

国内外の異常気象等の状況について

中央環境審議会地球環境部会
気候変動に関する国際戦略専門委員会提出資料

平成17年10月3日
独立行政法人国立環境研究所 原沢英夫

異常気象の影響－2004

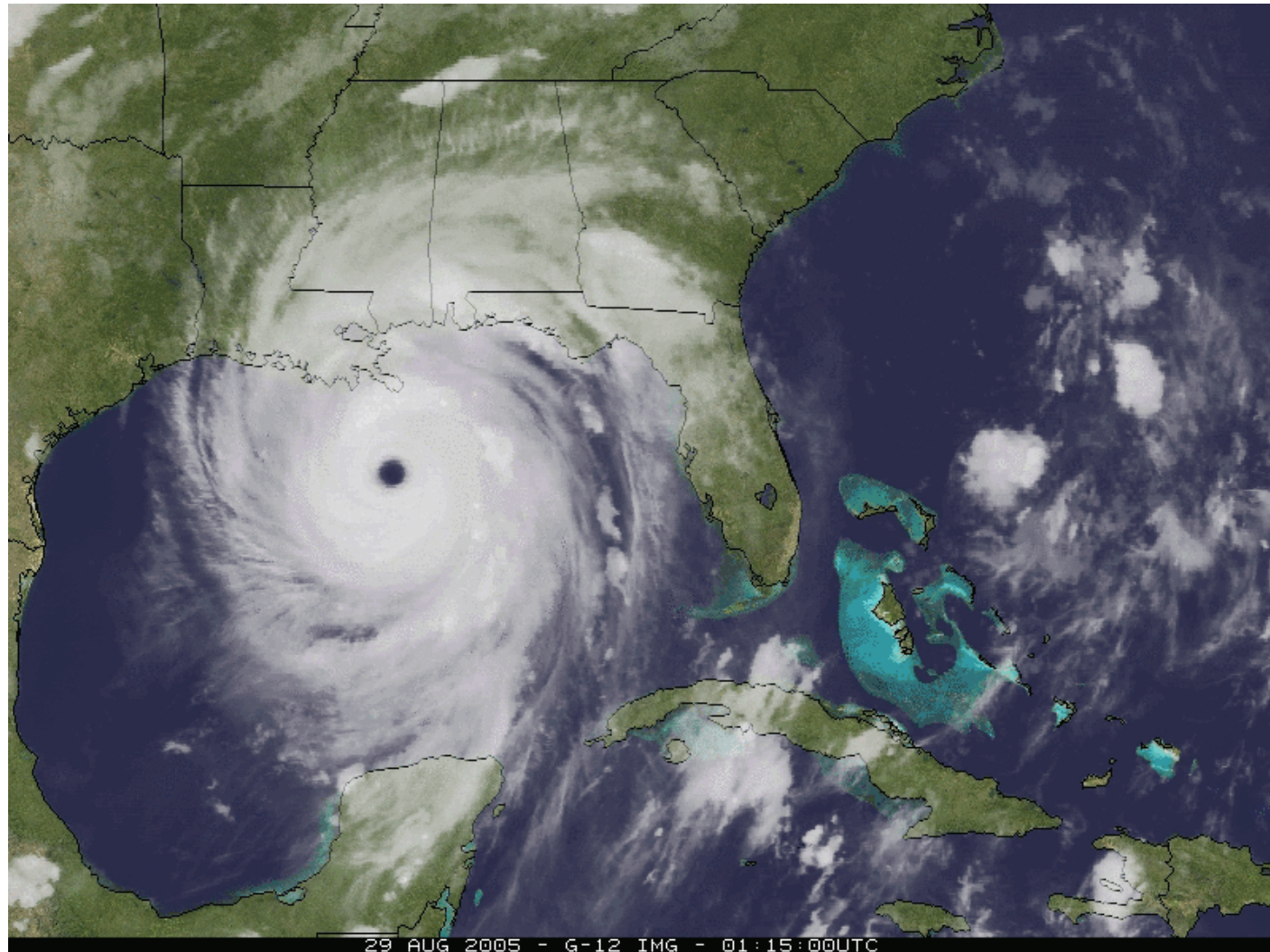


2004年は、大型台風や集中豪雨などに伴う気象災害の多発によって、異常気象と地球温暖化の関係について関心が高まった。

図：出典) Stop the 温暖化 2005
(気象庁資料、NGDC資料より環境省にて作成)

カテゴリー5に発達したハリケーン・カトリーナ

カトリーナ(Katrina)は上陸(2005年8月29日)直前に、中心気圧902ヘクトパスカル、最大風速約75メートル、最大瞬間風速約90メートルを記録。風速25メートル以上の暴風域は半径約220キロに及んだ。



出典) CIMSS

国内外の異常気象等の状況について

1. 異常気象の定義

2. 異常気象の原因となる自然変動

3. 異常気象等の発生状況

－氷河、海水、氷床などの変化／洪水／干ばつ
／台風・ハリケーン／熱波／森林火災

4. 異常気象の被害状況

1. 異常気象の定義

異常気象とは？

異常気象とは、「気候が平均的状态から大きく偏った状態」をいう。

気象庁の定義

- ・気温、降水量などの気象要素が過去30年以上にわたって観測されなかったほど著しく高いか、あるいは低い値を示す場合。
- ・30年に1回以下の出現確率の現象(正規分布すると仮定した場合、平均値から標準偏差の約2.2倍以上偏った現象が発生する確率に相当)

IPCCの定義

- ・IPCCでは「極端な気象(気候)現象(Extreme Weather (Climate) Event)」という用語を使用しており、第三次評価報告書(TAR)では以下の通り定義している。

“特定地域における気象現象の確率分布からみて稀な現象。「稀」の定義はまちまちだが、通常、10%以下あるいは90%以上の現象をいう。極端な気候現象は、一定期間の気象現象発生数の平均で、その平均自体が極端なこと(例えば、ある季節の降雨量)”

異常気象として扱われることが多い気象事象

事象	定 義
冷夏	6月～8月の平均気温が平年より3階級表現（低い、平年並、高い）で低い夏。
暑夏	6月～8月の平均気温が平年より3階級表現（低い、平年並、高い）で高い夏。
寒冬	12月～2月の平均気温が平年より3階級表現（低い、平年並、高い）で低い冬。
暖冬	12月～2月の平均気温が平年より3階級表現（低い、平年並、高い）で高い冬。
長雨*	数日にわたって降り続く雨。
豪雨	1時間または3時間の少なくとも一方が大雨警報の基準を超え、かつ24時間の警報基準を超える大雨。 すなわち、「激しい雨」の状態が（断続的に）続き24時間以内に100mm（北日本）～200mm（西日本）以上となる大雨。
干ばつ*	長期間にわたって降水量が少なく、水不足の状態をいう。
台風*	北太平洋西部や南シナ海の熱帯低気圧のうち、最大風速が17.2m/s(34ノット)以上のもの。気象庁ではそれより弱いものは「弱い熱帯低気圧」と定義している。 英語のTyphoonは、32.7m/s以上の台風のことを指す。
洪水	降雨や融雪等によって河川の水位や流量が異常に増大すること。
熱波*	非常に高温の気塊が広範囲に波のように広がって、急激な気温上昇をもたらす現象。
寒波	主として冬期に、広い地域に2～3日、またはそれ以上にわたって顕著な気温の低下をもたらすような寒気が到来すること。

出典）気象庁HP，日本気象学会(1998)

注）表中の3階級表現の基準値は地域によって異なる。＊印（日本気象学会，1998）

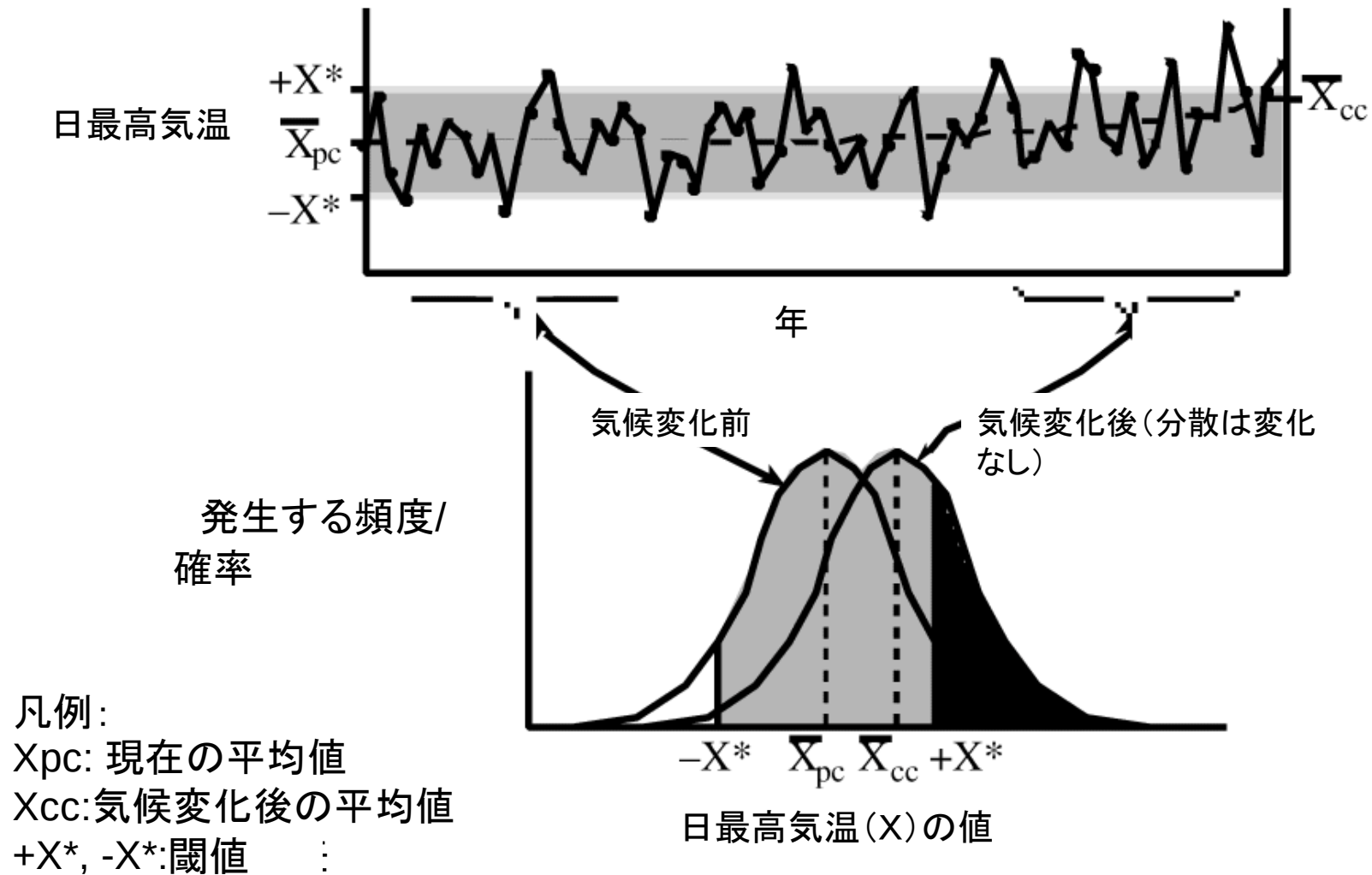
極端な気象現象の変化とその信頼度（観測/予測）

観測された変化の信頼度 (20世紀後半)	現象の変化	予測される変化の信頼度 (21世紀)
可能性が高い	ほとんど全ての陸域で最高気温が上昇し、暑い日が増加する	可能性がかなり高い
可能性がかなり高い	ほとんど全ての陸域で最低気温が上昇し、寒い日、霜が降りる日が減少する	可能性がかなり高い
可能性がかなり高い	大部分の陸域で気温の日較差が縮小する	可能性がかなり高い
多くの地域で可能性が高い	陸域で熱指数（heat index）が大きくなる	ほとんどの地域で可能性がかなり高い
北半球の中・高緯度の陸域の多くで可能性が高い	強い降水現象が増加する ^(a)	多くの地域で可能性がかなり高い
可能性が高い地域もある	夏の大陸で乾燥しやすくなり、干ばつの危険性が増加する	中緯度の大陸内部の大部分で可能性が高い（その他の地域では、一致した予測となっていない）
入手可能なわずかな解析では観測されていない	熱帯低気圧の最大風速が増大する ^(b)	いくつかの地域で可能性が高い
評価するに十分なデータが存在しない	熱帯低気圧の平均降水量と最大降水量が増加する ^(b)	いくつかの地域で可能性が高い

