

8. 結論と今後の課題

1) 結論

本報告書では、工業化以前からの世界平均気温の上昇を 66%程度の確率で 1.5°C、2.0°C、2.5°C 以下に抑えるための排出経路を緩和目標として掲げることを、それぞれ T15、T20、T25 という 3 つの「戦略」として設定した。その上で、影響評価と対策評価の両面から、不確実性を考慮しつつ、地球規模における各「戦略」の帰結を比較することを試みた。

影響評価

農業、生態系、水資源、洪水、健康、ティッピングエレメントの各項目について影響評価を行った結果、一般的傾向として、「戦略」間の差は、各「戦略」と BaU (気候変動対策無しの場合) との差に比べて小さく、かつ気候不確実性の幅と比べても小さいことが示された。一部の項目 (農業、健康) については適応策の効果を評価したが、同等なレベルの適応策実施を想定した「戦略」間を比較した場合も上記の傾向は変わらなかった。

このことから、地球規模リスクの観点からは、1.5°C、2.0°C、2.5°C のいずれを目指すかという選択よりもむしろ、大きな方向性としてそのいずれかに確実に向かっていくこと、および気候不確実性への対処を考えることが重要であるという示唆が得られた。

ただし、本研究では影響評価項目の包括性に限界がある上に、市場価値のような統合指標への換算ができておらず、項目間の比較や対策評価との比較にも限界があることに注意を要する。また、特定地域における特定項目の影響では「戦略」間の差が小さいとはいえない可能性がある。

さらに、ティッピングエレメントに注目すると、「戦略」間の差が重要な意味を持つ可能性がある。本研究では、既存の知見を基に簡便な仮定を置いて、グリーンランド氷床融解の不安定化と北極海の夏季海氷の消滅について、閾値 (ティッピングポイント) を超える確率を「戦略」毎に試算した。T15 では、2100 年までに閾値を超える確率が T20 に比較して半分前後に抑えられる結果となり、閾値現象を考慮することにより「戦略」間に顕著な帰結の違いが認識される可能性が例示された。

対策評価

各「戦略」の緩和目標を達成するために必要な緩和策および経済損失等を、複数の統合評価モデルを用いて見積もった結果、「戦略」間の差は顕著であった。特に T15 は、本研究で用いた対策評価モデルの範囲では、よほど楽観的な条件の下でないと実現しないか、モデルによっては実行可能解が得られなかった。

また、社会経済発展経路として SSP1 (持続可能社会)、SSP2 (中庸)、SSP3 (分断社会) のそれぞれを用いた場合の結果を比較すると、SSP2、SSP3 と社会経済発展経路が持続可能性から遠ざかるにつれ、「戦略」が必要とする排出削減によって生ずる経済損失は明瞭に

拡大した。T15については、SSP1ではどのモデルでも実行可能解を描きうるが、SSP3では実行可能解を示せないモデルが増えた。

これらの「戦略」の緩和目標を達成するための技術オプションの選択は、モデルによって大きく異なり、原子力の大規模な導入により達成する方法も、再生可能エネルギーの大規模な導入により達成する方法もあることが示された。一方で、CO₂隔離貯留（CCS）はどのモデルに従ってもある程度大規模な導入が必須である。なお、バイオマスエネルギーに大きく依存する対策を想定した場合、大規模バイオマス生産のための農地需要により、食料生産との競合、水資源の逼迫、生態系サービスの損失といった波及的な影響も懸念されることが、食料・水資源・生態系モデルを用いた追加分析により示唆された。

一般に、統合評価モデル分析では、世界全体での経済合理的な最適行動を前提としているため、コスト等の見積りが楽観的になる傾向がある。しかし一方で、技術体系や社会経済体系を大きく変えるような未知のイノベーションを表現することはできないため、現実より悲観的な面がある点に注意を要する。

パリ協定の長期目標の含意と残された課題

パリ協定の長期目標として「世界的な平均気温上昇を工業化以前に比べて2°Cより十分低く保つとともに、1.5°Cに抑える努力を追求する」こと（温度目標）、そのために「今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出と吸収源による除去の均衡を達成する」こと（排出経路目標）が国際的に合意された。

(1) 大きな方向性としての排出経路目標

このうち排出経路目標は、上述した「大きな方向性として1.5°C、2.0°C、2.5°Cのいずれかに確実に向かっていくこと」の指針となる行動目標として評価できる。

一方、排出経路目標が実現した際に温度目標が実現するかどうかは、現実の気候感度等に依存し、不確実性がある。例えば、T20の排出経路（RCP2.6相当）が実現した場合に、気候感度が低ければ（33%程度の確率で）1.5°C未満の目標が達成できるが、高ければ（33%程度の確率で）2°C未満の目標も達成できない。

(2) 不確実性への対処

この不確実性に対処するために、第一に、「学習」による不確実性の低減に期待することができる。本研究では、今後の気温上昇の推移を監視することによって、今世紀末の気温上昇予測の不確実性を今世紀半ばまでに半分程度まで減らせる可能性を示した。

