

地球温暖化に係る国際交渉の経緯

1988年

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 設立

※ WMO(世界気象機関)及びUNEP(国連環境計画)共同で設立した政府間機構「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」が、30名のメンバーを中核とする455名の科学者の参加を得て、温暖化の科学的知見等を報告。

IPCC\*第1次  
報告書(1990)

1992年

気候変動枠組条約 (UNFCCC)

- リオの地球サミットで署名
- 気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼさない水準において温室効果ガス濃度を安定化(究極目的)
- 先進国は2000年末までに温室効果ガス排出量を1990年レベルまで戻すことを目指す(努力目標)

IPCC第2次  
報告書(1995)

1997年

京都議定書(COP3)

先進国に法的拘束力のある数値目標を国ごとに設定

2001年

マラケシュ合意(COP7)

IPCC第3次  
報告書(2001)

米国の京都議定書不支持表明  
・途上国に義務がない。  
・米国経済に悪影響

2001年7月のCOP6再開会合で合意された、京都議定書の中核的要素に関する基本的合意(ボン合意)を法文化した文書が採択(京都議定書の実施に係るルールが決定)

2002年

日本が6月に京都議定書を締結

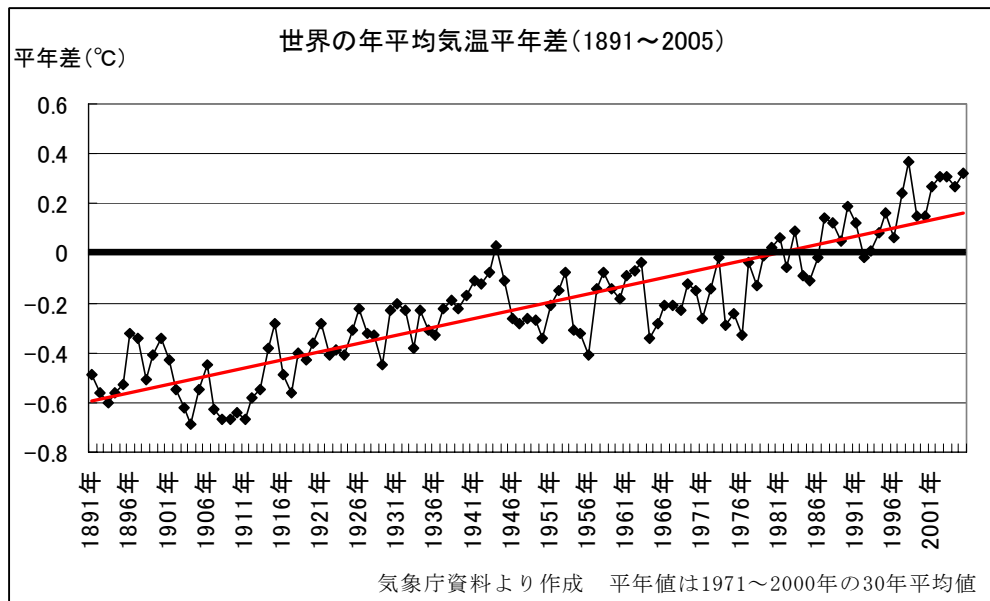
2004年11月のロシアの批准を受け、

2005年

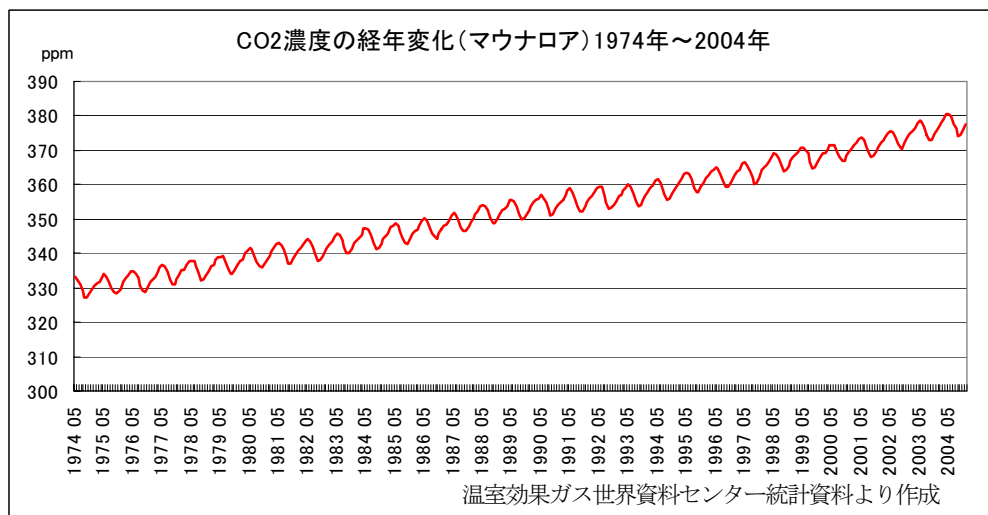
2月16日 京都議定書発効

## 気温、CO<sub>2</sub>濃度の上昇

- 地球の平均地上気温（陸域における地表付近の気温と海面水温の平均）は、1861年以降上昇しており、20世紀中の気温の上昇量は、 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。今後、1990年から2100年までの間に $1.4 \sim 5.8^{\circ}\text{C}$ 上昇すると予測（IPCC, 2001）。



- 大気中の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）濃度は、1750年以降31%増加。2100年までに大気中のCO<sub>2</sub>濃度は、540～970ppmになると予測（1750年の濃度である280ppmよりも90～250%の増加）（IPCC, 2001）。
  - ※ 大気中のCO<sub>2</sub>濃度の年増加率は、約1.5ppm（0.4%）。過去42万年間で現在のCO<sub>2</sub>濃度を超えたことはなく、過去2000万年間でも超えなかった可能性が高い。



- 20世紀に、地球の平均海面水位は0.1～0.2m上昇。今後、1990年から2100年までに0.09～0.88m上昇すると予測（IPCC, 2001）。
  - ※ 1960年代後期以降、積雪面積の約10%が減少した可能性がかなり高く、20世紀には、極以外の地域で山岳氷河の後退が広範に見られた。また、北半球の春及び夏の海面面積は、1950年代以降およそ10～15%減少し、この数十年、北極の氷の厚さは約40%減少した。
- 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、現頻度、持続期間及び強度が増大（IPCC, 2001）。

# スターンレビューの概要

## 1 スターンレビューとは

- 2006年10月に、気候変動と経済について、英政府の委託でニコラス・スターン元世界銀行上級副総裁がまとめたもの。

## 2 概要

- ・直ちに確固たる対応策をとれば、気候変動の悪影響を回避する時間は残されている。
  - ・経済モデルを用いた分析によれば、対応策を講じなかった場合の気候変動のリスクとコストの総額はGDPの少なくとも5%、最悪の場合20%を超える可能性。
  - ・これに対し、すぐに対応策を講じた場合はGDPの1%程度と推定。
- ・気候変動は、経済成長と開発に非常に深刻な影響をもたらす得る。
  - ・排出量削減のための対応を怠った場合、2035年には平均気温が2度以上上昇すると予想されており、長期的に見れば5度以上上昇する可能性は50%強。この上昇は、最後の氷河期の気温と現在の平均気温の差に匹敵し、危険。
  - ・現在のCO<sub>2</sub>の濃度は430ppm。450～550ppmで安定化できれば気候変動がもたらす最悪の影響はかなり減少するが、2050年までに少なくとも25%削減する必要。
  - ・究極的には80%以上削減しなければ気候の安定は不可能。
- ・全世界の国々に気候変動への対応が求められているが、経済成長への熱意を妨げるものではない。
  - ・豊かな国々が2050年までに60～80%削減することを確約したとしても途上国も対策が必要。
  - ・CDM等の経済メカニズムにより途上国は費用全額を負担されるべきではない。
  - ・また、気候変動への対応策はビジネスの機会を創出。