a その他の地域では十分なデータが存在しないか矛盾した解析結果が出ている。

b 熱帯低気圧の位置や発生頻度についての、過去や将来の変化は不確実である。

気候変動と極端な気象現象の考え方



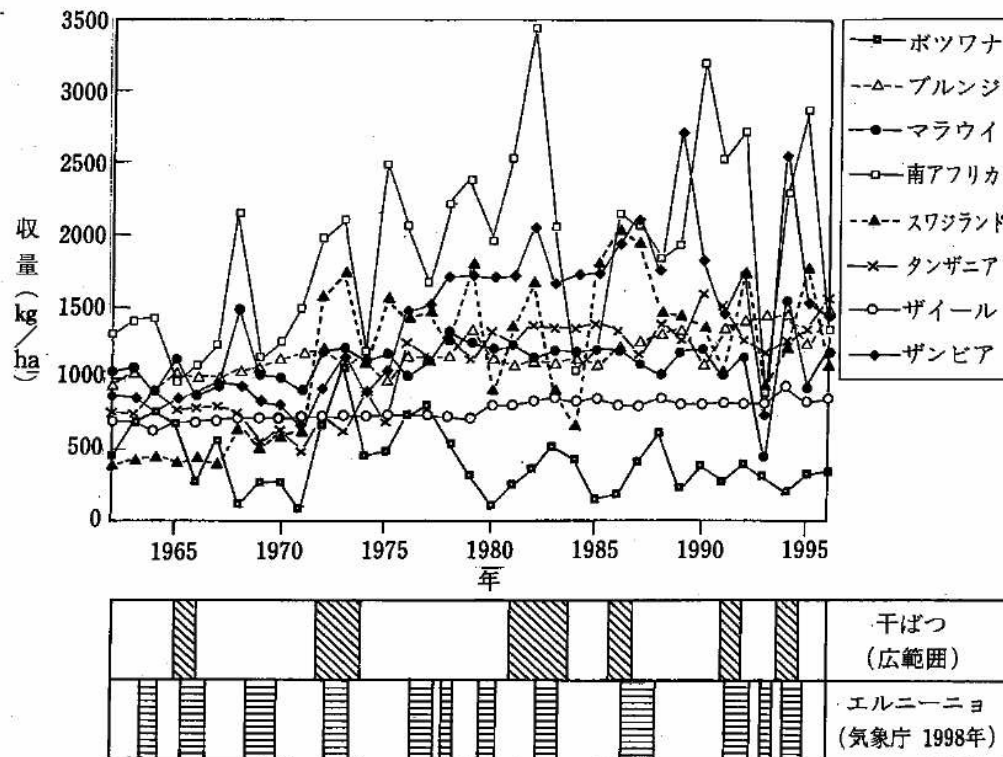
2. 異常気象の原因となる自然変動

異常気象の原因となる自然変動

- エルニーニョ/ラニーニャ現象
- インド洋ダイポール現象
- アジアモンスーン変動
- ブロッキング現象
- テレコネクション
 - (a) 南方振動(SOI: Southern Oscillation Index)
 - (b) 太平洋北米パターン
(PNA: Pacific North American Pattern)
 - (c) 北大西洋振動 (NAO: North Atlantic Oscillation)
 - (d) 北極振動(AO: Arctic Oscillation)
 - (e) 赤道季節内振動

エルニーニョ現象の変化

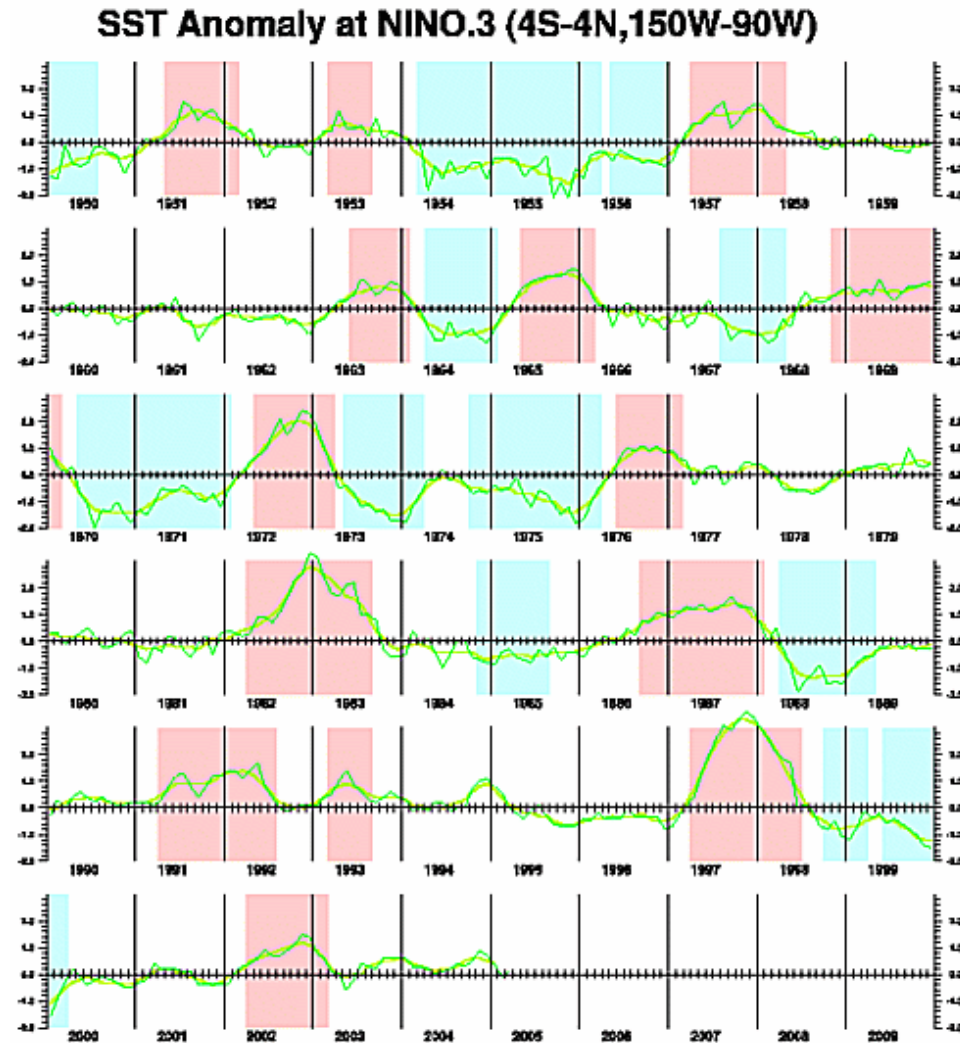
- ・エルニーニョ現象は、1970年代中期以降、それ以前の100年に比べて、発現頻度、持続期間、強度が増大している。
- ・20世紀(1900－1995年)において、厳しい干ばつ、あるいは著しい多雨が発生した地域は、若干増加した。多くの地域で、これらの変化は、ENSOがエルニーニョ現象側により多く偏るような10年及び数十年規模の気候の変動に支配されている。
- ・アジア及びアフリカの一部のように、干ばつの発現頻度と厳しさが、ここ数十年で増加したことが観測されているところがある。



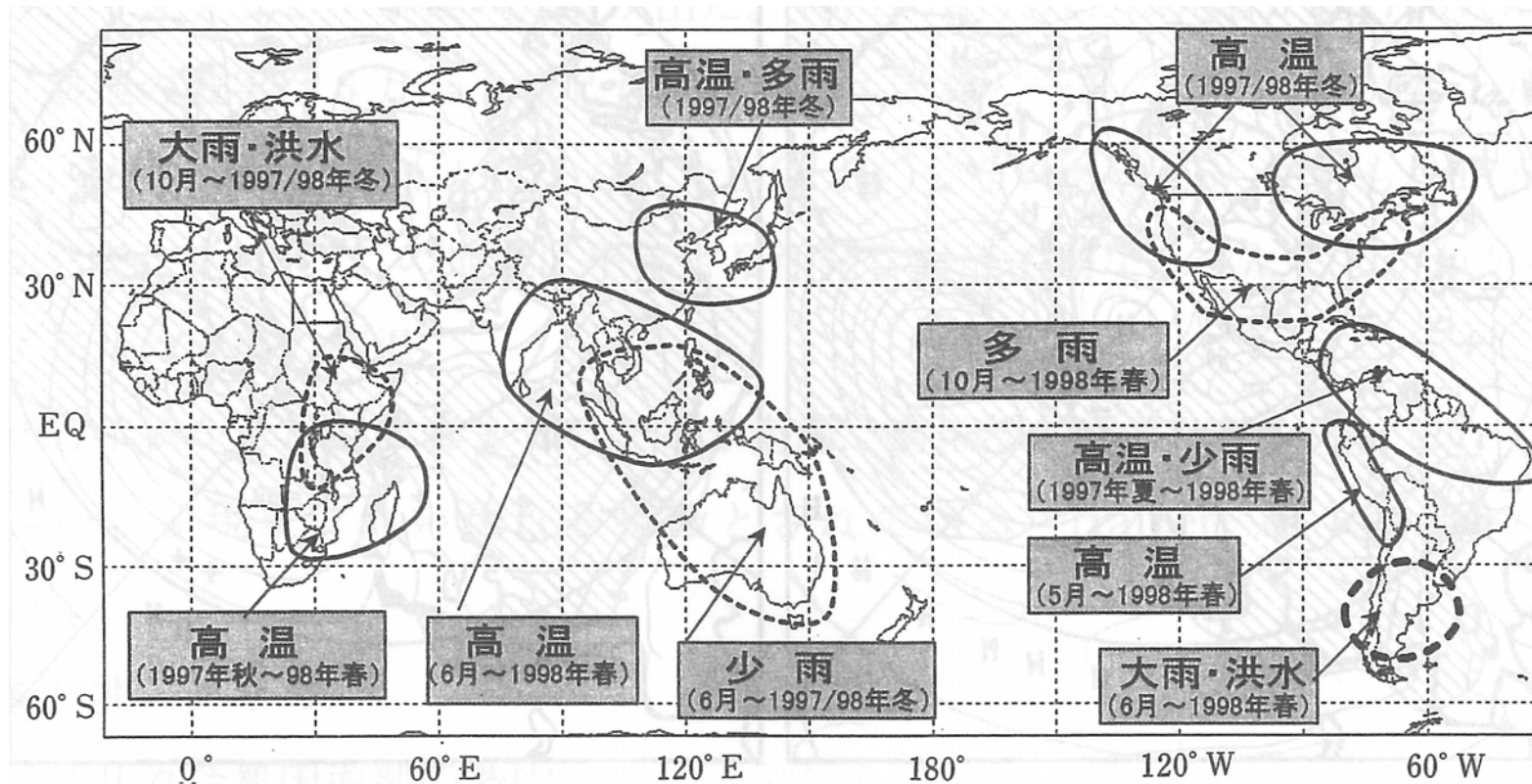
アフリカ各国のトウモロコシ収穫量と干ばつ、エルニーニョとの関係 (IPCC, 1998等より作成)

