

The Economics of Climate Change 気候変動の経済学

Executive Summary



The Economics of
Climate Change
気候変動の経済学
Executive Summary

October 2006

© Crown copyright 2006

Published with the permission of HM Treasury on behalf of the Controller of Her Majesty's Stationery Office.

The text in the document (excluding the Royal Coat of Arms and departmental logos) may be reproduced free of charge in any format or medium providing that it is reproduced accurately and not used in a misleading context. The material must be acknowledged as Crown copyright and the title of the document specified.

Any enquiries relating to the copyright in this document should be sent to:

HMSO
Licensing Division
St Clements House
2-16 Colegate
Norwich
NR3 1BQ

Fax: 01603 723000
E-mail: hmsolicensing@cabinet-office.x.gsi.gov.uk

This document and related materials can be accessed at:
www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm

The complete publication will be available in December 2006 from Cambridge University Press
ISBN-10: 0-521-02995-3
ISBN-13: 978-0-521-87725-1

For enquiries about this publication, contact:

Stern Review
HM Treasury
1 Horse Guards Road
London
SW1A 2HQ
E-mail: stern.review@hm-treasury.gov.uk

HM Treasury contacts

For general enquiries about HM Treasury and its work, contact:

Correspondence and Enquiry Unit
HM Treasury
1 House Guards Road
London
SW1A 2HQ

Tel: 020 7270 4558
Fax: 020 7270 4861
E-mail: public.enquiries@hm-treasury.gov.uk

This was printed on at least 75% recycled paper.
When you have finished with it please recycle it.

STERN REVIEW: The Economics of Climate Change

Preface

This Review was announced by the Chancellor of the Exchequer in July 2005. The Review set out to provide a report to the Prime Minister and Chancellor by Autumn 2006 assessing:

- the economics of moving to a low-carbon global economy, focusing on the medium to long-term perspective, and drawing implications for the timescales for action, and the choice of policies and institutions;
- the potential of different approaches for adaptation to changes in the climate; and
- specific lessons for the UK, in the context of its existing climate change goals.

The terms of reference for the Review included a requirement to consult broadly with stakeholders and to examine the evidence on:

- the implications for energy demand and emissions of the prospects for economic growth over the coming decades, including the composition and energy intensity of growth in developed and developing countries;
- the economic, social and environmental consequences of climate change in both developed and developing countries, taking into account the risks of increased climate volatility and major irreversible impacts, and the climatic interaction with other air pollutants, as well as possible actions to adapt to the changing climate and the costs associated with them;
- the costs and benefits of actions to reduce the net global balance of greenhouse gas emissions from energy use and other sources, including the role of land-use changes and forestry, taking into account the potential impact of technological advances on future costs; and
- the impact and effectiveness of national and international policies and arrangements in reducing net emissions in a cost-effective way and promoting a dynamic, equitable and sustainable global economy, including distributional effects and impacts on incentives for investment in cleaner technologies.

Overall approach to the Review

We have taken a broad view of the economics required to understand the challenges of climate change. Wherever possible, we have based our Review on gathering and structuring existing research material.

Submissions to the Review were invited from 10 October 2005 to 15 January 2006. Sir Nicholas Stern set out his initial views on the approach to the Review in the Oxonia lecture on 31 January 2006, and invited further responses to this lecture up to 17 March 2006.

During the Review, Sir Nicholas and members of the team visited a number of key countries and institutions, including Brazil, Canada, China, the European Commission, France, Germany, India, Japan, Mexico, Norway, Russia, South Africa and the USA. These visits and work in the UK have included a wide range of interactions, including with economists, scientists, policy-makers, business and NGOs.

序文

本レビューの作成は、英国財務大臣により2005年7月に発表された。2006年秋までに英国首相と英国財務大臣に報告されるものとして依頼され、以下の点を分析した。

- 中長期的視点、行動を起こす際の時間軸の影響、政策および制度の選択に焦点を置き、低炭素世界経済へと移行する経済学
- 様々な気候変動適応策に対する多様なアプローチのポテンシャル（可能性）
- 既存の気候変動に対する目標における、英国への明確な教訓

本レビューに与えられた課題に答えるため、以下の点についてステークホルダー（利害関係者）から幅広く意見を求め、また知見を精査した。

- 今後数十年間の経済成長の見通し、先進国と発展途上国におけるエネルギー構成、エネルギー消費原単位を含むエネルギー需要および排出量との関係について
- 気候の不安定性の増大と、深刻かつ不可逆的な影響のリスク、気候の変化と他の大気汚染物質との相互関係、そして変化する気候に適応するために取り得る対策とそのコストを考慮した、先進国と発展途上国双方における気候変動の経済的、社会的、環境的影響について
- 将来の技術進歩に伴うコスト変化の可能性を考慮して、エネルギー利用や他の排出源からの温室効果ガス排出量を地球全体で削減するための、土地利用や森林の役割の変化といった対策の費用と便益について
- 総排出量を費用対効果の高い手法にて削減するための国内、国際政策と、分散による効果と、クリーン技術に対する投資インセンティブの影響を含む、動的で均衡かつ持続可能な世界経済を促進する影響と効果について

