

# 地球温暖化のリスク管理

ALPS 国際シンポジウム

RITE 2015/02/27

IPCC第5次評価第3部会 統括執筆責任者

(一財)電力中央研究所 上席研究員

杉山大志

# 問題意識

- COP21のプレッジから2°Cへの道のり険しいだろう。
  - 2°Cに抑制される可能性は低い。
  - COP21は「終わり」でなく新たな「始まり」。
- 2°C越えの世界をどうリスク管理するか？

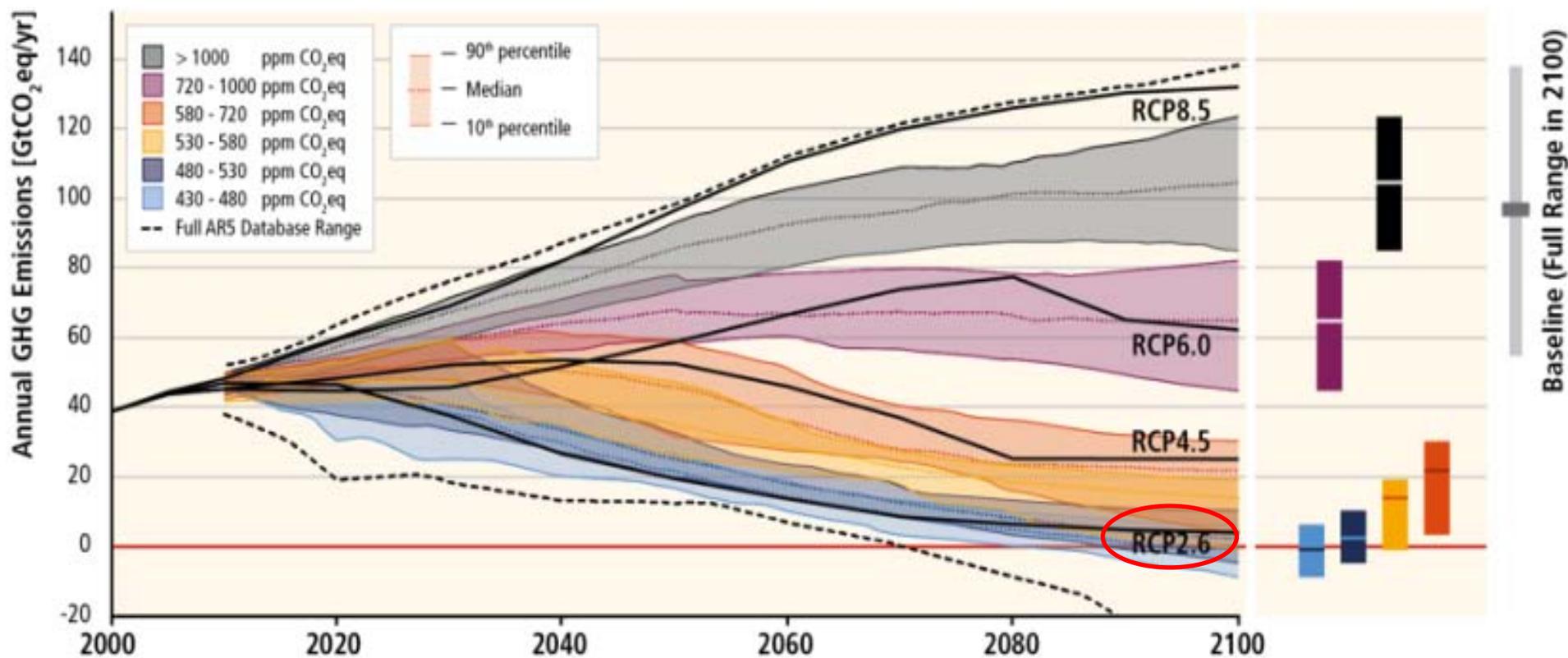
# 述べたいこと

- 温暖化の悪影響はよく分かっていない。  
→ 「異常気象」のコミュニケーション改善提案
- リスク管理には「時間軸」が重要
  - 温暖化の「速度目標」の提案
  - 順応型管理の提案
  - ジオエンジニアリング&CCSの役割再考

2°Cに抑制される可能性は低い。

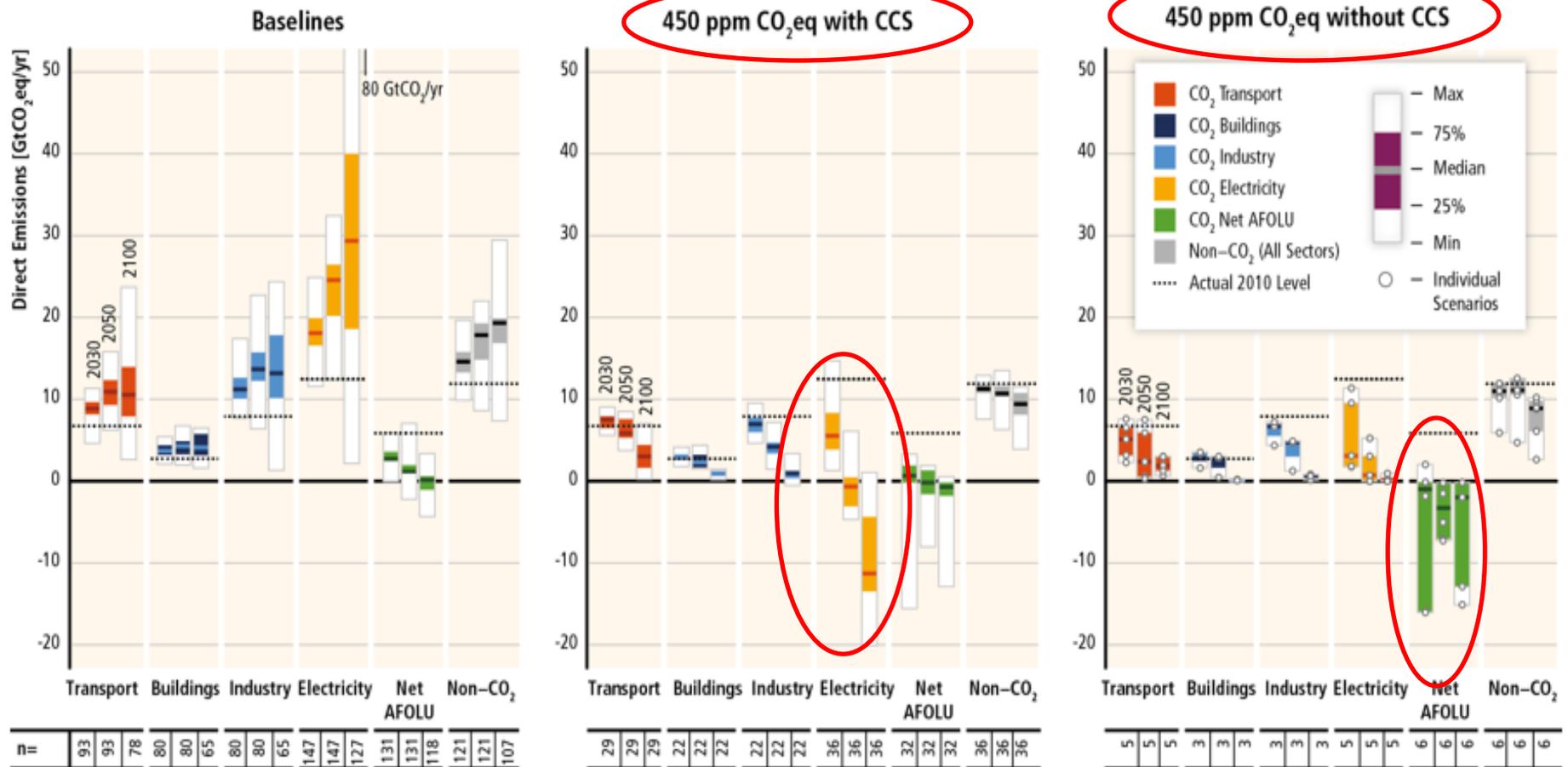
# シナリオ：世界全体のGHG排出量

GHG Emission Pathways 2000-2100: All AR5 Scenarios

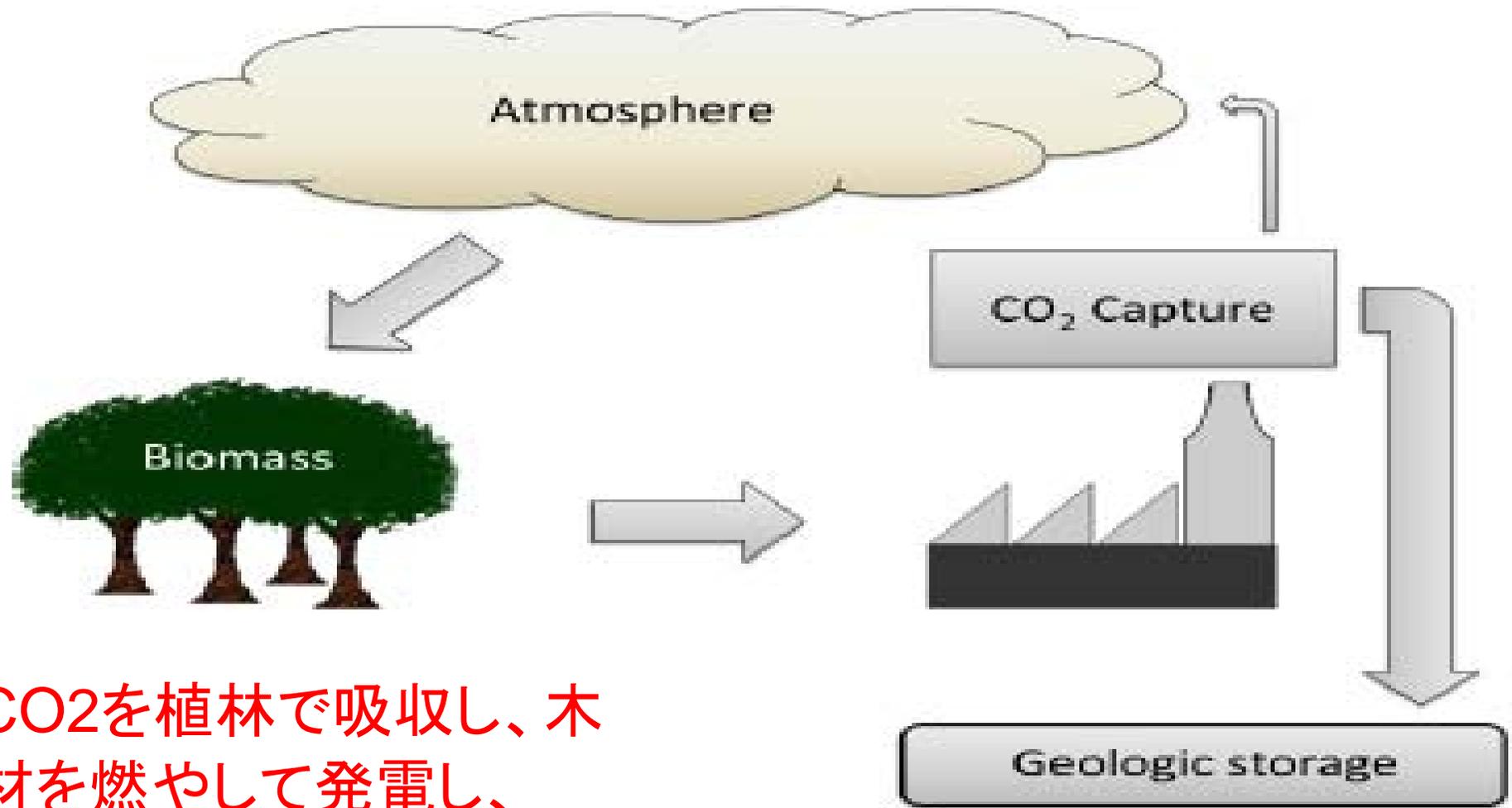


# シナリオにおける各部門の排出量

Direct Sectoral CO<sub>2</sub> and Non-CO<sub>2</sub> GHG Emissions in Baseline and Mitigation Scenarios with and without CCS



