに移住や生態系への関心は高まり、被害額(生態系への支払い意思額)は高くなる」などの相関を仮定し、実測値と整合的になるように値が決められる。

Sohngen and Mendelsohn (1999) は、それぞれ感染症、木材市場の経済被害額を推定した研究事例であり、他にも気候変動の影響を受ける部門の数に応じて数え切れないほどの実証研究が行われている。Tol (2005) では、温暖化の被害額の推定に関する 28 の論文から 103 の推定結果を集約し、不確実性などを除去し精度を上げた推定結果を示している。繰り返しになるが、このような研究で最適な適応水準を求める場合、緩和策のシナリオは所与とするため緩和策と適応策が内生的に関連づけられるわけではない。

Barker (2003) が述べているように、緩和策は温室効果ガスの排出源における制御を意味するが、それらのガスが世界中に拡散し大気中に蓄積されて引き起こされる気候変動への適応策は、ローカルな、同質ではない主体に関わる多種多様な対策を実施する必要がある。そのための対策は、主な対策が省エネや燃料転換などのエネルギー技術に集約される緩和策とは違い、海岸管理の例に限ったとしても土地利用・建築様式の変更、地理情報システムを利用した防災情報の提供、浸水保険制度の創設、排水システムの強化など多岐にわたる (Klein *et al.*, 2005; 三村, 2006)。対策の多様性に比例するように、水、沿岸域、森林、農業等の各分野の被害額推定に関する論文も多様化している。このような実証研究の細分化傾向ゆえに、緩和策と適応策の相互依存関係を明らかにするためには、理論分析を援用する必要がある。

## 1.4 理論的研究の系譜：緩和策と適応策の結びつけ

### 1.4.1 気候変動政策の系譜にみる緩和策と適応策

気候変動政策の文脈で緩和策と適応策を分析している理論の論文はそれほど多くはない。Kane and Shogreen (2000) は両者をつなぎ合わせ、単一経済における最適な緩和と適応水準の条件を求めた最初の論文である。気候変動リスクが上昇したときに、最適な緩和策と適応策が上昇するか下降するかは、リスク上昇が緩和策と適応策の限界便益を上昇させるか下降させるか、という仮定に依存して決まることが示された。また、緩和策と適応策が互いの限界便益に及ぼす影響の符号に関する仮定も結論に影響する。この比較静学の結論から、筆者はこれらの「仮定」が妥当なものであるか否かは、農業、森林などの分野ごとの実証研究によって確認する必要があるとしている。Mendelsohn (2000) は効率的な適応について、補助金政策、外部性に触れつつ考察をした。加えて、民間による適応策のみならず公共部門による適応策（灌漑システム、防波堤、生態系の管理）を公共財理論の枠組みで分析をした。その際、気温を適応策の便益関数に組み入れることで緩和策との関連性を持たせたが、外生変数として導入されたにすぎず、緩和策と適応策の関わり合いを内生的に分析することはできなかった。Michaelowa (2001) では、2 国以上の国際的な状況を想定し、基本的な最適化行動の結論を定性的に論じた。先進国が緩和策を怠ると、緩和策は公共財的性質を有するがゆえに、途上国もその負の影響を受ける。途上国は被害防

止として適応をするが、所得制約が厳しいために効率的な水準まで適応策をうてない可能性が生じる、という結論である。この結論は、理論的に証明されたものではなかったため、Onuma and Arino (2011) では先進国と途上国の2国モデルで上記の状況が証明された。先進国で適応策の技術進歩が起きると適応策を増やし、その分緩和努力を減らす。このことによって、世界全体の温室効果ガスが増加するため、途上国では気候変動被害が増加し経済厚生が低下する場合があるという結果が導かれた。Lecocq *et al.* (2007) は Kane and Shogren (2000) で使用された緩和策と適応策の最適化モデルを次の点で拡張している。(1) 適応策を事前 (ex ante) と事後 (ex post) に分けて、緩和策、事前適応策、事後適応策の3つの変数で最適化問題を解いている。(2) 地域/部門を複数にしている。(3) 静学ではなく動学(離散期間モデル)である。(4) 不確実性と学習が考慮されている。同様に、Ingham *et al.* (2007) では不確実性と学習、さらに不可逆性が最適緩和経路に及ぼす効果を分析した論文の系譜(Ulph and Ulph, 1997; Ulph, 2004)に適応策を内生的に組み入れた。従来は、将来の被害に関する不確実性や不可逆性の制約があると、現時点では予防的に多めの緩和策を行うことが望ましいという結論になっていた。しかし、適応策がある場合には緩和水準が、緩和策しかない場合に比べて少なくなることが示された。有野(2007)<sup>\*5</sup>では、緩和策の動学的モデルに適応をフローおよびストックの形で挿入し、適応策があることでピグー税の最適経路がシフトすることが示された。

このように、2000年以降理論的研究において適応策と緩和策の関係が徐々に分析され始めている。こうした研究で論点となっているのは緩和策と適応策の代替・補完関係<sup>\*6</sup>および国家間の戦略的行動であり、静学・動学両方のモデルが用いられている。

#### 1.4.2 環境経済学の系譜にみる汚染削減と防御的措置

気候変動問題に関する理論的研究の中で適応策が緩和策と関連づけられたのは2000年以降であったが、環境経済学の歴史を遡ると適応の概念はすでにCoase(1960)の制度的分析において指摘されていることがわかる。彼は、取引費用の存在や政府介入の費用を考慮すると、当事者間の補償を含む自発的交渉や理論上効率的なピグー税が実際には社会的に非効率性をはらむ可能性があることを指摘している。このことに加えて、ピグー税によって汚染者が負担する限界的な費用よりも安い費用で、被害者が移転したり防御的措置(defensive measures)をとったりすることができるのであれば、ピグー税のみに頼るのは非効率であることを指摘している。Baumol and Oates(1975)はピグー税率の変化に応じて被害者の地理的な移転度合いが変わることを示した。一方で、Mishan(1974)は汚染地

<sup>\*5</sup> 2006年度慶應義塾大学大学院経済学研究科修士学位論文「気候変動政策の動学的経済分析：最適経路における緩和と適応」

<sup>\*6</sup> この点に関して定性的に論じた論文は多数ある。例えば、Frankhauser *et al.*(1999), Callaway(2004), Kolstad(2005), Tol(2005), Paavola and Adger(2006)がある。

域からの移転（防御）と排出削減の限界費用が均等化する水準で両手段の最適配分が決定することを示し、Coase (1960) の指摘する非効率性は回避されることを示唆した。しかしながら、移転が不連続的に起こるような状況や、移転の固定費用が高くつくような状況であれば Coase (1960) が主張するようにピグー税で社会的最適が実現できないことがその後のいくつかの研究の中で指摘されている。例えば、Shibata and Winrich (1983) は、防御的措置の不連続性や固定費用による端点解の存在だけでなく、防御的措置の費用が汚染水準に依存して決定するような費用関数のもとではピグー税で社会的最適が実現しないことを示した。すなわち、汚染削減と防御的措置の間に関数的に相互依存関係があるのであれば、ピグー税のパレート効率性に影響を与える状況が考察されているのである。Heyes (2001) では、Shibata and Winrich (1983) の結果でも出てきた汚染削減と防御的措置の一方のみを選択するのが最適となる端点解の存在がある点を、別の文脈で分析した。防御的措置の導入によって生じる複数の局所的最適解が大域的にも最適になる条件を導出したのが McKittrick and Collinge (2002) である。この論文では、先行研究ですでに指摘されている不連続性の問題と汚染削減と防御的措置が混在する場合に生じる非凸性の問題を論点とした。前者については不連続な防御的措置（環境被害が生じていない地域への移住など）が起こる総費用の条件を導出し、後者については汚染の被害関数の弾力性に依存する形で解の一意性の条件を導出した。このように、2000 年以降になって従来の汚染制御のモデルに防御的措置を加えるがゆえに生じる非凸性とそれによる複数解の存在、さらには不連続性の諸問題が理論的に解明されてきたといえる<sup>\*7</sup>。

1970 年代初頭には Baumol and Oates (1972)、Tietenberg (1974)、Sandmo (1975) のように大気汚染や水質汚染のような公害に関して、汚染者に間接税（ピグー税）を課することで汚染の最適制御を実現する研究が行われた。1990 年代に入ると、動学的モデルで最適汚染制御が分析された<sup>\*8</sup>。理論的研究の中にはじめて被害者による防御的措置を位置付けた Coase (1960) や Mishan (1974) に端を発する系譜は、こうした従来の静学、動学双方の汚染制御理論が依拠するピグー税理論に新たな視点を提供し、根本的な修正を迫る論文の系譜であると考えられる。

以上のように、環境経済学の排出削減の系譜に防御的措置が組み入れられるという流れ

<sup>\*7</sup> その他にも、防御的措置に関する分析はいくつかある。Shogren and Crocker (1991) は、煙突を高くして地域の大气汚染を少なくする防御的措置を取ると、他の地域に汚染が移動し外部不経済が生じる点を考察し、非協力と協力のそれぞれの場合における防御的措置のナッシュ均衡解の水準を比較した。Antoci *et al.* (2005) では、財としての環境と消費財の代替関係に注目し、防御的支出と経済成長を関連付けて論じている。ただし、これらの分析では汚染削減が考慮されておらず、防御的措置にのみ焦点が当てられている。

<sup>\*8</sup> Ko (1992) では、蓄積汚染を唯一の状態変数として外部性と捉えそれを是正するピグー税の最適経路を導出している。Ploeg *et al.* (1992) は、汚染排出に課税をしクリーン技術開発投資に補助金を与えることで社会的最適を達成できることを示した。Dockner (1993) では蓄積汚染という一つの状態変数を用い、かつ 2 国間の排出戦略を動学ゲームの枠組みで分析している。Uzawa (2003) は各国の所得に比例させる課税方式によって競争均衡配分をパレート効率配分に導くことができることを証明した。



に類似して、気候変動政策に関する経済学的研究においても、緩和策の系譜に適応策が導入されてきた。本論文では、緩和策と適応策の関わり合いを、国際的文脈に位置づけて考察することを目的とする。

## 参考文献

- [1] Antoci, A., Borghesi, S. and P. Russu (2005), ‘Environmental defensive expenditures, expectations and growth’, *Population and Environment* **27**: 227–244.
- [2] Azar, C. (1998), ‘Are Optimal CO<sub>2</sub> Emissions Really Optimal?’, *Environmental and Resource Economics* **11(3-4)**: 301–315.
- [3] Barker, T. (2003), ‘Representing global climate change, adaptation and mitigation’, *Global Environmental Change* **13**: 1–6.
- [4] Baumol, W.J., and W.E. Oates (1972), ‘On Taxation and the Control of Externalities’, *American Economic Review* **62**: 307–321.
- [5] Baumol, W.J., and W.E. Oates (1975), *The Theory of Environmental Policy: Externalities, Public Outlays, and the Quality of Life*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- [6] Buob, S. and G. Stephan (2008), ‘Global Climate Change and the Funding of Adaptation’, Discussion Papers, Universität Bern, Bern, Switzerland.
- [7] Callaway J.M. (2004), ‘Adaptation benefits and costs: are they important in the global policy picture and how can we estimate them?’, *Global Environmental Change* **14**: 273–282.
- [8] Coase R.H. (1960), ‘The Problem of Social Cost’, *Journal of Law and Economics* **3**: 2–144.
- [9] Dockner, E.J. (1993), ‘International Pollution Control: Cooperative versus Noncooperative Strategies’, *Journal of Environmental Economics and Management* **24**: 13–29.
- [10] Frankhauser, S., J.B. Smith and R.S.J. Tol (1999), ‘Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions’, *Ecological Economics* **30**: 67–78.
- [11] Heyes, A. (2001), ‘A Note on Defensive Expenditures: Harmonised Law, Diverse Results’, *Environmental and Resource Economics* **19**: 257–266.
- [12] Ingham, A., J. Ma and A. Ulph (2007), ‘Climate change, mitigation and adaptation with uncertainty and learning’, *Energy Policy* **35**: 5354–5369.
- [13] Kane, S. and J.F. Shogren (2000), ‘Linking Adaptation and Mitigation in Climate

- Change Policy', *Climatic Change* 45, 75-102.
- [14] Klein, R.J.T., W.W. Dougherty, M. Alam and A.A. Rahman (2005), 'Technology to understand and manage climate risks: background paper for the UNFCCC seminar on the development and transfer of environmentally sound technologies for adaptation to climate change', Tobago, 14-16 June 2005, [Available at] [http://www.pik-potsdam.de/research/research-domains/transdisciplinary-concepts-and-methods/favaia/pubs/klein\\\_etal\\\_2005.pdf](http://www.pik-potsdam.de/research/research-domains/transdisciplinary-concepts-and-methods/favaia/pubs/klein\_etal\_2005.pdf).
- [15] Ko, I.D. (1992), 'Controlling stock externalities: Flexible versus inflexible Pigovian corrections', *European Economic Review* 36: 1263–1276.
- [16] Kolstad, C.D. (2005), 'The Economics of Climate Policy', in K.G. Maler and J.R. Vincent, eds., *Handbook Of Environmental Economics: Economywide and International Environmental: Volume 3*, North-Holland: Elsevier.
- [17] Lecocq, F. and Z. Shalizi (2007), 'Balancing Expenditures on Mitigation of and Adaptation to Climate Change: An Exploration of Issues Relevant to Developing Countries', World Bank.
- [18] McKittrick, R. and R.A. Collinge (2002), 'The Existence and Uniqueness of Optimal Pollution Policy in the Presence of Victim Defense Measures', *Journal of Environmental Economics and Management* 44: 106–122.
- [19] Mendelsohn, R. (2000), 'Efficient Adaptation to climate change', *Climatic Change* 45: 583–600.
- [20] Michaelowa, A. (2001), 'Mitigation versus adaptation: The political economy of competition between climate policy strategies and the consequences for developing countries' [Online], HWWA Discussion Paper 152, <http://purl.umn.edu/26401> (accessed 25 March 2011).
- [21] Mishan, E.J.(1974), 'What is the optimal level of pollution?', *Journal of Political Economy* 82: 1278–1299.
- [22] Nordhaus, W.D. (1977), 'Economic growth and climate: the carbon dioxide problem', *The American Economic Review* 67: 341–346.
- [23] Nordhaus, W.D. (1991), 'A Sketch of the economics of the greenhouse effect', *The American Economic Review* 81(2): 146–150.
- [24] Nordhaus, W.D. (1994), *Managing the global commons: the economics of climate change*, Cambridge: MIT Press.
- [25] Nordhaus, W.D. and J. Boyer (2000), *Warming the world : economic models of global warming*, Cambridge: MIT Press.

- [26] Onuma, A. and Y. Arino (2011), 'Greenhouse gas emission, mitigation and innovation of adaptation technology in a North-South economy', *Environment and Development Economics* **16(6)**: 639–656.
- [27] Paavola, J. and W.N. Adger (2006), 'Fair adaptation to climate change', *Ecological Economics* **56(4)**: 594–609.
- [28] Ploeg, F.V.D. and A.J.D. Zeeuw (1992), 'International Aspects of Pollution Control', *Environmental and Resource Economics* **2**: 117–139.
- [29] Ramsey, F.P. (1928), 'A mathematical theory of saving', *The Economic Journal* **38**: 543–559.
- [30] Sandmo, A. (1975), 'Optimal Taxation in the Presence of Externalities', *Swedish Journal of Economics* **77**: 86–98.
- [31] Shibata, H. and J.S. Winrich (1983), 'Control of Pollution when the Offended Defend Themselves', *Economica* **50**: 425–437.
- [32] Shogren, J.F. and T.D. Crocker (1991), 'Cooperative and Noncooperative Protection Against Transferable and Filterable Externalities', *Environmental and Resource Economics* **1**: 195–214.
- [33] Sohngen and Mendelsohn (1999), 'The timber market impacts of climate change on the US timber market', in: *The Impacts of Climate Change on the US Economy*. Cambridge University Press: 94–132.
- [34] Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) (2007), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, New York: Cambridge University Press.
- [35] Solow, R.M. (1970), *Growth Theory: An exposition*, New York: Oxford University Press.
- [36] Stern, N. (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge: Cambridge University Press.
- [37] Tietenberg, T.H. (1974), 'On taxation and the control of externalities: Comment', *American Economic Review* **64**: 462–466.
- [38] Tol, R.S.J. (2002), 'New estimate of the damage costs of climate change, Part II: dynamic estimates', *Environmental and Resource Economics* **21(1)**: 135–160.
- [39] Tol, R.S.J. (2005), 'The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties', *Energy Policy* **33**: 2064–2074.
- [40] Tol, R.S.J. and H. Dowlatabadi (2001), 'Vector-borne diseases, climate change, and economic growth', *Integrated Assessment* **2**: 173–181.
- [41] Ulph, A. (2004), 'Stable international environmental agreements with a stock pollutant,

- uncertainty and learning', *Journal of Risk and Uncertainty* **29(1)**: 53–73.
- [42] Ulph, A. and D. Ulph (1997), 'Global warming, irreversibility and learning', *The Economic Journal* **107**: 636–650.
- [43] Uzawa, H.(2003), *Economic Theory and Global Warming*, Cambridge University Press.
- [44] Yohe, G. and M.E. Schlesinger (1998), 'Sea-level Change: The Expected Economic Cost of Protection or Abandonment in the United States', *Climate Change* **38**: 447–472.
- [45] 亀山康子(2010)「気候変動に関する意思決定ブリーフノート」国立環境研究所、2010年8月30日
- [46] 三村信男(2006)「地球温暖化対策における適応策の位置づけと課題」『地球環境』Vol.11、No.1、103-110頁
- [47] 柳瀬明彦(2002)『環境問題と経済成長理論』(財)三菱経済研究所

## 第2章

# 「共通だが差異のある責任」の再構成：温室効果ガスと脆弱性の二重性

### 2.1 序論

「共通だが差異のある責任」は、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の衡平性に関する中心的な原則であり、これに基づいて附属書I国（先進国）と非附属書I国（途上国）の温室効果ガス（GHG）削減目標には差異が認められている\*<sup>1</sup>。「共通だが差異のある責任」原則は、本来国際法において法的拘束力を有しないにも関わらず、国際条約において採用される負担配分の規範となってきた（Halvorssen, 2007, p254）\*<sup>2</sup>。ゆえに、2013年以降の将来枠組みにおいても「共通だが差異のある責任」原則の影響が及ぶものと考えられ、気候変動緩和策と適応策に関する協調体制の構築に際してその原則の果たす役割を無視することはできない。

「差異」という用語が、「共通だが差異のある責任」原則の解釈が多様化する根拠である。それによって、どのようにGHGの排出権を配分するかという問題に関して多種多様な負担配分ルールが様々な学者から提案されてきた（例えば、Bertram, 1996; Gupta and Bhandari, 1999; Criqui *et al.*, 2003; Den Elzen *et al.*, 2004; Den Elzen *et al.*, 2005; Den Elzen and Lucas, 2005; Den Elzen and Meinshausen, 2006; Den Elzen and Höhne, 2008;

\*<sup>1</sup> 1992年、ブラジル・リオデジャネイロにおいて開催された国連環境開発会議（通称地球サミット）で採択された「環境と開発に関するリオデジャネイロ宣言」（以下リオ宣言）の第7原則は「地球環境の悪化への異なった寄与という観点から、各国は共通のしかし差異のある責任を有する。」と規定している。原文は国連環境計画（UNEP）ホームページ（<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?documentid=78&articleid=1163>）を、邦訳は環境省ホームページ（[http://www.env.go.jp/council/21kankyo-k/y210-02/ref\\_05\\_1.pdf](http://www.env.go.jp/council/21kankyo-k/y210-02/ref_05_1.pdf)）を参照されたい。

\*<sup>2</sup> 例えば、UNFCCC第3条は「共通だが差異のある責任」原則が基本理念として用いられることを定めている。1997年、UNFCCC第3回締約国会議において定められた京都議定書第3条では、この原則に基づき附属書I国（先進国）からの排出量を1990年比で少なくとも5%削減することを規定されている。京都議定書において非附属書I国（途上国）には排出削減義務が与えられていないことも「共通だが差異のある責任」原則による。京都議定書第10条に「すべての締約国は、それぞれ共通に有しているが差異のある責任並びに各国及び地域に特有の開発の優先順位、目的及び事情を考慮し、附属書Iに掲げる締約国以外の締約国に新たな約束を導入することなく...」とある通りである。

Hamasaki and Saijo, 2011)。たしかに多彩な負担配分ルールが存在しているが、共通性も見られる。それは、2013年以降の将来枠組みにおいて発展途上国に対してより多くの排出権を割り当てるという点である。その根拠となるのは、先進国の方が発展途上国よりも経済的に豊かであるのであるから前者は後者より大きな責任を有している、という論理である (Persson *et al.*, 2006)。

リオ宣言は、差異化の基準となる諸概念、すなわち衡平性の基準を提示している。第6原則では「必要 (needs)」を、第7原則では環境問題への「寄与 (contribution)」と「支払能力 (capacity to pay)」\*<sup>3</sup>を明示している。しかしながら、これらの3つの概念は、1つの主要な概念に引きつけて解釈されてきた (Shue, 1999; Den Elzen *et al.*, 2004; Stone, 2004)。すなわち、支払能力である。寄与と支払能力に関して言えば、1人当たりCO<sub>2</sub>排出量と1人当たりGDPの間に正の相関が見られることから、寄与と支払能力はほぼ同一の概念であると捉えられてきた。必要も支払能力の欠如という具合に、支払能力に吸収されればほぼ同一の概念として解釈されてきた。その結果、現在までのところ「共通だが差異のある責任」原則は、本質的には支払能力という唯一の概念に依拠して解釈されている。この背景が、気候変動問題が富裕層と貧困層の二重構造 (貧富構造) に結び付けて議論される理由の1つである。

貧富構造、ないしは支払能力の概念に関する負担配分ルールの代表例として、「歴史的責任 (historical responsibility)」と「1人当たりの平等 (equal per capita basis)」が挙げられる (Neumayer, 2000)。例えば、歴史的責任の配分ルールによれば、米国は1850~2002年の化石燃料の燃焼とセメント製造による累積CO<sub>2</sub>排出量の29.3%の責任を有し、以下ロシア8.1%、中国7.6%、ドイツ7.3%、英国6.3%、日本4.1%、フランス2.9%、インド2.2%と続く (Baumert *et al.*, 2005)。一方で、1人当たり平等の配分ルールによると、中国の責任は米国のそれのおよそ4分の1、インドに至っては米国の10分の1の責任しか有していないことが示される (WRI, 2010)。こうした数値は、各国の排出量に不均一性があり、その原因が往々にして富の偏在にあることを強調するのに十分である。所得に比例してより大きな責任が課せられるという意味において、これらの代表的な負担配分ルールは最も衡平であると示唆されるのである。

しかしながら、以上の議論が気候変動緩和策に強く依拠したものであることと、支払能力の概念 これがより本質的であるのだが に依存するものであることを見逃してはならない。緩和策が気候変動に対峙する唯一の方法であると仮定する限り、GHG排出量が気候変動による被害の責任の程度を決定すると考えるのは自然であろう。しかし、気候変動の被害は当該システムの適応策、より広い概念としては「脆弱性」にも依存して

\*<sup>3</sup> 第7原則では technologies and financial resources という用語があげられているが、多くの学者に共通する用語である capacity を採用する。

決定する (McCarthy *et al.*, 2001; Mimura, 2006)。最も重要なのは、脆弱性は人間の介入によって制御できない「構造的障害 (structural hadicaps)」を内包しているという点である (Guillaumont, 2009)。それは気象、地質、地理、経済的要因に分けられる (Pratt *et al.*, 2004)。加えて、脆弱性は貧困とも関連をもち、脆弱性が適切に対処されなければ貧困も解決しないと考えられている (Naudé *et al.*, 2009)。特に発展途上国において深刻な貧困問題は、脆弱性と関連性を有する多次元的现象と考えられている。

本章は、現行の「共通だが差異のある責任」原則が、主に貧富の差、ないしは支払能力の有無に基づく1次元構造で解釈されているという認識の下、それに脆弱性を組み入れる可能性を検討することを目的としている。責任の程度を計算するにあたって脆弱性という多次元の概念を考慮に入れることで、導出された責任はより頑健で信頼性の高いものとなる。それによって、発展途上国であれ先進国であれ、より多くの国にとって受容可能性が高まるものと期待される。CO<sub>2</sub> 排出量と脆弱性の間の重みづけを変化させることで現行の「共通だが差異のある責任」原則を相対化することももう1つの狙いである。本章の分析は、GHG 排出量の配分ルールや適応関連基金の分配ルールを提示することを目的とはしておらず、緩和策と適応策の両面を考慮しつつ、各国の責任概念を再構成することを試みるものである。

主な分析結果は、次の通りである。第1に、基本的に責任は排出量によって決定するが、各国の責任はその国の脆弱性の程度によって増加または減少する。脆弱性は気候変動被害に対する人間・自然システムの「弱さ」と解釈できることから、本章で提示される脆弱性を内包した「共通だが差異のある責任」原則により、温暖化の原因であるGHG 排出量をもとに他国の「過失」を糾弾し合うだけでなく、「弱さ」を考慮に入れ責任の程度を調整することが可能となることが示される。第2に、本章が示す「共通だが差異のある責任」原則の下では、中国やインドのようにGHG 排出量の多い途上国と言えど、ある程度脆弱性が高いために責任が軽減される。しかしながら、「1人当たりの平等」が導く責任よりは高い水準となる。この意味で、本章で提示される新しい「共通だが差異のある責任」原則は成長著しい途上国 (advanced developing countries) に対して、過度に寛容であるわけではない。第3に、重みづけを変化させることで1人当たり排出量の感応度が高い (人口の高い国の責任を著しく低下させる) ことが明らかになる。ゆえに、脆弱性を考慮に入れた「共通だが差異のある責任」原則は従来の責任原則よりも頑強であると考えられる。

本章の構成として、まず第2節で、脆弱性の定義とともに緩和策と適応策が提示される。続いて、第3節では、法的根拠に基づいて現行の「共通だが差異のある責任」原則を再構成ないしは再解釈することの可能性が検討される。第4節において脆弱性を入れた「共通だが差異のある責任」の数値例が示される。第5節で結論が述べられ、最終節は「共通だが差異のある責任」の具体的計算方法のためにあてられる。