エルニーニョの発生状況

エルニーニョ監視海域における海面水温の基準値との差(°C)。折線:月平均値、滑らかな太線:5か月移動平均値。エルニーニョ現象の発生期間は赤、ラニーニャ現象の発生期間は青。



1997/1998年のエルニーニョによる 世界各地の影響



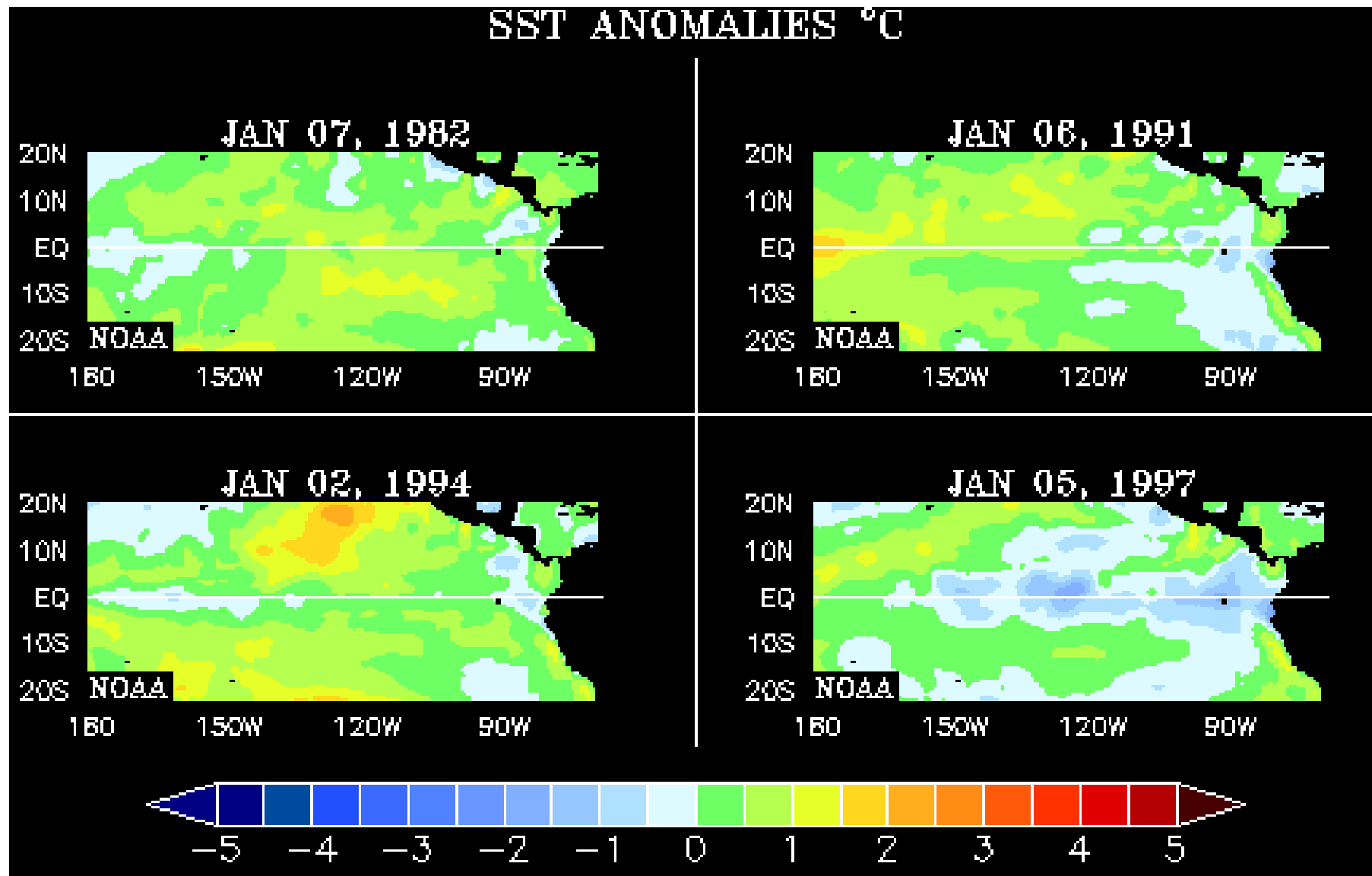
出典) 気候影響・利用研究会 (1999)

- 東アジア (日本・中国) の高温多雨
- 東南アジア・オーストラリアの干ばつ～インドネシアの林野火災
- アフリカ東部の豪雨 (ソマリアの洪水死者は約1700人に達した。)
- 南米北部の高温・少雨～森林火災の多発、パナマ運河の航行制限、キューバの干ばつ
- 南米南部の大雨～チリ、アルゼンチン、ブラジル南部で洪水・土砂崩れが発生

エルニーニョ現象発生時の天候の特徴

発生時期	気温/降水	特 徴
夏（6～8月）	気温	中東～東アジアの中緯度帯に帯状の低温傾向の領域が広がり、この南側のインドで高温傾向となる。
	降水	インドやインドネシア付近、オーストラリアなどの広い範囲で少雨傾向が見られ、赤道太平洋中部では多雨傾向となる。
		日本や中東～ヨーロッパ南部で多雨傾向が見られ、これらに隣接する中国内陸部やヨーロッパ中部で少雨傾向となる。
		北アメリカ西部で多雨、東部で少雨傾向
		アフリカや南米で少雨
冬（12～2月）	気温	アジア南部で高温傾向。中国北東部から東シベリアにかけて低温傾向。日本付近では高温傾向。北米や南米、アフリカ南部などで高温傾向。
	降水	日本付近や中央アジア付近で多雨傾向。南米の南部やアメリカ合衆国南部なども多雨傾向。太平洋西部熱帯域やオーストラリアなどの広い範囲では少雨傾向。

エルニーニョ発生時の海水温の変化



出典)NOAA

3. 異常気象等の発生状況

北極圏の氷河、海氷

○イルサート氷河（グリーンランド中部西岸）が過去数年で10km以上も縮小

（2004年8月、気候変動に関する非公式会合）

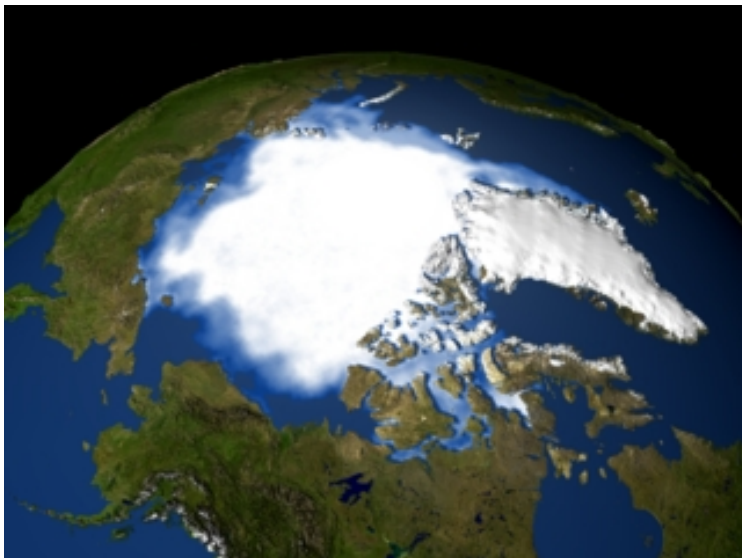
○北極では大幅な気温上昇により、大量の氷が消滅

（2004年11月、北極協議会：北極圏気候影響アセスメント報告書）

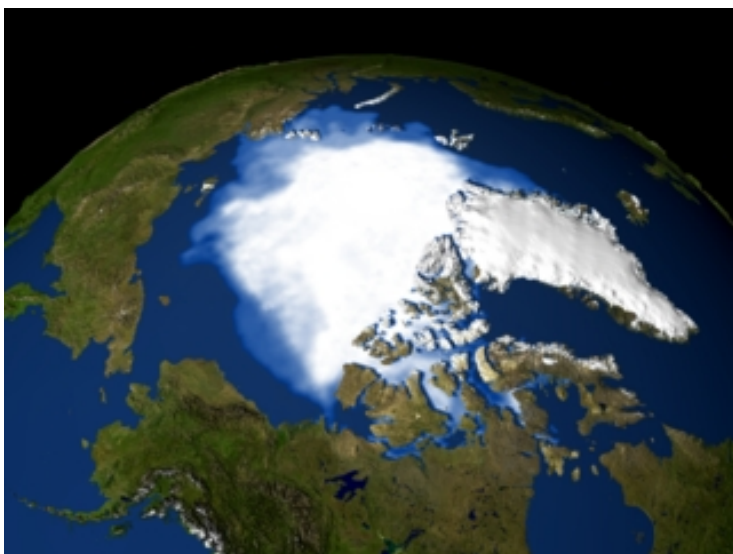
温暖化により北極の氷は早いスピードで融けており、過去30年で夏期の海氷の面積は20%減少。今世紀末までに、気温は4～7度上昇し、夏期の海氷面積は50%以上減少、グリーンランドの氷も減少

○減少を続ける北極海の氷が、2004～05年の冬季は観測史上初めて、冬季にも十分に回復できなかった

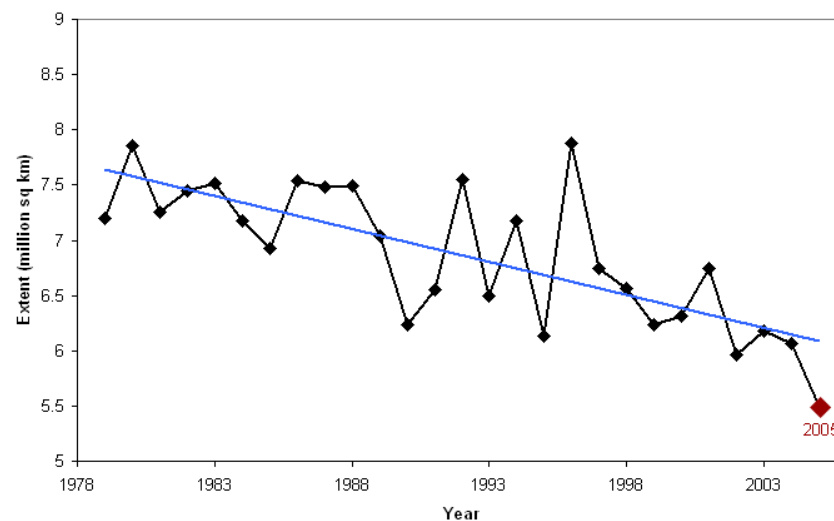
（2005年3月、米国雪氷データセンター）



北極の海氷(1979－1981年3年間の平均)



北極の海氷(2003－2005年3年間の平均)



9月の氷面積の変化傾向(1978－2005年)

出典: NASA/Goddard Space Flight Center
Scientific Visualization Studio
National Snow and ICE Data Center