# バイオエネルギーとCO<sub>2</sub>回収貯 (CCS)



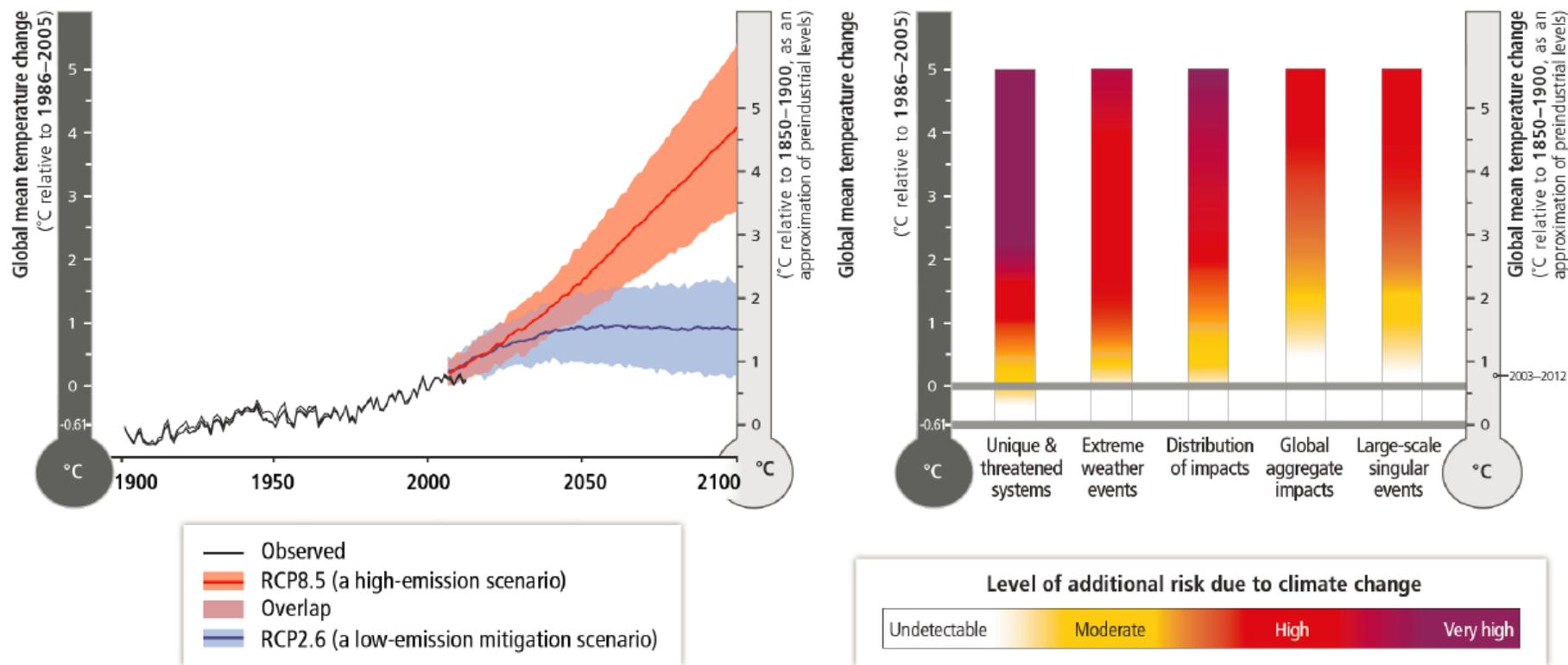
CO<sub>2</sub>を植林で吸収し、木材を燃やして発電し、CO<sub>2</sub>を地中に埋める

# シナリオにおける2つの前提条件

- ◆ **技術革新**: 「多くの温暖化対策技術が進歩し普及する」  
2度シナリオは、21世紀後半において、**バイオエネルギー**と**CCS**が、現在の石炭や石油に匹敵するような規模で普及すると想定している。
- ◆ **国際協調**: 「世界の国々が一致協力して排出削減に取り組む」  
IPCCのシナリオは、現実を大幅に単純化した数値モデルに依存している。資源量や技術の効率・コスト等は考慮されている。だが**安全保障**と**国際競争**の懸念については**一切考慮されていない**。  
→ 現状からみると**奇跡的な変化が必要**であることが分かる。これがEdenhofer共同議長がプレスリリースで述べた”the challenge is huge, huge, huge”の意味である。

温暖化の悪影響はよく分かっていない。

# “相対的にリスクが高い”という “専門家判断”...リスクの絶対程度は不明。



Assessment Box SPM.1 Figure 1.

# IPCC AR5 WG2 SPM

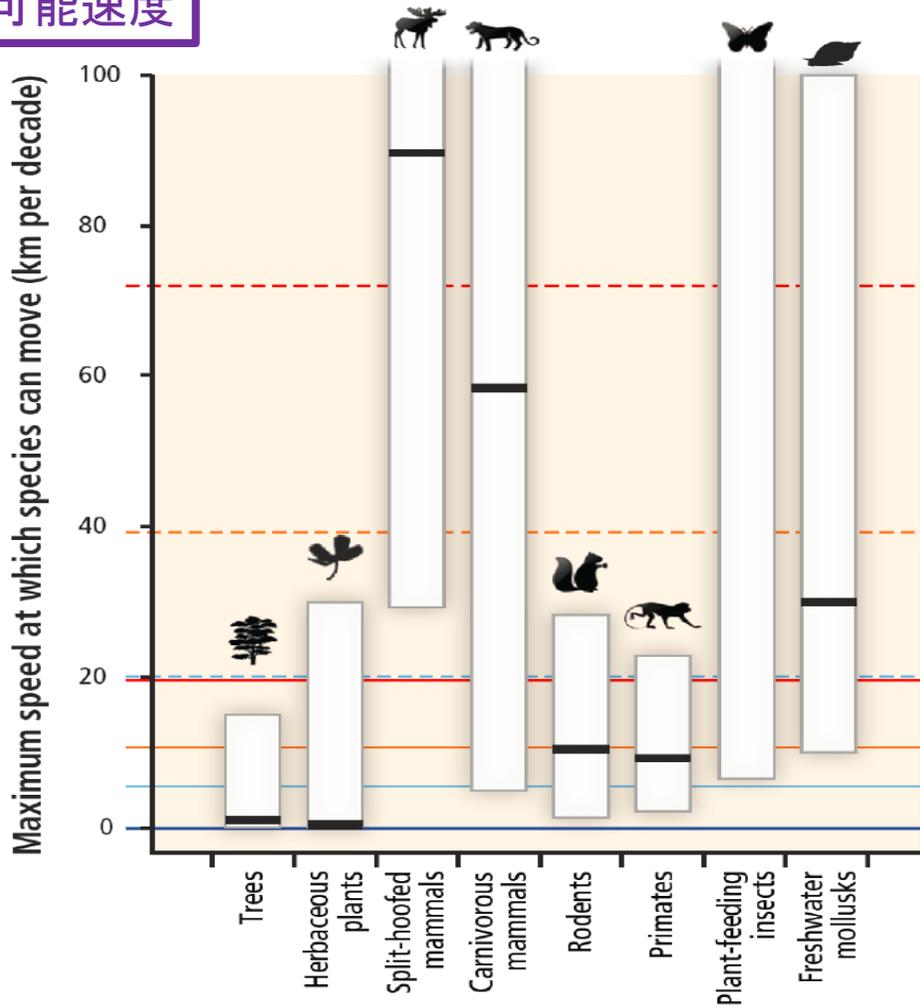
- ◆ 具体的な分野別の環境影響について、SPMの図を検討する。該当は：
  - Fig SPM.5 (生態系影響)
  - Fig SPM.6 (海洋への影響)
  - Fig SPM.7 (食料生産への影響)
- ◆ 本プレゼンの標記：
  - 赤字：図から受ける印象
  - 青字：講演者の意見

# 生態系への影響 (Fig. SPM.5)

# 準備： 気候速度

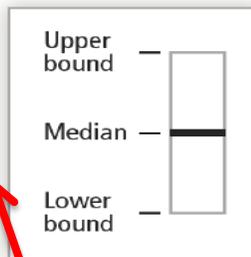
- 気候速度 (km/10年)
  - 温暖化で等温線が赤道から両極へ移動する速度。
  - 山間では遅くなる。平地では速い。
- 種の移動可能速度
  - 種が温暖化に追従できる速度。
- 気候速度 > 種の移動可能速度で、絶滅...

# 種の移動可能速度



# 温暖化の速度

Average climate velocity 2050-2090



RCP8.5 flat areas

RCP6.0 flat areas

RCP4.5 flat areas

RCP8.5 global average

RCP6.0 global average

RCP4.5 global average

RCP2.6 flat areas and global average

4°C以上@2100

3~4°C@2100

2~3°C@2100

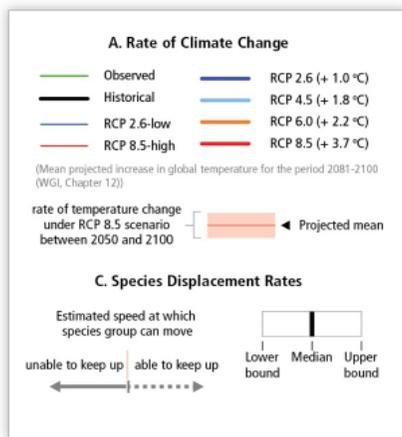
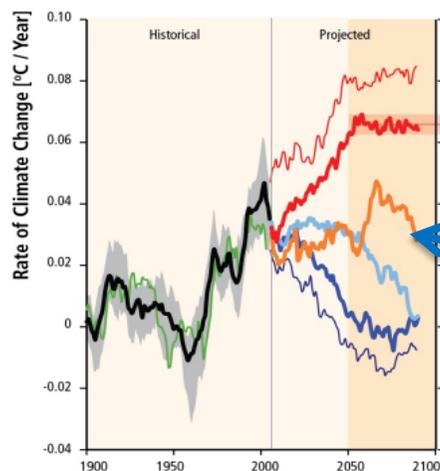
2°C以下@2100

Figure SPM.5.

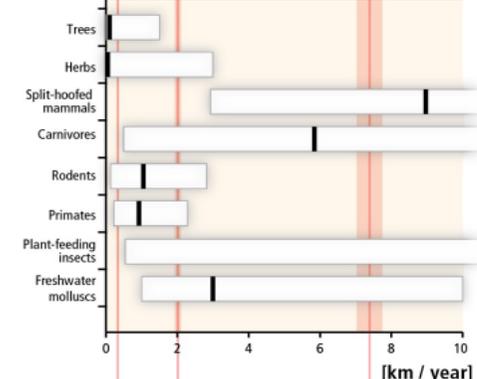
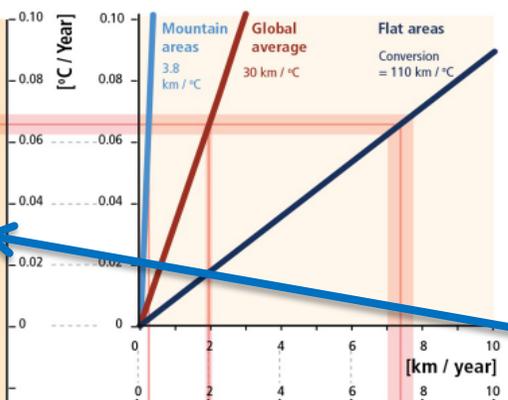
生態系への影響 (SPM.5)

大絶滅!?