## 2.2 脆弱性と緩和策・適応策

### 2.2.1 脆弱性の定義

気候変動被害は、人間システムの気候災害に対する脆弱性と密接に結びついている。一般的に、脆弱性は被害の受けやすさ、または被害を受ける傾向のことを指す (Pratt *et al.*, 2004)<sup>\*4</sup>。気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) は脆弱性を、自然・社会システムが長期的な気候変動に感受的な程度と定義している (McCarthy *et al.*, 2001)。より具体的には、脆弱性は当該システムの「外力の大きさ (Climate Stimuli または External Forces)」に対する感応性、システムの「適応力」(Adaptive Capacity または Resilience)、気候災害に対する「感受性 (Susceptibility/ Exposure)」の程度という 3 つの変数の関数であると考えられている (Mimura, 2006)<sup>\*5</sup>。Mimura (2006) は脆弱性の関数を次のように特定化している。

$$\text{脆弱性} = \frac{\text{外力の大きさ}}{\text{適応力} - \text{感受性}} \quad (2.1)$$

この方程式は、外力、感受性の程度が高い時、あるいは適応力が低い時、脆弱性が増加することを示している。具体的に、外力の大きさは旱魃、洪水、集中豪雨、サイクロンのような気候変動の強度を、感受性は山間部や海岸部というように地理的な条件や当該地域に特殊な条件を意味する。適応力は「抵抗力 (Resilience)」と類似の概念であり、外的ショック、損害から早期に回復する能力である (Pratt *et al.*, 2004)。外力の大きさや感受性は自然条件に依存する程度が強く人間の努力では変更不可能であることが多いのに対して、適応力は政策介入によって制御可能である。

気候の外力の大きさと感受性とは対照的に、適応力には多種多様な定義が与えられてきた。例えば、適応力には、富・技術・教育・情報・技能・インフラ・資源へのアクセス・管理能力等が含まれる (Haddad, 2005)。適応力は、本質的には経済・政治・社会要因のことであって自然要因ではない。Adger (2005, p.76) は、「適応と適応能力に影響する多様な要素は、地理的条件だけではなく社会、政治的状況や誘因に依存している」と述べている。以上のように、これらの 3 つの要素が脆弱性を規定している。

<sup>\*4</sup> 脆弱性の意味内容は文脈に応じて異なるため、様々な学界が脆弱性という用語に独自の説明を与えてきた。Füssel (2007) は、脆弱性の基本的な構成要素を「システム」「問題の性質」「災害 (危険)」「時間 (期間)」の 4 種類に分類し、一般的に適用可能な脆弱性の概念上の枠組みと用語について詳細な議論を展開している。一般的に言って、脆弱性は気候変動の「被害」や「影響」よりも広範な概念であり、当該コミュニティが環境変化に適応する程度を決定する非気候要因や社会経済要因を含む (Füssel and Klein, 2006, p.317)。

<sup>\*5</sup> 「適応力」は、慣行や過程、構造の調整によって所与の気候変動によってもたらされる潜在的影響を軽減する、または利用することができる程度と定義されている (McCarthy *et al.*, 2001)。

## 2.2.2 貧困と脆弱性の多次元性

脆弱性は、その多次元性ゆえに貧困とも密接に関連している (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2010)\*<sup>6</sup>。開発学の進展に伴い、脆弱性が解明されない限り貧困問題の解決はないと広く認識されるに至っている。従来貧困は統計的に所得や資源の欠乏と把握されてきたが、現在は多次元で、かつ動学的な概念と考えられている (Naudé *et al.*, 2009)。「共通だが差異のある責任」原則を再構築するためには、脆弱性と貧困に共通するこの性質を理解することが必要不可欠である (第 2.3.2 項の議論を参照されたい)。

気候変動は当該主体にとってのリスクとも考えられる\*<sup>7</sup>。それゆえ、気候変動の対処は貧困撲滅のために必須である (World Bank, 2003; World Bank, 2008)。コミュニティの適応力を増進させることによって脆弱性を低減させることができ、結果として貧困削減の相乗効果が発生する。適応力と正の関係を有する適応策に加えて、緩和策も脆弱性の概念の部分集合を形成しており両者は関連を有している。このようにして、脆弱性を中心に緩和策と適応策という気候変動政策が開発政策と結びつきを有するという結果が導かれる。

## 2.2.3 脆弱性概念における緩和策と適応策の統合

気候変動政策は緩和策と適応策に分類される。緩和策は、GHG 排出の削減と吸収によって地球の気候変動を抑制する対策の総称である。GHG 排出の削減には、エネルギー供給サイドと需要サイドの効率向上とエネルギー転換 (化石燃料を再生可能エネルギー等の非化石エネルギー代替すること) が含まれる。GHG の吸収の具体例は植林や再植林、森林管理による生態系の炭素吸収力増加や炭素固定・貯留等である (Tamura and Mimura, 2011)。適応策は、脆弱なシステムに及ぶ不可避な気候変動被害を低減する種々の対策の総称である (Füssel and Klein, 2006)\*<sup>8</sup>。効率的な灌漑設備の導入、橋梁の高架化、(遺伝子工学による) 品種改良等の具体例が挙げられる。こうした対策の中には、「持続可能な開発に資する便益」を有するものもある (Schneider and Lane, 2006, p.46)。その性質上、適応策は地域毎に異なることも重要である。

\*<sup>6</sup> 生物多様性条約事務局 (The Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2010, p.14) は貧困を「選択の自由の欠如や社会的不平等のみならず物的剥奪、その他の基本的ニーズ (教育、健康、栄養、食料) へのアクセスの断絶、政治的自治と権限の欠如を含む多次元性を有する」現象と定義し、貧困の発生頻度、強度、不均質性 (富裕層と貧困層の所得分布)、一過性 (短期か長期か)、地理的範囲に応じて貧困を区別している。

\*<sup>7</sup> 開発政策の視点では、気候変動は外的リスクであり貧困撲滅の目標にとって主要な障害であると考えられている。Gallop (2006, p.294) は脆弱性をリスクと捉え、「システムを侵害する摂動 (perturbations)」と述べている。一方で、Brooks *et al.* (2005) は脆弱性とリスクを結びつけ  $risk = hazard \times vulnerability$  と定義し、気候関連災害による死亡者数を気候リスクの近似値と考えている。Brooks *et al.* の脆弱性に関する概念化は UNDHA(1992) に準拠している。

\*<sup>8</sup> 適応策はしばしば事後的・事後的適応、計画的・自発的適応に分類される (Smith, 1997; Tol *et al.*, 1998; Fankhauser *et al.*, 1999; Lecocq and Shalizi, 2007)。Klein *et al.* (2005) では、多岐にわたる適応技術が紹介されている。

緩和策と適応策の特性に関して、次のように記述することも可能である。すなわち、緩和策は「環境」に影響を与える対策であるのに対して、適応策は「人間」(あるいは、より一般的に動植物の「生命」)に影響を及ぼす対策である、という分類法である。緩和策も大気および気候を通じて人間システムに影響するものと言いつつ、そうした影響は間接的なものである。対照的に、適応策は人間システムに直接的に影響をもたらす。Dow *et al.* (2006) は適応策の選択には、リスクや脆弱性を低下させるという効果と人権や福利を下支えする倫理的配慮が含まれるとしている。さらに、「貧困層が地球規模の(環境)変異に適応するには、貧困国にではなく貧困な人々に焦点を当てることが決定的に重要である」と著者は提起する(Dow *et al.*, 2006, p.94)。言い換えると、適応策は環境政策であるだけでなく、人間の福利厚生を高める開発政策としての性質をもつのである。

既述の通り、緩和策と適応策は脆弱性概念の中で相互に関連している。理論的には、緩和策は外力の大きさに負の影響を及ぼし、適応策は適応力と正の相関を有する<sup>\*9</sup>。特に、「適応力の増進は脆弱性を低減させるのに決定的な役割を果たす」(Yohe, 2001, p.252)。以上のように、異なる対策ではあるが、脆弱性およびそれに規定される被害を低減するという点で、緩和策と適応策は共通の役割を有している<sup>\*10</sup>。

## 2.2.4 経済モデルにおける緩和策と適応策

経済学では、「脆弱性」ではなく「被害」の関数が用いられる。緩和策と適応策はそれぞれ経済主体の被害費用を低下させるという仮定が置かれる。この想定の下、様々な文脈において緩和策と適応策の関連性が分析されてきた(Kane and Shogren, 2000; Ingham *et al.*, 2005; Ingham *et al.*, 2007; Lecocq and Shalizi, 2007; Buob and Stephan, 2008; Agrawala *et al.*, 2009; De Bruin *et al.*, 2009; Buob and Stephan, 2011, Onuma and Arino, 2011)。主要な結論の1つは、生産関数や被害関数を通じて関連づけられる緩和策と適応策が互いに代替的か補完的かというものである。Ingham *et al.* (2005) は、緩和策と適応策の代替性と補完性について包括的に整理し、適応費用が緩和(排出削減)量に依存する場合を除いて両者は代替的な対策であると結論づけている。換言すると、GHGの削減とそれに応じた気温上昇幅の縮減に伴い適応の限界効果が増加するという状況では、緩和策と適応策は補完的

<sup>\*9</sup> 適応力は気候変動政策によってではなくより広範な経済開発政策に基づいて決定することに言及することは重要である。この意味で、適応策自体は適応力を制御するのに十分ではない。しかしながら、適応策は土地利用や水管理計画の変更のような方策を想定すれば部分的には感受性に正の影響をもたらすことが可能である。こうした対策は降雨パターンの変化や温暖化に対するシステムの接触のあり方を変更するためである。

<sup>\*10</sup> 脆弱性の概念は気候変動政策において考案したものではなく、開発学や防災管理の研究において提起されたものである(例えば、UNHDA(1992)を参照)。この事実は、脆弱性の概念は制御不可能な自然要因と考えられてきたことを物語る。実際に、Pratt *et al.* (2004) は気候変動の多くは人間の介入によっては制御不能と考えている。ゆえに、防災管理における脆弱性研究とは異なり、気候変動関連の脆弱性研究では、GHGの緩和策と適応力を向上させる開発政策によって脆弱性を制御することが可能であるという前提が置かれていることが重要である。

となる。両者の相互関係に関する一連の研究は、「過去の排出による不可避な温暖化影響に対応するために適応策は必須である」という IPCC の見解や、適応策の価値が排出経路とそれに基づく気候変化等の緩和水準に依存するという Kane and Yohe (2000) の議論に理論的基礎づけを与えるものである。

先行研究の中には、国際的な所得格差を明示的に取り扱ったものもある。Buob and Stephan (2008) と Onuma and Arino (2011) は南北<sup>\*11</sup> 経済モデルを用いており、前者は発展途上国が先進国から適応策の財政的支援を受けると想定し、後者は発展途上国が自国の気候変動適応策に関する財政制約に直面していると想定している。Buob and Stephan (2011) は、南北の 2 国モデルを複数国モデルに拡張し、所得と環境質の差異を認めた上で緩和策と適応策の相互関係を検証している。これらのモデルに共通しているのは、世界経済の不均一な経済構造を考慮している点である。

## 2.2.5 衡平性の代表的基準：緩和能力

緩和策と適応策の統合に向けた理論的関心の高まりとは裏腹に、国際的な気候変動政策は緩和策を偏重してきた。主に、GHG 排出削減のための負担配分ルールに関する先行研究にその傾向は顕著に表れている (Bertram, 1996; Gupta and Bhandari, 1999; Criqui *et al.*, 2003; Den Elzen *et al.*, 2004; Den Elzen and Hddotohne, 2008)。この事実が暗に示しているのは、2013 年以降の国際枠組みに関する議論が、京都議定書形式の絶対値目標に基づいた GHG 排出枠の割り当てのみを主要な関心事としてきたということである<sup>\*12</sup>。

負担配分、つまり GHG 排出量の割り当てはまさしく衡平性の問題であり、UNFCCC における「共通だが差異のある責任」原則の基本理念に関わるものである。この原則があるために、京都議定書では途上国に排出削減義務を要求していない。途上国にも排出削減義務が課せられることが採択された 2013 年以降の負担配分ルールの衡平性に関する配慮は主に次の 2 点に集約されると考えられている。第 1 に、発展途上国にはより多くの排出枠が割り当てられるということ、第 2 に、発展途上国は排出削減枠組みに参加するタイミングを遅らせることができるということである<sup>\*13</sup>。しかしながら、衡平性とは何か、なぜ衡平性が重要なのか、という問いは依然として未解答のままである。

Banuri and Spanger-Siegfried (2002) によれば、国際的な気候変動政策における衡平性

<sup>\*11</sup> GDP 規模や経済成長率の観点についての発展途上国の多様性を考慮すると、単純に南北に切り分けることはできない。このことは、中国やインド、ブラジル等の高成長を続ける途上国を想定すれば明白な事実である。しかし、UNFCCC において、附属書 I 国 (先進国) と非附属書 I 国 (途上国) の分類に基づいて世界を 2 地域に分割している事実は、南北モデルを使用する 1 つの根拠となっている。

<sup>\*12</sup> Adger *et al.* (2006, p.2) は、「大半の議論が適応策ではなく、緩和策 (すなわち、GHG の排出権の割り当て) の公平性 (fairness) について取り扱ってきた」と述べている。

<sup>\*13</sup> 例えば、Berk and Den Elzen (2001)、Den Elzen *et al.* (2004)、Den Elzen *et al.* (2005)、Den Elzen and Lucas (2005)、Höhne *et al.* (2005) らは、GHG 排出制御のための枠組みに途上国が参加するタイミングを、国毎に変化させるという仕組みを提示している。

の基準として、支払能力、制度・技術的能力、責任、脆弱性、所得と開発ニーズが挙げられ、候補となる基準は多岐にわたっている。Bodansky (2003) が、衡平性は、性質上参加国の状況に基づいて決まる「相対的」なものであると考えていることからして、多様な基準が提示されることには一定の根拠があるように見える。

しかしながら、とりわけ気候変動政策の文脈では、これらの基準はとりわけ支払能力や所得・開発ニーズの観点に引きつけられて解釈されてきた。国際環境条約において支払能力が重要である主な理由の1つは、排出削減目標が「開発目標と両立困難」であるためである (Bodansky, 2003, p.14)。排出原単位 (排出量 / GDP) が一定である限り、絶対値の排出削減目標を背負うことは正の経済成長が実現不可能となることを意味する。言い換えると、環境保護が経済成長と抵触することから、南北両国が同程度の排出削減義務を負う限り、南北間の所得の不平等は解消されないばかりか拡大してしまう可能性もある。このように、衡平性に関する定義は複数あるものの、国際的な気候変動政策の衡平性の論議は、本質的には発展途上国の開発ニーズや国際的な所得格差に対する配慮をいかに払うかという問題と密接に結びついている。

所得格差是正の観点から衡平性が高いと考えられている代表的な配分ルールには、1) 歴史的責任と 2) 1人当たりの平等がある。歴史的責任の理念は、歴史的な GHG 排出水準の高い国に割り当てられる排出権は少なくなるというものである。1人当たりの平等は平等主義 (egalitarianism) を背景にもつ考えであり、「排出による便益を得る等しい機会をあらゆる人間に付与する」ために GHG を割り当てることを目的としている (Neumayer, 2000, p.188)。

歴史的責任を用いようと 1人当たりの平等を用いようと、中心的課題は開発問題であり、どちらの根拠も貧富構造に収束する。第1に、歴史的責任について、Neumayer (2000, p.189) は「膨大な排出により先進国は便益を得てきた」と述べ、GHG 排出の増加により GDP を増加させてきたことを示唆している<sup>\*14</sup>。ゆえに、歴史的責任に基づく配分ルールは、大気に放出してきた GHG 排出量に照らして、先進国により多くの責任を要求する。歴史的責任配分ルールは、国の経済成長の長期的な歴史的経路を考慮する場合に強力なものとなる。第2に、1人当たりの平等 (平等主義原理) は、1人当たり GHG 排出量の程度に著しい差異があることを根本理由としている (Meyer, 2000)。1人当たり GHG と 1人当たり GDP の間に強い相関が確認されるために、この配分ルールも、先進国と途上国の所得格差を補正する配慮を有していると解釈できる。

以上のように、GHG 緩和策の衡平性は、費用負担能力という概念を唯一の立脚点としてきた。Yohe (2001) は、適応力 (adaptive capacity) の対概念として、緩和策に関する支

<sup>\*14</sup> 1人当たり GHG と 1人当たり GDP の間の相関は、例えば、Torvanger *et al.* (2005, p.5-6) に図示されている。Neumayer (2002) は 1人当たりと 1人当たり GDP の間に正の相関があるという推定結果を示している。

払能力を「緩和能力 (mitigative capacity)」と定義している。

## 2.2.6 緩和能力から脆弱性へ

ところが、緩和策を偏重した議論は、緩和策の負担配分 (GHG 排出割り当て) の枠組みの内部で衡平性の問題を解決可能であるという暗黙の期待に根ざしている。つまり、適応力を捨象し、「緩和能力」を絶対視していることになる。

この事実は、負担配分計算モデルにおいて最も顕著である (例えば、Criqui *et al.*, 2003; Den Elzen *et al.*, 2005; Den Elzen and Lucas, 2005; Den Elzen and Meinshausen, 2006; Den Elzen and Höhne, 2008)。GHG 排出の割り当て方法は次の通りである。第 1 に、気温上昇 (例えば、産業革命以前の水準から摂氏 2 度上昇以内) あるいは大気中の GHG 濃度等の世界全体の環境目標が定められる。第 2 に、世界全体の GHG 排出枠をもとに、それを分割して各国に割り当てる。環境目標が固定されているため、途上国は最終的には拘束力のある排出削減枠組みの目標を受容しなければならない。各国の緩和費用は、基本的には自国のベースラインシナリオ (経済成長率、人口成長率、技術進歩等を参照して作成される) に照らした緩和目標の厳しさと配分ルール (例えば、歴史的責任や 1 人当たりの平等) に依存する。したがって、所与の緩和目標を達成するためには、配分ルールを変更することで途上国に十分な排出権を供給し、途上国が国際排出権取引によって十分な収入を得られるようにするより他に衡平性を満たす方法はない (Persson *et al.*, 2006)\*<sup>15</sup>。途上国に寛大な割り当て手法が採用される理由は、途上国においては緩和能力が欠如しているためである\*<sup>16</sup>。言い換えると、負担配分ルールにおける衡平性の基準は、結局のところ支払能力の議論に収束することになる。

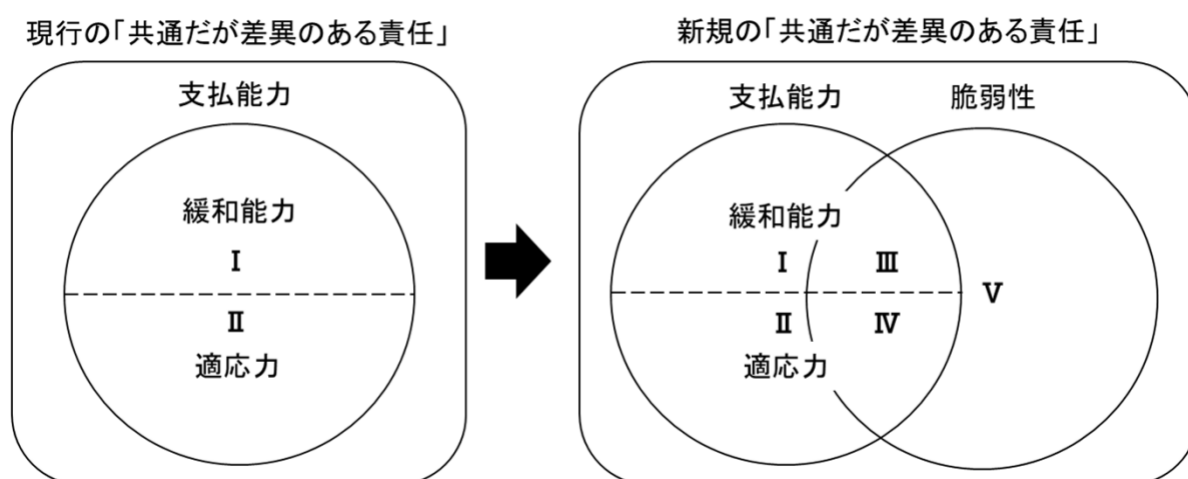
しかしながら、仮に (1 人当たり) 所得の不足を理由に途上国にとって寛大な割り当てがなされる、あるいは削減義務の履行までに猶予期間が与えられるとしても、貧困や気候変動適応策の多次元性を考慮に入れると、支払能力の 1 点で衡平性を論じるあり方は不十分であるように見える。単線的な論理展開がなされてきた理由として、次の 2 点が考えられる。第 1 の理由は、議論の焦点が緩和策のみであったことにより衡平性の概念が緩和策に張りついてきたためであり、第 2 の理由は衡平性の満たす基準が所得ないしは支払能力の 1 点に置かれてきたためである。第 1 の理由は、緩和策に関する配分ルールの計算から適応策の概念および配慮が完全に除外されていることを意味する。Persson *et al.* (2006)

\*<sup>15</sup> 適応策を導入することで被害額を低減させることができるため緩和目標を弱める余地が生まれる。このように、適応策が緩和策に対して代替的な場合には適応策によって温暖化が若干なりとも進行する可能性があることには留意が必要である。しかしながら、緩和水準が低下したとしても、適応策の便益が及ぶ人間・自然システムの厚生は保たれる点にも同様の注意が払われなければならない。Hof *et al.* (2010) は、緩和策の負担配分ルールに先進国、途上国お両国による適応策を組み込んだモデルを他に先駆けて提示している。しかしながら、彼らのモデルでは各地域において緩和策と適応策が別々に決定されると仮定しているため、意志決定において緩和策と適応策に代替性が生じていない。

\*<sup>16</sup> 開発ニーズが高いために緩和策の機会費用が高いと表現することもできる。

は「気候変動に関する国際交渉の最も難解な問題の1つは、どのように途上国に排出削減をさせるかである」と述べているが、「気候変動によって剥奪される人間の尊厳と基本的人権が保護されなければならない」ことを念頭に置くことも必要不可欠である (Warner *et al.*, 2009)\*<sup>17</sup>。それゆえ、「共通だが差異のある責任」原則を再構築する上で、被害を受ける人間システムへの配慮とその配慮に根ざす適応策の存在を欠くことはできない。既述の第2の理由とも連動して、富と同義で取り扱われることが多い緩和能力の概念は、第2.2.1項で論じられた適応力や脆弱性のような多次元的な要素を内包できるように拡張および再構成される必要がある。なぜなら、現在の国際的な所得格差は単に社会・経済的要因によって生じたものではなく、自然要因によって生じた側面を無視できないためである (例えば、Yohe, 2001; Pratt *et al.*, 2004; Guillaumont, 2009)。Yohe (2001, p.251) は、「地域や国、そして社会経済集団毎に適応力は著しく異なる」と述べつつ、さらに自然要因の存在を示唆している。以上のように、緩和策のみならず適応策も包摂できる容量をもつ新たな衡平性の概念が必須と言える\*<sup>18</sup>。

図 2.1 新旧の「共通だが差異のある責任」原則の対象領域



次節において、従来緩和策の観点で論じられてきた「共通だが差異のある責任」原則を再考する基準として「脆弱性」を導入する。脆弱性の概念は、既存の「共通だが差異のあ

\*<sup>17</sup> Adger *et al.* (2006) と Adger *et al.* (2009) は、気候変動に対する脆弱層の福利厚生に視点を置いて適応策を論じている。

\*<sup>18</sup> 適応策と脆弱性の概念は相互に結びついている (第 2.2.1 項参照) ため、両者はしばしば同時に言及される。Fiissel and Klein (2006, p.304) は「気候変動適応策への関心が高まっていることは、気候変動関連の脆弱性評価に関する理論と実践の進展に如実に現れている」としている。

る責任」原則における衡平性の概念を拡張し、緩和策と適応策を考慮することを可能とする。図 2.1 は新旧の「共通だが差異のある責任」原則の該当領域を示している。現行の「共通だが差異のある責任」原則は、領域 I を占めるのに対して、新規の「共通だが差異のある責任」原則は領域 I から V を占める。この新たな「共通だが差異のある責任」原則が、気候変動政策の長年にわたる論議に新しい視点を提供することが期待される。

## 2.3 脆弱性による「共通だが差異のある責任」の再構成

### 2.3.1 法的根拠

第 2.2 節で論じられたように、これまで支払能力が GHG 排出削減の衡平な負担配分の基準とされてきた。加えて、支払能力は主に緩和策の観点から論じられてきた。このような議論からは適応策だけでなく脆弱性の概念が除外されている。気候変動被害が緩和策と適応策双方からなる関数であることを考慮に入ると、現行の「共通だが差異のある責任」原則に脆弱性を加味する可能性を検証することが必要であると考えられる。しかしながら、責任原則に脆弱性を含めるという発想が十分な法的根拠に立脚するものであるかという問いに妥当な解答が与えられなければならない。

リオ宣言の第 6、第 7 原則と UNFCCC 第 3 条 1 項において「共通だが差異のある責任」が規定されている。リオ宣言は UNFCCC に先行して採択されより根本的な理念を提示しているため、以下ではリオ宣言の法的根拠について検証する。これまで、リオ宣言の「共通だが差異のある責任」原則を支える基準は主に「必要」「寄与」「支払能力」の 3 つであると考えられてきた<sup>\*19</sup>。第 6 原則において「必要」が規定され、第 7 原則において「寄与」と「支払能力」が規定されている。第 6 原則には「共通だが差異のある責任」という文言は見られないが、第 7 原則と連動して「共通だが差異のある責任」原則の理念を形成していると考えられている (Stone, 2004)。第 6、第 7 原則は下記のように規定されている<sup>\*20</sup>。

(第 6 原則) 開発途上国、特に最貧国及び環境の影響を最も受け易い (*most environmentally vulnerable*) 国の特別な状況及び必要性 (*needs*) に対して、特別の優先度が与えられなければならない。環境と開発における国際的行動は、全ての国の利益と必要性にも取り組むべきである。

<sup>\*19</sup> リオ宣言第 7 原則は「支払能力 (capacity)」の代わりに「技術および財政資源 (technological and financial resources)」という言葉を用い、環境問題への「寄与 (contributions)」だけでなく環境に対する「圧力 (pressures)」という言葉を用いている。本章では、Shue (1999) や Den Elzen *et al.* (2004) らの研究と対比可能にするために「寄与」「支払能力」「必要」という言い回しを採用する。

<sup>\*20</sup> 原文は国連環境計画 (UNEP) ホームページ (<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?documentid=78&articleid=1163>) を参照を、邦訳は環境省ホームページ ([http://www.env.go.jp/council/21kankyo-k/y210-02/ref\\_05\\_1.pdf](http://www.env.go.jp/council/21kankyo-k/y210-02/ref_05_1.pdf)) を参照されたい。



(第7原則) 各国は、地球の生態系の健全性及び完全性を、保全、保護及び修復するグローバル・パートナーシップの精神に則り、協力しなければならない。地球環境の悪化への異なった寄与 (*contributions*) という観点から、各国は共通のしかし差異のある責任 (*common but differentiated responsibilities*) を有する。先進諸国は、彼等の社会が地球環境へかけている圧力 (*pressures*) 及び彼等の支配している技術及び財源 (*technologies and financial resources*) の観点から、持続可能な開発の国際的な追及において有している義務を認識する。

