

IPCC第5次評価報告書と今後の展開

梅沢 加寿夫

概要

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第5次評価報告書によると、地球温暖化には疑いの余地はなく、20世紀中盤以降の変化は温室効果ガス排出などの人間活動の影響が支配的な原因である可能性が極めて高い。本報告書は地球温暖化に関する世界中の専門家の知見を集約したものであるため、国際政治及び各国の政策にも強い影響を与えており、本報告書の公表後に開催された国連気候変動枠組条約第20回締約国会議でも、本報告書の内容を基に今後の温暖化対策をどう進めていくかが議論された。

国際調整の現場がますます困難の様相を呈している中、我が国の利益を守りつつ合意を確実に得るためには、各国の納得が得られるような、全球のシステムティックな観測の継続や、IPCCの研究活動を支援する、より信頼度の高い気候モデルがますます重要になるであろう。その重要性は、本報告書の公表後に開催された第41回「科学および技術の助言に関する補助機関」会合でも再確認されている。

キーワード : IPCC, AR5, 地球温暖化, シナリオ

1 はじめに

気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) は1988年に世界気象機関 (World Meteorological Organization : WMO) と国際連合環境計画 (United Nations Environment Programme : UNEP) により設立された組織であり、人為起源の気候変化とその影響や対策を、科学的、技術的、社会経済学的な観点から評価することを目的とする。

2015年3月、IPCCの第5次評価報告書 (Fifth Assessment Report : AR5) 統合報告書の完成版¹⁾が公表された。2013年の9月に第1作業部会の報告書が公表されて以来、これでAR5の全てがそろったことになる。2014年12月に開催された国連気候変動枠組条約 (United Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC) に基づく、第20回締約国会議 (Conference of the Parties 20 : COP-20) では、本報告書の内容を基に今後の温

暖化対策をどう進めていくかが議論された。このような場での議論は、主に報告書全体を40ページ程度にまとめた政策決定者向けの要約 (Summary for policymakers : SPM) を基になされているが、報告書そのものをひも解けば、索引の部分を除いても、第1作業部会「自然科学的根拠」、第2作業部会「影響・適応・脆弱性」、第3作業部会「気候変動の緩和」の報告書全体を合わせると5,000ページ近くにもなる。

本稿では、SPMには記載されなかった指摘事項も考慮しながら、将来予測に用いたシナリオを軸に、報告書全体について、それが公表された後の議論も含めて紹介し、今後の我が国のあるべき貢献について展望する。

