

共有社会経済パス (Shared Socioeconomic Pathways, SSP)

筒井 純一*

地球温暖化研究は、気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) の三つの作業部会に対応する形で、気候予測、影響・適応策、社会経済シナリオ・緩和策の分野で連携して実施されている。それぞれの分野では、気候モデル、各種の影響評価モデル、および統合評価モデルが使われ、国際的に組織されたモデル間比較の枠組みで研究が進められている。統合評価モデルとは、エネルギー・経済・気候の相互依存を定式化したもので、所定的前提 (人口、経済成長など) と制約条件 (エネルギー資源・技術、気候政策など) の下で目的関数 (世界全体の効用など) を最大化することで、社会経済変数の最適解を得る仕組みとなっている。

各分野の評価対象や前提条件は相互に依存する関係にあり、それらは分野間で共通に利用されるシナリオ情報となる。シナリオとは、一貫性のある仮定に基づいて妥当性のある将来の発展を記述したものである。シナリオとして扱われる要素には、CO₂等の気候変化要因の排出量や大気中濃度の他、その前提となる社会経済の諸条件や、その結果起こる気候の変化・影響も含まれる。表題の SSP は、一連の研究の基盤となる社会経済の諸条件に関するシナリオで、気候変化要因の定量化や気候影響の評価で共通に利用されることが想定されている。名称に含まれるパス (pathway) は、一定期間にわたる変化を経て到達したレベル (CO₂濃度など) とそのレベルに至るまでの道筋を意味する。

このような基盤的なシナリオは、関連する多くの研究を相互に比較し、統合的な観点から地球温暖化対策

に関する知見を得るために不可欠の情報である。地球温暖化の対策は、CO₂等の温室効果ガスの排出を減らす緩和策と、変化しつつある気候に適応する施策がある。それぞれの施策を評価する手法は異なるが、共通のシナリオを用いることで、費用対効果などの評価結果を適切に比較できるようになる。

SSP は、地球温暖化と直接関係しない社会経済の多様な発展の可能性を、緩和と適応の困難度で5種類に区分している (O'Neill *et al.* 2014)。それぞれは SSPx (x は1から5の番号) と表記される。SSP1、SSP2、SSP3は、この順に緩和と適応の困難度 (challenge) がともに増加する。両端に位置する SSP1と SSP3の世界観は、それぞれ持続可能 (sustainability) と地域対立 (regional rivalry) であり、その間の SSP2は、現在のトレンドが続く中道 (middle of the road) に当たる。SSP4は緩和の困難度は低いが適応の困難度は高い世界、SSP5はその逆で、それぞれ格差 (inequality) と従来型発展 (fossil-fueled development) で象徴される。このような世界観の違いは、各 SSP の特徴を定性的に説明するストーリーラインに反映され、それに基づいて、具体的なシナリオ要素が統合評価モデルなどによって定量化される (結果は学術誌「Global Environmental Change」の特集論文として発表される見込み)。

SSP は、1999年に公開され、2007年の第4次評価報告書まで中心的に使われた SRES シナリオ (SRES は IPCC の特別報告書「Special Report on Emissions Scenarios」の略称) の後継にあたる。SRES は、それ以前の気候モデル実験用のシナリオと同様に IPCC 主導で作成されたが、それ以降の新しいシナリオの作成は、研究コミュニティに委ねられることになった。そこでは、早い段階で気候予測計算を実行し、並行して社会経済シナリオの作成と分析を進め、両者の結果

* Junichi TSUTSUI, 電力中央研究所.

tsutsui@criepi.denken.or.jp

© 2016 日本気象学会

に基づく影響評価を経て、最後に情報の統合とフィードバックを行う手順が決められた。この統合段階で重要な役割を担うのが SSP である。

新しいシナリオ作りは、代表濃度パス (Representative Concentration Pathways: RCP) (Moss *et al.* 2010) の作成から開始された。RCP は、放射強制力の広がりについて既往シナリオの大半をカバーするように決められた 4 種のシナリオであり、2009年に公開され、2013-14年の IPCC 第 5 次評価報告書に向けた第 5 期結合モデル相互比較プロジェクト (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5: CMIP5) の気候モデル実験に使われた。RCP 自体も統合評価モデルで作成されたものであるが、その社会経済的背景は直接の評価対象ではない。第 5 次評価報告書では、CMIP5 と並行して進められた社会・経済シナリオの作成・分析や、CMIP5 の結果に基づく気候影響の研究結果が多数引用された。しかしながら、その時点で SSP は作成途上であり、結局、最後の統合段階は、CMIP5 に続く第 6 期 CMIP (CMIP6) の気候モデル実験を経て本格的に進められる形になった。

