

# 適応への 挑戦

## 2012

温暖化から  
日本を守る



気候変動に関する政府間パネル (IPCC) は、2007年に発表した報告書 (第4次評価報告書=AR4) で「温暖化には疑う余地がない」と断定しました。大気や海洋の世界平均温度の上昇、北極の氷及び山岳氷河などの広範囲にわたる減少、世界平均海面水位の上昇等が観測され、今や地球が温暖化していることは明らかだとしています。温暖化に対して私達がとるべき主な対応策は「緩和(温室効果ガス排出の削減)」と「適応(影響に対応した人間社会の調整)」です。このパンフレットでは、このうち、特に「適応」について、その考え方やわが国の取組を中心に、具体的な計画・事例などを紹介しています。



contents

- 第1章 地球の現状と予測される将来
- 第2章 日本の現状と予測される将来
- 第3章 進む、わが国の適応
- 第4章 国際的な取組
- 第5章 基礎的な科学的知見蓄積への取組
- 第6章 緩和と適応が融合した社会の実現

# 第1章

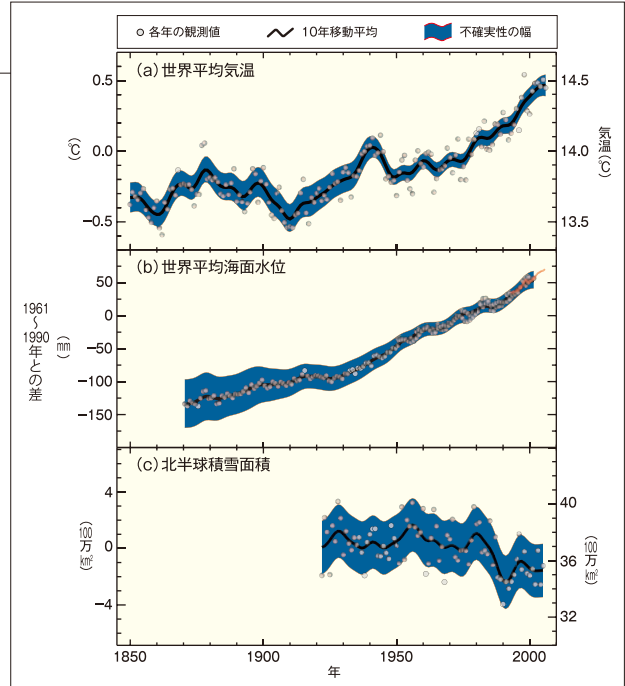
# 地球の現状と予測される将来

## 気温の上昇、海面の上昇が加速している

世界平均気温は1906～2005年の100年で0.74℃上昇し、近年になるほど温暖化の傾向が加速しています。また、世界平均海面水位の20世紀を通じた上昇量は17cmで、近年、より大きな速度で上昇しています。

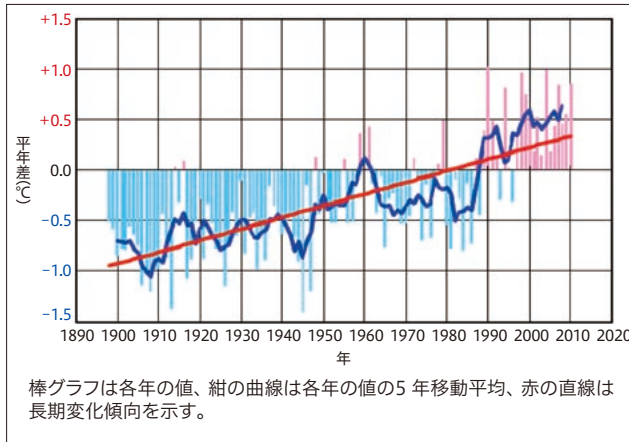
さらに、積雪や氷河・氷床などの広範囲にわたる減少が観測されています。

## ●気温、海面水位、北半球の積雪面積の変化



(出典1より)

## ●日本の年平均気温の年差の経年変化



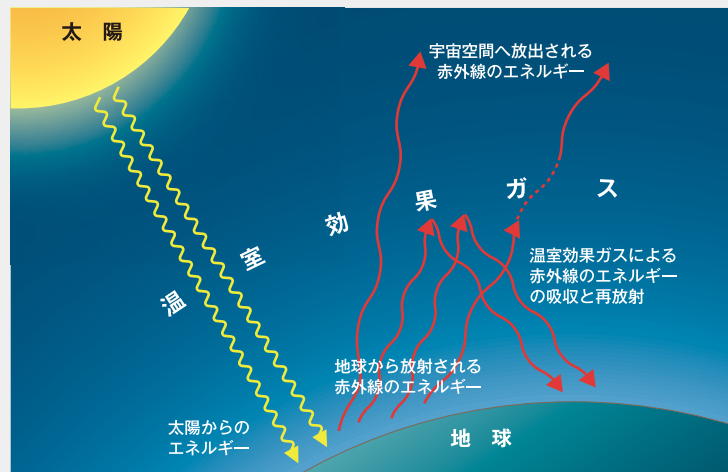
(出典2より)

## 日本でも気温が上昇している

日本の平均気温も、1898～2010年の観測結果によると、100年あたり1.15℃の割合で上昇しています。また、記録的な高温となった年の多くが1990年代以降に集中しています。