上述の2原則には少なくとも「必要」「寄与」「支払能力」の3つの基準が示されているが、それらは互いに独立しているわけではなく(互いに相関が見られ)、緩和策に関する支払能力と同一視されてきた。言い換えると、筆者が知る限りにおいてほとんどの学者が上述の3つの概念を貧富構造の観点で解釈している。「寄与」と「支払能力」の間に見られる正の相関は一般的に認知されている(例えば、Baer, 2006, p.132; Banuri *et al.*, 2002; Neumayer, 2002; Torvanger *et al.*, 2005, p.5-6)。さらに、「必要」と「支払能力」についても、負の相関が暗黙に想定されている。例えば、Den Elzen *et al.* (2004) は「支払能力 (*capability*)」と「必要 (基本的ニーズ)」を明示的に区別しておらず、支払能力の欠如を窮乏状態と同義であると想定している。「共通だが差異のある責任」原則を包括的に論じた Stone (2004, p.291) は、資源の欠乏や「支払能力」の欠如は「必要」よりも強い倫理的支持を得られると主張し、両方の基準を区別してはいる。「通常、何かをより必要とする者はより多くの支払いをすることが望まれるのであって、それをほとんど必要としない人間から金銭を受け取ることは望ましくない」と彼は述べ、何かを必要とする主体が資源の欠乏状態にある貧困者であるならばその限りではないとしている。ところが、「支払能力」は「必要」よりも強い概念である<sup>\*21</sup>とするにとどまっており、両者の共通部分と独立部分を明確に示しているわけではない。

それでは、これまで繰り返し言及してきた「脆弱性」が上述の「共通だが差異のある責任」原則の3大基準に加えられる余地はあるのだろうか? まず、「脆弱性」はリオ宣言第6原則に「必要」と併記されていることから、法的に衡平性の適格性を有していると考えられる。実は、意識的であれ無意識的であれ脆弱性に言及する学者は多くいる。だが、「脆弱性」は「必要」と混同されてきたために、結果的に「支払能力」の概念に吸収され、同一視されてきた (Baer, 2006, p.132; Stone, 2004; Yohe, 2001)<sup>\*22</sup>。その理由の1つとし

<sup>\*21</sup> Shue (1999, p.545) もこの見解を支持している。彼は「それら(「問題への寄与」「支払能力」「最低保証(必要)」)はすべて事実上同一の結論に収束する。すなわち、オゾン層破壊や地球温暖化のような地球環境問題に関して富裕な工業国、あるいは貧困な非工業国が行う必要があることが何であったとしても、初期に生じる費用は富裕な工業国によって負担されるべきである」と述べている通りである。

<sup>\*22</sup> Yohe (2001, p.256) は「気候変動に対して最も脆弱な国は、最も緩和能力が小さい場合がある」と述べる。彼は脆弱性や貧困の多様性や多次元性を明示的に認識しているものの、脆弱であるほど貧困の度合いも高まる、すなわち、脆弱であるほど支払能力が低下するという関係を暗黙に仮定している。ゆえに、「脆弱性」は貧富構造ないしは「支払能力」に収束すると考えられてきたと言える。

て、気候変動の脆弱評価研究が未発展であったことが考えられる。Stone (2004, p.291) は「我々はどのように、いつ、どこで気候変動の脅威（乾燥化、寒冷化、砂漠化、感染症等）が明らかになるかほとんど知見をもちあわせていない。ゆえに、「必要」に関連する衡平な「共通だが差異のある責任」原則が具体的にどのような対策を要するのかを判断するのは至難の業である」と述べている<sup>\*23</sup>。要するに、その重要性にも関わらず、結局「脆弱性」は「支払能力」の概念の中に閉じ込められてきたと言える。次項では、どのように脆弱性が「共通だが差異のある責任」原則の諸基準に組み込まれるかについて議論する。したがって、新たな原則は「支払能力」（および「必要」「寄与」と「脆弱性」の両輪を形成することになる。

### 2.3.2 脆弱性の導入

脆弱性が差異のある責任の基準として適格性を有すると考えられる理由は2つある。

第1に、第2.2節で論じられたように、脆弱性は多次元概念である。この多次元性ゆえに「『支払能力』の欠如や『必要』とは独立な特性」を内包することができる (Paavola *et al.*, 2006, p.273) <sup>\*24</sup>。あらゆるシステムが多次元の気候変動リスクに直面しているため、この特長は重要である。気候変動リスクは、必ずしも所得や資本ストックのような社会・経済的要因だけと相関しているのではないためである。この性質は、図2.1上に表現されている。新規の「共通だが差異のある責任」原則は支払能力と独立の領域を包摂している。具体例を上げると、同程度の支払能力を有する2国のうち、一方の国の脆弱性は高く、もう一方の国の脆弱性は低いとする。この時、従来は支払能力において同水準である以上、両国の責任は同一であると判断せざるをえなかったのに対して、脆弱性を含みこむ責任概念下では前者（脆弱性が高い国）の責任の方が後（脆弱性が低い国）の責任よりも若干なりとも小さくなるという結論を生じさせることが可能となる。

第2に、より本質的には、脆弱性は当該国に制御不可能な「構造的障害 (structural handicaps)」を考慮することができる。前段落で論じられたように、地震や火山の噴火のような自然災害、台風・ハリケーン・旱魃・豪雨のような気候変化等、人間介入とは無関係は要素を脆弱性は含んでいる。そのような要素は、経済政策や開発政策の結果ではないが、経済成長や国家の繁栄に重大な影響を与える。Guillaumont (2009) は、脆弱性指標は自然要因を含む外生的ショックを考慮できるため、「長期的」な支援を必要としている国の判定に貢献できると考えている。このように、外生的かつ外部的要素は、国が長期的に

<sup>\*23</sup> Stone (2004, p.291) は「脆弱性」を「支払能力」と関連づけ、「一般的に、貧困国は、ほぼあらゆる脅威に対してより脆弱であり、資産を守り適応するための資源も不足しているということと同様の理由で、往々にして貧困層は気候変動の広範な脅威に対してより脆弱である」と考察している。

<sup>\*24</sup> 定義により脆弱性は適応力を包含しているために、脆弱性を考慮することで、概念上、緩和策に偏ってきた支払能力に適応策の支払能力を含みこむ、ないしは加えることが可能である。

置かれている状況を見極める上で、決定的に重要な要素である。ゆえに、気候変動のような長期的な課題における衡平性を考える際に、脆弱性のような外生要因を内包する概念を参照することが有用であると考えられる<sup>\*25</sup>。

次節において、各国の責任の程度に関する数値計算を提示する。新しい責任概念は、GHG 排出量と脆弱性を内包する<sup>\*26</sup>。脆弱性を加味することで各国の責任の程度を変化させ、従来の GHG 排出量（支払能力とほぼ同義）に基づく責任概念を变形させることになる。

## 2.4 脆弱性を含めた「共通だが差異のある責任」の数値例

### 2.4.1 設定

新たな責任概念を、GHG 排出量と脆弱性の関数として定義する。GHG 排出量は責任と正の相関をもち、脆弱性は責任と負の相関をもつものと仮定する。つまり、脆弱性の程度は国の責任を減ずるものとするのである。この仮定は、GHG 排出者は加害者であると同時に被害者でもあるという気候変動影響の物理的特性に依拠している。もし GHG 排出者が純粋に加害者であり被害者が一切 GHG を排出していないのであれば、GHG 排出にのみ基づいて責任を決定することは理にかなっている。このような状況は「汚染者支払い原則 (Polluter Pays Principle: PPP)」が適用される状況に類似している<sup>\*27</sup>。しかしながら、気候変動問題においては、被害を正確に評価する際、GHG 排出者は気候変動の被害者でもある事実が軽視されてはならない。第 2.2 節で詳細に論じたように、気候変動の被害が GHG 排出量（および GHG 濃度）と当該システムの脆弱性によって生じるという事実に立脚すれば、これらの 2 つの要素が責任概念を形成することは理にかなうと考えられる。

脆弱性指標として、本研究では南太平洋応用地球科学委員会 (South Pacific Applied Geoscience Commission: SOPAC) により考案された環境脆弱性指標 (Environmental Vulnerability Index: EVI) を使用する。この指標は当該システムの脆弱性を評価するための最も包括的な取り組みである (Guillaumont, 2009)。EVI には、気象、海面温度、地質・地理学的情報、生物種・生息環境等の幅広い環境要因データが含まれる (Pratt *et al.*, 2004)。合計

<sup>\*25</sup> 脆弱性が任意のシステムの長期的かつ構造的リスクを考慮できるということは、脆弱性が歴史的、将来的要素をも考慮できることを意味する。したがって、脆弱性の概念は、GHG 排出の配分には歴史的責任が含まれなければならないという主張にも訴えることが可能であると考えられる。

<sup>\*26</sup> Hinkel(2011) は国家レベルでの脆弱性を測定する脆弱性指標の限界を述べているが、責任のあり方を再構成するという目的の下、本研究では Pratt *et al.* (2004) が開発した国レベルの脆弱性指標を援用する。

<sup>\*27</sup> 汚染者支払い原則は 1972 年に OECD により提唱された原則で、大気・水・土壌等の環境を汚染した主体に支払い責任を負わせるものである。Baer(2006) は気候変動問題における「責任」を表現する際、responsibility ではなく liability という用語をあてている。Baer の強調点は先進国が途上国に対して適応のための基金を多く拠出する義務があることに置かれており、彼が念頭におく責任概念が排出行動および支払い義務と密接に関連していることを示唆している。

で 50 項目の EVI 指標があり、気候変動、水、農漁業、人間の健康、砂漠化、自然災害等の問題群毎に分類されている。EVI 指標の数値範囲は最も脆弱性の低い 1 から、最も脆弱性の高い 7 までの 7 段階となっている。本研究の分析では、気候変動問題群に属する 13 項目の EVI 指標を採用する（詳細な説明については補論を参照されたい）。脆弱性だけではなく、第 2.2 節で論じた適応力の代表例として人間開発指標（Human Development Index: HDI）を、さらに「1 人当たりの平等」ルールを再現するために人口を用いる<sup>\*28</sup>。要するに、脆弱性、適応力、人口の 3 種類の指標毎に各国の責任の程度を導出し、従来の責任と比較衡量する。

本研究では、データの制約により GHG 排出量ではなく CO<sub>2</sub> 排出量を用いる。発展途上国の CO<sub>2</sub> 排出量の伸びが著しいことを考慮に入れて、非附属書 I 国のうち 1990～2009 年の累積 CO<sub>2</sub> 排出量の上位 3 国（中国、インド、韓国）を、附属書 I 国内の主要排出国である米国、EU、カナダ、オーストラリア、ロシア、日本に加える。合計 9 国（地域）が計算に含まれることになる<sup>\*29</sup>。ケース 1 では CO<sub>2</sub> 排出量と脆弱性（EVI）、ケース 2 では CO<sub>2</sub> 排出量と適応力（HDI）、ケース 3 では CO<sub>2</sub> 排出量と人口が組み合わせられ、それぞれ責任の程度が導出される。ケース 1、2 は新しい責任概念であり、ケース 3 は伝統的な 1 人当たり排出量に基づく責任概念である。

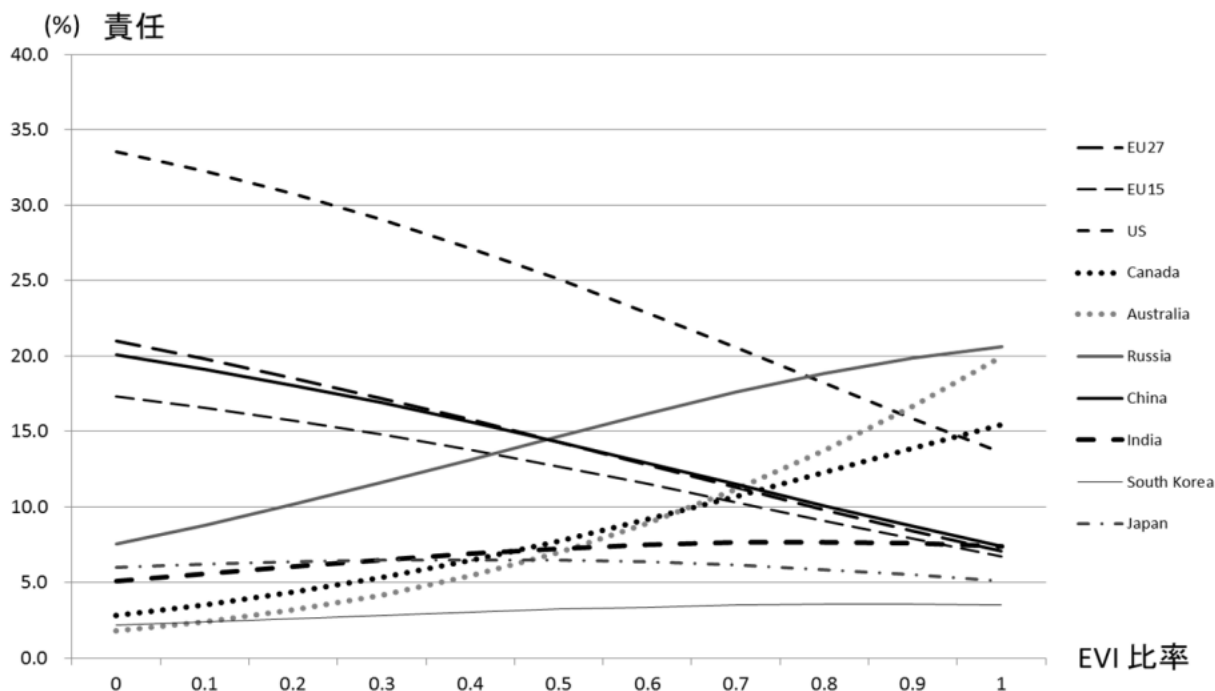
## 2.4.2 結果

### ケース 1：累積 CO<sub>2</sub> 排出量と脆弱性

図 2.2 は CO<sub>2</sub> 排出量と EVI の観点で求めた各国・各地域の責任の程度を表している。できる限り歴史的排出量の観点も組み入れるために、京都議定書の第 1 約束期間の参照年である 1990 年からデータを入手可能な最新年である 2009 年までの CO<sub>2</sub> 排出量の合計を「累積 CO<sub>2</sub> 排出量」として取り扱う。縦軸は、各国・各地域の責任割合をパーセントで表現し、横軸は責任全体に占める EVI 比率（0 から 1 の値をとる）を示している。EVI 比率が 0 であれば、EVI は全く考慮されないことになり、CO<sub>2</sub> 排出量のみによって規定される従来の責任概念と何の相違もないことになる。一方で、EVI 比率が 1 の場合、CO<sub>2</sub> 排出量は全く考慮されず、脆弱性のみで各国の責任が決定される。ゆえに、最も脆弱な国が最も小さな責任を有することになり、反対に最も脆弱性が低い国は最も大きな責任を有することになる。

<sup>\*28</sup> 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム（2008）は、温暖化の沿岸域への影響の測定に際して、日本国内の都道府県別の適応力の近似値として HDI を用いている。

<sup>\*29</sup> 本研究の目的は国家間・地域間の責任の程度を明示的に比較することにあるため、これらの主要排出国以外の CO<sub>2</sub> 排出量は除外する。本研究で採用した主要排出国の CO<sub>2</sub> 排出量の合計は世界全体のその 91.7% を占める。

図 2.2 累積 CO2 排出量と脆弱性に基づく国・地域の責任<sup>\*30</sup>

続いて、脆弱性を組み込むことでどのように責任が変化するかを検証する。一般的に、脆弱性の高い韓国や日本、EU27 カ国、EU15 カ国、中国、インド等の責任は、EVI 比率の上昇に伴って減少する。対照的に、ロシアやオーストラリア、カナダ等の脆弱性の低い国々の責任は相対的に大きいものとなる。米国は累積 CO2 排出量のみ観点では最も責任が大きいですが、EVI 比率が上昇すると米国の責任は減少傾向を見せる。この事実は、米国はしばしば最大の加害者として取り扱われるが、気候変動に対して一定の脆弱性を有していることを示している。すなわち、GHG を排出する以上いかなる排出国も責任を糾弾されるべきではあるものの、気候変動の影響に対する構造的障害ゆえに一定程度の責任が減免されることが可能となる。

累積 CO2 排出量だけで評価すれば、中国の責任は米国と EU27 カ国に次いで第 3 位となる。しかし、EVI 比率を 0.5 (累積 CO2 排出量と脆弱性が均等に重みづけられる点) まで上昇させると、中国の責任は減少しロシアの責任と同程度となる。インドの責任も同様の振るまいを見せる。EU15 カ国を除いて第 6 位から出発し、日本の責任を上回るがオーストラリアとカナダの責任と同程度になり、EVI 比率が 0.5 の時インドの責任は第 7 位と

<sup>\*30</sup> 責任は累積 CO2 排出量 (1990 ~ 2009 年) と環境脆弱性指標 (EVI) の逆数の加重幾何平均と定義する (計算方法の詳細は補論を参照されたい)。

なる。脆弱性概念が加味されることで、中国とインドはその多量の CO2 排出量にも関わらず責任の程度が低減するのである。しかしながら、この事実は中国とインドの責任を極端に減免することを意味しない点に注意が必要である。ケース 3 で示される 1 人当たり CO2 排出量における中国とインドの責任よりも十分に高い水準にとどまることになる。要するに、ケース 1 で示される新しい責任概念においては、特にケース 3 と比較して明らかのように、中国とインドに気候変動問題に関する十分な責任を求める結論を導く。

#### ケース 2：累積 CO2 排出量と適応力

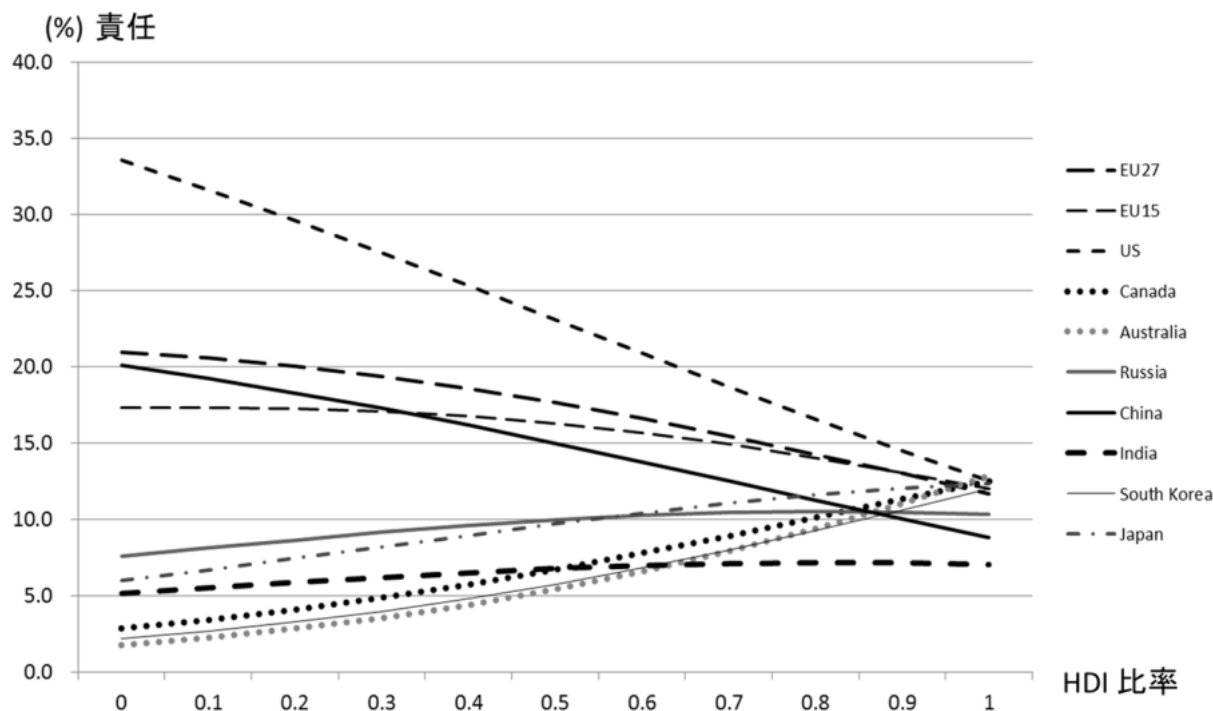
図 2.3 の背後の計算方法は、EVI の代わりに HDI を用いたことを除いて、基本的に図 2.2 の背後の計算と同様である。EVI は脆弱性の代表例として使用されたのに対して、HDI は適応力の代表的指標として用いられる。HDI は人間開発の総合指標であり、健康、知識、生活水準の 3 大要素から成る<sup>\*31</sup>。HDI は適応力の多次元性を完璧な形で表現する指標であると断定することはできないが、両者には共通部分が認められる（温暖化影響総合予測プロジェクトチーム、2008）。図 2.3 の横軸は累積 CO2 排出量に対する HDI 比率を表し、0 と 1 の間の値をとる。HDI 比率が 0 であれば、HDI は考慮されないことになる。もしそれが 1 であれば、各国・各地域の責任は適応力のみで規定されることになり、適応力が最も高い国・地域が最も大きな責任を有し、適応力が最も低い国の責任は最も小さくなる。

ケース 1 との主要な違いに焦点を絞って、図 2.3 を解釈する。ケース 2 においては、HDI 比率が 0.5 の値をとるまでの間に、各国の責任の順位は大きくは変化しない。この理由は、HDI では 1 人当たり GDP に 3 分の 1 の重みが与えられており、累積 CO2 排出量と HDI の間に正の相関が存在するためと考えられる。さらに、健康と知識もエネルギー使用に伴う CO2 排出量と相関を有するものと考えられる。

例外は、中国の状況である。HDI が 0.3 に達するや否や、中国の責任は EU15 カ国のそれを下回る。このことから、CO2 排出量に基づく中国の責任は EU15 カ国のそれよりも大きいのが、人間開発（適応力）の程度が考慮されると中国の責任は EU15 カ国のそれを下回ることがわかる。HDI 比率が上昇しても、インドの責任が低水準にとどまる点には留意する必要がある。この事実に、インドの人間開発が依然として他国に比べて遅れていることが示されている。

<sup>\*31</sup> UNDP (2007, p.356) は HDI を「国の人間開発の基本的な 3 側面における平均的達成度合いを測る指標」と定義し、「第 1 に、出生児平均余命（平均寿命）で測定される長期的かつ健康的な生活、第 2 に、成人識字率（3 分の 2 の重みづけ）と初等・中等・高等学校入学率（3 分の 1 の重みづけ）で表される知識、第 3 に、1 人当たり GDP（米ドルの購買力平価）で測定される生活水準が構成要素である」としている。

図 2.3 累積 CO2 排出量と適応力に基づく国・地域の責任<sup>\*32</sup>



### ケース 3：累積 CO2 排出量と人口

最後に、累積 CO2 排出量と人口を組み合わせた計算結果を示す。方法は 1 人当たり CO2 排出量の考え方とほぼ同一である。しかし、1 人当たり排出量という指標は CO2 排出量と人口に全く同等の重みづけをしているという意味で「固定的」である。この点において、ケース 3 における指標とは区別される。ケース 3 では、累積 CO2 排出量に対する人口比率を変化させることで、各国・各地域の責任の変化がどのように推移するかを確認することができる。累積 CO2 排出量に対する人口比率が 0.5 の時、両者に同等の重みを与えられるため、1 人当たり CO2 排出量と同義となる。脆弱性 (EVI) を加味したケース 1 や適応力 (HDI) を加味したケース 2 と、ケース 3 の結果を比較することで、人口という指標が各国の責任にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることができる。

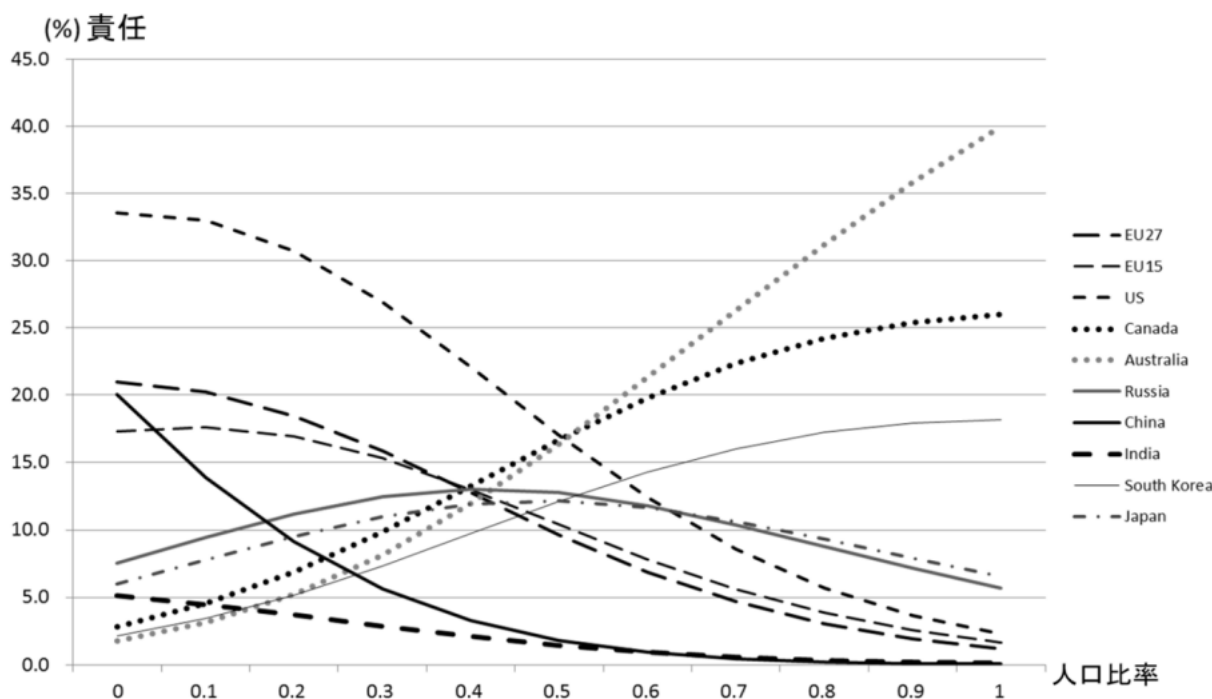
図 2.4 によると、相対的に人口の少ないオーストラリア、カナダ、韓国の責任がより大きくなり、人口の多い国の責任がより小さくなる。例えば、中国の責任は人口比率の上昇に伴い急激に減少する。インドの責任も非常に低水準で推移する。人口指標が各国・各地

<sup>\*32</sup> 責任は累積 CO2 排出量 (1990 ~ 2009 年) と人間開発指標 (HDI) (1990 ~ 2011 年の平均値) の加重幾何平均と定義する (計算方法の詳細は補論を参照されたい)。

