

街

「IPCC 第4次評価報告書」を読む

—科学者からの警告—

第1作業部会「気候変化の自然科学的根拠」

三澤友子 (CASA 理事、編集委員)

IPCCの第3次評価報告書が出てから6年、2007年に入って第4次評価報告書のうち、2月に「第1作業部会：自然科学的根拠」(The Physical Science Basis-WG I)が、4月に「第2作業部会：影響、適応、脆弱性」(Impacts, Adaptation and Vulnerability-WG II)が、5月には「第3作業部会：緩和策」(Mitigation-WG III)が次々と公表され、11月には「統合報告書」(Synthesis Report)が出る予定になっています。

CASAではこのIPCCの第4次報告書の発表にともない、各作業部会で実際に執筆や査読編集者^注を担当されている科学者の方を講師に招き、学習会を行うことになりました。そしてその内容を今回、順次特集の形でお伝えしていきます。

4月14日、まず第1作業部会の「気候変化の自然科学的根拠」について、この作業部会の代表執筆者の一人である、気象庁気象研究所気候研究部長の鬼頭昭雄さんに講演をしていただきました。特集の1回目はその講演をもとに第1作業部会の内容をまとめました。

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)とは？

温暖化に関する初めての科学的国際会議が行われたのは1985年のフィラハ会議でした。ここで科学者たちは二酸化炭素などの温室効果ガスによる急激な温暖化の可能性について警告を発し、今後科学者と政策決定者が協力しあって、温暖化の対策を行っていく必要があると呼びかけました。さらにこの会議は世界の気象データと温暖化の理論を関連付けたこと、またこの説を世界の科学者が合意した点で大きな役割を果たしました。その後このフィラハ会議を主催した世界気象機関(WMO)と国連環境計画(UNEP)が協力して1988年に国連組織として設立したのが「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)です。

IPCCでは、独自に研究や観測を行うのではなく、地球温暖化について出版された膨大な量

の論文を、世界160カ国、およそ4000名近い科学者・研究者(主執筆者(400名)、執筆貢献者(800名)、専門家査読者(2500名))がその分析を行う機関で、自然科学的、社会科学的な知見をまとめて評価しています。そしてその結果は各国政府のみならず、全世界に向けて広く公開されています。最新情報はIPCCのサイト(www://ipcc.ch/)からいつでも見ることができます。

IPCCは、自然科学的な根拠にのっとった観測や気候変化の予測を評価する「第1作業部会」、影響・適応・脆弱性について検討する「第2作業部会」、緩和策及び社会経済的側面からの評価を行う「第3作業部会」の三つの作業部会に分かれています。今回はその中の、第1作業部会「自然科学的根拠」について報告します。

第1作業部会の「自然科学的根拠」については、表1に示すように11の章からなっています。このうち2章から5章までは実際の観測結

注1 査読 ある論文に対して複数の匿名の専門家が評価すること。一般的に、この査読によって論文は学術的に認められる。

果に基づいての報告がされています。6章の古気候では氷床コアや樹木の年輪幅の測定などから、数十年から数百万年にわたる過去の気候変化を推測することにより、今起こっている気候変化の原因特定などの研究を行っています。10章、11章では将来の気候変化に関する予測を行っています。ここでは主にこの観測結果、原因特定、将来予測の3点について報告します。

観測結果：大気組成

1 二酸化炭素の濃度変化および排出量

- 大気中の二酸化炭素濃度は工業化以前の1850年ごろまでは約280ppmであったものが、2005年には379ppmに増加した(ppm：10万分の1)。
- 最近10年間(1995～2005年)の上昇率は、年当たり1.9ppmで、これは1960～2005年間の年当たりの値1.4ppmに比べて大きい。
- 工業化以後における大気中の二酸化炭素濃度上昇の主な原因は化石燃料の使用である。土地利用変化も重要であるがその影響は小さい。
- 1990年代では年当たり6.4GtCであったものが、2000～2005年では年当たり7.2 GtCに増加した。(GtC：10億トン・炭素換算)

表1 IPCC 第1作業部会第4次評価報告書の章立て

第1章	気候変化の科学に関する歴史的概観
第2章	大気組成及び放射強制力の変化
第3章	観測：地表面および大気圏での気候変化
第4章	観測：雪氷および凍土の変化
第5章	観測：海洋気候変化および海面水位
第6章	古気候
第7章	気候システムの変化と生物地球化学との結合
第8章	気候モデルとその評価
第9章	気候変動の理解とその要因
第10章	地球規模の気候予測
第11章	地域の気候予測