A. Climate Change Scenarios



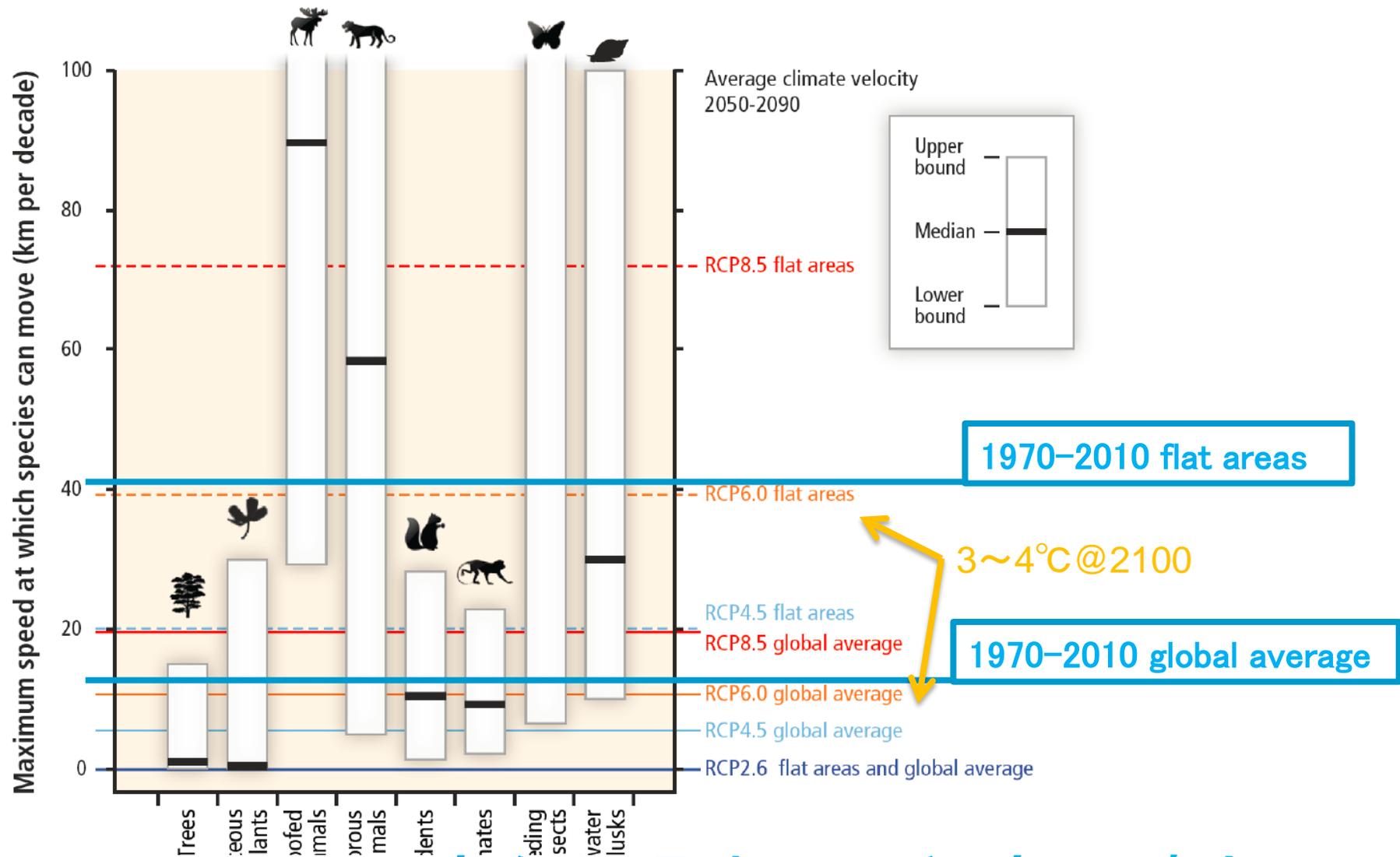
B. Estimate of Climate Velocity to Determine Rate of Displacement



C. Species Displacement Rates (required to track climate velocity)

TSの図では、  
過去(1970-2010)  
の気候速度は  
RCP6.0(3~4度)  
とほぼ同じ。

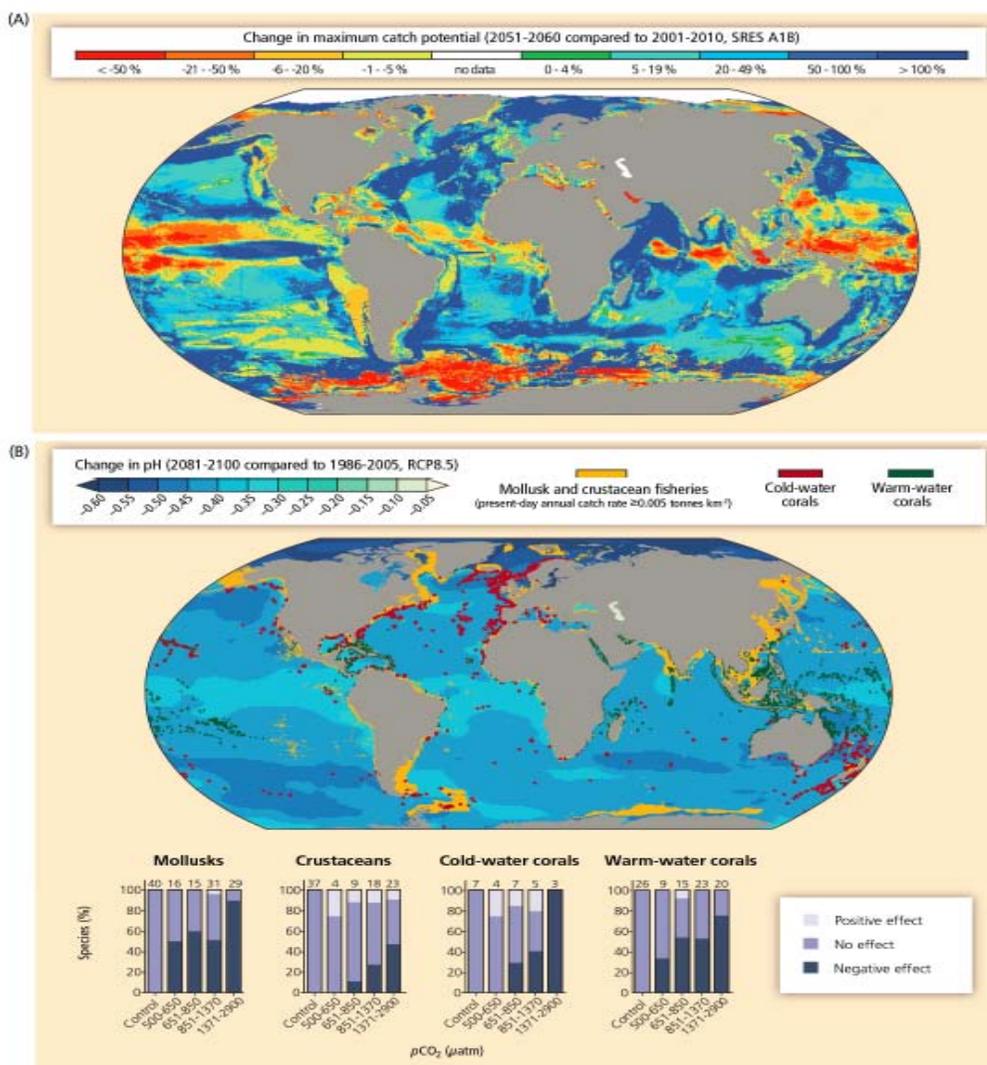
Figure TS.7.



3~4度なら過去と同程度の速さ。  
過去、温暖化が理由で絶滅した種はない。

Figure

# 漁業への影響 (Fig. SPM.6)



漁獲が大幅減少？

多くの前提のもとでの  
試算。

本文では  
「確信度低い  
(low confidence)」

SPMでは言及無し

Figure SPM.6.

## 漁業への影響 (SPM.6)

# 農業への影響 (Fig. SPM.7)

# 農業への影響 (SPM.7)

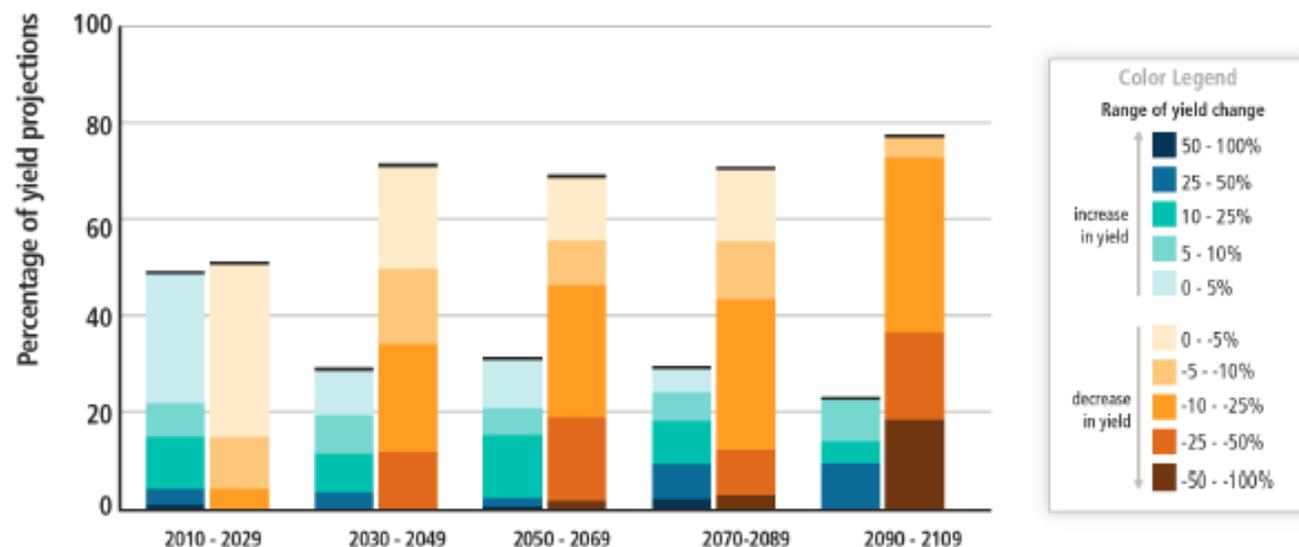


Figure SPM.7.

穀物の収量が減少する！？

論文の件数で悪影響の大きさを測るのは間違い。

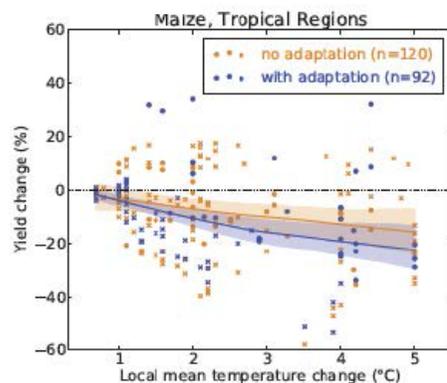
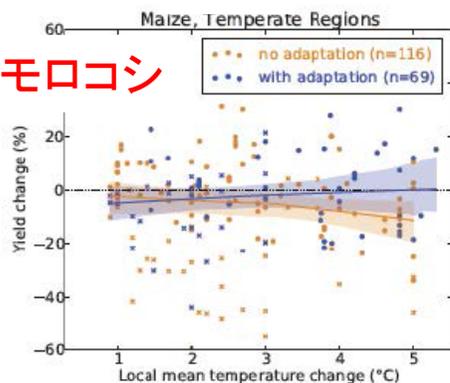
温帯

Quote, or Distribute Prior to Public

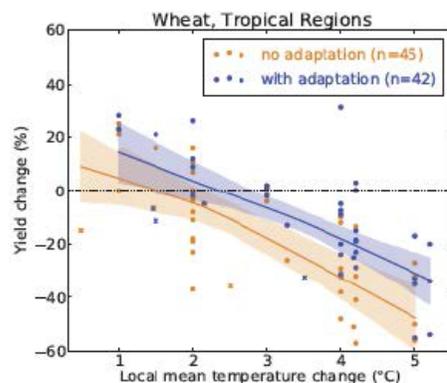
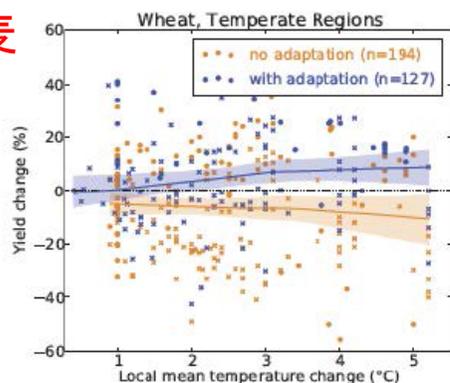
熱帯

arch 2014

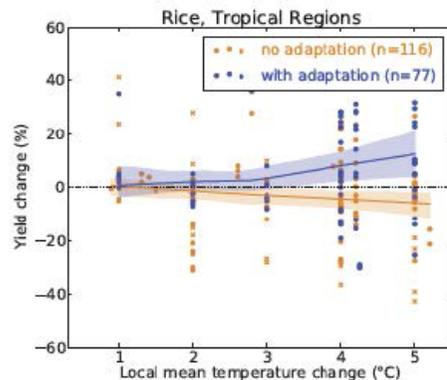
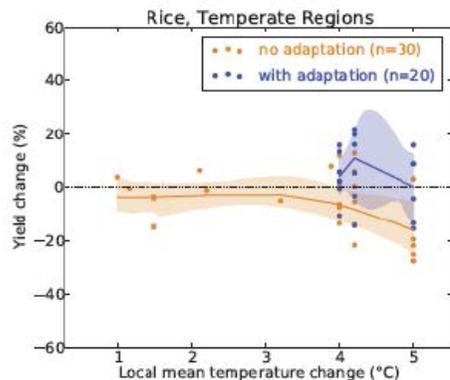
トウモロコシ