## 3 気候変動が与える影響についての記述

別表のとおり

## 4 日本における影響の概要

- ・日本は地形の制約や天然資源の欠如により、国際貿易に大きく依存。
- ・多くの国民は非常に産業化された港湾都市に集中。
- ・例えば、東京は平坦な沿岸平野に広がっているため、台風や海面上昇に脆弱。
- ・農業、特に稲作は文化的に重要。気温上昇は南部での稲作を困難にする可能性。
- ・魚類は国民の重要な食材であるが、魚類は海水温と酸性度の上昇に脆弱。
- ・主要都市はますますヒートアイランド現象による影響が拡大。
- ・夏期の発電量の40%以上は空調により消費。
- ・気温の上昇は、急速に高齢化している人口を、熱や、マラリアやデング熱といった感染症に対し、さらに脆弱にする可能性。

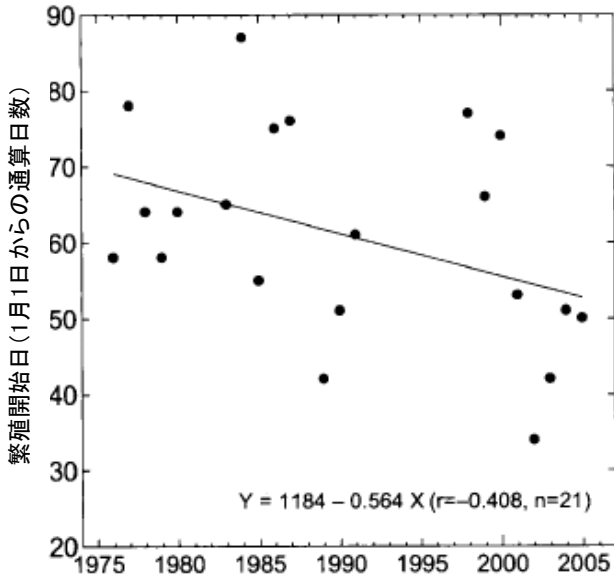
別表 気温上昇により生じうる影響の概要

上昇温度	水	食料	健康	陸地	環境	突発的で大規模な影響
1°C	アンデスの小さな氷河が完全に消え、5000万人の人が水不足に陥る恐れ。	温帯域において、穀物の収量が微増。	少なくとも毎年30万人が気候変動に伴う疾病の蔓延によって死亡。(主に下痢、マラリア、栄養失調)  高緯度域において冬季の死亡者が減少。(北ヨーロッパやアメリカ)	永久凍土が融解することにより、カナダやロシアにおいて、建物や道路に被害が発生。	陸上生物の少なくとも10%の種が、絶滅の危機に。  グレートバリアリーフを含む全世界のサンゴ礁のうち、80%以上が白化。	大西洋における温度と塩分の循環が鈍化。
2°C	南アフリカや地中海沿岸地域などの水不足の地域において、飲み水が20~30%減少する恐れ。	熱帯域において穀物の生産量が急激に減少。(アフリカにおいては5~10%の減少)	アフリカにおいて、マラリアに感染するおそれのある人口が4,000~6,000万人増加。	毎年1,000万人以上が沿岸域において洪水被害。	15~40%の生物が、絶滅の危機に。  ホッキョクグマやカリブーを含む北極圏の生物について、絶滅のリスクが上昇。	グリーンランドの大氷原が不可逆的に融解を開始し、海面上昇を加速させ最大で7m上昇する可能性。  モンスーンなど、大気循環が突然変化するリスクが上昇。
3°C	10年に1度、南ヨーロッパにおいて深刻な干ばつが発生。  水不足に瀕する人口が10~40億人増加するのに対し、10~50億人はより多くの水を得ることができるが、洪水の危険性が増加する恐れ。	飢餓のリスクに直面する人口が、1億5,000万~5億5,000万人増加。(二酸化炭素の生長促進効果(carbon fertilisation)が想定より小さい場合)  高緯度域における農業の生産性が減少する恐れ。	栄養失調で死亡する人口が100~300万人増加。(二酸化炭素の生長促進効果(carbon fertilisation)が想定より小さい場合)	1年間に沿岸域における洪水の被害を被る人口が100万~1億7,000万人増加。	南アフリカにおいて、25~60%の哺乳類、30~40%の鳥類、15~70%の蝶類が絶滅の危機に瀕する恐れ。生物全体で20~50%の種が、絶滅の危機に。  アマゾンの熱帯雨林の崩壊が始まる。	南極大陸西部における大氷床(ice sheet)が崩壊するリスクが上昇。  大西洋における温度と塩分の循環が崩壊するリスクが上昇。
4°C	南アフリカと地中海沿岸地域において利用可能な水資源の30~50%が減少する可能性。	アフリカにおいて15~35%の農業生産の減少。またオーストラリアの一部などで生産活動が不可能に。	アフリカでマラリアの脅威に晒される人口が最大8千万人増加。	1年間に沿岸域における洪水の影響を受ける人口が7百万~3億人増加。	北極圏の半分以上のツンドラが喪失。世界中の自然保護区の半分以上でその目的の達成が困難に。	
5°C	ヒマラヤの大部分の氷河が消失する可能性があり、中国の人口の4分の1及びインドの一億人の人々の生活に影響。	海の酸性化が進み、海洋の生態系及びおそらく魚の資源量に深刻な影響。		海洋面上昇が、小島嶼、沿岸部の低地(フロリダ)やNY、ロンドン、東京といった大都市の脅威に。		
5°C以上	<p>最近の研究から、仮に温室効果ガスの放出が増大し続け、さらに土壌からの二酸化炭素の放出や永久凍土からのメタンガスの放出など、正のフィードバックが温室効果ガスの温室効果を増大させた場合、地球の平均気温は少なくとも5~6°C上昇すると試算。このようにして生じた地球の平均気温の上昇水準は、過去から今日までにおける気温上昇の水準と同等。さらにこのような気温上昇は、人口の大きな混乱と大規模な移動を引き起こすものと推定。このような社会的に偶発的な影響は崩壊的な(catastrophic)ものではあるが、気温の変化は人類がこれまで経験したことのないものであるため、その状況を捉えることは現時点では極めて難しい状況。</p>					

