

平成24年度 気候変動の状況に関する調査委託

成果報告書

平成25年3月

公益財団法人東京都環境公社
東京都環境科学研究所

気候変動の状況に関する調査委託 成果報告書

目次

1. 気候変動（適応分野）関連動向の概況調査	1
1.1 気候変動の観測・監視状況	2
1.1.1 CO ₂ 濃度および排出量の観測	2
1.1.2 気温上昇の観測	4
1.1.3 海氷・陸氷の観測	5
1.1.4 永久凍土の観測	10
1.1.5 海洋酸性化の観測	11
1.1.6 熱波の観測	13
1.1.7 極端降水の観測	15
1.1.8 干ばつの観測	16
1.1.9 海面上昇の観測	17
1.1.10 熱帯低気圧の観測	19
1.2 気候変動予測	23
1.2.1 平均的な気象要素の変化	23
1.2.2 極端現象の変化	25
1.2.3 日本における気候変動予測	32
1.2.4 IPCC 第5次評価報告書に向けた新しい予測	38
1.3 気候変動影響評価	42
1.3.1 世界の気候変動影響	42
1.3.2 日本の気候変動影響	50
1.4 気候変動適応	53
1.4.1 世界での気候変動適応	53
1.4.2 先進国における気候変動適応	55
1.4.3 日本における気候変動適応	59
2. 極端現象または気候変動影響にかかる海外事例調査	60
2.1 調査の方針	60
2.1.1 調査対象の選定	60
2.1.2 調査項目	66
2.2 事例毎の調査結果	67
2.2.1 豪州干ばつ(2006)	67
2.2.2 豪州干ばつ(2008-2009)	71
2.2.3 豪州熱波、森林火災(2009)	74
2.2.4 米国干ばつ、森林火災(2006-2007)	79
2.2.5 地下水への塩水侵入(～現在)	84
2.2.6 ブラジル干ばつ(2005)	88

2.2.7	ハリケーン・サンディ(2012)	91
2.2.8	ハリケーン・カトリーナ(2005)	95
2.2.9	ハリケーン・アイク (2008)	99
2.2.10	サイクロン・ナルギス (2008)	102
2.2.11	サイクロン・カタリーナ (2004)	105
2.2.12	台風 RUSA (2002)	108
2.2.13	欧州洪水 (2010)	111
2.2.14	欧州洪水 (2002)	114
2.2.15	英国洪水(2007)	118
2.2.16	豪州洪水 (2010)	123
2.2.17	パキスタン水害(2010)	127
2.2.18	タイ洪水 (2011)	130
2.2.19	中国洪水(2010)	135
2.2.20	カナダ松くい虫被害(2006～)	139
2.2.21	豪州におけるサンゴ礁の破壊 (～現在)	142
2.2.22	動物の生息地域のシフト	145
2.2.23	米国干ばつ(2012)	148
2.2.24	米国干ばつ(2011)	151
2.2.25	農業適地の北方へのシフト (～現在)	155
2.2.26	欧州熱波、渇水 (2003)	159
2.2.27	ロシア熱波、森林火災 (2010)	163
2.2.28	デング熱の流行 (2006～現在)	167
2.2.29	海面上昇による居住地への影響 (～現在)	171
2.2.30	ハリケーン・ボファ (2012)	174
3.	先進的な自治体における適応計画・戦略等の海外事例調査	177
3.1	先進国大都市における適応計画	177
3.1.1	ニューヨーク	178
3.1.2	ロンドン	190
3.1.3	パリ	201
3.2	アジア都市における適応の取り組み	208
3.2.1	アジア都市における取り組みの概観	208
3.2.2	シンガポール	210
3.3	先進自治体の適応関連の取り組み (まとめ)	218
4.	気候変動関連の報道事例調査	221

1. 気候変動（適応分野）関連動向の概況調査

最新の気候変動影響及び適応の分野における科学的知見の動向を調査し、次に例示したような関連情報を整理する。さらに、わが国における科学的な気候変動予測および影響評価、適応のそれぞれに関連する有識者へのヒアリング等を実施し、最新の科学的知見（例：IPCC 第5次評価報告書の検討状況や学術論文等）の動向をフォローアップするものとする。

表 1-1 調査対象とする代表的な文献およびトピック

項目	文献の例	主要なトピック
気候変動の観測・監視	<ul style="list-style-type: none"> ■ IPCC 第4次評価報告書 (WG1, 2007) ■ 全世界でのCO₂、気温、北極海氷等の現時点での観測情報（～2013年3月） ■ 気象庁による日本の気候変動観測（気候変動監視レポート, 2012; 地球温暖化予測情報 第8巻, 2013） 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 既に観測されている気温上昇、豪雨頻度増加などの気候変動影響 ■ 北極の海氷減少など、近年顕著に観測されている気候変動影響 ■ グローバルなCO₂排出量の現状と見通し
気候変動予測	<ul style="list-style-type: none"> ■ IPCC 第4次評価報告書 (WG1, 2007) ■ 極端現象に関する特別報告書 (SREX, 2012) ■ IPCC 第5次評価報告書に向けた中間文書や論文（～2013年3月） 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 気温、降水量など、各現象の予測と不確実性 ■ 気象災害や極端現象に関する予測の進展と限界 ■ 新しい将来シナリオ (RCP)、モデルによる予測結果
気候変動影響評価	<ul style="list-style-type: none"> ■ IPCC 第4次評価報告書 (WG2, 2007) ■ 地球温暖化「日本への影響」(2009) *2013年4月以降に改訂版が公表予定 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 農業や沿岸、生態系など、地球全体で見た場合に生じる可能性がある影響 ■ 豪雨や熱中症など、気候変動による日本の社会経済への影響（米国干ばつなど、グローバルな変化により受ける間接影響を含む）
気候変動への適応	<ul style="list-style-type: none"> ■ IPCC 第4次評価報告書 (WG2, 2007) ■ 極端現象に関する特別報告書 (SREX, 2012) ■ 先進国の中央政府における気候変動適応策の検討状況（～2013年3月） 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 気候変動適応の基本的な考え方（災害リスクマネジメントとの関係、緩和策や持続可能性との関係など） ■ 先進国都市での気候変動適応の事例と、途上国都市における適応との違い

1.1 気候変動の観測・監視状況

気候変動の観測・監視は、その進行状況を把握し、緩和策や適応策などの対応策を検討したり、より確実性の高い予測を実施したりする上で不可欠である。

- 地上、高層、衛星などの各種観測によるグローバルな観測体制が確立されており、CO₂ 濃度などの重要な情報についてはリアルタイムで観測情報がアップデートされている。
- それらに加えて、それぞれの国や地域が特に重要と考えている情報については、独自の観測が行われている。各地で検討されている気候変動適応計画においても、気候変動の状況についての観測は重要事項である場合が多い。気候変動予測の不確実性が避けられないという状況の中で、将来の各時点で最新の観測情報をもとに意思決定することは重要という考え方である。
- 代表的な観測情報として、CO₂ 濃度、気温上昇、海氷・陸氷、海洋酸性化などが挙げられる。徐々に変化する気候条件に加えて、熱波や豪雨、渇水などの極端現象に関する観測も行われている。

以下では、気候変動の観測・監視について、2007年(IPCC 第4次評価報告書)以降の代表的な成果をまとめる。

1.1.1 CO₂ 濃度および排出量の観測

大気中の CO₂ 濃度に関しては、世界各国の気象機関により観測が行われている。2000年以降も濃度は一定の割合で上昇しており、2013年1月時点での地球全体の平均 CO₂ 濃度は 395.09ppm であった。(図 1-1)。

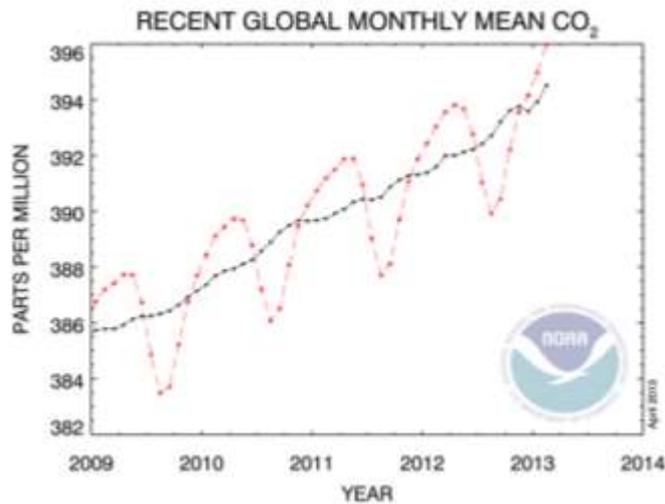


図 1-1 全球平均の CO₂ 濃度の変化 (2008~2012, 横軸は ppm) ¹
赤線は月別の観測を、黒線は移動平均を示す。

CO₂ の排出量に関しては、濃度と異なり直接の観測は不可能であるため、国際エネルギー機関 (IEA) をはじめとする各機関において排出量の推定が行われている。図 1-2 は EU による地域別の排出量の推定結果である。2007 年以降の傾向としては、2008 年の世界金融危機の影響で一時的に排出量が減少している。その後、OECD 諸国及び市場経済移行国では排出量は伸びていないが、中国その他の非 OECD 諸国における排出量の増加により、2011 年時点では金融危機前の趨勢に戻り、増加を続けている。

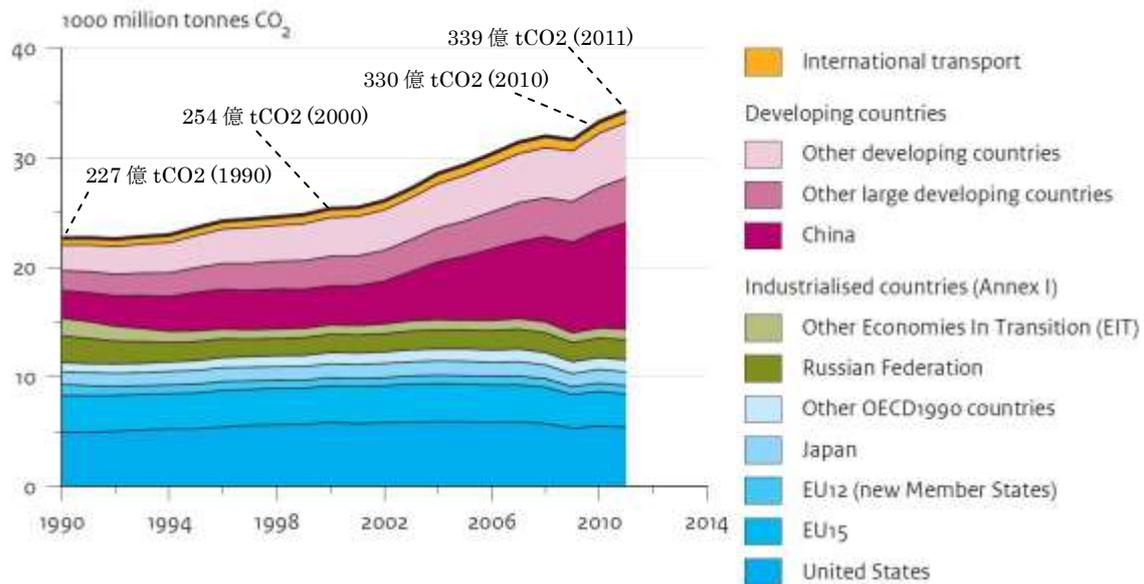


図 1-2 地球全体の CO₂ 排出量 (~2011)、EU による推定²、化石燃料の燃焼とセメント製造による排出量

¹ NOAA, Recent Global CO₂, 2013 年 3 月 24 日アクセス,
<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>

² PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2012), Trends in global CO₂ emissions; 2012 Report, <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/CO2REPORT2012.pdf>

1.1.2 気温上昇の観測

グローバルな気温変化については、各国の気象機関の協力のもとに観測が行われている。図 1-3 に、気象庁が編集した過去 120 年間の地球全体の平均表面温度（陸域における地表付近の気温と海面水温の平均）の変化を示す。100 年あたりの気温上昇量は 0.68°C であった。2000 年以降も上昇トレンドに変化は見られない。2000 年以降の気温上昇はトレンドよりも高くなっているが、これは地球温暖化そのものが加速したのではなく、数年～数十年周期の変動が重なっているためと気象庁は解釈している。また、2000 年～2010 年の気温はほぼ同程度となっており、この間には明確な増加傾向が確認できない。このように一定の周期で気温上昇が発生しない時期はハイエイタス (hiatus, 休止期) と呼ばれている。この原因として、米国大気研究センター (NCAR) による研究では、海と大気の相互作用により深海に熱が蓄えられているためであると説明されている³。

日本の気温観測を用いて算定した気温変化を図 1-4 に示す。ヒートアイランド現象による影響が小さいと思われる地点のみの平均を示している。世界全体の傾向と同様、有意な気温上昇が観測されている。

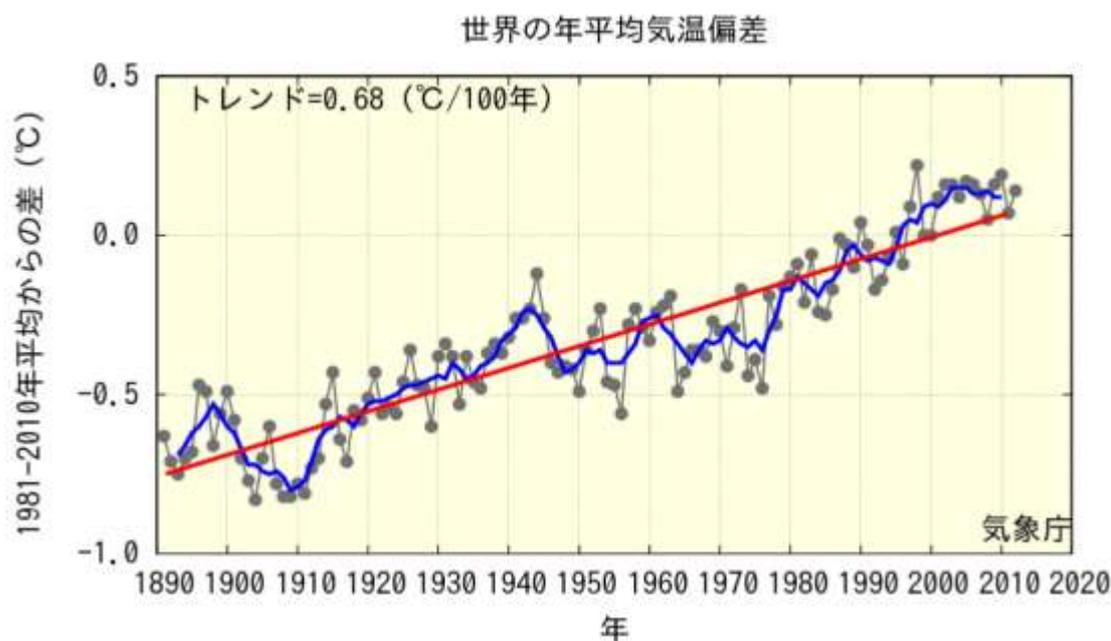


図 1-3 世界の年平均気温の変化 (1891~2011)、気象庁⁴

³ Gerald A. Meehl et al., Model-based evidence of deep-ocean heat uptake during surface-temperature hiatus periods, Nature Climate Change 1, pp360-364, 2011.

⁴ 気象庁(2013)、地球温暖化予測情報 第 8 巻、
<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/GWP/>

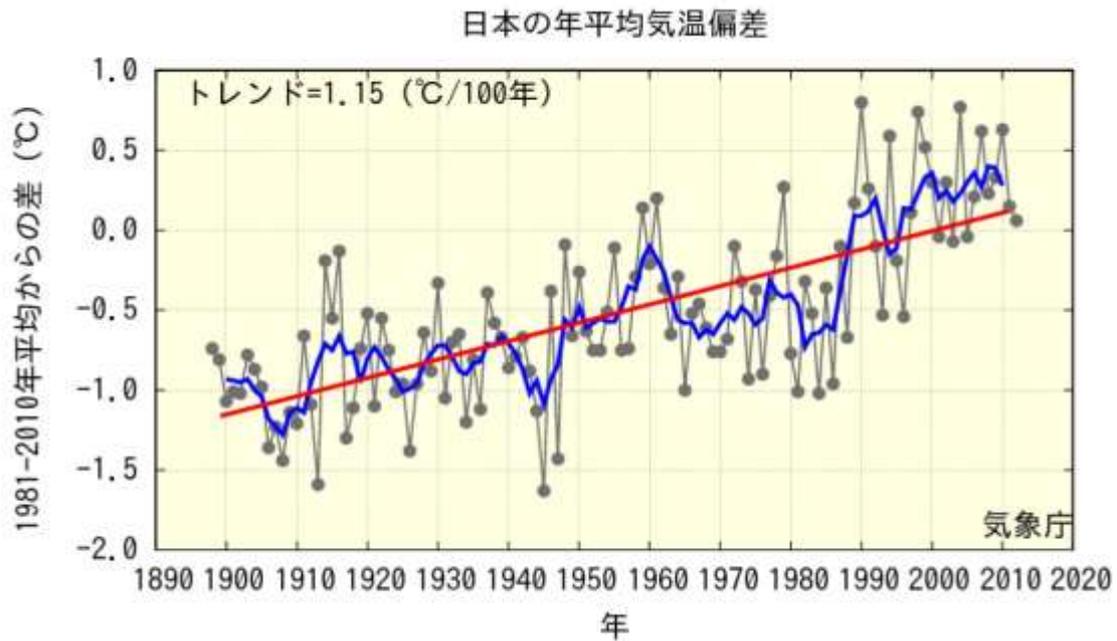


図 1-4 日本の年平均気温の変化(1898~2011)、都市化の影響が小さい観測地点のみの平均、青線は移動平均、赤線は線形トレンド、気象庁⁴

1.1.3 海氷・陸氷の観測

北極海の海氷面積の縮小は以前より観測されており、IPCC 第4次評価報告書においても指摘されていた。その中で、2007年に観測された海氷面積が、それ以前の最小記録を大きく更新し、同年に公表された第4次評価報告書での予測よりも急速に融解していることが判明したことで、大きく報道されることとなった。さらに、2012年の夏季に再び最小記録が更新された。近年の海氷面積の変化と例年との比較を図1-5に、最小記録時の海氷の分布を図1-6に示す。北極海の海氷面積の減少による全世界への影響としては、北極海の航行が容易になることによる海運への影響、表面が反射率の高い氷から反射率の低い海面に変わることによる地球温暖化の加速が挙げられる。

同じく北極圏に存在するグリーンランドの氷床についても、2012年7月にほぼ全域で融解していることが確認された(図1-7)。これほど大規模な融解は、衛星観測が開始された1970年台以降ではじめて観測された。年間を通じた融解傾向の比較(図1-8)においても1981年から2010年までの平均と比較して融解が生じている面積割合(グリーンランドの全面積に対する割合)が大きかったことがわかっている。氷床コアの解析によれば、1889年にも大規模な融解が発生しており、今回の現象が単純に稀な現象であるのか、気候変動の影響であるのかは来年以降の観測を待つ必要がある。