小麦



米



# 小麦とトウモロコシ が大凶作！？

## 熱帯で小麦・ トウモロコシの 収量は減るが、 米は収量減らない。

Figure 7-4: Percentage simulated yield change as a function of local temperature change temperature for the three major crops and for temperate and tropical regions. Dots indicate where a known change in atmospheric CO<sub>2</sub> was

# 温暖化の環境影響評価の共通の問題点

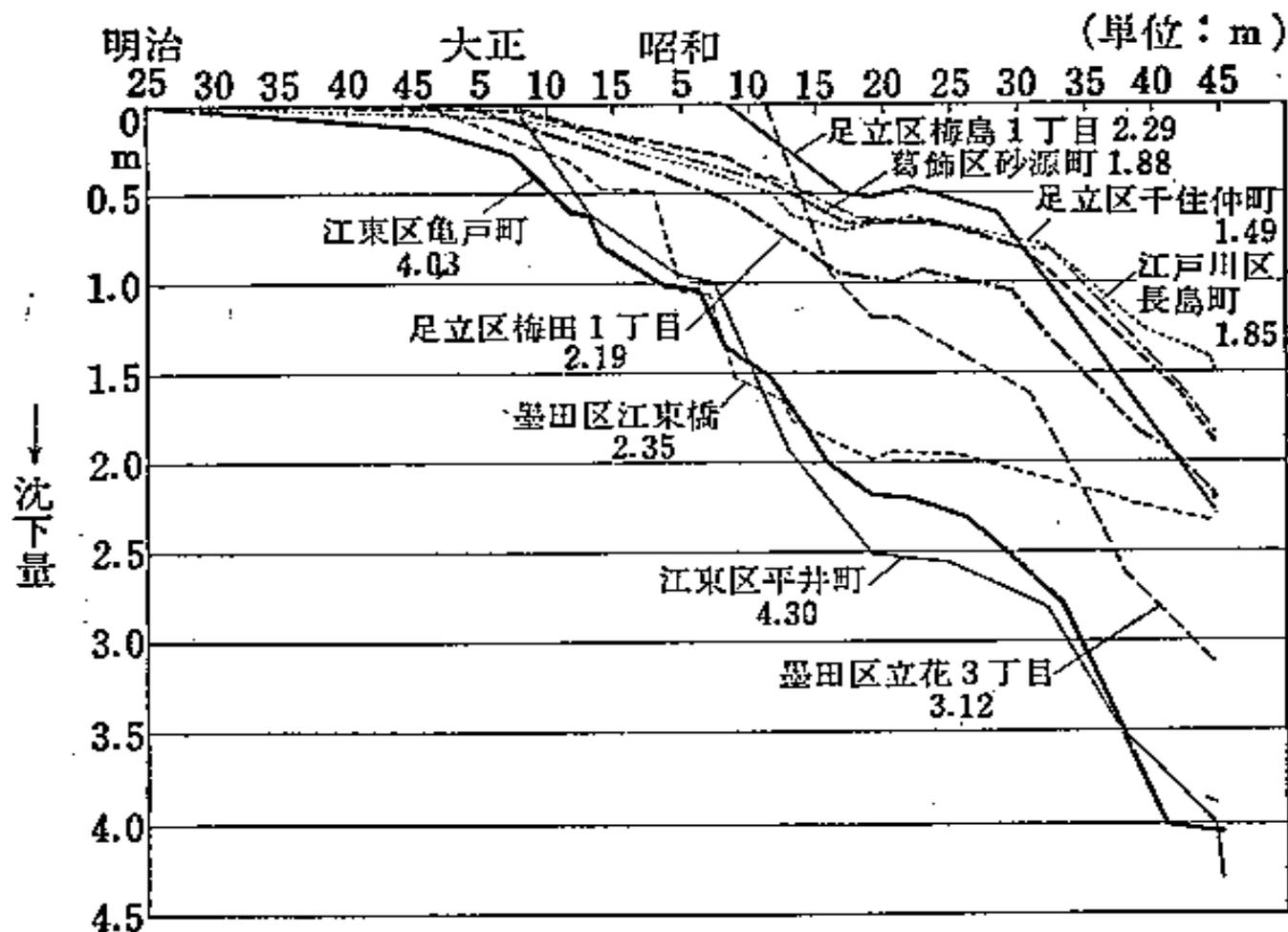
“温暖化によって、  
他の条件が同じならば、  
リスクが増大する。”

…と、よく言われるが...

1. 他の条件 >> 温暖化 ならば温暖化対策より他の対策の方が重要である。
2. 「リスクが増大」は自明。その程度こそが問題。

# 温暖化の悪影響<<人為的な自然改変

図18 東京都における地盤沈下量の推移

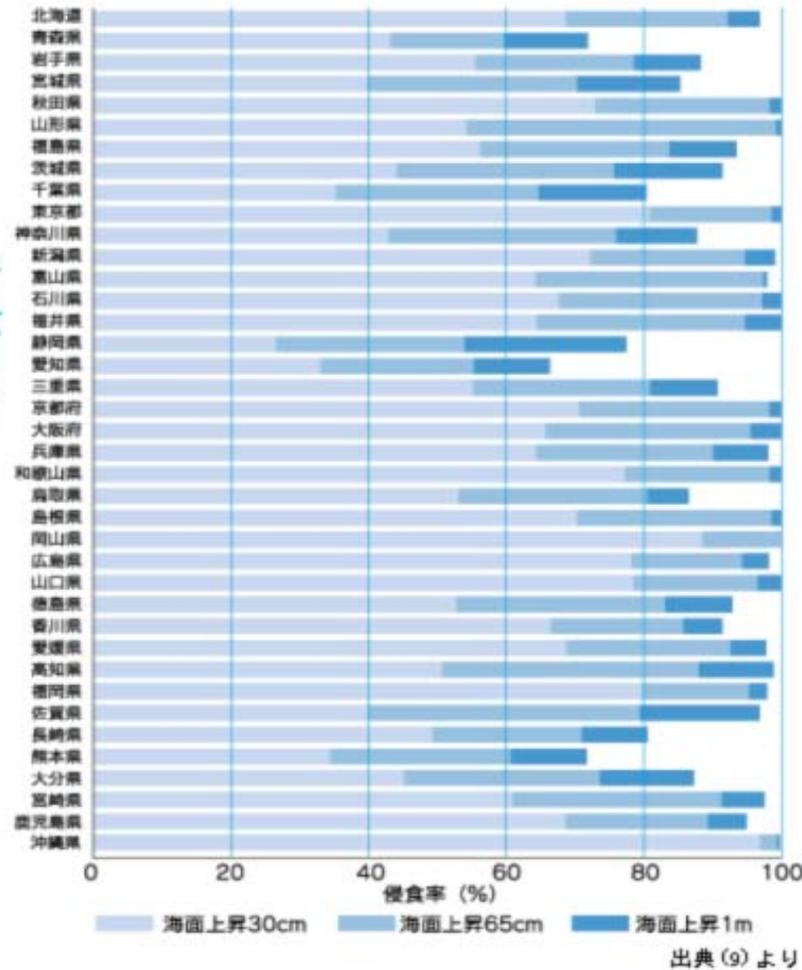


地盤沈下は  
50年間で  
4mにも及んだ。

(注) 『建設白書』(昭和45年版)より

# 砂浜が消える？

1mの海面上昇で  
90%の砂浜が  
失われる



<https://www.env.go.jp/earth/cop3/ondan/eikyou4.html>

阿拉伯軍隊在戰場  
其軍用武器與裝備



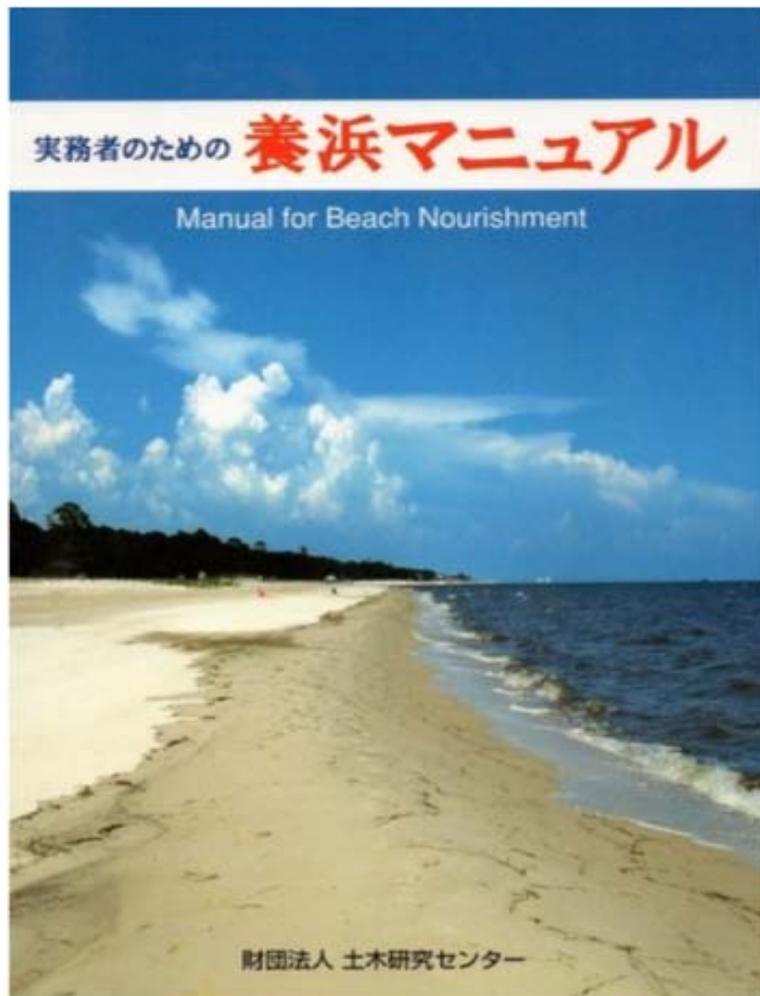






搬出箇所  
(相模貯水池)

搬入箇所  
(茅ヶ崎海岸)



(財)土木研究センター なぎさ総合研究室  
宇多高明先生

「実務者のための養浜マニュアル」

# 温暖化の悪影響 << 社会問題

# ツバルの危機とは？



[http://blog-imgs-31-origin.fc2.com/s/c/i/scienceplus2ch/photo\\_6\\_convert\\_20100628123101.jpg](http://blog-imgs-31-origin.fc2.com/s/c/i/scienceplus2ch/photo_6_convert_20100628123101.jpg)

浸水前



全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイトより  
(<http://www.jccca.org/>)



浸水後



全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイトより  
(<http://www.jccca.org/>)



<http://www.noguchi-ken.com/M/imgs/3/7/37663587.jpg>

# MIRAB経済

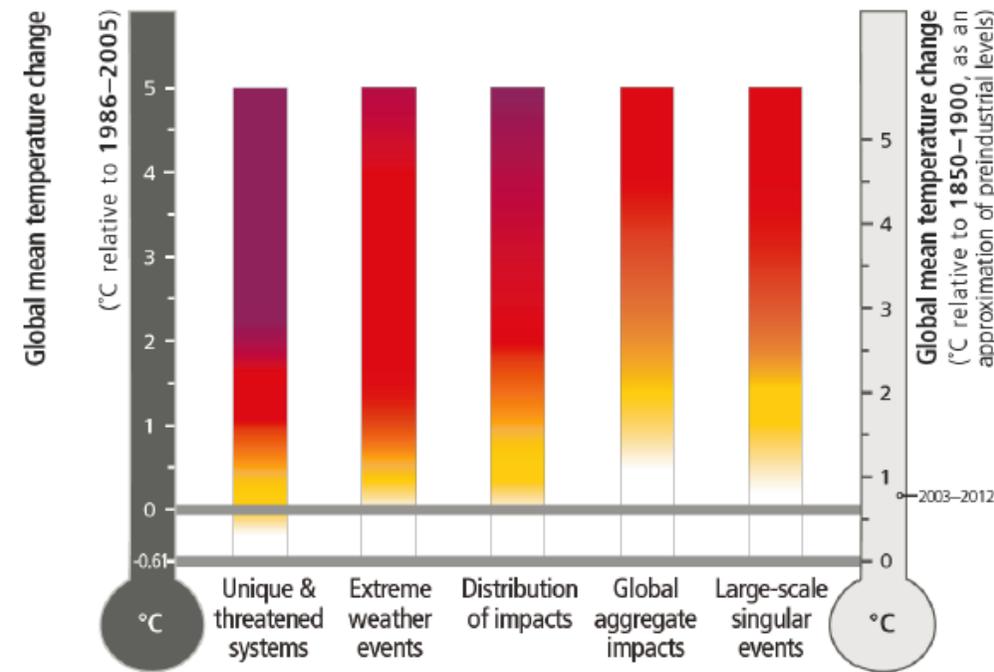
- ◆ Migration(移住)
- ◆ Remittance (送金)
- ◆ Aid (援助)
- ◆ Bureaucracy(行政)