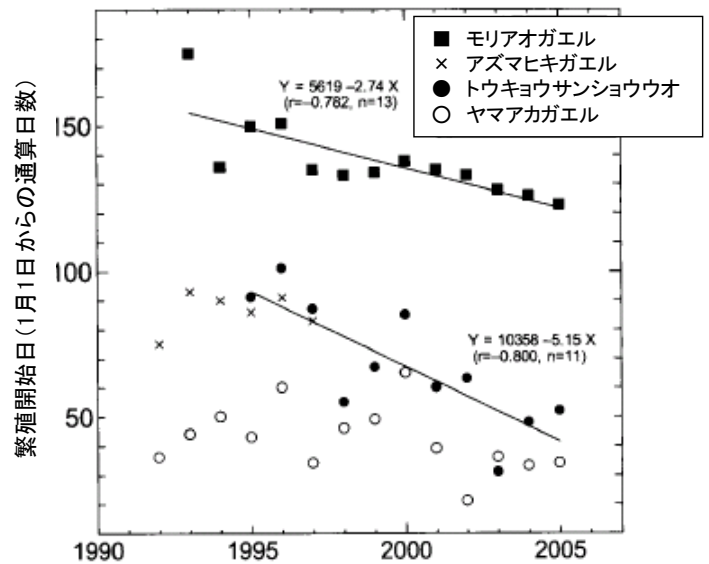
# 温暖化が生物に与える影響事例

## 1. 両生類の繁殖タイミングへの影響（東京）

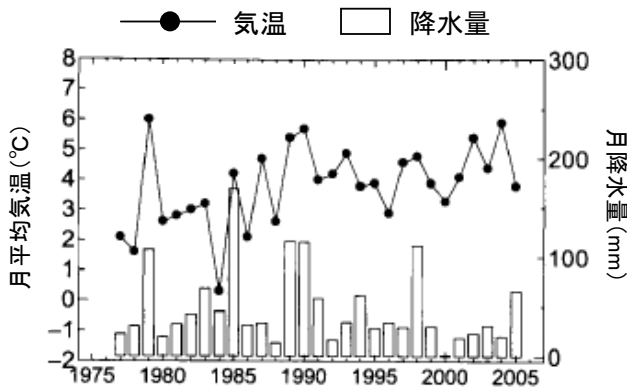
トウキョウサンショウウオの繁殖活動開始時期の長期的変動(日の出町)



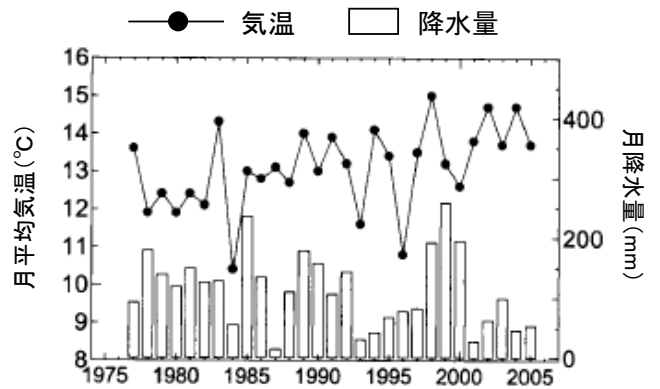
両生類4種の繁殖活動開始時期の長期的変動(八王子市)



多摩地区の2月の月平均気温と月降水量



多摩地区の4月の月平均気温と月降水量



- ・トウキョウサンショウウオとモリアオガエルで繁殖開始時期の早期化を確認。
- ・トウキョウサンショウウオでは10年で50日、モリアオガエルでは10年で30日の早期化。
- ・両種の繁殖期直前の月の平均気温は長期的な温暖化傾向にあり、繁殖開始時期と月平均には関係が認められた。

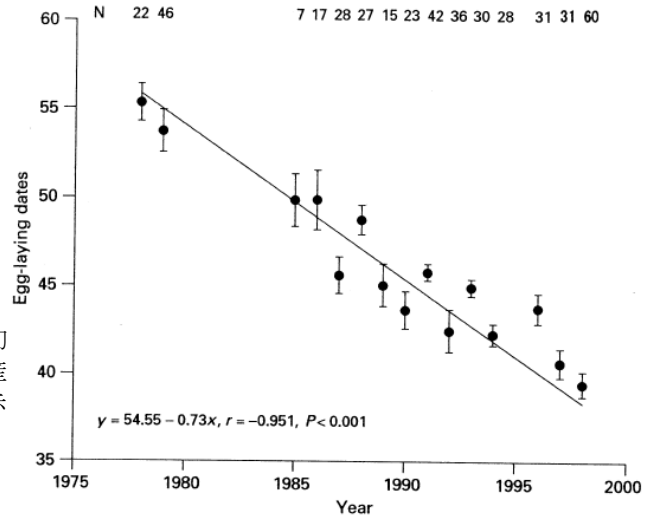
出典:

草野保, 井上雅文 (2006) 気候温暖化と両生類の繁殖のタイミング: 東京都多摩地区における両生類個体群の一例. 爬虫両棲類学会報 2006(1):8-14

## 2. コムクドリ (*Sturnus philippensis*) の平均初卵日の経年変化 (新潟県)

- 新潟市におけるコムクドリ繁殖生態の調査 (1978~1998 年) の結果、産卵時期の早期化 (0.73 日/年) が指摘 (図 1) (Koike and Higuchi, 2002)。

図 1 (右図). 新潟市におけるコムクドリの平均初卵日の経年変化。平均初卵日とは毎年の各繁殖例の産卵開始日に基づく平均。4月1日を1とした日数で示してある (Koike and Higuchi, 2002)。



- 新潟市及び、渡りのルートである沖縄県那覇市で気温上昇が観測 (図 2)。

平均気温  
(°C)

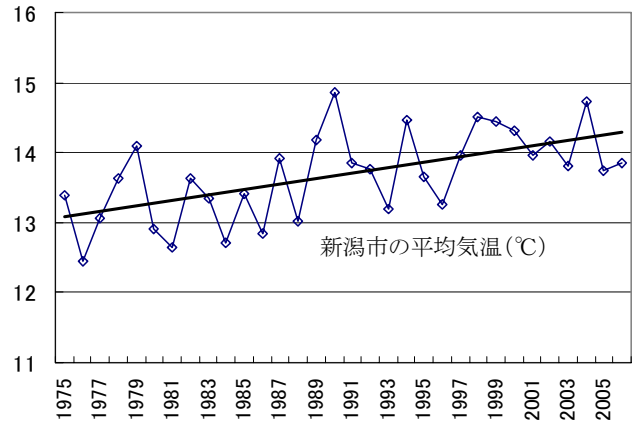
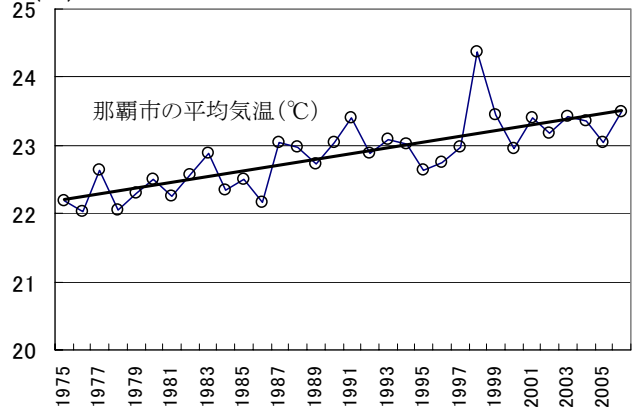
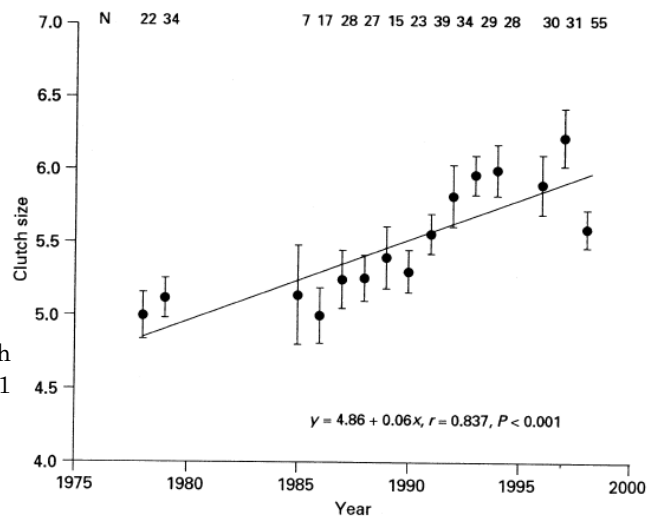