本レビュー作成に当たっての手法

本レビューの作成に当たっては、気候変動という難問を理解するために、幅広い経済学的視点を採用した。我々のレビューは、既存の研究成果を収集・整理したものに基いている。

2005年10月10日から2006年1月15日に、本レビュー作成のため諸機関や研究者に対して研究成果の提供を依頼した。2006年1月31日に、Oxoniaにおける講演にて、ニコラス・スターン博士が、本レビューにて用いる手法に関する最初の見解を発表した。2006年3月17日までに、この講演を受けて、諸機関、研究者からのさらなる意見収集を行った。

このレビューをまとめるにあたり、スターン博士を筆頭としたチームメンバーは、ブラジル、カナダ、中国、EC、フランス、ドイツ、インド、日本、メキシコ、ノルウェー、ロシア、南アフリカ、そして米国をはじめとした多くの重要な国々と国際機関を訪問した。これらの訪問と英国における作業は、経済学者、科学者、政策担当者、産業界、そしてNGOとの幅広い情報・意見交換が行われた。

STERN REVIEW: The Economics of Climate Change

The report also draws on the analysis prepared for the International Energy Agency publications “Energy Technology Perspectives” and “World Energy Outlook 2006”.

There is a solid basis in the literature for the principles underlying our analysis. The scientific literature on the impacts of climate change is evolving rapidly, and the economic modelling has yet to reflect the full range of the new evidence.

In some areas, we found that existing literature did not provide answers. In these cases, we have conducted some of our own research, within the constraints allowed by our timetable and resources. We also commissioned some papers and analysis to feed into the Review. A full list of commissioned work and links to the papers are at www.sternreview.org.uk

Acknowledgements

The team was led by Siobhan Peters. Team members included Vicki Bakhshi, Alex Bowen, Catherine Cameron, Sebastian Catovsky, Di Crane, Sophie Cruickshank, Simon Dietz, Nicola Edmondson, Su-Lin Garbett, Lorraine Hamid, Gideon Hoffman, Daniel Ingram, Ben Jones, Nicola Patmore, Helene Radcliffe, Raj Sathiyarajah, Michelle Stock, Chris Taylor, Tamsin Vernon, Hannah Wanjie, and Dimitri Zenghelis.

We are very grateful to the following organisations for their invaluable contributions throughout the course of the Review: Vicky Pope and all those who have helped us at the Hadley Centre for Climate Prediction; Claude Mandil, Fatih Birol and their team at the International Energy Agency; Francois Bourguignon, Katherine Sierra, Ken Chomitz, Maureen Cropper, Ian Noble and all those who have lent their support at the World Bank; the OECD, EBRD, IADB, and UNEP; Rajendra Pachauri, Bert Metz, Martin Parry and others at the IPCC; Chatham House; as well as Martin Rees and the Royal Society.

Many government departments and public bodies have supported our work, with resources, ideas and expertise. We are indebted to them. They include: HM Treasury, Cabinet Office, Department for Environment Food and Rural Affairs, Department of Trade and Industry, Department for International Development, Department for Transport, Foreign and Commonwealth Office, and the Office of Science and Innovation. We are also grateful for support and assistance from the Bank of England and the Economic and Social Research Council, and for advice from the Environment Agency and Carbon Trust.

We owe thanks to the academics and researchers with whom we have worked closely throughout the Review. A special mention goes to Dennis Anderson who contributed greatly to our understanding of the costs of energy technologies and of technology policy, and has provided invaluable support and advice to the team. Special thanks too to Halsey Rogers and to Tony Robinson who worked with us to edit drafts of the Review. And we are very grateful to: Neil Adger, Sudhir Anand, Nigel Arnell, Terry Barker, John Broome, Andy Challinor, Paul Collier, Sam Fankhauser, Michael Grubb, Roger Guesnerie, Cameron Hepburn, Dieter Helm, Claude Henry, Chris Hope, Paul Johnson, Paul Klempner, Robert May, David Newbery, Robert Nicholls, Peter Sinclair, Julia Slingo, Max Tse, Rachel Warren and Adrian Wood.

スターン・レビュー：気候変動の経済学

本レビューは、国際エネルギー機関の「Energy Technology Perspectives」および「World Energy Outlook」に向けた研究成果も利用している。

本レビューでは、確固たる根拠に基づいて科学的研究成果を分析した。気候変動の影響に関する科学的研究成果は急速に進展している。一方、経済モデルはこれら一連の新知見がまだ全部は反映されていない。

研究分野の中には、現在までの研究成果のみでは本レビュー作成に必要な答えが得られないこともあった。このような場合、我々は与えられた時間と様々な意味での資源制約の中で、独自に研究を行ったものもある。また、本レビューで用いることを目的として、外部へ研究および分析を委託した。これら委託業務全般に関する一覧およびそれぞれの研究論文へのリンクは、www.sternreview.org.ukにて参照可能である。