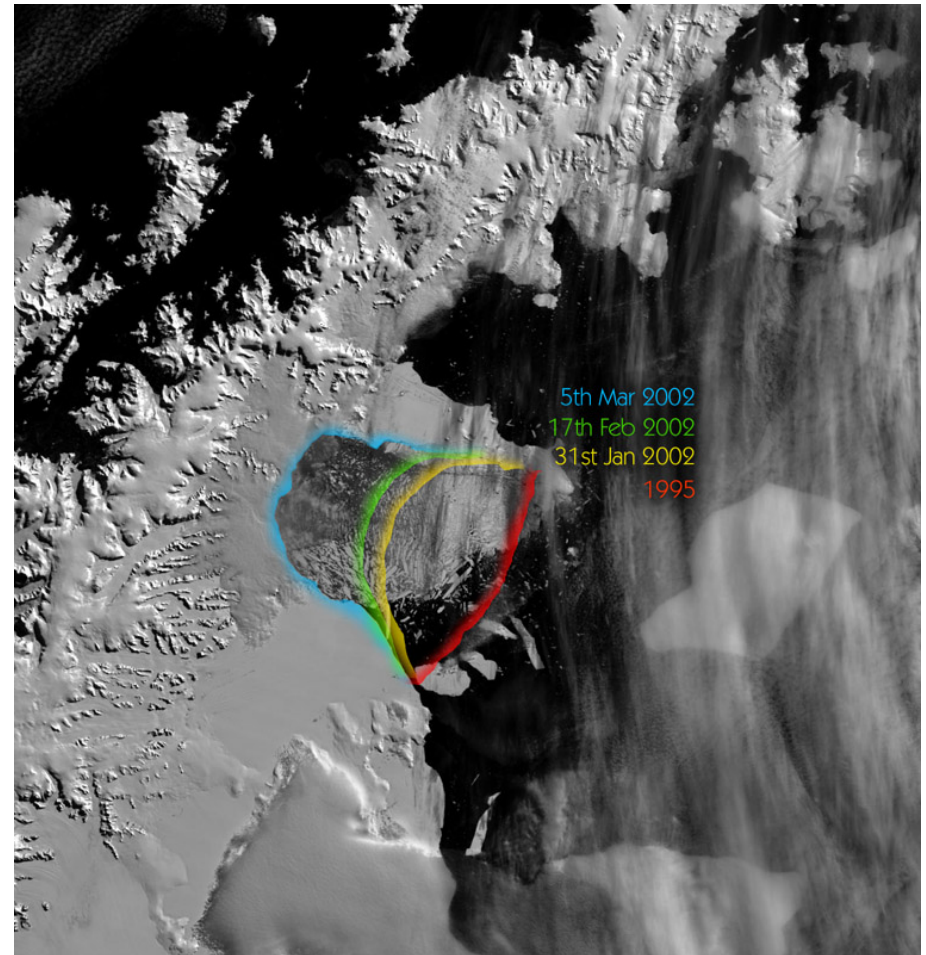
南極の棚氷や氷床

○南極の氷河流が加速(2004年9月24日 Science)

西南極のアムンゼン海に流れ込む6つの氷河が、この15年間に流れる速度を速めている

○南極半島のラルセンB棚氷の崩壊 (2005年8月4日、Nature)

最近の崩壊(2002年1月)は、完新世(約10000年前から現在)には先例のないものであり、氷が長期にわたり薄くなってきたことが、棚氷の崩壊を引き起こした



出典) The British Antarctic Survey and
National Snow and Ice Data Center

○南極域の海水域面積の推移(気象庁 気候変動監視レポート2004) (減少・増加などの)目立った長期的傾向は見られない

世界の氷河が大幅に縮小している

○後退するヒマラヤ氷河、消滅するキリマンジャロの氷

(2005年3月、WWF報告書)

後退するヒマラヤ氷河、消滅するキリマンジャロの氷は
深刻な水不足を招く



1978年



1998年

ヒマラヤの氷河の融解

(写真: 名古屋大学環境学研究科・雪氷圏変動研究室)

世界の氷河が大幅に縮小している

○1995年から2000年の間に世界のほとんどの氷河が大幅に縮小

（2005年8月、Fluctuations of Glaciers (FoG) 報告、世界氷河モニタリングサービス）

ー26カ国約780カ所の氷河を調査

ー1995年から2000年の間にほとんどの氷河で縮小を確認。長期間の監視を続けている30の氷河の厚さは年約45センチのペースで薄くなっている。温暖化が原因。

ーヨーロッパアルプスなど世界の多くの山岳地帯で、氷河が数十年後にほとんどなくなる可能性がある

世界で洪水が多発している

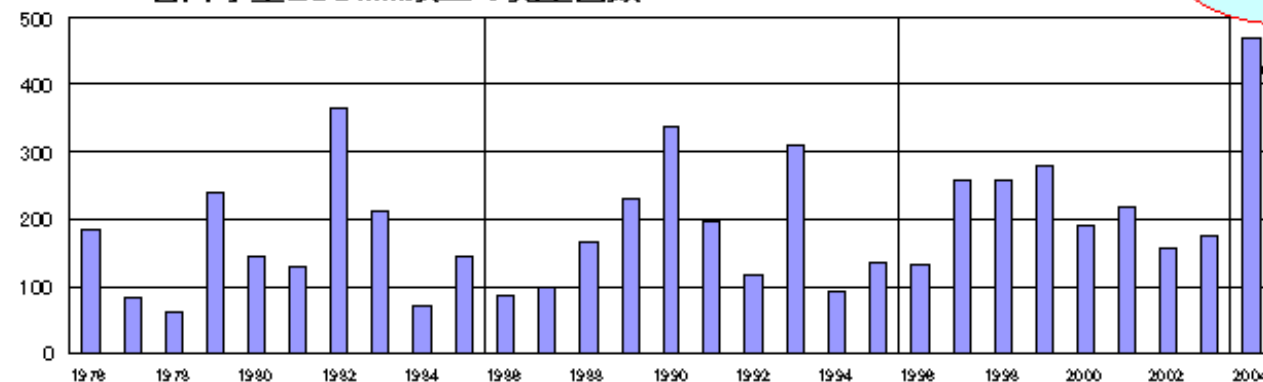
- ✓ 2002年夏、ヨーロッパでは数百年に一度という大規模な洪水。
- ✓ 人命の損失、川の堤防が壊れ、鉄道や道路、建物などにも大きな被害
- ✓ チェコ、オーストリア、ドイツ、フランスの4ヶ国で、70人以上が死亡。40万人以上が避難し、被害額は推定160億ユーロ（約2兆1,760億円）。

写真については著作権の関係上掲載しておりません。

日本でも大雨が増加傾向

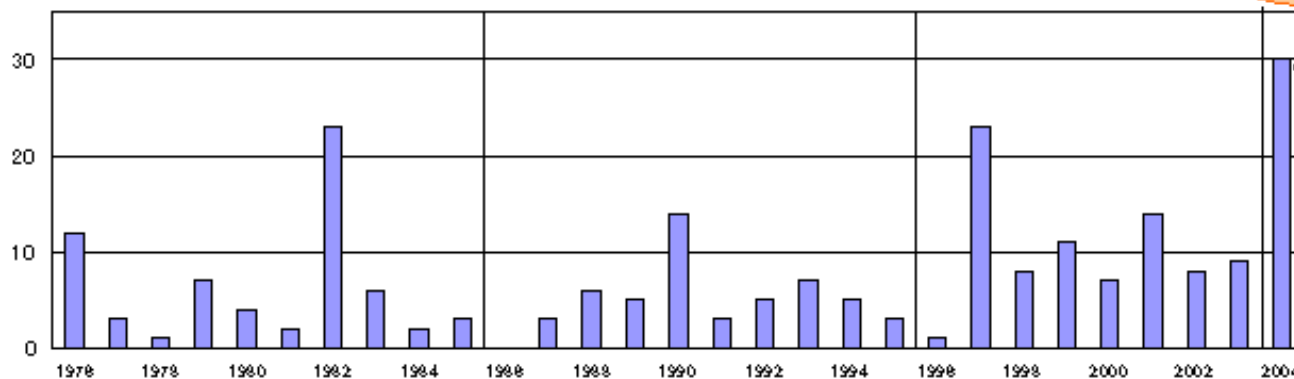
- ✓ 1時間の降水量が50mm以上の非常に激しい雨の出現回数は、年によりかなりの変動がある。しかし近年は、その変動がさらに大きくなり、回数が増加する傾向がみられる。

(回/年) 日降水量200mm以上の発生回数



2004年
469回

(回/年) 日降水量400mm以上の発生回数



2004年
30回

出典) 気象庁ホームページ
(気候変動監視レポート2004)

干ばつ

- 干ばつとは

- 長期にわたり降水量が少なく、日照りが続いて水不足の状態をいう。干ばつの深刻度は、水不足の程度、期間、被害域の広さに左右される。

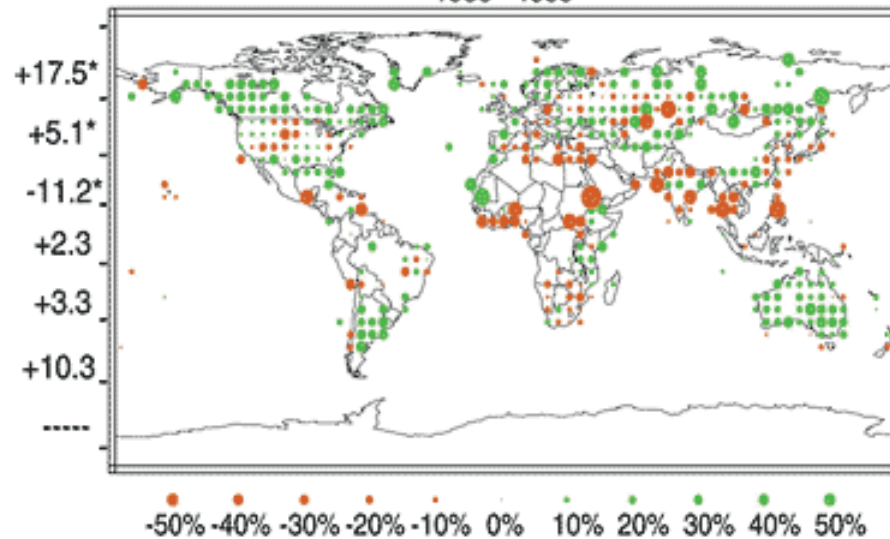
- 様々な干ばつの定義

- 気象学的干ばつ — 降水量の平年からの乖離による指標。気候の違いにより、ある地点において干ばつと分類されるものが、他の地点では干ばつとは分類されない場合もある。
 - 農業的干ばつ — ある特定の作物が必要とする土中水分量が満たされない状況。
 - 水文学的干ばつ — 地表水・地下水供給が平年以下の場合に生ずる。
 - 社会経済的干ばつ — 水量の不足が人々の暮らしに影響を及ぼし始める状況。

