

スターン・レビュー：気候変動と経済 エグゼクティブ・サマリー

今や、気候変動の科学的根拠は否定しがたい。気候変動は地球全体に対する深刻な脅威であり、世界的規模の緊急な取り組みが必要とされている。

本報告書は、英国政府大蔵大臣にその作成を委ねられ、大蔵大臣と首相に報告義務をもつ独立調書であり、気候変動の経済影響を査定しその理解を深めることを主旨とする。

前半では、気候変動の経済影響に関する証拠を調査し、大気圏内温室効果ガス量の安定化にかかる経済的コストについて探求する。後半では、低炭素経済への移行の管理、およびもはや回避不可能な気候変動がもたらす影響への社会の適応、という2点における複雑な政策的課題点について考察していく。

これは、国際的観点からの調書である。気候変動はその原因および結果ともに国際的規模の問題であり、各国が一致団結して効果的、効率的かつ衡平な対応策をとることが肝要である。その対応には様々な分野におけるより深い国際相互協力が求められ、炭素価格および炭素市場を設定する、技術の調査・開発・実用化に拍車をかける、特に開発途上国における適応策を促進する、などが重要課題として挙げられる。

また、気候変動は、最も広域にわたるかつてない規模の市場の失敗であることから、経済にも特有の難題を投げかけている。よって、その経済分析は、国際レベルで、長期的展望を持ち、リスクと不確実性の経済に注目し、大規模で最大限の変化の可能性を検討しなくてはならない。これらの要求を満たすため、本報告書は近年における技術革新を始め、経済の主な重要分野からのアイデアや方法を参考にしている。

気候変動に対する確固たる早期対応策のメリットは、コストをはるかに上回る。

直ちに対応策をとった場合、その効果が現れるには長い時間を要する。今すぐにとった対応策は、今後40～50年に起こる気候変動にはほんの限られた効果しか見込めない。それに対し、今後10～20年間の我々の活動は、今世紀後半および22世紀の気候に深い意義を持つであろう。

誰も気候変動の結果を正確に予期することはできない。しかし、そのリスクについては皆が理解している。地球温暖化緩和策（ガス排出量削減のための断固とした対応策をとること）は、ある意味での投資であり、現在および今後数十年間にかかるコストは、将来取り返しのつかない結果を生むリスクを回避するためのものである、という見方をすべきである。賢い投資は、管理できる範囲にコストを抑えることを可能にし、同時に経済成長と広範囲の開発の契機となることであろう。これを成功に導くには、健全なマーケットシグナルを促進し、市場の失敗を克服し、公平さとリスク軽減策を中心に据える政策を立てることが不可欠である。基本的には、これが本報告書の概念的枠組みである。

本報告書では、気候変動の影響の経済的コスト、および気候変動の原因である温室効果ガス排出量の削減対応策にかかるコストとそのメリットを、次の3つの方法で考察している。

- 構成要素分担方法を使い、気候変動が経済や人間の生活、環境に及ぼす物理的影響について考慮し、種々の技術にかかる資源コストおよび温室効果ガス排出量を削減するための戦略について検討する。
- 気候変動の経済影響を推定するための総合評価モデルや、経済全般を低炭素エネルギーシステムに移行した場合のコストと効果を示すマクロ経済モデルなど、経済モデルを用いる。
- 現在の排出量レベルおよび「炭素の社会的コスト」（温室効果ガス排出量増大がもたらす影響のコスト）の将来の軌道を、限界減少コスト（排出量を徐々に減らした場合のコスト）と比較する。

これらの観点から辿り着いた結論は至って単純である。早期に断固とした対応策をとることによるメリットは、対応しなかった場合のコストをはるかに上回る。

気候変動を無視することは、究極的には経済成長の損壊につながるという証拠が揃っている。今後数十年間における我々の行動が、今世紀後半および 22 世紀における経済活動・社会活動に大混乱をもたらし得る。その規模は、2 つの大戦および 20 世紀前半の世界恐慌に匹敵する。いったん起きた変化を元に戻すことは、非常に困難もしくは不可能である。気候変動への取り組みは長期的な経済成長政策に肯定的であり、豊かな国・貧しい国を問わず、経済成長への熱意を妨げることなく実施することができる。効果的な対応策をとるのが早ければ早いほど、コストは低く抑えられる。

同時に、気候変動が現在起きている事実であることから、人々がそれに適応していくことも不可欠である。気候変動緩和に向けての行動が遅れば遅れるほど、将来の適応策の難易度は高くなる一方である。

本報告書の前半では、気候変動の経済影響に関する証拠、および温室効果ガス排出量削減のコストとメリットに関する証拠が、前述の概念的枠組みとどのように関連付けられるかという点について考慮する。

BAU（排出量削減対策をとらない）経路をとった場合、気候変動による深刻かつ逆行不可能なリスクが増大するという科学的証拠が揃っている。

気候変動の原因と経路に関する科学的根拠は強まっている。科学者たちは、気温上昇による可能性と大気圏内の温室効果ガス量が様々なレベルで安定化した場合の自然界への影響とを、今では関連づけることができる。また、過去の気候変動の際、根本的な物理的プロセスに強く影響を与えたダイナミックなフィードバックの潜在能力についても、科学者たちの理解が進んでいる。

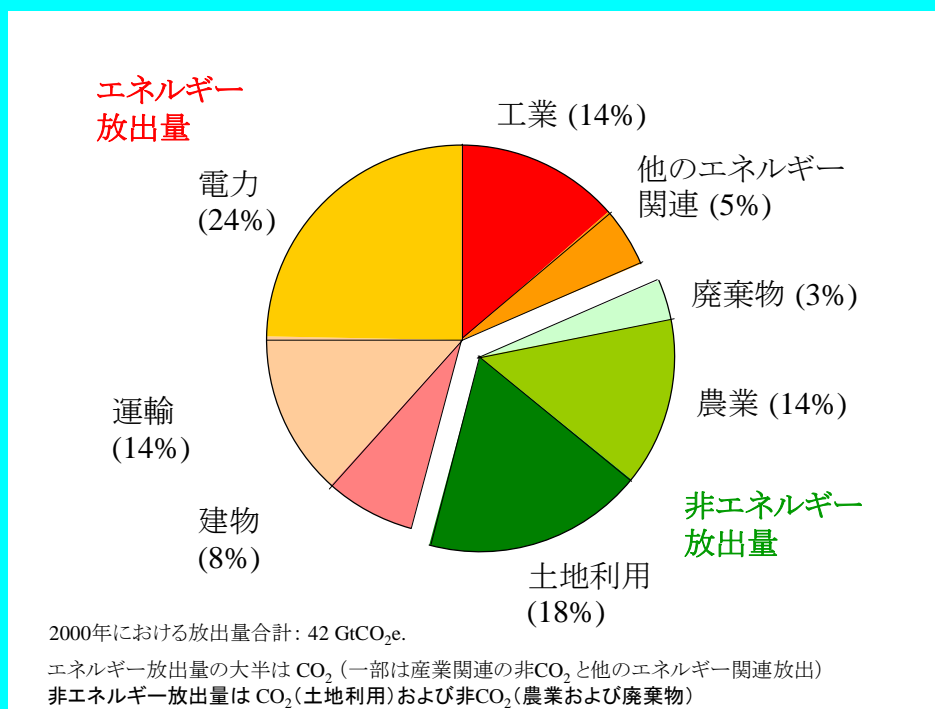
人間の活動の結果、二酸化炭素、メタンガス、亜酸化窒素、それに工業過程で発生する他のガス類を含む大気圏内の温室効果ガス量は、増加の一方をたどっている。これについては、下記の図1を参照のこと。

現在における大気圏内の温室効果ガス量は約430ppm CO₂¹相当であるが、産業革命以前にはたったの280ppmであった。この濃度は、地球全体の温度が0.5°C以上上昇するという結果をもたらし、気候システムの慣用のせいで、今後数十年間でさらに少なくとも0.5°C上昇すると見られている。

仮に年間ガス排出量率が現状より増加しないとしても、大気圏内の温室効果ガスの含蓄量は、2050年までに産業革命以前の倍の550ppm CO₂eになり、その後も増加し続けるであろう。しかし、実際には、経済成長国が高炭素インフラに投資し、世界中でエネルギーや運輸への需要が高まるにつれ、年間ガス排出量は急速に増加している。早ければ2035年には、温室効果ガス量が550ppm CO₂e に達することもあり得る。このレベルでは、地球の平均気温が少なくとも2°C上昇する可能性は77%となり、気候モデルによってはこの数字は99%にも達するであろう。

¹ 以下、CO₂e（CO₂相当量の略）と表記

図表 1 : 2000 年における、発生源ごとの温室効果ガス排出量



出典 : World Resources Institute Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) のオンライン・データベース、バージョン3.0に基づくデータを使用し、スターン報告書が作成

