



IPCC 第 6 次評価報告書

— 気候の変化 —

8月9日に公表された第6次評価報告書第I作業部会報告書（自然科学的根拠）の第2章を中心に気候変化について紹介します。

すでに、LetterNO.4でSSP5-8.5シナリオでは、1850年～1900年の平均値に比べて2300年には最大15°C上昇し、約5600万年前の始新世の気温とほぼ同じになる予測がされている事を紹介しました。今回は、それに加えて、温室効果ガスの主体である二酸化炭素濃度の変化と平均海面変動を同時に図1に示します。先ず昇温量ですが、中図のSSP5-8.5シナリオの2300年の中央値は約9.7°Cで、最小値は約6.5°Cになっています。しかし、いずれも人類にとって未経験の環境になる事は間違いありません。上図の温室効果ガスである二酸化炭素濃度は2300年に約2100ppmとなって、産業革命以前の濃度280ppmの7.5倍になる事が予測されています。こうした状況を最もよく反映するのが海面上昇です。下図では平均海面の変動が、2300年には最大7.5m、最少1.8m上昇することが予測されています。気温などの要素に比べて変動幅が大きくなっています。これは、各モデルのFeedback効果が異なっているためと考えられます。Letter NO.2でTipping pointのお話をしましたが、大陸氷河などが温暖化で融解すると、さらにアルベド効果が働き、受け取る

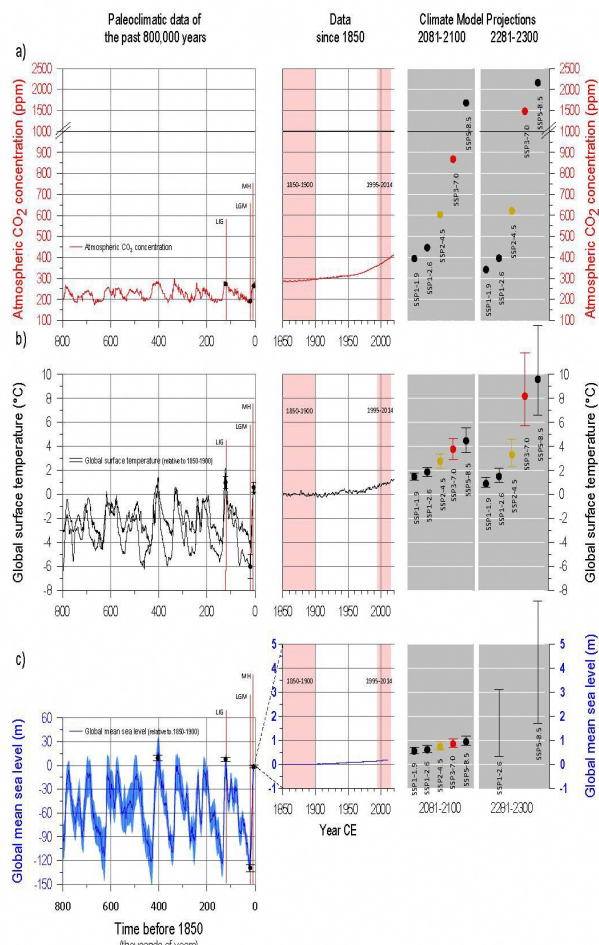


図1 二酸化炭素濃度（上図）、地上気温（中図）、平均海面（下図）の80万年前から2300年までの変動

放射量が増加し、気温が上昇し、さらに融解して氷河がなくなるまで戻ることがないことをお話ししました。各モデルがどのようにこうした効果をパラメタライズするかによって予測が異なり、変動幅が大きくなっていると考えられます。