## 温室効果のメカニズム

現在の地球の平均気温は約14℃です。これは、右図のように、二酸化炭素や水蒸気などの「温室効果ガス」のはたらきによるものです。もし、温室効果ガスが全く存在しなければ、地球表面から放射された熱は地球の大気を素通りしてしまい、その場合の平均地球表面温度は約-19℃になるといわれています。このように、温室効果ガスは生物が生きるために不可欠なものです。しかし、産業革命以降、人間は石油や石炭等の化石燃料を大量に燃やして使用することで、大気中への二酸化炭素の排出を急速に増加させてしまいました。このため、温室効果がこれまでよりも強くなり、地球表面の温度が上昇しています。これを「地球温暖化」と呼んでいます。



(出典3より)

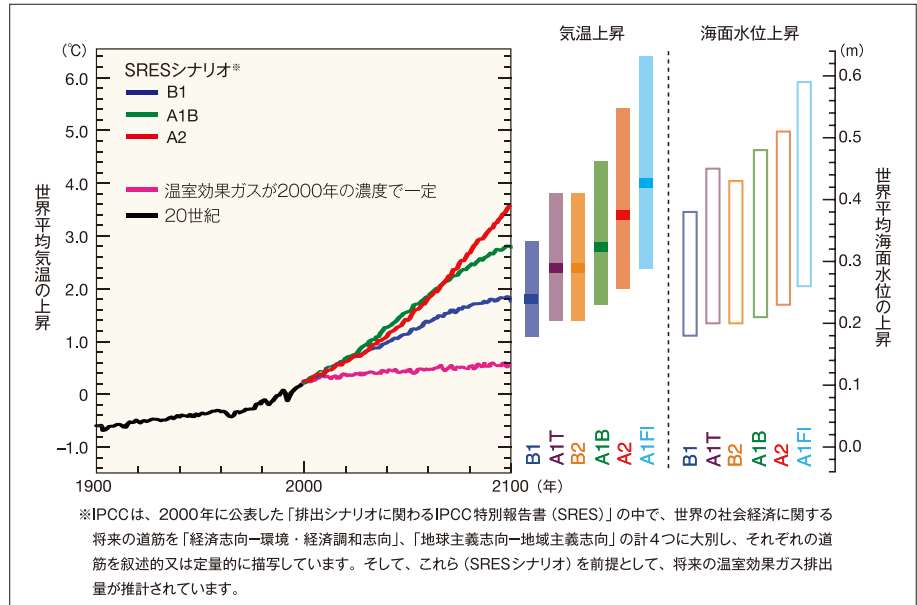
さまざまな手法を使った観測や解析で、地球が温暖化をしているという事実が明らかになりました。IPCC※第4次評価報告書によって、現状の地球、そして温暖化が進んだ場合の将来予測が示されています。

※IPCC=「気候変動に関する政府間パネル」(Intergovernmental Panel on Climate Change):1988年に設立された国連の組織で、地球温暖化に関する最新の知見を収集、評価し、報告書等にまとめて、政策決定者をはじめ広く一般に提供することを目的とする政府間組織

## 気温、海面水位がさらに上昇する

世界平均気温の上昇は、21世紀末までに、環境の保全と経済の発展が地球規模で両立する社会(最も気温上昇の小さいB1シナリオ)では約1.8°C(1.1~2.9°C)、化石エネルギーを重視しつつ高い経済成長を実現する社会(最も気温上昇の大きいA1FIシナリオ)では約4.0°C(2.4~6.4°C)と予測されています。( )内の数字は可能性の高い予測幅です。今後約20年間は、シナリオの違いに関係なく、0.4°C気温が上昇すると予測されています。世界平均海面水位は、21世紀末までに、B1シナリオでは0.18~0.38m、A1FIシナリオでは0.26~0.59m、上昇すると予測されています。

### ●世界平均気温と世界平均海面水位の予測(1980~1999年と比較した気温と海面水位の上昇)



※IPCCは、2000年に公表した「排出シナリオに関わるIPCC特別報告書(SRES)」の中で、世界の社会経済に関する将来の道筋を「経済志向-環境・経済調和志向」、「地球主義志向-地域主義志向」の計4つに大別し、それぞれの道筋を叙述的又は定量的に描写しています。そして、これら(SRESシナリオ)を前提として、将来の温室効果ガス排出量が推計されています。

(出典1より)