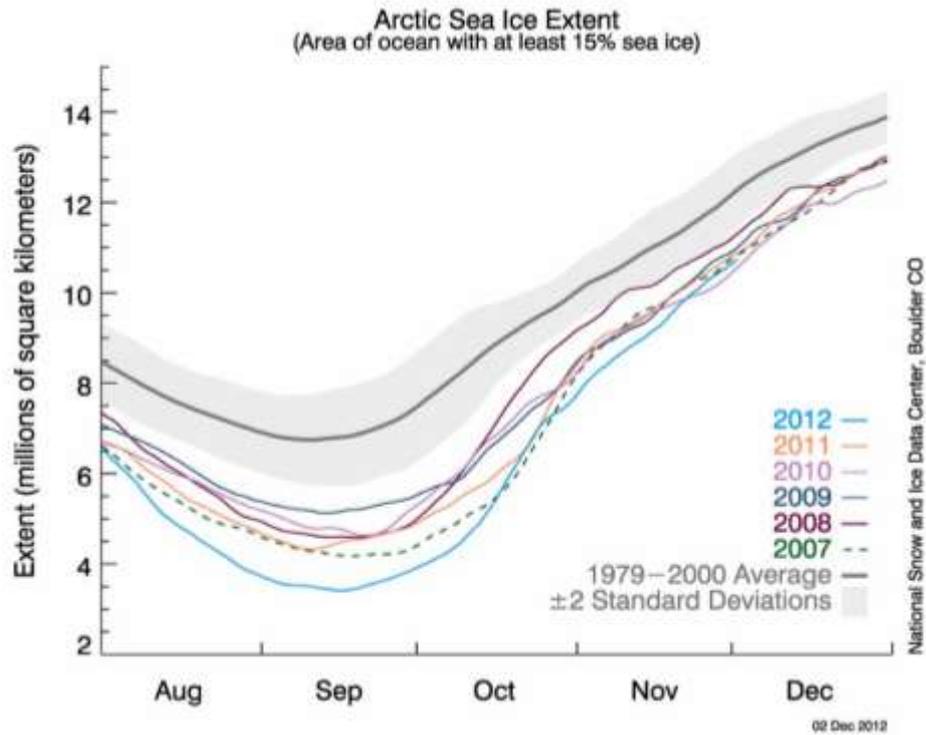


図 1-5 北極における各年の海氷面積および 2012 年の最小面積記録の更新(米雪氷データセンター)⁵

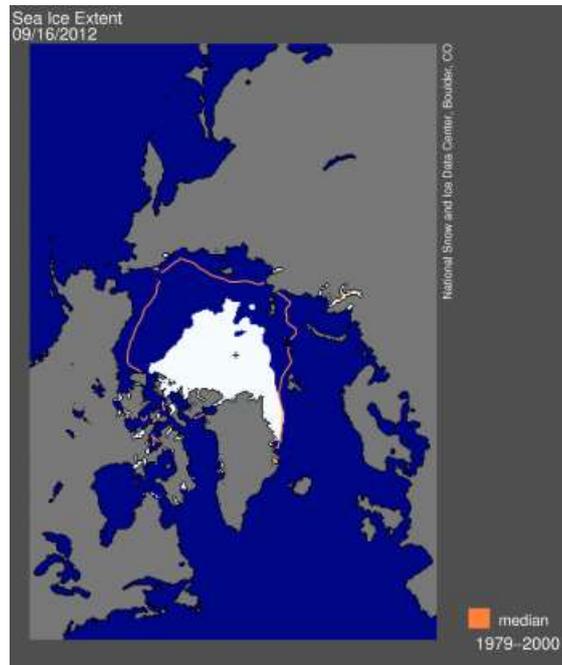


図 1-6 海氷面積最小時点での北極海の海氷分布(米雪氷データセンター)⁶

⁵ National Snow & Ice Data Center, Arctic Sea Ice News & Analysis, 2012 年 12 月 17 日
アクセス, <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>

⁶ National Snow & Ice Data Center(2012), Arctic sea ice extent settles at record seasonal minimum, 2012 年 9 月 19 日,

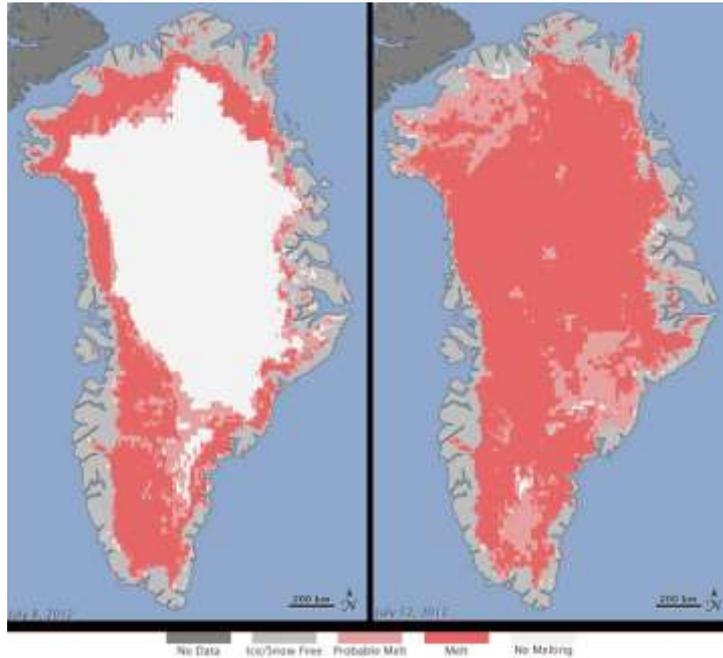
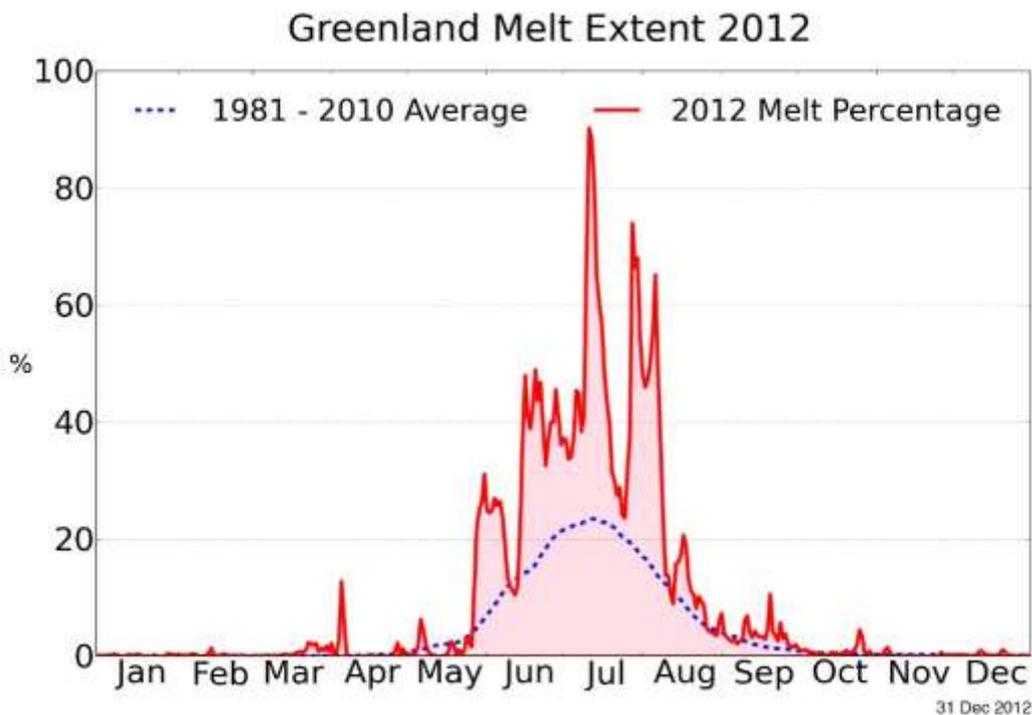


図 1-7 2012 年におけるグリーンランドの氷床融解 (NASA⁷)
 左 : 2012 年 7 月 8 日、右 : 2012 年 7 月 12 日、赤色が融解している地域



NSIDC / Thomas Mote, University of Georgia

図 1-8 2012 年におけるグリーンランド陸氷の融解面積と平年値との比較 (NSIDC⁸)

<http://nsidc.org/arcticseaicenews/2012/09/arctic-sea-ice-extent-settles-at-record-seasonal-minimum/>

⁷ NASA, Satellites See Unprecedented Greenland Ice Sheet Surface Melt, 2012 年 7 月 24 日, <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/greenland-melt.html>

北極圏での海水面積については明確な減少傾向が確認されているが、南極大陸の氷床と大陸周辺の海水面積の変化については明確な傾向は確認されていない。図 1-9 および図 1-10 に示すように、観測によれば 2012 年の冬季における海水面積は平年よりも大きくなっている。夏季においても、図 1-11 に示すように 2012 年～2013 年は平年と比較して海水面積が大きくなっている。

一方で、南極大陸の氷床に含まれる氷の体積に関する観測では、図 1-12 に示すように減少傾向が確認されている。NASA が近年の研究をまとめた解説⁹によると、氷床の表面の融解に関する観測結果をまとめた論文では、近年の融解面積の減少を示すものもあり、このような情報が地球温暖化を否定する材料として使われるケースもあるようだが、図 1-12 の通り「体積としては」明確な減少傾向が確認されており、全体としては南極の氷床は減少していると考えられるべきであるとしている。また、融解面積と体積の傾向が異なっている理由は、氷床が融解ではなく海中に流出することによって減少しているためであるとしている。

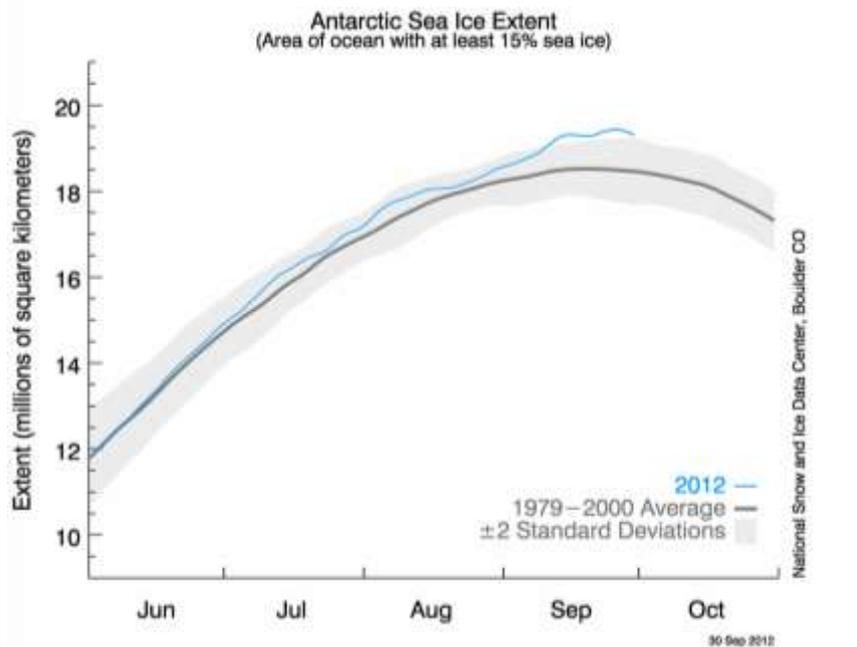


図 1-9 南極の冬季における平年の海水面積および 2012 年の海水面積(米雪氷データセンター)

⁸ National Snow & Ice Data Center, An intense Greenland melt season: 2012 in review, 2013.