第二に、この「学習」の結果、将来の気温上昇が高い（～気候感度が高い）ことが判明した場合に取りうるオプションとして以下の3つが考えられる。

A. 温度目標を超える気候状態の受入れ（適応を含む）

- B. 緩和の強化による温度目標達成の追及
- C. 気候工学（特に太陽放射管理）による気温制御

Bについて、本研究の分析では、例えば気候感度 3°C を仮定して気温上昇 2°C 未満を目指す緩和経路に沿った後、今世紀半ばに気候感度が 4.5°C であることが判明して 2°C 未満を目指す為に緩和経路を強化した場合、T15 を超える大きな経済損失が生じるという結果を得た。

Cについて、本研究では、太陽放射管理の代表的アイデアである成層圏エアロゾル注入の実施コストが従来の想定よりも数倍以上大きいことを示すとともに、気候工学をめぐる倫理的な課題の検討を行った。

A, B, C のいずれを（あるいはそのどのような組み合わせを）選択したとしても、パリ協定の排出経路目標の実現により温度目標を達成できた場合に比べて、追加的なリスクを引き受ける必要があることに注意を要する。

パリ協定における温度目標の合意は、B または C のリスクを引き受けてまで温度目標を追及するという判断を意味しているわけではないであろう。したがって、もしも気候感度が高く、パリ協定の排出削減目標が実現したとしても温度目標が実現しない見通しとなった場合には、気温上昇が 2°C または 1.5°C を超えてはいけない理由を国際社会が深く再検討し、A, B, C の選択に伴うリスクを比較した上での再判断が必要になると考えられる。

(3) 排出経路目標達成の考え方

ここまでは排出削減目標達成を前提に議論したが、実際にはその達成自体が人類にとって壮大な挑戦である。

これについて本研究からいえることは、第一に、社会経済発展経路（SSP）が持続可能なものから遠いほど、緩和目標の達成が困難になる傾向が明瞭であった。このことから、緩和目標達成のための政策は、社会経済発展経路を所与として低炭素化の技術や制度を導入する狭い意味での気候政策に限定されず、社会経済発展経路をより持続可能な方向にシフトさせるための幅広い「持続可能性政策」を含むべきである。

第二に、モデルは現時点で予見できない社会経済や技術のイノベーションを表現できないのであるから、数十年より先を考える上では、モデルにより導かれる制約（膨大な対策コスト等）を必ずしも絶対的なものとみなさず、むしろモデルの前提を変化させるにはどうしたらよいかを柔軟かつ創造的に発想する必要がある。

民主的な意思決定

最後に、一国における気候問題の対処方針を民主的に意思決定するにはどうすべきか。気候リスクの問題は、複雑、長期的、効力感が持ちにくいなどの特徴があり、市民の多くは自分の意見を述べるのが難しいと感じる傾向がある。しかし、専門家に判断を完全に

委任したいわけでもない。社会の判断を代行するのではなく、多様な観点から課題の整理等を行い社会の議論を手助けする媒介専門家を組織することが有効と考えられる。

2) 今後の課題

本研究終了後に今後の同様な取組みに残された研究課題として以下があげられる。

● リスク分析の拡張と高度化

分析の包括性を高めるためのリスク項目の拡充は引き続き重要である。また、同一セクターに対して複数の影響評価モデルを用いて影響の不確実性を評価すること、社会経済シナリオへの依存性を（暴露人口・GDP、土地利用の変化として用いるのみならず）より本格的に（例えば格差やガバナンスが及ぼす効果を含め）評価することを目指すべきである。

● ティッピングエレメントのさらなる解明

リスク分析の中でも特に、長期目標検討への影響が大きいと考えられる氷床融解の不安定化等のティッピングエレメントについて、さらなる科学的な解明を進めるとともに、ティッピングが生じた場合の社会的影響の理解を深めるべきである。

● 対策評価の拡張と解釈の深化

緩和、適応、気候工学を含む対策オプションおよびそのポートフォリオの評価は拡充が必要である。特に地域と分野による多様性が大きい適応策を地球規模でどう評価するかは大きな課題として残る。各オプションについては、効果、コスト、ポテンシャルのみならず、様々な波及効果を含めた検討を拡充すべきである。また、統合評価モデルで表現されない将来のイノベーションの可能性を考慮に入れた際に、モデルの結果をどう解釈し、活用するかについて、さらなる議論が必要である。

● グローバルとローカルの文脈の接続

本研究のように地球規模・長期の視点で考えた場合の分析・検討結果について、各国、自治体、企業、市民等の多様な主体が、それぞれの文脈においてその意味の理解を進める必要がある。逆に、それらの多様な文脈に基づいて表出される意見を、地球規模の検討過程に届ける必要がある。そのために、本研究では人文社会科学者を含む媒介専門家パネルを提案したが、これを社会に実装するための検討は今後の課題である。