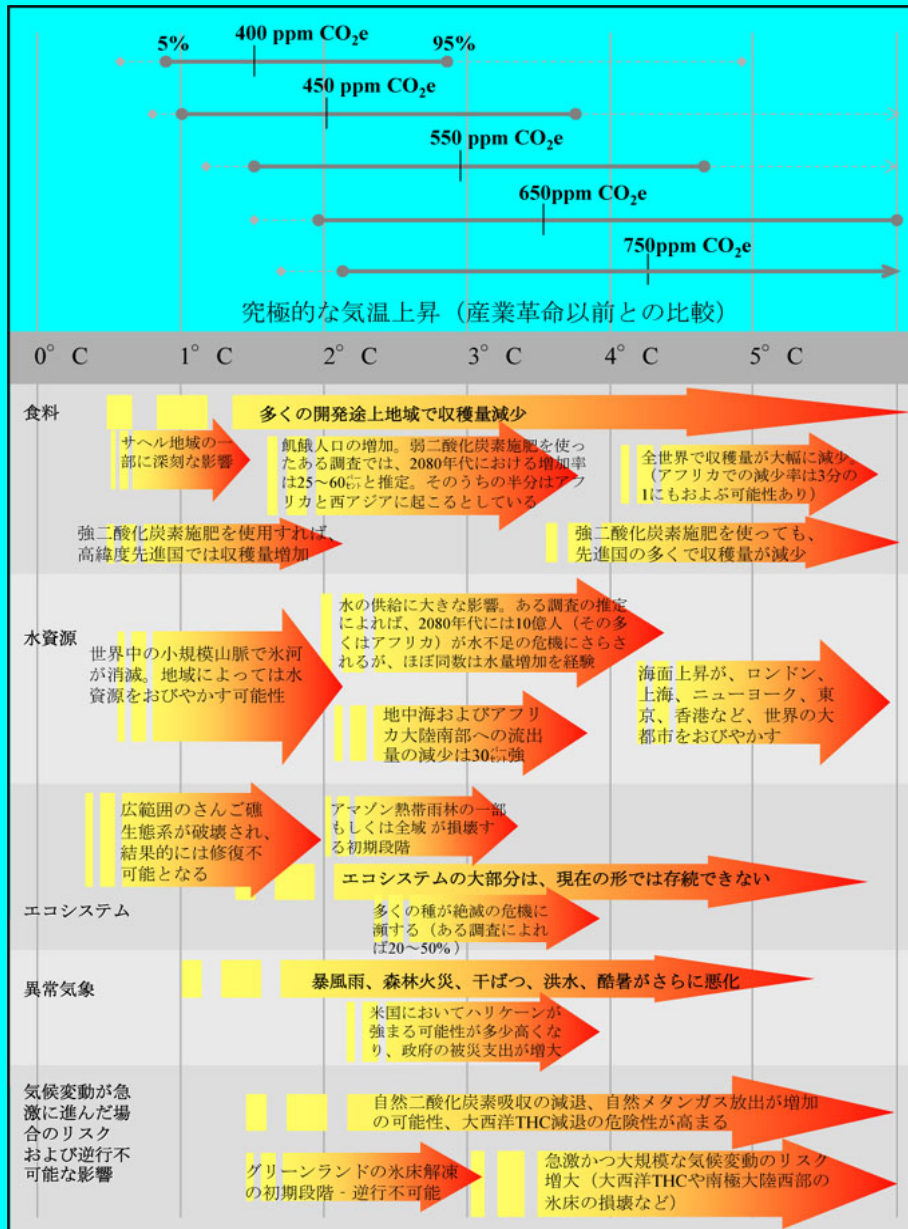
BAUシナリオ下では、今世紀末までに温室効果ガス量は3倍以上となり、その後の数十年間に地球の平均気温が5°C以上上昇する可能性は50%を下らないとされる。これは人類にとって未曾有の出来事となる。というのは、氷河期と現在の気温の差は5°C程度であることが証明されているからである。

これほど劇的な国際レベルの自然地理学的変化は、人々がどこでどのように生活するかという人間地理学にも大きな変化をもたらすこととなる。

図表2は、大気圏内の温室効果ガス濃度、世界平均気温の変化レベルの可能性、それぞれのレベルでの物理的影響についての関係性を比較し、その科学的根拠をまとめたものである。これが示すとおり、大気圏内の温室効果ガス濃度が高くなるにつれ、気候変動の深刻かつ逆行不可能な影響のリスクは、劇的に増大する。

図表 2 : 安定化レベルと気温上昇の確率性範囲

下表は、増加した温室効果ガスと地球が平衡状態になったときにどのようなことが起き得るのかについて示したものである。図上部は 400ppm~750ppm CO₂eで平衡状態の安定レベルの際の気温上昇予想値で、水平の実線は、IPCC 2001² と Hadley Centre ensemble study³が出した気候感受性推定値に基づいた5~95%の範囲を示す。垂直線は 50 パーセンタイル点の平均値で、点線は近年における 11 の調査⁴ に基づいた 5~95%の範囲である。図下部は、温暖化のレベルによる影響の可能性をまとめたものである。地球平均気温の変化と地域ごとの気候変動（特に降水量）の関係は不透明である（Box 4.2 を参照のこと）。この数値は、現科学書に基づいた潜在変化を示したものである。



² Wigley, T.M.L. and S.C.B. Raper (2001): 'Interpretation of high projections for global-mean warming', Science **293**: 451-454 based on Intergovernmental Panel on Climate Change (2001): 'Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change' [Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, et al. (eds.)], Cambridge: Cambridge University Press.

³ Murphy, J.M., D.M.H. Sexton D.N. Barnett et al. (2004): 'Quantification of modelling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations', Nature **430**: 768 - 772

⁴ Meinshausen, M. (2006): 'What does a 2°C target mean for greenhouse gas concentrations? A brief analysis based on multi-gas emission pathways and several climate sensitivity uncertainty estimates', Avoiding dangerous climate change, in H.J. Schellnhuber et al. (eds.), Cambridge: Cambridge University Press, pp.265 - 280.

気候変動は、飲料水、食料生産、健康、土地利用、環境など、世界中の人々にとって生活の基盤となる全てのものをおびやかす。

気候変動の経済コストを推定するのは容易ではない。しかし、起こり得るリスクの度合いを査定するため、多様な方法や手段を用いることができる。本報告書では、そのうちの3つの方法について検討する。

まず最初に、気候変動が経済活動、人間の生活そして環境に与える物理的影響について詳細に考察した。

現在の傾向では、今後約 50 年以内⁵に世界の平均気温は 2~3°C 上昇するであろう。ガス排出量が増加し続ければ、地球の気温は更に数度上昇すると見られる。

温暖化は多くの深刻な影響をもたらす、水に関連する被害も少なくない。

- 解凍した氷河は、まず洪水の原因となり、次に飲料水の大幅な減少につながり、ついには世界人口の 6 分の 1（主にインド半島、中国の一部、南米のアンデス山脈）を脅威にさらす。
- 特にアフリカにおける収穫量の減少は、何億もの住民たちから十分な食料を生産・購入する能力を奪う。2~3°C 程度の緩やかな気温上昇においては、高・中緯度地域の収穫量は増加する可能性もあるが、気温上昇率が高くなれば、収穫量に影響が出る。気温上昇率が 4°C 以上になると、地球全体の食糧生産量に大きな損害が出ると見られる。
- 高緯度地域では、寒冷が原因の死亡率は減少するが、世界全体で見た場合、栄養失調や熱病による死亡率が増加する。効果的な対策をとらなければ、マラリアやデング病などベクター媒介病が蔓延するであろう。
- 気温上昇率 3~4°C の温暖化では、何千万もしくは何億もの人が海面の上昇が原因で起こる洪水の犠牲となる。バングラデシュやベトナムなどの東南アジア、太平洋やカリブ海の小さな島々、東京、ニューヨーク、カイロ、ロンドンなどの港湾都市では洪水の危険性が非常に高まるため、海岸保全を万全にする必要がある。ある調査は、今世紀半ばまでに 2 億人が海面上昇、大洪水、厳しい干ばつのせいで永久的に住み場所を失うであろうと推定している。
- エコシステムは気候変動の被害を受けやすく、たった 2°C の上昇でも 15~40 種が種絶滅の危機に瀕する。二酸化炭素増加が直接の原因で起こる海水の酸性化は海洋エコシステムにも大きく影響し、魚種資源に深刻な影響を及ぼす可能性がある。

⁵ 地球平均気温の変化は、産業革命（1750~1850年）以前の気温との比較。

気候変動による損害は、地球温暖化が進むにつれて増大する。

気温上昇は、急激で大規模な変化の誘因となる。

- 地球温暖化は南アジアのモンスーン降雨やエルニーニョ現象など地域の天候に予測しがたい変化をもたらし、その結果、熱帯地域の飲料水不足や洪水などが何百万もの人々の生活をおびやかす。
- 数々の調査でも明らかなように、アマゾンの熱帯雨林は気候変動の被害を受けやすいため、広域にわたる熱帯雨林が消滅すると予測されている。調査の一モデルは、2~3°Cの気温上昇さえも著しくかつ取り返しのつかない破壊を招くことを示している。
- 氷床の解凍や倒壊は究極的に土地をおびやかす、20人に一人は住みかを失うことになる。

これらのリスクから学ぶことは多いが、勢いのついた気候変動に起因する気温上昇は、人類のこれまでの経験をはるかに上回る現象である。これは、非常に有害な結果を生む可能性を示唆している。

世界各国が一樣に気候変動の影響を受けるわけではなく、貧しい国とその人民が一番先に大きな被害を受ける。被害が起きてからではもう遅い。よって、長期的展望を持つことが必然となる。

気候変動は開発途上地域に対する深刻な脅威であり、様々な面において貧困状態軽減の大きな妨げとなる。まず、開発途上地域は、先進地域に比べ平均気温は高めで降雨量が著しく変化しやすいという不利な地理条件下にある。その結果、気温の上昇は貧しい国に多大なコストを強いるばかりで、メリットはほとんどない。次に、開発途上国の中でも非常に貧しい国は、農業への依存率が高く、経済部門の中で最も気候変動の影響を受けやすく、さらに、不十分な医療制度と低質の公共サービスに苦しんでいる。第三に、低収入と被害を受けやすい状況が、開発途上国の気候変動への適応をことさら困難にしている。

こうしたことから、気候変動は、それだけでなく低い収入をますます低くし、病気や死亡率を上げるという結果を開発途上国にもたらすことが目に見えている。農場からの収入低下のせいで、家族の貧困は増長し、将来のために投資する能力は衰え、わずかの蓄えを生き延びることだけに費やすことを余儀なくされる。国家単位では、気候変動は収益の減少、支出の高騰、公共財政の悪化という結果を招く。

開発途上国の多くは、現在の気候への対処にさえ四苦八苦している。また、開発途上国にとっては、1°C以下の気温上昇でさえも経済や社会開発が大きく後退する原因となる。勢いのついた気候変動（3~4°Cもしくはそれ以上の気温上昇）の影響は、そういった状況のリスクやコストが果てしなく増加することに他ならない。