域の責任に及ぼす影響がいかに大きいかが表示されている。

第2節で議論したように、「1人当たりの平等」配分ルールは2013年以降の負担配分ルールに関する文献において高い関心を集めてきた。図2.4には1人当たりの平等というルールに関する2つの重要な性質が表れている。第1に、1人当たりCO<sub>2</sub>排出量(CO<sub>2</sub>/人口)は横軸の0.5に位置すると考えることができる点である。第2に、1人当たりの「平等」が意味するのは、縦軸のいずれかの水準に世界各国の責任を収束させることを意味する点である。まるで共通だが「差異」ある責任という基本理念に逆行するかのようにして、「平等」を求めるのが1人当たりの平等配分ルールの根底にある哲学である。これらの性質には、1人当たりの平等の考え方は2つの点で柔軟性に欠ける概念であることが表れている。国際排出権取引を想定することで、第2の性質に関する柔軟性を確保することは可能である(例えば、Den Elzen and Meinshausen, 2006; Meyer, 2000; Persson *et al.*, 2006)。しかしながら、人口比率が0.5に固定される1人当たり排出量の指標を用いる限り第1の柔軟性の欠如を解消することは不可能である\*<sup>33</sup>。

図2.4 累積CO<sub>2</sub>排出量と人口に基づく国・地域の責任\*<sup>34</sup>



\*<sup>33</sup> 衡平性は参加国の中で決まる「相対的」ないしは「可変的」基準であるというBodansky(2003)の解釈に基づけば、固定的な比率以外に選択の余地のないルール(例えば、1人当たりの平等)はより多くの国々に訴える説得力を有するとは言えないだろう。

\*<sup>34</sup> 責任は累積CO<sub>2</sub>排出量(1990~2009年)と人口(2010年)の逆数の加重幾何平均と定義する(計算方法の詳細は補論を参照されたい)。



図 2.4 は、人口が国際的な責任配分に多大な影響を及ぼすことを表している。特に、中国とインドにおいてその影響は顕著に表れる。EU15 カ国を除くと、人口比率が 0.3 に達する前に中国の順位は第 3 位から第 8 位に後退し、インドの順位も第 6 位から第 9 位に後退する。この結果は、1 人当たり排出量指標の感度が高いことを示している。この感度の高さは、1 人当たり排出量指標が高々 2 次元 (CO<sub>2</sub> 排出量と人口) の指標であることに起因する。ケース 1~3 の指標の次元を比較すると、ケース 1 は 14 次元、ケース 2 は 4 次元、ケース 3 は 2 次元と考えることができる<sup>\*35</sup>。ケース 1、2 の結論は類似しており、中国とインドの責任は、最近の急速な経済成長にも関わらず、米国や EU27 カ国のような先進国の責任よりも低水準となる。ただし、ケース 3 におけるそれほど低水準とはならない点には注意が必要である。本研究において「1 人当たりの平等」指標に疑問が呈されているのは、この指標が特定の国・地域を過度に利するためではなく、この指標では国家の責任を多次元的かつ多角的に把握することができないためであり、緩和策と適応策の負担配分に関する論議の方向性を誤らせる可能性があるためである。

さらに、貧困や適応力の多次元性を考慮すると、2 次元の指標のみに依拠した議論はやはり不十分である。単一概念や基準に立脚する合意は脆く、不安定である。発展途上国であれ先進国であれ、参加国に地球上の最脆弱層や気候変動によって失われる生命、貧困に由来する諸々のリスクに対する配慮があるならば、気候変動によって生じる多次元的なリスクを直視した上で形成される責任を各国が認識することは不可避であろう。先進国のみならず途上国の多くが脆弱層に関心を向けるならば、脆弱層をはじめ人間システムを取り巻く自然システムに存する脆弱性や適応力に関する多次元的な指標を採用することは理にかなった行為であると考えられる。本研究が示すケース 1 やケース 2 の指標が政治的な実現可能性を有するかどうかは別として、少なくともケース 3 よりも気候変動問題と開発問題が多元的に交差する「共通だが差異のある責任」を規定するための適格性を有していると考えられる。

## 2.5 結論

本章では、主に 2 つの観点で「共通だが差異のある責任」原則の再構成を試みた。

第 1 に、本研究は脆弱性を組み込むことで現行の「共通だが差異のある責任」に新たな視点を提供した。結果的に、「差異」という用語の意味内容と適用範囲が拡張される可能性が示された。「緩和能力」のみに依拠するのではなく、「適応力」<sup>\*36</sup>とその他経済要因と

<sup>\*35</sup> 採用された変数の数によって指標の次元が決定すると仮定する。したがって、累積排出量は 1 次元、HDI は 3 次元、EVI は 13 次元と考えられる (補論を参照)。

<sup>\*36</sup> adaptive capacity を「適応能力」と呼ぶことも可能だが、第 2 節の脆弱性の定義における「適応力」と整合的にする。mitigative capacity を「緩和力」と呼ぶことも可能だが、他の文献と整合的にするために「緩和能力」とする。

は独立に決定する領域（自然要因など）を包摂する概念として新たな「共通だが差異のある責任」が提示された（図 2.1 参照）。この方針に基づいた分析では、地球上の富裕層と貧困層を取り巻く多次元的な気候変動リスクを考慮することができる。ゆえに、現行の「共通だが差異のある責任」原則に隠された貧富構造ないしは貧困層と富裕層の 2 分法を超越することができると考えられる。

第 2 に、数値例は各国の責任の推移を示すことができる。変数間の重みづけを変化させる計算方法によって、「歴史的責任」や「1 人当たりの平等」等の配分ルール of 責任概念は、変数間の比率を固定している点で、比較的強い仮定に基づいていることが明らかになる。CO<sub>2</sub> 排出量と脆弱性の間の比率に関してどの水準を採用するかという問題については、政策担当者の手任せられている。

最後に、責任の質において変化が生じる点を強調する価値がある。現行の「共通だが差異のある責任」原則と負担配分に関する議論はみな、他国の GHG 排出行動を糾弾する傾向を帯びている。GHG の排出は大気というグローバルコモンズに「負の公共財 (public bads)」を供給することと同一であることに鑑みれば、そのような交渉の実態はやむを得ないものであると言える。しかしながら、現行の責任概念に基づく各国の行動からは、適応策や脆弱性の視点が抜け落ちている。それゆえ、GHG の主要排出国が仮に表面的に高度経済成長を遂げていても、その実気候変動に対して非常に脆弱であるという可能性を除外してしまう。同様に、GHG 排出量が少なくとも、気候変動に対する脆弱性が非常に低いという可能性も除外してしまう。以上の理由から、本研究では気候変化に対する国の「脆さ」ないしは「弱さ」を考慮すべく「脆弱性」を責任概念に組み入れたわけであるが、この責任概念に立脚する行動は他国のみを利するというような利他的行動ではない。むしろ、経済システムの中に緩和策と適応策を位置づける現実的な認識の上に立脚している。互いの脆弱性を考慮するということは、自国の脆弱性を他国に考慮してもらうことまで内包する。このような責任 (responsibility) 概念は、他者に危害を与えた場合に課せられる責任 (liability) とは性質を異にしている。なぜなら、たとえ他国を害してしまったとしても自国の脆弱性ゆえに自国も相当程度の害を受けるといった状況が想定されているためである。害悪である GHG 排出量と脆さである脆弱性の双方によって形成される責任概念は、liability の範疇を上回っている。

GHG 排出が地球温暖化とそれによる気候変動の主要な原因である限り、UNFCCC 第 2 条に掲げられている究極目標（濃度の安定化）を達成するために緩和策は最優先されなければならない。それにも関わらず、GHG 排出や支払能力のような 1 次元の指標、あるいは 1 人当たり排出量という 2 次元の指標に拘泥するあまりに緩和策の取組みの形成が阻害されてしまう恐れがある。2013 年以降のポスト京都議定書期間において緩和策と適応策を両立した堅固な合意を形成するためには、まず「共通だが差異のある責任」に関する合意を取りつけることが肝要である。

## 2.6 補論

### 2.6.1 「共通だが差異のある責任」の定義

(ケース 1) 累積 CO2 排出量と脆弱性

$i$  国の「共通だが差異のある責任」 $CBDR$  は、CO2 と脆弱性の逆数の加重幾何平均として次のように定義される。

$$CBDR_i^{Vulnerability} = CO2_i^{1-\alpha} \times \left( \frac{1}{EVI_i} \right)^\alpha, \quad 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (2.2)$$

CO2 は 1990 ~ 2009 年の累積排出量を、EVI は Pratt *et al.* (2004) で考案された環境脆弱性指標 (Environmental Vulnerability Index) を、そして  $\alpha$  は「EVI 比率 (脆弱性の CO2 排出量に対する重みづけの割合)」を表す。比率  $\alpha$  は、全ての国・地域に共通のものであると仮定する<sup>\*37</sup>。現行の「共通だが差異のある責任」は GHG 排出量のみによるため EVI 比率は 0 に固定されていると言い換えることができる。ゆえに、EVI 比率を非負の領域で変化させることで現行の「共通だが差異のある責任」は脆弱性という新しい性質を帯びることになる。

計算に用いられた 13 の EVI は次の通りである。風 (当該月の過去 30 年間の最大風速平均を 20% 超過した過去 5 年間における日数の合計)、乾期 (過去 30 年間の月平均降雨量を 20% 下回った過去 5 年間における月の年平均値)、雨期 (過去 30 年間の月平均降雨量を 20% 上回った過去 5 年間における月の年平均値)、猛暑日 (過去 30 年間の月間最大気温の平均値を摂氏 5 度超過した過去 5 年間の各月合計の年平均値)、海面温度 (過去 30 年間の月平均海面温度を超過した過去 5 年間の各月の超過分の年平均値)、国土面積 (総面積:  $km^2$ )、国土の広がり (総国土面積に占める国境の距離の割合)、土地の起伏 (国土の最高地点と最低地点の差)、低地 (海拔 0 ~ 50m の土地が国土面積に占める割合)、植生被覆 (森林、湿地、草原、凍土 (ツンドラ)、砂漠、高山等の自然植生の割合)、再生可能な水資源 (再生可能な水資源総量に占める年水資源利用量)、人口密度 ( $km^2$  当たりの人口)、沿岸部の居住 (沿岸部の居住人口密度) (Alder *et al.*, 2004)。

技術的には、EVI の逆数は計算のため修正される。その手法は、国連開発計画 (UNEP) によって考案された人間開発指標 (HDI) の手法を踏襲している (UNDP, 2007, p.356)。0 と 1 の間の値をとるようになるために  $\frac{1}{EVI}$  の最小値と最大値を設定する。結果的に、 $\frac{1}{EVI}$  は次のように修正される。

$$\frac{1}{EVI}(\text{修正}) = \frac{\text{当該国の実績値} - \text{最小値} (\approx 0.2)}{\text{最大値} (\approx 0.37) - \text{最小値} (\approx 0.2)} \quad (2.3)$$

<sup>\*37</sup> 国・地域毎にこの比率が異なると想定することも可能であるが、本章の分析では、脆弱性の導入の効果を明確にするためにその設定は採用しない。

表 2.1 の  $\frac{1}{EVI}$  のデータから最小値を韓国の 0.23(韓国の値が 0 となるのを回避するため、下限を 0.2 とした) とし最大値をロシアの 0.37 として、上記の計算式に基づいて修正する。

### (ケース 2) 累積 CO2 排出量と適応力

計算方法はケース 1 と類似している。 $i$  国の「共通だが差異のある責任」は累積 CO2 排出量と人間開発指標 (HDI) (1990 ~ 2011 年の平均値) の加重幾何平均として次のように表される。

$$CBDR_i^{AdaptiveCapacity} = CO2_i^{1-\beta} \times HDI_i^\beta, \quad 0 \leq \beta \leq 1. \quad (2.4)$$

HDI は人間開発指標である。 $\beta$  は HDI 比率であり、「共通だが差異のある責任」において適応力に与えられる重みを決定するパラメータである。温暖化影響総合予測プロジェクトチーム (2008) に倣い、適応力の具体例として HDI を用いている点に留意されたい。

### (ケース 3) 累積 CO2 排出量と人口

計算方法はケース 1 と同様である。 $i$  国の「共通だが差異のある責任」は累積 CO2 排出量と人口 (2010 年) の加重幾何平均として次のように表される。

$$CBDR_i^{Population} = CO2_i^{1-\gamma} \times \left( \frac{1}{Population_i} \right)^\gamma, \quad 0 \leq \gamma \leq 1. \quad (2.5)$$

$\frac{1}{Population}$  が 0 と 1 の間の値をとるように、(2.3) 式で示した方法で修正する。 $\gamma$  は人口比率であり、「共通だが差異のある責任」において人口に与えられる重みを決定するパラメータである。

## 2.6.2 データとデータ源

表 2.1 計算に使用したデータ (1)

	$CO_2^{*38}$	$EVI^{*39}$	$\frac{1}{EVI}$	$\frac{1}{EVI}$ (修正)
EU27	81,276	3.89	0.26	0.336
EU15	67,035	3.93	0.25	0.320
米国	130,102	3.23	0.31	0.645
カナダ	10,973	3.08	0.32	0.733
オーストラリア	6,908	2.77	0.36	0.947
ロシア	29,327	2.73	0.37	0.978
中国	77,784	3.85	0.26	0.351
インド	19,843	3.85	0.26	0.351
韓国	8,346	4.38	0.23	0.167
日本	23,198	4.15	0.24	0.241

出所: US Energy Information Administration,  
Secretariat of the Pacific Community

表 2.2 計算に使用したデータ (2)

	$HDI^{*40}$	$Population^{*41}$	$\frac{1}{Population}$ (修正)
EU27	0.832	500,373	0.029
EU15	0.856	396,709	0.041
米国	0.889	310,384	0.057
カナダ	0.891	34,017	0.649
オーストラリア	0.913	22,268	1.000
ロシア	0.734	142,958	0.142
中国	0.626	1,341,335	0.001
インド	0.500	1,224,614	0.003
韓国	0.853	48,184	0.454
日本	0.879	126,536	0.163

出所: UNDP, United Nations Department of Economic and Social Affairs

\*39 単位は 100 万トンである。

\*39 EU27 カ国と EU15 カ国の値は加盟国の平均値である。

\*41 1990 ~ 2011 年の平均値である。

\*41 2010 年の値である。

## データ源

- CO2: US Energy Information Administration
  - <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8>
- EVI: Secretariat of the Pacific Community
  - [http://www.vulnerabilityindex.net/EVI\\_Country\\_Profiles.htm](http://www.vulnerabilityindex.net/EVI_Country_Profiles.htm)
  - <http://www.sopac.org/index.php/environmental-vulnerability-index>
- HDI: UNDP
  - <http://hdr.undp.org/en/statistics/data/>
- Population: United Nations, Department of Economic and Social Affairs
  - [http://esa.un.org/wpp/Sorting-Tables/tab-sorting\\_population.htm](http://esa.un.org/wpp/Sorting-Tables/tab-sorting_population.htm)

## 2.6.3 責任の数値

表 2.3 ケース 1 ( 図 2.2 ) の責任の数値 (%)

EVI 比率 ( $\alpha$ )	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
EU27	20.96	19.78	18.52	17.18	15.76	14.29
EU15	17.29	16.56	15.73	14.80	13.78	12.68
米国	33.55	32.25	30.74	29.04	27.14	25.06
カナダ	2.83	3.53	4.36	5.35	6.48	7.76
オーストラリア	1.78	2.39	3.17	4.17	5.44	7.00
ロシア	7.56	8.80	10.15	11.60	13.12	14.66
中国	20.06	19.10	18.04	16.89	15.64	14.31
インド	5.12	5.59	6.05	6.49	6.89	7.23
韓国	2.15	2.38	2.61	2.83	3.04	3.23
日本	5.98	6.19	6.36	6.46	6.51	6.47

EVI 比率 ( $\alpha$ )	0.6	0.7	0.8	0.9	1
EU27	12.79	11.29	9.81	8.39	7.07
EU15	11.52	10.31	9.09	7.89	6.74
米国	22.84	20.53	18.17	15.83	13.57
カナダ	9.18	10.70	12.28	13.88	15.44
オーストラリア	8.89	11.14	13.74	16.69	19.94
ロシア	16.17	17.58	18.83	19.85	20.60
中国	12.92	11.50	10.09	8.71	7.40
インド	7.48	7.64	7.68	7.60	7.40
韓国	3.38	3.49	3.55	3.56	3.51
日本	6.35	6.14	5.86	5.49	5.07

表 2.4 ケース 2 ( 図 2.3 ) の責任の数値 (%)

HDI 比率 ( $\beta$ )	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
EU27	20.96	20.56	20.03	19.37	18.58	17.66
EU15	17.29	17.34	17.27	17.07	16.74	16.27
米国	33.55	31.61	29.58	27.47	25.30	23.09
カナダ	2.83	3.41	4.09	4.87	5.74	6.71
オーストラリア	1.78	2.26	2.84	3.55	4.39	5.39
ロシア	7.56	8.11	8.64	9.14	9.59	9.96
中国	20.06	19.21	18.27	17.25	16.15	14.98
インド	5.12	5.49	5.86	6.20	6.50	6.76
韓国	2.15	2.66	3.26	3.97	4.79	5.73
日本	5.98	6.69	7.43	8.19	8.95	9.70

HDI 比率 ( $\beta$ )	0.6	0.7	0.8	0.9	1
EU27	16.62	15.48	14.26	12.99	11.69
EU15	15.65	14.90	14.03	13.07	12.03
米国	20.87	18.67	16.52	14.45	12.49
カナダ	7.77	8.91	10.09	11.31	12.52
オーストラリア	6.56	7.88	9.38	11.03	12.83
ロシア	10.25	10.44	10.52	10.48	10.31
中国	13.77	12.52	11.26	10.01	8.80
インド	6.97	7.10	7.16	7.13	7.03
韓国	6.79	7.96	9.23	10.58	11.99
日本	10.40	11.04	11.59	12.04	12.35



表 2.5 ケース 3 ( 図 2.4 ) の責任の数値 (%)

人口比率 ( $\gamma$ )	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
EU27	20.96	20.24	18.46	15.84	12.76	9.65
EU15	17.29	17.60	16.93	15.32	13.01	10.38
米国	33.55	33.03	30.72	26.87	22.07	17.01
カナダ	2.83	4.55	6.91	9.87	13.24	16.67
オーストラリア	1.78	3.13	5.20	8.13	11.92	16.41
ロシア	7.56	9.47	11.20	12.46	13.01	12.76
中国	20.06	13.91	9.12	5.62	3.25	1.77
インド	5.12	4.47	3.69	2.87	2.09	1.43
韓国	2.15	3.43	5.17	7.32	9.73	12.15
日本	5.98	7.77	9.54	11.01	11.93	12.14

人口比率 ( $\gamma$ )	0.6	0.7	0.8	0.9	1
EU27	6.89	4.67	3.04	1.91	1.18
EU15	7.81	5.59	3.83	2.55	1.65
米国	12.38	8.56	5.68	3.65	2.28
カナダ	19.80	22.36	24.2	25.4	26.0
オーストラリア	21.33	26.34	31.21	35.79	40.03
ロシア	11.81	10.39	8.76	7.16	5.70
中国	0.91	0.44	0.21	0.09	0.04
インド	0.92	0.57	0.33	0.19	0.11
韓国	14.31	16.03	17.22	17.91	18.16
日本	11.66	10.64	9.31	7.89	6.52

## 参考文献

- [1] Adger, W.N., N.W. Arnell and E.L. Tompkins (2005), 'Successful adaptation to climate change across scales', *Global Environmental Change* **15**: 77–86.
- [2] Adger, W. N., J. Paavola, S. Huq and M.J. Mace (2006), *Fairness in Adaptation to Climate Change*. Cambridge: MIT Press.
- [3] Adger, W.N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D.R. Nelson, L.O. Naess, J. Wolf and A. Wreford (2009), 'Are there social limits to adaptation to climate change?' *Climatic Change* **93**: 335–354.
- [4] Alder, J., A. Dahl, U. Kaly, J. Mitchell, N. Norton, C. Pratt and M. Witter (2004), 'Report on the Environmental Vulnerability Index (EVI) Think Thank II', SOPAC Preliminary Report 140, Suva, Fiji.
- [5] Agrawala, S., C. Carraro, F. Bosello and E. De Cain (2009), 'Adaptation, Mitigation and Innovation: A Comprehensive Approach to Climate Policy'. Working Paper, University of Venice, Italy.
- [6] Baer, P. (2006), 'Adaptation: Who Pays Whom?' In W. N. Adger, J. Paavola, S. Huq and M.J. Mace, eds., *Fairness in Adaptation to Climate Change*, Cambridge: MIT Press, 131–153.
- [7] Banuri, T. and E. Spanger-Siegfried (2002), 'Equity and the Clean Development Mechanism: equity, additionality, supplementarity', in L. Pinguelli-Rosa and M. Munasinghe, eds., *Ethics, Equity and International Negotiations on Climate Change*, Massachusetts: Edward Elgar Publishing, 102–136.
- [8] Baumert, K.A, T. Herzog and J. Pershing (2005), 'Navigating the Numbers Greenhouse Gas Data and International Climate Policy', World Resources Institute.
- [9] Berk, M.M. and M.G.J. Den Elzen (2001), 'Options for differentiation of future commitments in climate policy: how to realise timely participation to meet stringent climate goals?' *Climatic Policy* **1**(4): 465–480.
- [10] Bodansky, D. (2003), 'Climate Commitments: Assessing the Options', in J. E. Aldy, J. Ashton, R. Baron, D. Bodansky, S. Charnovitz, E. Diringer, T. C. Heller, J. Pershing,

- P.R. Shukla, L. Tubiana, F. Tudela, X Wang, 'Beyond Kyoto Advancing the international effort against climate change', Pew Center on Global Climate Change, 37–60, [Available at] [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1028487](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1028487)
- [11] Brooks, N. and W.N. Adger, P.M. Kelly (2005), 'The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation', *Global Environmental Change* **15**: 151–163.
- [12] Buob, S. and G. Stephan (2008), 'Global Climate Change and the Funding of Adaptation', Discussion Papers, Universität Bern, Switzerland.
- [13] Buob, S. and G. Stephan (2011), 'To mitigate or to adapt: How to confront global climate change', *European Journal of Political Economy* **27**: 1–16.
- [14] Criqui, P., A. Kitous, M.M. Berk, M.G.J. Den Elzen, B. Eichhout, P. Lucas, D. van Vuuren, N. Kouvaritakis and D. Vanregemorter (2003), 'Greenhouse gas reduction pathways in the UNFCCC Process up to 2025-Technical Report', B4-3040/2001/325703/MAR/E.1 for the DG Environment, CNRS-IEPE, Grenoble, France.
- [15] De Bruin, K., R. Dellink and R. Tol (2009), 'AD-DICE: An Implementation of Adaptation in the DICE Model'. *Climatic Change* **95**: 63–81.
- [16] Den Elzen, M.G.J., and M. Schaeffer (2002), 'Responsibility for Past and Future Global Warming: Uncertainties in Attributing Anthropogenic Climate Change'. *Climatic Change* **54**: 29–73.
- [17] Den Elzen, M.G.J., M.M. Berk, P. Lucas (2004), 'Simplified Multi-Stage and Per Capita Convergence: an analysis of two climate regimes for differentiation of commitments', RIVM report 728001027/2004, National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, the Netherlands, [Available at] <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/728001027.pdf>
- [18] Den Elzen, M.G.J. and P.L. Lucas (2005), 'The FAIR model: A tool to analyse environmental and costs implications of regimes of future commitments', *Environmental Modeling and Assessment* **10**: 115–134.
- [19] Den Elzen, M.G.J. and M. Meinshausen (2006), 'Multi-Gas Emission Pathways for Meeting the EU 2020 Climate Target', *Climatic Change* **75(1)**: 151–194.
- [20] Den Elzen, M.G.J. and N. Höhne (2008), 'Reductions of greenhouse gas emissions in Annex I and non-Annex I countries for meeting concentration stabilization targets', *Climatic Change* **91**: 249–274.
- [21] Dow, K., R.E. Kasperson and M. Bohn (2006), 'Exploring the Social Justice Implications of Adaptation and Vulnerability', in W. N. Adger, J. Paavola, S. Huq and M.J. Mace, eds., *Fairness in Adaptation to Climate Change*. Cambridge: MIT Press, 79–96.

- [22] Fankhauser, S., J. Smith and R. Tol (1999), 'Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions', *Ecological Economics* **30**: 67–78.
- [23] Füssel, H-M. and R.J.T. Klein (2006), 'Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution Of Conceptual Thinking', *Climatic Change* **75**: 301–329.
- [24] Füssel, H-M. (2007), 'Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research', *Global Environmental Change* **17**: 155–167.
- [25] Gallopin, G. C. (2006), 'Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity', *Global Environmental Change* **16(3)**: 293–303.
- [26] Guillaumont, P. (2009), 'An Economic Vulnerability Index: Its Design and Use for International Development Policy', *Oxford Development Studies* **37(3)**: 193–228.
- [27] Haddad, B. (2005), 'Ranking the adaptive capacity of nations to climate change when socio-political goals are explicit', *Global Environmental Change* **15**, 165–176.
- [28] Hamasaki, H. and T. Saijo (2011), 'New international framework beyond the Kyoto Protocol', in A. Sumi, N. Mimura and T. Masui, eds., *Climate Change and Global Sustainability: Holistic Approach*. Tokyo: United Nations University Press, 152–163.
- [29] Halvorssen, A.M. (2007), 'Common, but Differentiated Commitments in the Future Climate Change Regime-Amending the Kyoto Protocol to include Annex C and the Annex C Mitigation Fund', *Colorado Journal of International Environmental Law and Policy* **247**: 248–266.
- [30] Hinkel, J. (2011), "'Indicators of vulnerability and adaptive capacity": Towards a clarification of the science-policy interface', *Global Environmental Change* **21**: 198–208.
- [31] Hof, A.F., Den Elzen, M.G.J. and D.P. Van Vuuren (2010), 'Including adaptation costs and climate change damages in evaluating post-2012 burden-sharing regimes', *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **15(1)**: 19–40.
- [32] Höhne Niklas and Dian Pylipsen and Simone Ullrich and Kornelis Blok. (2005). 'Options for the Second Commitment Period of the Kyoto Protocol', Germany, page 8.
- [33] Hourcade, J-C. (2006), 'Disentangling the Climate-Development Gordian Knot: Towards an Integrated Blueprint', in A. Sinha, and S. Mitra, eds., *Economic Development, Climate Change, and the Environment*. Cambridge: MIT Press, 131–153.
- [34] Ingham, A., J. Ma. and A. Ulph (2005), 'Can adaptation and mitigation be complements?' Working Paper No. 79, Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich.
- [35] Ingham, A., J. Ma and A. Ulph (2007), 'Climate change, mitigation and adaptation with uncertainty and learning', *Energy Policy* **35**: 5354–5369.
- [36] Kane, S. and J. Shogren (2000), 'Linking adaptation and mitigation in climate change policy', *Climatic Change* **45**: 75–102.