2 メタンの濃度変化

- 大気中のメタン濃度は工業化以前は約715ppb、1990年代はじめには1732ppbに増加、2005年には1774ppbと増加率は鈍化した。(ppb：10億分の1)
- メタンの濃度増加は、農業や化石燃料使用といった人間活動による可能性がかなり高い。(可能性がかなり高い：発生確率が90%以上の意味)

3 一酸化二窒素の濃度化

- 一酸化二窒素の濃度は工業化以前は約270ppb、2005年には319ppbに増加した。この総排出量の1/3は人為起源によるものである。

4 放射強制力^{注2}

- 二酸化炭素の放射強制力は1995年～2005年間に20%に増加した。これは過去200年間のどの10年間に比べても最大の増加である。

観測結果：気候変化

1 気候システムにおいて温暖化が起こっていると断定。

2 20世紀後半の北半球の平均気温は、過去1300年間で最も高温で、最近12年(1995～2006年)のうち1996年を除く11年は世界の地上気温が、1850年以降で最も温暖な年に入る(図1)。

3 最近50年間の増加傾向(1.3℃/100年)は、過去100年間(0.74℃/100年)のほぼ2倍になっている(図1)。

4 過去100年に、世界平均気温が長期的に0.74℃(1906～2005年)上昇。これは第3次報告書の0.6℃(1901～2000年)よりも大きい。

5 世界平均海面水位は1.8mm/年(1961～2003年)で上昇。特に1993年～2003年での上昇率は3.1mm/年とさらに大きくなっている。

6 南北両半球において、山岳氷河と雪氷域は後退している。

7 北極の平均気温は、過去100年間で世界平

注2 放射強制力 気候学における用語。温室効果ガスなどにより、放射のやりとりのバランスを変える働きをあらわす量 (W/m²)。正の値は気温を上げ、負の値は気温を下げる。

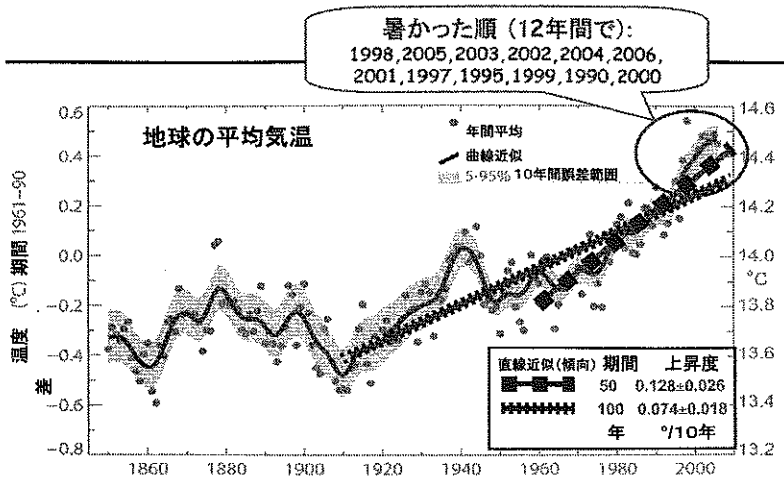


図1 1850年以降で最も気温の高い12年

出典：IPCC (2007)「第1作業部会第4次評価報告書」より作成

均上昇率のほぼ2倍の速さで上昇し、海水や積雪面積が減少している。

- 8 寒い日、寒い夜及び霜が降りる日の減少する一方で、暑い日、暑い夜及び熱波の発生は増加している。
- 9 1970年以降、熱帯・亜熱帯地域の干ばつ地域が拡大し、その激しさと期間も増加している。
- 10 ほとんどの地域で大雨の頻度が増加している。
- 11 北大西洋の熱帯低気圧の強度が増した。ただし熱帯低気圧の発生数についてははっきりとした傾向は見られない。
- 12 日本の気温上昇は1.0°C/100年で、全球平均値0.7°C/100年よりも大きくなっている(この点について鬼頭さんは、全球平均が陸上気温と海面水温の平均値を取っているのに対し、日本の場合は陸地のみ気温を取っているためか、あるいは高緯度地域の方が気温上昇が大きいという理由からではないかとコメントされました)。