謝辞

本レビューチームのメンバーは、Siobhan Petersを筆頭として、Vicki Bakhshi、Alex Bowen、Catherine Cameron、Sebastian Catovsky、Di Crane、Sophie Cruickshank、Simon Dietz、Nicola Edmondson、Su-Lin Garbett、Lorraine Hamid、Gideon Hoffman、Daniel Ingram、Ben Jones、Nicola Patmore、Helene Radcliffe、Raj Sathiyarajah、Michelle Stock、Chris Taylor、Tamsin Vernon、Hannah Wanjie、Dimitri Zenghelisである。

本レビュー作成の全ての過程において貴重な貢献をいただいた、以下の機関の方々に感謝申し上げます。Vicky Popeを筆頭とした英国気象局ハドレーセンターの皆様、国際エネルギー機関のClaude Mandil、Fatih Birolと彼らのチームの皆様、世界銀行のFrancois Bourguignon、Katherine Sierra、Ken Chomitz、Maureen Cropper、Ian Nobleとその他支援者、OECD、EBRD、IADB、UNEP各機関の皆様、IPCCのRajendra Pachauri、Bert Metz、Martin Parry他の皆様、チャタムハウス（英王立国際問題研究所）の皆様、英国学士院のMartin Rees他の皆様。

以下に示す英国政府の省庁や公的機関の多くからも、様々な資源、アイデア、専門技能など本レビューへ支援をいただいた。謝意を表する次第である。英国財務省、英国内閣府、英国環境・食糧・農林地域省、英国貿易産業省、英国国際開発省、英国運輸省、英国外務省、英国科学技術庁。また、イングランド銀行、経済社会学研究会議からも支援をいただき、環境局とカーボントラストからは助言をいただいた。

我々は、本レビュー作成過程において緊密な作業をともに遂行した多くの学者、研究者の皆様にも感謝申し上げます。中でも、とくにエネルギー技術やエネルギー政策のコストに関する我々の理解を深めるのに多大な貢献をいただいたのみならず、支援と鞭撻をくれたDennis Andersonに謝意を表す。また、本レビューの草稿編集に我々とともに携わってくれたHalsey RogersとTony Robinsonにも感謝申し上げます。また、以下の皆様にも感謝する次第である。Neil Adger、Sudhir Anand、Nigel Arnell、Terry Barker、John Broome、Andy Challinor、Paul Collier、Sam Fankhauser、Michael Grubb、Roger Guesnerie、Cameron Hepburn、Dieter Helm、Claude Henry、Chris Hope、Paul Johnson、Paul Klempner、Robert May、David Newbery、Robert Nicholls、Peter Sinclair、Julia Slingo、Max Tse、Rachel Warren、Adrian Wood。

STERN REVIEW: The Economics of Climate Change

Throughout our work we have learned greatly from academics and researchers who have advised us, including: Philippe Aghion, Shardul Agrawala, Edward Anderson, Tony Atkinson, Paul Baer, Philip Bagnoli, Hewson Baltzell, Scott Barrett, Marcel Berk, Richard Betts, Ken Binmore, Victor Blinov, Christopher Bliss, Katharine Blundell, Severin Borenstein, Jean-Paul Bouttes, Alan Budd, Frances Cairncross, Daniel Cullenward, Larry Dale, Victor Danilov-Daniliyan, Amy Davidsen, Angus Deaton, Richard Eckaus, Jae Edmonds, Jorgen Elmeskov, Paul Epstein, Gunnar Eskeland, Alexander Farrell, Brian Fender, Anthony Fisher, Meredith Fowley, Jeffrey Frankel, Jose Garibaldi, Maryanne Grieg-Gran, Bronwyn Hall, Jim Hall, Stephane Hallegatte, Kate Hampton, Michael Hanemann, Geoffrey Heal, Merylyn Hedger, Molly Hellmuth, David Henderson, David Hendry, Marc Henry, Margaret Hiller, Niklas Hoehne, Bjart Holtmark, Jean-Charles Hourcade, Jo Hossell, Alistair Hunt, Saleem Huq, Mark Jaccard, Sarah Joy, Jiang Kejun, Ian Johnson, Tom Jones, Dale Jorgenson, Paul Joskow, Kassim Kulindwa, Daniel Kammen, Jonathan Köhler, Paul Krugman, Sari Kovats, Klaus Lackner, John Lawton, Li Junfeng, Lin Erda, Richard Lindzen, Björn Lomborg, Gordon MacKerron, Joaquim Oliveira Martins, Warwick McKibbin, Robert Mendelsohn, Evan Mills, Vladimir Milov, James Mirrlees, Richard Morgenstern, Robert Muir-Wood, Justin Mundy, Gustavo Nagy, Nebojša Nakicenovic, Karsten Neuhoff, Greg Nimmet, J.C Nkomo, William Nordhaus, David Norse, Anthony Nyong, Pan Jiahua, John Parsons, Cedric Philibert, Robert Pindyck, William Pizer, Oleg Pluzhnikov, Jonathon Porritt, Lant Pritchett, John Reilly, Richard Richels, David Roland-Holst, Cynthia Rosenzweig, Joyashree Roy, Jeffrey Sachs, Mark Salmon, Alan Sanstad, Mark Schankerman, John Schellnhueber, Michael Schlesinger, Ken Schomitz, Amartya Sen, Robert Sherman, P. R. Shukla, Brian Smith, Leonard Smith, Robert Socolow, David Stainforth, Robert Stavins, Joe Stiglitz, Peter Stone, Roger Street, Josué Tanaka, Evgeniy Sokolov, Robert Solow, James Sweeney, Richard Tol, Asbjorn Torvanger, Laurence Tubiana, Steven Ward, Paul Watkiss, Jim Watson, Martin Weitzman, Hege Westskog, John Weyant, Tony White, Gary Yohe, Ernesto Zedillo and Zou Ji.