このような大規模な影響は1か国に留まらず、多国にも被害は広がる。海面上昇や他の気候変動に起因する変化は、何百万人もの移住を余儀なくするであろう。海面が1m上昇すればバングラデシュの5分の1は浸水するが、これは今世紀末に起こり得るシナリオである。気候変動にまつわる衝撃が過去にも暴力的な紛争の引き金

となったことがあり、そのような紛争は西アフリカ、ナイル川流域、中央アフリカにおける深刻なリスクとなっている。

気候変動は、当初は先進国の一部に多少のポジティブな効果をもたらすこともあり得る。しかし、BAU シナリオ下で推定される今世紀半ばから今世紀末に起こる大幅な気温上昇率は、深刻な被害をもたらす可能性が大きい。

カナダ、ロシア、スカンジナビアなどの高緯度地域では、気候変動による 2~3°C の気温上昇は、農産物の収穫量増加、冬期の死亡率低下、暖房必要性の低下、観光活性化の可能性など、純便益につながることも予想される。しかし、これら地域での気温上昇率はどの地域よりも急速で、その結果、インフラ、人間の健康状態、地域の生活様式、生物多様性などに損害を与えるであろう。

低緯度先進国はさらに被害を受けやすい。例えば、地球の温度が 2°C 上昇した場合、南ヨーロッパの水資源や収穫量は 20 億トン減少すると推定される。今でさえ水資源が乏しい地域は、困難やコスト増大という危機に直面するであろう。

暴風雨、ハリケーン、台風、洪水、干ばつ、酷暑などの異常気象を原因とする損害のコストは気候変動による当初の便益を打ち消し、温度上昇が高ければそのコストは急速に増大する。外挿法による単純な計算では、今世紀半ばまでに異常気象による損害のコストだけでも各年の世界 GDP の 0.5~1% に達することも考えられ、地球温暖化が進めばその数値はさらに高くなる。

- 海水温度上昇が原因でハリケーンの風速が 5~10 億上がった場合、米国での年間損害コストは現在の倍になると推定される。
- 英国では、洪水による損害コストは現在のところ各年の GDP の 0.1 億だが、地球の平均気温が 3~4°C 上昇した場合には 0.2~0.4 億に増加する。
- 2003 年にヨーロッパで起こった酷暑は 35000 人の命を奪い、農作物損失額は 150 億ドルに上ったが、今世紀半ばまでにこのような状況が日常茶飯事になるであろう。

気温上昇に伴い、先進国は大規模な衝撃に襲われるリスクが高まるであろう。そのような衝撃として、異常気象に起因するコスト増大が、高額で変動しやすい保険費用などを通して世界中の金融市場に影響を及ぼす、などの例が挙げられる。

気候変動が経済におよぼす総合影響を推定するには統合査定モデルを用いるが、本報告書の推測によれば、経済影響は以前考えられていたより大きい。

気候変動のリスクやコストを測るために本報告書が使った第二のアプローチは、総額を算出するための統合査定モデルである。

気候変動がおよぼす総影響を金銭的価値で表せる公式なモデルを作成するのは、至難の業である。また、2 世紀以上にわたる世界のモデルを作るには限界があり、結果の解釈には細心の注意を払わなければならない。しかし、前述したように、対応策をとってから効果が現れるまでには長い時間がかかり、対応策をとるために必要な定量分析は広範囲モデルの実践に頼るところが大きい。気候変動の金銭的影響は過去の多数の調査で示された額よりはるかに大きいと今では考えられているが、それは、過去の調査が最も不確実でしかも最も大きな損害につながる影響を考慮しな

ったことに、少なからず原因がある。近年における科学の進歩のおかげで、確率性を使い、これまでより直接的にリスクを測ることが可能となった。

過去における最も公式なモデルは、気温上昇率が 2~3°C のシナリオを出発点としていた。この気温範囲内での気候変動のコストは、気候変動が起こらなかった場合の世界生産高に比べ 0~3%の永久的損失に等しいとされる。開発途上国でのコストはこれよりも高いであろう。

けれども、過去のモデルは気温上昇に対し楽観的であり過ぎた。最近では、BAU 傾向の結果として起こる気温上昇率は、今世紀末までに 2~3°C 以上であり得るという調査結果が出ている。この上昇率では、以前考えられていたよりも広範囲に影響が出る可能性が高い。気候変動が急激で大規模であればあるほど、影響の大部分は定量化が困難になる。急激で大規模な気候変動のリスクを考慮した既存のモデルでは、22 世紀に実際に起こり得る 5~6°C の気温上昇下で全世界が被る損失の平均値は GDP の 5~10%であると推定しており、貧しい国では GDP の 10 倍を超える。また、その範囲以上の気温上昇の可能性も僅かながらも無視できないリスクとして存在する。このような気温上昇は人類にとって未曾有の出来事であり、世界は急激に変貌する。

そのような可能性が迫っていることから、本報告書のモデル枠組みはリスク経済を中心として構成しなければならないのは当然であった。可能性全体の平均値を出すのは、リスクを隠蔽することになる。結果としてのリスクが予測よりもはるかに大きいというのは、非常に現実的であると同時に壊滅的である。大まかに言って、気候変動に関する政策とはこのようなリスクを減らすことである。リスクの完全撤廃は無理でも、大幅に減らすことは可能である。そこで、モデル枠組みは、収益の分配や未来の世代の扱い方という面における倫理的判断を考慮に入れなければならない。

また、GDP など狭義の収入のみに焦点をおいた分析であってはならない。気候変動は健康や環境に過酷な影響を及ぼす可能性が高い。様々な戦略の総合比較には、このような結果の評価も含まれる。前述したように、これには概念、倫理、対策面における難題が絡んでおり、結果の扱いには慎重を期さなければならない。

本報告書はモデル PAGE2002 の結果を用い、気温上昇率が引き起こす可能性についての最近の科学的証拠によって、これらの統合査定モデルから出した推定がどのように変わるかを示した。モデル選択においては、リスクを極めて明確に分析したいという我々の願望に焦点を合わせた。それができる数少ないものの一つであるこのモデルが選ばれた。さらに、同モデルの基礎的推測は過去の調査内容にも及んでいる。同モデルの中で、ある一連のデータは気候変動予測に関する 2001 年の調査「気候変動に関する政府間パネル」と一致し、また、別の一連のデータには気候システム内の詳述フィードバックのわずかな増加が含まれている。2001 年以降に出版された論文審査付き科学専門誌の中で、気候変動の増大リスクに関する記載の一部が、この増加を説明している。

我々はまた、妥当なディスカウント率の適用、貧しい国における影響評価額の公平分配についての推測、そして死亡率と環境に与える影響についての推定が、気候変動の見積もり経済コストをどのように増加させるかについても考慮した。

我々は、同モデルを使い、また現時点で組み込める分析要素も入れた上で、次のように推測する：BAU 排出量が続いた場合、今後 2 世紀にわたる気候変動の総コストは、世界人口一人当たりの消費高が今後も平均 5 割余り減少し続けたのに相当する影響とリスクである。このコスト推定値は驚くほど高いが、それでも多くの重要な点を見逃している。

同モデルが以下の 3 つの要因を組織的に考慮に入れば、BAU のコストはさらに増大するであろう。

- 第一に、環境と人の健康に及ぼす直接影響（時に「非市場」影響とも呼ばれる）を含めると、BAU 経路における気候変動の総コストの推定値は、世界人口一人当たりの消費高の 5 割から 11 割に増大するという点。この計算方法には分析的かつ倫理的に難しい問題がある。このモデルに使われた方法では、影響の評価額がやや控えめに抑えられている。
- 第二に、メタンガス放出や二酸化炭素吸収量の減退の詳述フィードバックなどの例から、温室効果ガス排出量に対する気候システムの反応は、以前考えられていたよりもずっと敏感なのではないかという科学的根拠。このように反応がわずかに増加する例に基づき、我々は次の推定値を出した：気候反応の規模は、BAU 経路の気候変動コストを世界消費高の 5 割から 7 割に増大させることもあり、前述した非市場影響を含めれば増大率は 11 割から 14 割にも達する。
- 第三に、貧しい地域に気候変動のしわ寄せが来るという現状。この不均等な負担を均等に分散した場合、5~6°C の気温上昇における気候変動のコストは、均等化しなかった場合のコストより 3 割程度高くなると考えられる。

これらの追加事項を考慮に入れた場合、現在そして将来における BAU 気候変動のコスト総計は、人口一人当たりの消費高減少率約 20 割に匹敵する。

これをまとめると、気候変動の影響およびその結果の全可能性を考慮に入れた分析（リスクの基本経済を採用した分析）によれば、BAU 気候変動は人口一人当たりの消費高が 5~20 割減少した場合と同等の福祉減退をもたらすということになる。リスクが増大した場合の科学的証拠、大規模破壊の可能性の回避、狭義の生産方式ではなく結果への幅広いアプローチなどを考慮に入れば、推定値はこの範囲内の上限に近くなると予想される。

たった数年間の予測であっても、経済予測には困難と不確実性が付きものである。気候変動の分析は、その性格から言って、50 年、100 年、200 年先およびその先を対象としている。モデル使用には注意と謙虚さが必要で、出た結果はそのモデルと推測に特有のものである。精密さと確実性への到達は不可能であると認識しなければならない。さらに、科学と経済の不確実性は、異常気温上昇による影響など我々の現知識が及ばない状況にも当てはまる。全く未知の分野であり、当然であろう。主にこれらのモデルが言わんとするのは、リスクの上限や不確実性を考慮に入れようとするれば、可能性を均等分配したコストは非常に高く見えるということであろう。しかし、確固とした地球温暖化緩和策をとることでリスクの大部分（全部ではない）は削減できるし、計算上よりはるかに低いコストで達成可能である。そういった意味で、緩和策は非常に生産性の高い投資であると言える。