図表1 AR5のポイントと主要なメッセージ

第1作業部会	(自然科学的根拠) 気候システム及び気候変化についての評価を行う。
	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候システムの温暖化には疑う余地はない。 ● 人間の影響が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な要因であった可能性が極めて高い。 ● 今世紀末までの世界平均気温の変化は20世紀末頃と比べて0.3~4.8°Cの範囲に、海面水位の上昇は0.26~0.82mの範囲に入る可能性が高い。 ● 気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の大幅かつ持続的な削減が必要である。 ● CO₂の累積総排出量とそれに対する世界平均地上気温の応答は、ほぼ比例関係にある。
第2作業部会	(影響・適応・脆弱性) 生態系、社会・経済等の各分野における影響及び適応策についての評価を行う。
	<ul style="list-style-type: none"> ● ここ数十年、気候変動は、全ての大陸と海洋にわたり、自然及び人間システムに影響を与えている。 ● 適応は一部の計画立案過程に組み込まれつつあるが、実施されている対応はより限定的である。 ● 気候システムに対する危険な人為的干渉に関連する潜在的に深刻な影響の可能性として、海面水位の上昇や極端な気象現象を含む5つの包括的な懸念材料と8つの主要なリスクが挙げられた。 ● 適応は、場所や状況によって異なり、あらゆる状況にわたって適切な単一のリスク低減手法は存在しない。
第3作業部会	(気候変動緩和) 気候変化に対する対策(緩和策)についての評価を行う。
	<ul style="list-style-type: none"> ● 人為起源の温室効果ガス排出量は、特に最近10年間に大幅に増加。累積CO₂排出量の約半分は過去40年間に排出されており、現状を上回る努力がなければ、2100年の世界平均気温は産業革命以前から3.7~4.8°C上昇。 ● 2100年時点の温室効果ガス濃度を基準に、緩和シナリオ(経路)を分類。カテゴリーごとに、気温変化が1.5、2、3、4°C未満に維持される可能性を記載。 <ul style="list-style-type: none"> ■ 2100年のCO₂換算濃度が約450ppmとなるシナリオ(2°C未満に抑える「可能性が高い」)では、2050年の温室効果ガス排出量は2010年比40~70%減、2100年にはほぼゼロ~それ以下となり、急速な省エネに加え、低炭素エネルギーの割合が2050年までに2010年の3~4倍近くまで増加。 ■ 2100年のCO₂換算濃度が約450ppmとなるシナリオは、今世紀中のピーク濃度が一時的に2100年の濃度を超えるオーバーシュートシナリオが典型的で、大気中のCO₂を除去する技術に依存する。しかし、このような技術は、多かれ少なかれ、課題・リスクを抱えている。 ■ カンクン合意に基づく2020年の推定排出量は2100年における濃度の低いシナリオ(約450~500ppm)を費用効果的に達成する経路から外れているが、2°C抑制の可能性を排除するものではない。 ■ 450~500ppmシナリオでは、エネルギーセキュリティ、大気汚染対策のコスト削減等のコベネフィット(副次効果)をもたらす。ただし、負の副次効果を伴う可能性もある。

出典：参考文献2~4を基に科学技術動向研究センターにて作成

2 IPCC 第5次評価報告書 (AR5)の概要

AR5のポイントと主要なメッセージを図表1に示す。ここに示されているとおり、人類起源の温室効果ガス増大による地球温暖化が確実に上がったという点でいえば、AR5は2007年に公表された第4

次評価報告書 (AR4) と基本的に言っていることに変わりはない。AR4以降も世界全体の排出量は増加し続けており、温暖化の影響で海面の上昇や集中豪雨のような極端な気象現象のリスクが増大しているというのは、AR4の公表後にとられた排出量削減に向けた対策があまり機能していないという事実を含むので、対策はこれまで以上に急務であるにとらえるべきであろう。

3 AR4でのSRESシナリオとAR5でのRCPシナリオの比較

IPCCにおける地球環境の将来予測には、シナリオ検討と気候モデルによるコンピュータ・シミュレーションという手法がとられている。ここでは、AR4で用いられたシナリオとAR5で用いられたシナリオの違いに着目してみたい。

AR4では排出シナリオに関する特別報告書(Special Report on Emission Scenarios: SRES)⁵⁾によるシナリオが用いられた(図表2)。このシナリオは将来の状況を、経済重視か環境重視かという軸と、国際化か地域化かという軸で規定する形で作られている(図表3)。しかし、これではシナリオに