We are grateful to the leaders, officials, academics, NGO staff and business people who assisted us during our visits to: Brazil, Canada, China, the European Commission, France, Germany, Iceland, India, Japan, Mexico, Norway, Russia, South Africa and the USA.

And thanks to the numerous business leaders and representatives who have advised us, including, in particular, John Browne, Paul Golby, Jane Milne, Vincent de Rivaz, James Smith, Adair Turner, and the Corporate Leaders Group.

Also to the NGOs that have offered advice and help including: Christian Aid, The Climate Group, Friends of the Earth, Global Cool, Green Alliance, Greenpeace, IIED, IPPR, New Economics Foundation, Oxfam, Practical Action, RSPB, Stop Climate Chaos, Tearfund, Women's Institute, and WWF UK.

Finally, thanks also go to Australian Antarctic Division for permission to use the picture for the logo and to David Barnett, for designing the logo.

スターン・レビュー：気候変動の経済学

本レビューの作成に当たり、以下に示す多くの学者、科学者の皆様から助言を頂き、多くを学ぶことができた。Philippe Aghion、Shardul Agrawala、Edward Anderson、Tony Atkinson、Paul Baer、Philip Bagnoli、Hewson Baltzell、Scott Barrett、Marcel Berk、Richard Betts、Ken Binmore、Victor Blinov、Christopher Bliss、Katharine Blundell、Severin Borenstein、Jean-Paul Bouttes、Alan Budd、Frances Cairncross、Daniel Cullenward、Larry Dale、Victor Danilov-Daniliyan、Amy Davidsen、Angus Deaton、Richard Eckaus、Jae Edmonds、Jorgen Elmeskov、Paul Epstein、Gunnar Eskeland、Alexander Farrell、Brian Fender、Anthony Fisher、Meredith Fowley、Jeffrey Frankel、Jose Garibaldi、Maryanne Grieg-Gran、Bronwyn Hall、Jim Hall、Stephane Hallegatte、Kate Hampton、Michael Hanemann、Geoffrey Heal、Merylyn Hedger、Molly Hellmuth、David Henderson、David Hendry、Marc Henry、Margaret Hiller、Niklas Hoehne、Bjart Holtmark、Jean-Charles Hourcade、Jo Hossell、Alistair Hunt、Saleem Huq、Mark Jaccard、Sarah Joy、Jiang Kejun、Ian Johnson、Tom Jones、Dale Jorgenson、Paul Joskow、Kassim Kulindwa、Daniel Kammen、Jonathan Köhler、Paul Krugman、Sari Kovats、Klaus Lackner、John Lawton、Li Junfeng、Lin Erda、Richard Lindzen、Björn Lomborg、Gordon MacKerron、Joaquim Oliveira Martins、Warwick McKibbin、Robert Mendelsohn、Evan Mills、Vladimir Milov、James Mirrlees、Richard Morgenstern、Robert Muir-Wood、Justin Mundy、Gustavo Nagy、Nebojša Nakicenovic、Karsten Neuhoff、Greg Nimmert、J.C Nkomo、William Nordhaus、David Norse、Anthony Nyong、Pan Jiahua、John Parsons、Cedric Philibert、Robert Pindyck、William Pizer、Oleg Pluzhnikov、Jonathon Porritt、Lant Pritchett、John Reilly、Richard Richels、David Roland-Holst、Cynthia Rosenzweig、Joyashree Roy、Jeffrey Sachs、Mark Salmon、Alan Sanstad、Mark Schankerman、John Schellnhueber、Michael Schlesinger、Ken Schomitz、Amartya Sen、Robert Sherman、P. R. Shukla、Brian Smith、Leonard Smith、Robert Socolow、David Stainforth、Robert Stavins、Joe Stiglitz、Peter Stone、Roger Street、Josué Tanaka、Evgeniy Sokolov、Robert Solow、James Sweeney、Richard Tol、Asbjorn Torvanger、Laurence Tubiana、Steven Ward、Paul Watkiss、Jim Watson、Martin Weitzman、Hege Westskog、John Weyant、Tony White、Gary Yohe、Ernesto Zedillo、Zou Ji。

また、ブラジル、カナダ、中国、EC、フランス、ドイツ、アイスランド、インド、日本、メキシコ、ノルウェー、ロシア、南アフリカ、米国を訪問した際に、我々を助けてくれた指導者、当局関係者、研究者、NGOスタッフ、そして産業界の皆様にも御礼申し上げます。

また、我々に助言をくれた産業界のリーダーや企業代表者の皆様、とくにJohn Browne、Paul Golby、Jane Milne、Vincent de Rivaz、James Smith、Adair Turnerと、Corporate Leaders Groupに謝意を表す。

同じく、支援と助言をくれた以下のNGOの方々にも謝辞を送る。Christian Aid、The Climate Group、Friends of the Earth、Global Cool、Green Alliance、Greenpeace、IIED、IPPR、New Economics Foundation、Oxfam、Practical Action、RSPB、Stop Climate Chaos、Tearfund、Women's Institute、WWF UK。

最後に、オーストラリア政府の Antarctic Division に、我々のロゴとして図柄を使用許可してくれたことに、David Barnett にはロゴのデザインをしてくれたことに感謝申し上げます。

Executive Summary

The scientific evidence is now overwhelming: climate change presents very serious global risks, and it demands an urgent global response.