- [37] Kane, S. and G. Yohe (2000), 'Societal Adaptation to Climate Variability and Change: An Introduction', *Climatic Change* **45**: 1–4.
- [38] Klein, R.J.T., W.W. Dougherty, M. Alam and A.A. Rahman (2005), 'Technology to understand and manage climate risks: background paper for the UNFCCC seminar on the development and transfer of environmentally sound technologies for adaptation to climate change', Tobago, 14-16 June 2005, [Available at] [http://www.pik-potsdam.de/research/research-domains/transdisciplinary-concepts-and-methods/favaia/pubs/klein\\\_etal\\\_2005.pdf](http://www.pik-potsdam.de/research/research-domains/transdisciplinary-concepts-and-methods/favaia/pubs/klein\_etal\_2005.pdf).
- [39] Lecocq, F. and Z. Shalizi (2007), 'Balancing Expenditures on Mitigation of and Adaptation to Climate Change: An Exploration of Issues Relevant to Developing Countries', World Bank Policy Research Working Paper No. 4299, World Bank, Washington, DC.
- [40] McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White (2001), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Third Assessment Report. Contribution of Working Group II, Cambridge: Cambridge University Press.
- [41] Meyer, A. (2000), *Contraction and Convergence: The Global Solution to Climate Change*, Totnes, UK: Green Books.
- [42] Mimura, N. (2006), 'Perspective of Adaptation as Responses to Global Warming', *Global Environmental Research* **10(2)**: 235–242.
- [43] Neumayer, E. (2000), 'In defense of historical accountability for greenhouse gas emissions', *Ecological Economics* **33**: 185–192.
- [44] Neumayer, E. (2002), 'Can natural factors explain any cross-country differences in carbon dioxide emissions?' *Energy Policy* **30**: 7–12.
- [45] Naudé, W., A.U. Santos-Paulino and M. McGillivray (2009), 'Measuring Vulnerability: An Overview and Introduction', *Oxford Development Studies* **37(3)**: 183–191.
- [46] Onuma, A. and Y. Arino (2011), 'Greenhouse gas emission, mitigation and innovation of adaptation technology in a North-South economy', *Environment and Development Economics* **16(6)**: 639–656.
- [47] Paavola, J., W.N. Adger and S. Huq (2006), 'Multifaceted Justice in Adaptation to Climate Change'. In W. N. Adger, J. Paavola, S. Huq and M.J. Mace, eds., *Fairness in Adaptation to Climate Change*. Cambridge: MIT Press, 263–277.
- [48] Parry, M., O. Canziani, J. Palutikof, P. van der Linden and C. Hanson (2007), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge: Cambridge University Press.
- [49] Persson, T.A., C. Azar, K. Lindgren (2006), 'Allocation of CO<sub>2</sub> emission permits-

- Economic incentives for emission reductions in developing countries', *Energy Policy* **34**: 1889–1899.
- [50] Pratt, C.R., U.L. Kaly and J. Mitchell (2004), 'Manual: How to Use the Environmental Vulnerability Index (EVI)', SOPAC Technical Report 383, United Nations Environmental Programme (UNEP), South Pacific Applied Geoscience Commission.
- [51] Schneider, S.H. and J. Lane (2006), 'Dangers and Thresholds in Climate Change and the Implications for Justice', in W. N. Adger, J. Paavola, S. Huq and M.J. Mace, eds., *Fairness in Adaptation to Climate Change*. Cambridge: MIT Press, 23–51.
- [52] Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2010), 'Linking Biodiversity Conservation and Poverty Alleviation: A State of Knowledge Review', CBD Technical Series No.55, the Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- [53] Smith, J.B. (1997), 'Setting priorities for adapting to climate change', *Global Environmental Change* **7**: 251–264.
- [54] Stone, C.D. (2004), 'Common but Differentiated Responsibilities in International Law', *The American Journal of International Law* **98(2)**: 276–301.
- [55] Tamura, M. and N. Mimura (2011), 'Adaptation and mitigation strategies in response to climate change', in A. Sumi, N. Mimura and T. Masui, eds., *Climate Change and Global Sustainability: Holistic Approach*. Tokyo: United Nations University Press, 133–149.
- [56] Tol, R.S.J., S. Fankhauser and J.B. Smith (1998), 'The Scope for Adaptation to Climate Change: What Can We Learn from the Impact Literature? ', *Global Environmental Change* **8**: 109–123.
- [57] Torvanger, A., G. Bang, H.H. Kolshus and J. Vevatne (2005), 'Broadening the climate regime: Design and feasibility of multi-stage climate agreements', CICERO (Center for International Climate and Environmental Research) Report 2005:02.
- [58] UNDHA (1992), 'Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management', United Nations Department of Humanitarian Affairs, Geneva.
- [59] UNDP (2007), *Fighting climate change: Human solidarity in a divided world*, Human Development Report 2007/2008, New York: Palgrave Macmillan.
- [60] Warner, K., C. Ehrhart, A.D. Sherbinin, S. Adamo and T. Chai-Onn (2009), 'In Search of Shelter: Mapping the Effects of Climate Change on Human Migration and Displacement', UNU-EHS, CARE.
- [61] World Bank (2003), 'Poverty and Climate Change: Reducing the Vulnerability of the Poor through Adaptation', World Bank, Washington DC, USA.
- [62] World Bank (2006), 'Clean Energy and Development: Towards an Investment Framework', World Bank, Washington, DC, <http://knowledge.cta.int/en/Dossiers/>

- S-T-Issues-in-Perspective/Biofuels/Documents-online/General/  
Clean-energy-and-development-towards-an-investment-framework.
- [63] World Bank (2008), 'Adapting to Climate Change: Understanding the Social Dimensions of Vulnerability and Resilience', in Environment Matters at the World Bank - Climate Change and Adaptation, Washington DC, USA.
- [64] WRI (2010), 'Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)', World Resources Institute, [Available at] <http://cait.wri.org>.
- [65] Yohe, G.W. (2001), 'Mitigative Capacity - the Mirror Image of Adaptive Capacity on the Emissions Side', *Climatic Change* **49**: 247-262.
- [66] 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム(2008)「地球温暖化「日本への影響」 最新の科学的知見」 茨城大学、(独)国立環境研究所、東北大学、(独)農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所、東京大学、国土技術政策総合研究所、筑波大学、国立感染症研究所、(独)農業環境技術研究所、(独)国際農林水産業研究センター、(独)森林総合研究所、九州大学、名城大学、(株)三菱合研究所、平成20年5月29日

## 第3章

# 南北経済における温室効果ガスの緩和策と適応策の技術革新

### 3.1 序論

適応策は、緩和策同様、地球温暖化の被害を低減する上で重要な役割を果たすことが期待されている（Parry *et al.*, 2007）。特に、緩和策の効果は数十年間は顕在化しないため適応策は短期的に大いに効果を発揮すると考えられている<sup>\*1</sup>。

経済学の観点では、適応策は緩和策とは異なり、私的財としての重要な性質を有する。両方の対策は、気候変動被害を低減するという共通の機能を有しているが、緩和策については、1国が行うGHG排出削減を通じて他国にも影響を及ぼすという点で公共財としての性質を有している。対照的に、1国が行う適応策の便益は他国にまで広がりを見せない（Mendelsohn, 2000; Buob and Stephan, 2011）。

適応策は地域毎に多様な形態をとる。例えば、イスラエルにおける灌漑水管理（Fleischer *et al.*, 2008）、南アメリカの作物種の変更（Seo and Mendelsohn, 2008）、オランダにおける保険料支払い費用を削減するための砂袋や耐水性床の購入（Botzen *et al.*, 2009）等が挙げられる。地域に独自のこれらの適応策の事例は、適応策が私的財であることの証左である。

技術革新によって適応策が緩和策に比してより効果的になるという状況において、適応策の私的財としての性質はとりわけ重要となる。実際に、そのような適応策に関する技術革新は各地で起きている。農業分野において、Smithers and Blay-Palmer（2001）は気温や湿度、降雨量の変化のような様々な形態の気候変動に対する適応策として、オンタリオ州の大豆耕作技術に関して技術革新の可能性を示している<sup>\*2</sup>。もう1つの重要な適応策の

---

<sup>\*1</sup> ここでは、緩和策はGHGを抑制ないしは削減することを意味する。それに対して、適応策は気温上昇によって引き起こされる被害を低減させる諸々の対策を指しており、防波堤の建設、内陸への移住、農業の品種改良等、対象部門に応じてその種類は多岐にわたる。

<sup>\*2</sup> Smithers and Blay-Palmer（2001）の表1を参照されたい。



技術進歩は、データ採集技術と情報技術の進展である。政策決定者が用いるデータや情報がより現実に即し、より正確で時宜を得たものとなれば、適応戦略の目標が定まり、実効性が増加すると考えられている (Klein *et al.*, 2005)。ゆえに、適応策の技術進歩を考慮に入れるとき、適応策と緩和策の相違を正しく認識することが極めて重要となる。

緩和策と適応策の関連性に関して、近年多くの経済学者が様々な本質的な疑問を投げかけている。緩和策と適応策の決定について、Kane and Shogren (2000) は内生的リスクを組み入れた 1 国モデルを用いて両対策の最適なバランスを求めている。緩和策は気候変動リスクを低下させ、適応策は生じた気候変動被害を低減するものと仮定した上で、適応策の水準は、緩和策と適応策が補完的か代替的に依存することを示している。Lecocq and Shalizi (2007) は、適応策を事前適応と事後適応の 2 種類に分類した上で、複数の部門と地域を含む動学的なモデルを用いて、最適な事前適応策、事後適応策および緩和策の水準を導出している<sup>\*3</sup>。さらに、Ingham *et al.* (2007) は Ulph and Ulph (1997) によって考案された不確実性と学習と不可逆性についてのモデルの中に適応策を導入している。彼らの結論は、適応策の存在により不可逆性制約の効果が弱められるというものである。

その一方で、Mendelsohn (2000) は適応策をさらに私的財と公共財に類型化し、公共投資を必要とする適応策は過少供給の問題が生じるが、私的な適応策は効率性を確保することができる<sup>と結論づけている</sup>。

以上の先行研究によって、1 国内において緩和策に加えて適応策が考慮された場合の効果が解明されてきたと言えるが、多くの研究では、自国の適応策が緩和策の水準を変化させることによって生じる他国への影響については考察の対象としていない。技術革新によって適応策そのものがより有効かつ効果的になると、当該国では緩和策の水準を低下させ適応策に以前よりも大きな比重を置くことになる可能性があるため、他国を考慮に入れた分析が必要である。ある国が適応策の水準を変更することで緩和策の水準が変化することになれば、その国による緩和策が世界の GHG 排出量を変化させ、結果的に他国に影響が及ぶことになる。したがって、適応策のもつ効果を明らかにするためには、複数国モデルによる分析が必要となる<sup>\*4</sup>。

この方向性の重要な理論的貢献として、Buob and Stephan (2008, 2011) は緩和策と適応策を含む複数地域モデルを用いて非協力ナッシュゲームを分析した。Buob and Stephan (2008) では、先進工業国が途上国の適応策を支援する状況において、適応の基金が世界的な緩和努力水準の変化を通じて各国の厚生にどのような影響を及ぼすかが示されてい

<sup>\*3</sup> 同様に、Smith (1997)、Tol *et al.* (1998)、Fankhauser *et al.* (1999) も適応策を事前的・事後的適応、計画的・自発的適応に分類している。ただし、彼らの研究では、緩和策と適応策の関連性については分析されていない。

<sup>\*4</sup> 複数国モデルによる分析の必要性は、実は Kane and Shogren (2000) の脚注 2 において指摘されている。彼らは「他国の緩和努力水準が内生的に決定し、緩和努力をその国全体の努力水準の関数とするのが、より現実的な仮定である」と提起している。

る。続いて、Buob and Stephan (2011) は、複数地域モデルにおいて当該地域における緩和策と適応策の投資がどのように決定するかを検証し、各地域の所得水準に応じて緩和策と適応策の決定のあり方を特徴づけている。こうした研究の視点は重要なものであるが、前者による論文の焦点は、先進国の適応策の水準を所与とした上で、途上国の適応策のための基金が誘因両立的 (incentive compatible) かを検証するところにある。一方で、後者による論文の目的は、緩和策と適応策の費用関数がどの地域も同一であるという仮定の下、緩和策と適応策が地域毎に異なる所得と環境質にどのように依存しているかを明らかにすることである。したがって、その重要な貢献にも関わらず、彼らのモデルと結果においては、ある国で適応策の技術進歩が起きその効力が増加した際に、各地域の緩和策と厚生水準がどのように変化するかは解明されていない。

本研究の目的は、上述の点を詳細に検討することである。先進国 (the North) と途上国 (the South) から成るモデルを使用する。両国はそれぞれ GHG 緩和策の水準を決定するが、適応策については先進国のみ実施可能とする。すなわち、途上国にとって、実行可能な気候変動政策は緩和策のみであると仮定する。この仮定は、気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) が指摘しているように、途上国が適応策に必要な費用を容易に賄うことができないという現実によって正当化可能であると考えられる。IPCC の見解は世界銀行が行った推定に則っており、それは次のようなものである (Parry *et al.*, 2007, p.734)。

適応策の実施は、様々な資金的制約に直面している。国際的なレベルでは、世界銀行による予備的な推定は、「気候耐久的 (climate proofing)」発展のための総費用は 100 億 US ドル ~ 400 億 US ドルにまで達することを提示している (World Bank, 2006)。その数値は概算ではあるが、投資額の規模からして深刻な財政制約が存することが示唆される。

Beg *et al.* (2002) と Stern (2007) もまた適応策の実行に際して途上国が直面する財政制約に言及している。

本研究のモデルでは、適応策の技術革新によって、各国の排出量とそれを合計した世界排出量、および各国の厚生にどのような効果が及ぶかを検証する。それにより、適応策によって気候変動による被害をより効果的に低減することができるという技術革新の効果を確認することができる。技術進歩は両国の厚生を厳密に改善することを可能とするが、この分析から明らかになるように、厚生の厳密な改善はいつでも成立するわけではない。

適応策の技術革新によって 5 つの場合が生じることが示される。その内の 1 つの場合においてのみ、世界の総排出量が減少し、強い意味でのパレート改善が達成される。2 つの場合において、どちらか一方の国の厚生のみ改善するという弱い意味でのパレート改善が起きる。残りの 2 つは、先進国は厚生改善するが途上国は厚生悪化するという場合と、

先進国は厚生悪化し途上国は厚生改善するという場合である\*<sup>5</sup>。途上国の厚生が悪化する状況が起きるのは、適応策の技術進歩の程度が十分に大きい場合である。さらに、先進国から途上国への所得移転制度の役割（途上国は「何も」受け取らないという場合も含む）を分析する。この所得移転制度の下では、もしそのシステムが無ければ途上国の厚生が悪化していた適応策の高度な技術革新に際しても、途上国は常に厚生改善を達成できることが証明される。

本章の構成は次の通りである。第2節で、モデルを説明する。第3節では、適応策の外生的な技術革新によって各国の排出量と総排出量がどのように変化するかを検証する。第4節では、厚生の変化を検証する。第5節では、所得移転制度の役割について議論する。最後に、第6節において結論を述べる。

## 3.2 モデル

世界経済が先進国（the North）と途上国（the South）の2国から成るものと仮定する。両国とも同一の財を生産する。財の生産過程でGHGを排出する。各国の排出が厚生に与える効果を強調するためにGHG排出以外の生産要素は存在しないという仮定をおく。生産関数を次のように定義する。

$$Y_i = F_i(Z_i), i = N, S. \quad (3.1)$$

$Y_i, F_i, Z_i$  はそれぞれ、生産物、生産関数、GHG排出量である。生産関数について収穫逓減の仮定、すなわち  $F_i' > 0$ 、 $F_i'' < 0$  という仮定をおく。さらに、南北間の貿易は行われないうものと仮定する\*<sup>6</sup>。

先進国と途上国は異なる形で生産物を分配する。先進国は、生産物を一般財の消費と適応投資に分配し、途上国は一般財の消費のみに分配する。本研究のモデルでは、先進国だけが適応投資を行う。この想定は、第1節で強調したように、途上国がしばしば投資の負担能力を欠いているという事実を反映している。 $C_i (i = N, S)$  を消費、 $I_N$  を適応策への投資ないしは支出とする。まとめると、以下のような分配が成立することになる。

$$\begin{aligned} Y_N &= C_N + I_N \\ Y_S &= C_S. \end{aligned} \quad (3.2)$$

各国は消費から便益をえる。 $B_i(C_i) (i = N, S)$  と表される。便益関数の形状について、 $B_i' > 0$  and  $B_i'' < 0$  という仮定をおく。一方で、GHG排出によって生じる温暖化および気

\*<sup>5</sup> Michaelowa (2001) は、定性的な分析の中で、先進国の適応策によって途上国の厚生が悪化するという可能性を指摘している。

\*<sup>6</sup> 1種類の財しか存在しないという想定の下でも貿易が起こる可能性はある。この点については、Brander and Krugman (1983) を参照されたい。

候変動によって両国は被害を受ける。両国の被害水準は総排出量  $Z = Z_N + Z_S$  に依存するものとする。

先進国は適応策によって被害を低減することができる。適応投資  $A = \alpha I_N$  によって即時的に被害低減が起こると仮定する。 $\alpha$  は適応策の効力を測る尺度であり、気温変化に対応するための品種改良、海面上昇に対する防波堤というような技術水準を表すパラメータ、ないしは被害を減じたり回避したりするための情報技術の水準であると考えられる。技術革新によって気候変動関連の被害を効果的に抑制することができることを意味するため、本研究では適応策の技術進歩を  $\alpha$  の上昇であると解釈する。

したがって、先進国と途上国の被害関数はそれぞれ  $D(Z, A)$ 、 $d(Z)$  と表され、 $D_Z (= \partial D / \partial Z) > 0$ 、 $D_{ZZ} (= \partial D_Z / \partial Z) > 0$ 、 $D_A (= \partial D / \partial A) < 0$ 、 $D_{AA} (= \partial D_A / \partial A) > 0$ 、 $d' > 0$ 、 $d'' > 0$  を仮定する。先進国の被害関数  $D$  が 2 変数の関数であることに注意されたい<sup>\*7</sup>。

本章を通じて、先進国の被害関数は加法分離的であると仮定する。言い換えると、被害関数は粗被害額  $f(Z)$  と  $e(A)$  の差で表される。 $f$  は適応策が講じられなかった場合かつ GHG 排出量を所与とした場合の被害額であり、 $e$  は適応策の水準に応じて抑制された被害額を表す。すなわち、

$$D(Z, A) = f(Z) - e(A), f' > 0, f'' > 0, e' > 0, e'' < 0. \quad (3.3)$$

以上の関係は  $D_{ZA} (= \partial D_Z / \partial A) = D_{AZ} (= \partial D_A / \partial Z) = 0$  であることを意味する。

先進国と途上国の厚生は消費の便益から環境被害を差し引いた値として表現される。すなわち、

$$\begin{aligned} W_N &= B_N(F_N(Z_N) - I_N) - D(Z, A) \\ W_S &= B_S(F_S(Z_S)) - d(Z). \end{aligned} \quad (3.4)$$

以上のモデルを用いて、先進国における適応策の技術革新が各国の GHG 排出量と厚生にどのような影響を及ぼすかを解明する。技術革新は外生的に起こるものと仮定する。この仮定をおく理由は、適応技術が高度化した状況における両国の GHG 排出水準および厚生と現状を比較することで、適応策の効果を明らかにするためである。

### 3.3 適応技術革新にともなう排出量の変化

本節において、適応策の技術進歩が各国の均衡排出量に及ぼす影響を分析する。いかなる GHG 排出量に関する国際枠組みは存在しないものと仮定し、解は同時ゲームナッシュ均衡解として特徴づけられる。先進国と途上国は自国の厚生を最大化するべく、戦略的に排出水準を決定する。ただし、先進国は緩和策と適応策の 2 つの選択肢を有して

<sup>\*7</sup> 単純化のため、 $D(Z, A)$  は市場、非市場双方における気候変動被害を表すものとする。もしこの 2 種類の被害を区別するのであれば、緩和策と適応策の効果は異なるものとなり、分析はより複雑になる。

いるが、途上国は緩和策という1つの対策しか実施できない。ゆえに、先進国の目的は、 $F_N(Z_N) = C_N + I_N$  を制約条件として、 $Z_N$  と  $I_N$  について  $W_N$  を最大化することである。途上国の目的関数は  $W_S$  であり、 $F_S(Z_S) = C_S$  を制約条件として  $Z_S$  について最大化される。

内点解を仮定すると、以上の最大化問題の1階の条件は

$$\begin{aligned} B'_N(F'_N(Z_N) - I_N)F'_N(Z_N) - D_Z(Z, \alpha I_N) &\equiv G(Z_N, Z_S, I_N, \alpha) = 0 \\ -B'_N(F_N(Z_N) - I_N) - \alpha D_A(Z, \alpha I_N) &\equiv H(Z_N, Z_S, I_N, \alpha) = 0 \\ B'_S(F_S(Z_S))F'_S(Z_S) - d'(Z) &\equiv L(Z_N, Z_S, I_N, \alpha) = 0 \end{aligned} \quad (3.5)$$

となる。これらの方程式から導出される均衡排出量  $Z_i^*(i = N, S)$  と適応投資  $I_N^*$  はナッシュ均衡解となる。(3.5) 式を全微分することで

$$\begin{pmatrix} G_{Z_N} & G_{I_N} & G_{Z_S} \\ H_{Z_N} & H_{I_N} & H_{Z_S} \\ L_{Z_N} & L_{I_N} & L_{Z_S} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dZ_N \\ dI_N \\ dZ_S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -G_\alpha d\alpha \\ -H_\alpha d\alpha \\ -L_\alpha d\alpha \end{pmatrix} \quad (3.6)$$

をえる。行列  $M$  を

$$M = \begin{pmatrix} G_{Z_N} & G_{I_N} & G_{Z_S} \\ H_{Z_N} & H_{I_N} & H_{Z_S} \\ L_{Z_N} & L_{I_N} & L_{Z_S} \end{pmatrix} \quad (3.7)$$

と定義する。補論 3.7.1 より、

$$|M| < 0 \quad (3.8)$$

が成立する。補論 3.7.2 にて、適応策の技術革新が先進国の GHG 排出量に及ぼす影響は次のように表される。すなわち、

$$\text{sgn} \frac{dZ_N^*}{d\alpha} = \text{sgn}(1 - \epsilon). \quad (3.9)$$

$\epsilon$  は

$$\epsilon \equiv -\frac{A}{D_A(Z, A)} \frac{\partial D_A(Z, A)}{\partial A} > 0 \quad (3.10)$$

と定義される。 $\epsilon$  は限界的な環境被害低減の適応弾力性である\*<sup>8</sup>。

他方で、途上国の排出量は次のように決定する。すなわち、

$$\text{sgn} \frac{dZ_S^*}{d\alpha} = -\text{sgn}(1 - \epsilon). \quad (3.11)$$

\*<sup>8</sup> 途上国を考慮に入れない1国モデルでは  $\text{sgn} dZ_N^*/d\alpha = \text{sgn}(1 - \epsilon)$  は難なく導出できる。 $\alpha$  の上昇によってより少ない  $I_N^*$  で同水準の  $A$  を利用可能となるため、 $dZ_N^*/d\alpha > 0$  の場合、緩和策と適応策は代替的であると解釈できる。一方で、 $dZ_N^*/d\alpha < 0$  のときは補完的であると解釈できる。符号の決定からわかるように、本章のモデルにおいては、 $\epsilon$  の値に依存して緩和策と適応策は代替的ないしは補完的となる。Ingham *et al.* (2005) は両者の関係について詳細に分析している。

最後に、補論 3.7.2 では  $Z^* = Z_N^* + Z_S^*$  が

$$\operatorname{sgn} \frac{dZ^*}{d\alpha} = \operatorname{sgn}(1 - \epsilon) \quad (3.12)$$

に基づいて決定することが示される。これらの性質から、ただちに次の定理をえる。

**定理 1** 適応策の外生的な技術変化が先進国と途上国の GHG 排出量に及ぼす効果は  $\epsilon$  に基づいて決定する。 $F(\cdot)$ 、 $B(\cdot)$ 、 $D(\cdot)$  という仮定の下、次の結論をえる。(1) もし  $\epsilon < 1$  ならば、 $dZ_N^*/d\alpha > 0$ 、 $dZ_S^*/d\alpha < 0$ 、 $dZ^*/d\alpha > 0$  となる。(2) もし  $\epsilon = 1$  ならば、 $dZ_N^*/d\alpha = dZ_S^*/d\alpha = dZ^*/d\alpha = 0$  となる。(3) もし  $\epsilon > 1$  ならば、 $dZ_N^*/d\alpha < 0$ 、 $dZ_S^*/d\alpha > 0$ 、 $dZ^*/d\alpha < 0$  となる。

本章において、「緩和策」を  $dZ_i^* < 0$  ( $i = N, S$ ) と定義する。適応策の技術革新に伴い緩和策が促進するか否かを確認するのが本章の分析の狙いである。定理 1 から結論は  $\epsilon$  の値に決定的に依存していることがわかる。補論 3.7.1 の (3.38) 式より  $\operatorname{sgn} dZ_N^*/d\alpha = \operatorname{sgn}(1 - \epsilon)$  であることに留意されたい。

$\epsilon$  が非弾力的である場合、 $\alpha$  の上昇に伴って先進国の均衡排出量は増加し、途上国の排出量は減少する。この場合、適応策の技術革新がきわめて有効であるために、先進国は緩和水準を低下させ適応投資額を増加させる。その結果、先進国による GHG 排出量の増加とそれに伴う気候変動被害を相殺するために、途上国は緩和努力を増加させるという行動をとる。

他方で、適応策の技術革新がそれ程有効ではない場合 ( $\epsilon$  が弾力的である場合)、先進国の排出量は増加し、途上国のそれは減少する。この場合、消費や緩和策を減少させることで適応策を増加させたとしても、適応策がそれ程効力を発揮できないため、その行動は先進国の厚生を高めることはできない。したがって、先進国は、適応投資を減額することで技術革新の効果を調整するため、GHG 排出削減費用をまかなうことができるようになる。結果的に、先進国は適応策を減少させ緩和水準を増加させるのである。先進国が緩和策を増加させたことを受けて、途上国は排出量を増加させる。