元々含まれている状況以外に政策主導的な排出削減が考慮されないという課題があった。

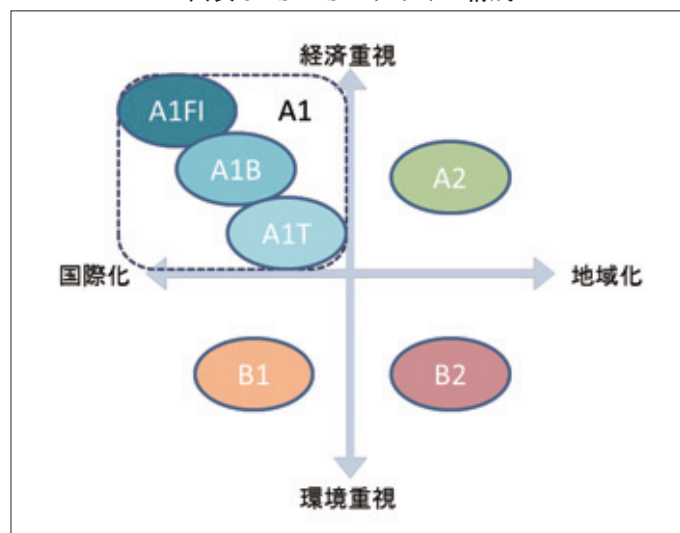
これに対し、AR5では放射強制力の将来の安定化レベルとそこに至る代表的な経路として定義されている代表的濃度経路(Representative Concentration Pathways: RCP)シナリオが用いられた(図表4)。放射強制力は、IPCC第1次評価報告書で「対流圏の上端(圏界面)における平均的な正味の放射の変化」と定義されており、正の放射強制力が温暖化を、負の放射強制力が寒冷化を起こす。こうして複数の経路でそれぞれの将来の気候を予測することにより、対応する放射強制力を実現するための様々な社会経済シナリオを想定できるので、例えば「気温上昇を2℃に抑えるためには…」といった政策検討が可能になる(図表5)。

図表2 SRESシナリオの定義

A1FI	地域間格差の大幅な縮小を伴う高度経済成長が続き、世界人口が21世紀半ばにピークに達した後に減少し、新しく効率の高い技術が急速に導入される未来社会。どのエネルギー源を重視するかで3つに分かれ、A1FIは化石エネルギー源重視、A1Tは非化石エネルギー源重視、A1Bは全てのエネルギー源のバランス重視を表している。
A1B	
A1T	
A2	独立独行と地域独自性を保持する未来社会。出生パターンの地域間収斂は非常に穏やかで人口増加が続き、地域主導の経済開発は他のシナリオに比べて散在的で穏やか。
B1	人口推移はA1と同様で、地域間格差が縮小した未来社会。物資に重点を置く度合いは減少し、クリーンで省資源の技術が導入される。サービス及び情報経済に向かった経済構造の急速な変化を伴う。経済、社会及び環境の持続可能性向上のための地球規模の問題解決に重点が置かれる。
B2	経済・社会及び環境の持続可能性向上のための、地域の問題解決に重点が置かれる未来社会。人口はA2よりは穏やかに増加を続け、経済発展は中間的なレベルにとどまり、多様な技術変化を伴う。

出典：参考文献6を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表3 SRESシナリオの構成



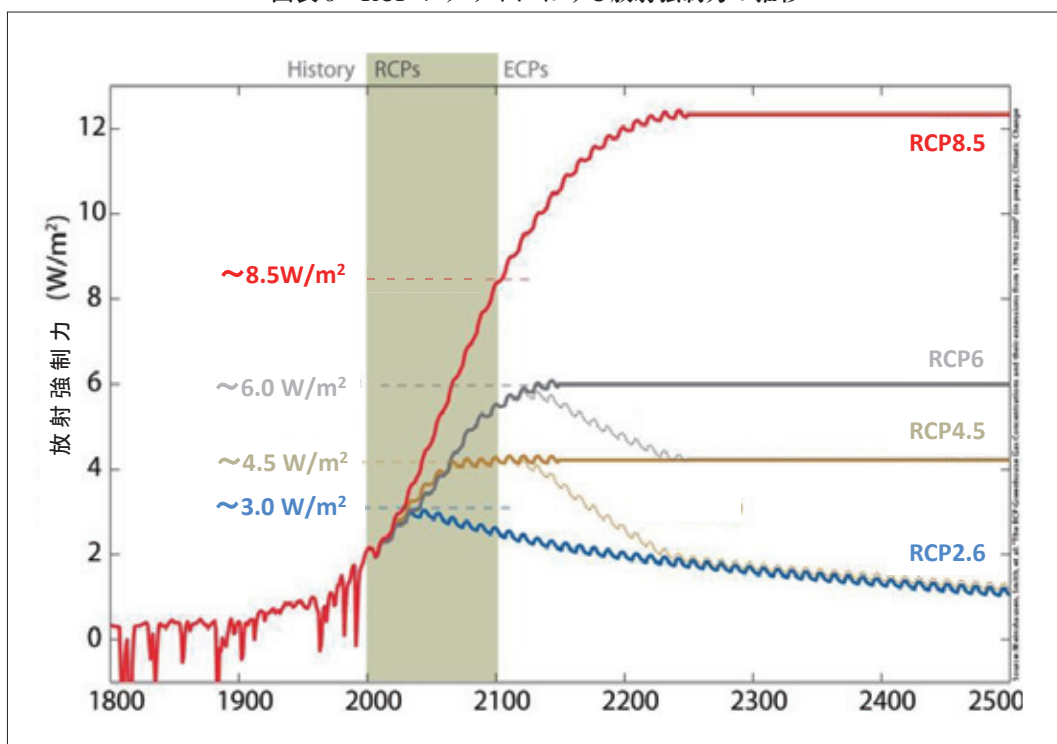
出典：参考文献7を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表4 RCPシナリオの定義

