気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が提案している二酸化炭素の基準排出シナリオについての R. Pielke Jr, T. Wigley and C. Green による Commentary「危険な想定（Dangerous assumptions）」（*Nature* **452**, 531-532; 2008）に対して、読者からたくさんの意見が編集部に寄せられました。それらの中から 5 つを紹介します。「危険な想定」の要約を用意しましたので、まずはそれから読むとわかりやすいでしょう。

Nature Vol.453 (154-155) / 8 May 2008

B. MELLOR

COMMENTARY

Dangerous assumptions

「危険な想定」の要約

地球温暖化をもたらす二酸化炭素濃度の増加を食い止めるために必要なエネルギー技術の進歩は、想定されているよりもずっと大きいかもしれない。

大気中の二酸化炭素濃度を一定にするというたいへんな課題を達成するためにはどれだけの規模の技術面での変化が必要か、という問題に私たちは取り組んだ。「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」はこの変化の大きさを深刻なまでに過小評価しており、新技術の開発や導入を直ちに促す政策の必要性に政策立案者の目を十分に向けさせてこなかったと私たちは訴える。

IPCC は、今後の二酸化炭素排出量を検討するうえで基準となるシナリオを使っている。基準排出シナリオでは、二酸化炭素などの温室効果ガス排出を減らすようしむける政策的な介入はないものと仮定しており、この基準排出シナリオをもとに二酸化炭素濃度を一定にするために必要な追加の排出削減量を、さまざまな目標濃度について決めている。政策立案者はこの追加削減量に注目する。

しかし、この基準排出シナリオは、自発的な技術変化によるエネルギー効率の改善とエネルギー供給の脱炭素化を一定量含んでいる。そこで私たちは、エネルギー技術はある基準年で凍結されたまま変化しないと想定する「技術凍結」基準を出発点に

© 2008 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

R. KRAUSE / REUTERS

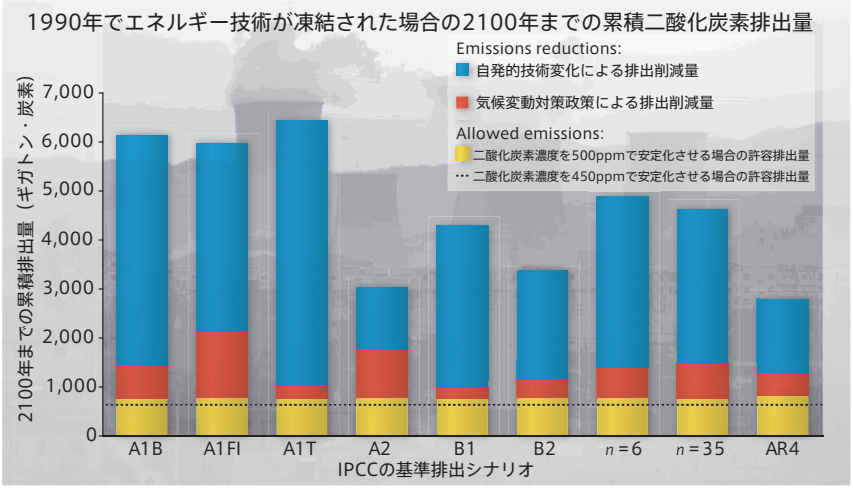

図 1：累積二酸化炭素排出量
IPCC シナリオに含まれている「組み込まれた排出削減量」の範囲（青色）。これらのグラフは、技術凍結の場合の 2100 年までの累積二酸化炭素排出量を、6 つのシナリオ、6 つのシナリオの平均（*n*=6）、35 の IPCC シナリオすべての平均（*n*=35）、シナリオ群の中央値（AR4）について示している。二酸化炭素濃度安定化目標を約 500ppm と仮定し、目標達成のために許される排出量（黄色）を除外すると、残りの削減量は気候変動対策政策（赤色）によって達成しなければならない。

した。この基準を使うと基準排出シナリオにすでに組み込まれた排出削減技術の変化がばく大な規模であることがわかる。

図 1 は、IPCC 第 4 次評価報告書で示された、約 500ppm の二酸化炭素濃度安定化目標を達成するための 21 世紀中の排出削減量の想定を示している。基準排出シナリオ群の中央値（右端の AR4 と書かれたグラフ）では累積炭素排出量を 2011 ギガトン削減することが必要になる（赤色と青色の部分）。しかし、このうち 77％（青色）は自発的に起こると想定されており、明確な政策を必要とするのは残り 23％（赤色）だけだ。

