

気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC)は、2013年秋から、第5次評価報告書(the Fifth Assessment Report of IPCC : AR5)の第1作業部会の、政策決定者向け要約(Summary for Policymakers : SPM)と本報告書を順次発表しました*1。これは前回の第4次評価報告書(the Fourth Assessment Report of IPCC : AR4)が発表されてから6年ぶりとなります。

今回はこのAR5第1作業部会のSPMを中心に、前回のAR4との違いも示しながらまとめていきたいと思います。

【AR5第1作業部会報告書の特徴】

AR5第1作業部会の本報告書は800人を超える執筆者が参加し、4年の歳月をかけて、14章約2000ページにのぼるものになっています。14章のうち、AR4から新たに、7章 雲とエアロゾル、11章 近未来気候変動：予測と予測可能性、13章 海面水位の変化の3つの章が追加されています。これはその理解や予測の精度が進んだことなどによります。また今回AR4から変わった点がいくつかあります。まず、将来予測をする際のシナリオが変更され、第2 第3作業部会の緩和策や適応策との関連がより図れるようになりました。

もう一つは基準年の変更があります。現在の温暖化の程度を知るためには、温暖化が起こる前の基準年のデータが必要です。これまでは工業化以前(1750年)がよく使われていましたが、今回AR5では計器測定ができるようになった1850～1900年の平均値を基準にしています*2。将来予測についても、1986～2005年の20年平均を基準にして、21世紀末(2081～2100年)がどうなるかの予測がされています*3。

また今回の将来予測は今世紀末だけでなく、30年程度先の近未来予測(2016～2035年)と長期予測(2100～2300年)も行っています。

コラム：「可能性」と「確信度」

IPCCではさまざまな評価結果について、「可能性」と「確信度」という2つの手法を用いて示されています。

「可能性」とは、はっきり定義できる事象、あるいは将来起こる事象について、それが起こる発生確率(%)の形で以下のように示されます。

「確信度」は「証拠」と「見解の一致度」の程度によって決まります。「証拠」については、「限ら

れた」「中程度の」「強固な」と3段階に、「見解の一致度」についても「低い」「中程度の」「高い」と3段階に分けられています。そして、図にある9つの区分のうち、色分けした5つの区分について、それぞれ「非常に高い」「高い」「中程度の」「低い」「非常に低い」「確信度」の5つの基準が設けられています。

表1 可能性と確信度

用語	発生確率
ほぼ確実	99～100%
可能性が極めて高い	95～100%
可能性が非常に高い	90～100%
可能性が高い	66～100%
どちらかと言えば	50～100%
どちらも同程度	33～66%
可能性が低い	0～30%

出所：AR5/WG1/SPM よりCASA作成



	確信度
Dark Blue	非常に高い
Medium Blue	高い
Dark Cyan	中程度
Light Cyan	低い
Light Grey	非常に低い

【観測事実からわかった変化】

観測事実から、温暖化していることは疑う余地がないとし、大気と海洋は温暖化し、雪氷量は減少し、海面水位は上昇し、温室効果ガス濃度は増加している。

大気の温暖化

- ・1880～2012年の間に世界平均気温は0.85℃上昇した(図1左)。
- ・最近30年の、各10年平均気温は、1850年以降のどの10年平均よりも高温であった(図1右)。