次にこの気温の変化傾向を空間的にみてみましょう。図2に1900年から1980年までと1981

Warming accelerated after the 1970s, but not all regions are warming equally

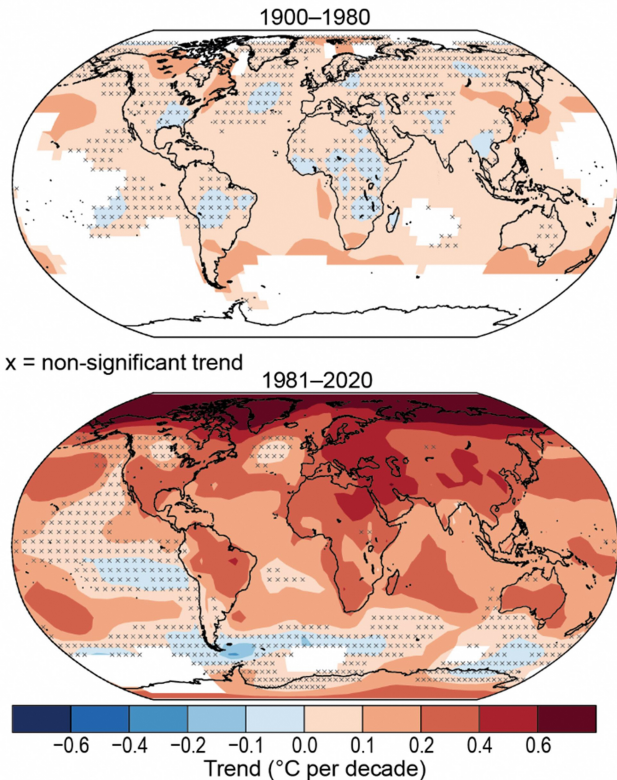


図2 1900年～1980年(上図), 1981年～2020年(下図)の10年間あたりの気温上昇量の分布
X印はデータ不足等で変化傾向が不明な地域を示す。

年から2020年までの10年間当たりの気温上昇量の分布図を示します。1970年代以降温暖化は加速していますが、すべての地域で均質に温暖化しているわけではありません。これは季節によっても同じことが考えられます。1980年までは陸域でも低温化傾向を示す地域が認められますが、1981年以降では南極大陸の一部を除いて、全ての陸域で温暖化の傾向を示し、その傾向も1980年までの昇温量に比べて圧倒的に大きく、特に北極域では3倍以上に達していることが分かります。北極域で特に温暖化が大きくなることは、今回ノーベル物理学賞を受賞した真鍋淑郎さんの1975年の論文で示されています。

陸域と海洋での温暖化の差異も大変重要な課題です。図3に陸域と海洋とに区分して求めた気温上昇量の変化を示します。1850年から

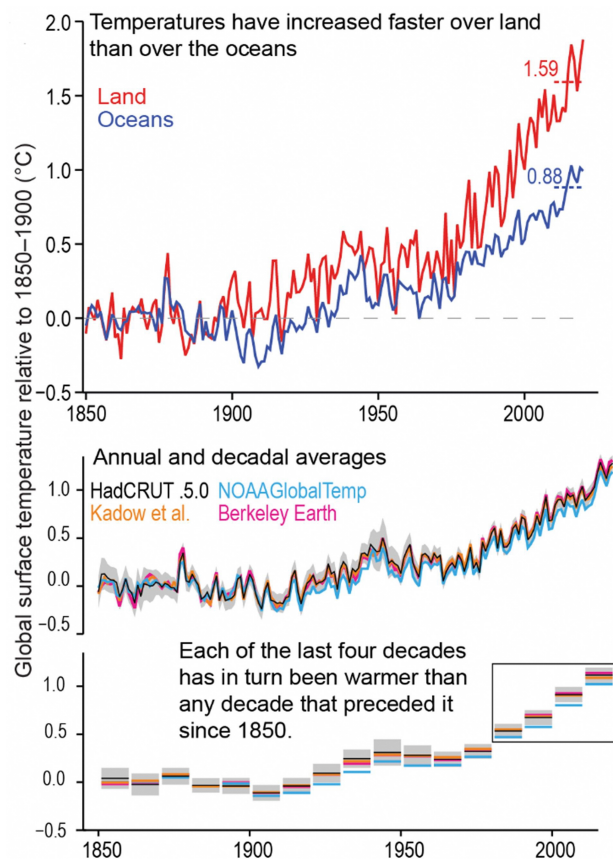


図3 陸域(赤線)と海洋(青線)の温度上昇量の変化(上図)と4つの気温のデータセットの年上昇量変動(中図), 10年平均気温上昇量の変動(下図)