究極の離島経済

既存の国境を超えた「新しい国家像が必要」

(大阪学院大学 小林泉先生より)

# 「リスクが増大」ってどういうこと？



「専門家判断」による  
「相対的なリスク」  
の高さ

内容の乏しい表現。  
リスクの「程度」こそが問題。

Level of additional risk due to climate change

Undetectable Moderate High Very high





# 異常気象が頻発？

◆異常気象 = “30年に1度”

- ▪ 元来、起きるもの
- トレンドがあれば“頻発”する
- リスクとは直結しない。

「リスクが増大」  
「異常気象」

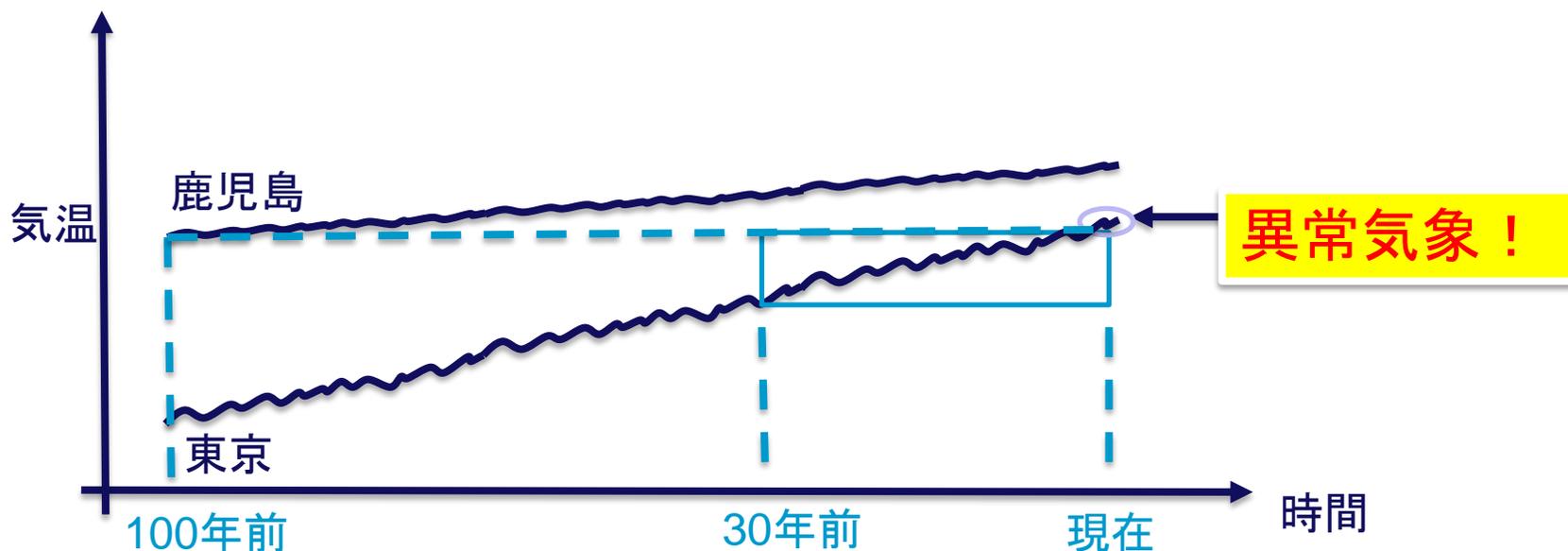
「東京で異常気象が頻発」



提案

「類似気候(気候アナログ)」で表現。

「東京の気温が鹿児島並みに」



温暖化により、東京の台風は：

「強大化のリスクがある」： 何のことか不明。

→**提案**→ → →

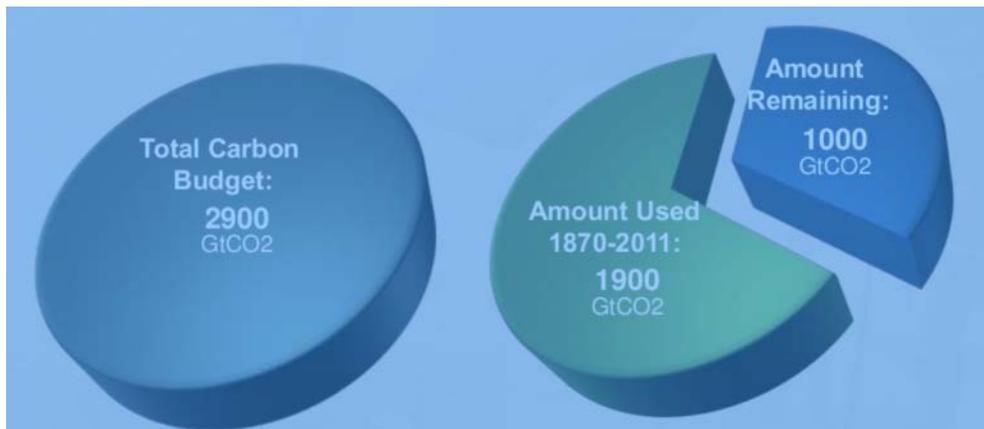
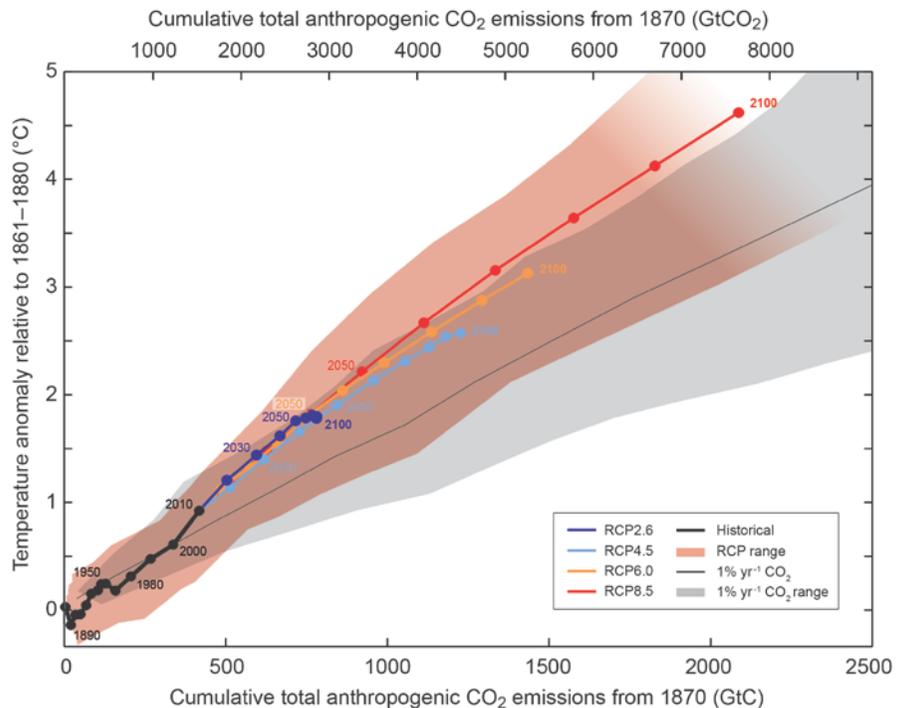
「今の九州並みの強さ」か、「人類が経験したことのない強さ」か、述べるべし。



ISS009E21526

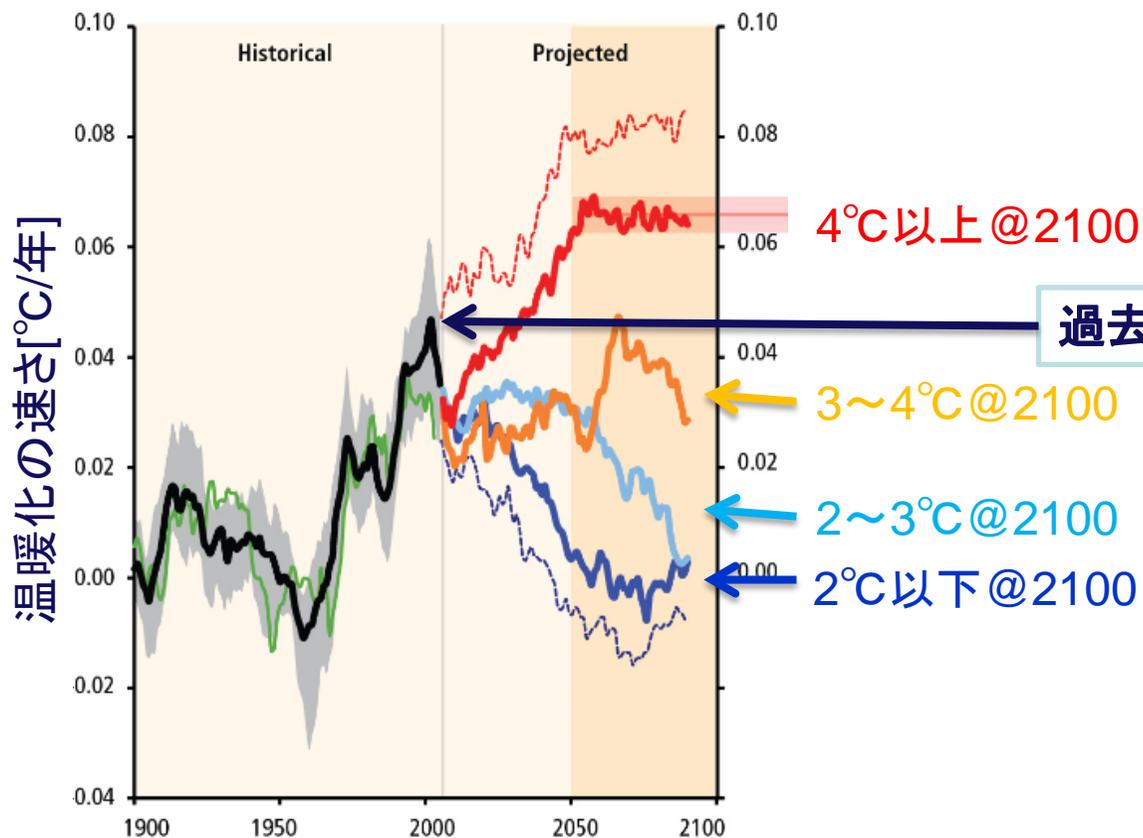
<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%B0%E9%A2%A8>

# リスク管理における「時間軸」



カーボンバジェット: 時間軸は無い

# 「温暖化の速さ」: 時間軸がある。



2100年に3~4°C上昇しても、温暖化の速さは過去と同程度

IPCC AR5 WG2 Fig 4-5 を元に筆者作成

# 極端現象の時間軸 (IPCC AR4 SYR)

- ◆ グリーンランド 1.9度～4.6度。7mの海面上昇。  
すべて解けるまでに**1000年**以上かかる。

Contraction of the **Greenland** ice sheet is projected to continue to contribute to sea level rise after 2100. Current models suggest virtually complete elimination of the **Greenland** ice sheet and a resulting contribution to sea level rise of about 7m if global average warming were sustained for millennia in excess of 1.9 to 4.6°C relative to pre-industrial values. The corresponding future temperatures in **Greenland** are comparable to those inferred for the last interglacial period 125,000 years ago, when palaeoclimatic information suggests reductions of polar land ice extent and 4 to 6m of sea level rise. {3.2.3}

- ◆ 南極の氷床損失：数メートル。**1000年**スケール  
(100年スケールの可能性も除外できない)

Partial loss of ice sheets on polar land could imply metres of sea level rise, major changes in coastlines and inundation of low-lying areas, with greatest effects in river deltas and low-lying islands. Such changes are projected to occur over **millennial** time scales, but more rapid sea level rise on century time scales cannot be excluded. {3.4}