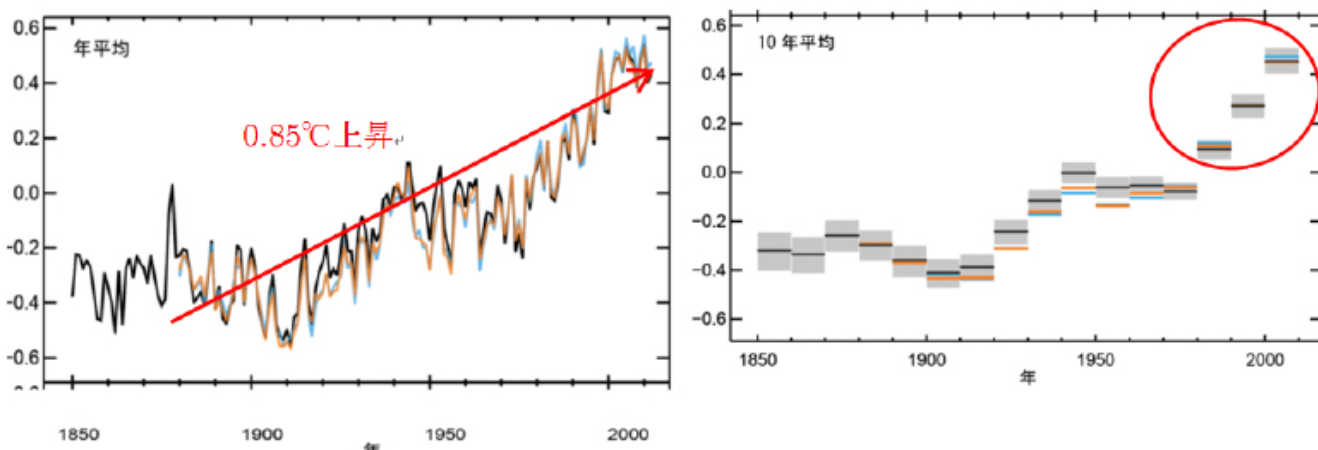


図1 観測された世界平均地上気温(陸域+海上)の偏差 出所:AR5/WG1/SPM

海洋の温暖化

- ・世界平均海面水位は1901～2010年に、0.19(0.17～0.21)m上昇した。
- ・海洋にエネルギーが蓄積され続けて、温暖化している。
2010年までの40年間に蓄積されたエネルギーの90%以上を海洋が蓄積している(高い確信度)。
- ・海洋の深層(水深3000m～海底)でも温暖化している(66～100%)。(新見解)

雪氷量の減少

- ・グリーンランドや南極の氷床の質量は減少し、氷河は世界中で縮小し続けている。
- ・北極域の海水面積、北半球の春季の積雪面積が減少している。

海面水位の上昇

- ・海面水位の上昇率(19世紀半ば以降)は、2000年間で最も大きかった(高い確信度)。(新見解)
- ・海洋は人為起源の二酸化炭素(CO₂)の約30%を吸収し、酸性化している。

海面におけるpH^{*4}は、工業化以降0.1低下しており、これは水素イオン濃度で26%の増加になる。(高い確信度)

温室効果ガス濃度

- ・大気中のCO₂濃度391ppm(工業化以前より40%増加)、メタン(CH₄)濃度1803ppb(同比150%増加)、一酸化二窒素(N₂O)濃度324ppb(同比20%増加)はいずれも過去80万年間で前例のないレベルに増加している。
- ・CO₂は、化石燃料消費(27%)、土地利用変化(13%)による排出で、工業化以前から40%増加している。

*1 政策決定者向け要約(SPM)気象庁訳 http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wg1_spm_jpn.pdf

本報告書(英語)<http://www.climatechange2013.org/>

*2 1750年の工業化以前の標準年の気温は、この1850～1900年の平均でほぼ近似されます。

*3 このAR5の2つの基準年の間で、すでに0.6fCの気温上昇が起こっています。工業化が始まってから、将来どのくらい気温上昇するかを見る場合には、将来予測の値にこの0.6fCを加算する必要があります。

このように平均気温、海面水位、温室効果ガス濃度の上昇は、特に20世紀に入って急激になっています。またこのほかに、暑い日や暑い夜の増加、寒い日や寒い夜の減少、熱波の発生の増加や降水の変化と言った気候の極端現象にも変化が現れてきています。この観測事実に基づく温暖化の傾向についてはAR4と同様「疑う余地はない」としていますが、データ量およびその確信度はこれまでよりも進んでいます。

AR4では1906～2005年までの100年間で0.74℃上昇していました。今回のAR5では1901～2012年の100年平均は0.79℃となり、上昇幅が大きくなっています。

海洋は多くの熱エネルギーを吸収していますが、そのうち海洋の表層(0～700m)で60%以上、それ以深で約30%が蓄積され、そのため海面付近の水温上昇が大きく、水深75mまでは10年あたり0.11℃も上昇しています。