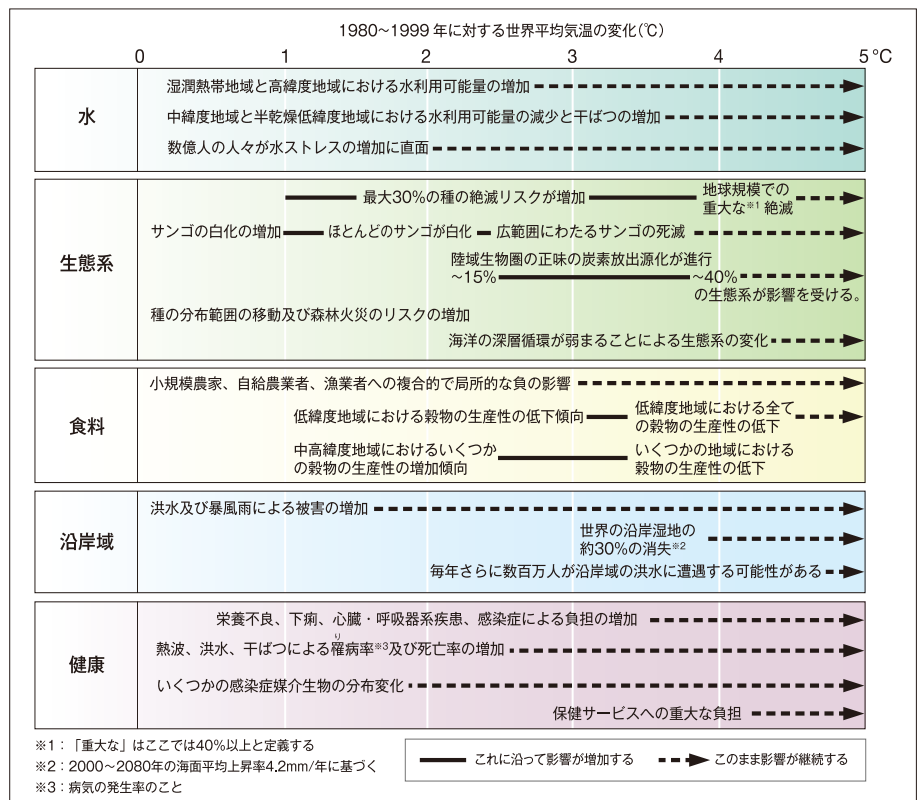
## わずかな気温上昇でも温暖化の悪影響を被る地域・分野がある

IPCC第4次評価報告書では、気温の上昇量とそれに伴う主要な影響を、右の表のようにまとめています。この表では、各文章が始まる左端の位置が、その影響が始める気温上昇量であることを示しています。

例えば、中緯度地域や半乾燥低緯度地域における水利用可能量の減少や干ばつの増加、サンゴの白化の増加、沿岸域における洪水や暴風雨による被害の増加、感染症の媒介生物の分布変化など、地域や分野によっては、たとえ0~1°C程度の気温上昇であっても、温暖化の悪影響を被ります。

こうした脆弱な人間社会や自然環境の存在を考慮すると、「世界平均で何°Cまでの気温上昇であれば問題はない」という線を引くことは難しく、可能な限り温暖化を緩和することが、必要であることがわかります。

### ●世界平均気温の変化に対応した主要な影響



(出典1より)

## 第2章

# 日本の現状と予測される将来

## 現在生じている影響

### 農作物の被害が生じている

農業生産現場において、高温障害による品質低下など様々な影響が報告されています。

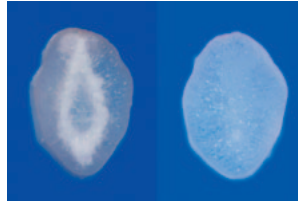
その一例として、コメでは、夏の高温により、粒の内部が白く濁る白未熟粒や胴割粒などコメの品質低下が報告されています。白未熟粒や胴割粒は、登熟期（夏に穂が出て籾の中にコメができた後に、コメにデンプンが蓄積する時期）の高温により発生が増加します。

トマトなど果菜類では、夏の高温により花粉の機能に障害がでることなどから、花落ち等花のつく割合、実のつく割合が低下する着花・着果不良などが報告されています。

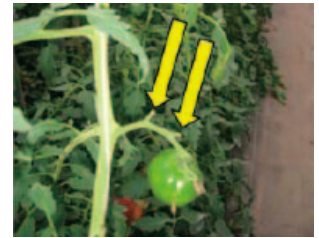
うんしゅうみかんでは、秋から冬にかけて高温・多雨で推移することで、果皮と果肉が分離する浮皮の発生が報告されています。浮皮の果実には、貯蔵・輸送中の腐敗、食味の低下などのリスクがあります。

ぶどうでは、全国で夏から秋にかけての成熟期が高温で推移することで、果実の着色不良が報告されています。これは、果実の色素であるアントシアニンの合成が抑制されることで発生します。

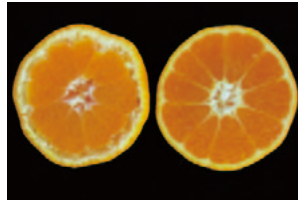
### ●農作物の被害



白未熟粒（左）と正常粒（右）の断面



トマトの花落ち



うんしゅうみかんの浮皮（左）健全果（右）



着色不良のぶどう

（出典4、22より）

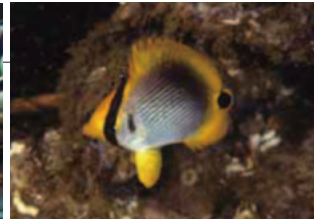
### 海の生態の変化

日本周辺の海において、水温の上昇に伴い、北方系の種の減少や、南方系の種の増加・分布域の拡大が報告されています。例えば、サワラは、1990年代前半までは東シナ海を中心に分布し、日本海で漁獲されることはまれでしたが、2000年以降には日本海での漁獲が増加しています。このような分布の変化が温暖化の影響であるかどうかはまだわかりませんが、今後さらに温暖化が進行した場合の水産業等への影響が懸念されています。また、東京湾では、東南アジア原産であ

### ●ミドリイガイとチョウチョウオ



ミドリイガイ



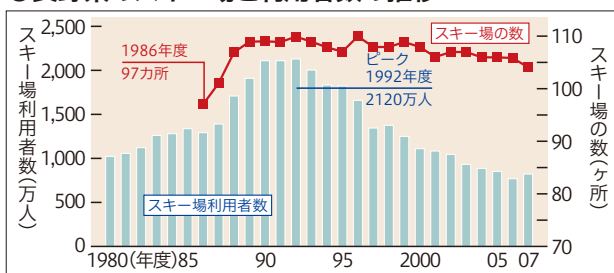
チョウチョウオ

るミドリイガイの越冬個体が増えているほか、夏だけ記録されていたチョウチョウオが最近では11月まで見られるなどの変化が生じています。

（出典5より）

### 観光産業への影響

#### ●長野県のスキー場と利用者数の推移



（出典6より）

スキー場の利用者数が減少傾向にあり、スキー場の数も減っています。主な原因として、一時期のスキーブームが過ぎ去ったことと、レジャーの多様化などが指摘されていますが、雪不足による営業期間の短縮も大きな要因とみられています。スキー場が冬の重要なレジャー産業である長野県では、1980年代後半のスキーブームをきっかけにスキー場や利用者数が増加しましたが、1992年度をピークに減少しています。今後、ウインターリゾートは、温暖化による雪不足への対応が、重要な課題となる可能性があります。