1900-1999年の降水量の変化

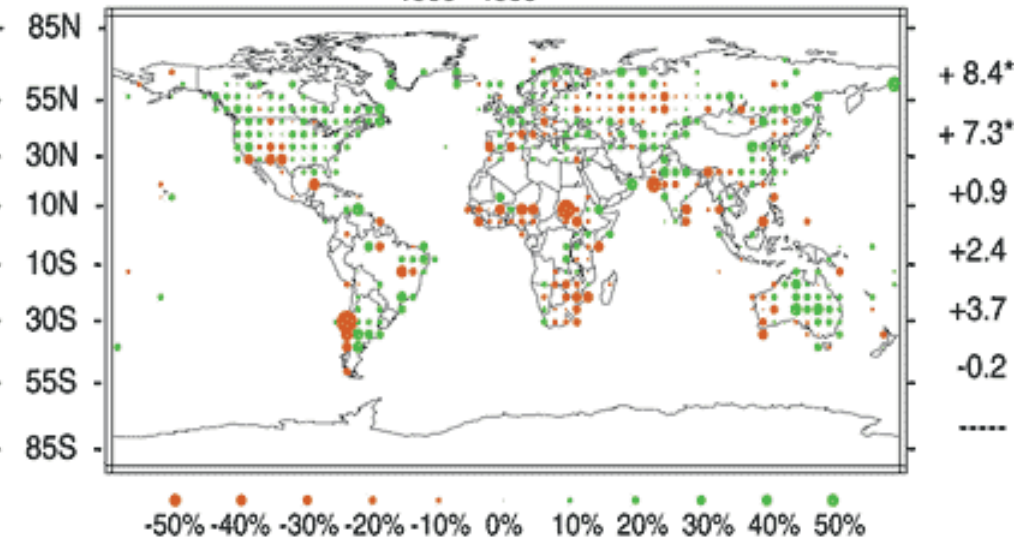
冬季

Trends (%/century) in DJF Precipitation
1900 - 1999



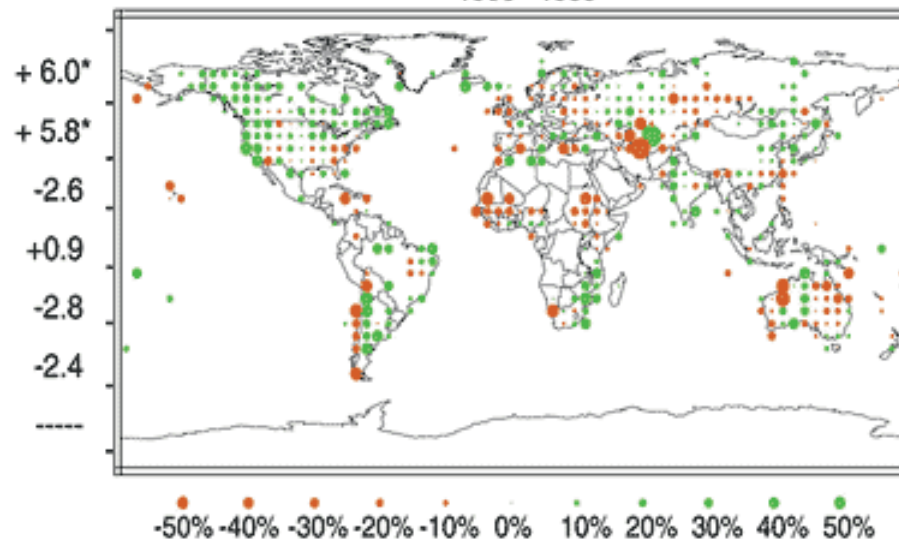
春季

Trends (%/century) in MAM Precipitation
1900 - 1999



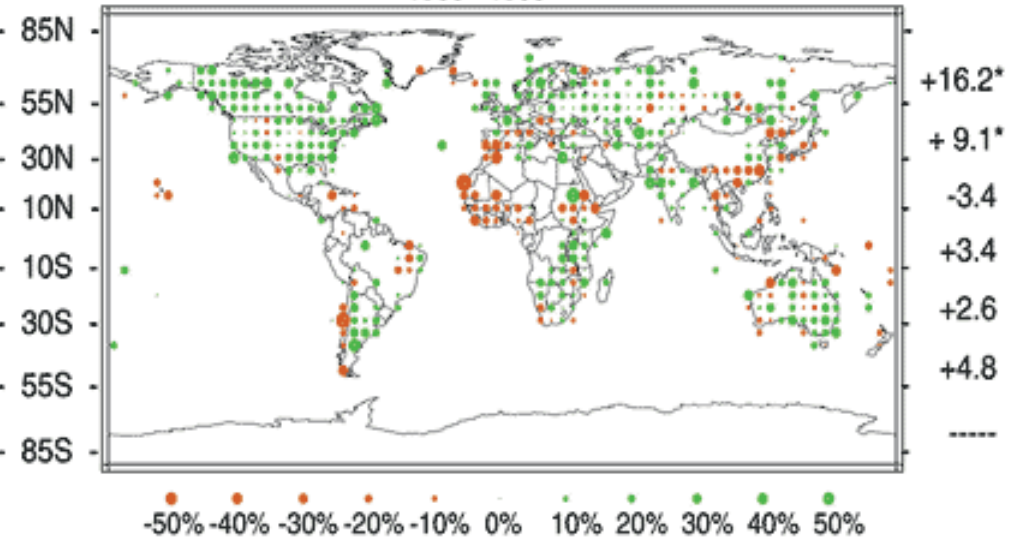
夏季

Trends (%/century) in JJA Precipitation
1900 - 1999

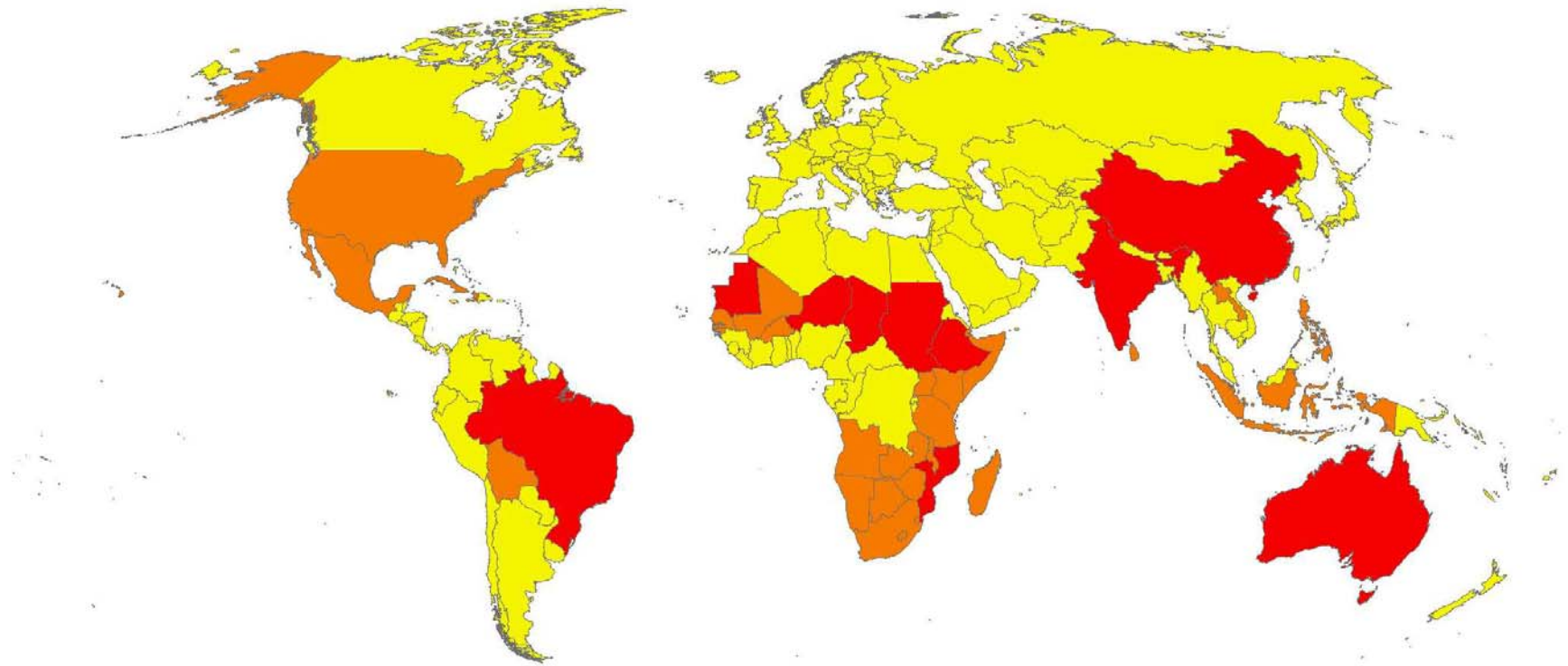


秋季

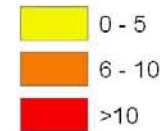
Trends (%/century) in SON Precipitation
1900 - 1999



干ばつ・飢饉の発生数(国別、1974－2003)



干ばつ/飢饉の発生数



EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database
www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium

出典) EM-DAT: OFDA/CRED

熱帯低気圧の分類

熱帯低気圧： 熱帯の海洋上で発生する低気圧。発生する海域によって呼び名が異なる。

台風： 北西太平洋で発生する最大風速が17.2m/s(34ノット)以上もの

ハリケーン： 北大西洋や北太平洋東部で発生する最大風速が33m/s以上のもの

サイクロン： インド洋で発生する最大風速が17m/s以上のもの

このほか南太平洋では「ハリケーン」や「トロピカルサイクロン」とそれぞれ呼ぶ。

最大風速 (m/s、10分間)	国際分類	日本の分類	
< 17.2	Tropical Depression (TD)	熱帯低気圧	
17.2 – 24.5	Tropical Storm (TS)	台風	
24.6 – 32.6	Severe Tropical Storm (STS)		
32.7 – 43.7	Typhoon (T)		
43.7 – 54.0			非常に強い
54.0 –			猛烈な

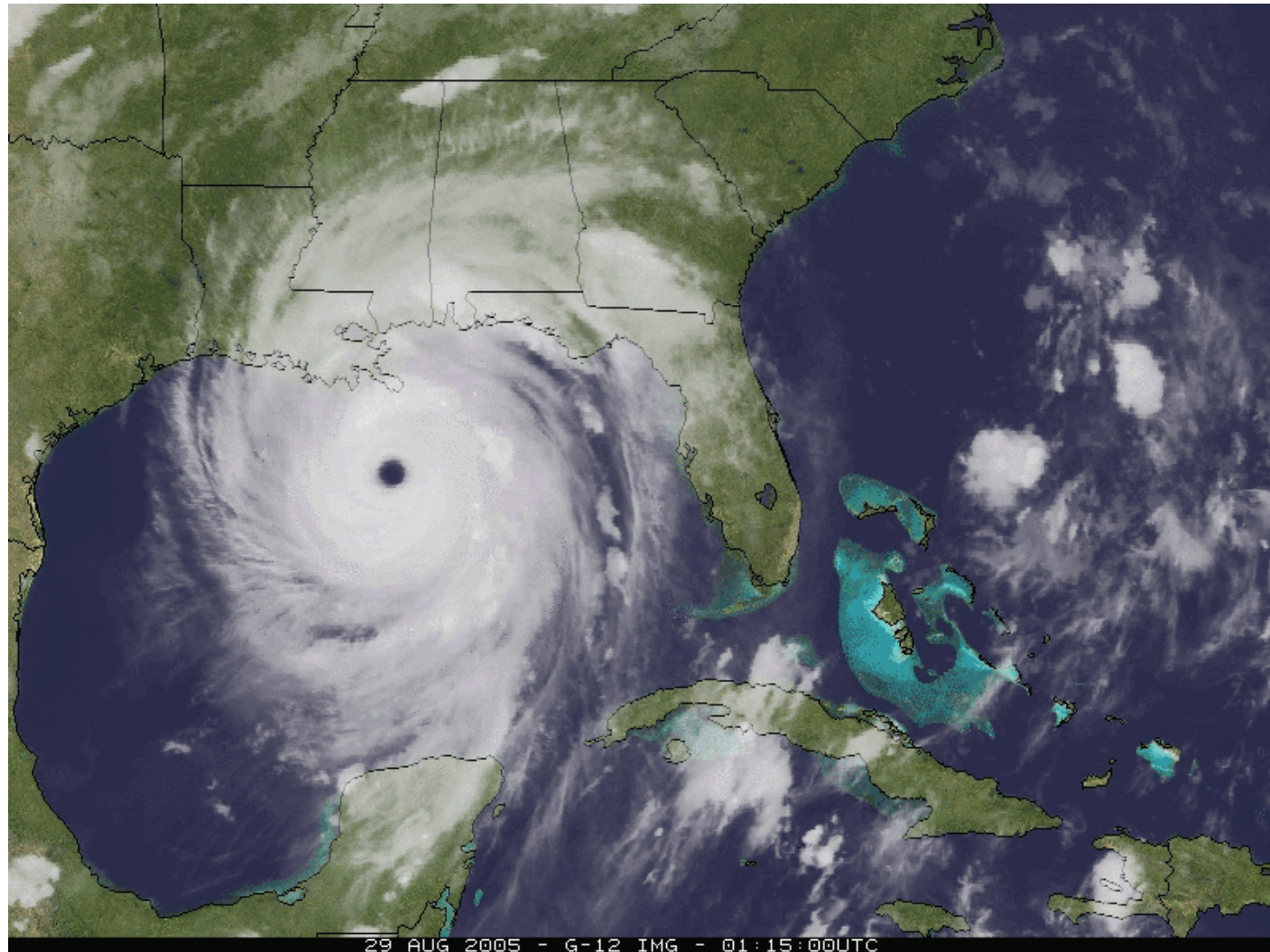
出典：気象庁

ハリケーンの種類(米国)			
Saffir-Simpson Category	最大風速 (m/s, 1分間)	最小気圧	高潮
熱帯低気圧	m/s 17以上	hPa	m
1	33-42	> 980	1.0-1.7
2	43-49	979-965	1.8-2.6
3	50-58	964-945	2.7-3.8
4	59-69	944-920	3.9-5.6
5	70+	< 920	5.7+