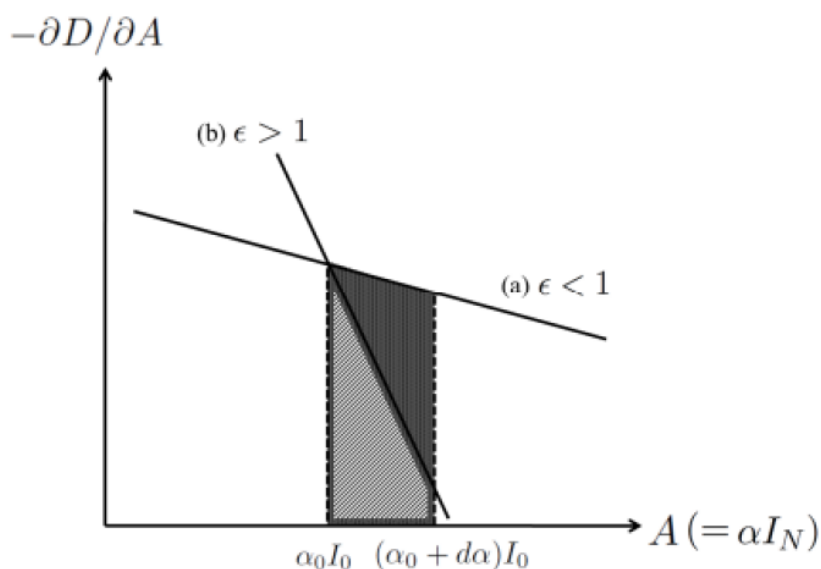
所与の GHG 排出量と適応技術水準および適応投資 ( $Z_N^0, Z_S^0, \alpha_0, I_0$ ) における適応策の技術革新による便益 (被害低減額) は

$$- \int_{\alpha_0}^{\alpha_0 + d\alpha} D_A(Z_N^0 + Z_S^0, \alpha I_0) d\alpha \quad (3.13)$$

と表現できる。 $\epsilon$  が非弾力的 ( $\epsilon < 1$ ) である場合は、適応策の効力が持続する状況と考えられ、どの水準であっても適応策は着実に被害を低減することができる。反対に、 $\epsilon$  が弾力的 ( $\epsilon > 1$ ) の場合、適応策の効力は非弾力的な場合よりも急激に減衰する。図 3.1 はこの状況を描写している。直線 (a) は非弾力的な場合を、直線 (b) は弾力的な場合を表して

いる。各直線の下方の網掛け部分は技術革新の潜在的な便益を表しており、(3.13) 式として表現される。図 3.1 から明らかなように、(a) の便益は (b) の便益よりも大きい。

図 3.1 適応策の技術革新による追加的便益



被害関数を (3.3) 式のように特定化し、 $e(A)$  を

$$e(A) = \frac{a}{1-\beta} A^{1-\beta}, \text{ with } a > 0, \beta > 0, \beta \neq 1 \quad (3.14)$$

のように特定化すると、図 3.1 で示されているようになぜ便益に相違が生じるかが明確化される。この特殊な場合には  $\epsilon = \beta$  となる。(3.13) 式は

$$\frac{a}{1-\beta} ((\alpha_0 + d\alpha)^{1-\beta} - \alpha_0^{1-\beta}),$$

となり、 $\beta$  の増加に伴って減少することが示される<sup>\*9</sup>。

適応策の技術革新が必ずしも世界規模での緩和策につながらない点は興味深い。世界の総排出量  $Z^*$  の変化の方向は、先進国の排出量の変化の方向と一致している。補論でしめ

<sup>\*9</sup> 統合評価モデルの中には、緩和策と適応策を含めた包括的な経済・気候モデルを構築している例がある (De Bruin *et al.*, 2009; Agrawala *et al.*, 2009)。Agrawala *et al.* のモデルにおいても弾力性  $\epsilon$  を計算することが可能である。彼らのモデルでは、気候変動被害  $CCD$  は  $\frac{CCD}{1+ADAPT+CCD} Y_G (\equiv RD)$  というように GDP 損失額に変換される。 $ADAPT$  は適応力 (第 2 章参照) 向上を含めた適応策の全体集合、 $Y_G$  は気候変動被害を差し引いた GDP である。 $RD$  は本章のモデルにおける被害関数  $D$  に相当する。本章のモデルにおける  $\epsilon$  は彼らの論文では  $\frac{2ADAPT}{1+ADAPT+CCD}$  と表現されるため、 $ADAPT$  と  $CCD$  の値を特定できれば  $\epsilon$  は導出可能である。もし  $ADAPT < 1+CCD$  ならば、そしてそのときのみ、 $\epsilon < 1$  が成立することを確認することは容易である。すなわち、Agrawala *et al.* のモデルにおいては、 $ADAPT$  に応じて  $\epsilon$  は増加することになる。

されるように、 $\epsilon = 1$  でない限り、 $|dZ_N^*/d\alpha|$  は常に  $|dZ_S^*/d\alpha|$  を上回る。したがって、 $\epsilon < 1$  の場合、適応策の技術革新によって総排出量は増加することになる。

### 3.4 適応技術革新にともなう厚生の変化

本節において、適応策の技術進歩が先進国と途上国の厚生水準に与える影響について検証する。証明については、補論 3.7.3 を参照されたい。先進国の厚生の変化を観察するために  $W_N^*$  を  $\alpha$  について微分する。ただし、 $W_N^* \equiv B_N(F_N(Z_N^*) - I_N^*) - D(Z^*, \alpha I_N^*)$  である。結果的に、

$$\frac{dW_N^*}{d\alpha} = -D_A I_N (1 + \delta^{-1}(1 - \epsilon)), \quad (3.15)$$

および

$$\delta = \frac{I_N |M|}{D_Z B_N'' F_N' d''} > 0, \quad (3.16)$$

が成立し、 $\delta$  符号は (3.39) 式で示される  $|M| < 0$  によって決定する。他方で、途上国の厚生は

$$\frac{dW_S^*}{d\alpha} = -d' \frac{dZ_N^*}{d\alpha}. \quad (3.17)$$

に従って変化する。ただし、 $W_S^* \equiv B_S(F_S(Z_S^*)) - d(Z^*)$  である。定理 1 により、 $\frac{dZ_N^*}{d\alpha}$  の符号は  $(1 - \epsilon)$  の符号によって決まる。以上の方程式により、以下の定理をえる。

**定理 2** 適応策の外生的な技術変化が先進国と途上国の厚生に及ぼす効果は  $\epsilon$  に基づいて決定する。(1) もし  $\epsilon < 1$  ならば、 $dW_N^*/d\alpha > 0$  かつ  $dW_S^*/d\alpha < 0$  となる。(2) もし  $\epsilon = 1$  ならば、 $dW_N^*/d\alpha > 0$  かつ  $dW_S^*/d\alpha = 0$  となる。(3) もし  $1 < \epsilon < 1 + \delta$  ならば、 $dW_N^*/d\alpha > 0$  かつ  $dW_S^*/d\alpha > 0$  となる。(4) もし  $\epsilon = 1 + \delta$  ならば、 $dW_N^*/d\alpha = 0$  かつ  $dW_S^*/d\alpha > 0$  となる。(5) もし  $\epsilon > 1 + \delta$  ならば、 $dW_N^*/d\alpha < 0$  かつ  $dW_S^*/d\alpha > 0$  となる。

定理 2 は  $\epsilon > 1 + \delta$  の場合を除いて、先進国の厚生変化は非負の値をとることを示している。言い換えると、 $\epsilon \in (1, 1 + \delta)$  の場合のように途上国の排出が増加する場合においてさえ、先進国は適応策の選択肢ゆえ厚生を改善することができる。しかしながら、 $\epsilon \in (1 + \delta, \infty)$  のとき、すなわち技術革新が決して有効とは言えない（十分に弾力的な）場合には、技術革新にも関わらず途上国の排出増加ゆえに先進国は厚生改善を達成することはできない。

その一方で、途上国の厚生は、先進国における適応策の技術革新に伴う先進国の GHG 排出変化の方向とは反対方向の影響を受ける。すなわち、先進国の排出量が増加すると、



途上国の厚生は悪化する。途上国では適応策を自ら実行することはできないと仮定されているため、適応策の技術進歩によって先進国で緩和策が促進するという場合においてのみ途上国の厚生は改善する。

表 3.1 適応策の技術進歩の効果

	$\epsilon < 1$	$\epsilon = 1$	$1 < \epsilon < 1 + \delta$	$\epsilon = 1 + \delta$	$\epsilon > 1 + \delta$
先進国の GHG 排出量	+	0	-	-	-
途上国の GHG 排出量	-	0	+	+	+
全世界の GHG 排出量	+	0	-	-	-
先進国の厚生	+	+	+	0	-
途上国の厚生	-	0	+	+	+

定理 1 と定理 2 を表 3.1 にまとめる。表 3.1 では、適応策の技術革新によって総排出量が減少し、かつ先進国・途上国双方の厚生を改善するという状況は常に起こるわけではないことが示されている。世界的な緩和水準の促進と世界的な厚生改善という状況は  $1 < \epsilon < 1 + \delta$  のとき、そしてそのときのみ生じる。対照的に、 $\epsilon < 1$  の場合に総排出量は増加し、 $\epsilon > 1 + \delta$  の場合は先進国の厚生は悪化し、さらに  $\epsilon < 1$  の場合は途上国の厚生が低下する。

適応技術の進歩は、通常は有益なものと考えられるが、南北の経済主体が非協力的に行動する状況下では、先進国あるいは途上国のどちらか一方の厚生を害するという意味において、必ずしも有益であるとは限らないのである。 $1 < \epsilon < 1 + \delta$  の場合の解釈は大変興味深い。(3.13) 式より、この場合には、適応策の技術進歩が起きたとき、 $\epsilon < 1$  の場合ほどは気候変動被害を低減することはできない。しかしながら、 $\epsilon < 1$  の場合よりも、技術革新の程度が弱いために、先進国において緩和策の必要が生じ、先進国のみならず途上国の厚生を改善することが可能となる。すなわち、適応策の技術進歩は、強すぎても弱すぎても世界経済の一部の厚生を悪化させてしまうが、適度な水準の技術変化が生じる場合には、世界経済の厚生を改善することが可能となる。

技術革新は経済主体に厚生改善の機会を与えるものであるが、各国が自国の利益を最大化しようと行動する気候変動問題の文脈においては、厚生改善を達成することは容易なことではないと考えられる。しかしながら、本来有益であるはずの高度な技術革新が起きた際 ( $\epsilon < 1$ ) も、総排出量を削減し両国の厚生を改善する方法は存在しないのであろうか？次節では、この問題について検証する。

### 3.5 国際的な所得移転制度の効果

本節において、たとえ適応策の技術革新が途上国の厚生を悪化させてしまうほど高度なものであったとしても、先進国と途上国の両国を利することができる国際的な所得移転制度を提示する。先進国は環境保護のための国際機関に  $T$  だけの支払いをしよう。この所得移転額を、

$$T = tA, \quad (3.18)$$

と表し、適応水準に依存するものとする。 $t$  は適応投資 1 単位当たりの移転比率である。この所得移転は、例えば、先進国が自国における技術革新の便益を他国と分け合うことを要求される状況下で適応策に課せられる「税金」と考えることもできる。国際当局は徴収額の一部または全部を途上国に移転するものとし、それによって途上国は環境被害の一部を補償してもらうことができる。結果的に、先進国と途上国の純便益は

$$\begin{aligned} W_N &= B_N(F_N(Z_N) - I_N) - D(Z, A) - tA \\ W_S &= B_S(F_S(Z_S)) - d(Z) + stA, \end{aligned} \quad (3.19)$$

と表現される。ただし、 $0 \leq s \leq 1$  とする。 $s = 0$  は、途上国は何も受け取らず、当局が先進国から得た収入をどこかで活用する状況を意味する。これから示すように、 $s$  の水準そのものは問題ではなく、先進国において  $t > 0$  であることのみが重要である。

このシステムの下では、所得移転制度が無い状況下で  $\epsilon < 1$  のような技術革新が導く均衡とは異なる均衡が得られる。適応策から得られる便益の一部が課税され失われるために、適応策を講じた際に先進国が直面する被害は  $D(Z, A) + tA$  となる。適応後の被害関数を  $\tilde{D}(Z, A)$  と表記する。本システムにおいて、 $\tilde{D}_A = D_A + t$ ,  $\tilde{D}_{AA} = D_{AA}$  が成立するため、限界的な被害低減の適応弾力性  $\tilde{\epsilon}$  は、

$$\tilde{\epsilon} = -\frac{D_{AA}}{D_A + t}A > \epsilon \quad (3.20)$$

となる。この所得移転制度では、被害関数が  $\tilde{D}(Z, A)$  と表記されていること以外は、(3.5) 式における両国の最適性条件と同一の条件が成立する。 $\tilde{\epsilon} \in (1, 1 + \delta)$  となるように  $t$  を選ぶと、例えば (3.14) 式において、次の関係が成立する。すなわち、

$$\tilde{\epsilon} = \frac{\beta}{1 - ta^{-1}A^\beta}.$$

ゆえに、 $\tilde{\epsilon}$  を  $1 + \theta$  ( $0 < \theta < \delta$ ) と一致させるためには、次のように

$$t = aA^{-\beta} \frac{1 + \theta - \beta}{1 + \theta}$$

とすれば良い。 $\tilde{\epsilon} \in (1, 1 + \delta)$  が成立している場合、前節の理由づけを適用することができる。いかなる  $s$  についても、適応策の技術革新に伴い総排出量は減少し先進国・途上国双方の厚生水準は上昇する。たとえ  $s = 0$  であったとしても、所得移転により途上国の厚生は改善する。この点をまとめると以下ようになる。

定理 3 先進国において  $T = tA$  だけ課税され、その内の  $sT$  ( $0 \leq s \leq 1$ ) が途上国に移転されるという所得移転制度の下では、 $\tilde{\epsilon} \in (1, 1 + \delta)$  を満たすように  $t$  を選ぶならば、適応策の技術革新によって  $\epsilon < 1$  の状況下で総排出量の減少および両国の厚生改善を達成することができる。

このような制度は政治的な実現可能性が低いかもしれないが、実際に適応策の技術革新が優れている場合にも、所得移転により先進国の適応策の実質的効力を減衰させることができることを示している。そうすることで、先進国の緩和策が促進し、途上国の厚生を改善する可能性が切り開かれる。この所得移転制度下においても、上述の定理の条件を満たすように  $t$  を設定する限りにおいて、先進国の厚生は改善する。

### 3.6 結論

緩和策が公共財としての性質を有するのに対して、適応策は私的財としての特性を有している。本章の南北経済モデルでは、適応策と緩和策の性質の相違により、GHG 総排出量と各国の厚生に複雑な影響が及ぶことを解明した。具体的には、途上国では緩和策しか実行できない一方で、先進国で適応策の技術革新が起きている事例に準拠して、上述の分析を行った。

主要な結論の 1 つは、技術革新が十分に効力を有している場合、途上国の厚生が悪化するということである。先進国は、自国の適応策によって気候変動被害を抑制できる分、GHG 排出の緩和策の水準を引き下げるという行動にでるため、途上国には被害が及ぶのである。この現象を、適応策を利用可能な地域から利用不可能な地域への「被害のリーケージ (leakage of damage)」と呼ぶことができるかもしれない。本章の分析では、どのような場合に被害のリーケージが起こり、その他の場合には各国にいかなる影響を及ぼすかについて厳密に証明した。5 つの場合分けの中には、南北の両国とも厚生改善を達成できる場合や先進国の厚生は悪化し途上国のそれは改善する場合も含まれている。

本章の分析は、適応投資の水準に応じて先進国に課税することで、リーケージを回避し、高水準の技術革新が生じた場合においても先進国と途上国双方の厚生改善を実現できることを示している。費用負担を求めるこの課税制度によって、先進国の技術革新の程度が抑制され、GHG 排出を緩和するという行動が喚起される。要するに、たとえ課税による収入が途上国に移転されなかったとしても、先進国の緩和策の成果である大気安定化

という「便益の共有 ( sharing of benefit )」が南北間でなされる可能性が示されている。

本分析が示しているように、適応策は、その反動で緩和策の水準が下落しないように特別な配慮と共に実行される必要がある。この意味において、適応策と緩和策は分離させるべきではなく、ときに南北間の所得移転制度を利用するなどして両者は統合されるべきである。実際に、Adger *et al.* (2005) は途上国の持続可能な発展の観点から適応策の包括的枠組みが形成される必要性を、Adger (2001) は途上国で適応策を実施できるよう気候適応基金 ( Climate Adaptation Fund ) に基づいて北から南に資金移転をする必要性を訴えている<sup>\*10</sup>。

本章の分析では、同時ゲームを想定している。しかしながら、適応策の意思決定は緩和策の程度に依存して行われる可能性があるため、Buob and Stephan (2011) の分析にあるように2段階ゲーム拡張することで、モデルはより現実に近いものとなるだろう。彼らの分析は、第1段階で先進国と途上国が非協力的ないしは協力的な方法で緩和水準を選び、第2段階において先進国が適応水準を選択するという設定になっている。さらに、本分析においては、適応策の費用は緩和策とは独立であると仮定しているが、Ingham *et al.* (2005) が指摘しているように緩和策に伴い適応費用が減少することもある。リーケージが南北の緩和策と適応策に及ぼす影響を検証するために貿易を含めたモデルは重要であるが、本分析では貿易については考察の対象外としている。以上の拡張によって、分析はより複雑なものとなり、結果を多様化させるものと考えられる。

最後に、本章のモデル分析では、適応策の私的財としての性質に焦点を当てたが、適応策には他にも様々な側面があり興味深い効果を生む可能性を秘めている。例えば、生態系管理や水資源管理のような複数主体による適応策と各経済主体によって行われる私的な適応策の切り分け ( Mendelsohn, 2000 ) や適応の技術移転 ( Klein *et al.*, 2005; Buob and Stephan, 2008 ) 等の事例が挙げられる。以上の諸観点について、今後さらなる発展が期待される。

---

<sup>\*10</sup> 途上国が受け取る所得は (3.19) 式で示されているように途上国の被害を低減する効果を有しているため、本分析で提示した所得移転制度は Adger (2001) の主張する基金を部分的に体现したものと考えられる。

## 3.7 補論

### 3.7.1 (3.6) 式の解法

$G, H, L$  の定義は次の通りである。

$$G(Z_N, Z_S, I_N, \alpha) \equiv B'_N(F'_N(Z_N) - I_N)F'_N(Z_N) - D_Z(Z, \alpha I_N) = 0 \quad (3.21)$$

$$H(Z_N, Z_S, I_N, \alpha) \equiv -B'_N(F'_N(Z_N) - I_N) - \alpha D_A(Z, \alpha I_N) = 0$$

$$L(Z_N, Z_S, I_N, \alpha) \equiv B'_S(F'_S(Z_S))F'_S(Z_S) - d'(Z) = 0.$$

$B, F, D, d$  に関して、 $B'_i > 0, B''_i < 0, F'_i > 0, F''_i < 0 (i = N, S), \alpha > 0, D_{ZZ} > 0, D_{AZ} = D_{ZA} = 0, D_{AA} > 0, d'(Z) > 0, d''(Z) > 0, I_N > 0$  という仮定をおく。これらの仮定に基づいて、次のように符号を定められる。

$$G_{Z_N} = \frac{\partial G}{\partial Z_N} = B''_N(F'_N)^2 + B'_N F''_N - D_{ZZ} < 0 \quad (3.22)$$

$$G_{I_N} = \frac{\partial G}{\partial I_N} = -B''_N F'_N > 0 \quad (3.23)$$

$$G_{Z_S} = \frac{\partial G}{\partial Z_S} = -D_{ZZ} < 0 \quad (3.24)$$

$$H_{Z_N} = \frac{\partial H}{\partial Z_N} = -B''_N F'_N > 0 \quad (3.25)$$

$$H_{I_N} = \frac{\partial H}{\partial I_N} = B''_N - \alpha^2 D_{AA} < 0 \quad (3.26)$$

$$H_{Z_S} = \frac{\partial H}{\partial Z_S} = 0 \quad (3.27)$$

$$L_{Z_N} = \frac{\partial L}{\partial Z_N} = -d'' < 0 \quad (3.28)$$

$$L_{I_N} = \frac{\partial L}{\partial I_N} = 0 \quad (3.29)$$

$$L_{Z_S} = \frac{\partial L}{\partial Z_S} = B''_S(F'_S)^2 + B'_S F''_S - d'' < 0 \quad (3.30)$$

$$G_\alpha = \frac{\partial G}{\partial \alpha} = 0 \quad (3.31)$$

$$H_\alpha = \frac{\partial H}{\partial \alpha} = -D_A - \alpha I_N D_{AA} \quad (3.32)$$

$$L_\alpha = \frac{\partial L}{\partial \alpha} = 0. \quad (3.33)$$

後の計算をし易くするために、 $H_\alpha$  の符号を  $\epsilon \equiv \frac{A}{D_A(Z,A)} \frac{\partial D_A}{\partial A}$  と結びつける。

$$\begin{aligned} H_\alpha &= -D_A(Z,A) - AD_{AA}(Z,A) \\ &= -D_A(Z,A) \left( 1 + \frac{A}{D_A(Z,A)} \frac{\partial D_A(Z,A)}{\partial A} \right) \\ &= -D_A(Z,A)(1 - \epsilon). \end{aligned} \quad (3.34)$$

したがって、

$$\text{sgn}H_\alpha = \text{sgn}(1 - \epsilon) \quad (3.35)$$

となる。(3.6) 式を展開すると、

$$\begin{pmatrix} dZ_N \\ dI_N \\ dZ_S \end{pmatrix} = M^{-1} \begin{pmatrix} -G_\alpha d\alpha \\ -H_\alpha d\alpha \\ -L_\alpha d\alpha \end{pmatrix}, \quad (3.36)$$

となる。ただし、

$$\begin{aligned} M^{-1} &= \frac{1}{|M|} \\ &\times \begin{pmatrix} H_{I_N} L_{Z_S} - H_{Z_S} L_{I_N} & G_{Z_S} L_{I_N} - G_{I_N} L_{Z_S} & G_{I_N} H_{Z_S} - G_{Z_S} H_{I_N} \\ H_{Z_S} L_{Z_N} - H_{Z_N} L_{Z_S} & G_{Z_N} L_{Z_S} - G_{Z_S} L_{Z_N} & G_{Z_S} H_{Z_N} - G_{Z_N} H_{Z_S} \\ H_{Z_N} L_{I_N} - H_{I_N} L_{Z_N} & G_{I_N} L_{Z_N} - G_{Z_N} L_{I_N} & G_{Z_N} H_{I_N} - G_{I_N} H_{Z_N} \end{pmatrix}. \end{aligned} \quad (3.37)$$

である。 $L_{I_N} = L_\alpha = H_{Z_S} = G_\alpha = 0$  であるため、次のようになる。

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \frac{dZ_N}{d\alpha} \\ \frac{dI_N}{d\alpha} \\ \frac{dZ_S}{d\alpha} \end{pmatrix} &= \frac{H_\alpha}{|M|} \begin{pmatrix} G_{I_N} L_{Z_S} \\ G_{Z_S} L_{Z_N} - G_{Z_N} L_{Z_S} \\ -G_{I_N} L_{Z_N} \end{pmatrix} \\ &= \frac{-D_A(1 - \epsilon)}{|M|} \\ &\times \begin{pmatrix} -B''_N F'_N (B''_S (F'_S)^2 + B'_S F''_S - d'') \\ (B''_N (F'_N)^2 + B'_N F''_N) d'' - (B''_N (F'_N)^2 + B'_N F''_N - D_{ZZ}) (B''_S (F'_S)^2 + B'_S F''_S) \\ -B''_N F'_N d'' \end{pmatrix}. \end{aligned} \quad (3.38)$$

最後に、 $|M| < 0$  を示す。すなわち、

$$|M| = \begin{vmatrix} G_{Z_N} & G_{I_N} & G_{Z_S} \\ H_{Z_N} & H_{I_N} & H_{Z_S} \\ L_{Z_N} & L_{I_N} & L_{Z_S} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} G_{Z_N} & G_{I_N} & G_{Z_S} \\ H_{Z_N} & H_{I_N} & 0 \\ L_{Z_N} & 0 & L_{Z_S} \end{vmatrix} \quad (3.39)$$

$$\begin{aligned} &= -L_{Z_N} G_{Z_S} H_{I_N} + L_{Z_S} (G_{Z_N} H_{I_N} - G_{I_N} H_{Z_N}) \\ &= -d'' D_{ZZ} (B''_N - \alpha^2 D_{AA}) \\ &\quad + (B''_S (F'_S)^2 + B'_S F''_S - d'') \\ &\quad \times [(B''_N (F'_N)^2 + B'_N F''_N - D_{ZZ}) (B''_N - \alpha^2 D_{AA}) - (B''_N F'_N)^2] \\ &= (B''_S (F'_S)^2 + B'_S F''_S) \\ &\quad \times [B'_N F''_N B''_N - \alpha^2 D_{AA} B''_N (F'_N)^2 - \alpha^2 D_{AA} B'_N F''_N - D_{ZZ} B''_N + D_{ZZ} \alpha^2 D_{AA}] \\ &\quad - d'' [B'_N F''_N B''_N - \alpha^2 D_{AA} B''_N (F'_N)^2 - \alpha^2 D_{AA} B'_N F''_N] < 0. \end{aligned} \quad (3.40)$$

### 3.7.2 $\frac{dZ_N^*}{d\alpha}$ , $\frac{dZ_S^*}{d\alpha}$ , $\frac{dZ^*}{d\alpha}$ の符号

(3.38) 式より、

$$\frac{dZ_N^*}{d\alpha} = \frac{G_{I_N} L_{Z_S} H_\alpha}{|M|}. \quad (3.41)$$

となる。 $G_{I_N} L_{Z_S} < 0$  と (3.34) 式と  $|M| < 0$  により

$$\text{sgn} \frac{dZ_N^*}{d\alpha} = \text{sgn}(1 - \epsilon). \quad (3.42)$$

が成立する。同様に、

$$\frac{dZ_S^*}{d\alpha} = \frac{-G_{I_N} L_{Z_N} H_\alpha}{|M|}. \quad (3.43)$$

となる。ゆえに、

$$\text{sgn} \frac{dZ_S^*}{d\alpha} = -\text{sgn}(1 - \epsilon). \quad (3.44)$$

が成立する。以上より、

$$\frac{dZ^*}{d\alpha} = \frac{d(Z_N^* + Z_S^*)}{d\alpha} = \frac{G_{I_N} H_\alpha (L_{Z_S} - L_{Z_N})}{|M|}. \quad (3.45)$$

となる。 $L_{Z_S} - L_{Z_N} < 0$  であるので、

$$\text{sgn} \frac{dZ^*}{d\alpha} = \text{sgn}(1 - \epsilon). \quad (3.46)$$

が成立する。

### 3.7.3 $\frac{dW_N^*}{d\alpha}$ と $\frac{dW_S^*}{d\alpha}$ の符号

$W_N^*$  を  $\alpha$  について微分する。包絡線定理と (3.38) 式を用いると、

$$\begin{aligned}\frac{dW_N^*}{d\alpha} &= -D_A I_N - D_Z \frac{dZ_S^*}{d\alpha} \\ &= -D_A I_N - D_Z \frac{B_N'' F_N' D_{ZZ}^S D_A (1 - \epsilon)}{|M|} \\ &= -D_A I_N \left( 1 + \frac{D_Z B_N'' F_N' D_{ZZ}^S}{I_N |M|} (1 - \epsilon) \right)\end{aligned}\quad (3.47)$$

