

## IPCC 第5次評価報告書 (AR5) 第3作業部会 (WG3) 報告書について



システム研究グループリーダー  
秋元 圭吾

### 1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第3作業部会 (WG3) は、気候変動緩和 (排出抑制) に関する第5次評価報告書 (AR5)<sup>1)</sup> を2014年4月に承認し公表した。秋元は、WG3 AR5の第6章長期排出経路の評価 (英文タイトルは「Assessing Transformation Pathways」) に関する章の執筆者としてこの作業に携わった。本稿では、第6章を中心にWG3報告書の注目点について解説する。

### 2. 気候変動緩和策の評価の方向性

AR5では、第4次報告書 (AR4、2007年<sup>2)</sup>) からの主要な進展として、理論と現実とのギャップの理解を促進し、より現実を踏まえた評価へとアプローチしようとした点が挙げられる。WG3は社会経済も含めて取り扱うが、そこで扱う現実世界は大変複雑であり、一方で、長期シナリオの評価において用いられるモデルは相当単純化された仮定をおいた分析にならざるを得ない。そのギャップの理解を深めながら、より良い気候変動対策の意思決定の参考になる最新の情報を整理しようと取り組んだ。また、排出削減政策の評価においても、AR4では環境経済学の基礎理論から導かれる結論が主要であったが、AR5では実際にとられた政策の効果を検証した結果を基にした記述も多くなり、ここにおいても理論と現実とのギャップの示唆が多く示された。

長期排出経路の評価においては、収集されたシナリオがAR4よりも格段に増大した。これも手伝ってとりわけ低い排出レベルのシナリオについて、様々にとり得る排出経路が評価された。これによって、今後の排出削減の意思決定の代替的な選択肢が多く検討できる情報提供につながったと考えられる。

次節からは、いくつか具体的なポイントについて解説したい。

### 3. 第4次評価報告書における長期排出経路の評価

AR5での排出経路の評価を解説する前に、AR4における評価を振り返っておきたい。図1はAR4において収集、整理された排出シナリオである。全部で177のシナリオが収集されたが、最も小さな排出レベルのカテゴリーI (445-490 ppm CO<sub>2</sub>eq) はわずか6シナリオだった。当時、排出削減シナリオのベンチマークとして、550 ppm CO<sub>2</sub> (等価CO<sub>2</sub>濃度では650 ppm CO<sub>2</sub>eq程度でカテゴリーIV) が用いられることが多かったため、これが大半を占め118シナリオだった。

一方で、AR4公表後、気候変動の国際交渉において注目されたのはカテゴリー

Iであり、産業革命以前比2℃を超えないこと、そのためには450 ppm CO<sub>2</sub>eqに濃度を安定化すること、そして世界排出量を2050年までに少なくとも半減することが必要という目標が国際的に広く共有されるようになった。しかし、IPCCが2℃目標や450 ppm CO<sub>2</sub>eq濃度安定化を推奨していることはなく（新しいAR5においても同じ）、あくまで政治的な目標である。IPCC AR4では、仮に平衡気候感度（濃度が倍増し安定化した後、気温上昇が平衡状態に達したときの気温上昇幅）は3.0℃が正しいとし、濃度を安定化し数百年後に達するであろう平衡気温を産業革命以前比で2℃を超えないことを目標とすれば、おおよそ450 ppm CO<sub>2</sub>eqに安定化が必要とみられるとしたに過ぎない。そして、収集された6つのシナリオによればこのとき2050年に2000年比50～85%削減となっていた、ということである。

しかし、AR4がきっかけとなり、2℃目標が国際政治目標として広がったが、現実とギャップが大きいことから、それが却ってその後の気候変動の国際交渉を難しいものにし、隘路に入り込ませてしまった感がある。