図 2. 那覇市、新潟市の平均気温の経年変化 (気象庁資料)。

- 一腹卵数についても平均して 1.2 個増加。繁殖を早く始めた時期ほど卵数が多い傾向 (図 3) (Koike and Higuchi, 2002)。

図 3 (右図). 新潟市におけるコムクドリの Clutch size (一腹卵数) の経年変化 (1975 年~2000 年の 21 年間)。(Koike and Higuchi, 2002)。

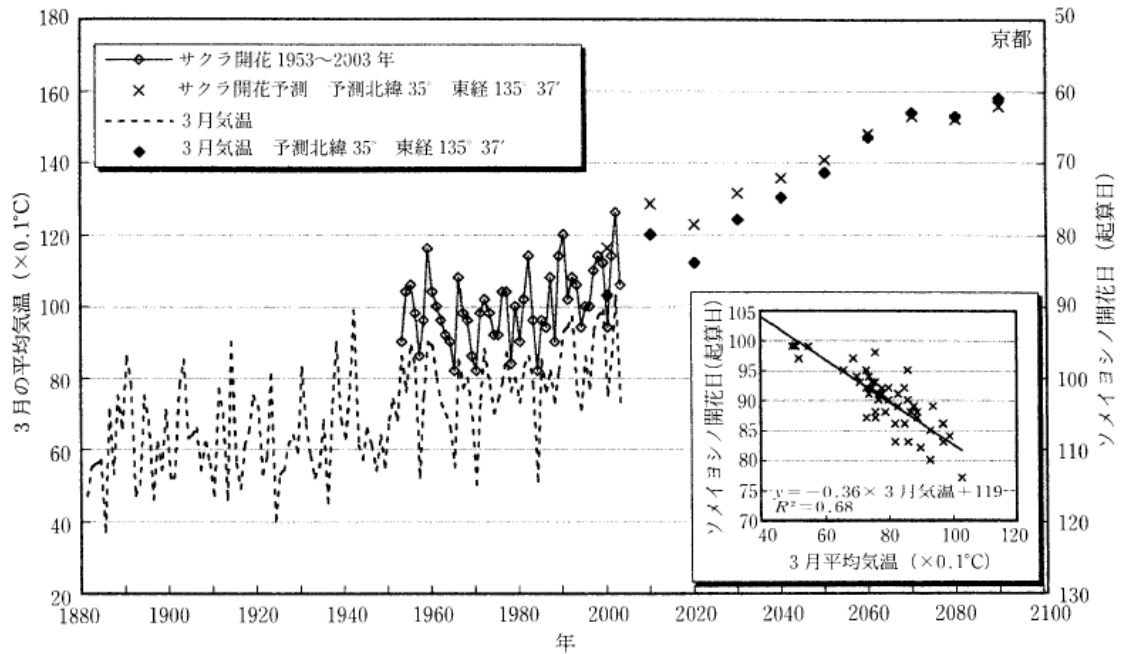


出典:

Koike, S. and Higuchi, H. 2002. Long-term trend in the egg-laying data and clutch size of Red-cheeked Starlings *Sturnus philippensis* Ibis. 144: 150-152

### 3. ソメイヨシノの開花日と3月平均気温

- ・ 1970年代以降の温暖化につれて開花日が4月初めから3月中旬へと早まっている傾向(増田, 2003)。
- ・ 3月の平均気温が1℃上昇すると開花日が3.6日早まると推定(増田, 2003)。



京都におけるソメイヨシノの開花日と3月平均気温の経年変化及び将来予測(増田, 2003)

出典：

増田啓子. 2003. 生物季節への影響. 遺伝別冊 17号 101-108.

#### 4. ホッキョクグマの絶滅危機

- ・ 氷が解け始める日にちが1975年から徐々に早くなる傾向(図1)(Stirling et al. 1999)。
- ・ ホッキョクグマの雄・雌ともに健康状態が悪化(体表面積あたりの体重が減少)し、出産数も減少(図2ハドソン湾の長期調査(1981年~1998年)の結果)(Stirling et al. 1999)。

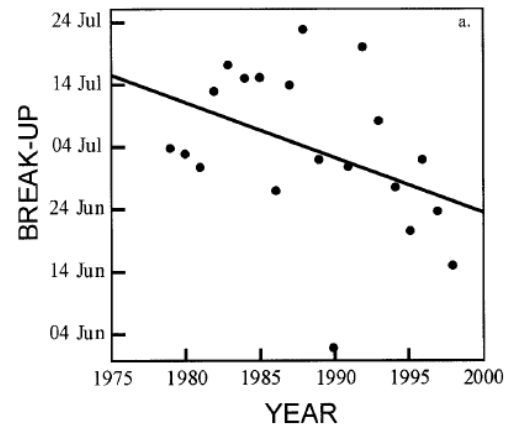


FIG. 3a. Dates of breakup (1979-98) in the study area.