RCP2.6 (RCP3-PD) (低位安定化シナリオ)	2100年までに放射強制力のピークを迎えて、その後に減少する。 (2100年時点での放射強制力が約 2.6W/m ²)
RCP4.5 (中位安定化シナリオ)	2100年以降に放射強制力が中位で安定化する。 (2100年時点での放射強制力が約 4.5W/m ²)
RCP6 (高位安定化シナリオ)	2100年以降に放射強制力が高位で安定化する。 (2100年時点での放射強制力が約 6.0W/m ²)
RCP8.5 (高位参照シナリオ)	2100年以降も放射強制力の上昇が続く。 (2100年時点での放射強制力が約 8.5W/m ²)

出典：参考文献8を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表5 RCPシナリオにおける放射強制力の推移



出典：参考文献9を基に科学技術動向研究センターにて作成

AR5では、AR4と比較して、過去の気候変動を評価するために、より詳細でより長期間の観測データが使用され、また将来予測に用いる気候モデルも改良されている。また、エアロゾルの放射強制力は、従来よりも正味の冷却効果（負の放射強制力）が弱いことが示されている。さらに、RCPシナリオが濃度経路として定義されているため、大気中のCO₂濃度に影響を与える炭素循環の不確実性は考慮しなくて済む。

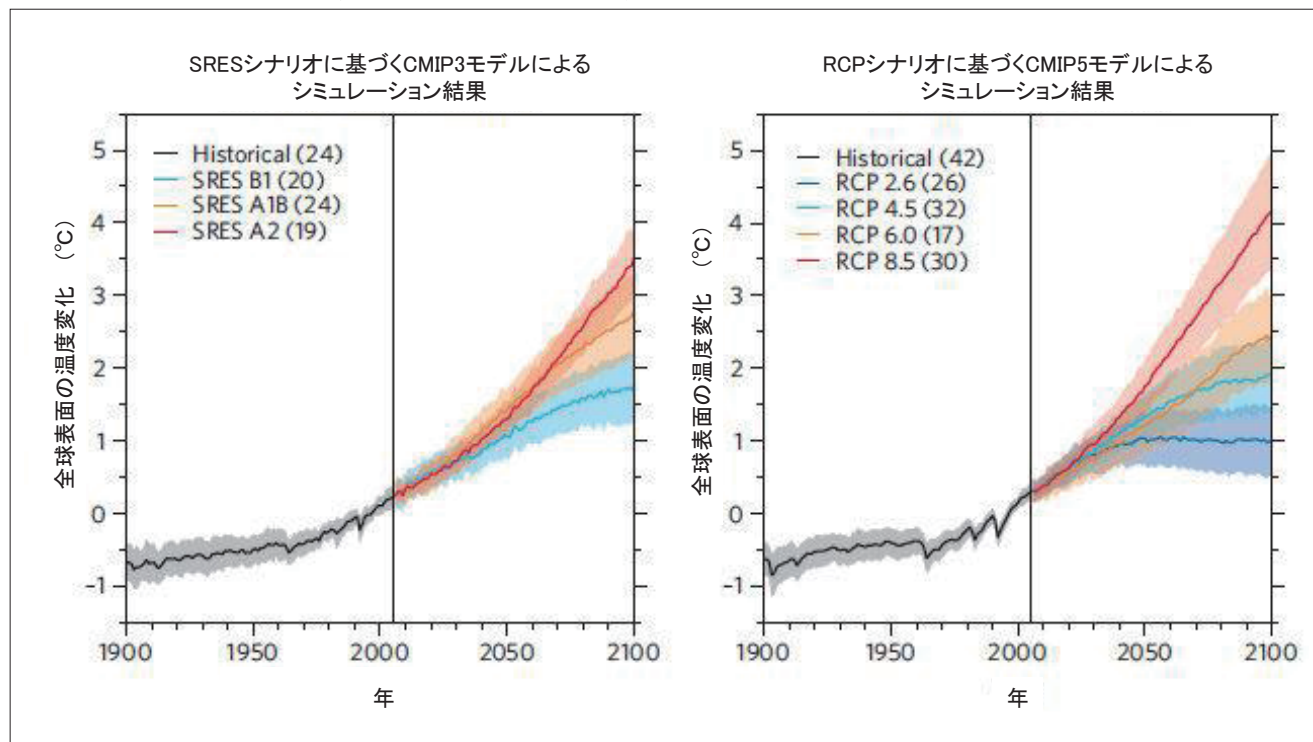
AR4及びAR5における気温上昇のシミュレーション結果を図表6に示す¹⁰⁾。AR5のRCPシナリオに基づく気候変動予測は、AR4のSRESシナリオに基づくものと変化のパターンや大きさの両方におい

て類似している。AR5では、さらに気候システムの多要素が改善されたシミュレーション結果に基づき、検出された変化がAR4より多くの要素について人類起源の温室効果ガスに起因することが示された。