つまり、必要な技術変化のうち、3 分の 2 かそれ以上がすでにシナリオに組み込まれていることになる。こうした想定は IPCC が使うシナリオの多くにみられ、今後の排出削減努力の大部分は気候変動に対処する政策なしに行われるだろうと IPCC は暗に想定していることになる。こうした想定は楽観的であり、実現しない可能性がある。

自発的な排出削減が基準排出シナリオにすでに組み込まれていることは、IPCC 第 3 作業部会が第 4 次評価報告書の中で手短に述べているが、「政策立案者のための要約」などでは触れられていない。技術凍結基準から出発することの重要性はまだ広く認識されていない。

IPCC シナリオの多くは、別の理由でもおそらく非現実的であり、一部は実現不可能に思える。例えば、脱炭素化に関する短期（2000 年～2010 年）の IPCC 想定はすでに最近の世界経済の発展と食い違っている。すべてのシナリオは、2000 年から 2010 年までにエネルギー強度（GDP 1 単位当たりの一次エネルギー消費量）の減少を予測し、多くの場合、炭素強度（エネルギー 1 単位当たりの二酸化炭素排出量）も減少すると予測している。しかし、近年は世界のエネルギー強度と炭素強度は両方とも増加しており、ここ数十年間の傾向とは逆転している。

世界のエネルギー強度と炭素強度が上昇している理由の 1 つは、発展途上国、特に中国とインドの経済成長だ。経済が成長すると、地方の人口はエネルギーとエネルギー集約材料を消費する高層建築へ移動する。中国の二酸化炭素排出量は 2000 年から 2010 年までの間に年間 11 ～ 13％で増加するという見積りもある。これは、IPCC シナリオが想定したアジアの排出量の増加率（年間 2.6 ～ 4.8％）よりもずっと大きい。

世界のエネルギー消費は急速な発展にともなって急増し始めたばかりだ。しかし、IPCC は新技術の開発や導入が起こる環境作りに力を入れることなく、自発的な変化で排出削減量の大半を達成できると想定している。これは危険な賭けだ。 ■

Roger Pielke Jr はコロラド大学科学技術政策研究センター、Tom Wigley は米国立大気研究センター（コロラド州）、Christopher Green はカナダのマギル大学経済学科に所属。

© 2008 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

読者の意見

長期エネルギー需給見通しは、おとぎ話でしかない。

拝啓。私は、IPCC による評価が楽観的過ぎるとする Pielke らの全体的な結論にはおおむね賛成ですが、彼らの指摘よりも事態はもっと深刻だと考えています。

気候変化がもたらすエネルギー問題をめぐる議論では、世界のエネルギーとその将来について、いくつかの重要な事実が無視されていると思います。

長期エネルギー需給見通しは、いずれもさまざまな理由から失敗しています。IPCC が 2000 年に発表した「排出シナリオに関する特別報告書」における 2100 年のシナリオなど、とんだお笑いぐさです。どれか 1 つのシナリオが現実の需要に近かったとしても、1 世紀後の地域別および分野別の需要はまだわかりません。しかし、温室効果ガスの排出量を決定するのは、こうした要素なのです。コンピューターが語るおとぎ話を基礎にして方針を決めるのは、賢明なことではありません。

また、エネルギー効率の向上の見込みについて議論するはなぜなのでしょう? 我々は 150 年近い経験から、エネルギー効率の向上はエネルギー使用量の増加につながり、（非炭素エネルギーへの大規模な切り替えが行われないかぎり）二酸化炭素の排出量を増加させることを知っています。

化石燃料に頼る世界から再生可能エネルギーの流れを作り出すスピードも、はなはだしく過大評価されています。あらゆるエネルギーの切り替えは、インフラと学習の複雑なニーズが絡み合った、1 世代では解決できない問題です。その進捗は、希望的観測によっても各国政府の大臣の命令によっても、たいして促進されるものではありません。

炭素隔離は、この難問の解決にすぐにでも役立つ大規模な選択肢のようにいわれていますが、これは無責任な発言です。なぜなら、2005 年に二酸化炭素の大きな固定発生源から排出されたガスのわずか 25%（超臨界密度 0.468gcm^{-3} で 9.6Gm^{3}）を隔離するためには、体積につき、世界の原油産業の 2 倍よりもわずかに大きな年間処理量を備えたシステムを建造しなければならないからです。その目標を達成するには、数十年の歳月がかかるでしょう。

さらに、最大の二酸化炭素排出国である中国には、エネルギー使用量を減らそうとする意思がまったくありません。2000 年から 2006 年にかけて、中国の石炭消費量は 11 億トン近くも増え、石油消費量も 55% 増加しています。