平衡気温  
(濃度が安定化したとき、時間遅れを持って最終的に到達すると推計される気温)  
平衡気候感度は3.0℃が想定

↓

約450 ppm CO<sub>2</sub>eq安定化    2℃目標    世界排出量2050年半減目標

| カテゴリー | 放射強制力 (W/m <sup>2</sup> ) | CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm) | 等価CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm CO <sub>2</sub> eq) | 産業革命以前比全球平均気温上昇 (平衡時、気候感度は最良推計値) | 2050年世界排出 (2000年比) | 評価シナリオ数 |
|-------|---------------------------|--------------------------|---|----------------------------------|--------------------|---------|
| I     | 2.5-3.0                   | 350-400                  | 445-490                                       | 2.0-2.4                          | -85 ~ -50          | 6       |
| II    | 3.0-3.5                   | 400-440                  | 490-535                                       | 2.4-2.8                          | -60 ~ -30          | 18      |
| III   | 3.5-4.0                   | 440-485                  | 535-590                                       | 2.8-3.2                          | -30 ~ +5           | 21      |
| IV    | 4.0-5.0                   | 485-570                  | 590-710                                       | 3.2-4.0                          | +10 ~ +60          | 118     |
| V     | 5.0-6.0                   | 570-660                  | 710-855                                       | 4.0-4.9                          | +25 ~ +85          | 9       |
| VI    | 6.0-7.5                   | 660-790                  | 855-1130                                      | 4.9-6.1                          | +90 ~ +140         | 5       |
| 合計    |                           |                          |   |                                  |                    | 177     |

図1 IPCC 第4次評価報告書<sup>2)</sup>における排出シナリオの整理

#### 4. 第5次評価報告書における長期排出経路の評価

新たにAR5において排出シナリオのカテゴリー分けした整理が表1である。今回収集されたシナリオ数は、AR4から劇的に増大し1000を超えた。450 ppm相当 (430-480 ppm) のシナリオ数は114、500 ppm相当 (480-530 ppm) のシナリオ数は251となった。

##### 4.1 オーバーシュートシナリオを含む排出削減経路

AR4では基本的に温室効果ガス濃度安定化シナリオ（ある目標濃度になるとそれを越えず一定にする）が前提であったが、AR5においては、厳しい排出削減レベルのシナリオ（450や500 ppm CO<sub>2</sub>eqなどのシナリオ）において、オーバーシュートシナリオ（濃度や気温が一旦高くなるが、そこから低減していくシナリオ）が過半を占めるようになった。これは、近年世界のGHG排出量はむしろその排出の速度を高めてきたことと関係している。AR5では、世界のGHG排出量は1990～2000年は年率0.6%の上昇だったのに対して、2000～10年は年率2.2%の上昇だったとしている。

ところで、このように濃度安定化が前提となるシナリオばかりではなくなったため、AR4(図1)で示された平衡気温を提示する妥当性が失われた。そこで、AR5(表1)では平衡気温にかわって2100年の気温上昇を提示するよう変更されている。

AR4以降、450 ppm CO<sub>2</sub>eqや産業革命以前比2℃といった目標が目指されたため、モデル分析者もこの目標の分析が求められるようになった。しかし、その間にも増大する排出実績を踏まえてモデル分析を行おうとすると、オーバーシュートシナリオとしなければ、これを達成し得る排出経路を導き出すことが困難になったわけである。これらのオーバーシュートシナリオにおいては、2100年頃にゼロに近い、もしくは正味で負の排出とするような排出経路が必要となる。これは技術的には可能とみられる排出経路であるものの、大規模な植林や大気からの直接CO<sub>2</sub>吸収・貯留やバイオマスCCS(バイオマス発電等でのCO<sub>2</sub>回収貯留)など、CDR(二酸化炭素除去)技術の大幅な利用が必要であり、その実現性については、今後より詳細な検討が必要とされた。