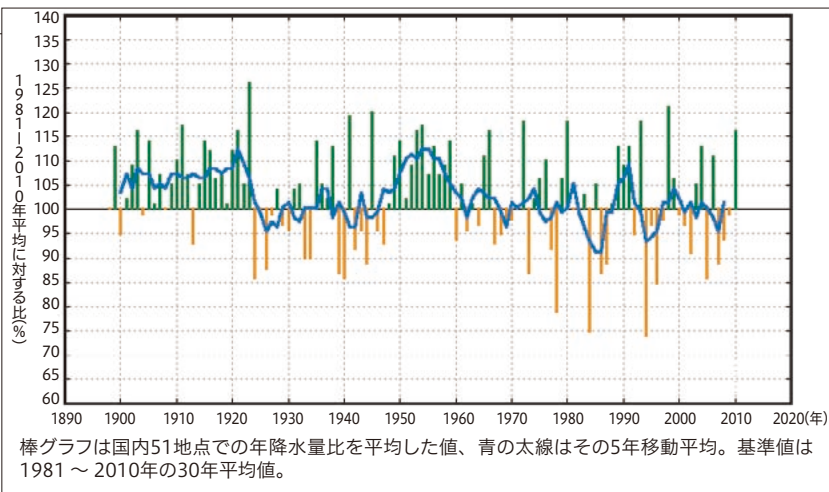
（出典7より）

日本においても、特に今世紀に入って以降、温暖化が原因ではないかと考えられる様々な影響が現れつつあります。これらの事象の中には現時点では必ずしも温暖化の影響と断定できないものもあります。しかし、将来、温暖化が進行すれば、これらの事象が頻発する可能性があり、それによって甚大な被害が及ぶことが懸念されます。

## 渇水・洪水のリスク拡大

近年、年降水量が極端に少ない年が増えるとともに、少ない年と多い年の年降水量の差が次第に大きくなる、つまり、変動の幅が拡大する傾向がみられます。変動の幅が広がることによって、渇水と洪水が発生するリスクが同時に大きくなります。

●日本の年平均降水量比(1898~2010年)



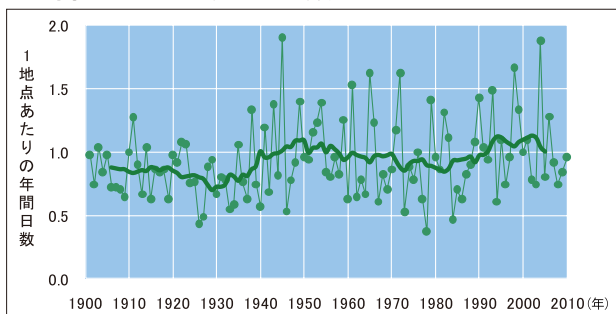
(出典2より)

## 大雨が増加している

日降水量の観測結果から、日降水量100mm以上の大雨が増加傾向にあることが明らかとなっています。

最近30年間で1900年代初頭の30年間を比較すると、このような大雨の日数は約1.2倍に増加しており、これには温暖化が影響している可能性があると考えられています。

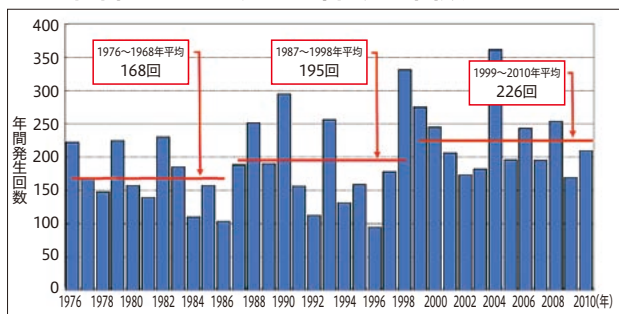
●日降水量100mm以上の日数



(出典2より)

また、1時間降水量の観測結果からは、1時間降水量50mm以上の短時間強雨が増加傾向にあることがわかりますが、データの観測期間が約30年間と短いため、温暖化の影響によるものかどうか現時点ではまだ明らかではありません。

●1時間降水量50mm以上の年間発生回数(1000地点あたり)

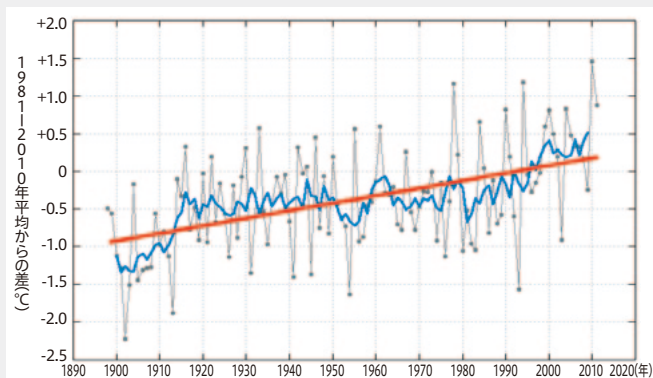


(出典2より)