出典：US National Hurricane Center

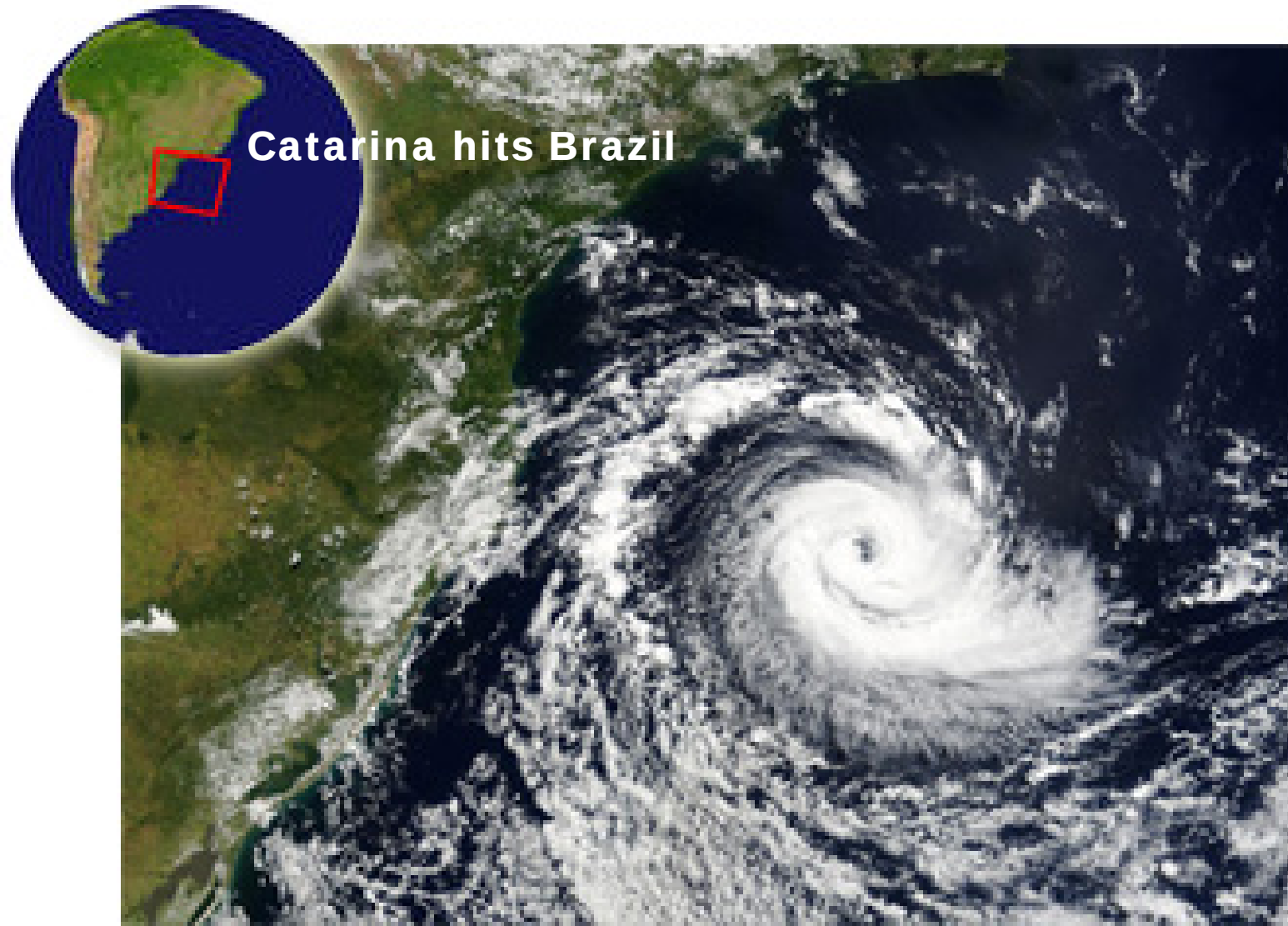
カテゴリー5に発達したハリケーン・カトリーナ

カトリーナ(Katrina)は上陸(2005年8月29日)直前に、中心気圧902ヘクトパスカル、最大風速約75メートル、最大瞬間風速約90メートルを記録。風速25メートル以上の暴風域は半径約220キロに及んだ。



出典) CIMSS

2004年3月に南大西洋でハリケーンが発生。カタリーナ(Catarina)と名付けられたが、南大西洋で発生した初めて記録に残るハリケーンの可能性あり。

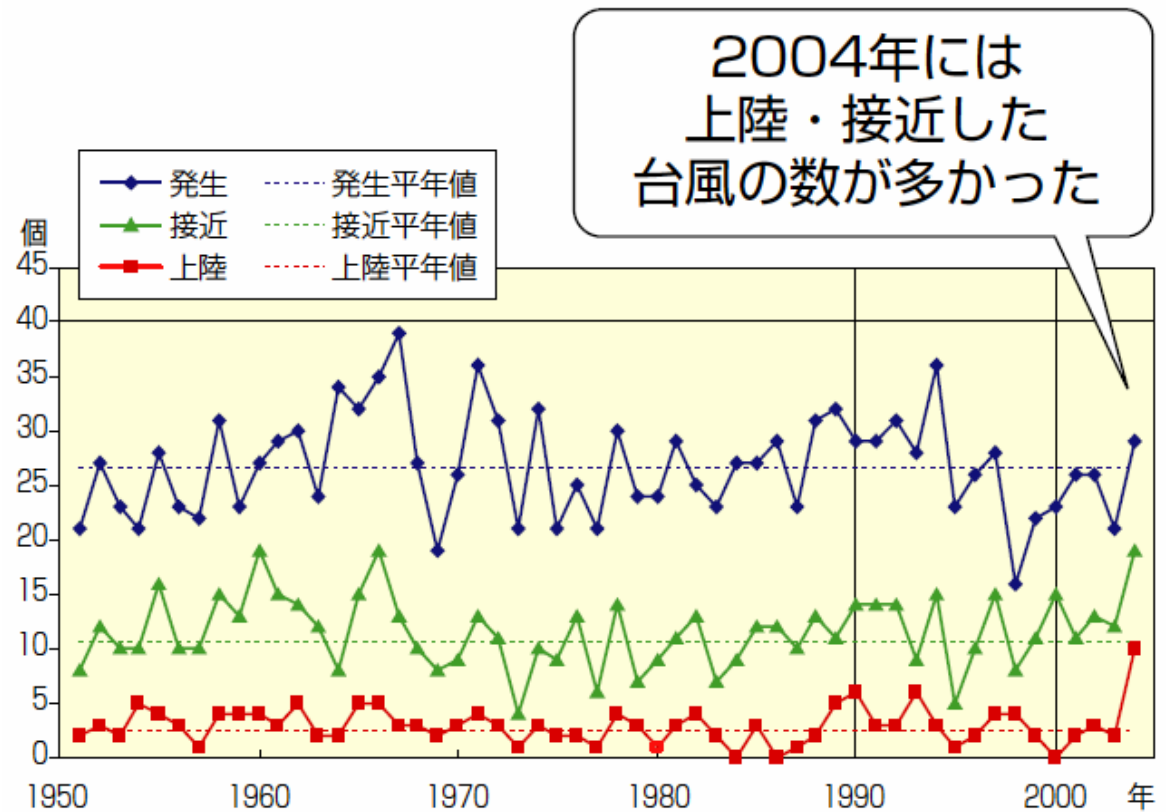


NASA/GSFC

2004年は台風が10ヶ上陸

- 2004年は、過去50年以上で台風の上陸数が最も多かった。集中豪雨も頻発

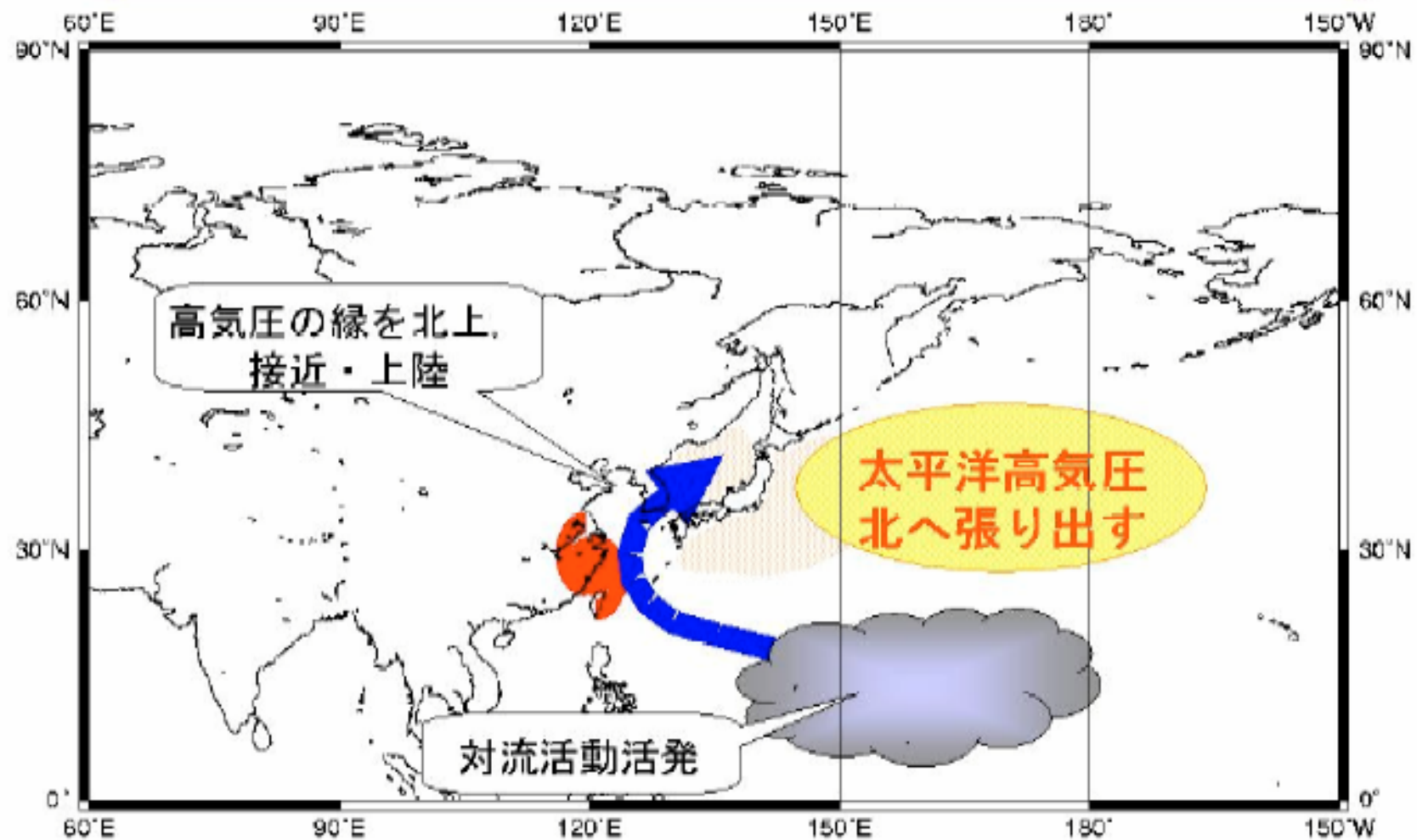
- ✓ 最多記録10個の台風上陸。甚大な被害が発生(平均台風上陸数2.7個、過去最大上陸記録6個)。



■ 台風の発生、接近、上陸個数
(文献7より)