表1 IPCC第5次評価報告書<sup>1)</sup>における排出シナリオの整理

| 2100年の等価CO <sub>2</sub> 濃度カテゴリー(ppm CO <sub>2</sub> eq) | サブカテゴリー                                    | RCPとの対応関係 | 2050年世界排出(2010年比) | 2100年気温(℃, 1850-1900年比) | 21世紀中に当該気温(1850-1900年比)を超える確率 |          |        |
|---|--|-----------|-------------------|-------------------------|-------------------------------|----------|--------|
|   |  |           |                   |                         | 1.5℃                          | 2.0℃     | 3.0℃   |
| <430  | 極めて限定的な数の分析報告しか存在しない(AR5シナリオデータベースへの登録はなし) |           |                   |                         |                               |          |        |
| 450 (430-480)   | —  | RCP2.6    | -72~-41%          | 1.5~1.7℃<br>(1.0~2.8)   | 49-86%                        | 12-37%   | 1-3%   |
| 500 (480-530)   | 530 ppm CO <sub>2</sub> eqを超えない            |           | -57~-42%          | 1.7~1.9℃<br>(1.2~2.9)   | 80-87%                        | 32-40%   | 3-4%   |
|   | 2100年までの間に530 ppm CO <sub>2</sub> eqを一旦超える |           | -55~-25%          | 1.8~2.0℃<br>(1.2~3.3)   | 88-96%                        | 39-61%   | 4-10%  |
| 550 (530-580)   | 580 ppm CO <sub>2</sub> eqを超えない            |           | -47~-19%          | 2.0~2.2℃<br>(1.4~3.6)   | 93-95%                        | 54-70%   | 8-13%  |
|   | 2100年までの間に580 ppm CO <sub>2</sub> eqを一旦超える |           | -16~+7%           | 2.1~2.3℃<br>(1.4~3.6)   | 95-99%                        | 66-84%   | 8-19%  |
| (580-650)   | —  | RCP4.5    | -38~+24%          | 2.3~2.6℃<br>(1.5~4.2)   | 96-100%                       | 74-93%   | 14-35% |
| (650-720)   | —  |           | -11~+17%          | 2.6~2.9℃<br>(1.8~4.5)   | 99-100%                       | 88-95%   | 26-43% |
| (720-1000)  | —  | RCP6.0    | +18~+54%          | 3.1~3.7℃<br>(2.1~5.8)   | 100-100%                      | 97-100%  | 55-83% |
| >1000   | —  | RCP8.5    | +52~+95%          | 4.1~4.8℃<br>(2.8~7.8)   | 100-100%                      | 100-100% | 92-98% |

#### 4.2 気候感度の不確実性と気温推計

ところでAR4以前は、平衡気候感度は1.5~4.5℃の範囲がもっともらしい(最良推定値は2.5℃)という評価であった。しかしAR4では2.0~4.5℃(最良推定値3.0℃)という評価に変更された。それを受けて、AR4における平衡気温の推計(図1)は平衡気候感度3.0℃で計算がなされた。今回のAR5(WG1)では今世紀に入ってから気温上昇速度が緩やかになってきている(ハイエタスと呼ばれている)こと等を反映し、再び1.5~4.5℃の範囲がもっともらしいと修正された(ただし最良推定値は合意できず)<sup>3)</sup>。一方、AR5(表1)の気温計算に用いた平衡気候感度は明記はないものの、記述を辿ればAR4の気候感度2.0~4.5℃(最良推定値3.0℃)に沿ったパラメータを用いた推計になっていること

がわかる。よって、もしAR5の気候感度判断に沿って評価したならば、AR5（表1）で提示された気温よりもより小さい気温が推計され、また目標気温を超える確率もより小さく推計されるので、留意が必要である。

なお、AR5では、AR4準拠の気候感度想定の下で、2100年に450 ppm CO<sub>2</sub>eq程度になるシナリオは産業革命以前比2℃を超えない可能性が高い (likely、66%以上) と記載された。しかし、最良推計値 (50%確率等) で考えると (AR4と同様の考え方)、500 ppmについても概ね2℃を超えないと評価される (2℃を超える確率は32~61%)。

