

IIASA=RITE シンポジウム (2006年2月27日 経団連会館) 配布資料
プロジェクトの概要と破局的事象の総合評価における破局的事象の扱い

- Project PHOENIX 2006 -

森 俊介 (RITE システム研究グループ, 東京理科大学理工学部)

1. はじめに

京都議定書は2005年に発効し、温暖化対策も実行段階に入った。しかしながら、各国とも温暖化対策の重要さには合意しつつも、具体的な実行となると決して足並みはそろっていないのが現状である。実際、米国は京都プロトコルから離脱したままであり戻る様子はない。また、インド、中国と言う大きな排出国も、削減には消極的である。これに対し、EUは京都プロトコルの先として、温度上昇を産業革命前の2度以下に抑える提案を行っている。わが国は、このような状況の中で、情報を整理し、どのような対策が実効的かつ実施可能かを探らねばならない。本研究開発は、経済産業省「地球環境国際研究推進事業」の一環として2002年より5か年のプロジェクトとして開始され、21世紀半ば頃までの世界と日本の総合的な地球温暖化対応策を提示することを目的としている。

本報告では、昨年引き続きプロジェクトの概要と進展を報告するものである。

2. 地球温暖化の影響と対応策の総合評価方式の開発

温暖化対策を合理的かつ最適に定めるには、当然ながら温暖化の科学的知見に基づかねばならない。IPCC は、1990年以來3度にわたり評価報告書を取りまとめてきた。2001年の第3次評価報告書は、気候科学、影響と脆弱性、緩和評価の3WGから構成され、現在第4次評価報告書の作成が進行中である。機構化学者は、高解像度のモデルの開発と改良により、気候変動問題の様々な疑問点に答えようとしてきた。しかしながら、かりに温暖化の進行についての知識の増加に対し、温暖化の影響評価では温暖化以外の人間活動との相互関係に依存するところが大きく、かつ地域性も高いため、決して直最適なものとはならない。実際、降雨量の変化の影響は、水管理体制の巧拙により大きく影響を受けることになる。自然科学者はまた、温暖化影響として生物圏への影響を警告している。これらには、環境対策評価としてしばしば用いられる費用便益分析のような金銭換算の一元的評価は適用が困難と言わざるを得ない。

予想される温暖化影響の中には、自然科学者によって非可逆的かつ破局的な現象として、例えば熱塩循環(THC)停止、西部南極氷床(WAIS)の崩壊、グリーンランド氷床の融解、シベリア湿原からの大規模なメタンアウトバースト等の警告された事象も存在する。これらはしばしば、温暖化に伴う降水量の上昇や農業影響、空調需要の増大などの連続的かつ漸増的な事象(Type-I事象)に対し、Type-II事象と呼ばれることが近年増えてきた。

Type-II事象群については、その発生のタイミングやメカニズムについてまだ未知のことが多く、その影響の大きさについても意見が分かれる。例えば、熱塩循環の停止では、温暖化による温度上昇を打ち消す程度であろうという見解の一方、大きな影響が発生する¹、とする指摘もなされている。現在までの研究では、これらType-IIに事象が今世紀中に発生する、というものは見当たらない。しかし、現在の温暖化ガスの排出は遠い将来に人間社会に何らかの影響を持って返ってくることは疑いない。

¹ ハドレー気候予測研究センターのWood[1]は“The resulting climate response varies in detail between models, but robust features include substantial cooling of the northern hemisphere and major changes in precipitation, particularly in regions bordering the tropical Atlantic.... General cooling and drying of the Northern Hemisphere results in a reduction of 11% in hemispheric primary production.”と警告している。

表1は、IPCC-TAR-WG2 等に上げられた温暖化影響事象群である。この表に明らかなよう、あるものは定量的、またあるものは定性的にしか記述ができない。また金銭評価可能なものやそうでないものが存在する。影響のレベルを漸増的なものと表せるものや、「発生」の警告でしか表現できないものもある。PHOENIX プロジェクトは、これらの事象の発生の可能性とその影響自体の評価を目的とはしていないが、総合評価においては、このような特性の異なる事象群に対しどのような取り組みをすべきか、どのように総合的評価すべきかについて検討する必要があると考えられる。