4 AR5で注目すべき点

AR5のIPCC第3作業部会報告書では、第1作業部会で用いられたRCPシナリオとは別に、約1,200のシナリオが収集・検討された。

図表6 AR4及びAR5における気温上昇のシミュレーション結果



出典：参考文献 10 を基に科学技術動向研究センターにて作成

RCP シナリオと比較すると、検討されたシナリオのうち、2100年のRCP2.6は450ppmCO₂換算シナリオに相当する(図表7)。産業革命以来の地球温暖化を2℃以下に抑制する確率が高いシナリオということで、2℃シナリオなどとも呼ばれる。AR5ではこの2℃シナリオが大きく取り上げられており、温暖化による影響やリスクを最低限に抑えるための唯一のシナリオとも読める。

2℃以下に抑制するためには、温室効果ガスの排出を世界全体で、2050年までに、2010年時点に比べて40~70%削減することが必要になる。このためには、再生可能エネルギー、原子力、CO₂の回収貯留(Carbon dioxide Capture and Storage: CCS)の合計による低排出エネルギーの供給の割合を、2010年時点の3~4倍としなければならない。このようなシナリオの実現には、国際社会による一致団結した排出削減とそれを可能とする技術の革新や普及が必須である。しかし、現実には温室効果ガスの排出規制について先進国と新興国の対立が続き、AR4以降も世界全体の排出量は増加し続けている。

図表8は、所得区分のCO₂排出量を示している。これを見ると、高所得の先進国(High-income Countries: HIC)との差は依然としてあるものの、例えば中国のような高所得の新興国(Upper Middle-income Countries: UMC)の排出量が急増していることが分かる。