## 2010年は記録的な猛暑に

2010年の夏(6月～8月)の日本の平均気温の偏差(1981～2010年平均値からの差)は1.46℃でした。夏の気温としては統計を開始した1898年以降で、第1位の高い記録となりました。このように、2010年夏の日本が記録的な高温になったのは、期間を通して冷涼なオホーツク海高気圧や寒気の影響をほとんど受けなかったこと、梅雨明け後、上空の偏西風が日本付近で平年よりも北に偏って流れ、勢力の強い太平洋高気圧に覆われたこと、エルニーニョ現象の影響で北半球中緯度の対流圏全体で気温が上昇したこと等の要因が重なったことに加え、背景として温暖化の影響があったものと考えられています。

●日本の6～8月平均気温偏差



(出典52より)

# 将来予測される影響

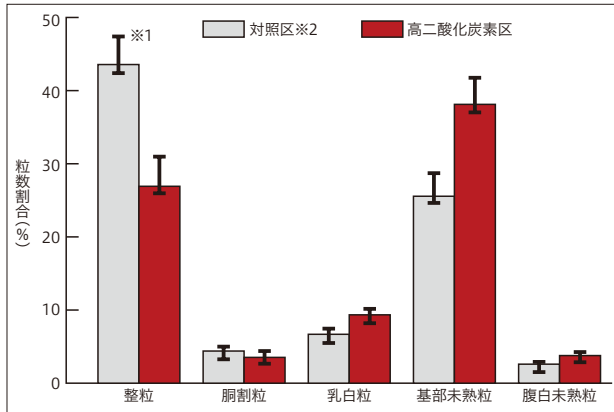
## コメの品質への影響

近年の温暖化傾向により、高温障害によるコメの品質低下が大きな課題になっています。50年後に想定される高い二酸化炭素濃度によるコメの収量や品質の影響について、記録的な猛暑となった2010年に調べたところ、二酸化炭素濃度が高くなることでコメの収量は増加（施肥効果）しますが、白

未熟粒<sup>みじゅくりゅう</sup>の割合が著しく増加し、コメの品質を左右する整粒率は大幅に低下することがわかりました。

今後の温暖化の進行に伴うコメの高温障害を防ぐため、高温に強い品種や栽培管理技術の開発が進められています。

### ●高二酸化炭素濃度がコシヒカリの玄米品質に与えた影響

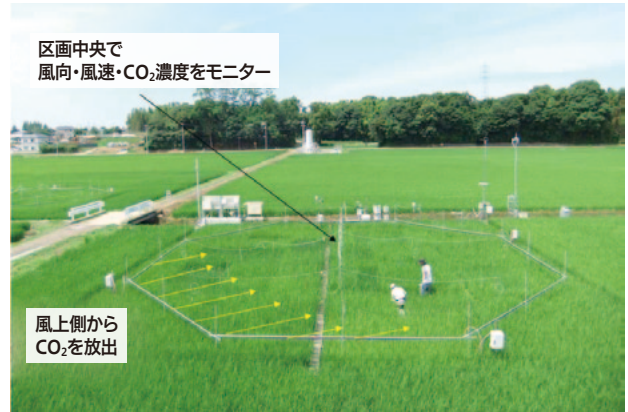


高二酸化炭素濃度条件では、整粒率が低下し、乳白粒や未熟粒が増加した。(出典8より)

※1 データの分散範囲を示す

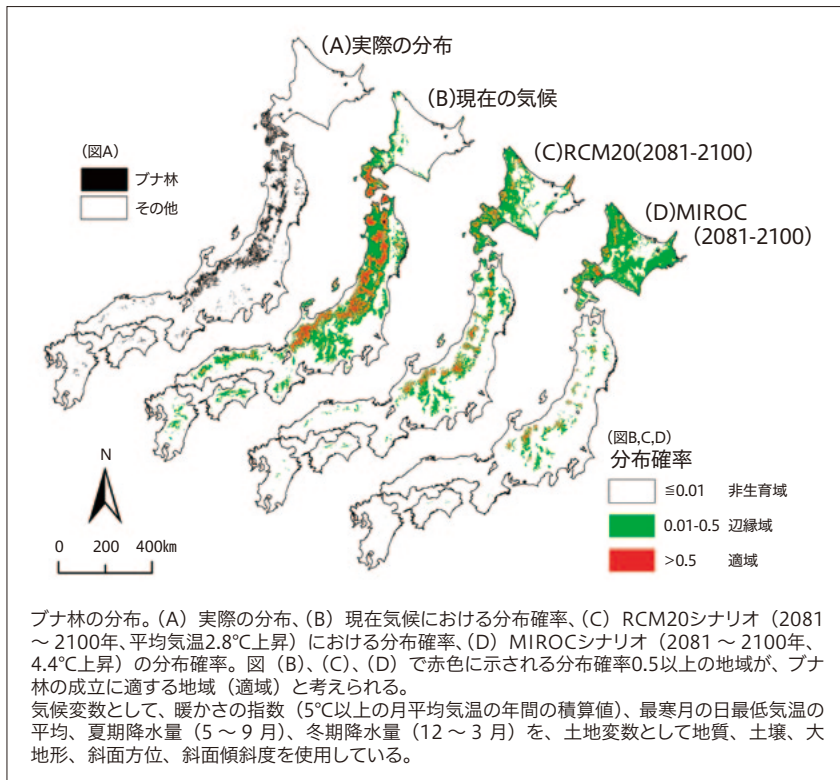
※2 現在の二酸化炭素濃度の区

### ●実験施設



茨城県つくばみらい市におけるFACE (Free Air CO<sub>2</sub> Enrichment; 開放系大気二酸化炭素増加) 実験施設。屋外条件で高二酸化炭素濃度を実現するもの。水田の一部に差し渡し17mの正八角形状にチューブを設置し、区画内の二酸化炭素濃度を外気よりも約200ppm高い濃度（生育期間平均で584ppm）に制御する。(出典8より)