図1 1975~1998年の氷の解け始める日の推移  
Stirling et al.(1999)より改変

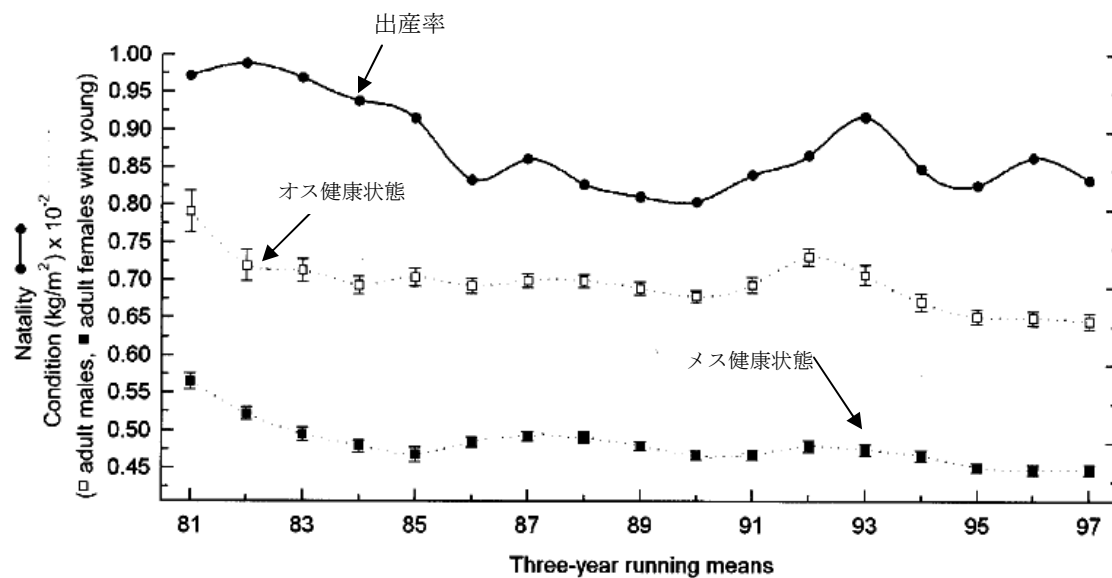


図2. 81~97年までのホッキョクグマ(雄・雌)の健康状態と出産率の経年変化  
Stirling et al.(1999)より改変

- ・ 原因は、ホッキョクグマが冬眠から覚めてから解氷までの期間の栄養蓄積が、解氷の早期化により不十分となっている可能性が指摘(Stirling et al. 1999)。
- ・ 過去20年で北極圏の海の結氷範囲は年に3-5%の割合で減少(Gloersen and Cambell, 1991; Johannessen et al., 1995; Maslanik et., 1996; Bjorgo et al., 1997)。このまま地球温暖化が進むとホッキョクグマの絶滅が危惧される。

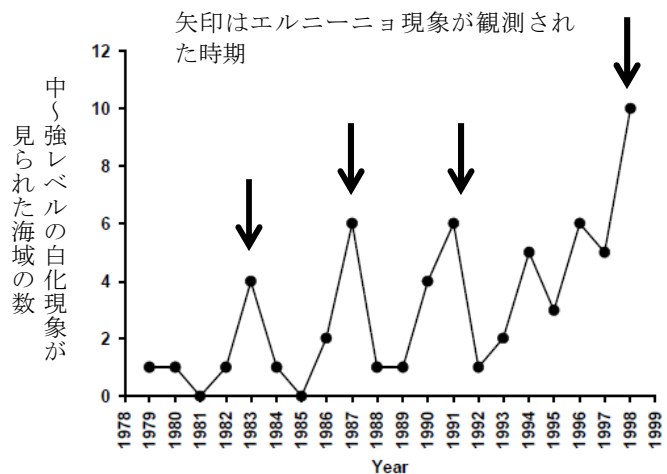
出典:

- Stirling I, Lunn NJ, Iacozza J. 1999. Long-term trends in the population ecology of polar bears in western Hudson Bay in relation to climatic change. *Arctic* 52:294-306
- Gloersen, P., and Campbell, W.J. 1991. Recent variations in Arctic and Antarctic sea-ice covers. *Nature* 352:33-36.
- Johannessen, O.M., Miles, M.W., and BJØRGO, E. 1995. The Arctic's shrinking sea ice. *Nature* 376:126-127.
- Maslanik, J.A., Serreze, M.C., and Barry, R.G. 1996. Recent decreases in Arctic summer ice cover and linkages to atmospheric circulation anomalies. *Geophysical Research Letters* 23(13):1677-1680.
- Bjorgo, E., Johannessen, O.M., and Miles, M.W. 1997. Analysis of merged SMMR-SSM/I time series of Arctic and Antarctic sea ice parameters 1978-1995. *Geophysical Research Letters* 24:413-416.

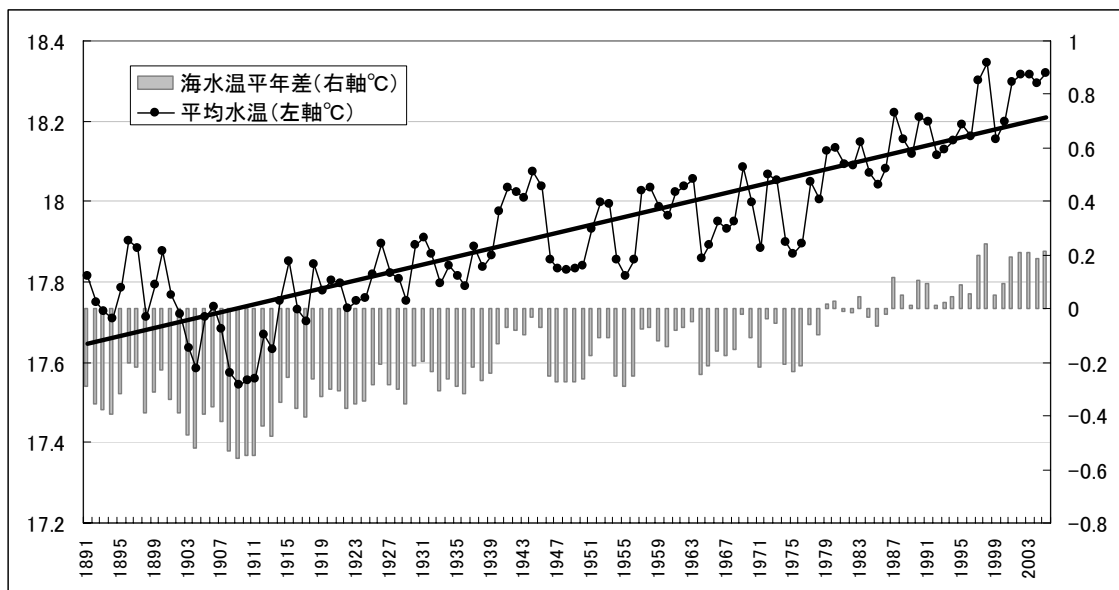


## 5. サンゴの白化現象

- 1976年以降海面の表面水温は既に平均で0.1~0.2℃上昇  
(Hoegh-Guldberg, 1999; IPCC, 2001b)。
- サンゴの白化はエルニーニョ現象による影響が大(右図)。1900年代初めからエルニーニョ現象の頻度が増加、重大化し、この傾向は今後も続く予測(IPCC, 2001)。
- 頻発するエルニーニョ現象の原因として地球温暖化の影響の可能性が指摘。  
(Hoegh-Guldberg, 1999, 2005b; Wilkinson, 2000)。
- 海水温の上昇により2040年までにほとんどのサンゴ礁海域が消失するという推定もある(UNEP, 2006)。



Hoegh-Guldberg, 1999 より改変



世界の平均水温及び平均海面水温平年差の推移

※平年値は1971~2000年の30年平均値(気象庁資料)

出典:

Hoegh-Guldberg O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Mar. Freshw. Res.* 50:839-66

Hoegh-Guldberg O. 2005. Marine ecosystems and climate change. See Lovejoy & Hannah 2005, pp. 256-71

IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change). 2001. *Climate Change 2001: The Science of Climate Change*, Contribution of Working Group I to the Intergovernmental Panel on Climate Change Third Assessment Report, ed. JT Houghton, Y Ding, DJ Griggs, M Noguer, PJ van der Linden, X Dai, K Maskell, CA Johnson. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press

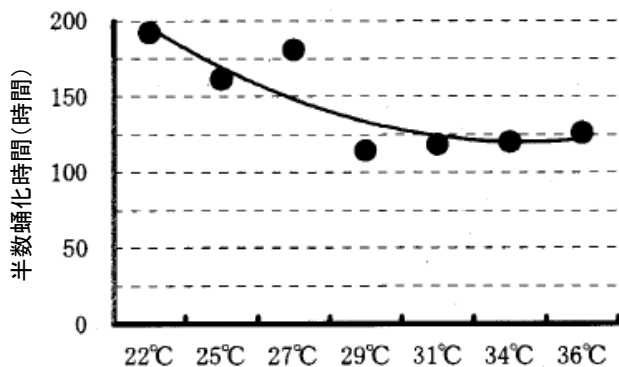
UNEP. 2006. *Millennium Ecosystem Assessment: Marine and Coastal ecosystem and human well-being*.