海面水位については、それぞれ1901年、1971年、1993年から2010年までの1年あたりの上昇率をみると、1.7mm、2.0mm、3.2mmと年を追うごとにその上昇率が大きくなってきています。

温室効果ガス濃度の上昇についても、1950年代は1年あたりの増加率が0.7ppmだったものが最近の10年は2.1ppmと大きく増加しています。

【温暖化の原因】

20世紀半ば以降に観測された温暖化の主な要因が人間活動であった可能性が極めて高く(95～100%)その中でも最大の寄与をしているのは、1750年以降の大気中のCO₂濃度の増加である。

・1951～2010年の世界平均気温上昇の半分以上は、温室効果ガス濃度の人為的な増加などによって引き起こされてきた。

一般的に気候を変化させる要因は、太陽放射や火山活動といった自然起源によるものと、化石燃料消費や森林伐採といった人為起源によるものの2つに分けられます。現在では過去の観測された温暖化のうち、これらがそれぞれどの程度温暖化に寄与したかを見積もることができます。

その結果、温暖化の主要な原因が人間活動による可能性が極めて高い(95～100%)と評価しています。これはAR4での可能性がかなり高い(90%以上)という表現に比べ、より踏み込んだ表現になっています。温暖化の原因は、これまでに観測された平均気温や海水温、海面水位の上昇から、私たち人間活動によってもたらされたものであるとほぼ断定されたと言ってよいと思います。

コラム：最近の気温上昇がそれほどでもない理由

最近(1998～2012年)の平均気温はそれほど上昇していないのでは?という声を聞きます。温暖化懐疑論の中には、温暖化は止まったと主張する論者もいます。確かにこの期間の10年あたりの昇温は0.05℃と、これまで(1951～2012年)の0.12℃よりもかなり小さくなっています。

AR5では、この要因についても記述がされています。強いエルニーニョ現象や10年規模の自然変

動、海洋深層の熱吸収などが主な要因で、また火山の噴火や太陽活動の低下などもわずかながら影響していたとしています。そしてこのような短期の変化傾向は長期間の変化傾向を反映しないとしています。一方、気温上昇以外の北極の海水面積の減少や、海水温上昇や海面水位の上昇は続いています。つまり短い期間に気温上昇率が小さくなったからと言って、温暖化は起こっていない、あるいは止まったという判断をすることはできません。

*4 pHは水素イオン(H⁺)濃度を示す指標で、pH7が中性。数字が7より大きいとアルカリ性、7より小さいと酸性になります。ただ海洋の場合、酸性化と言っても酸性になることはなく、アルカリ性が弱まる(中性に近づく)ことを意味します。またpHは対数表示のため、例えばpH0.4の低下で、水素イオン濃度は約2.5倍になります。

【将来予測で使われる新しいシナリオ】

今回のAR5の将来予測において、これまでと大きく違う点は、予測シナリオの変更です。

AR4では、まず6つ(A1FI、A1B、A1T、A2、B1、B2)の社会経済システムのシナリオ (SRES)が考えられ、そのシナリオを基に二酸化炭素(CO₂)などの温室効果ガスの排出量やそれに伴う気温上昇予測を行っていました。そしてその結果もたらされる影響およびそれに対する対策が考えられてきました。

AR5の新しいシナリオでは放射強制力^{*5}の経路から、代表的な4つの経路 (Representative Concentration Pathways : RCP)を選んで、それぞれの将来の気候を予測しています。具体的には、RCP8.5、RCP6.0、RCP4.5、RCP2.6の4つで、RCPの後ろに記されている数字は、それぞれ工業化以前と比べて今世紀末に上昇する放射強制力の値になっています。RCP8.5シナリオは2100年以降も放射強制力の上昇が続く「高位参照シナリオ」、RCP2.6シナリオは2100年までにピークを迎えてその後減少する「低位安定化シナリオ」、そしてこの二つの間に、2100年以降に安定化する「高位安定化シナリオ」のRCP6.0と「中位安定化シナリオ」のRCP4.5が入っています。このうちRCP2.6シナリオは2℃に気温上昇を抑えるシナリオとして提供されています。