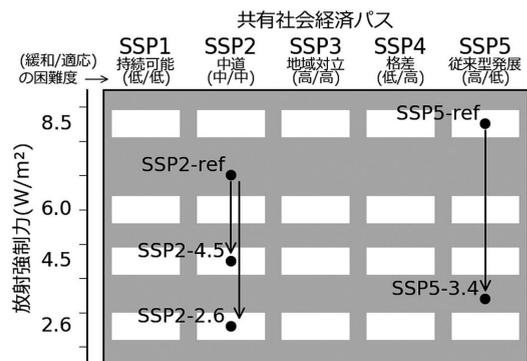
CMIP6 は個別テーマに関するモデル間比較プロジェクトを有機的に統合する形で設計されており、その中でシナリオ作成における気候モデル分野の貢献となるものが、シナリオモデル相互比較プロジェクト (Scenario Model Intercomparison Project: ScenarioMIP) として提案されている (O'Neill *et al.* 2016)。ScenarioMIP には、SSP による社会経済の違いと RCP を拡張した複数の強制力レベルを組み合わせた、複数のシナリオによる気候モデル実験が含まれる。これは、SSP の使い方として提案された、マトリックス形式のシナリオ評価の枠組み (van Vuuren *et al.* 2014) を反映したものである。評価対象のシナリオは、第 1 図に示すように、強制力を行 (縦) 方向とし、SSP を列 (横) 方向とするマトリックスのセルに配置され、SSPx-y のように表記される。「y」は、RCP (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5) と同様の、21 世紀末頃の名目上の強制力レベルを表す数値である (単位: W/m^2)。

強制力が同レベルであっても、SSP の違いによって、気候変化要因の内訳や土地利用の形態が異なる。この違いは、地球規模での気候変化にあまり影響しないと考えられるため、ScenarioMIP では、その点に関する研究要素を考慮しつつ、気候モデル分野の負担軽減のため、計算対象となるマトリックスのセルを各

行につき原則一つに限定している。計算対象とならないセルは、同じ行で計算対象となるセルの気候情報を適用することが想定されている。SSP の違いは、一方で、気候変化の影響を大きく左右する。これは、気候変化の影響が、物理的なハザードと社会経済要因に依存する暴露 (exposure) および脆弱性 (vulnerability) の重ね合わせの結果生じるためである。

社会経済シナリオの分析では、様々な気候政策を含む緩和シナリオが、気候政策を含まないベースラインシナリオを基準 (リファレンス) として比較・評価される。SSP・強制力マトリックスの枠組みでは、各 SSP に基づくベースラインシナリオが該当する列の最上位に位置し、SSPx-ref のように表記される。リファレンスの強制力レベルは、SSP を区分する緩和の困難度に応じて異なる。困難度が大きい SSP5 は $8.5 W/m^2$ 程度 (RCP の中で最大となる RCP8.5 に適合)、他はそれ以下と想定されている。各セルに対応する社会経済シナリオは、複数の選択肢が考慮された共通の政策仮定の下、複数の統合評価モデルで作成・分析される。その中から代表としてマーカシナリオが一つ決められ、ScenarioMIP の気候モデル実験に適用される。

以上のように、新しいシナリオ作りは、SSP・強制力マトリックスの枠組みで、シナリオ情報を作成・共



第 1 図 SSP・強制力マトリックスの概念。van Vuuren *et al.* (2014) と O'Neill *et al.* (2016) に基づいて作成。白抜きの方角は、RCP の強制力と SSP の組み合わせに対応する位置。評価対象の強制力は RCP の 4 種以外にも設定される。黒丸は、統合評価モデル等で定量化されるシナリオの例。矢印は、評価対象のシナリオと、その基準となるリファレンスシナリオのつながりを示す。

有することと理解される。SSPは、単にSRESに代わる新しいシナリオというだけでなく、研究コミュニティ主導の作成過程を通じて、分野間の協力と情報共有が促進され、個々の研究が全体として一貫性の高い成果となる点に意義がある。かつてSRESの作成に関わった森田・増井(2000)は、シナリオが示唆する地球温暖化対策の意味に目を向けることを強調した。この点は、SSPを利用する研究やその成果の応用でも、分野を問わず意識されるべきであろう。

参 考 文 献

- 森田恒幸, 増井利彦, 2000: 気候変化予測のための排出シナリオ. 天気, 47, 696-701.
- Moss, R. H. *et al.*, 2010: The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463, 747-756.
- O'Neill, B. C. *et al.*, 2014: A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Clim. Change*, 122, 387-400.
- O'Neill, B. C. *et al.*, 2016: The Scenario Model Inter-comparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geosci. Model Dev. Discuss.*, doi:10.5194/gmd-2016-84, in review.
- van Vuuren, D. P. *et al.*, 2014: A new scenario framework for climate change research: scenario matrix architecture. *Clim. Change*, 122, 373-386.