#### 4.3 2050年の世界の温室効果ガス排出削減量

AR5で整理されたシナリオに付随する多様性の幅を含めて解釈すれば、2100年に2℃を超えないためには、450 ppmのカテゴリーに限定して2050年の世界排出量を2010年比で41~72%削減が必要と理解すべきではなく、せめて500 ppmまでを含め2010年比25~72%削減程度が求められると解釈するのがAR4から継続した考え方としては適切である。なお、AR4では2000年比で示されていたため、72~25%削減を2000年比に書き直せば6~65%削減となり、AR4の50~85%削減よりもずいぶん緩やかに評価されたことがわかる。更に先述したように、気候感度はAR4に準拠して分析されたものであり、これをAR5の気候感度評価に合致させれば、更に緩やかな排出削減 (2050年におおよそ現状排出レベル) でも2℃目標と整合的に評価できることとなる。

## 5. 排出削減コストの評価

### 5.1 理想的な排出削減時の排出削減コスト

排出削減コスト推計は、排出削減レベルを検討したり対策を講じたりする上で大変重要である。AR5においては、2100年までに450 ppm CO<sub>2</sub>eqにするシナリオでは、特段対策をとらないケースと比べて2050年では2~6% (中央値3.4%)、2100年においては3~11% (中央値4.8%) の世界消費が低減するとされた。因みに、2011年のアフリカ全体のGDPが世界GDPに占める比率は2.4%であり、これと比較すれば大きな費用であることは理解できる。一方、おおよそ550 ppm CO<sub>2</sub>eqといったレベルであれば、この削減費用は1/3~2/3になるとしている。ただし、これらの推計費用は、世界すべてで限界削減費用が均等化し世界全体で費用最小の対策を実現すると仮定した場合のものであり、また、すべての技術が理想的に利用可能と想定したときの費用推計である。

### 5.2 温室効果ガス排出削減技術の利用有無による削減費用の評価

AR5の大きなメッセージは、厳しい排出削減 (450や550 ppm CO<sub>2</sub>eq) のためには、あらゆる技術を利用することが必要というものである。しかしこの想定は、現実社会においては理想的に過ぎる想定と考えられるため、AR5では、技術利用に制約が生じた場合のコストについての評価もまとめている。

特に450 ppm CO<sub>2</sub>eqの場合、CCSおよびバイオエネルギーの利用が制約された場合に極めて大きなコスト増となることが示された。すべての技術が利用可能としたケースに比べ、CCS、バイオエネルギーが利用できない場合はそれぞれ138%、64%のコスト増と推計された。これは、450 ppmではネガティブの排出が必要となるケースが多く、CCSやバイオエネルギーの利用がなければ、ネガティブ排出を実現するオプションが大規模植林のみになり、それも上限があ

## 参考文献

- 1) IPCC WG3 (2014), Climate Change 2014-Mitigation of Climate Change, Cambridge University Press.
- 2) IPCC WG3 (2007), Climate Change 2007-Mitigation of Climate Change, Cambridge University Press.
- 3) IPCC WG1 (2013), Climate Change 2013- The Physical Science Basis, Cambridge University Press.

ると、対策が極めて限定されることに依っている。これら技術の影響が大きいので目立たないものの、原子力、太陽光・風力の技術が制約された場合の影響は、450 ppmのケースでそれぞれ7%、6%のコスト増とされた。これも絶対的には小さな費用では決してなく、これらの技術も重要である。

## 6. 今後の気候変動政策への展開

WG3のAR5（少なくとも報告書本体）は総じて最新の科学的知見がまとめられ、理想論ばかりに走らず、現実を踏まえた評価も多く加えられた。明らかにAR4からの進展が見られ、比較的バランスが良い報告書となったと考えられる。現実社会の複雑な制約や様々な不確実性を的確に踏まえることが、結局、現実にも最も効果的な対応策を作ることにつながると考えられる。例えば、世界排出量を2050年までに半減、また日本の排出量を2050年に80%削減するという政治目標を、IPCCの最新知見に基づいて捉え直し、場合によっては修正するという点も最新の科学の政策への反映という点で重要と考えられる。

気候変動問題は未だ不確実性が大きいことの認識も重要である。IPCC AR5は、取り得る排出削減経路、対策は様々あり得ることを提示した。排出削減目標を単一的に考えるのではなく、ある程度柔軟性を持って適応策等も含めて適切な対応戦略を考えることが、より賢い気候変動リスク対応となるはずである。