表1 温暖化事象群と特性⁽¹⁾

	影響及び事象	特性
Type-I 事象群	<ul style="list-style-type: none"> - 高齢者、都市部貧困層に対する疾病の増加 - 家畜・野生動物に対するヒートストレスの増加 - 旅行目的の変化 - 多くの農作物の被害とリスクの増大 - 空調需要の増加 - 害虫・病原菌媒介動物の範囲の拡大と増加 - 洪水、地すべり、雪崩、泥流、表流水による土壌流出、浸食の増加 - 穀物生産性の低下 - 水資源の質・量的低下 - 森林火災の増加 - 生物種の減少 - 生態圏全体への様々な影響 	<ul style="list-style-type: none"> - 連続的な影響水準の上昇とリスク増加 - 高い地域性 - 適応策適用可能性と費用の多様性 - 発生と影響レベルの不確実性 - 損害と脆弱性の増加 - 非可逆的と可逆的影響の混在
Type-II 事象群	<ul style="list-style-type: none"> - 熱塩循環(THC) の停止, - 西部南極氷床(WAIS) の崩壊 - グリーンランド氷床の融解 - メタンアウトバースト 	<ul style="list-style-type: none"> - 不連続的影響 - 非可逆的影響 - 発生と、発生の時期の高い不確実性 - 適応策が期待できない

図1は、IPCC⁽¹⁾で示された温度上昇レベルと各種危険事象の発生リスクを表示したものである。

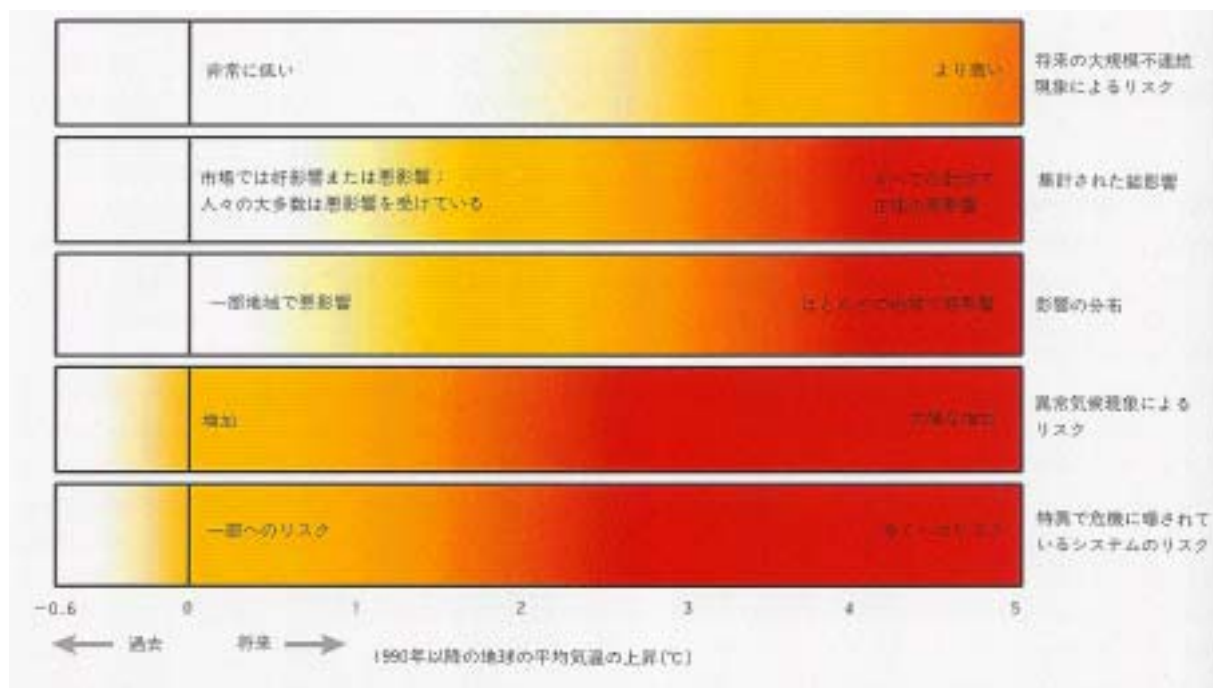


図1 予想される気温上昇と悪影響リスクの増大

Hare⁽²⁾は、同様の温度上昇とリスクを、沿岸領域、動物種、生態圏について地域別に示し、産業革命以前からの全球温度上昇を2度以下にすべきことを主張した。このように Type-I 事象と Type-II 事象を温度上昇とリスクの関係に統一して示す