⁹ NASA, Is Antarctica Melting?, News Topics, 2010,

http://www.nasa.gov/topics/earth/features/20100108_Is_Antarctica_Melting.html

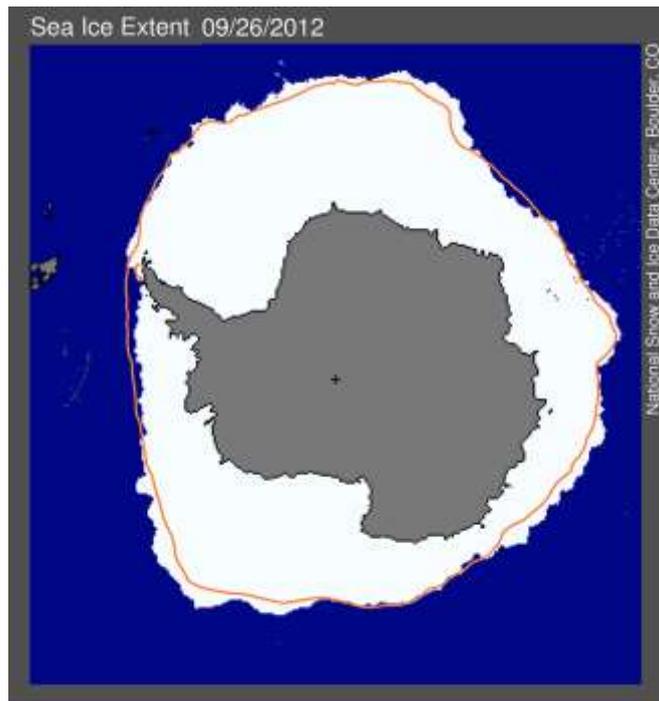


図 1-10 2012 年 9 月における南極大陸周辺の海水分布(米雪氷データセンター¹⁰)
 橙色の線は 1979 年～2000 年までの同日における海水境界の中央値

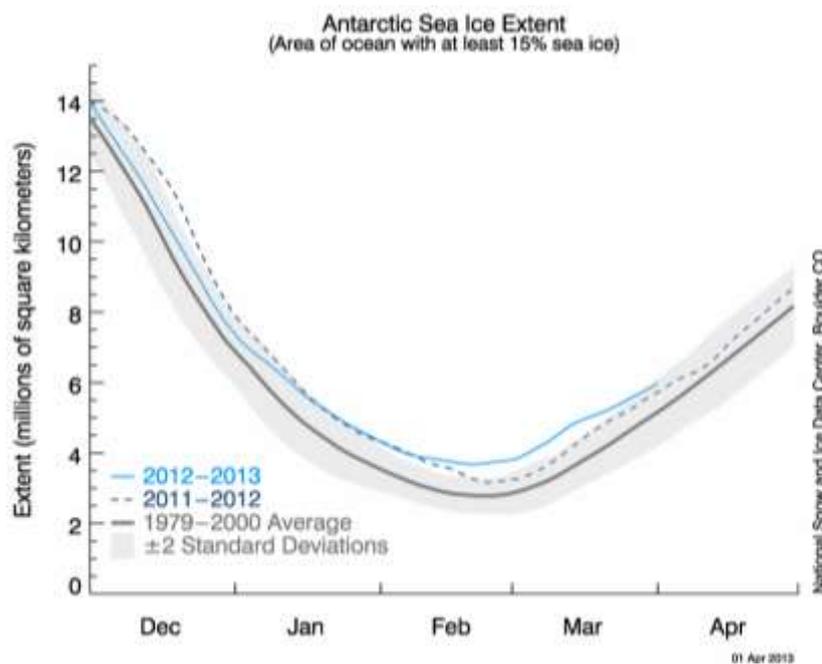


図 1-11 南極の夏季における平年の海水面積および 2012 年～2013 年の海水面積(米雪氷データセンター¹¹)

¹⁰ National Snow & Ice Data Center, Poles apart: A record-breaking summer and winter, 2012 年 10 月 2 日,
<http://nsidc.org/arcticseaicenews/2012/10/poles-apart-a-record-breaking-summer-and-winter/>

¹¹ National Snow & Ice Data Center, Sea Ice Index: Antarctic, 2013 年 3 月 6 日,

ANTARCTICA MASS VARIATION SINCE 2002

Data source: Ice mass measurement by NASA's Grace satellites.

Credit: NASA/University of California, Irvine

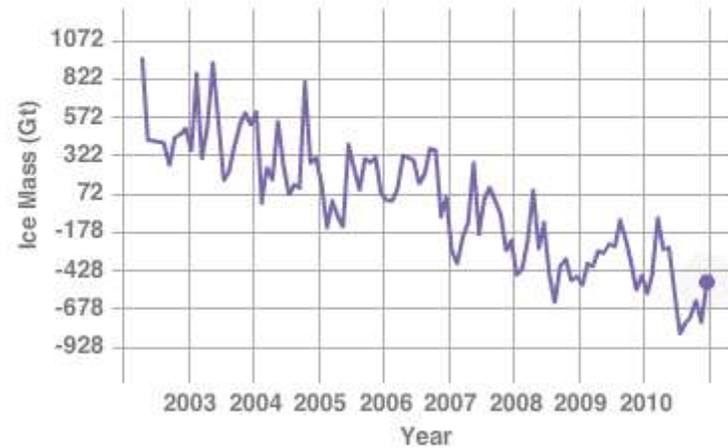


図 1-12 南極の氷床における氷の体積の変化の推定結果¹²

1.1.4 永久凍土の観測

永久凍土の温度に関する長期的な観測はアラスカをはじめとして世界各地で実施されている。図 1-13 に南北にわたる 13 箇所の観測点における 1970 年代後半から 2012 年までの平均地中温度の変化を示す。地中温度がおよそ 0°C を超えると永久凍土は多くの場合存在できなくなる（厳密には永久凍土が消滅する温度条件は場所によって異なる）。

図の観測値より、地中温度は過去 30 年上昇傾向にあり、2012 年にもほぼ全ての観測地点で 20m 深度の地中温度の最高記録を更新していることがわかる。このような傾向が将来も続けば、現在永久凍土が広がっているアラスカにおいて永久凍土の融解が発生することが予想される。

永久凍土の融解に伴い、凍土中の有機物の分解が進むことにより CO₂ およびメタンの排出が進み、結果として温暖化が加速すると考えられている。永久凍土の融解に関する UNEP の報告書¹³においては、IPCC AR4 ではこの効果は考慮されておらず、2013 年～2014 年に公表される AR5 においても引き続き考慮されないと考えられる。従って、この点においては気候変動予測結果は現実に生じる気候変動を過小評価する可能性があるとして指摘している。同報告書によると、永久凍土融解による温室効果ガス排出量には不確実性が大きいとしながらも、2100 年までに 43～135Gt、2200 年までに 246～415Gt（いずれも CO₂ 換算）の温室効果ガスの排出が生じる可能性があるとしている。

http://nsidc.org/data/seoice_index/

¹² NASA, Key Indicators – Global Climate Change, 2013 年 3 月 29 日アクセス

http://climate.nasa.gov/key_indicators

¹³ UNEP, Policy Implication os Warming Permafrost, 2012.

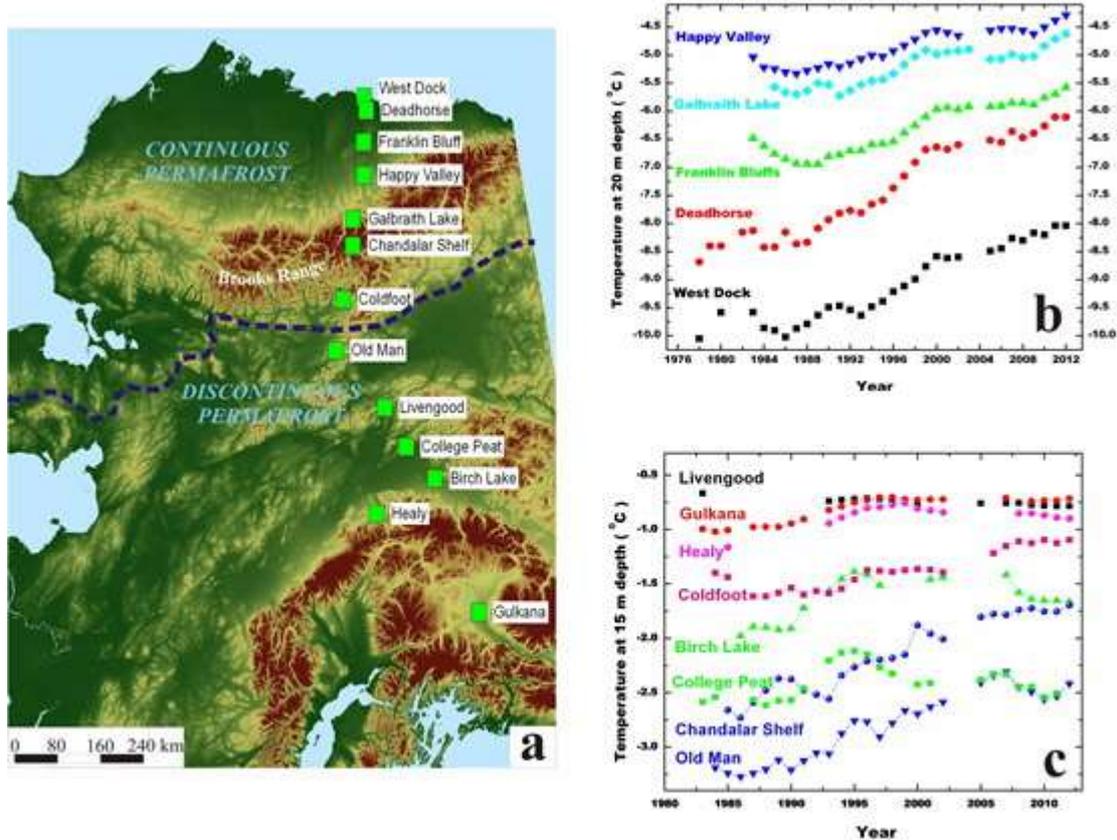


図 1-13 アラスカにおける永久凍土の地中温度の観測（年平均値）¹⁴

1.1.5 海洋酸性化の観測

大気中の CO₂ 増加に伴い、大気から海中に溶け出す CO₂ が増加することによる海洋酸性化の傾向も既に観測されている。ハワイにおける観測を図 1-14 に示す。大気中の CO₂ 濃度の観測と比較すると観測の開始が遅く、観測を行なっている地点も少ないが、酸性化傾向は明確である。日本の気象庁においても、2012 年 11 月に日本周辺海域での海洋酸性化の長期観測と定期的な情報提供を開始することを発表した。図 1-15 に示すように、日本近海の複数の地点でも明確な酸性化傾向が確認される。海洋酸性化により、大気から海洋に吸収される CO₂ の量が減少したり、サンゴやプランクトン等の海生生物の生育に影響を与えたりすることが懸念されている。