This independent Review was commissioned by the Chancellor of the Exchequer, reporting to both the Chancellor and to the Prime Minister, as a contribution to assessing the evidence and building understanding of the economics of climate change.

The Review first examines the evidence on the economic impacts of climate change itself, and explores the economics of stabilising greenhouse gases in the atmosphere. The second half of the Review considers the complex policy challenges involved in managing the transition to a low-carbon economy and in ensuring that societies can adapt to the consequences of climate change that can no longer be avoided.

The Review takes an international perspective. Climate change is global in its causes and consequences, and international collective action will be critical in driving an effective, efficient and equitable response on the scale required. This response will require deeper international co-operation in many areas - most notably in creating price signals and markets for carbon, spurring technology research, development and deployment, and promoting adaptation, particularly for developing countries.

Climate change presents a unique challenge for economics: it is the greatest and widest-ranging market failure ever seen. The economic analysis must therefore be global, deal with long time horizons, have the economics of risk and uncertainty at centre stage, and examine the possibility of major, non-marginal change. To meet these requirements, the Review draws on ideas and techniques from most of the important areas of economics, including many recent advances.

The benefits of strong, early action on climate change outweigh the costs

The effects of our actions now on future changes in the climate have long lead times. What we do now can have only a limited effect on the climate over the next 40 or 50 years. On the other hand what we do in the next 10 or 20 years can have a profound effect on the climate in the second half of this century and in the next.

No-one can predict the consequences of climate change with complete certainty; but we now know enough to understand the risks. Mitigation - taking strong action to reduce emissions - must be viewed as an investment, a cost incurred now and in the coming few decades to avoid the risks of very severe consequences in the future. If these investments are made wisely, the costs will be manageable, and there will be a wide range of opportunities for growth and development along the way. For this to work well, policy must promote sound market signals, overcome market failures and have equity and risk mitigation at its core. That essentially is the conceptual framework of this Review.

The Review considers the economic costs of the impacts of climate change, and the costs and benefits of action to reduce the emissions of greenhouse gases (GHGs) that cause it, in three different ways:

- Using disaggregated techniques, in other words considering the physical impacts of climate change on the economy, on human life and on the

概要

科学的な知見は、現在、圧倒的に次のことを示している。気候変動はきわめて深刻な地球規模の危機であり、世界規模での対策が今すぐ必要である。

この独立したレビューは、気候変動の経済学の知見を提供し理解を進めるよう、英国財務大臣によって依頼され、英国財務大臣および英国首相に報告された。

本レビューの前半では、気候変動に伴う経済的影響に関する知見を検証するとともに、大気中の温室効果ガスを安定化させるために必要なコスト^{*}を検討した。後半では、低炭素経済へどのように移行させるのか、および、もはや避けることのできない気候変動の影響に対して我々の社会はどのように適応していくのか、に関する複雑な政策課題を検討する。

本レビューは、国際的な視野で検討している。気候変動は、その原因と結果のいずれもが地球規模であり、効果的・効率的かつ衡平な対策をそれぞれ必要とされる規模で進めるためには、国際的に協調した行動が欠かせない。多くの分野において、いっそう緊密な国際協力が求められるだろう。とりわけ、炭素の価格シグナルを明示し炭素市場を形成すること、技術開発および普及を促進させること、特に発展途上国を対象とした適応策を進めること、が求められるだろう。

気候変動は、経済学に対して今までにない類の挑戦を迫っている。それは、未だかつて見られなかった、非常に深刻で広範囲におよぶ市場の失敗である。それゆえ、この問題に対処する経済的な分析手法は、世界全体を対象にして、長期の時間スケールを視野にいれ、将来のリスクと不確実性を中心に据えて、重要で見逃すことのできない変化の可能性を明らかにしなければならない。上記の要件を満たすため、本レビューでは、最先端なものも含めた経済学の主要分野における考え方や手法を活用している。

気候変動に対する強固かつ早期の対策を行うことによる便益は、そのコストを上回る

将来の気候変動に対する対策を今すぐ実施したとしても、その効果が現れるまでには、長い時間がかかる。我々が現時点で行っている対策は、今後 40～50 年を超える気候に対して、きわめて限定的な効果しか及ぼさない。しかし、今後 10～20 年間に我々が行う対策は、今世紀後半から 22 世紀にかけての気候に対して劇的な効果を及ぼす。