ガス排出量は経済成長と共に増加し、今後も増加し続ける。それでも、大気圏内の温室効果ガス濃度の安定化は実施可能であって、経済成長と矛盾するものではない。

人口一人当たりのCO₂排出量は一人当たりのGDPと密接な関係にある。したがって、1850年以降のCO₂排出量の70%は北米とヨーロッパのエネルギー産出が原因であり、開発途上国の排出量は全体量の25%にも満たなかった。将来は、急激な人口増加、GDPの成長、およびエネルギー多消費型工業への移行が原因となり、開発途上国からの排出量が大幅に増えると思われる。

しかし、このような歴史的パターンやBAU予測にもかかわらず、気候変動の回避かそれとも経済成長・開発の促進かの二者択一を迫られる必要はない。エネルギー技術や経済構造の変化のおかげで収益増加と排出量の密着度が薄れてきており、特に非常に豊かな国の一部でその傾向が顕著である。慎重な政策をとることで、先進国と開発途上国の両者が経済成長を維持しつつ、同時に気候安定化に必要なとされる大規模な「脱炭素処理対策」を講じることが可能となる。

どのようなレベルであれ、安定化に必要なのは、大気圏内の温室効果ガスを除去する地球の自然能力とうまくバランスがとれるレベルにまで、年間排出量が減少することである。ガス排出量がこれ以上のレベルに留まる期間が長ければ長いほど、最終安定化レベルは高くなる。長期的に見れば、世界の年間ガス排出量を5 GtCO₂eにまで削減することが不可欠である。これは大気圏内の温室効果ガスの濃度を上げずに地球が吸収できるレベルであり、現在の年間絶対排出量を80%以上削減しなければ達成できない。

本報告書は、大気圏内の温室効果ガス濃度を450~550ppm CO₂eの範囲で安定化できる可能性およびそのためのコストに焦点をあてた。

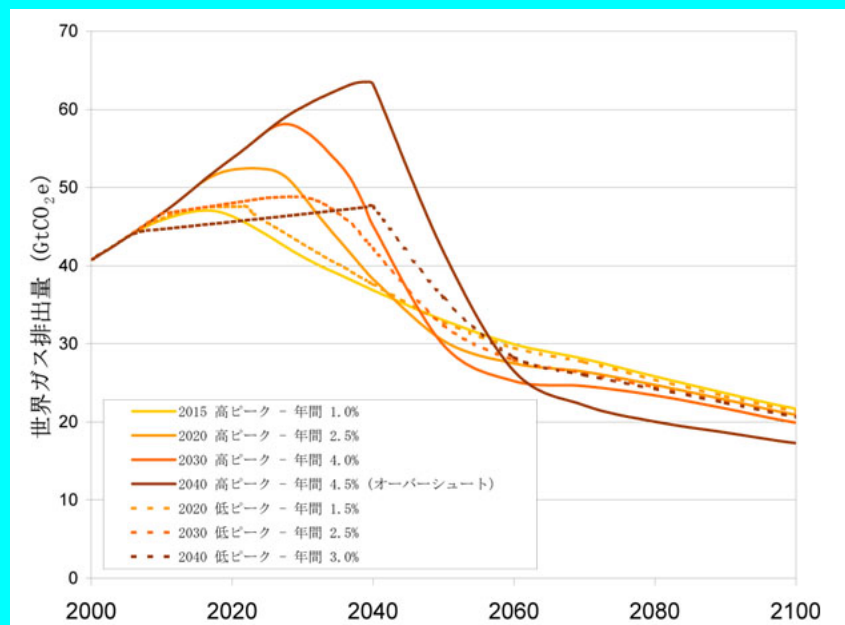
550ppm CO₂e以下のレベルで抑えるには、世界のガス排出量が10~20年以内にピークに達し、その後は少なくとも年間1~3%の率で減少し続けなければならない。その経路の範囲については図表3を参照のこと。2050年までには、世界のガス排出量は現レベルより約25%低くなければならない。2050年の世界経済が現在の3倍から4倍に膨れ上がっている可能性に触れずにこのような削減について語ることはできず、そのような状況下では、2050年までにGDP 1単位ごとの排出量を現レベルの4分の1まで下げることが不可欠である。

オーバーシュートなしに450ppm CO₂eで抑えるには、世界のガス排出量は今後10年以内にピークに達し、その後は少なくとも年間5%の率で減少し続け、2050年までには現レベルより約70%低くなっていなければならない。

理論上では、大気圏内の温室効果ガス濃度が安定化レベルより高い数値でピークに達しその後減少することを許容すれば「オーバーシュート」はあり得るが、実際には非常に困難であり、賢明ではない。オーバーシュート経路は、気温が急激に上昇し、ピークが高レベルで数十年間続いた後で下がり始めるため、大きなリスクを伴う。また、オーバーシュートはその後のガス排出量を非常に低い（自然の二酸化炭素吸収レベルより低い）レベルまで削減することを必要とし、実現可能性に問題がある。さらに、地球の二酸化炭素吸収能力が異常高温によって弱くなった場合（オーバーシュートには起こりがちなシナリオ）、将来、大気圏内ガス濃度安定化の目標値を達成するには、ガス排出量をより急激に削減することを迫られる。

図表 3 : 550ppm CO₂eで安定するまでのガス排出量経路

下図は、550ppm CO₂eで安定するまでの 6 つの経路を示したものである。凡例内のガス排出量削減率は、世界のガス排出量減少率の**最高**で 10 年間の平均値である。ガス排出量削減対策が遅れた（ピークが右に移動）場合、同じ安定化目標値を達成するためにはガス排出量をより急激に削減しなければならない、ということをこの図は示している。ガス排出量削減率はピークの高さと密接な関係がある。例えば、2020 年に 52 GtCO₂ ではなく 48 GtCO₂ でピークになった場合、削減度は年間 2.5 ٪から 1.5 ٪に下がる。



出典：次の書籍を基にスターン報告書が複製：Meinshausen, M. (2006): 'What does a 2°C target mean for greenhouse gas concentrations? A brief analysis based on multi-gas emission path ways and several climate sensitivity uncertainty estimates', Avoiding dangerous climate change, in H.J. Schellnhuber et al. (eds.), Cambridge: Cambridge University Press, pp.265 - 280

ガス排出量の大幅な削減にはそれなりのコストが伴う。本報告書では、2050年までに500～550ppm CO₂eで安定化するための年間コストは、GDPの約1٪であると見積もっている。これは決して低いとは言えないが管理可能な数値である。

ガス排出量の歴史的傾向を覆し、現レベルの25٪もしくはそれ以上削減するのは至難の業である。世界が高炭素から低炭素軌道に移行するためにはそれなりのコストを伴う。しかし、低炭素・高効率製品やサービスの市場が拡大すると共に、ビジネスの機会も増加するであろう。

温室効果ガス削減には4つの方法が考えられ、どの業界にどの組み合わせを使うかによってコストはかなり違ってくる。

- ガス排出集約型の製品やサービスの需要を減らす
- 支出とガス排出量の両方を減らすため、効率性を上げる
- 森林伐採に歯止めをかけるなど、非エネルギー放出に関する対策をとる

- 電力、光熱、運輸などを低炭素技術に切り替える

これらの変化にかかるコストを推定するには、2つの方法が考えられる。

第一の方法は、低炭素技術の導入や土地利用の変更などの対応策にかかる資源コストを、BAU シナリオのコストと比較することである。これには高炭素製品・サービスの需要削減に反応する機会を考慮に入れていないため、多額のコストがかかる。

第二の方法は、マクロ経済のモデルを使い、低炭素エネルギー経済への移行がシステム全般に与える効果について検討することである。これは、価格変動への経済の反応を始めとした多様な要因に対するダイナミックな相互作用を追跡する上で有効である。しかし、結果が広範囲の憶測に左右されるため、複雑な方法とも言える。

これら2つの方法を基盤とした場合、温室効果ガスが500～550ppm CO₂eのレベルで安定するためにかかるコストの平均値は、2050年までに各年の世界GDPの約1%であるというのが中心的推定である。この数値は決して低くはないが経済成長や開発と全面的に調和しており、気候変動が速度を落とさずに進んだ場合と対照を成す。後者は、究極的には経済成長への大脅威となる。

資源コスト推定によれば、550ppm CO₂eでの安定化軌道と調和するガス排出量削減にかかる年間コストの上限は、2050年までにGDPの約1%となる見通しが高い。

本報告書は、種々の業界におけるガス排出量削減のための技術や対応策の可能性と、そのコストについて考察した。これらは気候変動の影響と同じように、数十年先の技術コストを予測することの困難性や、今後の化石燃料価格の動向、価格変動に対する人々の反応など、重大な不確実性に左右されやすい。

したがって、地球温暖化緩和策の正確な動きや排出量削減に関する諸業界の構成はこれら全ての要因によるが、あり得る選択肢（範囲に制限あり）のポートフォリオ全体において中心的コスト見積もりを作成することは可能である。

排出量・コスト削減につながる効率性改善には、技術的に大きな将来性がある。先進国でのエネルギー供給効率性は過去100年間で10倍もしくはそれ以上の伸びを見せ、まだまだ大きく伸び続ける余裕を残している。国際エネルギー機関（IEA）の調書によれば、2050年までに、エネルギー業界のガス排出削減に一番貢献するのはエネルギー効率性であることが大いに考えられる。エネルギー効率化対策は廃棄物減少とコスト節減につながることから、これには環境上および経済上に大きなメリットがある。

非エネルギー放出量は世界の温室効果ガス排出量の3分の1にも上る。よって、早期対策が非常に重要である。適切な政策や産業構造さえあれば、他の緩和策より比較的低いコストで森林伐採に歯止めをかけることができる。