# 社会・経済の時間軸

- ◆ 1789 フランス革命
- ◆ 1868 明治維新
- ◆ 1885 自動車の発明
- ◆ 1914 第一次世界大戦
- ◆ 1939 第二次世界大戦
- ◆ 1945 原子爆弾の発明
- ◆ 1989 ソ連の崩壊、天安門事件
- ◆ 1989 インターネットの発明

# 自然の人為的改変の時間軸



# 自然の人為的改変の時間軸

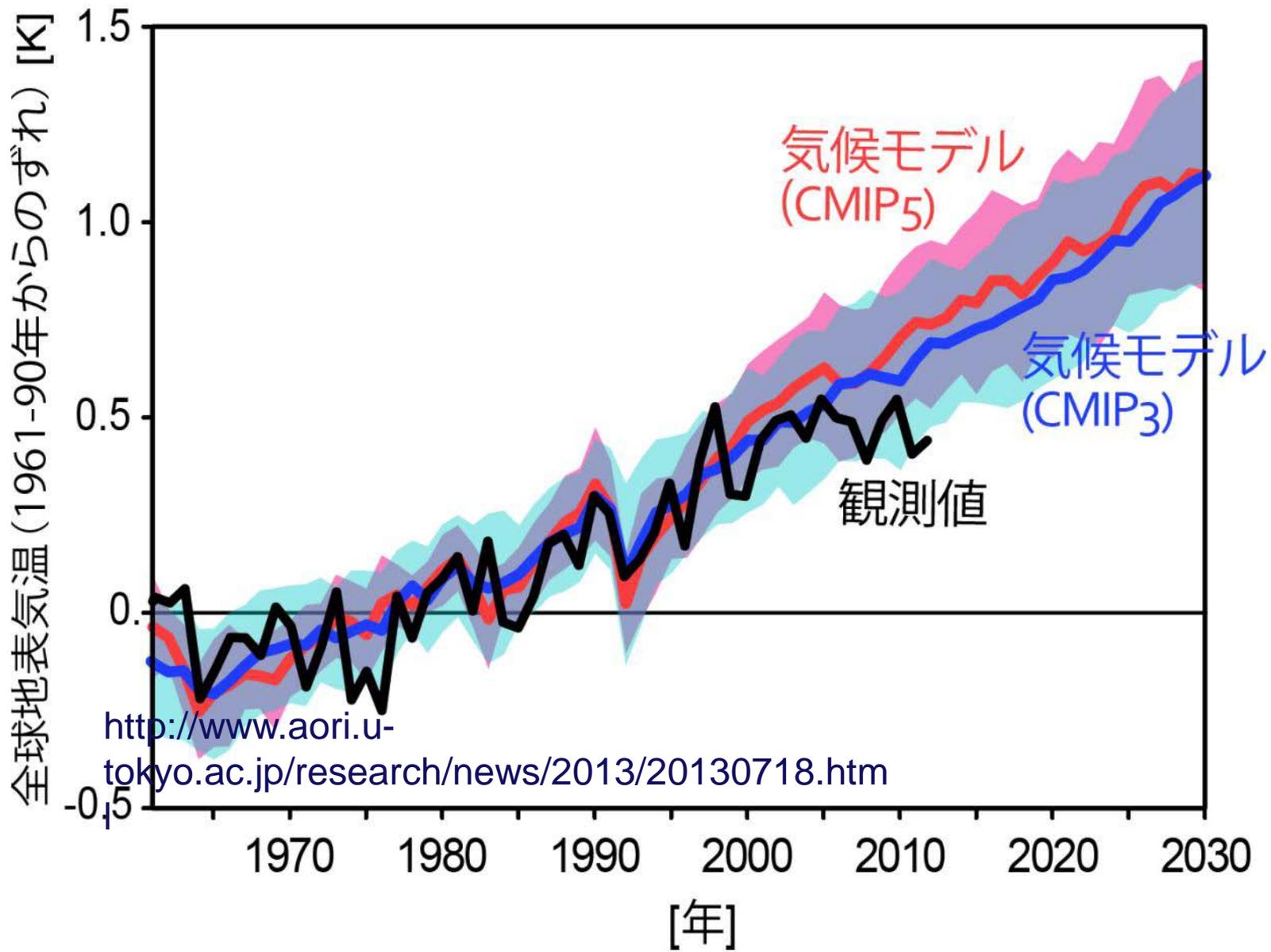


明治32年（施工中）

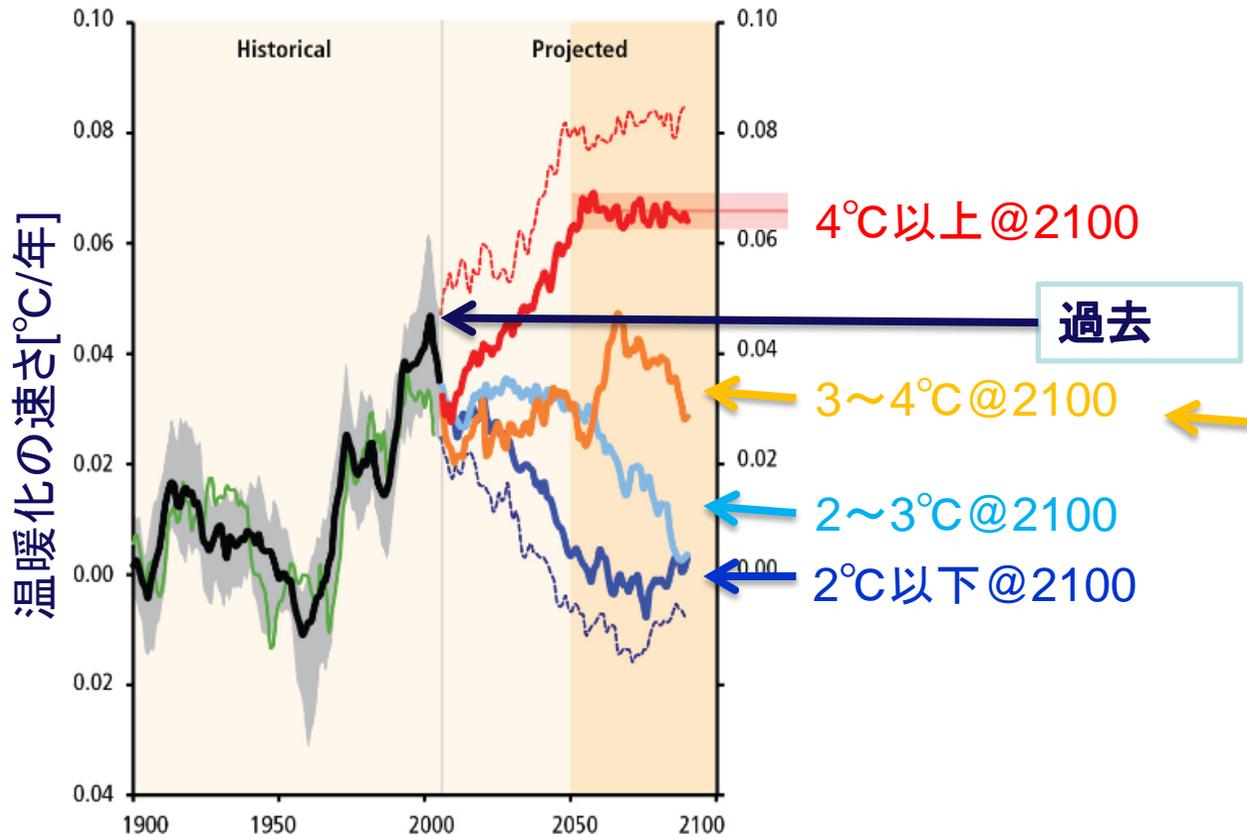
<http://quercus.ashita-sanuki.jp/c1323.html>