気候変動に伴う影響を、確実に予測することは不可能である。しかし、我々は、気候変動に伴う影響のリスクを十分に理解することができる。緩和策 - 温室効果ガスの排出量を削減する対策 - は投資と見なすべきである。現在から今後数十年間に支払われる対策コストは、将来ひき起されるであろう深刻な温暖化影響のリスクを回避するために有効だからである。もし、このような投資が賢明に行われるのなら、対処できる範囲のコストに抑えることができるだけでなく、さらに、成長と発展の幅広い機会を得るチャンスとなる。このため、政策は、市場シグナルの健全化の促進、市場の失敗の克服、衡平性とリスクの緩和、を中心に据えて立案されなければならない。これが、本レビューの基本的な概念的枠組みである。

本レビューでは、気候変動の影響による経済的なコストと、気候変動をもたらす温室効果ガスの排出削減対策で必要になるコスト、さらに排出削減対策によってもたらされる便益について、次の 3 つの手法で分析した。

- 個別の要素を見る方法、つまり、気候変動が経済活動、人間の生活、環境に及ぼす物理的な影響を一つずつ明らかにし、温室効果ガスを削減する様々な対策技術や方策に必要な

^{*}[訳注]コストには、温暖化による「被害額」と、温暖化防止のための「対策費用」の 2 つの意味合いがある。できる限り区別して訳したが、両者の意味を含むと思われるものについては「コスト」と表現した。

environment, and examining the resource costs of different technologies and strategies to reduce greenhouse gas emissions;

- Using economic models, including integrated assessment models that estimate the economic impacts of climate change, and macro-economic models that represent the costs and effects of the transition to low-carbon energy systems for the economy as a whole;
- Using comparisons of the current level and future trajectories of the 'social cost of carbon' (the cost of impacts associated with an additional unit of greenhouse gas emissions) with the marginal abatement cost (the costs associated with incremental reductions in units of emissions).

From all of these perspectives, the evidence gathered by the Review leads to a simple conclusion: the benefits of strong, early action considerably outweigh the costs.

The evidence shows that ignoring climate change will eventually damage economic growth. Our actions over the coming few decades could create risks of major disruption to economic and social activity, later in this century and in the next, on a scale similar to those associated with the great wars and the economic depression of the first half of the 20th century. And it will be difficult or impossible to reverse these changes. Tackling climate change is the pro-growth strategy for the longer term, and it can be done in a way that does not cap the aspirations for growth of rich or poor countries. The earlier effective action is taken, the less costly it will be.

At the same time, given that climate change is happening, measures to help people adapt to it are essential. And the less mitigation we do now, the greater the difficulty of continuing to adapt in future.

なコストを積み上げる分析手法

- 経済モデルを用いた手法、つまり、気候変動の経済的影響を推定できる統合評価モデルや、経済システムが低炭素エネルギーシステムへ移行するのに必要なコストと効果を検討できるマクロ経済学モデルを用いた分析手法
- コストを比較する手法、つまり、限界削減費用（排出量を1単位追加的に削減させるのにかかる温暖化対策のコスト）と「炭素の社会的コスト」（排出量を追加的に1単位増加させたときにもたらされる温暖化影響のコスト）が、現在から将来にかけてどのように変化するか、を比較する分析手法

上記のすべての観点を踏まえて、本レビューで集められた知見を総合すると、ひとつの単純な結論に辿り着く。つまり、強固で早期な対策によりもたらされる便益は、対策を講じなかった場合の被害額を大きく上回る。

本レビューで得られた知見は、気候変動を無視すると、結果的に経済発展が阻害されることを示している。これから20～30年を超えて我々がとる行動には、今世紀の末から来世紀にかけて、経済や社会活動に大規模な混乱を引き起こすリスクがある。このリスクの規模は、二度の世界大戦や20世紀前半の世界経済恐慌に匹敵するものだ。そして、一度引き起こされた変化を元に戻すことは難しく、ほぼ不可能である。一方、気候変動問題への取り組みは、長期的に見ると経済成長をも促進する。そして、豊かな国と貧しい国のいずれにおいても経済成長への望みを抑制することなく実現できる。早期に効果的な対策を実施するほど、対策コストを低く抑えることができる。

同時に、気候変動はすでに現実起きていて、人々が気候変動に適応するように支援する方が不可欠である。緩和策が遅れば遅れるほど、将来適応することは難しくなる。

The first half of the Review considers how the evidence on the economic impacts of climate change, and on the costs and benefits of action to reduce greenhouse gas emissions, relates to the conceptual framework described above.

The scientific evidence points to increasing risks of serious, irreversible impacts from climate change associated with business-as-usual (BAU) paths for emissions.

The scientific evidence on the causes and future paths of climate change is strengthening all the time. In particular, scientists are now able to attach probabilities to the temperature outcomes and impacts on the natural environment associated with different levels of stabilisation of greenhouse gases in the atmosphere. Scientists also now understand much more about the potential for dynamic feedbacks that have, in previous times of climate change, strongly amplified the underlying physical processes.

The stocks of greenhouse gases in the atmosphere (including carbon dioxide, methane, nitrous oxides and a number of gases that arise from industrial processes) are rising, as a result of human activity. The sources are summarised in Figure 1 below.