また今回使われているモデルには、土地利用変化といった炭素循環過程も含まれているため、たとえばあるRCP濃度シナリオを実現させるために、化石燃料起源のCO₂排出量をどのように減らすかといったシナリオや、また逆にCO₂排出シナリオから、その濃度シナリオを求めるといったことが可能になっています。

*5 1m²あたりの放射エネルギー(W/m²)の値で、気候を変化させる影響力の尺度として用いられます。CO₂濃度や太陽の活動などによって変化し、正の値が大きいほど温暖化の寄与が大きくなります(負の値は寒冷化)。

*6 AR5での予測については、特に明記がない限り、1986～2005年を基準として21世紀末(2081～2100年)について示されています。また今回の基準はAR4の基準(1980～1999年)に比べて0.1℃高くなっています。

【将来予測】

平均気温

・1986～2005年の平均を基準^{*6}とした、2081～2100年の平均気温上昇は、0.3～4.8℃の範囲になる可能性が高い(66～100%)。

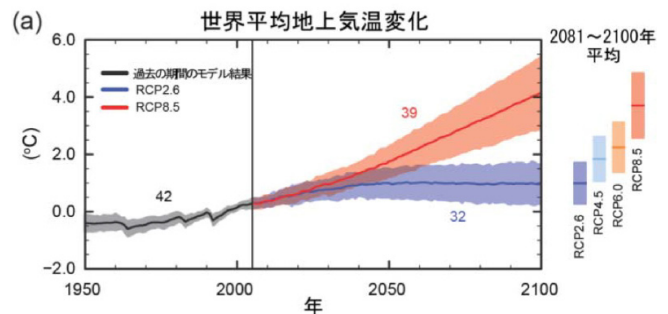


図2 1986～2005年を基準とした年平均地上気温変化
出所:AR5/WG1/SPM

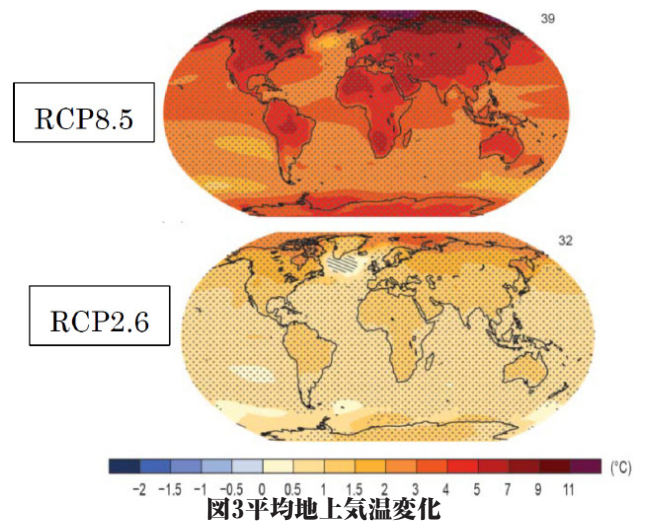


図3平均地上気温変化
(1986～2005年平均と2081～2100年平均の差)

RCP8.5シナリオで2.6～4.8℃、RCP2.6シナリオで0.3～1.7℃、となっていますが、図3からわかるように、気温上昇は一様ではなく、一般的には低緯度地域より高緯度地域の方が、海上よりも陸上の方が昇温は大きくなります。

降水量

・湿潤域と乾燥域、雨期と乾季の間の降水量の差異は増大していく。

温暖化が進むと、もともと降水量が多い中高緯度地域はより多く降るようになり、降水量の少ない亜熱帯地域ではさらに少なくなると予測されています。また気温上昇によって大気中の水蒸気量が増えるため雨の降り方も強くなると考えられます。

モンスーンについては、風は弱くなるものの、領域は拡大し、降水も強まり、モンスーン期も多くの地域で長期化する(66～100%)と予測しています。

海洋

- ・21世紀の間、海洋は昇温し続け、熱は海面から深層へ運ばれ、海洋循環に影響する。

海洋については、海面から深層に熱が運ばれるのに長い時間を要するため、仮に温室効果ガスの排出が止まっても海洋の温暖化は数世紀の間続くとされています。またこの熱の深層への沈み込みによって、海洋循環をつかさどる大西洋子午面循環^{*7}が弱まる可能性が非常に高くなる(90～100%)とも予測しています。