# 適応型管理の提案

1.5°C < 2×CO2 < 4.5°C



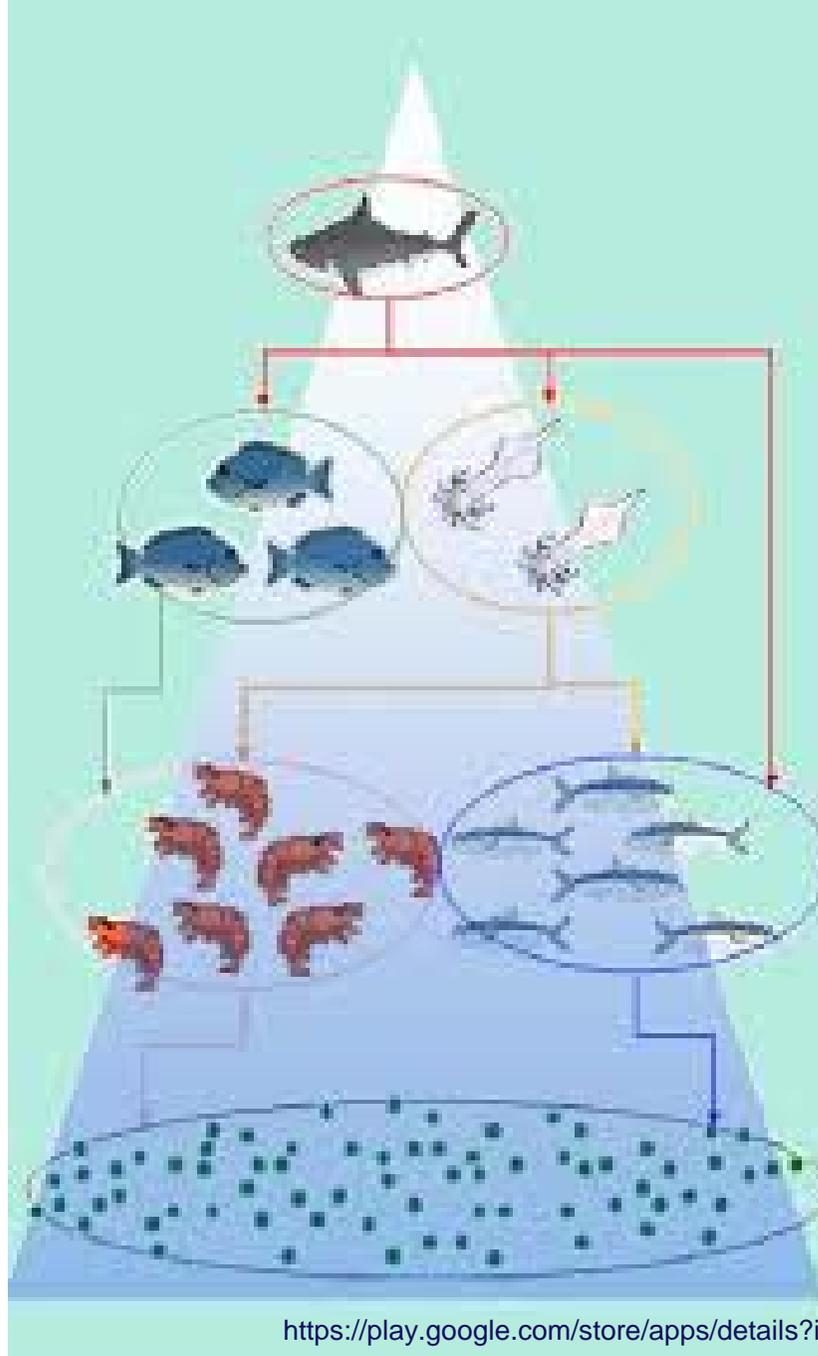
# 温暖化速度目標の順応型管理



当面は  
0.3~0.4°C/10年  
を管理目標として、  
将来は必要なら引き下  
げてはどうか？

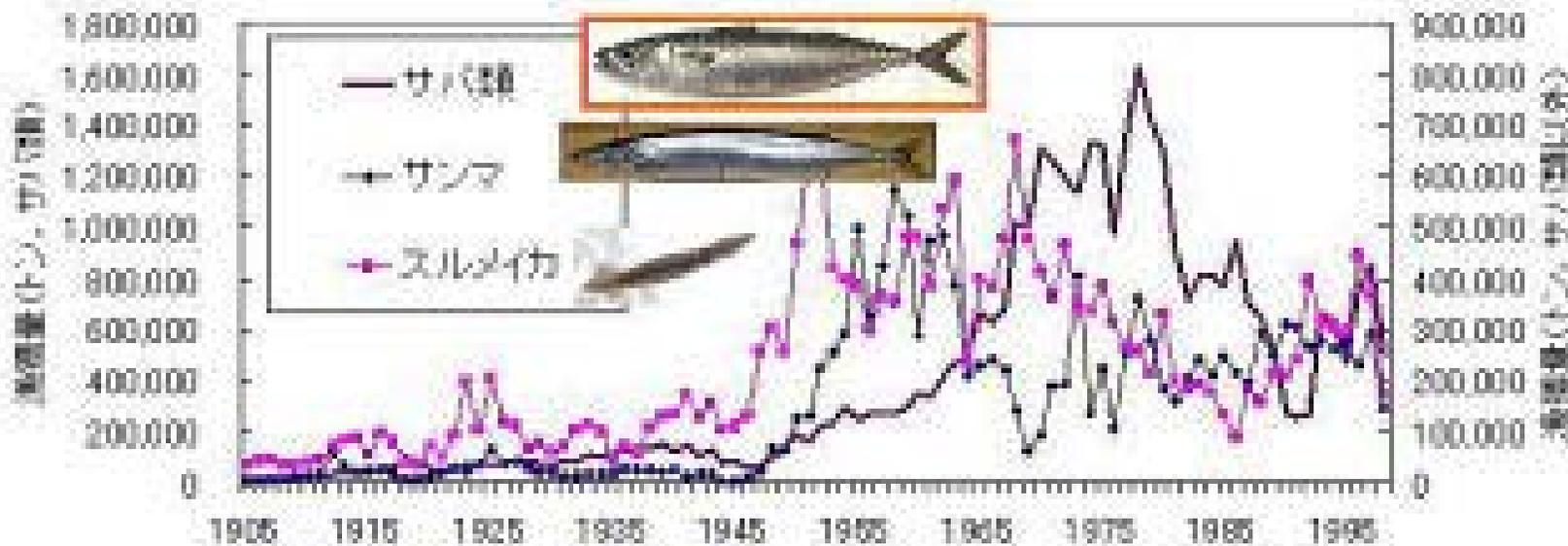
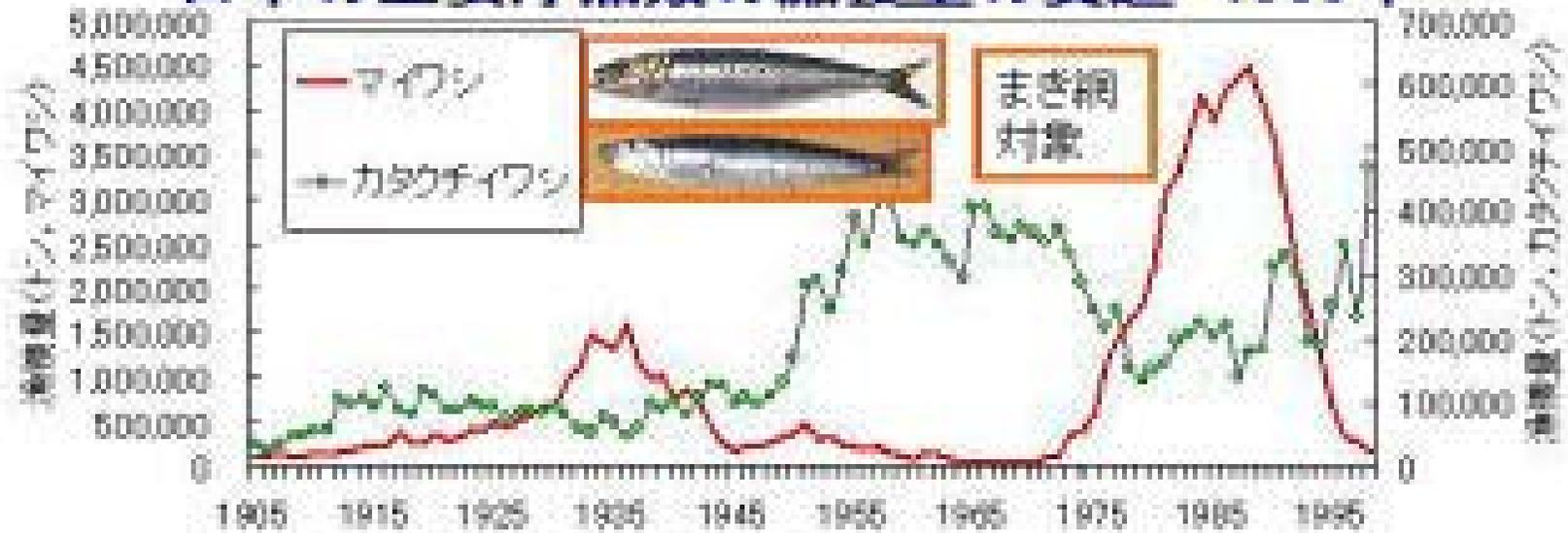
2100年に3~4°C上昇しても、温暖化の速さは過去と同程度

IPCC AR5 WG2 Fig 4-5 を元に筆者作成



<https://play.google.com/store/apps/details?id=Food.Chain2&hl=ja>

# 日本の主要浮魚類の漁獲量の変遷 1905年～



<http://nrifs.fra.affrc.go.jp/intro/doutai/Index-lab-old.htm>

# 温暖化速度目標の順応型管理



- ・ 絶対値目標よりも温暖化のリスクに直結した目標
- ・ 自然科学的 & 社会科学的不確実性が大きく、かつ安価な解決方法が未知なため、妥当な方法



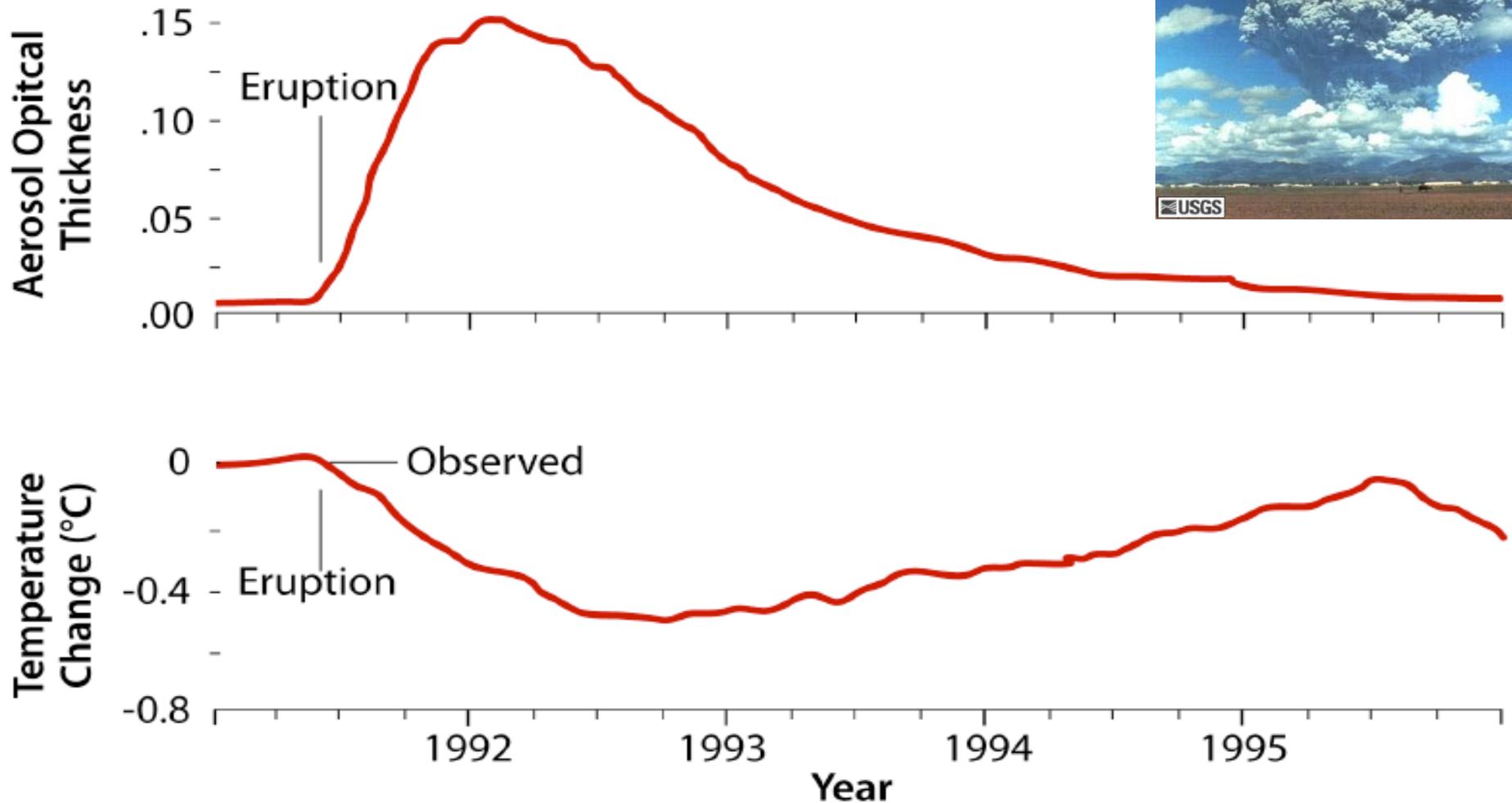
- ・ 自然変動に左右される(十年規模振動など)
- ・ 気候システム・社会システムに慣性があるため、結局のところ急激に温暖化速度は変えられず、絶対値目標と大差無い?

ジオエンジニアリング再考  
適応型管理/  
温暖化の速度を下げるものとして

# SRM: 成層圏へのエアロゾル注入

Source: USGS

フィリピンでのピナツボ火山爆発



# 海洋CCS

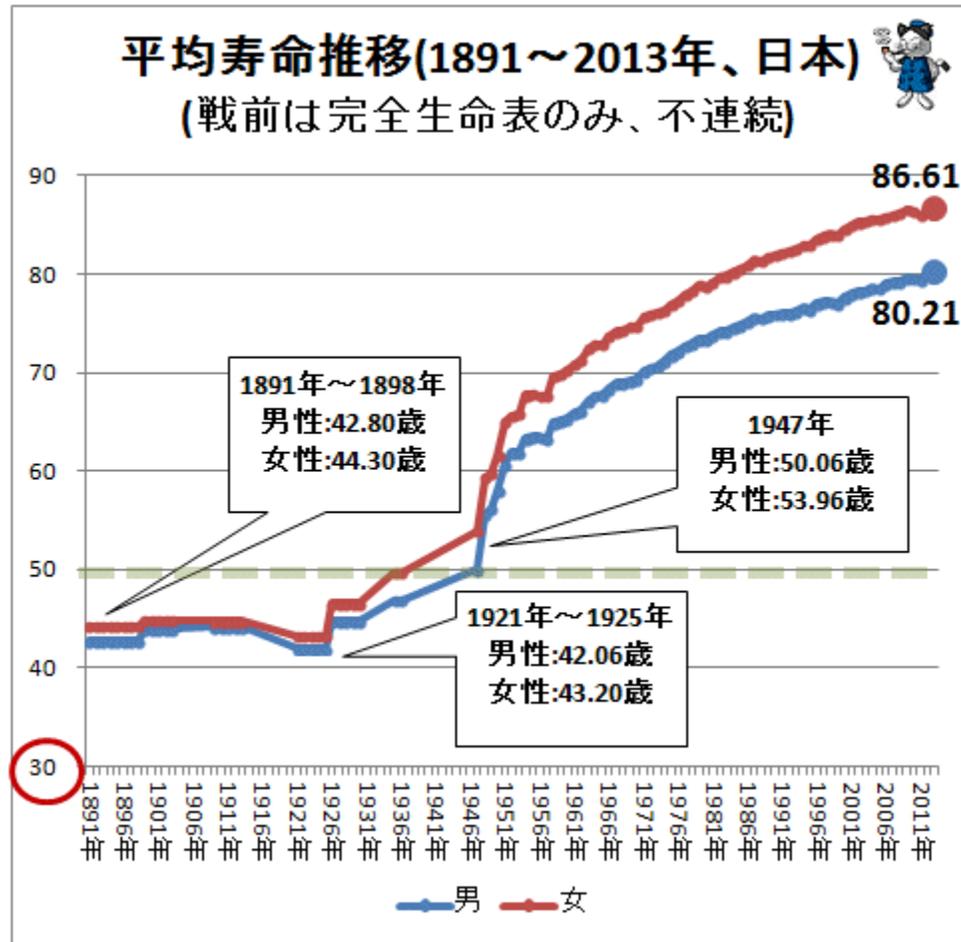
表TS.7. 2000年以降3通りの深さで100年間継続的に注入を行ったとした場合の7つの海洋モデルにより計算される、海洋貯留で保持されるCO<sub>2</sub>の割合。