The current level or stock of greenhouse gases in the atmosphere is equivalent to around 430 parts per million (ppm) CO₂¹, compared with only 280ppm before the Industrial Revolution. These concentrations have already caused the world to warm by more than half a degree Celsius and will lead to at least a further half degree warming over the next few decades, because of the inertia in the climate system.

Even if the annual flow of emissions did not increase beyond today's rate, the stock of greenhouse gases in the atmosphere would reach double pre-industrial levels by 2050 - that is 550ppm CO₂e - and would continue growing thereafter. But the annual flow of emissions is accelerating, as fast-growing economies invest in high-carbon infrastructure and as demand for energy and transport increases around the world. The level of 550ppm CO₂e could be reached as early as 2035. At this level there is at least a 77% chance - and perhaps up to a 99% chance, depending on the climate model used - of a global average temperature rise exceeding 2°C.

¹ Referred to hereafter as CO₂ equivalent, CO₂e

本レビューの前半では、気候変動による経済的影響および温室効果ガス排出削減に係る対策コストと便益に関する知見が、前述した概念的枠組みとどのように関連づけられるかを検討する。

科学的知見からは、温室効果ガス排出量が BAU (Business as Usual) [†] ケースに従って推移した場合に、気候変動による深刻かつ不可逆的な影響のリスクが増大しつづけることが示されている

気候変動の原因と将来の推移に関する科学的知見は、年々強化されつつある。とくに科学者たちは、様々な大気中の温室効果ガス安定化レベルにおける気温変化や自然環境への影響を、確率を用いて語るができるようになった。また、過去の気候変動の際に関連した物理プロセスによって生じた影響の増幅効果を示した、ダイナミックフィードバック[‡]のポテンシャルについても理解を深めている。

二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素や、産業プロセスから排出された様々な温室効果ガスの大気貯留量は、人間活動の結果として増加し続けている。図1は、温室効果ガスの排出源をまとめたものである。

温室効果ガスの大気中濃度は、産業革命以前にはCO₂換算にして280 ppmにすぎなかったが、現在はおよそ430 ppm¹⁾のレベルである。大気中濃度の増加により、全球平均気温（地球全体の平均気温）はすでに0.5℃上昇しているが、気候システムには慣性（inertia）があるために、今後数十年にわたって少なくともあと0.5℃以上上昇すると見られている。

年間の温室効果ガス排出量が今後現在の水準にて安定化させたとしても、大気中濃度は2050年までに産業革命以前のレベルの2倍（CO₂換算550 ppm）に達し、その後も上昇し続けることになる。しかし、実際には、経済発展の著しい地域では、高炭素インフラストラクチャー[§]への投資が進み、世界全体ではエネルギー需要と交通需要が増加するために、温室効果ガスの年間排出量は増加し続ける。早ければ2035年にも、CO₂換算550 ppmに達する可能性がある。大気中濃度がこの水準に達すると、全球平均気温が産業革命以前に比べて2℃以上上昇する確率は少なくとも77%、気候モデルによっては99%となる。

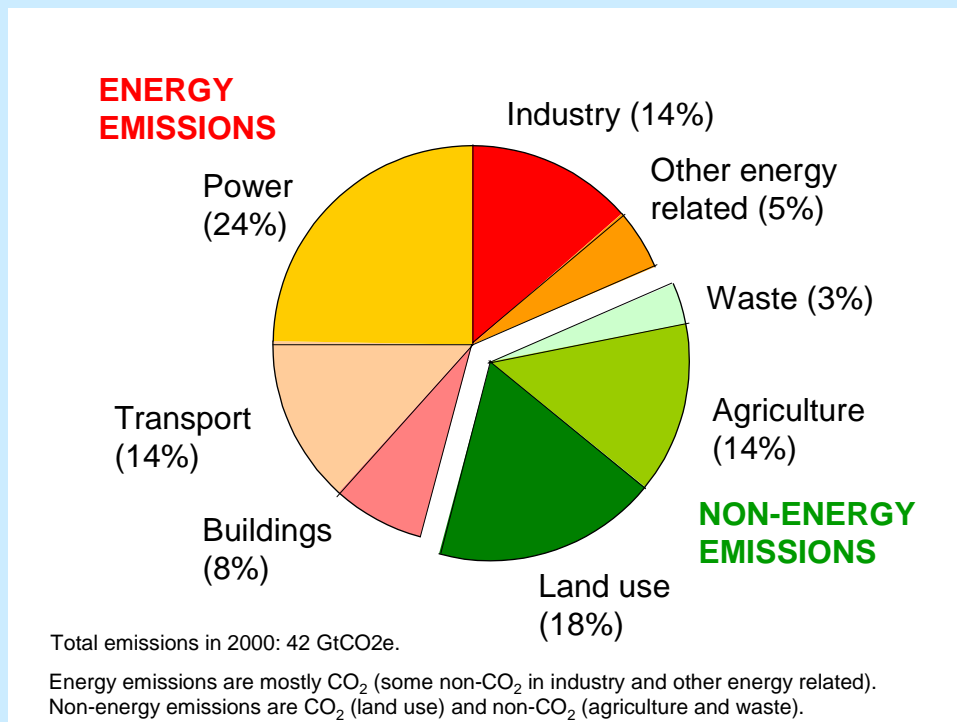
¹⁾ 以降、CO₂換算値をCO₂eと表記する。（[訳注] 和訳ではCO₂換算と記述）