¹⁴ NOAA(2012), Permafrost – Arctic Report Card: Update for 2012.
URL: <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard/permafrost.html>

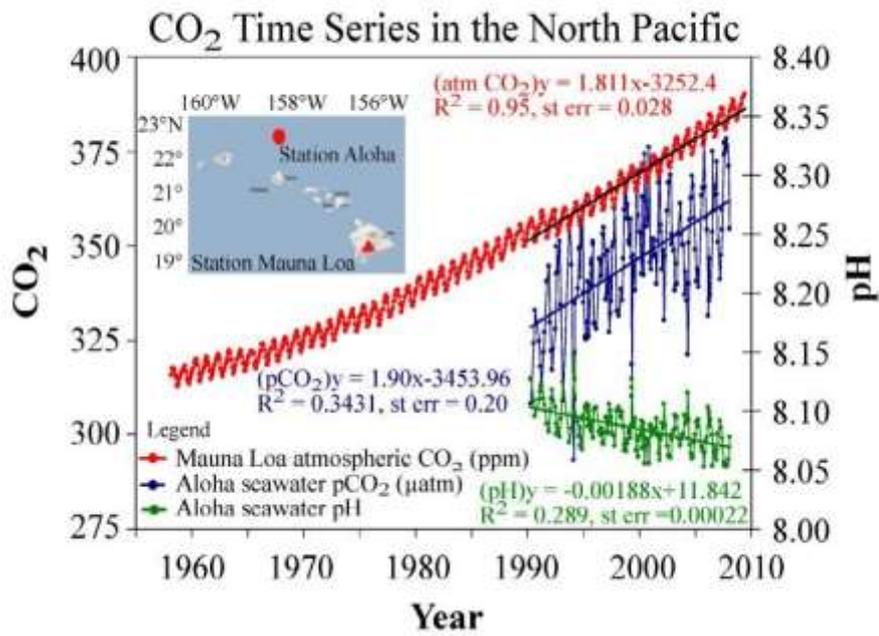
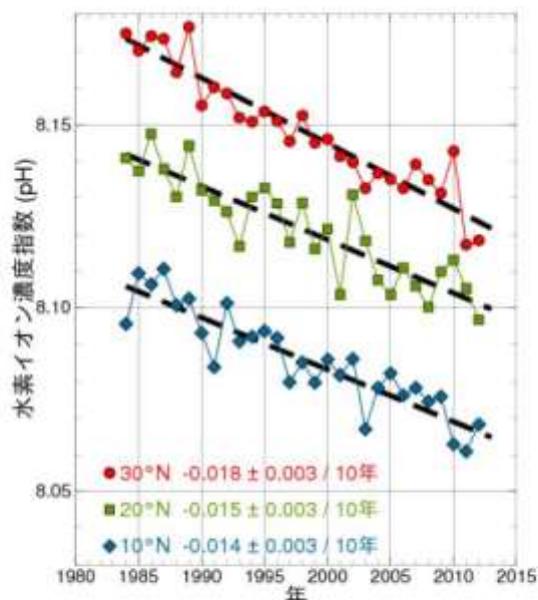


図 1-14 ハワイにおける海洋酸性化の観測（緑線が pH、小さいほど酸性）¹⁵。左目盛は大気中の CO₂ 濃度（赤線、青線について適用）、右目盛は海中の水素イオン濃度指数(pH)

¹⁵ Feely et al(2010), An International Observational Network for Ocean Acidification, Proceedings of OceanObs'09



東経 137 度線における表面海水中における水素イオン濃度指数 (pH) の長期変化
 青: 北緯 10 度、緑: 北緯 20 度、赤: 北緯 30 度における pH。
 図中の数字は 10 年あたりの変化率 (減少率)。
 pH の数値が低くなるほど (下に行くほど)、「海洋酸性化」が進行していることを示す。

図 1-15 日本における海洋酸性化の観測 (気象庁)¹⁶

1.1.6 熱波の観測

平均的な気温の上昇に加えて、熱波 (極端な高温) の増加傾向も観測されている。熱波は発生した場合に大きな人的・経済的被害をもたらす災害であり、その増加傾向については平均気温の上昇以上に重要視されている。また、平均値の上昇の他に変動の大きさの変化が重要となる。一方で、熱波に限らず、まれにしか生じない極端現象の増加・減少傾向を限られた過去のデータから示すのは容易ではなく、多くの場合には高度な統計的解析が必要となる。

図 1-16 は、NASA が近年の気温観測の情報をまとめて解析した結果であり、気温の偏差 (平均気温との差) の出現頻度の変化を示している。気温の平均 (ピーク) が時間とともに上昇しており、これは平均気温の観測結果と同一であるが、同時に出現頻度の分布が平坦になっており、分散が大きくなって熱波がさらに発生しやすくなっていることを示している。同文献では、猛暑の出現をサイコロの目に例えて“climate dice”という表現を用いている。図中で赤、白、青の部分は過去気候で 1/3 ずつの確率で生じていた (6 面のサイコロであれば 2 面ずつが赤、白、青となっていた) が、気候変動により赤の出現頻度が高くなり、サイコロの面が赤が出やすくなるように書き換えられているといえる。

日本においては日々の天気情報で熱波という表現が用いられることは稀だが、極端な高温を意味する猛暑日および熱帯夜の経年変化について気象庁が編集した結果を図 1-17 に示す。いずれについても統計的に有意な増加傾向が確認されている。

¹⁶ 気象庁プレスリリース、海洋酸性化に関する情報の提供開始について、2012 年 11 月 20 日、http://www.jma.go.jp/jma/press/1211/20b/ocean_acid2012.pdf

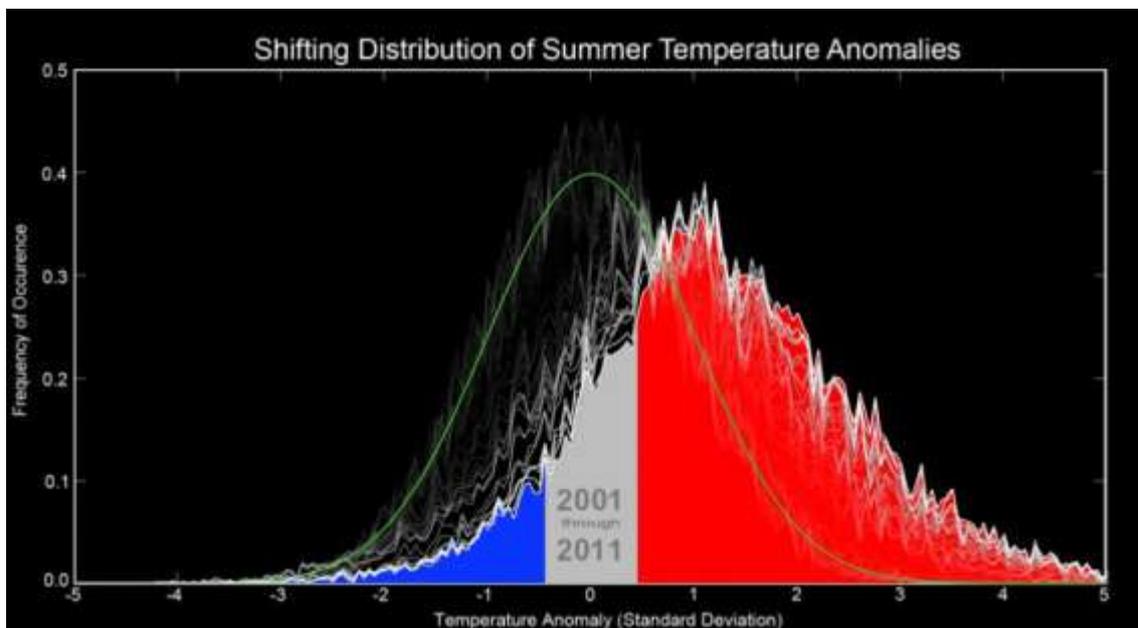
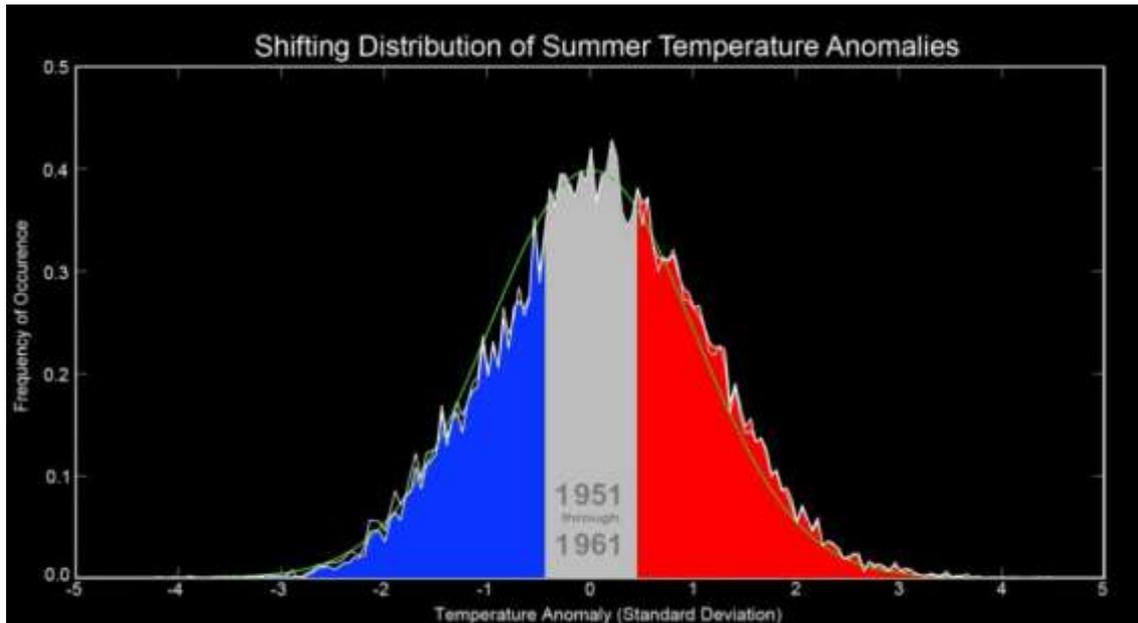