中・長期的展望では、種々のクリーン電力・光熱・運輸技術を広域で利用することが、大幅な排出量削減に不可欠である。大気中濃度を550ppm CO₂eもしくはそれ以下で安定させるためには、世界の電力業界は2050年までに少なくとも60%、悪くすると75%、脱炭素化する必要がある。運輸業界が短期間で大幅な排出量削減を実施するのはより困難であろうが、究極的にはせざるを得ない。これらを達成する技術の多くは既に存在するが、炭素価格政策下では化石燃料に代わる燃料と価格的に対抗できなくてはならず、よってコスト低下を何よりも優先しなければならない。

ガス排出量の安定化には技術ポートフォリオが不可欠である。何らかの制約はどのような技術にも付きものであり、温室効果ガスが発生源となる活動や業界は多岐にわたるため、一つの技術だけが排出量削減の答えとなることはあり得ない。また、どの技術が一番安価なのかも確かではない。そこで、低価で減少するにはポートフォリオが必要になる。

低炭素世界経済への移行には豊富な化石燃料の供給という背景がある。というのは、現政策化で有利に抽出できる炭化水素の含蓄量は、世界の温室効果ガス濃度レベルが 750ppm CO₂e を優に超えるに十分な量であり、非常に危険な結果を招く。実際のところ、BAUでは、エネルギー使用者は炭素集約型の石炭やオイルシェールに切り替える可能性が高く、これは排出量増加という結果を生む。

再生可能エネルギーや他の低炭素エネルギー源の使用率が大幅に増えたとしても、2050年の世界のエネルギー供給量の半分は炭化水素であろう。大がかりな炭素捕捉や貯蔵は、大気に損傷を与えずに化石燃料を使い続けることを可能とし、また、化石燃料価格が下落することで確固たる気候変動政策の基盤が弱まる、という危険性を避ける役割も果たす。

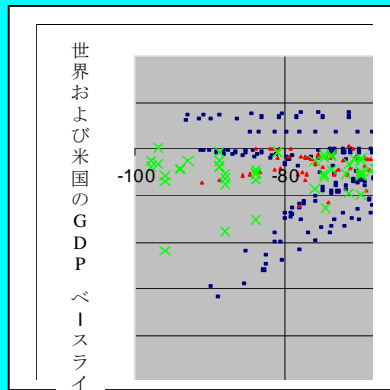
これらの排出量削減対応策コストを推定してみると、約 550ppm CO₂e のレベルで安定化した場合、2050年時点での年間コストは世界GDPの1%前後であり、変動範囲はGDPの-1%（純益）から+3.5%となるであろう。

マクロ経済モデルを幅広く検討してみると、この推定が確認できる。

本報告書が採用した第二のアプローチは、広範囲のマクロ経済モデルを用いた推定（下記の図表4にも記載あり）の比較を基にしている。この比較では、2050年までに500~550ppm CO₂e で安定した場合のコストは、GDPの1%を中心に-2%から+5%の範囲で変動する。変動範囲には、技術革新の速度や世界各国での政策適用の効率性など様々な要因が反映されており、革新が速く進めば進むほどそして効率性が高ければ高いほど、コストは低くなる。これらの要因は政策の影響を受けがちである。

今世紀半ば以降は、推定平均コストはGDPの1%前後で落ち着きそうだが、それ以降は1%を中心として範囲が拡がり、2100年までに激しく下降したり上昇したりを繰り返す。これには、より革新的な緩和策の究明にかかるコストには不確実性が高いことが理由として挙げられる。

図表 4：コスト見積もりモデルの散布図
CO₂排出量削減レベルに対し、削減コストが世界GDPに占める割合



出典：Oster, T., M.S. Qureshi and J. Köhler (2006): 'The costs of greenhouse gas mitigation with induced technological change: A Meta-Analysis of estimates in the literature', 4CMR, Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research, Cambridge: University of Cambridge

IMCP、IPCC、USCCSPが実施した調査やIPCCが委託した研究を網羅した広範囲のモデルを使った調査は、次のようにまとめている。2050年において、約500～550ppm CO₂eで安定した場合、排出量軌道と調和するコストは、GDPの-2%から+5%の範囲に凝集しており、平均値は1%。この範囲は、地球温暖化緩和策の規模、技術革新の速度、および政策の柔軟性を反映している。

上図は、IMCPデータセット、SRES後のデータセット、WRIデータセット（米国のみ）の3モデル統合データセットを用い、ベースラインからの年間CO₂排出量の減少、およびそれに関連する世界GDPの変動を示している。モデルによって幅があるのは、各モデルの設定およびモデル内に使われた推測の選択によるもので、それ自体、将来の予測につきものの不確実性と様々なアプローチを反映している。この図では、種々の安定化経路と年数から出した推定値全域はGDPの-4%（純益）から+15%と幅広いが、主に外郭調査の結果によるもので、主要推定値はやはりGDPの1%前後に集中している。特にコストを高く見積もっているモデルは、歴史的基準と比べると技術の進歩に対する考えが非常に悲観的である。

450ppm CO₂eでの安定化は既に手が届かないところにあると言ってよいであろう。というのは、今後10年以内にこのレベルに達することはほぼ確実であり、現在および予期可能な技術では急激な排出量削減は困難を極めるからである。緩和策が大胆で突発的であればコストは急騰するため、急激な削減には多大なコストがかかるということになる。

ここでの重要な帰結は、遅延は高くつく、ということである。気候変動対応策の遅延が意味するのは、地球温暖化の進行と、究極的には緩和策のコストの高騰である。今後10～20年に脆弱な対応策をとれば、550ppm CO₂eでの安定化にさえも手が届かなくなる恐れがある。既に、このレベルは大きなリスクと強い関連性がある。

低炭素経済への移行は競争力上は難しい課題だが、経済成長の契機ともなる。

GDP の 1 割前後というのは、地球温暖化緩和策のコストとしては、それで気候変動のコストとリスクを回避できるなら高いとは言えない。しかし、国や業界によっては、コストはこれ以上になるであろう。国際レベルで取引される製品やプロセスの一部には競争力に影響が出る可能性もあるが、このような影響を過大評価することなく、該当国や該当業界が協力して行動をとることで影響を縮小したりなくすることができる。それでも、移行過程には管理が必要となる。経済全般においては、メリットが大きい技術革新はコストの一部を相殺する。どの国・産業も継続的な構造変化を余儀なくされ、変化を受け入れる柔軟性とダイナミズムが成功への鍵である。

広範囲の産業やサービスにとって、新ビジネスの機会も多くなる。低炭素エネルギー産物の市場価値は、2050 年までに年間 5000 億ドルを優に越すと見られる。個々の企業や国は、この機会をうまく利用するための心構えをしておくべきである。

気候変動政策は、現状の非効率性を根絶することにも一役買うであろう。気候変動政策の実施は、企業レベルでは節約的観点における関心を引き、経済全般レベルでは非能率的なエネルギーシステムを充実しゆがんだエネルギー助成金を除去するための役割を果たすことも考えられる。現在、世界各国の政府はこのような助成金に年間 2500 億ドルを費やしている。

気候変動政策は他の目的達成にも有効な役割を果たす。このような相互メリットは、温室効果ガス排出量削減の全般的コストが経済に占める割合を大幅に減らすことになる。熟考された気候変動政策は、大気汚染が原因となる疾患や死亡率を減らしたり、地球の生物多様性の多くを支えている森林がこれ以上伐採されることを防ぐなど、世界に大きく貢献することができる。

国家レベルでのエネルギー保全目的も、気候変動目的と平行して進行させることが可能である。エネルギー効率性やエネルギー源・供給の多様化や発電産業投資者のための明確な長期的政策の枠組みは、エネルギー保全を促進する。多くの国・産業にとって石炭は確実で頼れるエネルギーであり、石炭のそのような役割を維持するには炭素捕捉・貯蔵が不可欠である。

したがって、予測される気候変動の深刻な影響を減らすことは、非常に望ましいだけでなく実現可能である。

この結論は、緩和策にかかる前述の推定コストと、気候変動のリスクとコストを審査した最初の 2 つの方法（総合および内訳）で説明した対応策をとらなかった場合の高コストとを比較した結果である。

気候変動対応策のコストとメリットを分析する上で本報告書が用いた第三のアプローチは、僅かなガス排出量軽減コストとCO₂の社会的コストの比較である。このアプローチでは、予期されるメリット内での変化の推定値と排出量削減率が僅かに上がった場合の長期的コストとを比較し、大規模な公式経済モデルは避けた。

本報告書が使った評価へのアプローチを採用した予備計算では、BAU軌道で留まれば、CO₂の社会的コストは1トンにつき 85 ドル前後である。これは同報告書内での典型的数値より高いが、それは、主に我々はリスクを明白に取り扱い、リスクに関する近年の証拠を組み入れたためで、どちらにせよ公表された推定値の範囲内である。

多くの業界で、この数値は僅かな僅かなガス排出量軽減コストよりかなり高い。CO₂の社会的コストをBAU軌道と 550ppm CO₂eで安定化に向かった経路（今年度中に確固とした緩和策を実施する、世界をより良い経路に向かわせるなど）とで比較した場合、コストを超えるメリットを現評価額で示すと、純メリットは2兆5000億ドル前後になるであろう。そして、長期的には、この数値はさらに増加する。この数値は今年中の純メリットの推定値ではなく、今年とる対応策の結果としてのメリットを表現したものである。コストとメリットの多くは、中・長期的に現れる。

賢明な政策を立ててもCO₂の社会的コストも長期にわたり着実に上昇し続けるため、緩和策に必要なとされる技術の費用対効果はますます高まる。これは、必ずしも消費者が現在利用している製品やサービスの値段が上がるという意味ではない。というのは、確固たる政策が推進した技術革新は、究極的には我々の国・産業の炭素依存度を低くし、低炭素技術の熟成に従って、消費者は製品・サービスの価格低下の恩恵を被るからである。

緩和策に必要な推定コストを考慮すると、本報告書が用いた気候変動コストの分析に使う3つのアプローチは全て、確固たる対応策が望まれるという結論に達している。しかし、どれだけの対応策をとればいいのか？本報告書では、この点について経済的観点から調査していく。