[†] [訳注] 対策を行わないケース。

[‡] [訳注] 例えば、二酸化炭素の増加による温室効果で大気中の水蒸気量が伴って大気中の水蒸気量が増大し、更に温室効果が強まるという「水蒸気フィードバック」など、気候システムには様々なフィードバック過程が存在すると考えられている。

[§] [訳注] エネルギー効率が低く、石炭や石油など炭素含有量の高い化石燃料を利用しているインフラストラクチャーを指す。例えば、運輸部門では、従来型自動車に基づくハイウェイシステムが高炭素インフラストラクチャーであり、電車に基づく鉄道システムが低炭素インフラストラクチャーである。

Figure 1 Greenhouse-gas emissions in 2000, by source



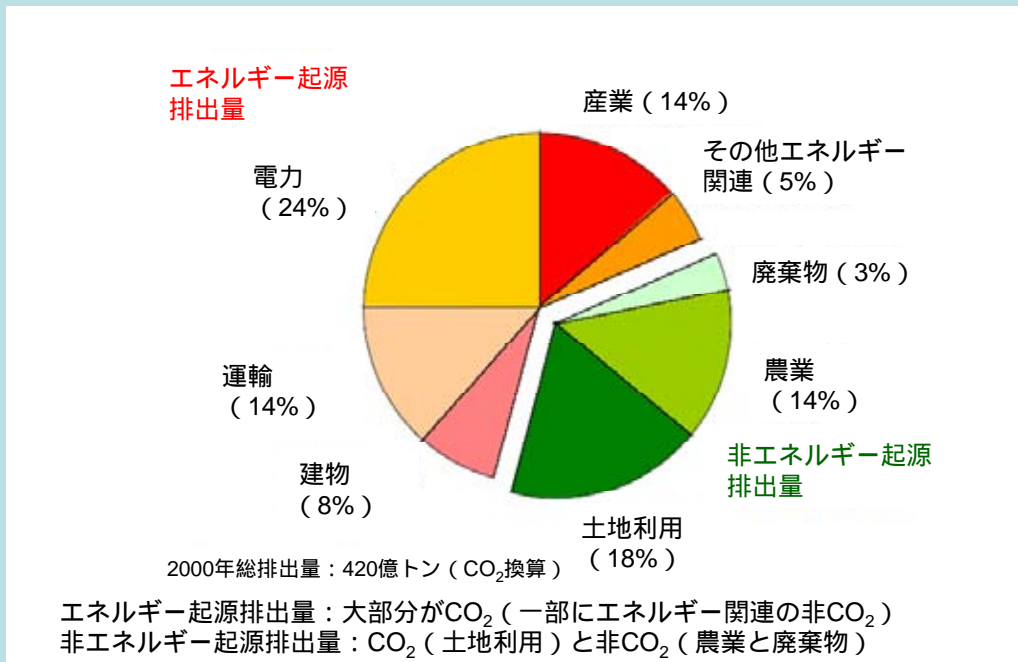
Source: Prepared by Stern Review, from data drawn from World Resources Institute Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) on-line database version 3.0.

Under a BAU scenario, the stock of greenhouse gases could more than treble by the end of the century, giving at least a 50% risk of exceeding 5°C global average temperature change during the following decades. This would take humans into unknown territory. An illustration of the scale of such an increase is that we are now only around 5°C warmer than in the last ice age.

Such changes would transform the physical geography of the world. A radical change in the physical geography of the world must have powerful implications for the human geography - where people live, and how they live their lives.

Figure 2 summarises the scientific evidence of the links between concentrations of greenhouse gases in the atmosphere, the probability of different levels of global average temperature change, and the physical impacts expected for each level. The risks of serious, irreversible impacts of climate change increase strongly as concentrations of greenhouse gases in the atmosphere rise.

図1 2000年における温室効果ガス排出量（排出源別）



出典：世界資源研究所のClimate Analysis Indicators Tool（on-line database version 3.0）にて描かれたデータをもとに、本レビューにて作成。

BAU シナリオでは、大気中温室効果ガス濃度は今世紀末までに3倍以上になる可能性があり、今世紀末から数十年間に全球平均気温が5℃以上上昇するリスクは、少なくとも50%の確率となる。このような変化は、人類がいまだかつて経験したことのないものである。最後の氷河期と今日の全球平均気温との差が5℃であり、この気温変化がいかに大きなものであるかがわかる。

このような劇的な気温の変化は、地球の自然地理を変えるであろう。地球の自然地理が大規模に変化すると、人類地理へも大きな影響を及ぼす。つまり、人々がどこに住むか、どのように生活するかが大きく変化するのである。

図2は、温室効果ガスの大気中濃度、全球平均気温の変化レベルおよびその確率、気温レベルごとに予測される物理的影響に関する科学的知見をまとめたものである。温室効果ガスの大気中濃度の上昇とともに、気候変動による深刻かつ不可逆的な影響のリスクは相当増大する。