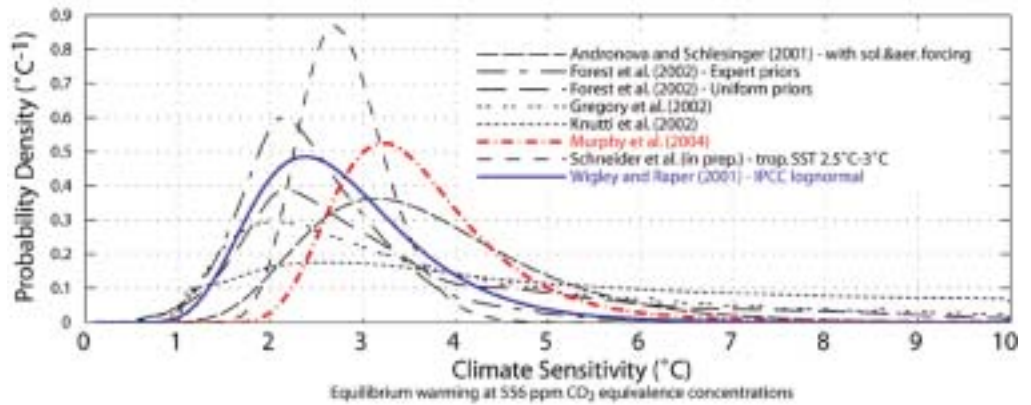


図 2 気候感度の分布の例

図は、分かりやすいものの、費用と便益、政策の受容度間のトレードオフなど、多面的評価に関する議論をやや見えづらくする一面も否定できない。さらに、気候政策との対応で言えば、温暖化ガス排出経路と温暖化の進行の間に、気候感度の不確実性の問題が横たわることも忘れるべきではない。図2に示すよう、550ppmv に温暖化ガス濃度を安定化したとしても、それが何度の温度上昇になるかには、なお幅が存在する。このため、2度上昇目標をそのままあらゆる場合に厳格に達成しようとすると、どうしても高い気候感度に合わせた厳しい温暖化対応策を取らざるを得なくなる。これは、政策の受容可能性と実行可能性を損なう危険がある。このよう

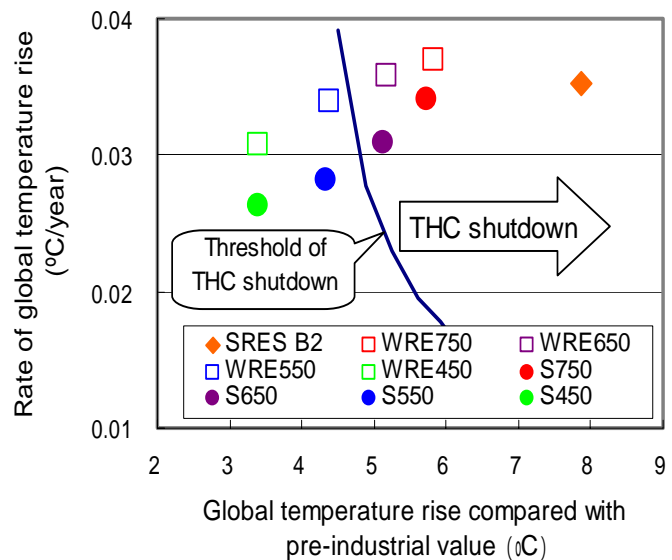


図 3 THC 維持の閾値(気候感度 4.5 度)

な理由から、PHOENIX プロジェクトでは、受容可能性と実行可能性を前提とする漸進的な総合評価手順を取ることとした。ここでは、まず、Type-II の事象群に着目し、それらはが現在取るべき温暖化対応策に対してどの程度の考慮を必要とするかを中心に、調査・検討を行うこととした。

まず、THC 停止の可能性を評価した。海洋の熱塩循環(THC)停止の影響については、前述のように科学者の見解も分かっている。Phoenix では、まず回避にどのような安定化策が必要とされるかをまず調査した。図3は、気候感度を IPCC-TAR で示された最高値の 4.5 度とした場合の THC 維持と停止の閾値を、文献(Stocker et. al.(1997)[4])に従って算出したものである。これによると、いずれのシナリオに対しても、550ppm 安定化策がとられていれば、THC 停止は回避されるということになる。言い換えれば、従来議論された 550ppm 安定化策以上の厳しい温暖化制約は、THC 維持に関する限り要求されない、ということになる。