1900年の平均値に対して、近年10年間の陸域の気温上昇量はすでにパリ協定の1.5°Cを上回り、1.59°Cになっているのが分かります。これに対して海洋上の気温上昇量は0.88°Cとなっています。陸域と海洋の面積比は3:7ですからglobalな気温上昇量という観点からは、まだ時間があるといえますが、生活空間としては1.5°Cを超えているのです。福島県では福島市にある福島気象台の観測記録が1890年から今日までありますが、1901年から2020年まで平均気温の上昇は100年間で1.68°Cとなっており、さらに大きい昇温量を示しています。

こうした気温変動は、他の気象要素にも影響します。豪雨は温暖化で大気中の水蒸気量が増加したので発生すると言われますが、豪雨発生周辺では当然水蒸気量が多く収束するため、収束量が増加したのか、水蒸気量が増加したのかは必ずしも明確ではありませんでした。今回の

レポートはこの点も明確な根拠を示しています。図4は global に平均した大気中の単位面積の気

Changes in global mean total column water vapour

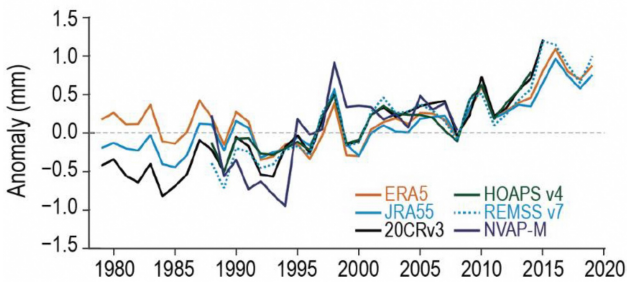


図4 水蒸気量の全球平均鉛直総和量の変化

柱に含まれる水蒸気量の変化を示したものです。6つのデータセットは1988年から2008年の期間をベースにその変化を示しています。特に温暖化が急速に進行した1995年から2020年にかけて1mmの水蒸気量が増加していることが示されています。気温の上昇が飽和蒸気圧を大きくし、水蒸気を平均的に多く含む大気になっていることが明確になっています。しかし、世界の平均降水量が880mm、その1mmの増加がこれほど多くの豪雨をもたらすとは考えにくいのが現状です。図5は陸域の降水量の全球平均の年変

Global land precipitation anomalies (1891–2019)

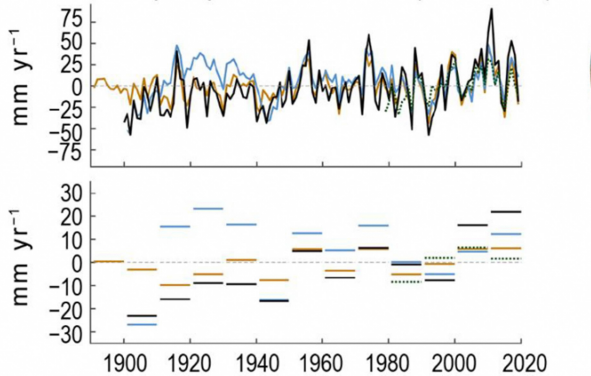


図5 陸域の全球平均年降水量の変化(上図)と2.3 10年平均変化(下図) 線の色は各データセットに対応している。

化と10年平均変化を示したものです。確かに1990年以降増加傾向が顕著で、1988年から2008年までの平均値に対して各データセットで差はあるものの、年間25mmほど増加しているのが分かります。また、降水量から蒸発量を差し引いた値が水資源量になります。その変動の