### ●ブナ林の分布



ブナ林の分布。(A) 実際の分布、(B) 現在気候における分布確率、(C) RCM20シナリオ (2081～2100年、平均気温2.8℃上昇)における分布確率、(D) MIROCシナリオ (2081～2100年、4.4℃上昇)の分布確率。図 (B)、(C)、(D) で赤色に示される分布確率0.5以上の地域が、ブナ林の成立に適する地域（適域）と考えられる。気候変数として、暖かさの指数（5℃以上の月平均気温の年間の積算値）、最寒月の日最低気温の平均、夏期降水量（5～9月）、冬期降水量（12～3月）を、土地変数として地質、土壌、大地形、斜面方位、斜面傾斜度を使用している。

(出典9より)

## ブナ林に適した地域が減少

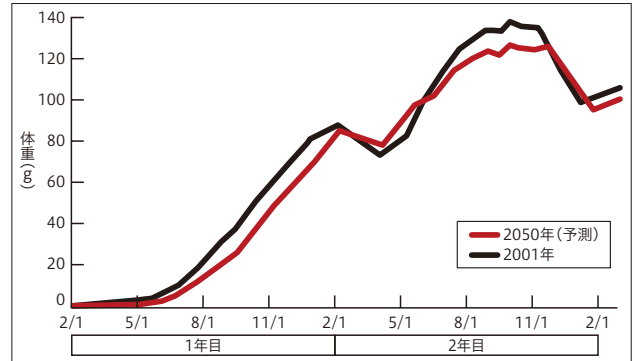
ブナ林は、日本の代表的な自然林ですが、温暖化によってブナ林が減少することが懸念されます。ブナ林の成立に適した地域（適域）は、気温が2.8℃上昇すると37%に、4.4℃上昇すると21%に減少すると予測されています。この予測によると、九州、四国、本州太平洋側では成立に適した地域がほぼ消失し、東北でもその面積は大きく減少することが予測されています。広大なブナ林が残る白神山世界遺産地域でも、ブナ林の衰退が予測されているため、温暖化への適応策が同地域の助言機関である科学委員会（環境省・林野庁主催）で検討されています。

## サンマへの影響

温暖化による海水温の上昇や海洋の成層強化の進行は、海洋の生態系に大きな影響を与えられと考えられます。このような温暖化による環境変化が海洋生態系、水産資源に及ぼす影響を調べるために、海洋生態系モデルの開発や、サンマなどの魚の成長-回遊モデルの開発が行われています。

サンマについては、温暖化が進んだ50年後には、餌となるプランクトンの減少により、現在よりも体重で約10g、体長で約1cm小さくなること、一方で、回遊範囲が変化し、産卵期にはより北の海域で過ごす期間が長くなることから、餌条件がよくなり産卵量が増えることが予想されています。

### ●サンマ成長-回遊モデルで予測された2050年のサンマの体重の変化



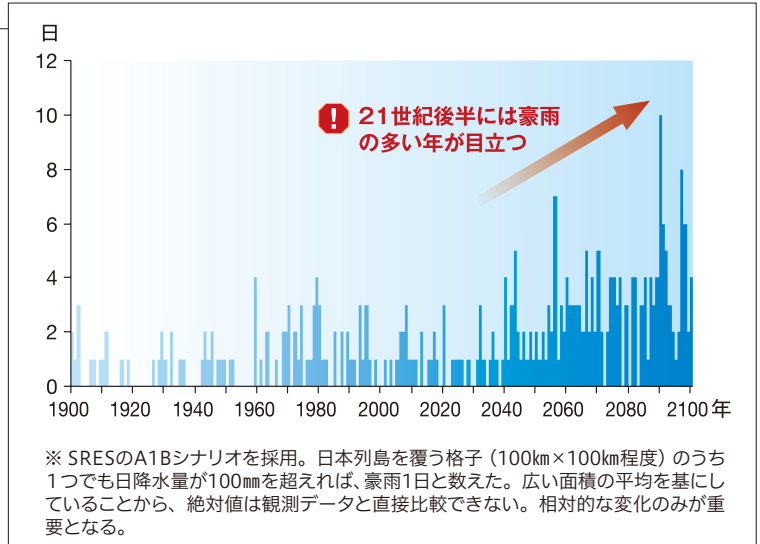
(出典10より)

## 豪雨の頻度が増加

日本では近年、極端に少雨の年が増えているとともに、少雨の年と多雨の年の年降水量の開きが大きくなる、つまり、年変動が拡大する傾向が確認されています。一方で、時間雨量100mm以上の豪雨の回数が増加していることも確認されています。現在のこのような降水量の年変動の傾向や豪雨の増加等の現象は、温暖化が要因となっているかどうかは明らかにされていませんが、今後温暖化が進行すると、こうした傾向が強くなると考えられます。