図 1-16 北半球の夏季における気温偏差の出現頻度：1950 年台（上）と 2000 年台（下）の比較(NASA¹⁷), 横軸は 1951～1980 年の平均と比較した気温の偏差（標準偏差に対する相対値で表示）。気温偏差は、1951～1980 年の気温から計算した平均値と標準偏差をもとに、各時点での気温を規格化（(気温－平均値)÷標準偏差）した結果を用いている。偏差が±0.43 の場合に「通常（灰色）」と判断し、その範囲より高ければ「暑い（赤）」、低ければ「低い（青）」と判断している。標準偏差±0.43 は、正規分布において確率を 3 等分する区分である。

¹⁷ NASA, Research Links Extreme Summer Heat Events to Global Warming, 2012 年 8 月 6 日, <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/warming-links.html>

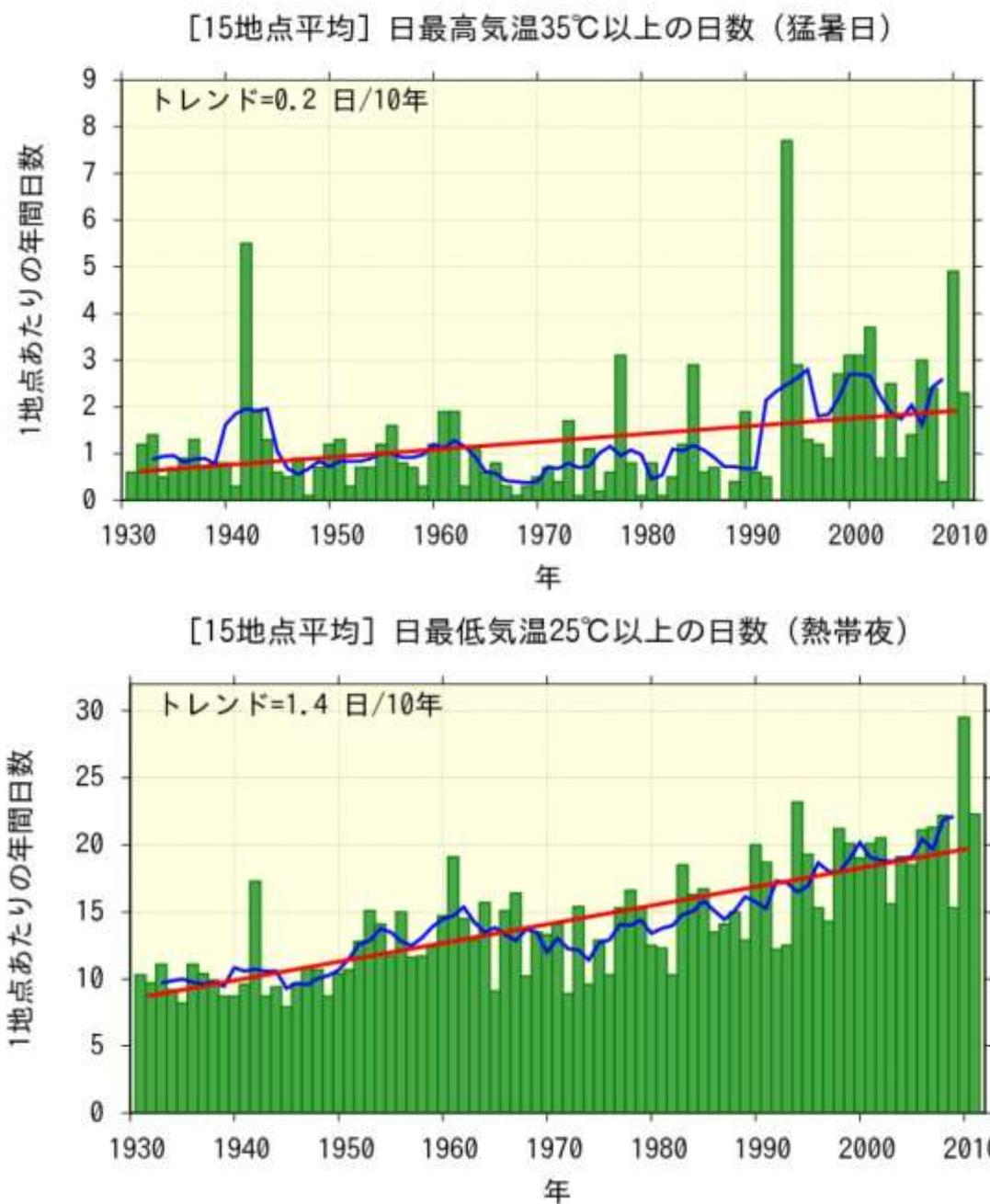


図 1-17 日本における猛暑日（上）および熱帯夜（下）の日数、青線は移動平均、赤線は線形トレンド（気象庁 4）

1.1.7 極端降水の観測

豪雨およびそれに伴う洪水については、第 2 章で取り挙げるように近年多くの事例が生じている。科学的な検証という意味では、IPCC による「気候変動への適応推進に向けた極端現象及び災害のリスク管理に関する特別報告書(SREX, 2012)¹⁸、以下 IPCC SREX」にお

¹⁸ IPCC(2012), Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX), <http://ipcc-wg2.gov/SREX/>

いて関連する研究事例がまとめられている。同報告書では、過去のデータの解析によると世界全体で豪雨の頻度が増えた地域は減った地域よりも多い、と指摘されている。一方で、特定の地域での豪雨の頻度が増加しているかどうかは不確実性が高いとしている（表 1-4）。

日本の豪雨の頻度については、100 年間以上にわたる観測情報をもとに気象庁が解析を行っている。図 1-18 によれば、日降水量が 100mm、或いは 200mm を超えた日数について統計的に有意な増加トレンドが見られるとしており、日本においても極端降水の頻度増加が確認されている。

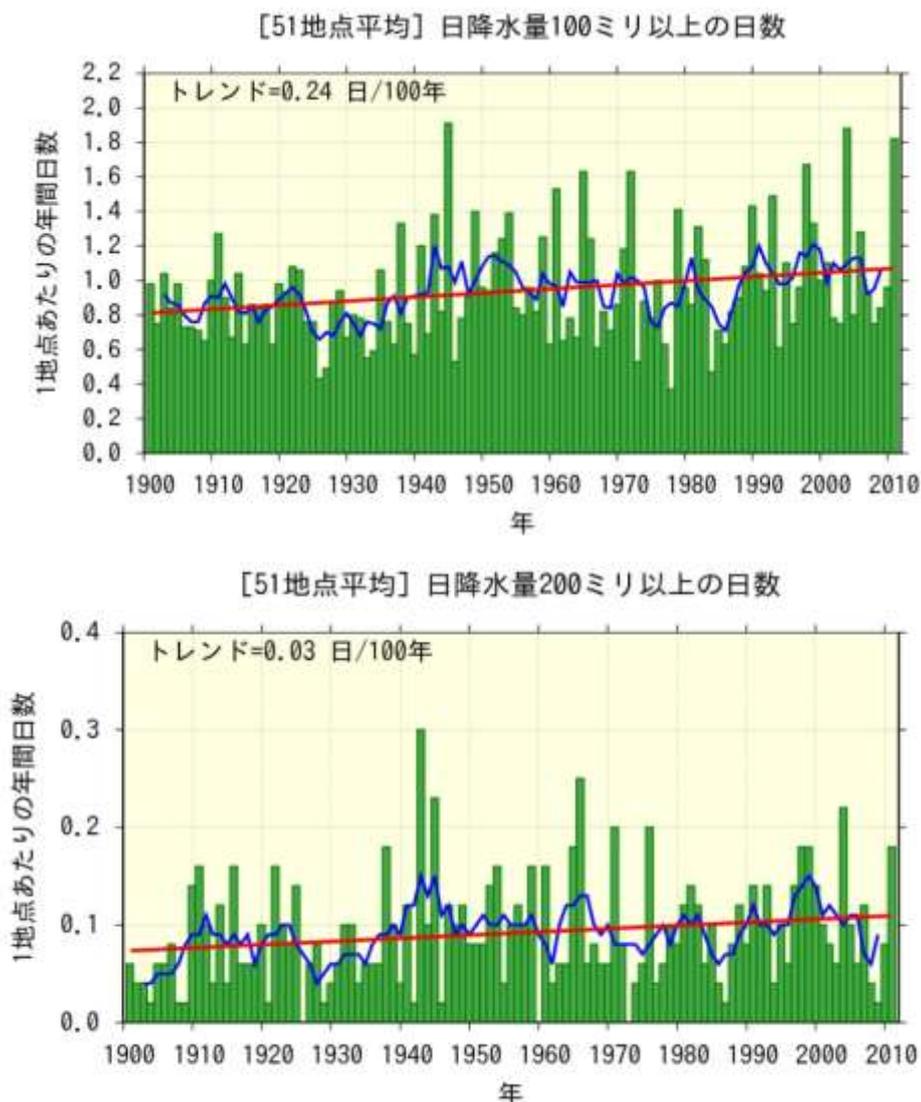


図 1-18 日本における日降水量 100 ミリ以上（上）および 200 ミリ以上（下）の日数の変化、青線は移動平均、赤線は線形トレンド（気象庁 4）

1.1.8 干ばつの観測

地球全体の干ばつの頻度変化に関しても、IPCC SREX¹⁸において記述されている。過去の観測情報に基づく解析事例のレビューにより、欧州南部やアフリカ大陸西部など一部の地

域で干ばつの期間が長くなったり、強度が強くなったりといった傾向が確認されている。一方で、一部の地域では反対に干ばつの緩和も確認されている（表 1-4）。

日本においては、図 1-19 に示す年間降水量の経年変化からは明確なトレンドは確認されていないが、過去と比較して近年は年々変動（降水量の多い年と少ない年の差）が大きくなっていることが指摘されている。