空間分布を図6に示します。これは1980年から2019年までの変化傾向ですが、緑の地域が

Spatial pattern of ERA5 P-E trends of 1980-2019

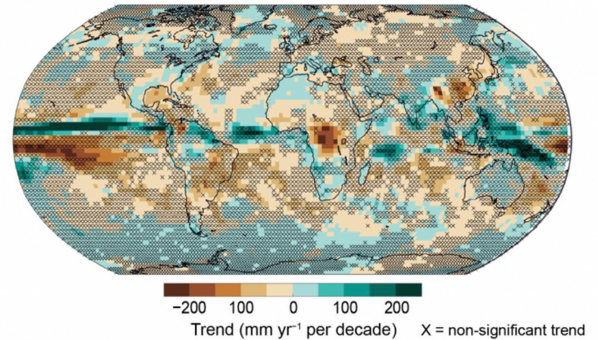


図6 水資源量の変動傾向

緑色域は増加域、茶色域は減少域、X印は不明域を示す。

増加傾向を示し、特に赤道付近では10年間で200mm以上の増加が示されています。一方、南アメリカ、中央アフリカ、東南アジアなどで10年で100mm以上の減少地域も出現しています。また、北緯60°付近に50mm~100mm程度の増加域も出現していますが、全体的に変化傾向が不明なX印域になっています。

こうした気温や降水量の変化は降雪量や積雪量にも影響します。図7は北半球の4月の積雪域の変化を示したものです。1920年から2020年までに、およそ3百万km²の減少がみられます。降雪域の減少は、水資源にも影響しますが、

Northern Hemisphere April Snow Cover Extent (SCE)

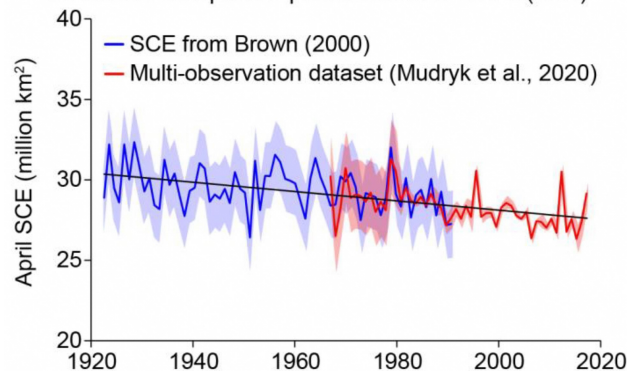


図7 北半球の4月の積雪域の変化

2つの論文データを繋いで作成しています。

アルbedo効果の減少で放射加熱量が増加すると、さらに温暖化するFeedback効果をもたらします。

また、温暖化に伴う顕著な現象の一つとして北極海の氷の厚さの変動を図 8 に示します。北

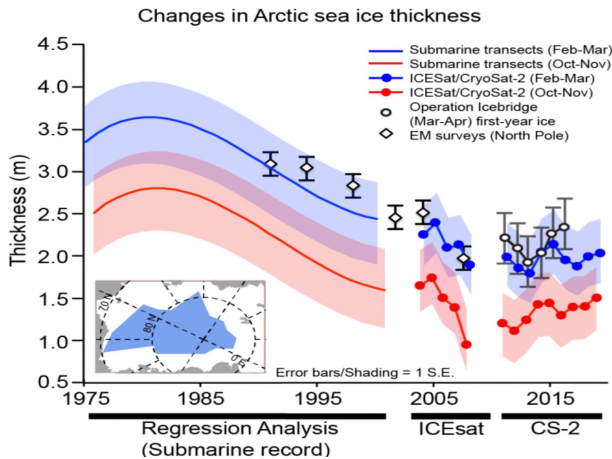


図 8 北極海の氷の厚さの変化
青色は 2 月から 3 月期、赤色が 10 月から 11 月期の厚さを示す。

極海の氷は気温が低下すると厚くなり、最も成長するのが 2 月から 3 月頃になります。また、薄くなるのは 10 月から 11 月頃で、両期間の 1975 年から 2019 年までの変化が示されています。いずれの期間でも最大 1.5m 程度の厚さの減少が確認できます。直接氷の厚さの減少はアルベドの変化に関与しませんが、氷域の面積が少なくなれば、アルベドが減少し、放射加熱量が増加し、さらに面積が縮小します。この Feedback 効果は北極海の氷が無くなるまで続きます。