一方で、排出削減に向けた取組である京都議定

書やクリーン開発メカニズム(Clean Development Mechanism: CDM)については、必ずしも効果があったとは言えないと評価されている¹²⁾。

排出削減技術についても十分とは言えない。再生エネルギーは不安定かつ高価であり、CCSは一部で技術開発が進んではいるものの普及には至っていない。原子力発電については2011年以降、世界中で規模が縮小されている。

AR5の公表後、2014年12月にリマで開催されたCOP-20では「気候行動のためのリマ声明」が採択されたが、中身は2015年のCOP-21に先立って提出を招請されている約束草案に含めるべき事項の決定にとどまった。先進国と新興国が対立する「共通だが差異ある責任」と「応能負担原則」をどうとらえ、どう制度に反映させるかは、今後の課題として残ったままである。

5 IPCCにおける研究とシステムティックな全球観測継続の重要性

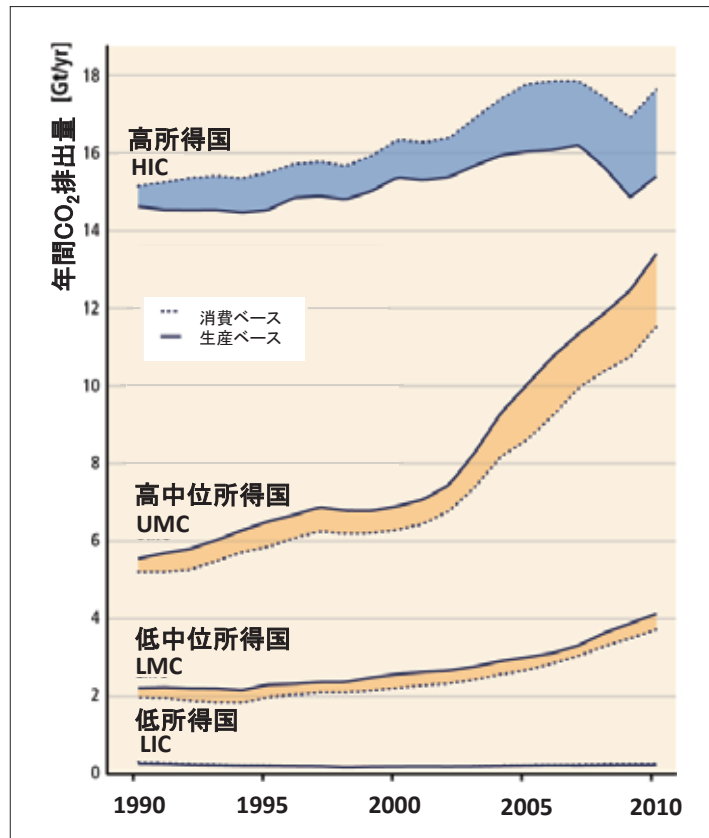
地球温暖化の議論に関してますます困難の様相を呈している国際調整の現場で、我が国の利益を守りつつ合意を確実に得るためには、各国の納得が得られるような観測データと、より信頼度の高い気候モデルがますます重要になる。