古気候：原因特定

- 1 20世紀後半の50年間の北半球の気温は、過去500年間のどの50年よりも高かった可能性がかなり高い。また少なくとも過去1300年間

で最も高温であった可能性が高い(可能性が高い：発生確率が66%を越えるという意味)。

- 2 最後の間氷期(約125,000年前)の世界海面水位は、20世紀に比べて4~6m高かった可能性が高い。これは主に極域の氷の後退によるものであり、氷床コアのデータからその時期の極域の平均気温は、現在より3~5°C高かったことが示さ

れている。

- 3 20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性がかなり高い。

→この部分は、第3次評価報告書での「過去50年間に観測された温暖化の大部分は、温室効果ガス濃度の増加によるものであった可能性が高い」という結論をさらに進めたもので、温暖化が人為的な影響によるものであるという確証に近い表現になっている点が大きいといえます。

それを裏付けるものとして、図2において、全世界、陸域、海域いずれのグラフを見ても、自然起源の放射強制力のみを考慮した気候モデル(濃い帯の部分)が、実際に観測されたデータ(実線)と1950年以降大きくズレを生じているのに対して、自然起源と人為起源の双方の放射強制力を考慮に入れた気候モデル(薄い帯の部分)の方はほぼ一致した傾向を示していることが見てとれます。

将来の気候変化の予測

- 1 1980年~1999年に比べ、21世紀末(2090年~2099年)の平均気温上昇は、温室効果ガスの排出を抑えた環境型のB1シナリオ(環境

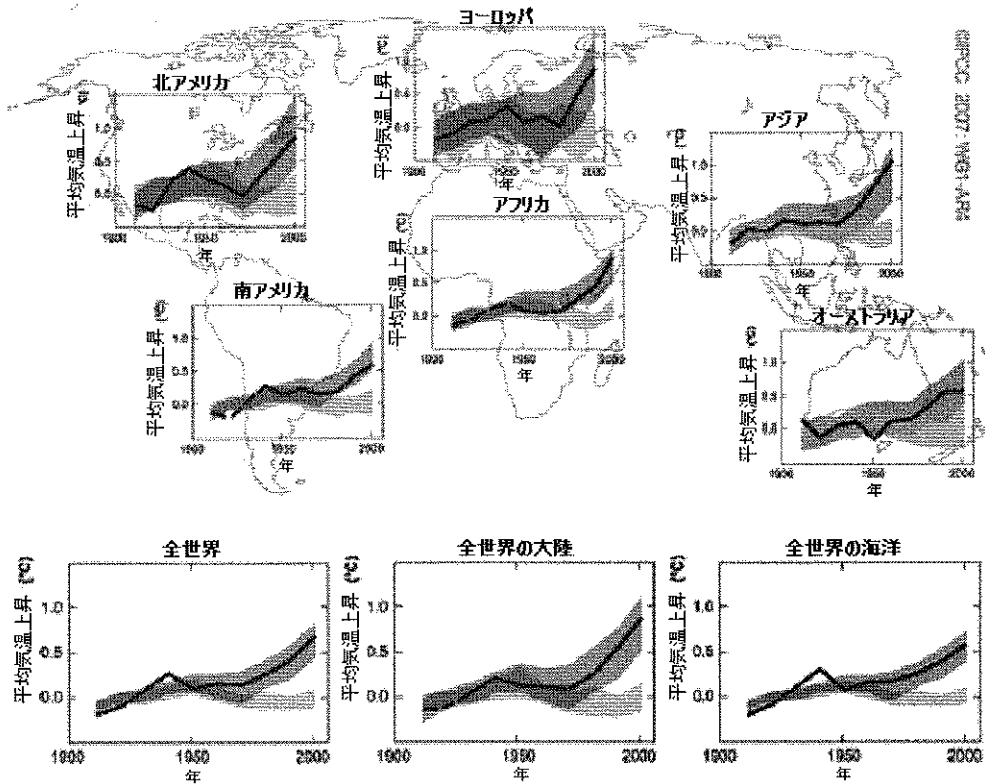


図2 観測された大陸規模及び世界規模の地上気温の変化と自然起源及び人為起源の放射強制力を用いた気候モデルによるシミュレーションの比較

出典：IPCC (2007)『第1作業部会第4次評価報告書』より作成

保全と経済の発展が地球規模で両立する社会)では、約1.8℃(可能性の高い予測幅：1.1～2.9℃)で、温室効果ガスの排出が最も多いA1FIシナリオ(化石エネルギー源を重視しつつ、高い経済成長を実践する社会)では約4.0℃(可能性の高い予測幅：2.4～6.4℃)と予測される。