PHOENIX では、同様に WAIS 崩壊、メタンアウトバーストについても専門家へのヒアリング、文献調査を行ったが、現在の意思決定に影響するとするだけの根拠は見出されなかった。

3. 総合評価の手順

Phoenix では、このような温暖化事象の特性を念頭に置きつつ、総合評価を構築する。その手順は、図4に示され

る。すなわち、Type-II 事象のうち、現在の意思決定に関係すると思われるものは、低発生確率であっても発生を防止することとする。他の Type-II 影響事象群については、できる限り定量的評価を実施し、許容可能と思われる CO2 の排出経路を複数選定する。ここで、生態系保全などを念頭に置き、必ずしも金銭的評価に一元化しない。次に、それら排出経路にまで排出抑制するためのコスト効果的な温暖化緩和策を明らかにする。ここで、基本となる排出経路や経済活動、人口の設定には、IPCC-SRES に準拠することとした。さらに、定量的評価を整合的に進めるには、

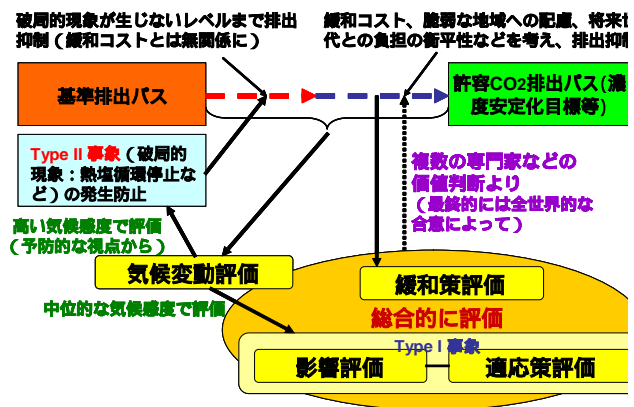


図4 Phoenixにおける総合評価の方式・手順

は、(1)長期的不確実性を念頭に置いた温暖化対策総合評価システムの開発、(2)温暖化対策に影響する産業構造の変化を内包するエネルギー経済モデル、(3)温暖化影響と適応策を評価するモデル開発などが必要となる。PHOENIXでは、図5に示すよう、目的に応じた様々なモデル開発を行い、意思決定を支援する。ここには、エネルギー技術に特に着目するDNE-21モデルや、農業における適応策を評価するGISベースのモデル開発も含まれている。健康影響、水資源、畜産影響、林業、漁業影響、その他影響事象についても、文献調査や専門家へのヒアリングを通して評価を進める。