海面水位

- ・21世紀の間、海面水位は上昇し続け、上昇量は0.26～0.82mの範囲となる可能性が高い(66～100%)。

RCP2.6シナリオで0.26～0.55m、RCP8.5シナリオで0.45～0.82mとなっています(図3)。今回の予測はAR4に比べ氷床の力学的な流動プロセス^{*8}もモデルに含まれたことで、より予測の確信度は高くなっています。また海面上昇の主な原因は海水温上昇による熱膨張と氷河の融解になっています。

雪氷圏

- ・北極海の海水面積と厚さが減少し続ける(90～100%)。
- ・北半球の春季の積雪面積が減少する可能性も非常に高い(90～100%)。
- ・世界規模で氷河の体積もさらに縮小する(90～100%)。

北極海の海水面積は、一般的には、3～4月ごろに最大、9月に最少になります。RCP8.5シナリオでは今世紀中ごろまでに、9月の海水面積がほとんどなくなると予測しています。また氷河の体積については15%～85%の範囲の減少という予測がされています。

炭素循環

- ・気候と炭素循環のフィードバック^{*9}は21世紀に正であることから、大気中のCO₂の増加をさらに促進するような形で影響を与える(高い確信度)。

大気中のCO₂濃度の変化に対して、海洋や陸域の炭素収支を炭素循環と言います。現在大気中に排出されたCO₂のおよそ半分は海洋と陸域が吸収し、大気中のCO₂排出量増加とともに、海洋の吸収量も増加しています。しかし、海洋の吸収量は増加しているものの、その吸収効率は落ちてきており、その結果大気中のCO₂は増えていく(正のフィードバック)、つまりCO₂の増加がさらなる増加を招くという循環が起こると予測しています。またこの海洋のCO₂吸収量の増加によって酸性化がさらに進むとしています。

また温暖化によって、いくつかの極端現象の変化が表れてきていて、それらが人間活動による影響かどうかの評価もされてきています(表2)。例えばこれまで20年に一度の頻度で起こっていた極端な最大日降水量が、1°Cの気温上昇によって、14年に一度に縮まるという予測もされています。

**表2 気象および気候の極端現象
出所：AR5/WGI/SPMより作成**

現象及び傾向	20世紀後半に起きた可能性	人間活動の寄与の可能性	将来の傾向の可能性
寒い日と寒い夜の頻度減少	可能性が非常に高い	可能性が非常に高い	ほぼ確実
暑い日と暑い夜の頻度増加	可能性が非常に高い	可能性が非常に高い	ほぼ確実
熱波の頻度が増加	いくつかの地域で可能性が高い	可能性が高い	可能性が非常に高い
大雨の頻度が増加	増加地域が減少地域より多い可能性が高い	確信度が中程度	中緯度と熱帯湿潤域で可能性が非常に高い
干ばつの影響を受ける地域が増加	いくつかの地域で可能性が高い	確信度が低い	可能性が高い
強い熱帯低気圧の数が増加	確信度が低い	確信度が低い	どちらかといえば
高潮の発生が増加	可能性が高い	可能性が高い	可能性が非常に高い

*7 北大西洋高緯度において北から南に子午面に沿って移動する循環で、全球規模の海洋循環を担う循環の一つで、世界各地の気候を決定する大きな要因になっています。

*8 温暖化で氷の表面が融けてその水が氷床内の割れ目などに流れ込み、地表と氷の隙間に入った場合、水が潤滑油の働きをして上の氷が滑って動き、海に流れ出すという過程をさします。

【温暖化の抑制】

気候の安定化

- ・CO₂の累積排出量と平均気温上昇はほぼ比例関係にある。
- ・気候変動のほとんどの状況は、CO₂排出が停止しても何世紀にもわたって持続する。
- ・気候変動を抑制するには、温室効果ガスの大幅かつ持続的な削減が必要である。