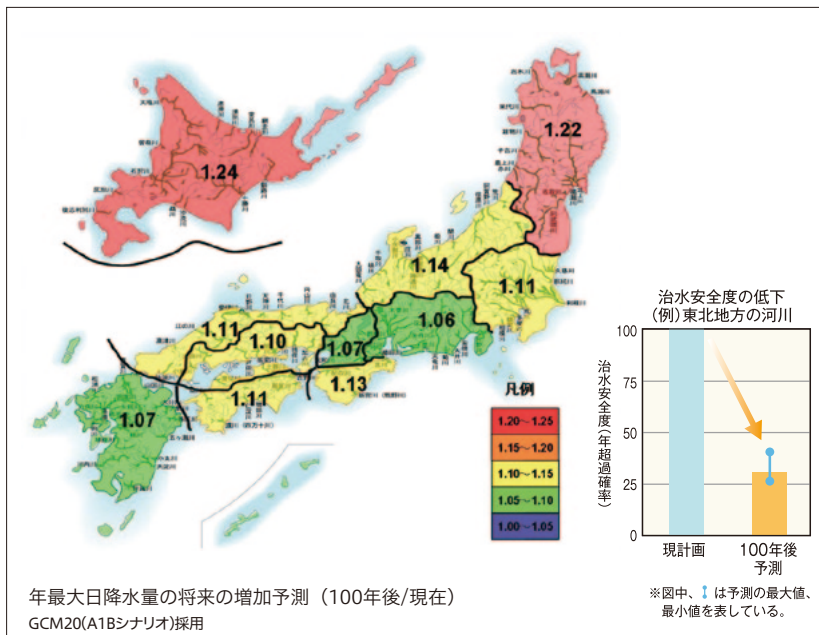
また、21世紀末（2071～2100年平均）には、夏季の降水量が現在（1971～2000年平均）より約20%増加し、夏季の日降水量が100mmを超える豪雨日数も、温暖化の進行とともに増加する（右図）と予測されています。

### ●日本の夏季(6・7・8月)の豪雨日数の変化



(出典11より)

### ●降水量の増加と治水安全度の低下

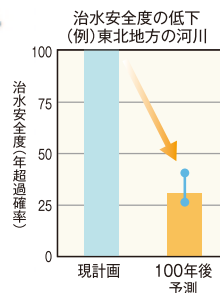


年最大日降水量の将来の増加予測（100年後/現在）  
GCM20(A1Bシナリオ採用)

## 洪水リスクのさらなる増大

年最大日降水量は、100年後には全国的に増加し、特に北日本で大きく増加することが予測されています。

この影響で、例えば東北地方では、これまで100年に1度の頻度で発生する洪水が、30年に1度の頻度で発生するようになるなど、水災害のリスクが高まることが予測されています。

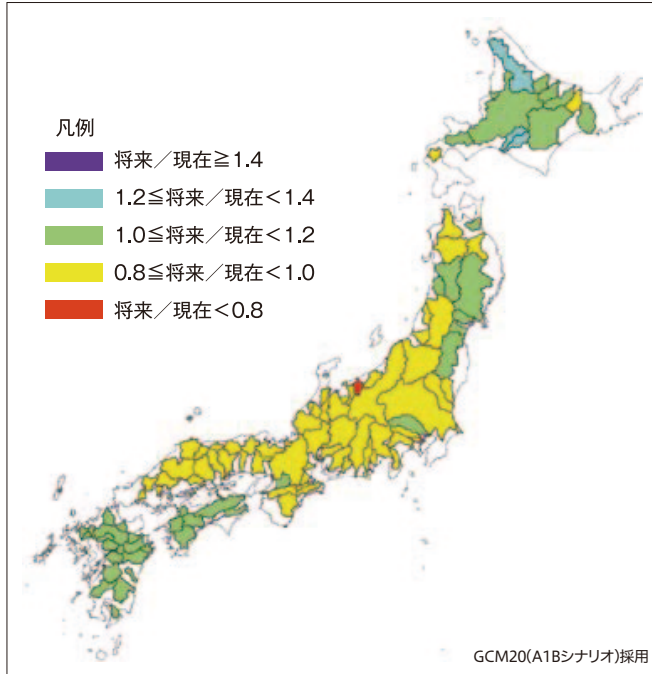


※ 図中、↑は予測の最大値、最小値を表している。

(出典12より)

# 将来予測される影響

●一級水系における現況(1979~1998年)と将来(2080~2099年)の地表到達水量の比較(春期(3~6月))



## 渇水のリスクのさらなる増大

河川の流量は、降雪量と降雨量を足し合わせた水量(地表到達水)によって影響を受けます。

この地表到達水量について、現在と100年後をシミュレーションにより比較すると、3~6月の間は、多くの地域で減少すると予測されています。これにより、代かきなどの農業用水の需要期に河川の流量が減少し、春先以降の水利用に大きな影響が生じることが考えられます。

## ●2011年台風12号の被災状況



(写真提供:共同通信社)

## 台風の強度増加・進路変化

温暖化が進んだ場合、海面上昇による海岸侵食や、台風の強度の増加・進路変化が起こるとわれています。日本の沿岸域では、温暖化による影響であるかどうか現時点では明らかにはなっていませんが、温暖化が進んだ場合、さらに増加すると考えられるこれらの現象が既に起こっています。

2004年の台風23号では、13.5mというわが国観測史上最大の波が高知県菜生海岸を襲い、海岸堤防が倒壊しました。また、2011年の台風12号では、記録的な大雨をもたらし、奈良県で最大72時間降水量が1652.5mmと、わが国観測史上最大値を記