現在、450～550ppm CO₂eでの安定化を目標にすべきだという証拠が集まっている。これより高ければ、非常に有害な影響が大幅に増大し、地球温暖化緩和策のための推定コストはほとんど減少しない。同範囲内の下限の数値を目標にすれば、緩和策のための推定コストは急速に上昇する。それよりも低い目標値では、過去に対応策をとることが遅れたことも原因となって、得るところが少ない割に短期的な調整コストが途方もなく上昇、或いは実現不可能、という結果を生む。

最悪のシナリオにおける深刻な気候変動影響の規模から言っても、不確実性に対しては、より厳しい目標が必要となる。

究極的な温室効果ガス濃度はCO₂社会的コスト推定値の軌道を左右するが、同時に、モデルが具体化した対応策の不確実性に対する倫理的判断とアプローチも反映している。本報告書のための予備研究によれば、目標値が450～550ppm CO₂eの場合の社会的コストは、CO₂が1トンにつき25～30ドルで、これは世界がBAUで留まった場合に比べると3分の1程度である。

CO₂社会的コストが長期にわたり着実に上昇し続けるのは、大気圏内の温室効果ガス量が長期にわたり増加し、それと共に損壊も増大するからである。よって、気候変動政策は、削減に向けての最大限の努力を長期的に強化するものでなくてはならないが、技術開発を促進し削減にかかる平均コストを下げることも必要である。けれども特に初期においては、必要とされる技術革新を引き起こすにはCO₂価格だけでは不十分であろう。

これを踏まえ、本報告書の前半では、緩和策と適応策を始めとする確固とした気候変動対応策には大きな価値があることを実例説明し、気候変動政策のための妥当な目標は何かについて考えを述べている。

後半では、気候変動政策の適切な形態について、そして、一致団結して対応策をとるための国際枠組みの中で政策が果たす役割について検討する。

ガス排出量削減政策の基盤となるのは、CO₂価格、技術に関する政策、行動変化の妨害となる障壁の除去、の3要素である。

温室効果ガスの削減は複雑な問題が絡んでいる。政策枠組みは、長期的展望と他の市場不完全性および力学に取り組みねばならない。

長期安定化目標に向けての共通理解が、気候変動政策作成における重要な鍵となる。なぜなら、それが排出許容量経路を厳しく絞り込むからである。しかし、どの程度の削減をいつどこで実施するかについて常に柔軟な姿勢を保つことで、安定化目標値を達成するためのコストを減らすことが可能になる。

気候変動への対応がもたらすコストとメリットが徐々に明確になるにつれ、状況の変化によって政策も変える必要が出てくる。また、そのような政策は多様な国情や政策作成に対する考え方の上に築かれなくてはならないが、現在の行動と長期目標の強い関係性が政策の最前線に置かれるべきなのは言うまでもない。

CO₂価格、技術に関する政策、行動変化の妨害となる障壁の除去 - ガス排出量削減政策にはこの3要素が不可欠である。どの一つが欠けても対応策にかかるコストは大幅に増大する。

課税、排出量取引もしくは規制を通じてCO₂価格を設定することは、気候変動政策における必要不可欠な基盤である。

まず、第一の要素は、CO₂価格に関する政策である。経済学上は、温室効果ガスは外部的要素である。つまり、温室効果ガスの産出者が気候変動を引き起こし、世界と未来の世代に金銭的負担をかけるにもかかわらず、自身はその行動結果の全責任に直面することはない。

公然的に課税や排出量取引を通じ、あるいは暗黙的に規制を通じてCO₂に妥当な価格をつけることは、人々に自分たちの行動が引き起こした社会的コストの責任をとらせることを意味する。そして、個人や企業が高炭素製品・サービスから低炭素製品・サービスに切り替え、後者に投資することにつながる。世界共通のCO₂価格設定には経済効率性の観点から言っても多くの利点があり、価格が低ければガス排出量削減が現実化する。

政策手段の選択には、各国の国情や業界の特徴、気候変動政策と他の政策との関係性などがかわってくる。政策はまた、個人個人が受け持つコストの分配やそれが公共財政にもたらす影響によって、違った結果をもたらす。課税には一定の収益が着実に入るという利点があるのに対し、排出量取引においてはオークション式を増やすことで高率性、流通、公共財政に大きなメリットがある。行政によって、排出量取引に焦点をあてたり、課税や規制に力を入れたり、あるいはその両方を採用したりと、とる道は様々であろう。業界にも様々な選択肢がある。

国や業界全般でCO₂価格を均一にするためには、排出量取引制度が効果的な方法であろう。欧州連合温室効果ガス排出枠取引は、今や、欧州連合が推進する排出量削減政策の最重要項目である。排出枠取引の恩恵を被るには、柔軟で効率的な反応に対してインセンティブを与える制度が必要である。排出枠取引制度の可能性を拡大することが、コスト低下と変動軽減につながる。今後の制度の規制および形態に透明性と予期性があれば、将来のCO₂価格に対する信頼が培われるであろう。

行動および投資決断に影響を与えるには、投資者と消費者が将来のCO₂価格維持を信じなければならない。これは、長期株主資本において特に重要となる。発電所、建物、工場、航空機などは何十年も存続する。もし、ビジネスが気候変動政策の継続に疑いを持てば、投資決断の中にCO₂価格を盛り込むことを断念し、その結果、長持ちする高炭素インフラに過剰投資することも考えられる。これは、その後の排出量削減を非常に高価かつ困難にする。

しかし、信用を勝ちえるには長い月日を要する。これからの10~20年は、CO₂価格制度が未成熟な世界から、CO₂価格が世界で実施され投資決断に自動的に盛り込まれる世界に移行する期間となるはずである。政策の信用価値や国際的枠組みが形作られていくこの移行期間中に、各国政府は、高炭素インフラの中で身動きがとれなくなる事態をどのようにして回避すべきかについて、また、リスク削減のために他の方法にも正当性があるかどうかについて考察することが非常に重要である。

広範囲の低炭素技術や高効率技術の開発を支援するための政策が早急に必要である。

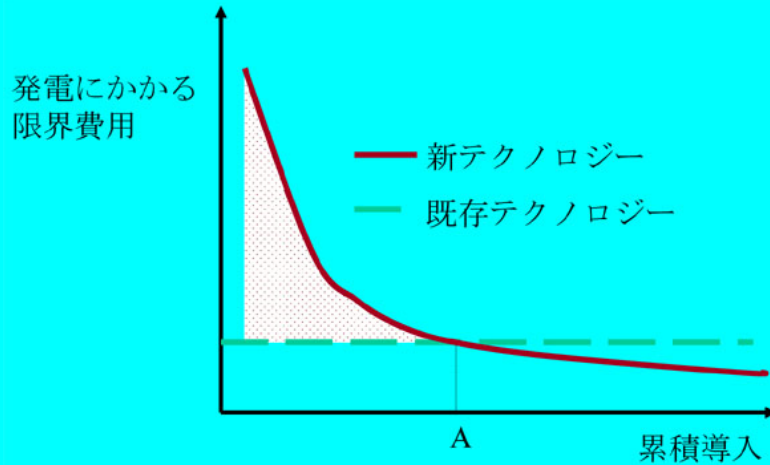
気候変動政策における2つ目の要素は、研究開発から実証や初期実用化に至るまでの全領域を網羅した技術政策である。排出量の大幅削減が必要とされており、その達成には広範囲の低炭素技術の開発と実用化が不可欠である。研究開発と技術普及には民間部門が主要な役割を果たすが、政府と産業間の緊密な協力体制が広範の低炭素技術・ポートフォリオの開発をさらに刺激し、コスト削減につながる。

現在使われている低炭素技術は、化石燃料の代替物よりも高つく。けれども、図表5でも明らかのように、技術コストは規模と経験次第で下降する。

価格設定はCO₂削減新技術への投資に対するインセンティブを与え、価格設定なしでは投資理由に欠ける。しかし、低炭素新技術への投資にはリスクがあることも無視できない。企業は、将来、炭素価格政策が維持されなかった場合、開発した新製品の市場が失われる、という点を危惧するかもしれない。また、研究開発から得た知識は公共にも益をもたらす。もし、最大の恩恵を被ることができないという危機感を企業が抱いた場合には、社会還元の大きいプロジェクトには過少投資することもあることがそれを物語っている。よって、新技術を直接的に促進することは、経済的にも大きな意味がある。

研究開発や実用化にかかる公共支出額は過去20年間で急激に低下し、今では他の産業と比べて低い方である。この分野における世界投資が倍の年間200億ドル前後になれば、リターンも大きくなり、多様な技術ポートフォリオの開発を支援できる。

図表 5 : 長期的には技術コストは低下する傾向が強い



歴史的傾向で示すと、化石燃料も低炭素技術も、スケールが上がるにつれてコストは下がる。この傾向の度合いを推定するために、経済学者たちはコストデータに「学習曲線」を適用した。上図が示す曲線は新発電技術で、初期においてはこの技術は既存の代替物に比べ非常に高くつく。しかし、スケールが上がるにつれてコストも低下し、A 点を越すと逆に安くなる。国際エネルギー機関や他の機関による研究では、このような関連性は種々のエネルギー技術にあてはまる。

これには、学習効果やスケールの経済などいろいろな要素が絡んでくるが、上図が示すよりずっと複雑な関連性がある。段階的な技術改善は進歩のペースを速めるかもしれないが、利用可能な土地や材料の制約などが、コストが僅かに増大するという結果を生むことになり得る。

発電など新技術が地盤作りをしにくい業界においては、早期技術の市場を支援する政策が不可欠である。本報告書は、実用化インセンティブの規模が、世界中で現在の年間 340 億ドルの 2~5 倍に増えなくてはならないと考える。これが実現すれば、民間部門が一連の技術革新を促進する上で力強いモチベーションとなるだろう。