図表7 第5次評価報告書第3作業部会で集められ、評価されたシナリオの主な特徴

2100年のCO ₂ 換算濃度 ⁶ 区分ラベル (濃度幅)	細区分	RCP シナリオの 相対的位置 ⁴	2010年比のCO ₂ 換算 排出量変化 (%) ³		21世紀に特定の温度水準未満に留まる可能性 (1850-1900年平均比) ^{4,5}			
			2050年	2100年	1.5℃	2℃	3℃	4℃
<430	430ppmCO ₂ 換算未満では限られた数のモデルしか研究されていない							
450 (430-480)	全体幅 ^{1,7}	RCP2.6	-72 ~ -41	-118 ~ -78	どちらか と 言えば 可能性が 低い	可能性が 高い		
500 (480-530)	530ppm CO ₂ 換算の オーバーシュート無		-57 ~ -42	-107 ~ -73	可能性が 低い	どちらか と 言えば 高い	可能性が 高い	可能性が 高い
	530ppm CO ₂ 換算の オーバーシュート		-55 ~ -25	-114 ~ -90		どちらも 同程度		
550 (530-580)	580ppm CO ₂ 換算の オーバーシュート無		-47 ~ -19	-81 ~ -59		どちらか と 言えば 可能性が 低い ⁹		
	580ppm CO ₂ 換算の オーバーシュート		-16 ~ 7	-183 ~ -86				
(580-650)	全体幅	RCP4.5	-38 ~ 24	-134 ~ -50				
(650-720)	全体幅		-11 ~ 17	-54 ~ -21	可能性が 低い	どちらか と 言えば 高い		
(720-1000) ²	全体幅	RCP6.0	18 ~ 54	-7 ~ 72	可能性が 低い	どちらか と 言えば 可能性が 低い		
>1000 ²	全体幅	RCP8.5	52 ~ 95	74 ~ 178	可能性が 低い ⁸	可能性が 低い ⁸	可能性が 低い	どちらか と 言えば 可能性が 低い

出典：参考文献8を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表8 所得区分によるCO₂排出量



出典：参考文献11を基に科学技術動向研究センターにて作成

AR5の公表後、COP-20と同時期に開催された第41回「科学および技術の助言に関する補助機関」(forty-first session of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice: SBSTA-41) 会合においては、IPCCにおける研究やシステムティックな全球観測継続の重要性が再確認¹³⁾された。

特に宇宙からのシステムティックな全球観測の継続には、定常的な気象観測を行う気象衛星群と、それを継続的にグレードアップしていくための研究開発を主目的とした地球観測衛星群を、1つの観測システムとして有機的に相互に利用する体制を整えることが重要となる。したがって、今回実現が報告された気象衛星による定常観測を担う気象衛星調整会議(Coordination Group for Meteorological Satellites: CGMS)と、主に研究開発衛星の開発と運用を担う地球観測衛星委員会(Committee on Earth Observation Satellites: CEOS)の協働は大きな意味を持つ。

6 日本の貢献と今後への期待

IPCC第1作業部会におけるシミュレーションの根幹をなす第5期結合モデル相互比較計画(Coupled Model Intercomparison Project phase 5: CMIP5)には日本の気候モデルも複数参画しており、気象研究所の気候モデルや、東京大学、国立環境研究所、海洋研究開発機構による大気・海

洋・陸面の結合モデル(Model for Interdisciplinary Research on Climate: MIROC)、全球雲解像モデル(Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model: NICAM)が名を連ねている¹⁴⁾。日本国内の気候モデルデータは、文部科学省によるデータ統合・解析システム(Data Integration and Analysis System: DIAS)に集約され、DIASがCMIP5のデータノードとして国際的なデータ配信体制の一翼を担った。

一方、2009年1月に打ち上げた日本の温室効果ガス観測衛星「いぶき」(Greenhouse gases Observing SATellite: GOSAT)は世界で初めて宇宙から観測した全球のCO₂とメタンの濃度分布データを提供した。また、先に述べたシステムティックな全球観測に貢献する日本の地球観測衛星には、「いぶき」のほか、2012年5月に打ち上げた水循環変動観測衛星「しずく」(Global Change Observation Mission: GCOM-W)や2014年2月に打ち上げた全球降雨観測計画(Global Precipitation Measurement: GPM)の主衛星、2016年度に打上げ予定の気候変動観測衛星(GCOM-C)なども含まれる。

現在はDIASの今後が議論されるとともに、GOSAT-2も開発が進んでいる。GCOMやGPMに関しても、今後の観測継続が重要なのは言うまでもない。

IPCCは今後も5~7年おきに評価報告書を公表していく計画であり、次のプロセスは2015年10月に予定されている新しい事務局と議長を選出によって開始される見込み¹⁵⁾である。我が国もこれまで以上に温暖化問題の解決に向けた研究開発の推進に邁進することが重要であろう。