Wilkinson CR, ed. 2000. *Global Coral Reef Monitoring Network: Status of Coral Reefs of the World in 2000*. Townsville, Qld: Aust. Inst. Mar. Sci.

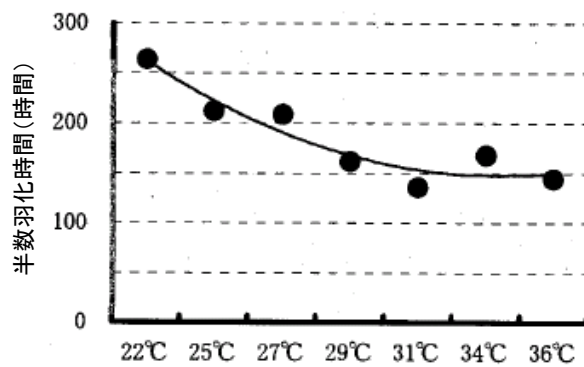
# 温暖化が人の健康及び人の生活に与える影響事例

## 1. 動物媒介性感染症の拡大

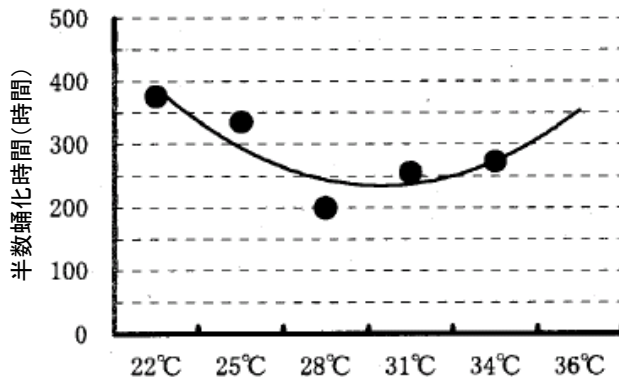
室内実験におけるデング熱媒介蚊 (ネッタイシマカ) の半数蛹化時間



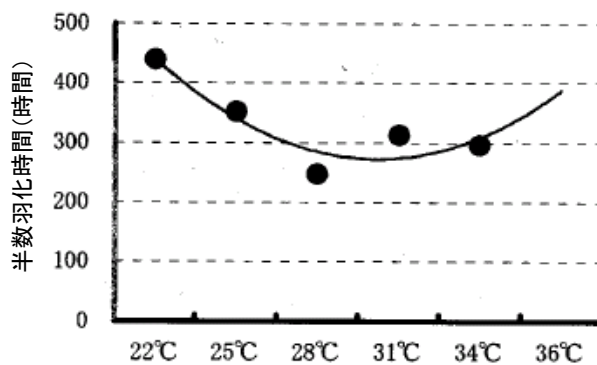
室内実験におけるデング熱媒介蚊 (ネッタイシマカ) の半数羽化時間



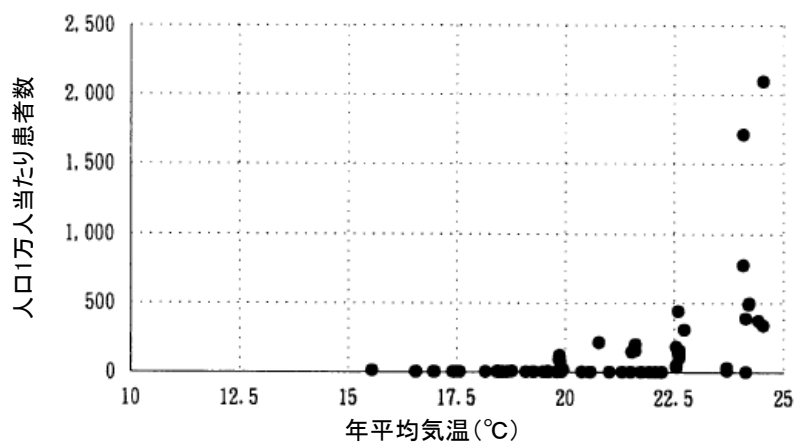
室内実験におけるマラリア媒介蚊 (コガタハマダラカ) の半数蛹化時間



室内実験におけるマラリア媒介蚊 (Anopheles dirus) の半数羽化時間



中国南部における熱帯熱マラリア患者数と気温の関係 (1984~1993年、76地区)



### 出典

地球温暖化による人類の生存環境と環境リスクに関する研究 —環境庁地球環境研究総合推進費終了研究報告書— (平成5年度～平成7年度)

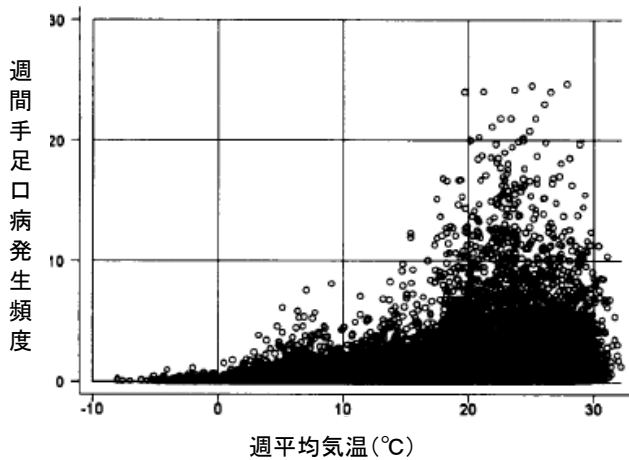
地球温暖化によるアジア太平洋域社会集団に対する影響と適応に関する研究 —環境省地球環境研究総合推進費終了研究報告書— (平成8年度～平成10年度)

温暖化による健康影響と環境変化による社会の脆弱性の予測と適応によるリスク低減化に関する研究 —環境省地球環境研究総合推進費終了研究報告書— (平成11年度～平成13年度)