したがって、大気中の二酸化炭素濃度が 450ppm を超えずにすむのは、世界経済が（深刻さにおいても期間においても）先例のない失速をみせた場合か、エネルギー使用の絶対量に対する、自発的かつ厳重に監視された規制が敷かれた場合しか考えられません。第一の事態に陥る可能性は十分に考えられますが、第二の「賢明な」行動は、ホモ・サピエンス（賢明なヒト）にはむずかしいでしょう。

Vaclav Smil、マニトバ大学（カナダ）

すでに状況は変わっている。

拝啓。Pielke らは、IPCC の排出シナリオのほとんどすべてが、世界経済におけるエネルギー強度は明確な気候政策がなくても持続的に向上するものと想定していると指摘しました。この指摘は正しいです。彼らが示唆しているように、この想定は隠されていないし、不合理でもありません。

実際、2000 年までの数十年間は、エネルギー強度は着実に向上していました。この傾向には、製造技術や建築技術の改良、発電効率の向上、経済活動におけるサービス業およびそのほかの低エネルギー活動の増加など、あらゆる要素が寄与していました。特に、エネルギーが歴史的高値をつけている今、エネルギーの産生・利用効率の向上という、気候政策に依存しない改善を期待するのはもっともなことです。IPCC は、この期待に忠実に、歴史的傾向に基づいて将来の可能性を描き出すシナリオを作成したのです。

けれども、この歴史的傾向は 2000 年を境に途切れてしまいました。エネルギーシステムの炭素強度も経済におけるエネルギー強度も増加しました。その原因としては、新しい石炭発電の急増や、特に中国とインドにおける建設業と製造業の急激な成長などが考えられます。この傾向が続くなら、大気中の二酸化炭素濃度を 500ppm またはそのほかの特定の水準にとどめることは非常に困難になります。2000 年以前とこの数年間ではパターンに大きな違いがあることを強調した点で、Pielke らは正しいと考えます。

炭素強度とエネルギー強度の増加傾向は、今後も続くかもしれないし、続かないかもしれません。いずれにせよ、我々は、自発的および政策主導による改善のための新しい技術と戦略を必要としています。近年の傾向を考えると、投資を大幅に増加させる以外の方法で、必要な数の関連技術を成熟させ、必要なときに利用できるようにするのはむずかしいでしょう。

Christopher B. Field、カーネギー研究所（米国）

排出シナリオは頻繁に調整していかなければならない。

拝啓。Pielke らは、IPCC による 2000 年の「排出シナリオに関する特別報告書（SRES）」が、エネルギー部門の需要と供給の両面において非現実的な発展を想定していることを示しました。不当に楽観的な数値を基準にすることは、政策主導により一定の安定化レベルを達成するために必要とされる緩和コストを過小評価することにつながります。

このことは、専門家にはよく知られていますが、おそらく一般市民には知られていないでしょう。自分たちが提案する気候政策の効果を誇張して考えている政治家や、「既存の」ありふれた技術により、ほとんどコストなしに排出を減らせると誤解している政治家がいるのは、そのためかもしれません。

Pielke らが示した数値は、これまであまり知られていなかった真実を明らかにする反面、緩和コストの算出における SRES のアプローチの基礎にある、より深刻な問題をみえにくくするおそれがあ

© 2008 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved

ります。それは、意思決定過程の動的性質を考慮せずに気候政策を分析している点です。気候政策の分析に不確定要素や修正や学習を頻繁に取り入れて常に調整できるようにしないかぎり、政策立案者の意思決定のために提示される指針は不完全なままです。

政策分析において考えるべきことは、次の 100 年間に何をするかということではなく、数々の重要な長期的不確定要素があるなかで、今日、何をするかということです。ゆえに、2100 年までのどの排出シナリオの詳細も、さほど重要ではない。これを達成するためには、排出に関する不確実な長期目標を利用して短期目標を立てていく、双方向的なリスク管理のアプローチを取る必要があります。新しい情報が入ってきたら、必要に応じて、排出シナリオ、長期目標、短期目標を調整していき、分析は 5 ～ 10 年ごとに定期的に実施して、自律的な傾向と、政策主導による変化を区別しやすいようにしておく（Pielke らが主に関心をもっているのはこの点です）。実際の排出を慎重に監視・分析していけば、過去の気候政策の真の有効性とコストを解明して、将来の政策的な介入がもたらす影響をより確実に見積もることが可能になります。