第三の要素は行動変化の妨げとなる障壁の除去で、これはエネルギー効率性の機会をさらに利用していくために非常に重要である。

第三の要素として、行動変化の妨害となる障壁の除去が挙げられる。費用対効果が高いガス排出量削減対応策でさえ、何らかの障壁が存在することも考えられる。そのような障壁として、信頼できる情報の欠乏、排出量取引のコスト、行動・組織の不活発状態などが考えられる。費用対効果の高いエネルギー効率策の可能性が実現せずに失敗に終わるといった事態が頻繁に起こることからも、このような障壁の影響は明らかである。

このような複雑さを廃止し明確さと確実性を押し出すために、規制措置をとることも非常に効果的である。建物や器具に最低基準を設けることは、価格の動きだけでは十分な影響を期待できない状況において実績改善の費用対効果が高い。

ラベル貼付やベストプラクティスの共有など情報に関する政策は、消費者やビジネスが正しい判断を下し、低炭素および高効率製品やサービス市場の競争力を高める上で有益である。また、効率性改善の初期段階にかかるコストも制約要因であるが、その問題を克服するための金銭的援助も有効と考えられる。

気候変動の本質とそれがもたらす結果についての共通理解を育むことが、行動を形作り、国内・国際レベルの対応策を裏打ちする上で不可欠である。政府は、証拠、教育、説得、話し合いを通じて対話を持つための媒体になれる。気候変動について学童年齢の子どもたちを教育することも、今後の政策立案を形成かつ維持する手助けになり、さらに、広範囲の一般・国際討論は現在の政策立案者たちが直ちに対応策をとることを促す。

気候変動による不可避の影響への対処には適応政策が不可欠であるにもかかわらず、多くの国で十分に強調されていない。

地球温暖化緩和策の効果が現れるまでの数十年間は、我々ができる気候変動影響への唯一の対応策は適応することに他ならない。

緩和策と違い、大抵の場合、適応策には地域ごとのメリットが多く、準備期間も短くて済む。したがって、市場や環境の変化に個人個人が対処する過程において、ある種の適応化は自発的に起こる。大規模なインフラなどがかわる適応には、より優れた洞察力と計画が必要である。また、中には公共財が世界に恩恵をもたらす適応策もあり、気候システムについての情報充実や気候変動に強い作物や技術の開発などがこれに含まれる。

全世界規模の適応策におけるコストとメリットに関しては、現在のところ限られた定量情報しかない。気候変動に敏感な業界に関する研究では、適応策の多くはコストよりもメリットの方が大きいという結果が出ている。しかし、気温が上昇すればするほど適応策コストも高騰し、残余損害も大きい。OECD 加盟国においては、気候変動に強いインフラや建物を新たに建設するコストは、年間 150～1500 億ドル（GDP の 0.05～0.5 割）にも上るであろう。

開発途上国では、被害を受けやすい現状と貧困が対応策実施の妨げとなり、適応は困難を極めるであろう。先進国と同様にコストの推定は容易ではないが、数百億ドルを下らないだろうと予想される。

気候情報に反応する市場は、個人や企業の適応を活性化する。例えば、リスクが基軸である保険業界は気候変動リスクの規模について強いシグナルを送るため、質の高いリスクマネジメントが出来上がる。

個人や企業が効率的に適応していくための中・長期的ガイダンスを与えるのは、政府の役割である。それには、次の 4 点が鍵となる。

- 質の高い気候情報とリスクマネジメントの手段が、効率的な市場を作り上げる。雨量と暴風雨のパターンに代表される地域天気予報の充実が、必要不可欠な要素となる。
- 土地利用計画やパフォーマンス基準が設定されれば、建物や長持ちするインフラへの民間・公共投資者は気候変動に対して考慮するようになる。
- 政府は長期的政策を通して、自然資源保護、海岸線保護、緊急事態への準備など、気候変動に敏感な公共物に貢献する。

- 気候変動の被害を受けやすく、保険などの保護対策余裕がない社会の最貧層を対象とした金銭的安全ネットを設ける。

地球に優しい開発そのものが、適応策の構成要素として欠かすことのできない多様性、柔軟性、人的資源をもたらす。実際のところ、適応策の多くは単に開発におけるベストプラクティスの延長に過ぎず、全体開発の促進、大災害後の処置と緊急事態への対処などがその例である。あらゆるレベルでの開発政策・企画の中に、気候変動への適応策を盛り込まなくてはならない。

気候変動への効果的な対応は、世界が一致団結して取り組む状況を作ることにかかっている。

本報告書では、気候変動問題に取り組む上で地域や国自体ができることは何かを突き止めた。

確かに、既に対応策を講じている地域や国、企業も少なくない。しかし、世界全体が排出する総量に比べると一国からの排出量は僅かであり、大気圏内の温室効果ガス濃度を安定化するには非常に大幅な削減が必要となる。地球温暖化緩和策は、地球公共財の供給という典型的な問題も引き起こし、ただ乗りを防止するために国際的規模での共通資源管理を必要とする他の環境問題と性格を共にする。

国連枠組み条約（UNFCCC）や京都議定書、他の非公式なパートナーシップや国際対話は、国際協力と世界規模の行動基盤を支援する枠組みを提供する。

この巨大規模の問題に対処するには、事態の緊急性と気候変動政策の長期的目標において国際的共通意識を持つこと、そして多国間枠組みと連携対応を基にした国際的アプローチが不可欠である。気候変動に対処するための国際枠組みは、各国特有のリーダーシップを後押しし、世界中の国が参加しやすくなるよう仕向けるべきである。国際枠組みはまた、既存の多国間枠組みの基盤となる有効性、効率性および公平性を基本方針としなければならない。

緊急に対応策が求められている。開発途上国におけるエネルギーや運輸の需要は急速に増大し、先進国は株主資本の多くが更新の時期を迎える。今後 50 年間に排出量が異常増加するのかそれとも地球に優しい経路をたどるのか、その分かれ目となるのはこの 10~20 年間における投資である。

国際協力体制は、炭素価格設定、技術、行動障壁の除去、土地利用に起因する放出への対応策など、排出量削減を達成するための全ての面を網羅し、また、適応策を促進し支援しなければならない。エネルギー効率化やガス燃焼の削減など直ちに経済的メリットのある分野や、大規模なパイロット企画が将来の交渉を正しく導くための貴重な経験をもたらす分野など、対応策実施の機会は非常に多い。

適切な対応策に対する広範な相互責任についての合意が、気候変動リスク軽減の全体目標に貢献する。このような相互責任は、コストと支払い能力、出発点、経済成長の見込み、過去の歴史などを考慮しなければならない。

広範で維持できる協力体制を確立するには、開発途上国も先進国も削減のための努力を平等に請け負うことが不可欠である。あらゆる面での平等性を算出できる計算方法は存在しないが、国家収益や歴史的責務、人口一人当たりのガス排出量などを

基にした計算では、豊かな国々が 1990 年のガス排出量を 2050 年までに 60～80% 削減する責務を負うことになるであろう。

透明性が充実しかつ国家間の対策に同等性があれば、国際協力体制は発展し続けることができる。

国際的にほぼ同程度の炭素価格の設定、および開発途上国での対応策に拍車をかけるための炭素資金利用 - これらの点を国際協力は早急に優先すべきである。

排出量削減のコストを抑えるには炭素価格をほぼ同程度に設定することが必要で、課税、排出量取引もしくは規制を通して実施できる。民間部門による開発途上国への技術移行は、国家単位の対処と国際協力を通じて進めることができる。

京都議定書は、国際排出量取引を裏打ちする貴重な慣例を作り上げた。このアプローチから学び、この上に構築していくことには大きな意義がある。前進への道を模索する上で、国連枠組み条約に根ざした国際対話、京都議定書の有効性の見直し、広範囲で非公式な国際対話など、たくさんの機会が待ち受けている。

種々の民間部門取引制度は、今や国際炭素資金の流れの中心となる。亜国家および自主的制度を始めとする地域・業界レベルの排出量取引制度を締結し拡張するためには、国際協力と適切な新慣例の作成が必要となる。

今や EU ETS の第三期に関する決断は、同制度が未来の世界炭素市場に影響力を持ち、その中核的存在となる機会となる。

EU ETS は世界最大の炭素市場である。現在、2012 年以降の同制度第三期の構造についての話し合いが行われている。これは、同制度を将来の世界炭素市場の中心に置くことを目指した明確で長期的なビジョンを設定する契機となる。

EU ETS が信頼性の高いビジョンを持つためには、いくつかの要素が貢献する。EU の排出制限総量を排出許容量の市場希少性が保たれるレベルに設定し、全関連業界への割当量に厳しい基準を設けるべきである。排出量取引期間中にガス排出量に関する明確な情報を頻繁に提供することは、市場の透明性を増し、価格が不必要に急上昇したり急暴落したりするリスクを減らす。

将来の排出量取引期間における割当量基準を記載した明確な改正規則があれば、投資者はこれまでより予測を立てやすくなる。取引期間外における排出許容量貯蓄（または借用）制度ができれば、長期間的には価格を一定に保ち易くなる。

他の主要業界や航空機産業などへの参加機会を広げることが、市場を深めると共に、オークションの活性化や効率性を促進することになる。

EU ETS が米国や日本などで実施されている他の新興排出量取引制度と結びつき、開発途上国で産出された CO₂ の使用を許容するメカニズムを維持し作り上げることは、世界炭素市場の中核作りと流動性改善という結果を生む。

効果的な政策を支援する意味で、開発途上国への炭素資金の流れを良くし、排出量削減企画を作ることが、低炭素経済への移行を促す。

開発途上国では、経済成長と温室効果ガス排出量増大を分離するため、既に重要な対応策をとっている。いくつか例を挙げると、中国は、GDP 1 単位につき使われるエネルギーを 2006～2010 年の間に 20% 削減し再生可能エネルギーの使用を推進するという、非常に意欲的な国内目標を作った。また、インドは同様の期間を対象とした統合エネルギー政策を立てたが、それには、貧困者たちがクリーンエネルギーを使いやすくしたりエネルギー効率性を高める、などの方針が盛り込まれている。