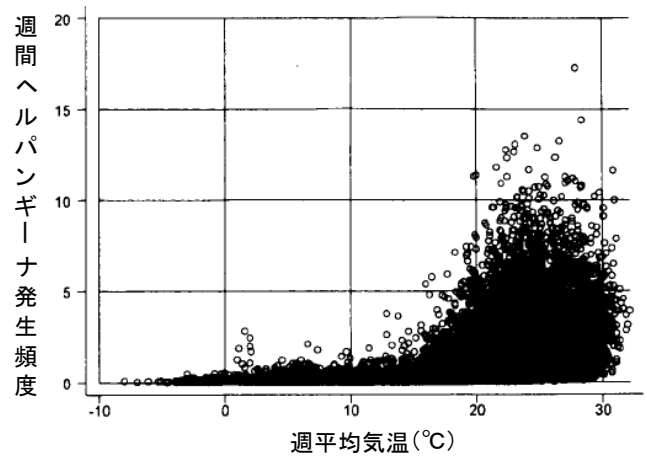
- ・気温上昇に伴ってマラリアとデング熱の媒介蚊の蛹化時間と羽化時間は短縮される傾向がある。
- ・中国南部の76地区でのマラリア患者の発生率は気温が上昇すると急激に高くなる。

## 2. 夏季流行性ウイルス性疾患発生頻度の増加

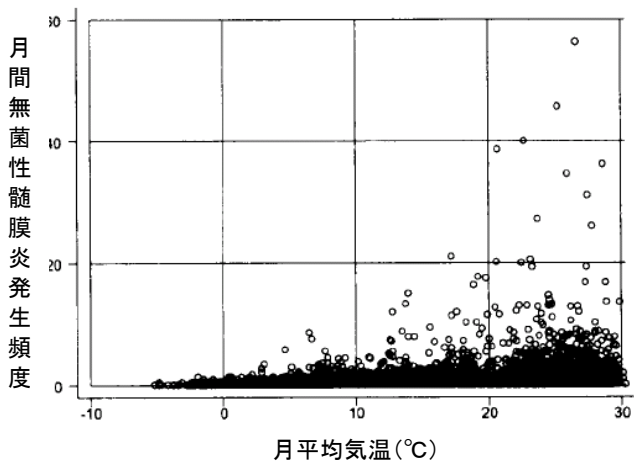
平均気温と手足口病の関係



平均気温とヘルパンギーナの関係



平均気温と無菌性髄膜炎の関係



※1 感染症報告件数は国立感染症研究所と感染症情報センターのデータ。(1987～1997年)

※2 発生頻度は、週間報告件数(月間報告件数)の調査期間(11年間)の平均報告件数に対して、その時の報告件数が何倍であるかで示してある。

- ・ 代表的な夏季流行感染症である手足口病やヘルパンギーナ、無菌性髄膜炎は年間平均気温が1℃上昇することにより発生頻度がそれぞれ8%、12%、9%増加することが予想されている。

出典：

地球温暖化による人類の生存環境と環境リスクに関する研究 ―環境庁地球環境研究総合推進費終了研究報告書― (平成5年度～平成7年度)

地球温暖化によるアジア太平洋域社会集団に対する影響と適応に関する研究 ―環境省地球環境研究総合推進費終了研究報告書― (平成8年度～平成10年度)

温暖化による健康影響と環境変化による社会の脆弱性の予測と適応によるリスク低減化に関する研究 ―環境省地球環境研究総合推進費終了研究報告書― (平成11年度～平成13年度)

### 3. 地球温暖化とイネへの影響

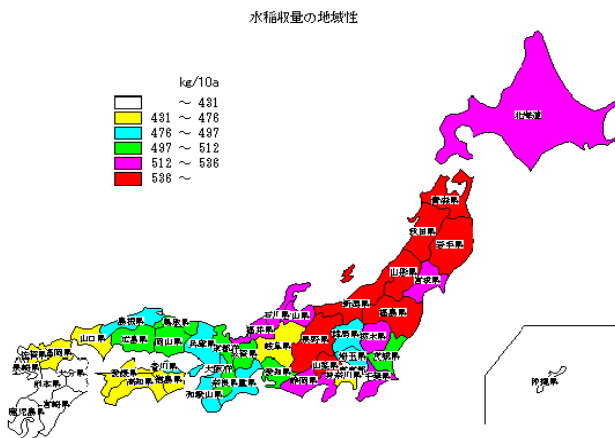


図1 1999年都道府県別米収穫量でみた地域性

東北農業研究センターホームページより

・ 水稲収量は、一般に東北、北陸、信越で高く、西南暖地で低い傾向にある（図1）。

・ 玄米の炭水化物＝出穂前の茎葉貯蓄分（出穂前約10日間）＋出穂後同化分（出穂後30日間）→ 8, 9月の気象条件がこの期間と大きく関係

①日射量と収量とはほとんど関係がない（比較的気温の低い地方では日射量が多いほど収量が高くなる傾向）。

②平均気温と収量との関係では、21、22度付近に最大値を示す。

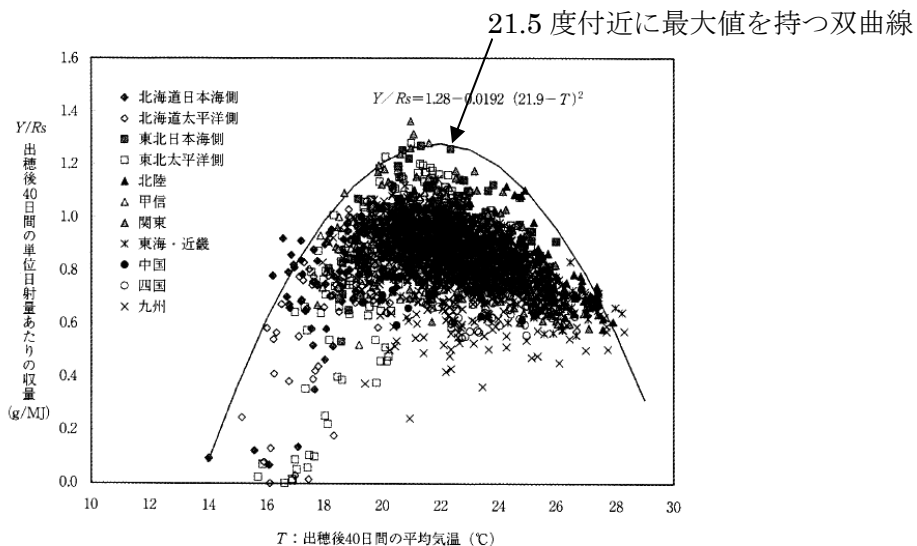


図1 水稲の気候登熟量示数および収量、気温、日射量の関係（林・他、2000）

収量を日射量で割った値と平均気温との関係

<平均気温が上昇した場合（温暖化）>

- ・ 高温による光合成と呼吸のバランスが悪くなり、呼吸による消費が増加
- ・ 高温に伴う植物体の老化や根の障害による光合成能力の低下と葉面積の減少により総光合成量が低下→2060年の気温上昇予測からの収量予測