参考文献

- 1) IPCC Press Release on 18 March 2015: IPCC launches complete Synthesis Report : http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ar5/150318_SYR_final_publication_pr.pdf
- 2) IPCC 第5次評価報告書—第1作業部会(自然科学的根拠)【2014年12月改訂】: http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5_wg1_overview_presentation.pdf
- 3) IPCC 第5次評価報告書—第2作業部会(影響・適応・脆弱性)【2014年12月改訂】: http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5_wg2_overview_presentation.pdf
- 4) IPCC 第5次評価報告書—第3作業部会(気候変動の緩和)【2015年4月改訂】: http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5_wg3_overview_presentation.pdf
- 5) Emissions Scenarios : <http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=12>
- 6) 異常気象レポート2014(気象庁): http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/climate_change/2014/pdf/2014_2-1.pdf
- 7) SRESシナリオ: http://www.dir.co.jp/research/report/esg/keyword/20130611_007299.html
- 8) IPCC 第5次評価報告書—統合報告書—「政策決定者向け要約」文部科学省、経済産業省、気象庁、環境省による確定訳(2015年3月31日公表: http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5_syr_spmj.pdf)
- 9) The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300 :

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-011-0156-z>

- 10) Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections, Reto Knutti, Jan Sedláček, Nature Climate Change 3, 369–373 (2013) : <http://www.nature.com/nclimate/journal/v3/n4/full/nclimate1716.html>
- 11) IPCC Fifth Assessment Report (AR5) : <http://www.ipcc.ch/report/ar5/>
- 12) 杉山大志、「IPCC 第 5 次評価第 3 部会報告書の解説 (速報)」、電力中央研究所ディスカッションペーパー、SERC14001 : <http://criepi.denken.or.jp/jp/serc/discussion/download/14001dp.pdf>
- 13) Progress report by the Committee on Earth Observation Satellites (CEOS) and the Coordination Group for Meteorological Satellites (CGMS) on a coordinated response to UNFCCC needs for global observations : <http://unfccc.int/resource/docs/2014/smsn/igo/173.pdf>
- 14) CMIP5 - Data Access - Availability : <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/availability.html>
- 15) IPCC Press Release on 27 February 2015: IPCC takes decisions on future work : http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/p41/P41_closing_press_release.pdf
- 16) JCCCA IPCC 第 5 次評価報告書特設ページ : <http://www.jccca.org/ipcc/ar5/schedule.html>
- 17) (概要版) IPCC 最新報告および国際的な最新のシナリオ分析動向を踏まえた長期の温室効果ガス排出削減パスと中期の排出削減分担の分析 : http://www.rite.or.jp/Japanese/labo/sysken/about-global-warming/download-data/Midandlongterm_Energy_CO2_Economicsanalysis_outline20140411.pdf
- 18) 河野健、「社会基盤情報の提供に向けた地球温暖化予測モデルの高信頼性化」、科学技術動向 2012 年 11 月、No.132、p.11-18 : <http://hdl.handle.net/11035/2328>
- 19) 有村俊英 et al、「排出量取引を利用した二酸化炭素回収・貯留技術の促進について」、科学技術動向 2011 年 3 月、No.120、p.20-32 : <http://hdl.handle.net/11035/2224>
- 20) GCOM-C の意義と早期打ち上げの必要性について : http://www.eorc.jaxa.jp/event/2007/gcom/ev070817_01.pdf

..... 執筆者プロフィール



梅沢 加寿夫

科学技術動向研究センター 特別研究員

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) にて、主に地球観測衛星ミッション関連の研究開発や国際調整に長く携わる。現在は世界の宇宙利用に関する将来動向の調査と分析を担当。