出典) Stop the 温暖化2005
(気象庁報道発表資料より作成)

平成16年夏から秋にかけて
台風の接近・上陸相次ぐ



出典) 気象庁ホームページ

温暖化と熱帯低気圧(台風・ハリケーン)に関する 科学的知見

IPCC第三次評価報告書

- ・熱帯低気圧の発生数は、1940年代から60年代半ばにかけては多かったが、1970年代から1990年代初めには少なくなっている。1995年以降は再び増加傾向にある。約10年周期で発生頻度に変動があるが、長期傾向としての特色は認められない。
- ・気候モデルの研究から、温暖化すると発生数は減少するが、中心風力などが増加すると予測されている。

熱帯低気圧と温暖化は関係なしとする知見

ハリケーンと温暖化は関係はなく、大西洋の塩分濃度や水温が40～60年周期で変化しているため。約10年前からハリケーンの活発期に入っており、温暖化とは関係なし、あるいは関連は軽微。

・ **Chris Landsea (クリス・ランドシー、NOAA) (Bulletin of American Meteorological Society, 2005)**

台風と温暖化の関係はない。数十年周期などの自然の影響。被害が増加しているのは、人口や資産が集中したため。

熱帯低気圧が強力になっている、温暖化との関係があるとする知見

・Kevin Trenberth (ケビン・trenバース、米国大気研究センター)
(2005年6月17日、Science)

ハリケーンが発達し、強い勢力となるのに適した状況(海水温の上昇など)を、温暖化が作りだしている。カテゴリー4、5(壊滅的な被害が予想される)のハリケーンが増える。

20世紀中の海水表面温度(SST)が非線形にだが上昇している。ただSSTのみがハリケーンに影響する要因ではない。

・Kerry Emanuel (ケリー・エマニュエル、MIT)(2005年8月4日、Nature)

ハリケーンの発生から消滅までの総エネルギーを指標として解析した結果、過去30年間にハリケーンがより長寿命かつ強力になっていることがわかった。

・P.J. Webster ら(P.J. ウェブスター、2005年9月16日、Science)

過去30年間にカテゴリー4、5のハリケーンが増加した。海水温の上昇が要因の可能性。さらに検証が必要。

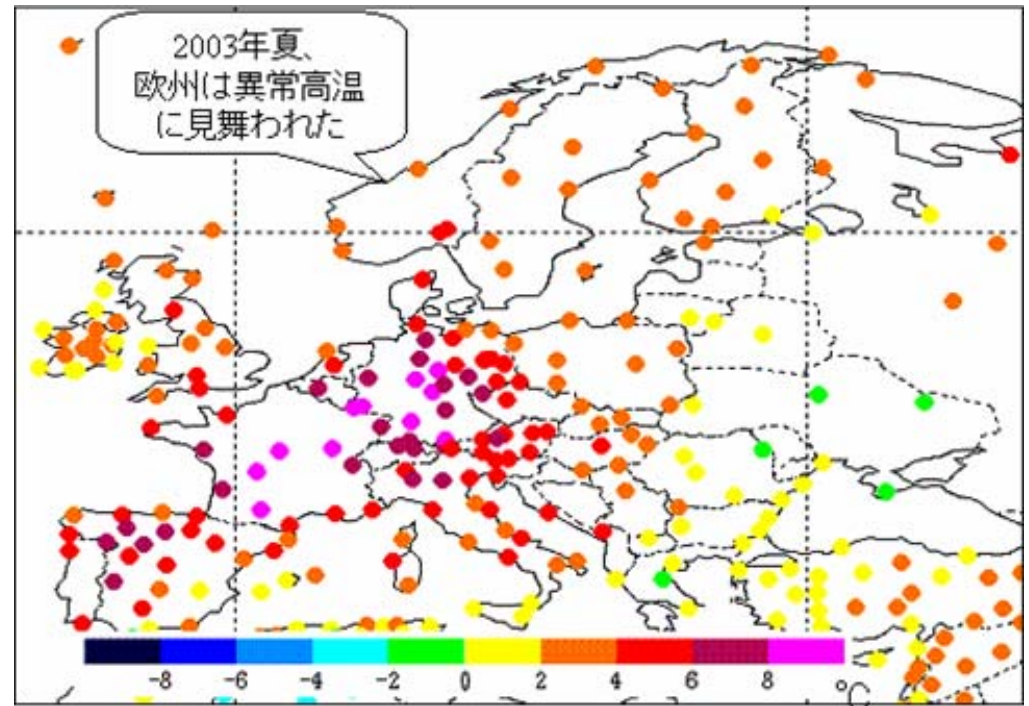
欧州の熱波は過去500年でみても 最大規模の熱波であった

— 2003年6月、7月の欧州大陸の気温は40°Cまで上がった。

— 過去の観測値の確率分布より、2003年の熱波は46000年に1度しか生起しない非常に稀なものであると見積もられる。

— 気候モデル研究では、将来に極値的気象が起きやすくなる変化(分散の増大)が欧州で予測されている。この分散変化が既におきつつあると考ええると、2003年の熱波も説明がつく。

— 温暖化は気温上昇をもたらすだけでなく、気象の変動性(すなわち異常気象の発生)を増す可能性があることに、より注意を払っていく必要がある。



欧州の平均気温平年差の分布(2003年8月
1～12日平均)

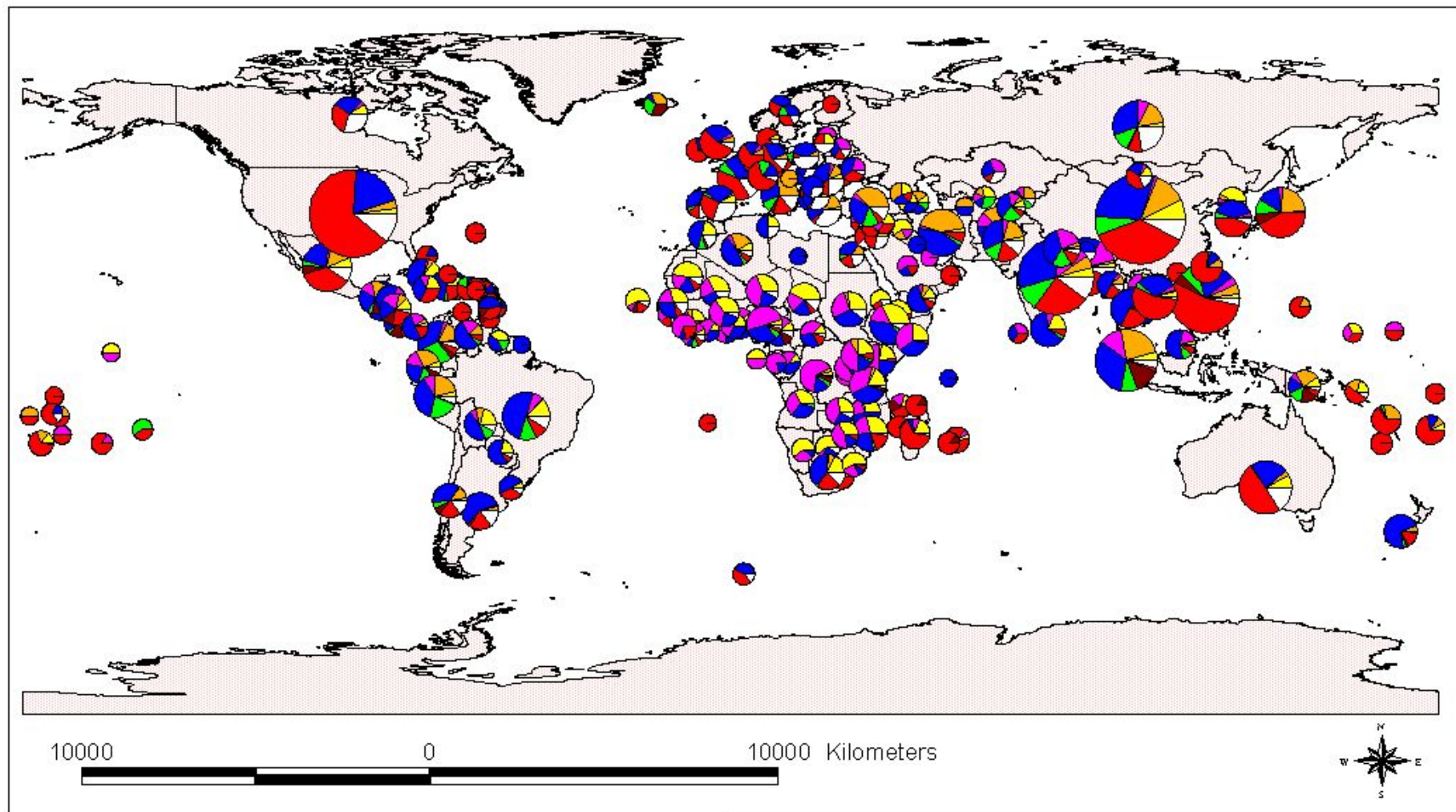
欧州では2003年6月から高温が続き、8月に入って異常高温となり、ロンドンで8月10日に37.9°C、パリで12日に40.0度を記録した(平年よりそれぞれ約17°C、16°C高かった)。

4. 異常気象の被害状況

EM-DAT (Emergency Events Database)

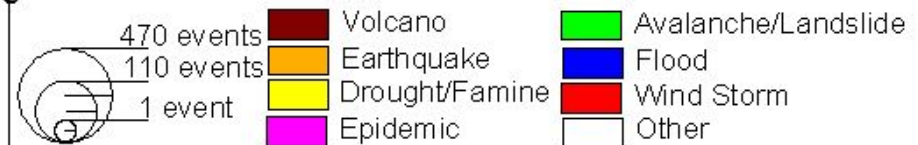
- The WHO Collaborating Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) が運営 (1988年以降)
- WHOとベルギー政府が支援
- 自然災害の記録の規準
 - 死者10人以上の災害
 - 被災者100人以上の災害
 - 緊急事態宣言がだされたもの
 - 国際的な支援が要請されたもの

自然災害による各国の死者と災害別割合(1975~2001)