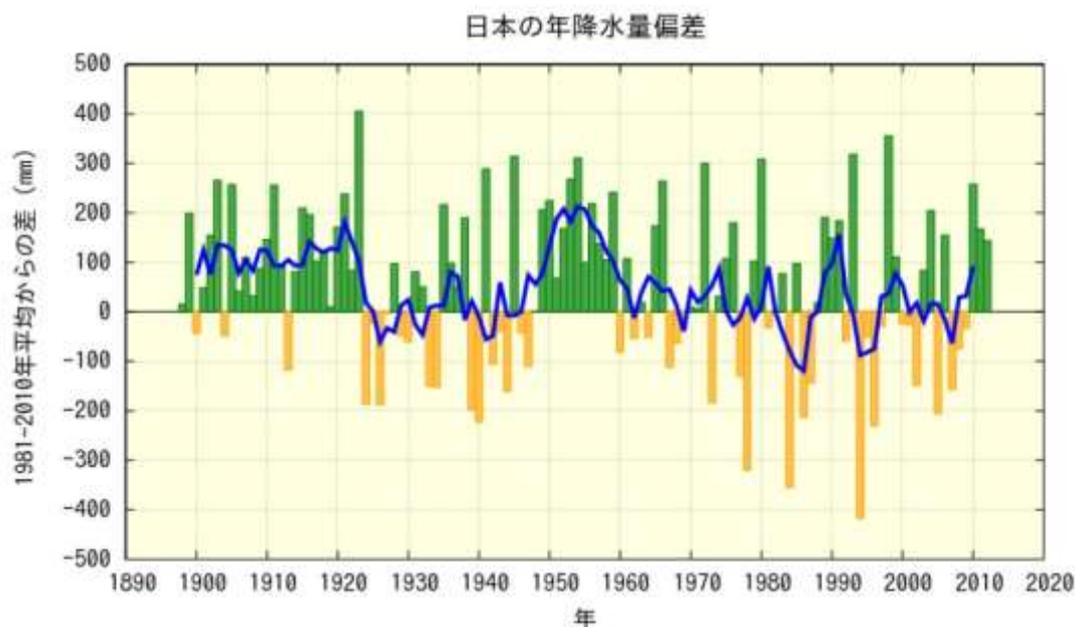


図 1-19 日本における年間降水量の変化（気象庁 4）

1.1.9 海面上昇の観測

海面水位の変化に関しては、IPCC 第 4 次評価報告書の時点で工業化以前と比較して明確な増加傾向が確認されている（図 1-20）。衛星観測に基づく近年の平均海面水位の観測結果（図 1-21）によれば、1993 年以降の海面水位の上昇トレンドは 3.18mm/年と推定されている。20 世紀以降に観測された海面上昇量は十数 cm 程度であるが、同報告書の予測結果によれば、今後は氷の融解や海水の熱膨張により海面上昇が加速すると予測されている。

一方で、気象庁による日本周辺の海面水位の観測（図 1-22）では、現時点では日本周辺の海面水位に明確な上昇傾向は確認されていない。世界全体の平均海面は上昇しているが、海域による傾向の違いが大きいためと考えられる。北アメリカの大西洋岸（ニューヨーク等を含む）では、日本の傾向とは反対に、世界の平均的な傾向よりも速い速度での海面上昇の進行が確認されている¹⁹。

ここで注意すべきは、日本における過去の傾向は、将来も海面上昇が発生しないということを保証するわけではないという点である。今後の海面上昇の主原因として予想される氷河や氷床の融解、海水の膨張は世界全体について概ね均等に影響を与える。IPCC 第 4 次評価報告書では、地域毎に異なる海面上昇を生じる原因として

¹⁹ Asbury et al. (2012), Hotspot of accelerated sea-level rise on the Atlantic coast of North America, Nature Climate Change.

- 風況の変化、海洋循環の変化
- 陸氷の融解による局所的な重力の減少
- 人間活動による地盤沈下、プレート運動による地盤変動

を挙げているいるが、ローカルな海面変動と全球平均との違いは数 10cm 程度と見積もられている。それに対して 2100 年までに予測される海面上昇量は最大 60cm 程度 (IPCC AR4) であるので、2100 年までは地域毎に海面上昇量の差が生じる可能性がある。しかし、2100 年以降の超長期的な傾向としては、日本沿岸も米国沿岸も同様の傾向で海面上昇すると考えるのが妥当と考えられる。

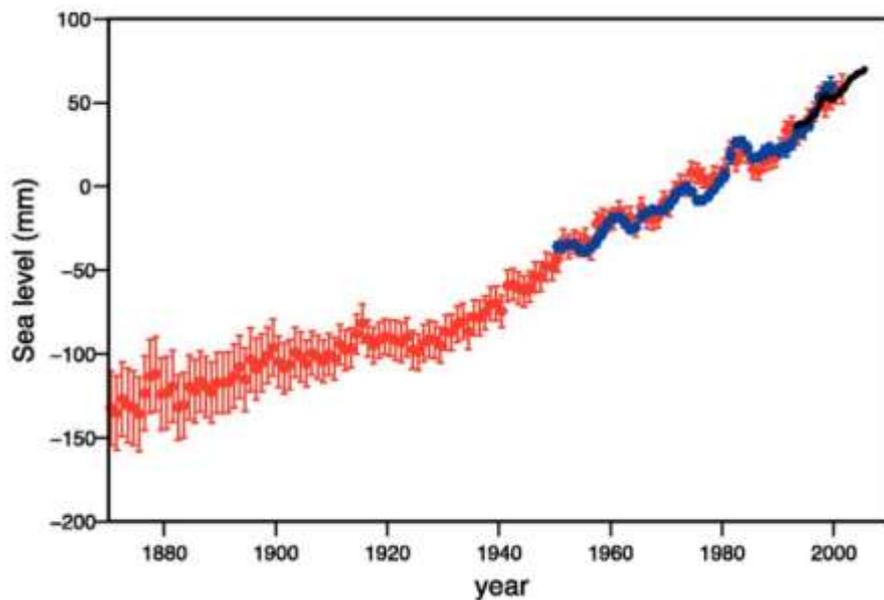


図 1-20 過去の海面水位：赤は推定値、青は検潮所による観測値、黒は衛星高度観測による値(IPCC AR4²⁰)

²⁰ IPCC(2007), Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/figure-5-13.html

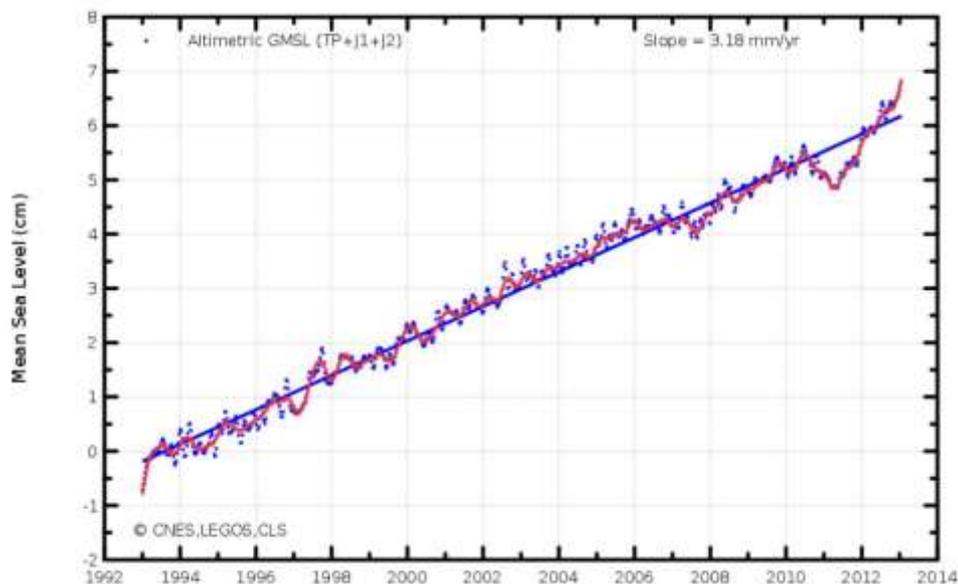


図 1-21 近年の平均海面水位の変化傾向（赤線が各時点における海面水位の推定値、青の直線が推定されたトレンド）²¹

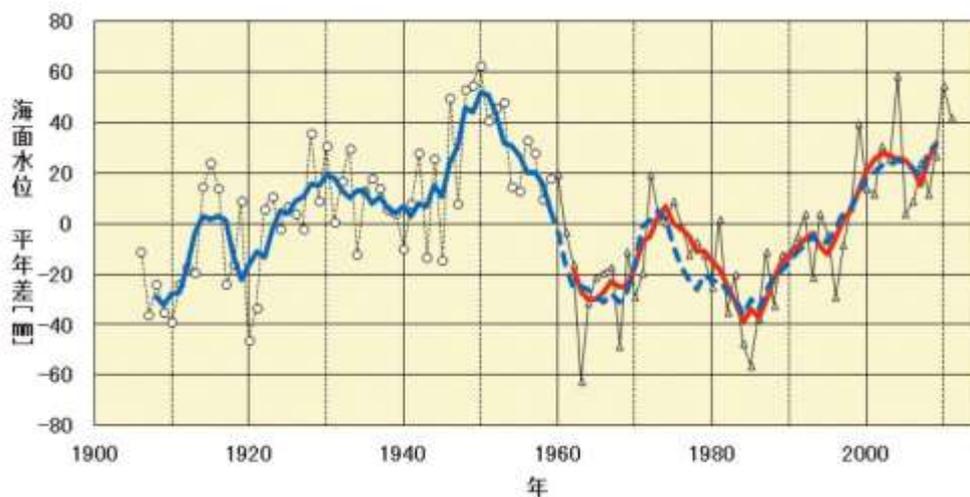


図 1-22 日本周辺の海面水位の時系列、青線は長期観測を行なっている 4 点の移動平均、赤線は 16 観測地点の移動平均（気象庁²²）

1.1.10 熱帯低気圧の観測

2000 年台には、米国やバングラデシュをはじめとして大きな被害をもたらす熱帯低気圧（台風、ハリケーン、サイクロン）が発生した。ただし、IPCC SREX では世界全体での台風の発生数および上陸数については、1970 年台から明確な増加傾向は確認されていないと