となる。

$$\delta = \frac{I_N |M|}{D_Z B_N'' F_N' D_{ZZ}^S} \quad (3.48)$$

を定義すると

$$\frac{dW_N^*}{d\alpha} = -D_A I_N (1 + \delta^{-1} (1 - \epsilon)) \quad (3.49)$$

となる。ゆえに、

$$\text{sgn} \frac{dW_N^*}{d\alpha} = \text{sgn}((\delta + 1) - \epsilon) \quad (3.50)$$

が成立する。同様にして、

$$\frac{dW_S^*}{d\alpha} = -d' \frac{dZ_N^*}{d\alpha}. \quad (3.51)$$

となる。ゆえに、(3.42) 式を用いると

$$\text{sgn} \frac{dW_S^*}{d\alpha} = -\text{sgn}(1 - \epsilon). \quad (3.52)$$

が成立する。



## 参考文献

- [1] Adger, W.N. (2001), ‘Scales of governance and environmental justice for adaptation and mitigation of climate change’, *Journal of International Development* **13**: 921–931.
- [2] Adger, W.N., N.W. Arnell and E.L. Tompkins (2005), ‘Successful adaptation to climate change across scales’, *Global Environmental Change* **15**: 77–86.
- [3] Agrawala, S., C. Carraro, F. Bosello and E. De Cain (2009), ‘Adaptation, Mitigation and Innovation: A Comprehensive Approach to Climate Policy’. Working Paper, University of Venice, Italy.
- [4] Beg, N., J.C. Morlot, O. Davidson, Y. Afrane-Okesse, L. Tyani, F. Denton, Y. Sokona, J.P. Thomas, E.L. La Rovere, J.K. Parikh, K. Parikh and A.A. Rahman (2002), ‘Linkages between climate change and sustainable development’, *Climate Policy* **2**: 129–144.
- [5] Botzen, W.J.W., J.C.J.H. Aerts and J.C.J.M. van den Bergh (2009), ‘Willingness of homeowners to mitigate climate risk through insurance’, *Ecological Economics* **68**: 2265–2277.
- [6] Brander, J. A. and P. R. Krugman (1983). ‘A ‘reciprocal dumping’ model of International trade’, *Journal of International Economics* **15**: 313–323.
- [7] Buob, S. and G. Stephan (2008), ‘Global Climate Change and the Funding of Adaptation’, Discussion Papers, Universität Bern, Bern, Switzerland.
- [8] Buob, S. and G. Stephan (2011), ‘To mitigate or to adapt: How to confront global climate change’, *European Journal of Political Economy* **27**: 1–16.
- [9] De Bruin, K., R. Dellink and R. Tol (2009), ‘AD-DICE: An Implementation of Adaptation in the DICE Model’. *Climatic Change* **95**: 63–81.
- [10] Fankhauser, S., J. Smith and R. Tol (1999), ‘Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions’, *Ecological Economics* **30**: 67–68.
- [11] Fleischer, A., I. Lichtman, R. Mendelsohn (2008), ‘Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful?’, *Ecological Economics* **65**: 508–515.
- [12] Ingham, A., J. Ma. and A. Ulph (2005). ‘Can adaptation and mitigation be complements?’ Working Paper No. 79, Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich,

- UK.
- [13] Ingham, A., J. Ma and A. Ulph (2007), 'Climate change, mitigation and adaptation with uncertainty and learning', *Energy Policy* **35**: 5354–5369.
- [14] Kane, S. and J. Shogren (2000), 'Linking adaptation and mitigation in climate change policy', *Climatic Change* **45**: 75–102.
- [15] Klein, R.J.T., W.W. Dougherty, M. Alam and A.A. Rahman (2005), 'Technology to understand and manage climate risks: background paper for the UNFCCC seminar on the development and transfer of environmentally sound technologies for adaptation to climate change' [Online], Tobago, 14–16 June 2005, [http://www.pik-potsdam.de/research/research-domains/transdisciplinary-concepts-and-methods/favaia/pubs/klein\\_etal\\_2005.pdf](http://www.pik-potsdam.de/research/research-domains/transdisciplinary-concepts-and-methods/favaia/pubs/klein_etal_2005.pdf) (accessed 25 March 2011).
- [16] Lecocq, F. and Z. Shalizi (2007), 'Balancing Expenditures on Mitigation of and Adaptation to Climate Change: An Exploration of Issues Relevant to Developing Countries', World Bank Policy Research Working Paper No. 4299, World Bank, Washington, USA.
- [17] Mendelsohn, R. (2000), 'Efficient adaptation to climate change', *Climatic Change* **45**: 583–600.
- [18] Michaelowa, A. (2001), 'Mitigation versus adaptation: The political economy of competition between climate policy strategies and the consequences for developing countries' [Online], HWWA Discussion Paper 152, <http://purl.umn.edu/26401> (accessed 25 March 2011).
- [19] Parry, M., O. Canziani, J. Palutikof, P. van der Linden and C. Hanson (2007), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [20] Seo, S.N. and R. Mendelsohn (2008), 'An analysis of crop choice: Adapting to climate change in South American farms', *Ecological Economics* **67**: 109–116.
- [21] Smith, J.B. (1997), 'Setting priorities for adapting to climate change', *Global Environmental Change* **7**: 51–264.
- [22] Smithers, J. and A. Blay-Palmer (2001), 'Technology innovation as a strategy for climate adaptation in agriculture', *Applied Geography* **21**: 175–197.
- [23] Stern, N. (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [24] Tol, R.S.J., S. Fankhauser and J.B. Smith (1998), 'The Scope for Adaptation to Climate Change: What Can We Learn from the Impact Literature?', *Global Environmental Change* **8**: 109–123.
- [25] Ulph, A. and D. Ulph (1997), 'Global warming, irreversibility and learning', *The Eco-*

*conomic Journal* **107**: 636–650.

- [26] World Bank (2006), ‘Clean Energy and Development: Towards an Investment Framework’ [Online], World Bank, Washington, USA,  
<http://knowledge.cta.int/en/Dossiers/S-T-Issues-in-Perspective/Biofuels/Documents-online/General/Clean-energy-and-development-towards-an-investment-framework> (accessed 25 March 2011).

## 第4章

# 気候安全保障下の緩和援助策と適応援助策：発展途上国の脆弱人口を視野に入れて

本章の分析は、博士論文公表時点において投稿準備の段階にあり、投稿先の著作権に対する方針が確認できないため、モデル分析の詳細を割愛した縮約版である。

### 4.1 序論

気候変動の被害は人間社会の脆弱性に深く結びついている（Smit *et al.*, 2001; 三村、2006）。気候変動の影響の空間的範囲は広く、地球全域にわたって各地各様の被害がもたらされる。国連気候変動枠組条約（以下 UNFCCC）事務局によると、現在の世界において、脆弱性が高い国として筆頭に挙げられるのは後発開発途上国である。脆弱性を気候関連の災害による死亡者数で定義し、国ごとの脆弱性の順位付けを行った Brooks *et al.* (2005) の研究においても、UNFCCC 事務局によって後発開発途上国に挙げられている国々の脆弱性は軒並み高く表示されている\*<sup>1</sup>。このような脆弱性の高い地域では適応策の必要性が高い。

財政・技術制約に直面する途上国\*<sup>2</sup>の際立った脆弱性を考慮して、UNFCCC 第4条4項では、先進工業国が脆弱性の高い国に対して援助策を実施することが約束されている。京都議定書第12条8項においても、脆弱性の高い途上国の適応策の費用負担の必要性が規定され、2001年のマラケシュ合意をへてクリーン開発メカニズム（Clean Development

\*<sup>1</sup> 第2章第2節の脆弱性の定義にしたがえば、途上国の脆弱性の高さ適応力の低さともいいかえられる。Haddad (2005) は富・技術・教育・情報・インフラ・資源へのアクセス等の観点で適応力を説明している。Yohe and Tol (2002) は適応力の支配要因は、資金や設備等の利用可能な資源、人的資源、知識、情報管理、技術、社会制度、共同体、リスク管理のような社会経済的要素であるとしている。

\*<sup>2</sup> Parry *et al.* (2007)、Stern (2007)、World Bank (2006) は、途上国の適応策の課題の1つとして財政・技術制約を挙げている。

Mechanism: CDM)の収入の一部が適応基金の運営の原資とされることが決められた。つまり、適応援助策によって脆弱性の高い途上国の適応力を高めることが昨今の国際的課題となっている。

しかしながら、発展途上国内にも著しい脆弱性の不均一性が見られる。例えば、大気と海洋の水循環を介して、洪水や渇水のように大規模かつ長期的な影響を生じさせる気候変動問題においては、気象災害の発生により土地を追われる人口集団(気候変動避難民)の存在が顕著である(Warner *et al.*, 2009)。土地という生産要素を剥奪されることは、主に農業に従事する大多数の家計において、資本・労働を投入する場を失うことに等しい。生産要素を失えば生産・消費をすることができず、生命維持に支障をきたすことになる。つまり、途上国内の気候変動避難民は、生産人口に比して極めて脆弱性が高いと考えられる。

近年、人間の安全保障の観点から脆弱層に向けた適応援助策を実行することが望まれているが、気候の安全保障の視点に立てば、温室効果ガス(GHG)を削減する緩和援助策(例えば、CDM事業)も必要不可欠である(環境省、2007)。つまり、衣食住のような基本的ニーズを欠く途上国の脆弱層を適応援助策によって直接的に支援するだけでなく、途上国のエネルギー効率の向上(緩和援助策)による大気安定化を通じて間接的に脆弱層に正の便益を生じさせるという方向性が示されている。それゆえ、先進国から途上国への援助策における緩和策と適応策の資金分配のあり方が問題となるのである。

先行研究の多くは単一主体の意志決定における緩和策と適応策の相互関係を論じたものである<sup>\*3</sup>が、近年国際的な文脈の中に両者を位置づけた研究が増えている。Buob and Stephan (2011)では、複数国を想定した上で各国の特徴を環境質と所得で表示し、それらの水準に応じた緩和策と適応策の最適反応のあり方が分析された。Buob and Stephan (2008)は、初めに先進国から途上国への適応援助策が講じられ、それを受けて両国の緩和行動が決定するという設定の中で、適応援助策と途上国の緩和策に補完性と代替性がある場合が生じることを示した。Onuma and Arino (2011)では、先進国において適応策の技術革新が生じた場合の、先進国の緩和策と途上国の緩和策および各国の厚生に及ぼす影響が分析された。それに加えて、先進国から途上国への所得移転制度により各国の厚生を改善する結果が得られることが証明された。

しかしながら、以上の先行研究では、援助の分配については考察されていない。したがって、本章の分析では、先進国から途上国への援助策における緩和策と適応策の資金

<sup>\*3</sup> Kane and Shogren (2000)は他国の緩和策を外生的においた1国モデルによって、気候変動リスクが高まった際に適応策を増加させるか緩和策を増加させるかという問題を考察している。限界的な被害低減に関して両者が補完的か代替的であるかの仮定に依存することが確認された。同じく1国モデルの枠組みの中で、不確実性と学習、不可逆性を考慮した際に適応策が不可逆性制約を弱める効果を有することによって緩和策が低下することを示したのはIngham *et al.* (2007)である。Lecocq and Shalizi (2007)は、適応策を事前適応策と事後適応策の2種類に分けた上で、適応策と緩和策の最適分配の条件を導出した。一連の研究に一貫する論点は、緩和策と適応策が補完的手段か代替的手段かというものである。Ingham *et al.* (2005)は、様々な状況を比較し、適応の限界費用が緩和の程度に依存する場合を除いて両者は代替的手段であると論じている。

分配の望ましいあり方を示すことを目的とする。分析方法としては、Buob and Stephan (2008) および Onuma and Arino (2011) のモデルを参照し、それらを主に 2 つの点で拡張する。

第 1 に、途上国の人口描写についてである。Buob and Stephan (2008) の途上国の設定が適応援助策の受け手であるというものに止まるのに対して、本稿では脆弱層を擁する 2 つの人口集団を想定する<sup>\*4</sup>。「適応力は、根本的に脆弱な人々を社会的な意志決定構造の中でどのように取り扱うかという倫理的判断に依存する」と考えられる為である (Adger *et al.*, 2009, p.350)<sup>\*5</sup>。本稿の分析では、脆弱層を非生産人口と定義する。ゆえに、もう一方の人口集団は生産人口と考えられる。脆弱層は、具体的には気候変動による避難民や低賃金のインフォーマルセクターに従事する都市のスラム住民を指す。要するに、生活に最低限必要な所得を得られないことで、適応力が著しく不足している人口集団ということである。その意味では、概念上、貧困層とも重複する領域を有すると考えられる (World Bank, 2008)。

第 2 に、援助策の分配のあり方を論じるため、本分析においては援助策を緩和策と適応策の 2 種類に分類する。緩和援助策については、CDM 事業や ODA を通じたエネルギー効率向上 (省エネルギーと代替エネルギーの普及) を考える<sup>\*6</sup>。既述の通り、脆弱層は生産を行わないため、途上国の非脆弱層、すなわち生産部門に属する人口に向けて緩和援助がなされるものとする。他方で、適応援助は脆弱層の適応策にあてられ、公共財としての役割を果たすものとする。例えば、海面上昇に対して脆弱なことで知られるバングラディシュの国家適応行動計画によれば、海岸線の植林、水資源管理、早期警報システム、氾濫原における洪水・サイクロンシェルター等の公共財的な適応策が優先的対策として掲げられている (Ministry of Environment and Forest Government of the People's Republic of Bangladesh, 2005)。他にも、Mendelsohn (2000) は、生態系管理や灌漑水管理、洪水・津波対策の護岸整備における公共性を指摘している。

分析結果は、援助の分配比率を決定する主体 (先進国、途上国または両国) に応じて 3 つの場合に分かれる。第 1 に、先進国が分配比率を決定する場合は、自国にも便益が及ぶように途上国における緩和水準が増加するよう緩和援助の分配比率を増加させる。その結果、すべての援助資金が途上国の緩和事業に回されることになる。第 2 に、途上国が分配

<sup>\*4</sup> Onuma and Arino (2011) でも途上国は財政制約ゆえ自ら適応策を講じられないという設定に止まっている。ただし、Onuma and Arino (2011) の適応援助策において強調された効果は、先進国において適応策に課税されると緩和策が促進され、結果的に途上国に正の便益が及ぶというものである。つまり、途上国が適応援助を受給し自国で適応策を実施することに主眼があるわけではない。

<sup>\*5</sup> Warner *et al.* (2009) によれば、脆弱性の高い気候変動避難民の対策は、「人間の安全保障 (human security)」の観点から人間の尊厳と基本的人権の保護と共に成されるべきであるとされている。

<sup>\*6</sup> CDM は京都議定書 12 条で規定されており、国際排出権取引と共同実施 (JI) とならび京都メカニズムの 1 つである。CDM は途上国の持続可能な開発と危険でない水準に世界の GHG 濃度を安定化させることを目的として、主に民間事業主体によって行われる GHG 削減 (緩和) 事業である。

比率を決定する場合は、先進国の温室効果ガス排出増加による不利益と援助そのものから得られる便益の多寡に応じて分配比率の選択がなされる。具体的には、生産人口に支給される緩和援助と脆弱人口に支給される適応援助の便益の多寡に応じて分配比率が調整される。第3に、先進国と途上国が協力的に分配比率を決定する場合は、緩和策にも適応策にも援助資金が偏ることはなく、その水準は途上国単独で決定する分配比率よりも高くなる（緩和援助策の比率が高くなる）。以上のように、途上国は脆弱人口の適応策に、先進国は生産人口の緩和策に援助するインセンティブを有していることが示される。この結果、両国の利害が均衡する水準（協調解）は、その両方のインセンティブが調和する点、すなわち、先進国単独で決める第1の場合の分配比率と、途上国単独で決める第2の場合の分配比率の中間のいずれかの比率として実現すると解釈できる。

続いて、途上国での緩和事業（具体的には、CDM事業）による収入の一部を適応基金に回す政策の効果も検証した。第1に、先進国では、適応基金に回す割合にかかわらず、すべての資金を緩和援助に回すことになる。これは、CDM事業による収入に加えて、途上国の緩和水準の上昇の限界便益を常に与えることができるためである。第2に、途上国が選択する分配比率は、適応基金に回す割合が増えるにしたがって、増加する。大事なことは、ある一定の水準をすぎると分配比率は減少するものの、適応基金がない場合に比べて適応基金が存在することにより必ず途上国が緩和援助を求めるインセンティブが高まることである。第3に、両国が分配比率を選択する場合も、適応基金の導入によって途上国に緩和援助を増やすインセンティブが加わり、先進国が求める分配比率に多少なりとも近づく。以上から、適応基金の存在により、南北のインセンティブの乖離が縮小するものと解釈することができる。

本稿の構成としては、まず次節でモデルを示す。第3節で、2段階ゲーム（第1段階で援助の分配比率を決定し、第2段階で各国のGHG排出水準を決定）の各段階の最適行動の性質を調べる。第4節で、適応基金の導入の効果を検証する。第5節で、今度の課題とともに結論を述べる。

## 4.2 モデル

世界経済は先進国と途上国の2地域からなるものとする。先進国の人口、途上国の人口はともに外生的に与えられるものとする。途上国の人口は、さらに脆弱人口と生産人口の2つの人口集団に分けられる。脆弱人口は、生産活動を行っていない気候変動避難民やスラム住民をさし、生産人口は生産部門で労働する人口をさす。生産人口だけが排出するものと仮定する。先進国では全員が生産をし、途上国では生産人口だけが生産をするものとする。先進国と途上国が生産する財は同一であるが、生産過程と生産物の分配のあり方が異なる。

先進国では、生産物の生産過程で GHG を排出するものとし、生産関数を GHG 排出の関数として定義する。GHG 排出量は人口と 1 人あたり GHG 排出量の積で表される。生産関数は 2 階連続微分可能であるとして、生産に関する収穫逓減の仮定をおく。先進国は、生産物を自国の消費と途上国への援助に分配する。援助総額のうち一定割合が途上国の生産人口、すなわち生産部門の緩和資本（省エネルギー化や再生可能エネルギー使用のための資本財）に投資され、残りが脆弱人口の適応資本（サイクロンシェルター、堤防、環境保全林などの人工資本および自然資本）に投資される。援助総額に対する緩和援助の割合を  $\theta$  とおく。先進国の生産物の分配方法は

$$\text{生産物} = \text{消費} + \text{援助} = \text{消費} + \text{緩和援助} + \text{適応援助} \quad (4.1)$$

$$= \text{消費} + \theta \times \text{援助} + (1 - \theta) \text{援助} \quad (4.2)$$

となる。国際的な排出権市場の存在を仮定すると、緩和援助により削減した排出量は、排出権市場において売却することのできるクレジット（排出権）となる。本稿においては、緩和援助はリタンの有無に関わらず拠出される無償援助と考えるが、民間企業が緩和資本へ投資するインセンティブが存在する条件を明示すると、

$$\text{緩和投資の収入（排出権売却収入）} > \text{緩和投資額} \quad (4.3)$$

が成立するときである。

途上国では、生産過程で排出される GHG と先進国からの緩和援助を生産要素にして生産を行うものと仮定する。生産関数は 3 階連続微分可能であるとして、生産に関する収穫逓減の仮定をおく。途上国の生産部門における 2 つの生産要素である途上国の GHG 排出量と先進国の緩和援助額が相当する GHG 排出量は、完全代替の関係にあると仮定している<sup>\*7</sup>。ある一定の生産規模を保つ場合を考えると、緩和援助額が相当する GHG 排出量を余分に排出する必要がなくなるため、緩和援助額が増加すれば GHG 排出を抑えつつ同生産水準を達成できるものとする<sup>\*8</sup>。生産物の分配方法は、次のように生産人口と脆弱人口の 2 通りに分けられる。

$$\text{生産人口：生産物} = \text{消費} \quad (4.4)$$

$$\text{脆弱人口：初期賦存資源} + \text{適応援助} = \text{消費} \quad (4.5)$$

生産人口は自ら生産した財を消費する。脆弱人口の消費は、外生的に与えられる最低限の生活物資と洪水対策としての堤防や環境保全林のような適応援助の加重平均で定義される。途上国内で、生産人口の生産した財が脆弱人口には行き渡らず、脆弱人口の消費はす

<sup>\*7</sup> 緩和資本は、火力発電の化石燃料エネルギーを代替する水力発電所や風力発電機のような代替エネルギー資本であると想定しており、エネルギー単位であれ排出単位であれ、生産要素として完全代替的にとりあつかうことができる

<sup>\*8</sup> 緩和援助策が、途上国の人口とは無関係に総額で生産に寄与しているのは、CDM 投資による技術伝播や技術移転が公共財の性質を有していることによる。



べて国連難民高等弁務官事務所 (UNHCR) のような国際機関による緊急援助や適応基金などの国際的な適応援助策に依存していることになる。気象災害に直面し土地や資本を失った気候変動避難民は生産できないだけでなく、難民キャンプのように隔絶された場所に住むことが多く地元政府の公共サービスや経済発展の恩恵に十分に与れないという状況を描いている。

各国は消費によって便益をえる。先進国の便益関数を消費の関数として定義し、途上国の生産人口および脆弱人口の便益関数についても、それぞれ消費の関数として定義する。どの消費の便益関数についても、限界便益逓減と3階連続微分可能性の仮定をおく。両国からのGHG排出によって温暖化が進行し気候変動被害が生じる。そのため、両国のGHG排出量の和の関数として、先進国、途上国の生産人口、途上国の脆弱人口それぞれの被害関数が定義される。3階連続微分可能性と被害逓増を仮定する。

先進国と途上国の厚生は、消費の便益と環境被害の差として定義される。ただし、先進国は、それらに加えて緩和援助によって獲得するクレジット（排出権）売却収入をえる。途上国の厚生は生産人口と脆弱人口の厚生の和からなり、それぞれの厚生は人口比率で重みづけされる。

以上のモデルを用いて、先進国から途上国への援助策の最適分配比率と各国の緩和策の水準について検証する。その際、基本的には Buob and Stephan (2008) と類似した行動順序を想定する。すなわち、

0. 先進国が所与の援助額を拠出する。
1. 先進国、途上国、あるいは先進国と途上国の両国が緩和援助策と適応援助策の最適分配比率を決定する。
2. 先進国と途上国がGHG排出水準を決定する。

ただし、最適分配比率の決定は Buob and Stephan (2008) では行われていない。本章の研究の貢献はこの点にある。

### 4.3 最適な援助分配比率とGHG排出量

この節では、緩和援助策と適応援助策の効率的な援助分配比率と、それに応じた各国および世界のGHG排出量の水準を考察する。先進国が拠出する所与の援助額の下で、先進国、途上国、および両国で援助分配比率を決定する3つの場合を想定する<sup>\*9</sup>。援助額を

<sup>\*9</sup> 京都議定書第12条8項の規定を根拠にマラケシュ合意を経て設立された適応基金においては、従来の適応関連基金が先進国の任意の決定に依存していたのに対して、途上国の側からプロジェクトを申請することが可能となった。この点で、先進国が援助比率を決定できる場合と途上国が援助比率を決定できる場合を分けて考える必要がある。また、ODAは政府間での交渉によりプロジェクト選定と資金拠出を行うことが基本であることや、Klein *et al.* (2005) が紹介している二国間の適応資金援助や技術供与等では両国の協力が前提とされていることなどから、先進国と途上国が協調的に援助分配比率を決定する状況を考察

所与として、第 1 段階での最適分配比率<sup>\*10</sup>の決定を行い、第 2 段階で先進国と途上国が GHG 緩和策について決定するものとする。この問題は、2 段階ゲームとして定義され、後ろ向きに解かれる。

#### 4.3.1 第 2 段階：GHG 排出量の決定

第 2 段階では、先進国と途上国は援助の分配比率を所与として GHG 排出水準を選択する。Buob and Stephan (2008) や Onuma and Arino (2011) に則って、排出削減に関する国際合意は想定しない。当段階における均衡は同時ゲームナッシュ均衡となる。先進国と途上国は互いに相手の行動を所与として、自国の厚生を最大化するように 1 人あたり排出水準を選択する。したがって、先進国の最適化問題は、生産物の分配条件を満たしつつ、1 人あたり排出量について厚生を最大化することである。一方、途上国の最適化問題は、分配条件を制約条件として、1 人あたり排出量について厚生を最大化することである。

内点解を仮定すると、以上の最大化問題の 1 階の条件は

$$\text{先進国：限界便益} - \text{限界被害} = 0 \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned} \text{途上国：生産人口の限界便益} - \text{生産人口の限界被害} \\ + \text{脆弱人口の限界便益} - \text{脆弱人口の限界被害} = 0 \end{aligned} \quad (4.7)$$

となる。生産関数、便益関数、被害関数の形状に関する仮定により、2 階の条件を満たす。それゆえ、解の一意性は保証されている。先進国では、GHG 排出の限界便益と限界被害が一致する水準で均衡排出量が定まる。途上国では、生産人口の限界純便益（限界便益と限界被害の差）と脆弱人口の限界被害が一致する水準で均衡排出量が決まる。この連立方程式から導出される均衡排出量はナッシュ均衡解であり、援助の分配比率、援助額、先進国の人口、途上国の人口、脆弱層の人口、国際的な排出権価格、緩和投資の GHG 換算係数の関数として求められる。また、生産関数、便益関数、被害関数の形状に関する仮定により、ナッシュ均衡解の一意性も保証される。

1 階の条件を全微分して整理することで、援助の分配比率と各国の 1 人あたり排出量について、以下のような結果をえる。

- 生産関数、便益関数、被害関数の形状に関する仮定の下、緩和援助策の分配比率  $\theta$  の増加（適応援助策の分配比率の減少）が各国 1 人あたり排出量および総排出量に与える効果は次のように決まる。(1) 先進国の 1 人あたり排出量については、必ず増加する。(2) 途上国の 1 人あたり排出量については、必ず減少する。(3) 両国の

することも必要である。

<sup>\*10</sup> 本章の分析で「最適分配比率」と呼ぶ比率は、先進国が拠出する援助額は所与である点において、厳密には「次善の最適分配比率」であることに留意されたい。

1人あたり排出量については、必ず減少する。人口は外生的であるため、(1)、(2)、(3)の関係は総排出量についても該当する。

緩和援助策の分配比率が上昇すると、GHG 排出効率が向上するため途上国の均衡排出量は低下する。途上国の GHG 排出量の減少に応じて、先進国では緩和策の限界便益よりも消費の限界便益が高まり、先進国では GHG 排出量を増加させ、生産および消費を増加させる。つまり、南北で同時に緩和が進むことはない。つまり、第 2 段階のゲームは、GHG 排出量において戦略的代替の関係にあるといえる。

世界の排出量の変化が負であることは、途上国の排出量の変化が先進国のそれをつねに上回ることを意味する。これは反応曲線の傾きによるもので、生産関数、便益関数、被害関数の形状に関する仮定から導かれるものである。