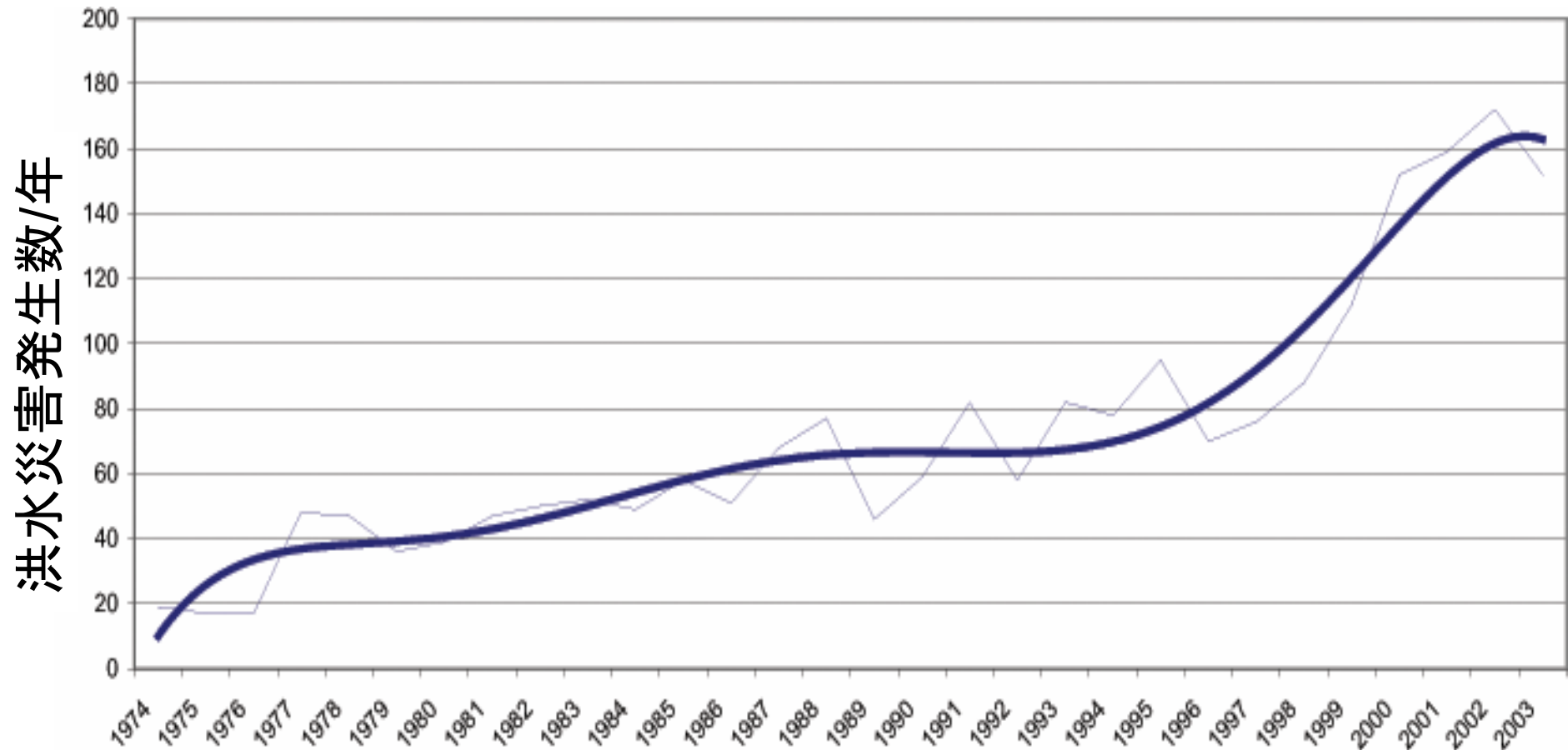
EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database
(<http://www.cred.be>; email: cred@epid.ucl.ac.be)

LEGEND



洪水災害の発生数の推移

(報告されたもの、世界、1974-2003、n=2156)



Hoyois,D and D. Guha-Sapir, D, 2004: **Disasters caused by flood : Preliminary data for a 30 year assessment of their occurrence and human impact. (EM-DAT)**

2003年欧州の熱波による死者数 (熱中症および過剰死亡による)

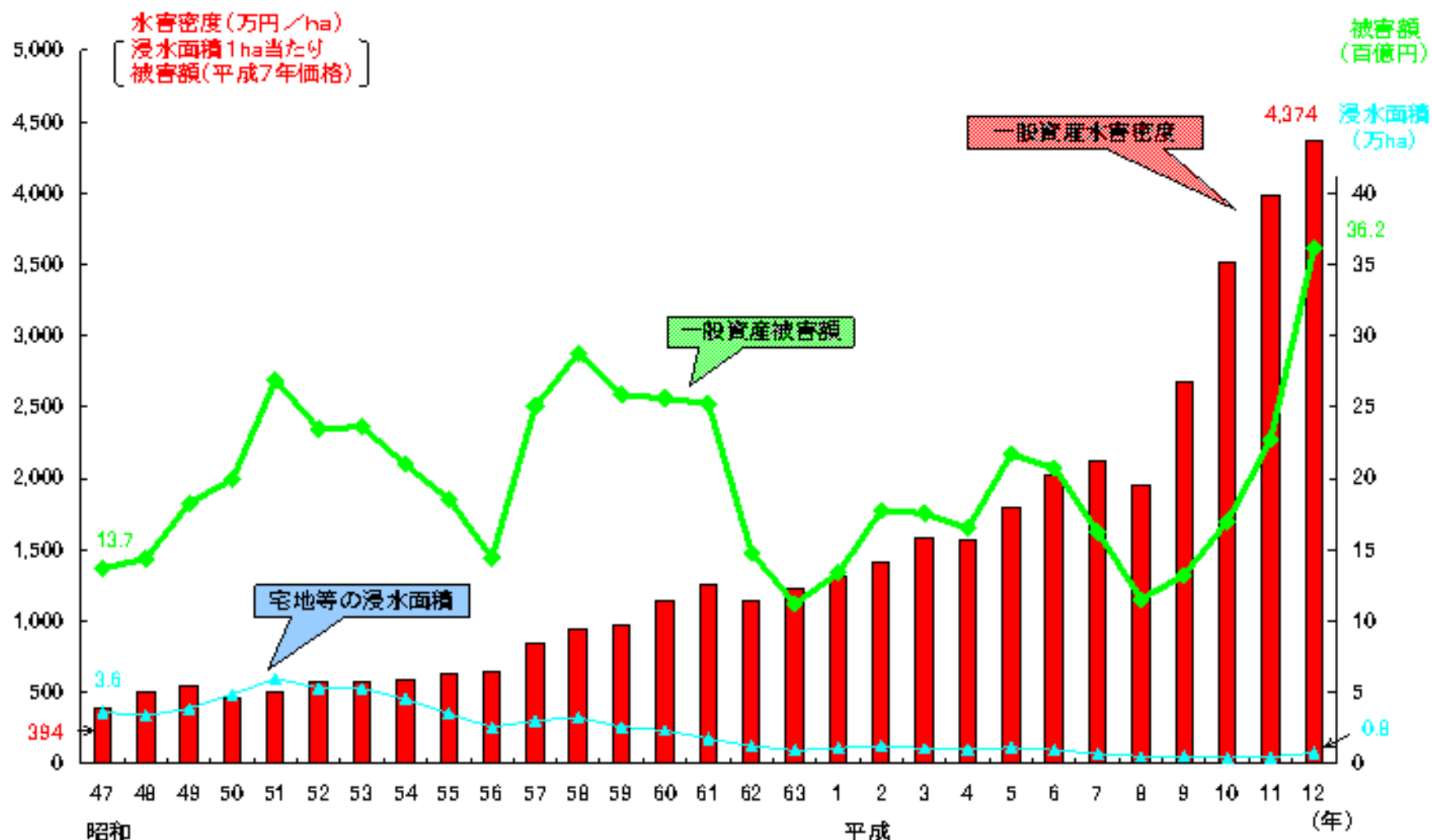
	世界保健機関 (推計、 2004)	EPI(Earth Policy Institute 推計、2003)
フランス	14,802	14,802
ドイツ	—	7,000
スペイン	59*	4,230
イタリア	3,134	4,175
ポルトガル	2,106	1,316
英国・ウェールズ	2,045	2,045
オランダ	—	1,400
ベルギー	—	150
総計	22,146	35,118

*WHOによると6000人以上の過剰死亡がスペインの熱波時に非公式に報告されているが、59人だけが熱波が原因であると認められた。

(世界災害報告2004)

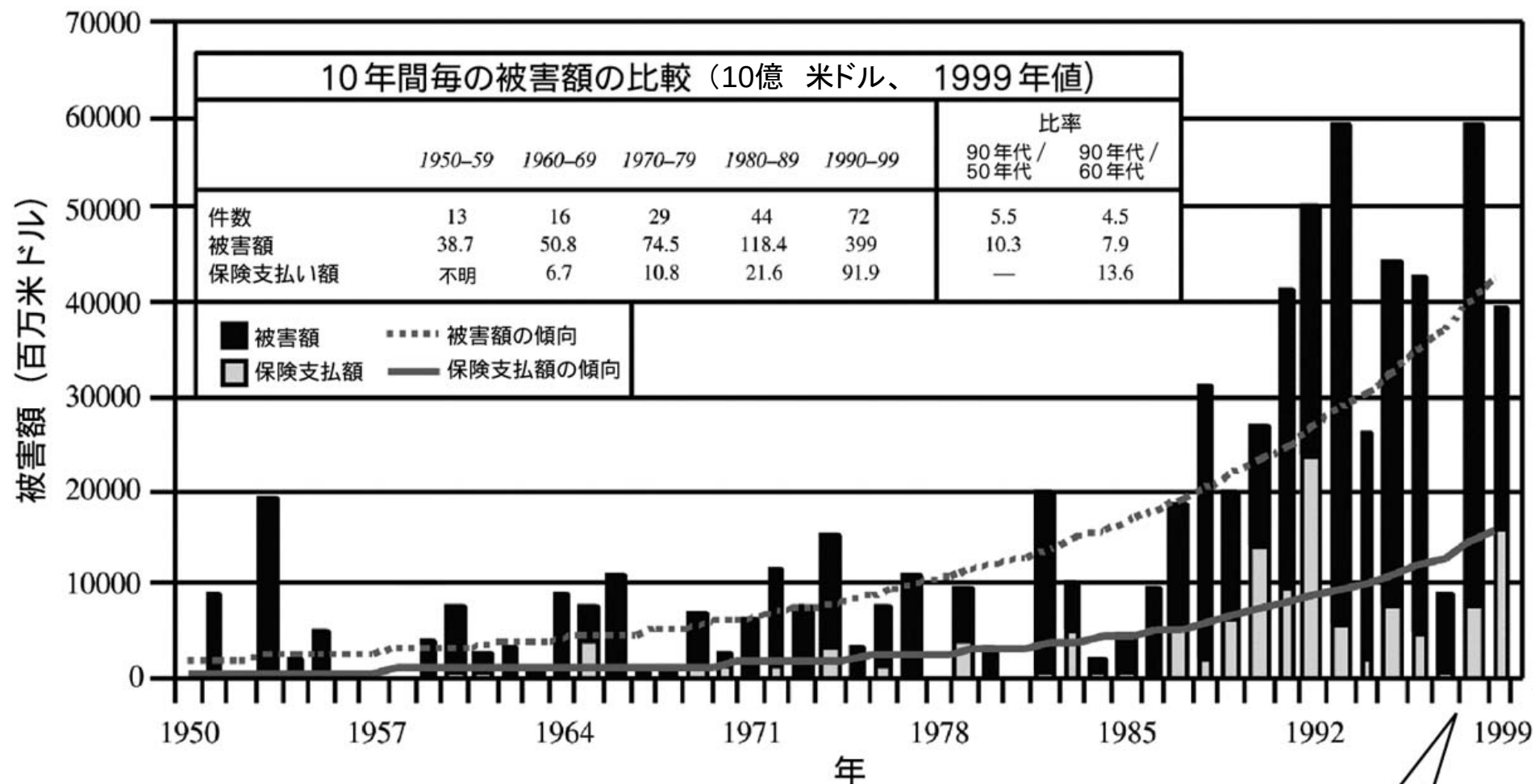
一般資産水害密度等の推移

浸水は減っているが、都市化の進展により被害は増大



出典:国土交通省河川局ホームページ

異常気象による被害額と保険支払額の推移



- ・経済的な被害額は、40億ドル/年(1950年代)から、400億ドル/年(1990年代)の10倍に増加
- ・保険支払い額は、無視できる額から92億ドルへ増加

被害額は近年に急増している

まとめ

現状の総括

- ・異常気象の発生状況(頻度、強度等)が変化しつつある。人間活動や社会への被害も増加傾向にある。

因果関係

- ・異常気象と温暖化との関係については、昨今の個々の異常気象と温暖化との関係についてはまだ不確実性が高いが、両者の関係を指摘する研究事例もでてきた。
- ・一方、気候モデルによる研究から、温暖化すると台風の数には減るが中心風力が増大するなど、温暖化の進行とともに、異常気象の発生の仕方が変化すると予測されている。

如何に対処するか

- ・異常気象は一旦発生すると多大な人命や資産に被害を及ぼし、地域経済に影響するだけでなく、国、さらには国際的な影響を及ぼす可能性もある。
- ・温暖化の進行とともに異常気象が増加する可能性が指摘されていることから、温暖化防止のため温室効果ガスの削減を早急に実施するとともに、異常気象の発生に対して脆弱な社会、都市構造を変えて行く**適応策の強化**が必要である。