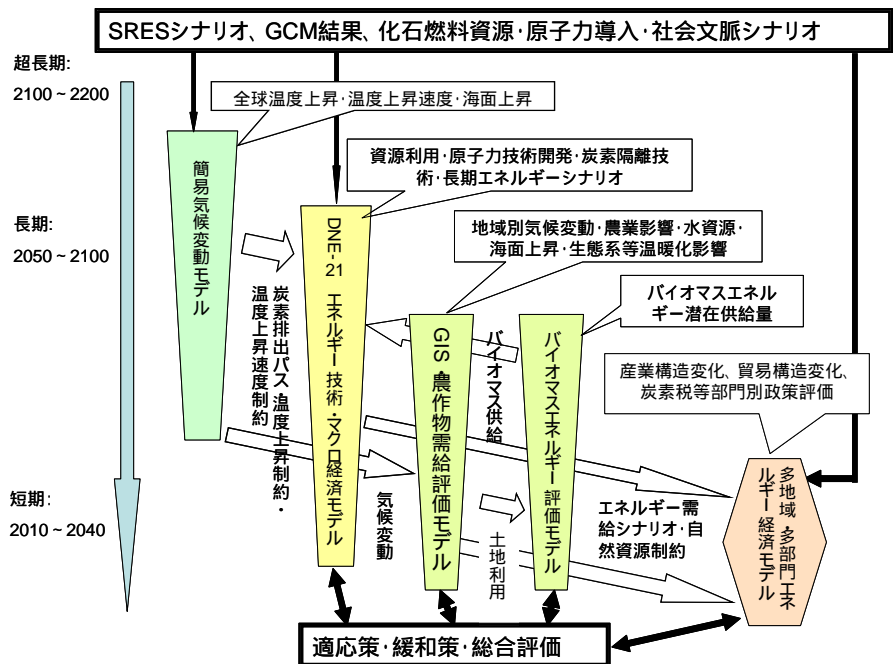


図3 総合評価システムにおけるモデル適用のフロー

このような評価は、最終的にスコアボードと呼ばれる一覧形式に取りまとめ、排出経路の受容性をエキスパートジャッジメントにより選択される。この例を表2に示す。

4. 結論

Phoenix プロジェクトは、以上のように構成され、(1)超長期気候変動評価から中長期温暖化影響評価とエネルギー戦略などの緩和策、さらに短中期経済産業影響評価までを一貫した方式で評価する方法を開発する、(2)長期的温暖化策の提示を可能とする、(3)具体的な短期的政策とその影響評価を示すものとなる。

Phoenix プロジェクトのモデル開発と評価例の具体例は、続く報告において紹介される。

参考文献

[1] IPCC, Third Assessment Report, WG-I – WG3, Cambridge Univ. Press, 2001

[2] Bill Hare, " Relationship between increases in global mean temperature and impacts on ecosystems, food production, water and socio-economic systems", Avoiding Dangerous Climate Change 2005,
<http://www.stabilisation2005.com/programme.html>

[3] Richard Wood et. al. "Towards a Risk Assessment for Shutdown of the Atlantic Thermohaline Circulation", Avoiding Dangerous Climate Change 2005,

<http://www.stabilisation2005.com/programme.html>

[4] T.F.Stocker and A.Schmittner ; Influence of CO2 emission rates on the stability of the thermohaline circulation, Nature, 388-28 (1997), 862-865.

表2 総合評価(試行)のまとめ(部分)

排出シナリオ / 排出パス	THC維持	気候変動 (海面上昇)	温暖化影響 (適応なし・あり)					基準シナリオからの排出削減	
			農作物	沿岸影響	健康影響	生物多様性	淡水資源	短中期緩和策	長期緩和策
基準シナリオ:A1FI	×	-	-	-	-	-	-	-	-
基準シナリオ:B2	×	-	-	-	-	-	-	-	-
B2-750ppm	×	-	-	-	-	-	-	-	-
B2-650ppm	×	-	-	-	-	-	-	-	-
B2-550ppm (Possibly allowable path)		・気温は、全球平均で、2050年:+1.2 2150年:+2.2 。また、ロシアで2050年:+3.6 、2150年:+5.9 。 ・海面上昇は、2050年:+21cm、2150年:+52cm。(数値は1990年比)	・小麦の世界全体のポテンシャル変化:<適応無>-13% (2050年)、-14% (2150年)。 <適応有>+11% (2050年)、+3% (2150年)。 米国-4% (2150年)。 ・米の世界全体のポテンシャル変化:<適応無>	・バングラデシュでは、国土の12%が水没。(2150年)	・マラリアによる死亡者は、アフリカで2050年:温暖化しない場合より+8.3万人(+9%)、2150年:変化無し。 ・熱ストレスによる2050年の死亡者は	・排出パスに対応した推計は困難であるが、Thomas等に取り上げた生物種について有意な数が絶滅の可能性あり(2050年)	・数億~30億人程度が水資源既存量の10%以上減少に曝される可能性あり(2050年)	・産業別付加価値額は、2027年において、世界全体では、全部門:-0.4%、化学:-0.6%、紙・パルプ:-0.6%、ビジネスサービス:-0.2%。附属書国では、全部門:-0.6%、化学:-1.6%、紙・パルプ:-4.1%、ビジネスサービス:-0.1%。非附属書国では、全部門:-0.2%、化学:-0.3%、紙・パルプ:+2.6%、ビジネスサービス:-0.1%。(数値は基準シナリオ比)	・対策技術によるCO2排出削減は、2050年:原子力発電(5.6%)、バイオマス(3.6%)、2150年:太陽光発電(35.0%)、CO2海洋隔離(18.7%) ・世界全体GDPIは、2050年:-0.4%、2150年:-2.8%。