温暖化に伴う海水の酸性化も重要な課題です。酸性化することで、サンゴなど海洋生物への影響が懸念されると同時に、海洋での二酸化炭素の吸収量が減少し、一層大気中の二酸化炭素が増加することも指摘されています。図 9 は 1985

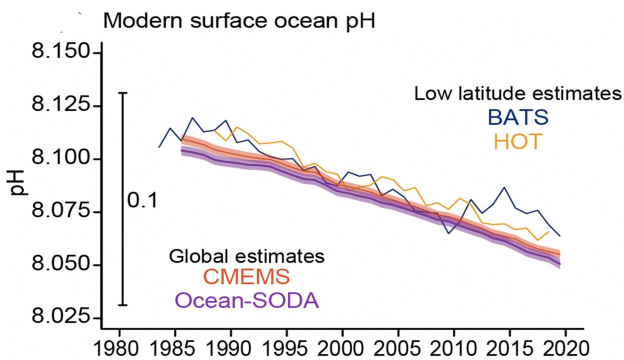


図 9 最近の海面表層の pH 変化
細線は低緯度の pH、太線は全球の pH を示す。

年から 2020 年までの推定される全球の pH 変化と低緯度での pH 変化を示しています。いずれの領域でも pH は低下傾向を示し、この 35 年間で pH は 0.05 減少しています。また、図 10 は 10 年あたりの塩分濃度の変化の空間分布を示

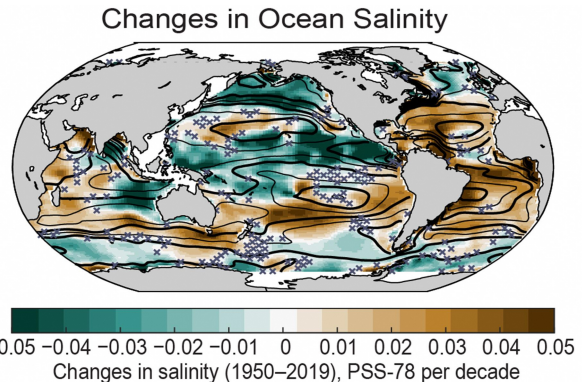


図 10 1950 年から 2019 年までの 10 年あたりの塩分濃度の空間分布
緑色域は減少域、茶色域は増加域、X 印は不明な領域を示す。

したものです。太平洋低緯度地帯で顕著な塩分濃度の低下が表れています。低緯度地域では日射量が多いため、海面からの蒸発量も多くなり、結果として塩分濃度は他地域に比べて高くなります。しかし、この領域で低下が顕著になっているのは降水量の増加と関連していると考えられます。さらに海洋の深層循環に大きく影響する高緯度でも塩分濃度の低下が示されています。深層循環は低緯度で蒸発し、相対的に重くなった海水が高緯度で沈降して作る深層での海水の流れで、これは南極大陸まで流れ、ペルー沖などで湧昇する海流です。エルニーニョ現象やラニーニャ現象とも関連しています。これらの現象はさらに雲の発達域や熱帯低気圧の発生域の変化をもたらします。

10 月 31 日から COP26 がイギリス・グラスゴーで開催されました。これまでに提出された温室効果ガス排出量ではパリ協定の実現は難しく、2.5°C 以上の昇温になってしまうことが明らかになっています。カーボンニュートラルが世界的に叫ばれながらも、その目標は決して温暖化を止める方向にはなっていません。未来のために、さらなる努力を続ける必要があります。