北海道：約13%の収量増加、

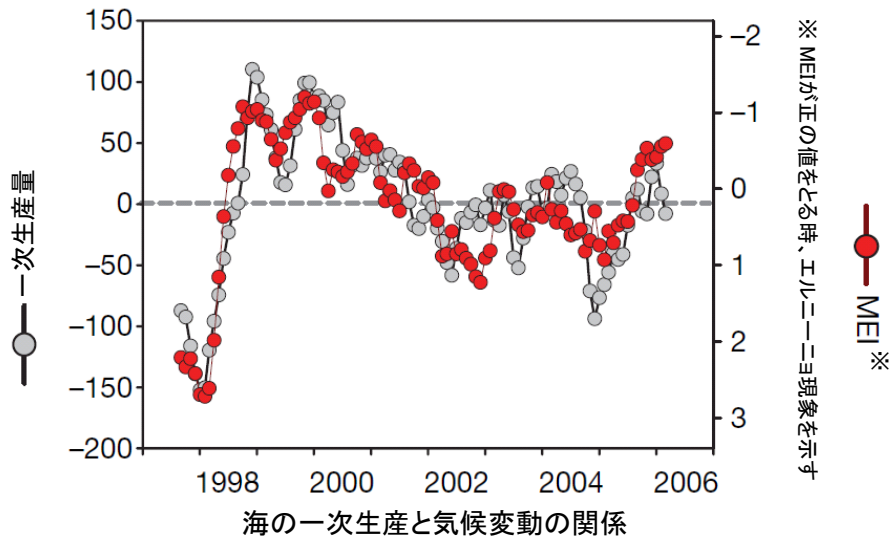
その他の地域：東北8%、関東13%、甲信越・北陸・東海12%、近畿15%、中国・四国13%、九州12%の収量減少

全国：約10%の収量減少

出典：

林陽生、温暖化は我が国の農林業にどのような影響を及ぼすか：農林水産技術研究ジャーナル24(10)：5-13

#### 4. 海洋における一次生産と水産資源への影響



- 温暖化の進行と近年のエルニーニョの頻発との関係が指摘されている。また、温暖化の進んだ海洋の状態はエルニーニョ発生時と似る。
- エルニーニョの発生時には海洋の一次生産が大きく減少(上図)。
- 海洋の一次生産が減少すると、これを餌とするイワシやサンマなどの水産資源の成長が阻害される(サンマの体長が今世紀末に30%小型化など)。

※MEI (Multivariate ENSO Index) : アメリカのNAOO(アメリカ国立海洋大気庁)がエルニーニョを監視するために出している数値。エルニーニョの発生や強さを示す目安として使われる。

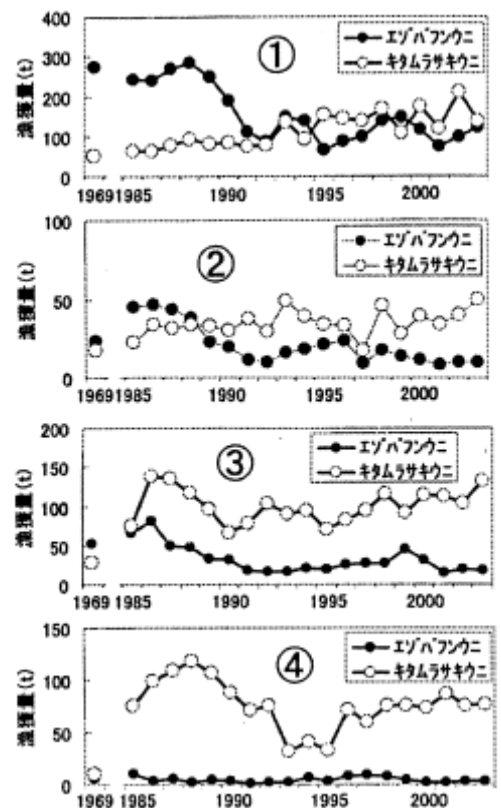
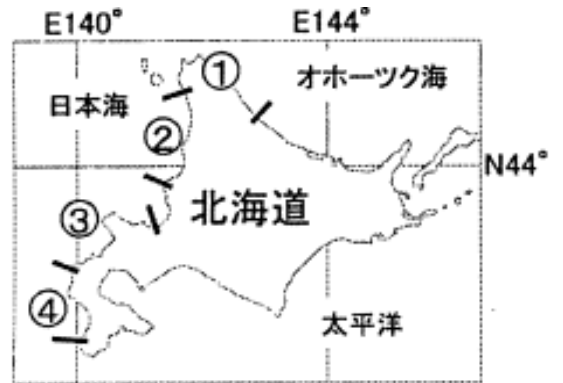
出典 :

Behrenfeld M. J., R. T. O'Malley, D. A. Siegel, C. R. McClain, J. L. Sarmiento, G. C. Feldman, A. J. Milligan, P. G. Falkowski, R. M. Letelier and E. S. Boss (2006) Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. Nature 444:752-755

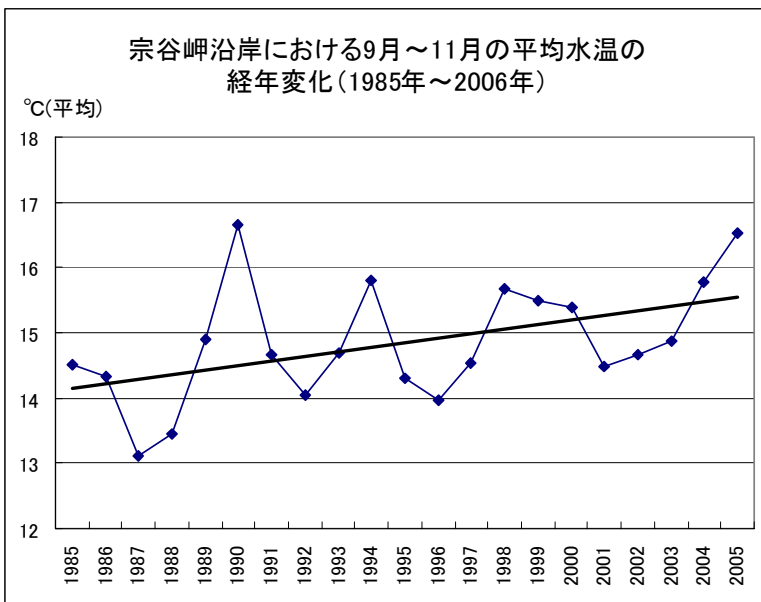
Yamanaka, Y., T. Hashioka, M. N. Aita and M. J. Kishi: Changes in ecosystem in the western North Pacific associated with global warming. PICES XIV Annual Meeting, Vladivostok, Russia, September 29-October 9, 2005. (北太平洋海洋科学機構第14回年次会合発表要旨)

## 5. 漁業対象種への影響（ウニ類を事例として）

- 北海道沿岸のウニ漁獲統計(1885～2003)においては、北方種であるエゾバフンウニの漁獲が南方種であるキタムラサキウニと逆転。
- 北海道4箇所(地図①～④)のそれぞれで、逆転現象が見られ、北側ほど逆転の時期が遅くなる傾向が見られる(干川, 2006)。
- 宗谷岬付近の水温(地図①付近)の1985年～2006年までの水温経年変化も上昇傾向が見られる(気象庁資料)。
- キタムラサキウニは9月～11月の水温が高いほど稚仔の密度が高い傾向があり、近年の高温傾向で漁獲量が増大。
- 北方種であるエゾバフンウニでは夏期の水温が高い年には斑点病が発症して大量斃死が起こる。また25度以上の高水温期間が長くなると卵の成熟、幼生の発育が異常となり、付着数が極端に低下する(干川, 2006)



干川, 2006より抜粋



気象庁資料

出典:

干川裕, 2006. 北海道日本沿岸における水温変動とウニ類稚仔の発生状況. 月刊海洋. 38; 205-209