⇒第3次評価報告書ではシナリオを区別せず1.4～5.8℃と予測しているのに対して、第4次評価報告書ではシナリオごとの最良の見積もりと、可能性が高い予測幅が示されている。

2 1980年～1999年に比べ、21世紀末(2090年～2099年)の平均海面水位上昇は、B1シナリオでは18～38mm/年であるが、A1FIシナリオでは26～59mm/年と予測される。

⇒海面水位の予測幅は、第3次評価報告書の予測幅(1990～2100年で9～88mm/年)に比べ

縮小しています。これは海洋中への熱の取り込み評価の精度が向上したためだそうです。

このほかの定性的な影響予測を以下の表にまとめました(表2)。

さらに今回新しい見解として次のようなものが出されています。

- 3 近未来予測として、2030年までの今後20年間は、どの排出シナリオでも、10年当たり0.2℃の割合で気温が上昇すると予測される。
⇒今回2030年という近未来の予測がされたのは初めてで、どのようなシナリオ(対策)をとっても2030年まではその成果が現れず増加し続け、対策の成果が現れるのは2030年以降であることが示されました。
- 4 積雪面積や極地の海水は減少し、北極海の晩夏の海水が、21世紀後半までにはほぼ完全に消滅するとの予測もある。

表2 極端な気象現象のうち20世紀後半の観測から変化傾向が見られたものの最近の傾向、その傾向に対する人間活動の影響評価、及び予測

現象及び傾向	20世紀後半（主に1960年以降）に起こった可能性	観測された傾向に対する人間活動の寄与の可能性	SRESシナリオを用いた21世紀の予測に基づく傾向の継続の可能性
ほとんどの陸域で寒い日や夜の減少と昇温	可能性がかなり高い	可能性が高い	ほぼ確実
ほとんどの陸域で暑い日や夜の頻度の増加と昇温	可能性がかなり高い	可能性が高い（夜）	ほぼ確実
ほとんどの陸域で継続的な高温/熱波の頻度の増加	可能性が高い	どちらかといえば	可能性がかなり高い
ほとんどの地域で大雨の頻度（もしくは総降水量に占める大雨による降水量の割合）の増加	可能性が高い	どちらかといえば	可能性がかなり高い
干ばつの影響を受ける地域の増加	多くの地域で1970年代以降可能性が高い	どちらかといえば	可能性が高い
強い熱帯低気圧の活動度の増加	いくつかの地域で1970年代以降可能性が高い	どちらかといえば	可能性が高い
高潮の発生の増加（津波を含まない）	可能性が高い	どちらかといえば	可能性が高い

出典：IPCC (2007)『第1作業部会第4次評価報告書』より作成

⇒「予測もある」という表現になっているのは、モデルによって消滅の予測が出ているものがあるという意味だそうです。

5 大気中の二酸化炭素濃度上昇により、海洋の酸性化が進むと予測される

⇒海洋の酸性化は、海洋生物に多大な影響を与えると予測されています。最近の研究でもサンゴや魚類やクジラなどのえさになる動物プランクトンのうち 翼足類の殻の溶解が進んでいると警告しています。

6 温暖化により、大気中の二酸化炭素の陸地と海洋への取り込みが減少するため、人為起源の排出の、大気中への残留分が増加する傾向があると予測される。例えば、A2シナリオ（経済の成長も環境への関心も低く、人口増加を続ける地域的な社会）では、気候-炭素循環のフィードバックにより、2100年には世界平均気温はさらに1℃以上上昇すると予測される。

⇒この炭素循環のフィードバックは地球温暖化の進行をより早めます。また今回出された平均気温上昇の予測幅が、第3次評価報告書

に比べ大きくなっているのは、より広範なモデルを用いたためと、この気候-炭素循環のフィードバックの過程を考慮したことによるそうです。

7 気候に関する諸過程や前述のフィードバックなど、時間スケールに関連した要因により、たとえ温室効果ガス濃度が安定化したとしても、数世紀にわたって人為起源の温暖化や海面水位上昇が続くと予測される。（図3）⇒グラフから、50%の確率で3℃の上昇にくい止めるためには二酸化炭素の濃度レベルをおよそ55ppmvにしなければならぬと読めます。また3℃に、より安定化しようとするためには、さらに濃度を下げる必要があることがわかります。