²¹ CNES, CLS and Legos: Mean Sea Level Rise

<http://www.aviso.oceanobs.com/en/news/ocean-indicators/mean-sea-level/>

²²気象庁(2012)、気候変動監視レポート 2011、

<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/monitor/index.html>

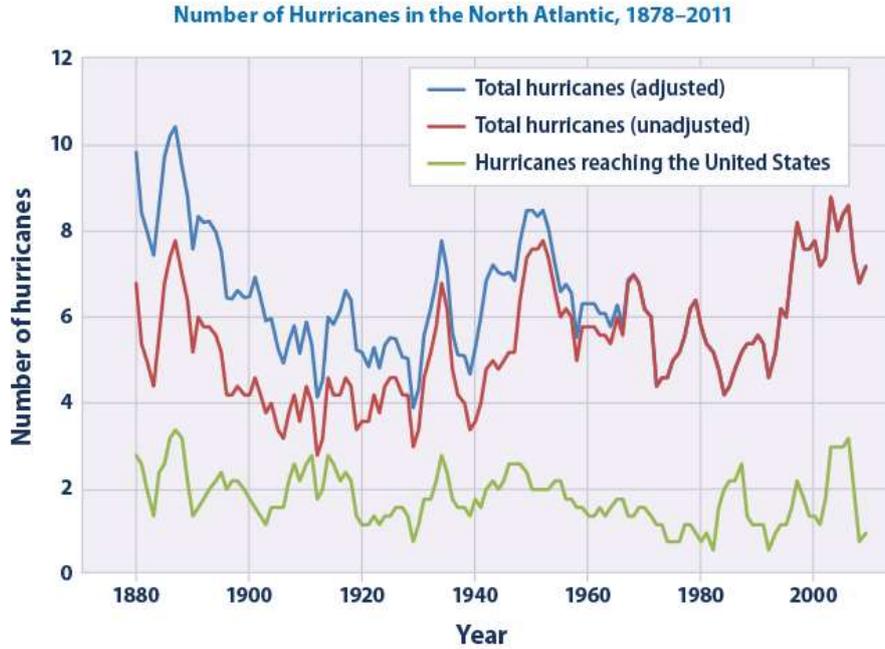
している。10年毎の熱帯低気圧に関する統計（表 1-2）からは、熱帯低気圧の発生数（第 1 行）および上陸した国の数（第 2 行）については増加していない。熱帯低気圧による被害の報告（第 3 行）および台風が上陸した国の中で、被害が報告された国の割合（第 4 行）は増加している。ただし、この増加傾向は必ずしも台風の強度が増加したことを示すものではなく、情報の入手可能性の向上（政府統計や情報システムの整備など）、人口増加による暴露の増加、脆弱性の増加など様々な要因が考えられ、IPCC SREX ではこれらの要因を分離することは難しいとしている。

米国では、ハリケーンの発生数・上陸数（図 1-23）だけでなく強度に関する統計も作成されている。図 1-24 は ACE、図 1-25 は PDE と呼ばれる異なる指標を用いて台風の強度の経年変化を示した結果である。用いる指標によって傾向が異なるが、PDE で見ると近年は台風の強度が増加する傾向にあることがわかる。

日本における台風の記録を図 1-26 に示す。台風の発生数はここ 50 年間で大きくは変化しておらず、日本への上陸数や勢力の分類で「強い」となった台風の数についても同様に増加傾向は確認されていない。グラフからは近年の発生数が減少していることがわかるが、これは長期的に有意な減少傾向ではない。

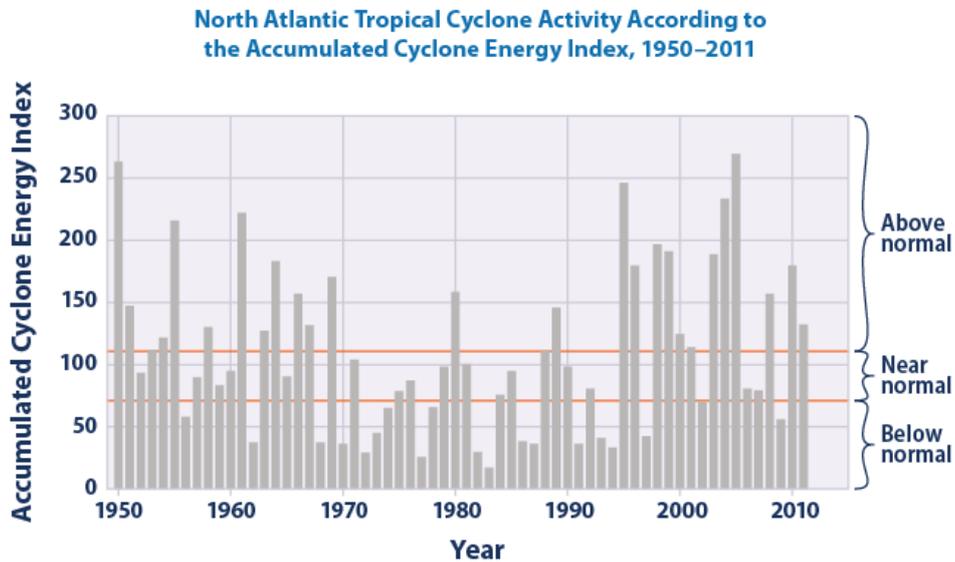
表 1-2 熱帯低気圧の発生数および上陸数（IPCC SREX¹⁸をもとに作成）

	1970 - 79	1980 - 89	1990 - 99	2000 - 09
ベストトラックデータにより同定された熱帯低気圧の数(年平均)	88.4	88.2	87.2	86.5
衛星データより検出した、熱帯低気圧が上陸した国の数(年平均)	142.1	144.0	155.0	146.3
EM-DATデータベースに記録された、熱帯低気圧により引き起こされた災害の数(年平均)	21.7	37.5	50.6	63.0
熱帯低気圧が上陸した国の数に対する、記録された災害数の割合	15%	26%	33%	43%



Data source: Knutson, T.R. 2012 update to data originally published in: Knutson, T.R., J.L. McBride, J. Chan, K. Emanuel, G. Holland, C. Landsea, I. Held, J.P. Kossin, A.K. Srivastava, and M. Sugi. 2010. Tropical cyclones and climate change. *Nature Geosci.* 3:157-163.

図 1-23 北米におけるハリケーンの発生数および米国への上陸数の変化 (USEPA²³)。青線は補正後、赤線は補正前の総発生数 (過去の観測データの補正については、Landsea et al.(2009)を参照)。緑線が米国への上陸数

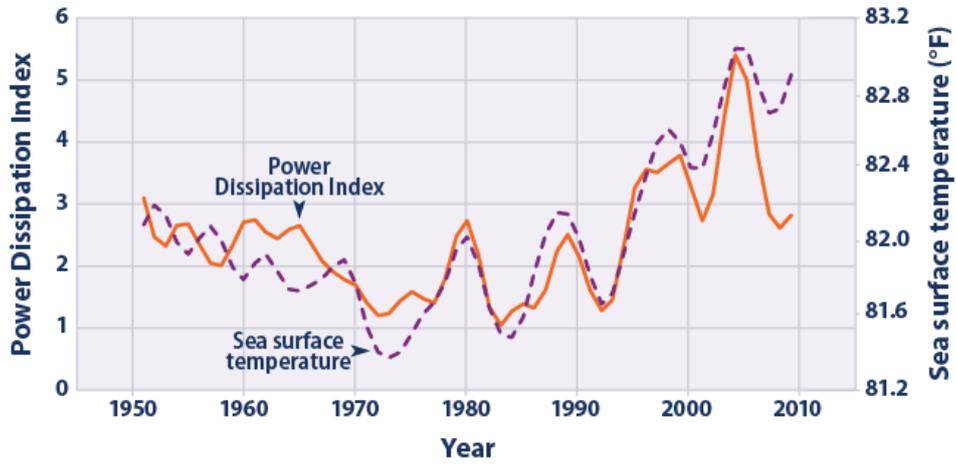


Data source: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2012. The 2011 North Atlantic hurricane season: A climate perspective. www.cpc.ncep.noaa.gov/products/expert_assessment/hurrsummary_2011.pdf.

図 1-24 北米におけるハリケーンのエネギーの変化 (USEPA²³) エネギーの指標は ACE (Accumulated Energy Index) と呼ばれ、ハリケーンの強さと継続時間の両方を示す。ハリケーンの勢力を保っている期間中の最大風速の時系列をもとに算定される。図中の横線はエネルギー指標を「小さい/通常/大きい」に区分する線である。

²³ USEPA, Climate Change Indicators in the United States, <http://www.epa.gov/climatechange/science/indicators/weather-climate/cyclones.html>

North Atlantic Tropical Cyclone Activity According to the Power Dissipation Index, 1949–2011



Data source: Emanuel, K.A. 2012 update to data originally published in: Emanuel, K.A. 2007. Environmental factors affecting tropical cyclone power dissipation. J. Climate 20(22):5497–5509.

図 1-25 北米におけるハリケーンの活動度 (PDI) の変化 (USEPA²³)。活動度の指標 PDI (Power Dissipation Index)は ACE と同様にハリケーンの強さと継続時間の両方に関する指標であり、期間中の最大風速から計算されるが、ハリケーンの強度をより重視する指標となっている。黄色線は PDI の経年変化を、点線は海面温度を示す。

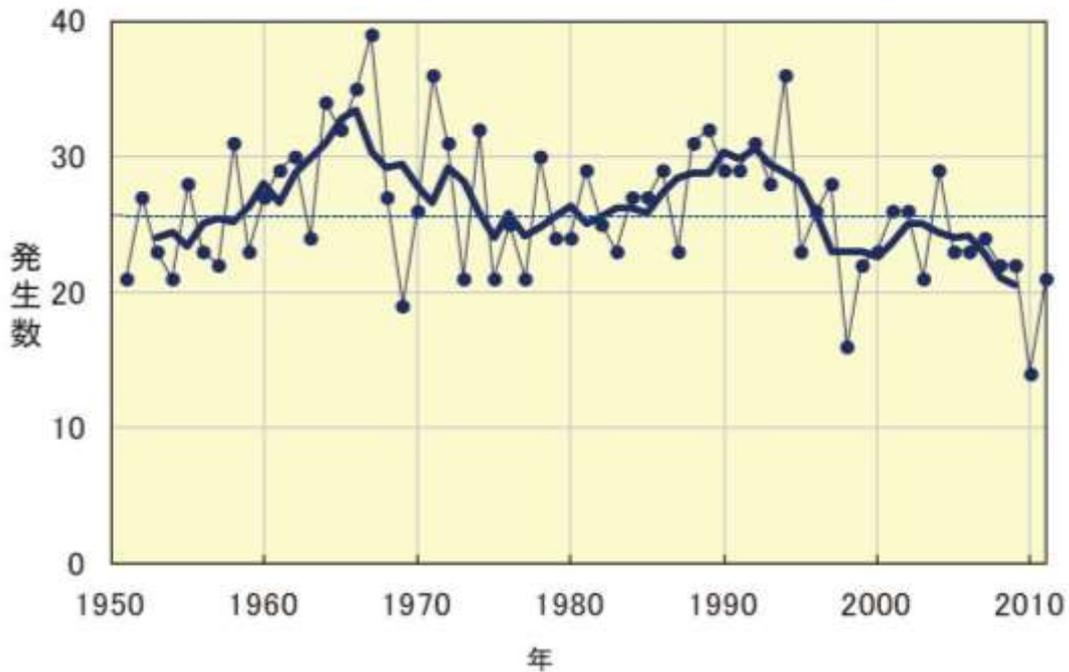


図 1-26 1950 年台以降の台風が発生数 (気象庁²²)