これはAR5での新見解で、このことにより、CO₂累積排出量から将来の気温上昇量が、また気温上昇量からその時のCO₂累積排出量がそれぞれ予測できるようになりました(図4)。

ただCO₂の排出を完全に停止しても、気温上昇は数世紀にわたって続き、海洋の温暖化は、深層への沈み込みにさらに時間がかかるため、それ以上に継続するだろうとしています。

気温上昇を2C未満に抑えるためには

- ・工業化前(1861～1880年)からの平均気温上昇を、66%以上の確率で2C未満に抑えるためには累積CO₂排出量を2900Gt*¹⁰以下にする必要がある。
- 2011年までにすでに1890Gtが排出されている。

2C未満の上限である累積排出量2900Gtのうち、すでに1890Gtが排出されていることから、残りは約1000Gtということになります。一方現在世界から年間約35Gtが排出されているため、このままいくとおよそ30年足らずでこの2900Gtを超えてしまう計算になります。

例えばもし私たちが今以上にCO₂を排出した場合、30年はさらに短くなり、2C未満に抑制するためには、短期間で大幅な削減が求められることとなります。このようにCO₂の総排出量によって、将来の気温が決まるという今回の見解は、私たちの目標設定を容易にし、そのための様々なパスを考える上でもとても重要なものだといえます。

今回の第1作業部会の結果は、温暖化は間違いなく起こっており、そのスピードは近年さらに加速してきているとしています。さらに平均気温の上昇を2C未満に抑制するための時間もあまり残されていないことから、早急に温室効果ガスの大幅削減が求められており、そのためにも現在行われている国際交渉を加速させる必要があります。

2C未満に抑制するための時間もあまり残されていないことから、早急に温室効果ガスの大幅削減が求められており、そのためにも現在行われている国際交渉を加速させる必要があります。

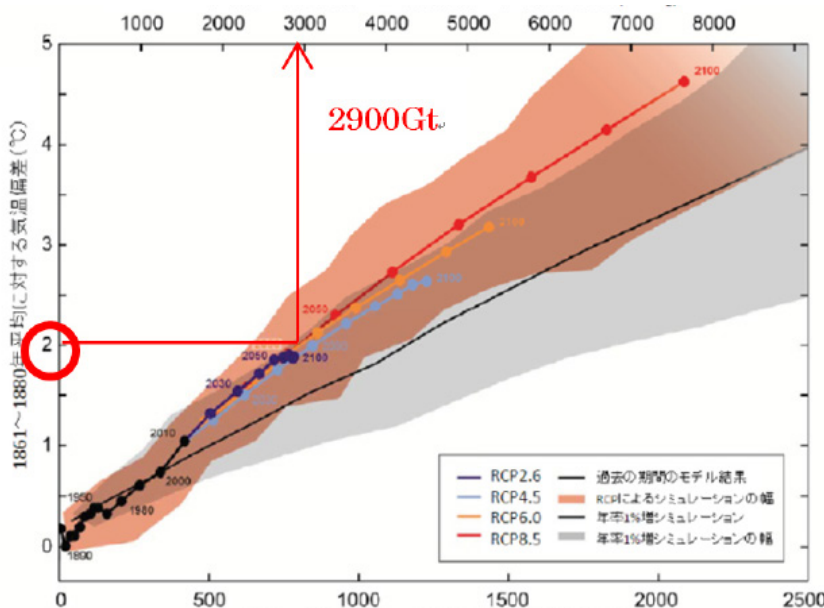


図4 1870年以降の人為起源のCO₂の累積総排出量 (GtCO₂) 出所：AR5/WG1/SPM

CO ₂ 排出量	
2C目標までの総排出量	2900Gt
2011年までの排出量	- 1890Gt
残された排出量	1010Gt
2012年のCO ₂ 排出量	35GtC/年

*9 大気中のCO₂濃度変化に対して、海洋や陸域の炭素の収支が変化します。その結果大気の変化を加速する(正)、あるいは抑制する(負)作用をさします。

*10 1Gt(ギガトン) = 10億トン