録し、北海道から四国地方にかけての多くの地域で、被害をもたらしました。

日本は、特に沿岸域に人口・産業が集中しており、このような地域は、温暖化に対する脆弱性が高いといえます。

## 世界文化遺産 宮島・厳島神社が危機に

2004年9月に西日本を中心に激しい風雨をもたらした台風18号によって、広島県にある世界文化遺産、宮島の厳島神社では、暴風雨とともに高い波が打ち寄せ、雅楽を演じる際に利用される国宝の木造建築「左楽房(さがくぼう)」が倒壊し、「祓殿(はらいでん)」の屋根の一部もはがれ、回廊には、ずれが生じました。

復旧工事のため、観光客の社殿への立ち入りを禁止にしたため、工事中の同神社への参拝者は、大幅に減りました。

厳島神社は、海上に建ち並ぶ建造物群と背後の原始林とが一体となった、独創的な神社建築として知られますが、温暖化によって台風の強度や頻度が増すと、今後も同様な被災リスクが高くなるとみられています。



(写真提供:共同通信社)



## 高山植物の消失域の増加

日本でも、高山生態系で影響が現れ始めています。

北海道大雪山五色ヶ原では、この10～20年の間に、お花畑の消失が起こっています。これは、雪どけ時期が早まったことにより、土壌の乾燥化が進んだためではないかといわれています。

また、温暖化が進み、雪が少なくなって、ニホンジカのような低山性の動物が高山へ移動しやすくなり、高山植物をエサとすることなどによっても、高山植物の消失域が増加すると考えられます。

### ●お花畑の消失：北海道大雪山系五色ヶ原にて



ハクサンイチゲの大群落



イネ科草原に変化し、お花畑は消失した。  
(写真提供：北海道大学工藤岳准教授)

## 感染症媒介生物の分布変化

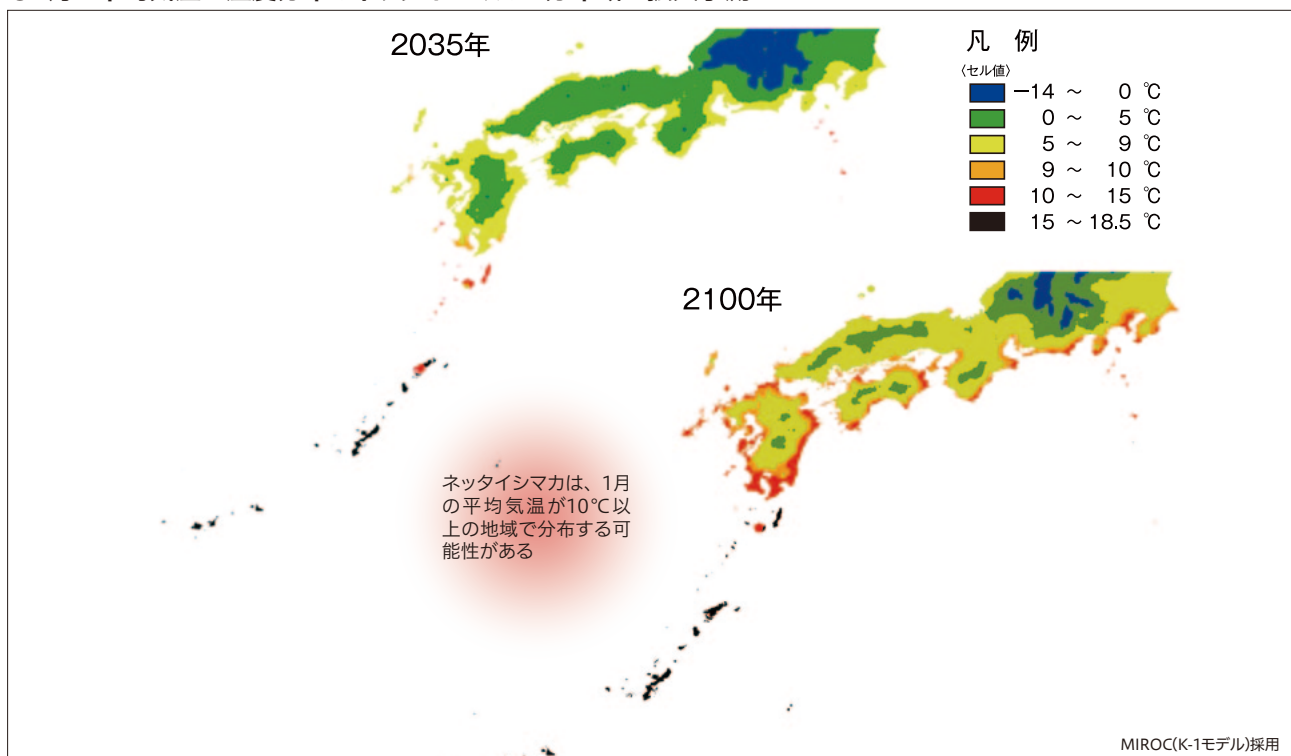
温暖化によって、蚊などの感染症媒介生物の分布が変化することが予測されています。

デング熱の媒介生物であるネッタイシマカは、温暖化が進むと、2100年には九州南部から千葉県南部まで、広範囲に

わたって分布可能になると予測されています。

これらの地域で、すぐにデング熱が流行するというわけではありませんが、デング熱流行の可能性のある地域が拡大するおそれがあります。

### ●1月の平均気温の温度分布とネッタイシマカの分布域の拡大予測



MIROC(K-1モデル)採用

(出典14より)