年	注入の深さ		
	800 m	1500 m	3000 m
2100	0.78 ± 0.06	0.91 ± 0.05	0.99 ± 0.01
2200	0.50 ± 0.06	0.74 ± 0.07	0.94 ± 0.06
2300	0.36 ± 0.06	0.60 ± 0.08	0.87 ± 0.10
2400	0.28 ± 0.07	0.49 ± 0.09	0.79 ± 0.12
2500	0.23 ± 0.07	0.42 ± 0.09	0.71 ± 0.14

これまでは「100%のCO<sub>2</sub>を貯留」を要請された。が、「時間を買う技術」と思えば価値は飛躍的に高まる。「半減期」は、800mで100年、1500mで300年、3000mなら500年以上。

# 温暖化のリスク心理学

# 安全は変化の中にこそあった



<http://www.garbagenews.net/archives/1940398.html>

# 東京、600年前(イメージ)

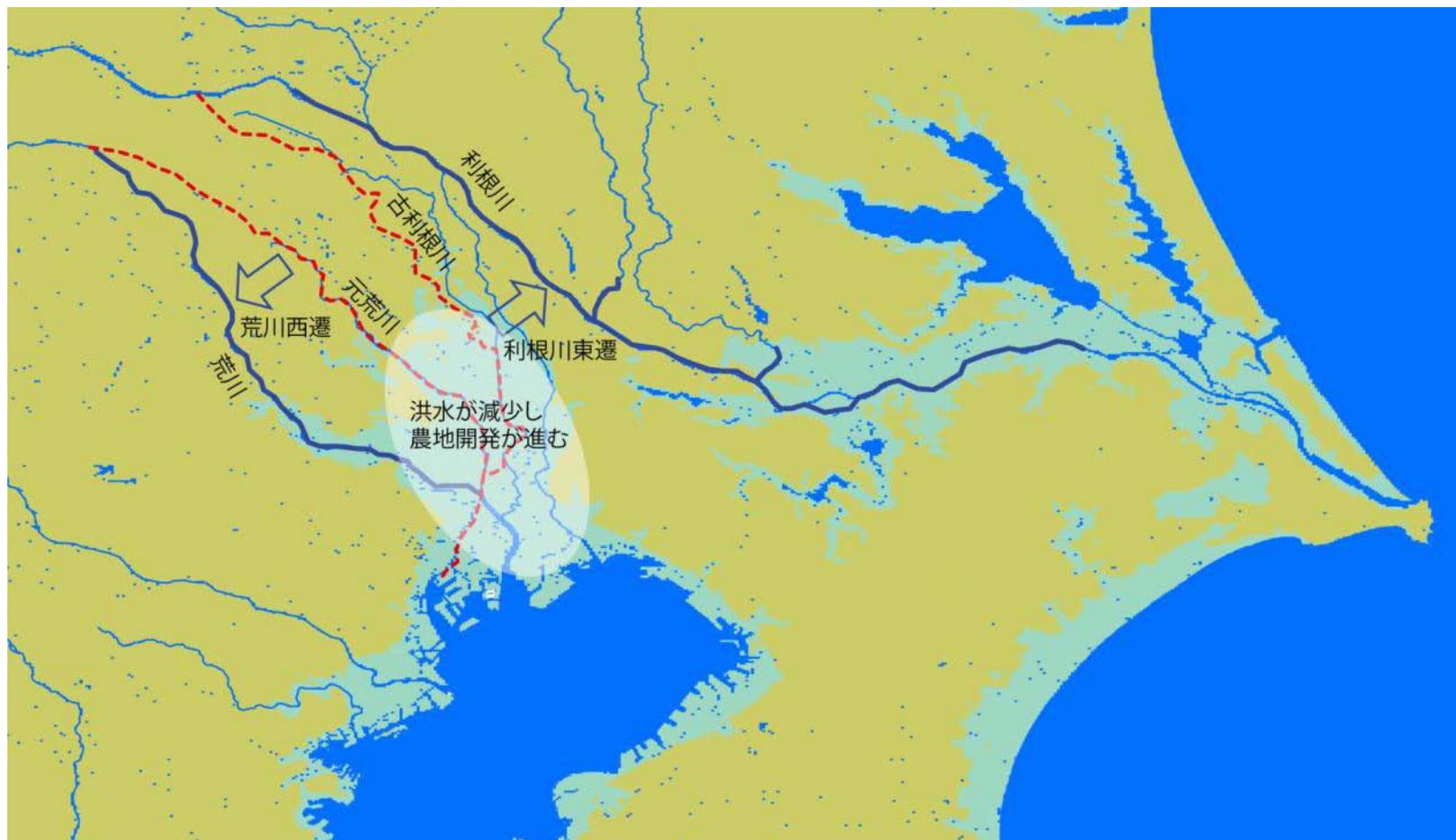


<http://www.soundofhope.org/node/295662>

# 東京、現在

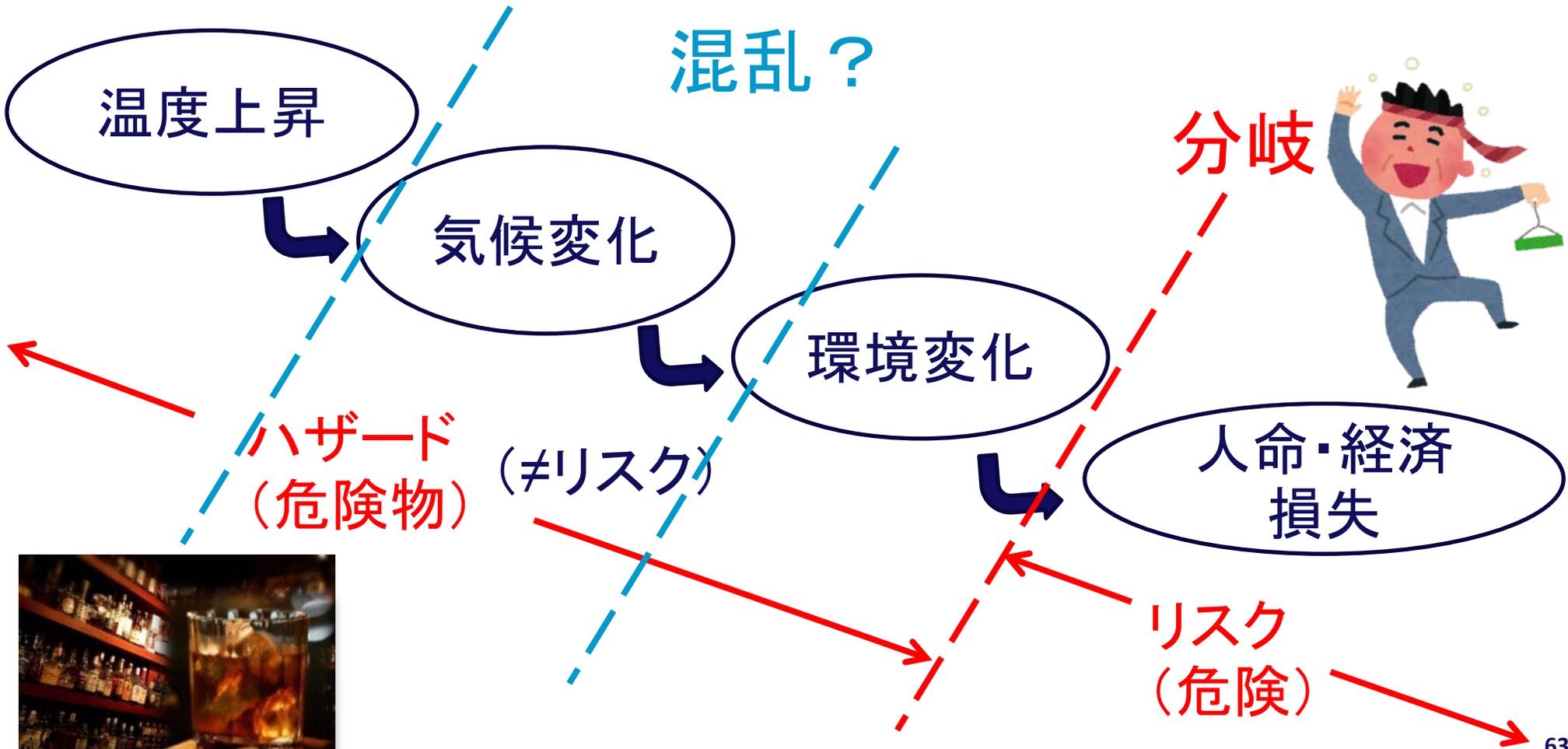


# 利根川の東遷： 川の大改造

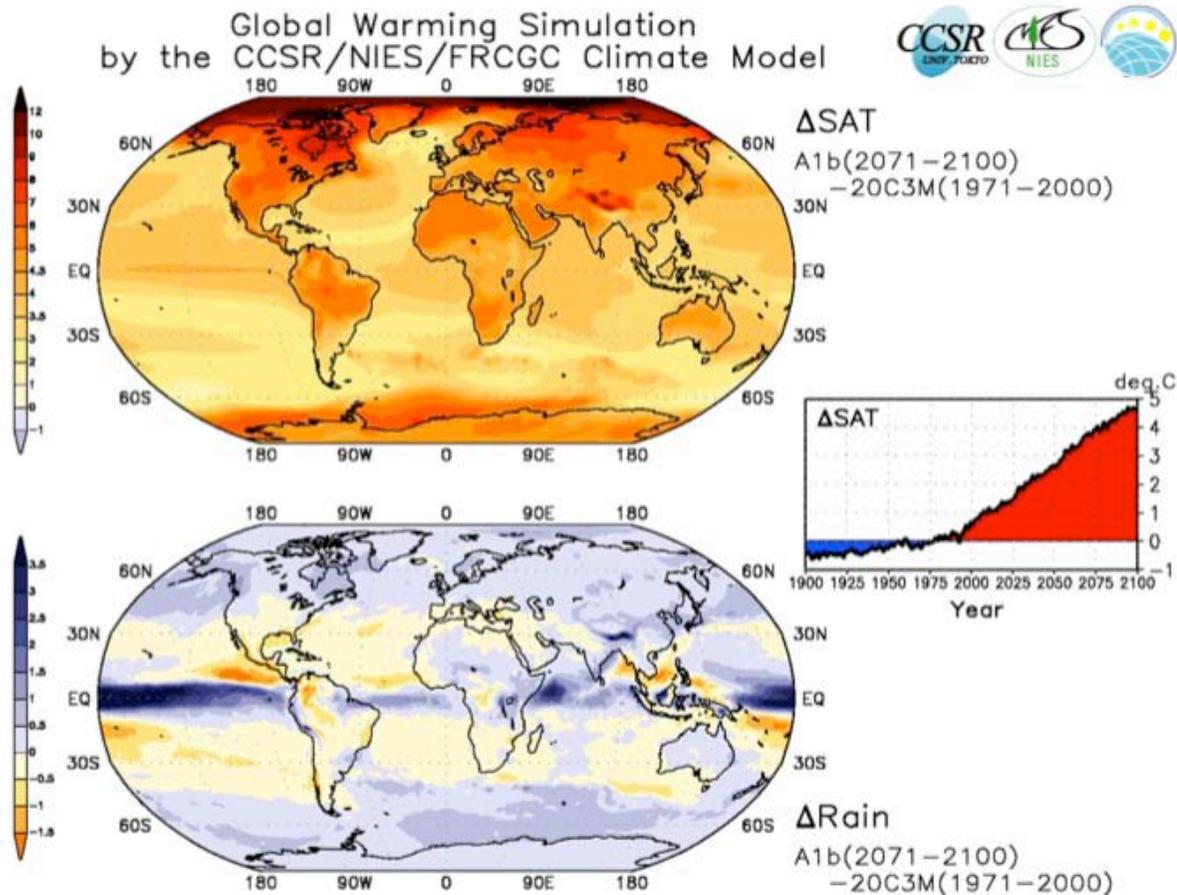


安全は変化の中にこそあった

# リスク評価のエンドポイントの混乱 =「変化」自体はリスクではないはず。



# 「変化」自体が心配の対象になっている？



[http://jp.photaki.com/picture-illustration-science\\_149827.htm](http://jp.photaki.com/picture-illustration-science_149827.htm)

## 「変化の中の安全」は安心できるか？

# さらに詳しくは...



書籍