このようなアプローチは、先進国および発展途上国による近年の取り組みを考慮したものになるでしょう。試行錯誤の枠組みにおいては、既存の気候政策への反応と将来の気候政策への予測に基づく状況の変化に応じて気候政策を変えていく。その点で、気候政策を考慮しないシナリオを 100 年におよぶ地球規模の長期計画と比較し、意思決定過程の動的性質も途中での軌道修正の可能性も考えない SRES などの分析とは異なっています。

Richard G. Richels、電力研究所（米国）
Richard S. J. Tol、経済社会研究所（アイルランド）
Gary W. Yohe、ウェスリー大学経済学部（米国）

気候政策は技術開発を刺激する。

拝啓。Roger Pielke らは、温室効果ガス濃度を安定化させるのに必要な技術的変化のスケールを IPCC が「はなはだしく」過小評価しており、緩和のために必要とされる政策につき、政策立案者らに不適切なメッセージを送ってしまったと主張しました。けれども我々は、この議論は不適切な分析に基づいていると考えています。

著者らは、技術水準が現状のまま凍結された場合に今後 100 年間にどうなるかを明らかにするために、IPCC が行った「思考実験」を繰り返しました。その場合、温室効果ガスの決められた安定化レベルを実現するために必要とされる排出削減量は、IPCC 第 4 次評価報告書（AR4）で検討されたいずれの緩和シナリオに基づく計算よりもはるかに大きくなります。

しかしながら、技術水準が現状のまま凍結される可能性などほとんどありません。過去 30 年間、エネルギー強度は毎年 1.1% ずつ減少してきました。これは、IPCC が評価したエネルギー需給シナリオの 75% が想定している毎年 0.6% という数値を上回っています。

たしかに、2000 年以降の中国の成長は、エネルギー強度と炭素強度の低下率を失速させるだけでなく、増加に転じさせる可能性さえあります。しかし、技術進歩の短期的な減速は過去にもありました。そして、こうした減速を埋め合わせる、より急速な進歩の時期もあったのです。例えば、中国とは異なり、インドではエネルギー効率の低下傾向はみられません。

高度経済成長に起因する化石燃料資源の価格高騰は、エネルギー効率の向上につながるでしょう。もちろん、石炭の見直しによる炭素強度の増加は、すべての気候政策にとって最悪のシナリオとなります。しかし、政策立案者たちが技術水準は向上しないというシナリオを採用するなら、化石燃料価格の高騰が技術的変化や緩和コストや気候政策に及ぼす影響を適切に分析することは不可能です。

気候政策に関する IPCC の主要な結論は妥当です。現在の技術は、地球規模の温室効果ガスの排出量の増加を食い止めることができます。けれどもそれには、各国政府の政策により、当該技術が確実に市場に出られるようにすることが必要です。炭素価格制度は低炭素技術への投資を促し、気候政策は排出と緩和コストをさらに減少させるための技術開発を刺激するでしょう。

Ottmar Edenhofer、Bill Hare、Brigitte Knopf、Gunnar Luderer、ポツダム気候影響研究所（ドイツ）

気候政策に関する IPCC の想定は正しい。

拝啓。Pielke らは、IPCC が地球温暖化問題を過小評価していると指摘しました。けれども私は、彼らの分析は正しくないと考えます。

Pielke らは、IPCC の見通しは、気候政策がなくても温室効果ガスの排出量は十分に削減していけるという暗黙の想定に基づいていると批判しています。けれども、IPCC の「排出シナリオに関する特別報告書」は、厳密には気候政策が含まれていなくても、エネルギー効率政策や脱炭素政策をシナリオに盛り込むことは可能であり、実際にそのようになっているため、結果的には同じであると明示しているのです（例えば、IPCC の参考排出シナリオ B1 には、地球全体の温度上昇を 2℃程度に抑えるための積極的な政策が盛り込まれています）。ゆえに、排出削減は、実際には政策主導により進められるのです。

著者らはまた、自発的な技術革新が将来の排出削減につながると IPCC が想定していることも批判しています。彼らは、大気中の二酸化炭素濃度を許容範囲内にとどめるためにはエネルギー技術の大幅な進歩が必要であると指摘して、IPCC のこうした想定は、技術革新を刺激するための政策から人々の注意をそらせてしまうと主張しました。しかし、この主張は不当です。実際、IPCC の報告書は、必要な技術は既に存在しているか、すぐに実現することを示しており、こうした技術を速やかに配備できる条件を整えることに集中しているからです。

Joseph Romm、米国進歩センター（米国）

© 2008 NPG Nature Asia-Pacific. All rights reserved