まとめ

今回の報告書のポイントはまず、温暖化は明らかに起こっており、その原因が人為起源による温室効果ガスの増加であるとほぼ断定した点にあると思います。またどのようなシナリオ下

ミニ
コラム

気象庁における日本の予測

ここで少し、気象庁が出している、日本におけるいくつかの気候予測を鬼頭さんの講演から挙げてみます。

まず積雪の変化については、全体的な積雪水量は日本のほぼ全域で減少し、特に減少が大きくなるのが豪雪地帯のようです。また積雪水量の変化率については、寒冷地での割合はさほどではないものの、あまり積雪を見ないところでは雪が降らないという傾向が顕著に出ています。

また梅雨期の平均降水量は、北日本で減少するほかは増加傾向にあります。特に九州での増加率は約30%にもなっています。さらに強雨^{注3}の頻度で見ると、全ての地域で約30~40%の増加になり、九州地域での増加率は何と70%にもなると予測されています。

そしてこのような台風や集中豪雨^{注4}といった現象は、非常に局所的な現象であるため、これまでの低解像度モデルの大きな格子の中では、平均化されて消えてしまうことがありました。そこで気象庁ではこれまで用いていた280kmのモデル格子から、20kmの高解像度モデル格子を用いることによって、このような降水に関する極端現象をより正確に予測することができるようになりました。そして第4次評価報告書の発表にともなって、温暖化による日本への影響の具体的な評価がこの4月から始まりました。

主な参考資料

- 気候変動問題研究会 「IPCC第4次評価報告書 加速する地球温暖化—科学者からの警告—」資料
- IPCC第4次評価報告書 <http://www.joccc.ch>
- 日本気象学会誌『天気』「IPCC第1作業部会第4次評価報告書の現状」

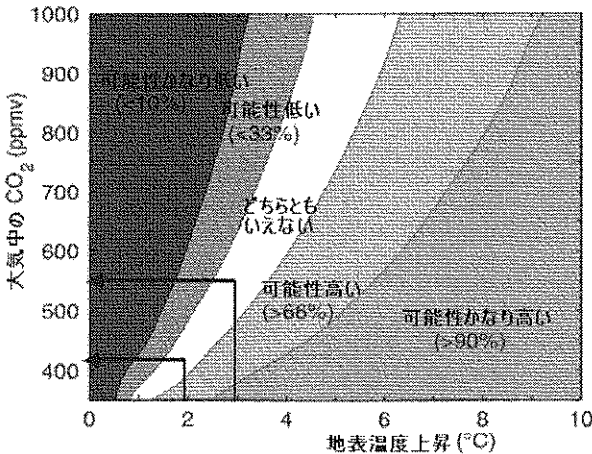


図3 CO2安定化レベルと気温変化の確率分布

出典：IPCC (2007)『第1作業部会第4次評価報告書』より作成

でも今後20年間に、10年当たり約0.2℃の割合で気温が上昇するという、近未来予測がされたことも新しい見解として注目すべき点だと思います。さらに気象研究における超高解像度モデルの導入によって台風の解析や集中豪雨などの降水量予測といった地域的な予測も可能になりました。このように技術的進歩によって温暖化の科学的根拠はより確かなものになったと言えます。

しかしその一方でIPCCの第1作業部会は自然科学的根拠といった科学的報告書でありながら、その発表のぎりぎりまで、表現の一言一句に関して、各国の政府の政治的な攻防が飛び交っていたことも確かです。しかしこのことは裏返せば、IPCCの持つ「影響力の大きさ」を示しているものとも言えます。そして政策決定者も含め私たち全てが、この科学的根拠の裏づけを理解し、この結果を温暖化対策を進める拠り所としていくべきではないでしょうか。

次回の特集は「第2作業部会：影響、適応、脆弱性」の報告をいたします。

注3 強雨とは短時間（1~3時程度）に激しく降る雨で、気象庁では1時間に20~30ミリの雨を「強い雨」としています。これに対して大雨は持続的で延べ雨量の多いものをさします。

注4 集中豪雨とは比較的短時間に狭い地域で多量に降る雨のこと。ただしその範囲や1時間当たり何ミリといった明確な定義はありません。