以上の分析では、所与の援助分配比率が上昇した場合の第 2 段階における GHG 排出量の変化の性質を明らかにした。この比較静学の結果を前提として、第 1 段階で、各国が単独または共同で効率的な援助の分配比率  $\theta$  を選択する問題を考察する。

#### 4.3.2 第 1 段階：援助の分配比率の決定

前節では、第 2 段階で南北各国が非協力的に行動する状況において、援助の分配比率が増加したときに各国の均衡排出量がどのように変化するかを分析した。本節では、各国の GHG 緩和策に関する行動を予測して、その前段階（第 1 段階）でどのように効率的な援助の分配比率を決定するかの性質を調べる。援助の分配比率を決定する主体としては、先進国、途上国、および両国の 3 通りを考える。

第 1 に、先進国が援助の分配比率を選択する状況を考える。ここでの先進国の問題は、(4.6) 式と (4.7) 式を制約として先進国の厚生を最大化させる援助の分配比率  $\theta \in [0, 1]$  を選択することである。第 2 段階において定まる GHG 排出量の組（先進国の排出量と途上国の排出量）は、第 1 段階で選択する  $\theta$  の水準に影響される。つまり、各国の排出量は  $\theta$  の関数になる。

先進国の 1 階の条件を (4.6) 式に注意して整理すると、

$$\text{緩和援助の限界便益} + \text{排出権売却の限界収入} > 0 \quad (4.8)$$

となる。先進国の限界純便益は常に正となり、 $0 \leq \theta \leq 1$  に注意すると援助の分配比率は端点解となる。先進国が決定する援助の分配比率を  $\theta_n^*$  とすると、 $\theta_n^* = 1$  をえる。左辺第 1 項は緩和援助による途上国の GHG 削減が先進国におよぼす限界便益、第 2 項は緩和援助の収入による限界便益である。

第 2 に、途上国が援助の分配比率を選択する状況を考える。途上国の問題は、(4.6) 式と (4.7) 式を制約として途上国の厚生を最大化させる援助の分配比率  $\theta \in [0, 1]$  を選択する

ことである。

途上国の1階の条件を、(4.7)式に注意して整理すると、

$$\text{生産人口の限界純便益} + \text{脆弱人口の限界純便益} = 0 \quad (4.9)$$

となる。左辺第1項は、緩和援助の分配比率増加による生産の排出効率増加の限界便益(第1要素)と援助分配比率の上昇に伴う先進国のGHG排出量増加による生産人口の限界不便益(第2要素)からなる。左辺第2項、つまり脆弱人口の限界純便益は、援助分配比率の上昇による適応援助策分配比率の低下による限界不便益(第1要素)と、それに伴う先進国のGHG排出量増加による限界不便益(第2要素)から構成されている。左辺第1項の第1要素は正となり、それ以外は全て負となる。それゆえ、内点解の存在を仮定すると、途上国が決定する援助の分配比率は  $\theta_s^* \in (0, 1)$  となる。途上国が決定する援助の分配比率を  $\theta_s^*$  とする。

生産人口と脆弱人口の分布は、分配比率の値に影響を与える。脆弱人口が十分に多ければ、脆弱人口の負の限界純便益が大きく評価され最適分配比率は低い水準となる。

第3に、先進国・途上国が協力して援助の分配比率を選択する状況を考える。この場合、先進国と途上国は、(4.6)式と(4.7)式を制約として両国の厚生を最大化する援助の分配比率  $\theta \in [0, 1]$  を選択する。第2段階においては非協力的に排出量を決定するゲームが行われるのに対して、援助の分配比率については南北が協力的に選択する状況を示している。

1階の条件を(4.6)式と(4.7)式に注意して整理すると、

$$\begin{aligned} & \text{緩和援助の限界便益} + \text{排出権売却の限界収入} \\ & + \text{生産人口の限界純便益} + \text{脆弱人口の限界純便益} = 0 \end{aligned} \quad (4.10)$$

となる。この式から、両国が決定する援助の分配比率を  $\theta_{n+s}^*$  とするとき、内点解  $\theta_{n+s}^* > 0$  をえる。第1項と第2項は先進国の限界純便益であり、第3項、第4項は途上国の限界純便益である。(4.9)式の左辺に(4.8)式の左辺の2項(ともに正)が加わることで、限界純便益が増加する。それゆえ、内点解を仮定すると、均衡解  $\theta_{n+s}^*$  は  $\theta_s^*$  より高い水準となる。

ゆえに、以下の結果をえる。

- 生産関数、便益関数、被害関数の形状に関する仮定の下、援助の最適分配比率は次のように定まる。先進国の定める分配比率を  $\theta_n^*$ 、途上国の定める分配比率を  $\theta_s^*$ 、両国の定める分配比率を  $\theta_{n+s}^*$  とすると、 $0 < \theta_s^* < \theta_{n+s}^* < \theta_n^* = 1$  となる。

第1段階での援助の分配比率は、第2段階で非協力的に決定されるGHG排出量の変化を制約にして選択される。第1に、先進国の意思決定の下では、援助の分配比率の増加によって途上国のGHG排出量が減少し、かつCDM投資の収入をえられるため、すべての

資金が緩和策に援助されることになる。第 2 に、途上国の意思決定について考える。大気という環境を通じた便益と援助による便益を分けて考えることができる。途上国は、先進国の GHG 排出量の増加によって気候変動被害という形で不利益を受け取る一方で、緩和策ないしは適応策に投資される援助による便益を享受する。援助の分配比率の増加にともない、生産人口の生産エネルギー効率上昇の便益を享受するが、脆弱人口の居住地域における適応策がその分減少するという不利益が発生する。したがって、途上国の選択する援助の分配比率が、0 と 1 の間に収まるのは、生産人口と脆弱人口間で援助資金の限界便益がバランスするように選択されるためである。第 3 に、両国の協調解は、先進国と途上国が単独で選択する分配比率の中間のいずれかの水準となる。

#### 4.4 適応基金の下での最適な援助分配比率と GHG 排出量

ここまでの議論では、CDM 事業による収入（排出権売却収入）の 2% を途上国の適応策に回すという現行の適応基金の存在を考慮していない。ゆえに、本節では適応基金を導入した場合に、各国の決定する最適な援助分配比率はどのように変化するかを考察する。

先進国の緩和援助の収入のうち一定の割合  $\tau \in [0, 1]$  が途上国の脆弱人口の適応策のために使われるものとする。すると先進国の厚生から、 $\tau \times$  「緩和援助の収入」が差し引かれ、途上国の脆弱人口の便益に追加されることになる。

まず、第 2 段階の GHG 排出量の決定のための条件は、前節の状況と変わらない。すなわち、(4.6) 式と (4.7) 式となる。次に、第 1 段階の最適な援助分配比率について、前節のように、援助の分配比率を決定する主体として先進国、途上国、および両国の 3 通りを考える。所与の  $\tau$  およびその他の外生変数の下で、先進国の厚生、途上国の厚生、ならびに両国の厚生をそれぞれ最大化する  $\theta$  を選択する問題を解くことになる。

第 1 に、先進国が援助の分配比率を選択する状況を考える。先進国の 1 階の条件を (4.6) 式に注意して整理すると、

$$\text{緩和援助の限界便益} + (1 - \tau) \times \text{排出権売却の限界収入} > 0 \quad (4.11)$$

をえる。(4.8) 式との違いは左辺の第 2 項だけである。収入の一部が途上国に移転されるが、GHG 削減の便益がえられるかぎり、依然として左辺第 1 項も第 2 項も正となるため、 $0 \leq \theta \leq 1$  に注意して、援助の分配比率は  $\theta_n^* = 1$  となる。 $\tau$  の値に関わらず全ての援助資金を緩和援助策に回すことになる。すなわち、 $\theta_n^*|_{\tau=0} = \theta_n^*|_{\tau>0} = 1$ 。

第 2 に、途上国が援助の分配比率を選択する状況を考える。途上国の 1 階の条件を (4.7) 式に注意して整理すると、(4.9) 式の左辺の限界純便益に  $\tau \times$  (排出権売却の限界収入) が追加されることになる。これが適応基金の限界便益である。結果として、適応基金を考慮しない場合に比べて、途上国が求める援助分配比率  $\theta_s^*$  は増加する。すなわち、 $\theta_s^*|_{\tau=0} < \theta_s^*|_{\tau>0}$ 。

第 3 に、先進国・途上国が協力して援助の分配比率を選択する状況を考える。両国の厚生を最大化するための 1 階の条件を (4.6) 式と (4.7) 式に注意して整理すると、(4.10) 式の左辺の排出権売却の限界収入から  $\tau \times$  (排出権売却の限界収入) が引かれ、(4.10) 式の左辺の脆弱人口の限界純便益に  $\tau \times$  (排出権売却の限界収入) が追加される。これは CDM 課徴金による先進国の収入減少と適応基金による途上国の収入増加の限界効果を表している。さらに、CDM 課徴金が適応基金を介して適応援助に回されることにより、緩和援助の分配比率が高まった場合の適応援助の損失額を抑制する正の効果が生まれる。このことから、適応基金を考慮しない場合に比べて、途上国が求める援助分配比率  $\theta_{n+s}^*$  は増加する。すなわち、 $\theta_{n+s}^*|_{\tau=0} < \theta_{n+s}^*|_{\tau>0}$ 。

以下の結果をえる。

- 生産関数、便益関数、被害関数の形状に関する仮定の下、適応基金を導入すると援助策に関する最適分配比率は次のように定まる。

$$0 < \theta_s^*|_{\tau=0} < \theta_s^*|_{\tau>0} < \theta_{n+s}^*|_{\tau=0} < \theta_{n+s}^*|_{\tau>0} < \theta_n^*|_{\tau=0} = \theta_n^*|_{\tau>0} = 1.$$

ただし、先進国の定める分配比率を  $\theta_n^*$ 、途上国の定める分配比率を  $\theta_s^*$ 、両国の定める分配比率を  $\theta_{n+s}^*$  とする。

## 4.5 結論

本章では、緩和策と適応策の援助のあり方について考察した。本研究では、途上国の人口を明示的に表し脆弱人口と生産人口に区分した上で、援助の分配比率を求めた。分配比率にとどまらず、その分配比率に応じて南北各国が互いに戦略的に行動したときにどのような GHG 排出行動をとるかという点まで考察対象とした。先進国と途上国は、大気という地球公共財と気候変動援助策（緩和策と適応策）の両面において、相互に結びついているためである。

分析結果は、援助の分配比率を決定する主体（先進国、途上国または両国）に応じて 3 つの場合に分かれるが、途上国の人口分布が結果に影響する点が特徴的である。第 1 に、先進国が分配比率を決定する場合は、自国にも便益が及ぶように途上国における緩和水準が増加するよう緩和援助の分配比率を増加させる。その結果、すべての資金を緩和策に援助することになる。第 2 に、途上国が分配比率を決定する場合は、先進国の温室効果ガス排出増加による不便益と援助そのものから得られる便益の多寡に応じて分配比率の選択がなされる。具体的には、生産人口に支給される緩和援助と脆弱人口に支給される適応援助の便益の多寡に応じて分配比率が調整される。第 3 に、先進国と途上国が協力的に分配比率を決定する場合は、緩和策にも適応策にも援助資金が偏ることはなく、その水準は途上国単独で決定する分配比率よりも高くなる（緩和援助策の比率が高くなる）。以上のように

に、途上国は脆弱人口の適応策に、先進国は生産人口の緩和策に援助するインセンティブを有していることが示される。この結果、両国の利害が均衡する水準（協調解）は、その両方のインセンティブが調和する点、すなわち、先進国単独で決める第1の場合の分配比率と、途上国単独で決める第2の場合の分配比率の中間のいずれかの比率として実現すると解釈できる。

続いて、途上国での緩和事業（具体的には、CDM事業）による収入の一部を適応基金に回す政策の効果も検証した。第1に、先進国では、適応基金に回す割合にかかわらず、すべての資金を緩和援助に回すことになる。これは、CDM事業による収入に加えて、途上国の緩和水準の上昇の限界便益を常に与えることができるためである。第2に、途上国が選択する分配比率は、適応基金に回す割合が増えるにしたがって、増加する。大事なことは、ある一定の水準をすぎると分配比率は減少するものの、適応基金がない場合に比べて適応基金が存在することにより必ず途上国が緩和援助を求めるインセンティブが高まることである。第3に、両国が分配比率を選択する場合も、適応基金の導入によって途上国に緩和援助を増やすインセンティブが加わる。まとめると、適応基金の存在により、南北のインセンティブ構造のギャップを埋める効果が働くことを確認することができた。

気候変動政策の経済学的研究の中で、南北の緩和策を内生化した上で先進国から途上国への援助を対象としたものは、筆者の知る限りでは、Buob and Stephan (2008) と Onuma and Arino (2011) しかない。しかし、彼らの分析では、人口集団を区別しておらず援助策の途上国における分配を論じていない。亀山 (2010) も指摘するように、昨今の中国、インド、NIES 諸国のように急速に経済発展を遂げる国々と後発開発途上国のような国々を一概に「南」という枠組みに押し込めて論じることは現実から多分に乖離した仮定である点を直視しなければならない。そこで、本研究では、途上国を脆弱人口と生産人口に分類した。この分類は、低所得国と高所得国というような国家による分類ではない点が重要である。この仮定は、第2章の研究でも明らかにされているように、脆弱性が往々にして貧困と結びつき、衣食住などの基本的ニーズを欠く生活者の厚生と密接に関連している事実に基づいている。従来、経済分析の対象とされてこなかった気候変動避難民やスラム住民のように、生産経済から分断され対外援助に強く依存せざるをえない存在を、明示的に分析に組み入れた点が本研究の貢献といえる。

ただし、Warner *et al.* (2009) が指摘しているように、気候変動避難民の発生は動的現象であり、生産人口から脆弱人口、あるいは脆弱人口から生産人口という両方向の人口移動がありうる。世界銀行が提示している開発政策は、脆弱人口をいかに減らし、就業人口を増加させ、当該国が堅調な経済成長を遂げていくかというものである。ゆえに、このような人口移動や先進諸国への気候変動難民の流出という問題は今後の研究課題である<sup>\*11</sup>。

\*11 所得上昇をもたらす脆弱人口から生産人口へ質的転換を促す効果を有する適応策は、開発政策としての性

ただ、本研究が立脚している適応策と緩和策の両立の発想は、国際的な開発政策の分析に対して大気を通じた環境効果を考慮することによる、そして国際的な気候変動政策の分析に対しては開発政策の効果を考慮することによる新たな視点を与えていると考えられる。

---

質をもつ。例えば、適応援助資金の分配と現地でのプロジェクト実施と指導を担う世界銀行はそうした視点を有している（World Bank, 2003; World Bank, 2006; World Bank, 2008）。現場では、所得や技術、知識の側面から適応力を向上させ、中長期的に脆弱人口の所得増加や雇用増加の機会をもたらすような適応援助策が求められているのである。開発の視点は、UNFCCC 第 4 条 7 項に見られる経済・社会開発と貧困撲滅の必要性の記述にも端的に表れている。Warner *et al.*(2009, p.5) も「脆弱人口の気候変動被害への抵抗力 (resilience) を高めることで避難民の数を減少させられる」ことに言及している。以上のような適応援助策の分析は今後の課題である。



## 参考文献

- [1] Adger, W.N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D.R. Nelson, L.O. Naess, J. Wolf and A. Wreford (2009), 'Are there social limits to adaptation to climate change?', *Climatic Change* **93**: 335–354.
- [2] Ministry of Environment and Forest Government of the People's Republic of Bangladesh (2005), 'National Adaptation Programme of Action (NAPA)', <http://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fmfcc.int%2Fresource%2Fdocs%2Fnapa%2Fban01.pdf&ei=jDtoT-\3zIe3ImQWexajoCA&usg=AFQjCNFb4DBBWRdqzyuOmMZYMYLNDiC1oQ&sig2=jLeaAU0Mt9zr9CrZs1JSsw>
- [3] Brooks, N., W.N. Adger and P.M. Kelly (2005). 'The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation', *Global Environmental Change* **15**: 151–163.
- [4] Buob, S. and G. Stephan (2008), 'Global Climate Change and the Funding of Adaptation', Discussion Papers, Universität Bern, Bern, Switzerland.
- [5] Buob, S. and G. Stephan (2011), 'To mitigate or to adapt: How to confront global climate change', *European Journal of Political Economy* **27**: 1–16.
- [6] Haddad, B.B. (2005), 'Ranking the adaptive capacity of nations to climate change when socio-political goals are explicit.' *Global Environmental Change* **15**: 165–176.
- [7] Ingham, A., J. Ma. and A. Ulph (2005). 'Can adaptation and mitigation be complements?' Working Paper No. 79, Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, UK.
- [8] Ingham, A., J. Ma and A. Ulph (2007), 'Climate change, mitigation and adaptation with uncertainty and learning', *Energy Policy* **35**: 5354–5369.
- [9] Kane, S. and J. Shogren (2000), 'Linking adaptation and mitigation in climate change policy', *Climatic Change* **45**: 75–102.
- [10] Klein, R.J.T., W.W. Dougherty, M. Alam and A.A. Rahman (2005), 'Technology to understand and manage climate risks: background paper for the UNFCCC seminar on

- the development and transfer of environmentally sound technologies for adaptation to climate change' [Online], Tobago, 14–16 June 2005, [http://www.pik-potsdam.de/research/research-domains/transdisciplinary-concepts-and-methods/favaia/pubs/klein\\_etal\\_2005.pdf](http://www.pik-potsdam.de/research/research-domains/transdisciplinary-concepts-and-methods/favaia/pubs/klein_etal_2005.pdf) (accessed 25 March 2011).
- [11] Lecocq, F. and Z. Shalizi (2007), 'Balancing Expenditures on Mitigation of and Adaptation to Climate Change: An Exploration of Issues Relevant to Developing Countries', World Bank Policy Research Working Paper No. 4299, World Bank, Washington, USA.
- [12] Mendelsohn, R. (2000), 'Efficient adaptation to climate change', *Climatic Change* **45**: 583–600.
- [13] Onuma, A. and Y. Arino (2011), 'Greenhouse gas emission, mitigation and innovation of adaptation technology in a North-South economy', *Environment and Development Economics* **16(6)**: 639– 656.
- [14] Parry, M., O. Canziani, J. Palutikof, P. van der Linden and C. Hanson (2007), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [15] Smit, B., O. Pilifosova, I. Burton, B. Challenger, S. Huq, R.J.T. Klein and G. Yohe (2001), 'Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity.' In McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White, eds., *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 877-912.
- [16] Stern, N. (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press, Cambridge.
- [17] Yohe, G. and R.S.J. Tol (2002), 'Indicators for social and economic coping capacity: moving toward a working definition of adaptive capacity', *Global Environmental Change* **12(1)**: 25–40.
- [18] Warner, K., C. Ehrhart, A.D. Sherbinin, S. Adamo and T. Chai-Onn (2009), 'In Search of Shelter: Mapping the Effects of Climate Change on Human Migration and Displacement', UNU-EHS, CARE.
- [19] World Bank (2003), 'Poverty and Climate Change; Reducing the Vulnerability of the Poor through Adaptation' [Online], World Bank, Washington, USA.
- [20] World Bank (2006), 'Clean Energy and Development: Towards an Investment Framework' [Online], World Bank, Washington, USA, <http://knowledge.cta.int/en/Dossiers/S-T-Issues-in-Perspective/Biofuels/Documents-online/General/Clean-energy-and-development-towards-an->

investment-framework (accessed 25 March 2011).

- [21] World Bank, (2008), 'Adapting to Climate Change: Understanding the Social Dimensions of Vulnerability and Resilience' [Online], in Environment Matters at the World Bank - Climate Change and Adaptation, Washington DC, USA.
- [22] 亀山康子 (2010) 『新・地球環境政策』 昭和堂
- [23] 環境省 (2007) 「気候安全保障 (Climate Security) に関する報告」 中央環境審議会地球環境部会、気候変動に関する国際戦略専門委員会、平成 19 年 5 月
- [24] 三村信男 (2006) 「地球温暖化対策における適応策の位置づけと課題」 『地球環境』 Vol.11、No.1、103-110 頁

## あとがき

今私が博士論文のあとがきを執筆していることを一体誰が予想できたであろうか。私が慶應義塾大学経済学部に入學したのは2001年4月のことである。当時高校を卒業したばかりの自分には、その後の11年間の慶應義塾での学生生活を想像することは到底できなかった。とりわけ、7年間におよぶ大学院での研究生活を適切に説明する言葉を私は持ち合わせていない。一人の大学院生としてではなく、人間として、己の弱さと限界にぶつかり続けた7年間であり、今その記憶を辿るときにも、刻一刻と過ぎ去っていく日々の中で味わった痛みを思い出さずにはいられない。

2005年4月、環境経済学を志し勇んで進學した大学院の入学式で、当時塾長であられた安西祐一郎先生は「初志貫徹」の言葉を入學生に贈られた。しかし、その言葉のもつ意味をまだ知らぬまま、私は研究生活を開始したのであった。たしかに、学部のゼミで環境政策について学んだ私は、経済学の理論を習得する必要性を切実に感じていた。また地球温暖化問題を解決するために尽力したいという情熱も有していた（と記憶している）。だが、現実には予想を上回る困難を私に突き付けた。ミクロ経済学上級の講義に初めて出た時の衝撃は未だ忘れることはできない。経済学の理論を本当の意味で理解していない自分に直面した瞬間であった。それまで生きてきた土台がガラガラと崩れおちるような衝撃に見舞われたあの時に、本当の自分との闘いが始まった。

政策と理論を両面から追究することを、私は目指してきた。学部時代に、環境効果、(政治的)実現可能性、効率性、衡平性の4つの要素が環境政策の判断基準であることを学んだ。公共政策を立案し執行するまでの政策の過程について包括的に論じることを許された学部ゼミにおいて、私には一つの疑問が生まれた。それは、効率性と衡平性とは何かという問いである。環境効果や実現可能性については読んで字のごとくであるのに対して、効率性と衡平性は、抽象度が高く捉え難い概念であると直感した。汚染物質を削減するさいに用いられる環境政策の経済的手法の一つである環境税ともう一つ的手段である排出権取引の制度を支える概念として、私は効率性を学んだ。所与の環境政策の目標を最小限の費用負担で達成できるという点で効率的な政策としてそれらを学んだ。ところが、限界費用曲線と限界便益曲線の交わる点で表現される「均衡」が、真の意味で、何を意味しているのかについて無感覚である自分に薄々気づいていた。「均衡」の性質について無頓着なま

までであっても、たしかに政治的に実現可能で費用対効果も優れた対策を提示することは可能であろう。しかし、私には「効率的である」という言葉の意味を実感をもって味わっていない以上、そのような政策を提示してはいけないのではないかというささやきを常に感じていた。このことが、大学院で経済学の理論を学ばなければならないという自覚を促した。

ところが、地球的な規模の気候変動問題は、なかなか実感を得るのが難しく、分析において路頭に迷うことがしばしばであった。いくら猛暑やゲリラ豪雨のような局所的かつ身近な気象現象が起きたとしても、その一事例に触れただけで世界へと一般化することはできないためである。さらに、たった一文字の記号に、先進国、途上国を含めてどれだけの人々の生活がかかっているかもわからないままに国民経済の特徴を表すマクロ変数を定義することに抵抗を感じた。理論が対象とする世界と大学院入学当初 20 代前半の自分の生活実感があまりに乖離していたのである。私の時間・空間に対する認識領域は、国家・地域・人種・民族・文化などの人間社会の枠組みを超越する気候変動問題の広がりには及んでいなかった。

それよりも何よりも私を苦しめたのは、経済理論を構築する営みによって、現実の社会が変わるのかどうかという問いかけであった。私がいくら計算をしようと、もしそれが現実社会とかけ離れているとすれば空を打つような行為となってしまうのではないか、という心の声と日々闘うこととなった。今思えば、これは学問、学術的探求とは何かという問いでもあったように思う。実利的な動機ではなく純粋な知的探求心に基づいて、現象間の因果関係を解明しようとするのが科学的学問のあり方であると言えるかもしれない。しかし、経済学は、やはり現実の経済社会を曲がりなりにも善い方向へと改善しようとする動機を包摂してもいる（と今私は感じている）。そうである以上、現実に対する示唆を含む理論を構築する必要があることになる。この問いかけに対する解答を未だ私は持ち合わせていないが、理論と現実、理論と政策の狭間で喘ぎながら大学院で過ごした日々は、私にとってかけがえのない時間である。

大学院に同期で入学した一ノ瀬大輔専任講師には、基本的質問から論文構成の段階まで諸処の場面で助けていただいていた。私の拙い発表にも真剣に耳を傾け、真摯に助言をして下さった。同じく、同期入学をした澤田英司助教は、私が悩んでいる時、分析の可能性を切り開くために時間をかけて私と議論をして下さった。諦めそうになる時に幾度となく激励していただいていた。

研究室の先輩からも多くの学恩を受けてきた。富山大学極東地域研究センターの山本雅資准教授には、大学院入学当初から様々な形で相談に乗っていただき、進路や研究について多くの助言をいただいた。坂上紳助教は、当初経済理論の基本さえおぼつかないこの者の言葉にさえ耳を傾け、問題解決の糸口を丁寧を示して下さった。一切の妥協なく徹底的に経済学と向き合うひたむきな姿勢から、私は多くのことを教えられてきた。

経済学部の細田衛士教授と指導教授の大沼あゆみ教授から受けたご指導は生涯の財産である。まず、大沼教授は、別の環境政策のゼミで学んできた私を快く学徒として受け入れて下さった。長きにわたり、決して一人前とは呼べない歩みをしてきたにもかかわらず、この者の可能性を最後まで信じていて下さった。大沼教授の自然と生物、そして経済学への思いの深さから多大な恩恵を受けてきた。そして、細田衛士教授は、大学院において原因不明の悩みに苦しむこの者と共に闘って下さった。人生における致命的な岐路に立たされた時に戴いたお言葉に、幾度となく奮い立たされ今日まで歩んでくることができた。知と心を賭して環境経済学を探求されておられる細田教授から受けた薫陶は、あまりにも大きい。慶應義塾という学び舎で、先生方と同一の時代を過ごさせていただき、学問に打ち込ませていただいたことに深く感謝申し上げます。

漸くスタートラインに立ったように思う。大学院での研究生生活において享受してきた恩恵を、次代を生きる若者にお返ししていく者でありたい。そして、粘り強く探求し続ける者でありたい。今後、世界がいかに変容していこうとも、一隅を照らし、私たちが住む社会が少しでも善き方向へと進んでゆくための一助となれたら幸いである。

平成 24 年 3 月  
有野 洋輔\*

---

\* 博士課程在籍時に経済的に支援していただいた財団法人旭硝子奨学会の皆様感謝申し上げます。また、少年時代に算盤を教えていただいて以来お世話になり、大学院での研究生生活を支援して下さった沼津水産物加工協同組合の増田泰一理事長に厚くお礼申し上げます。