現在、開発途上国における低炭素投資を支援するための主要公式ルートは、京都議定書が作成したクリーン開発メカニズム（CDM）である。CDM は、急成長する新興国のガス排出量を減らすためのプロジェクトに各国政府や民間部門が投資することを可能にし、地域ごとに異なる排出量取引制度のつながりを支援する役割を果たしている。

今後、費用対効果の高いガス排出量削減を支援するには、国際炭素資金流動における規模の変革と慣例が必要となる。開発途上国における低炭素投資のための累積コストは、少なくとも年間 200～300 億ドルに上るであろう。このコストを援助するには、EU ETS のような排出量取引制度に大いなる熱意を持って取り組み、また、民間部門炭素資金を個々のプロジェクトにではなく政策や企画に連結するメカニズムが必要となる。これは、ガス排出量削減への国家・地域・業界ごとの目標の枠の中で実施できる。開発途上国への投資や国家活動を加速化するにはこの流れが不可欠であろう。

今では、相互信頼を培う機会、また、低炭素開発経路に大規模な投資の流れを作る目的で新しいアプローチを試験的に行う機会が存在する。市場の構築や可能事項の実施など重要な局面における継続性を維持する上で、開発途上国からのカーボンクレジット（二酸化炭素発生の権利）受け入れ量に関する EU ETS など既存のガス排出量取引制度からの初期反応が大きな意味を持つ。

このプロセスを促進するにあたり、国際金融機関が担う役割は大きい。世界銀行や他の多国開発銀行が作ったクリーンエネルギー投資枠組みは、投資の流れを触媒し活性化するための役割を担う。

地球温暖化緩和策のコスト減少に向けて、技術革新および技術普及を加速化するため、より一層の国際協力が望まれる。

世界の技術革新および技術普及推進に重要な役割を担うのは民間部門である。しかし、この面での障壁を乗り越え国際協力を促進するため、公式協定やアジア太平洋パートナーシップなど公共・民間協力を推進する協定を通じて、各国政府も援助の手をさしのべることができる。技術協力は、リスクと報酬の共有や技術開発の進歩、優先事項の調整を可能にする。

各国の R&D 優先政策や実用化支援から発する国際規模のポートフォリオは多様性に欠け、バイオマスなど開発途上国にとって特に重要な技術を十分に重要視しない傾向がある。

国際 R&D 協力には種々の方法が考えられる。首尾一貫した緊急で広範囲な活動には、世界各国の理解と協力が不可欠である。それは、R&D への主要投資に対し各国がリスクと報酬を一まとめに集積できるような公式多国的協定を統合したものであるかもしれない。例として、実用化プロジェクトや主要技術推進に的を絞った国際規模の企画などが挙げられる。しかしながら、公式協定はこの過程の一つに過ぎない。国内企画を連結する高レベルの協調を目指した非公式協定も、大きな役割を受け持っている。

実用化支援のための国内政策を公式・非公式に調整することは、国境を越えた新市場の規模増大によるコスト削減を促す。今や、再生可能エネルギー技術の実用化支援を目的とする政策枠組みや国家目標を掲げる国や米国の州も少なくない。これらの市場に対する興味を引き起こすために、透明性と情報共有が一役買っている。国境を越えた実用化機器取引の可能性が拡大すれば、支援効果が高まる。広範囲での炭素捕捉実用化に必要な資源の可動性、特に開発途上国において有効な技術の利用などが、こうした支援の例として挙げられる。

規制および製品基準に対する国際レベルでの調整は、エネルギー効率性をさらに促進する上で強い影響力を持つ方法で、費用対効果を高め、革新へのインセンティブを強化し、透明性を充実し、国際取引を推進するという効果がある。

国際取引交渉に関するドーハ開発ラウンドの範囲を始めとし、低炭素製品やサービスの関税・非関税障壁を取り除くことは、主要技術の普及を速める契機となる。

森林伐採に歯止めをかけることは、温室効果ガス排出量を減らす上で非常に費用対効果の高い方法である。

森林伐採に起因するガス排出量は特筆に価する。これは、全世界からの排出量の 18% 以上にあたり、世界の運輸業界が排出する量より多いからである。

直ちに、残る自然森林を保護するための対応策を講じなければならない。国家レベルの対策と国際支援を組み合わせ効果的なアプローチは何であるかを探求するため、大規模なパイロット制度が必要である。

対象となる森林の保有国は、森林伐採に関する政策を形づくり、先導しなくてはならない。当該国をしっかりと支援することで、国際社会は森林伐採減少の恩恵を被る。国家レベルでは、森林地帯の財産権を定義づけ、土地所有者・コミュニティ

一・伐採者の権利と責任を明確にすることが森林管理の鍵となる。これには、地域コミュニティの参加を促し、公式権利と社会構造を尊重し、開発目標を目指して共に歩み、森林保護の過程を強化することが必要である。

本報告書の調査では、土地利用によるガスの70%は8カ国の排出によるものだが、これらの国の森林を保護するための機会費用は、初期には年間50億ドル前後で、長期的には多少上昇する。

国際社会による賠償金支払いには、該当する土地を他の目的で利用した場合の機会費用、森林保護を管理・実施するための費用、既存の政策が無効になると同時に起こる政治的移行にかかわる問題などを考慮に入れる必要がある。

長期的には、そのインセンティブとして炭素市場が果たす役割は大きい。しかし、短期的には、ガス排出量削減の需要を大きく上昇させるための合意がないままに森林伐採政策をとれば、既存の強力な炭素市場を強化するために不可欠なプロセスが不安定になるリスクも否めない。このような合意は、移行規模への理解に基づいていることが肝要である。

開発途上国は気候変動に適応するための努力に拍車をかけ、国際開発援助などを通して支援を受けることが不可欠である。

開発途上国の中でも最も貧しい国々は、気候変動の原因にほとんど関与していないにもかかわらず、一番先に大きな痛手を被るであろう。国際社会は、国家収益が低く気候変動に適応するための資金に乏しい国を支援する義務がある。そのような支援なくしては、対応策開発の進行が損なわれる危険性が高い。

国情や熱意に即した気候変動適応策が何かを決めるのは、開発途上国自身である。急速な経済成長と開発が、国の気候変動対処能力を高める。開発途上国が気候変動に適応するための追加コストは数百億ドルに上ると予想される。

これは大規模な課題であり、なるだけ早急に先進国が確約を順守することが強く望まれる。2010年までに開発途上国への助成金を倍にするというこの確約は、2002年にモンテレイで合意され、2005年6月の欧州連合理事会と同年7月のG8グレンイーグルズ・サミットが後押しした。

助成金提供国や多国間開発機関は、開発途上国への援助の一環として気候変動適応策を主流に組み込みそして支援すべきである。また、国際社会は、地球公共財への投資を通じて適応策を支援する。それには、気候変動の観察・予測技術を充実する、地域への影響に関するモデルを作る、干ばつや洪水に強い作物を開発し実用化する、などの方法が挙げられる。

これに加え、気候変動保険に関する公共・民間パートナーシップを築くため、そしてリスク管理と準備・大災害への対処・避難民の再定住化の充実化メカニズムを強化するため、一層の努力が望まれる。

気候変動適応にかかる長期費用を抑えるには、強行な地球温暖化緩和策を早急にとることが非常に重要な鍵となる。

世界の国々が協力して対応策を作り維持することが、今や早急な課題である。

共同対応策をとる上で、気候変動政策における長期目標の共通理解を育む、協力に向けて効果的な慣例を作る、リーダーシップをとる、相互信用を築く、などが主な障壁となっている。

大気圏内温室効果ガスの安定化という長期目標に対する明確な展望なくして、目的達成を目指した活動だけでは不十分である。

対策活動には、緩和策、技術革新、それに適応策が盛り込まなければならない。すぐにメリットがあるもの、大規模なパイロットプログラムが貴重な経験をもたらすものなど、対応策をとる機会はいつでもどこにでもある。そして、我々は、協力体制を裏打ちするための慣例を既に作り始めているのである。

これからの課題は、対応策が適用できる全ての面において、参加機会を拡げ深めていくことである。それには、炭素価格と炭素市場を作るための国際協力、低炭素技術の開発と実用化の推進、土地利用方法を変えることによるガス排出量の削減、貧しい国が気候変動による最悪の影響に適応するための援助、などが挙げられる。

世界が一致団結して直ちに確固たる対応策をとれば、気候変動がもたらす最悪の影響を回避する時間は残されている。

本報告書では、地球に深刻かつ長期的影響を及ぼす問題に取り組むため、広範囲の経済手段を使ってリスクと不確実性の経済的観点に焦点をあててきた。分析上の難点に取り組み、広義での不確実性を少しでも解決するには、科学や経済の専門家による更なる研究が必要とされる。けれども既に明確なのは、気候変動の対応策を怠った場合、非常に深刻な経済的リスクが我々を待ち受けているという事実である。

気候変動のリスクを削減するには様々な方法が考えられる。適切なインセンティブがあれば、民間部門は解決策を作り出すことができるであろう。大気圏内温室効果ガス濃度の安定化は、少額とは言えないまでも管理可能な額で実施できる。

インセンティブを作るための政策手段は既に存在する。投資パターンを変え、世界経済を低炭素経路に移動するためには、そのようなインセンティブが必要とされる。これは、もはや回避不可能な気候変動の影響に適応するための強化対応策と、同時進行しなければならない。

そして、何よりも、気候変動のリスクを削減するには、世界が一致団結しなければならない。共通目標の達成を支援する国際枠組みを通して、国々が協力し合うことが不可欠である。公共・民間部門が市民社会や個人と手を取り合い、パートナーシップを築くことも不可欠である。気候変動がもたらす最悪の影響を回避することは、今でも可能である。それには、世界が一致団結して直ちに確固たる対応策をとらなければならない。遅延が意味するのは、多額の費用と危機以外の何ものでもない。