

# IPCC第5次評価報告書 第2作業部会報告書の概要

社会環境システム研究センター  
統合評価モデリング研究室  
主任研究員  
高橋 潔

# IPCCとは？

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (気候変動に関する政府間パネル)

- 設立 世界気象機関(WMO)及び国連環境計画(UNEP)により1988年に設立された国連の組織
- 任務 各国の政府から推薦された科学者の参加のもと、地球温暖化に関する科学的・技術的・社会経済的な評価を行い、得られた知見を政策決定者を始め広く一般に利用してもらうこと
- 構成 最高決議機関である総会、3つの作業部会及び温室効果ガス目録に関するタスクフォースから構成

## IPCCの組織

### IPCC総会

#### 第1作業部会(WG I) : 科学的根拠

気候システム及び気候変化についての評価を行う。

共同議長 Dahe Qin (中国)  
Thomas Stocker (スイス)

#### 第2作業部会(WG II) : 影響、適応、脆弱性

生態系、社会・経済等の各分野における影響及び適応策についての評価を行う。

共同議長 Christopher Field (米国)  
Vincente Barros (アルゼンチン)

#### 第3作業部会(WG III) : 緩和策

気候変化に対する対策(緩和策)についての評価を行う。

共同議長 Ramon Pichs-Madruga (キューバ)  
Ottmar Edenhofer (ドイツ)  
Youba Sokona (マリ)

#### 温室効果ガス目録に関するタスクフォース

各国における温室効果ガス排出量・吸収量の目録に関する計画の運営委員会。

共同議長 Taka Hiraishi (日本)  
Thelma Krug (ブラジル)

# IPCC第2作業部会報告書：過去の経緯

**Climate Change: The IPCC Impacts Assessment**  
Policymakers' summary

1. Scenarios used in the report
2. Agriculture and forestry
3. Natural terrestrial ecosystems
4. Hydrology and water resources
5. Human settlement; the energy, transport and industrial sectors; human health, air quality and changes in UV-B radiation
6. World oceans and coastal zones
7. Seasonal snow cover, ice and permafrost

**1990年：第一次評価報告書**

**Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment**  
Executive Summary

- A. Prediction of the regional distribution of climate change and associated impact studies, including model validation studies
  - B. Energy and industry-related issues
  - C. Agriculture and forestry-related issues
  - D. Vulnerability to sea-level rise
- Appendices

**1992年：補足報告書**

**Climate Change 1995 - Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses**  
Summary for Policymakers  
Technical Summary

- PART I — INTRODUCTORY MATERIALS**
- A. Ecophysiological, ecological and soil processes in Terrestrial Ecosystems: A primer on general concepts and relationships
  - B. Energy primer
- PART II — ASSESSMENT OF IMPACTS AND ADAPTATION OPTIONS**
1. Climate change impacts on forests
  2. Rangelands in a changing climate: impacts, adaptations, and mitigation
  3. Deserts in a changing climate: impacts
  4. Land degradation and desertification
  5. Impacts of climate change on mountain regions
  6. Non-tidal wetlands
  7. Fisheries
  8. Human population health
- PART III — ASSESSMENT OF MITIGATION OPTIONS**
19. Energy supply mitigation options
  20. Industry 21: mitigation options in the transportation sector
  22. Mitigation options for human settlements
  23. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions
  24. Management of forests for mitigation of greenhouse gas emissions
  25. Mitigation: cross-sectoral and other issues
- PART IV — TECHNICAL APPENDICES**
26. Technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations
  27. Methods for assessment of mitigation options
  28. Inventory of technologies, methods, and practices
- Appendices

**1995年：第二次評価報告書**

- Different aspects of the WGII assessments**
- Scenarios and predicted/observed impacts
  - Sectoral analyses
  - Region specific analyses
  - Chapters mainly focused on adaptation
  - Mitigation



**Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**  
Summary for Policymakers  
Technical Summary

1. Overview of impacts, Adaptation, and vulnerability to climate change
2. Methods and tools
3. Developing and applying scenarios
4. Hydrology and water resources
5. Ecosystems and their goods and services
10. Africa
11. Asia
12. Australia and New Zealand
13. Europe
14. Latin America
15. North America
16. Polar regions (Arctic and Antarctic)
17. Small Island states
18. Adaptation to climate

**2001年：第三次評価報告書**

**Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**  
Summary for Policymakers  
Technical Summary

1. Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems
2. New assessment methods and the characterization of future conditions
3. Freshwater resources and their management
4. Ecosystem, their properties, goods and services
5. Food, fibre and forest products
6. Coastal systems and low-lying areas
9. Africa
10. Asia
11. Australia and New Zealand
12. Europe
13. Latin America
14. North America
15. Polar Regions (Arctic and Antarctic)
16. Small islands
17. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity
18. Inter-relationships between adaptation and mitigation

**2007年：第四次評価報告書**

**Climate Change 2013: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**  
Summary for Policymakers  
Technical Summary

- PART A — GLOBAL AND SECTORAL ASPECTS**
- Context for the AR5*
1. Point of departure
  2. Foundations for decisionmaking
  3. Fresh water resources
  4. Terrestrial and inland water systems
  5. Coastal systems and low-lying areas
  6. Ocean systems
  7. Food production systems and food security
  8. Urban areas
  9. Rural areas
  10. Key economic sectors and service
  11. Human health
  12. Human security
  13. Livelihoods and poverty
  14. Adaptation needs and options
- PART B — REGIONAL ASPECTS**
15. Adaptation planning and implementation
  16. Adaptation opportunities, constraints, and limits
  17. Economics of adaptation
  18. Detection and attribution of observed impacts
  19. Emergent risks and key vulnerabilities
  20. Climate-resilient pathways: adaptation, mitigation, and sustainable development
  21. Regional context
  22. Africa
  23. Europe
  24. Asia
  25. Australasia
  26. North America
  27. Central and South America
  28. Polar Regions
  29. Small Islands
  30. Open Oceans
- Appendices

**2014年：第五次評価報告書**

時代を追い、セクタ別分析(●)→地域別分析(●)→適応(●)の重点シフトが見られる。

# IPCC第5次評価報告(第2作業部会:影響・適応・脆弱性)

- 政策決定者向け要約
- 技術要約
- パート A: 全地球的および分野的観点
  - 1章 出発点
  - 2章 政策決定の基盤
- ○自然および管理された資源と生態システム、およびその利用
  - 3章 淡水資源
  - 4章 陸域および淡水の生態システム
  - 5章 沿岸の生態システムおよび低平地
  - 6章 海の生態システム
  - 7章 食料システムおよび食料安全保障
- ○居住地、産業およびインフラ
  - 8章 都市域
  - 9章 農山漁村域
  - 10章 主要な経済部門およびサービス
- ○人間の健康、福祉及び安全保障
  - 11章 人間の健康
  - 12章 人間の安全保障
  - 13章 生活および貧困
- ○適応と開発
  - 14章 適応の必要性およびオプション
  - 15章 適応計画および実施
  - 16章 適応の機会、制約および限界
  - 17章 適応の経済的側面
- ○複数分野に係る影響、リスク、脆弱性および機会
  - 18章 観測された影響の検出および原因特定
  - 19章 新たなリスクおよびと主要な脆弱性
  - 20章 気候変動に対し回復力のある発展経路: 適応、緩和および持続可能な開発

- パート B 地域的観点
  - 21章 地域的背景
- ○地域に関する章
  - 22章 アフリカ
  - 23章 ヨーロッパ
  - 24章 アジア
  - 25章 オーストラレーシア(南太平洋地域)
  - 26章 北アメリカ
  - 27章 中南米
  - 28章 極域
  - 29章 小島嶼
  - 30章 外洋域

IPCC-AR5-WG2承認のためのIPCC総会  
2014年3月25～29日@横浜にて開催

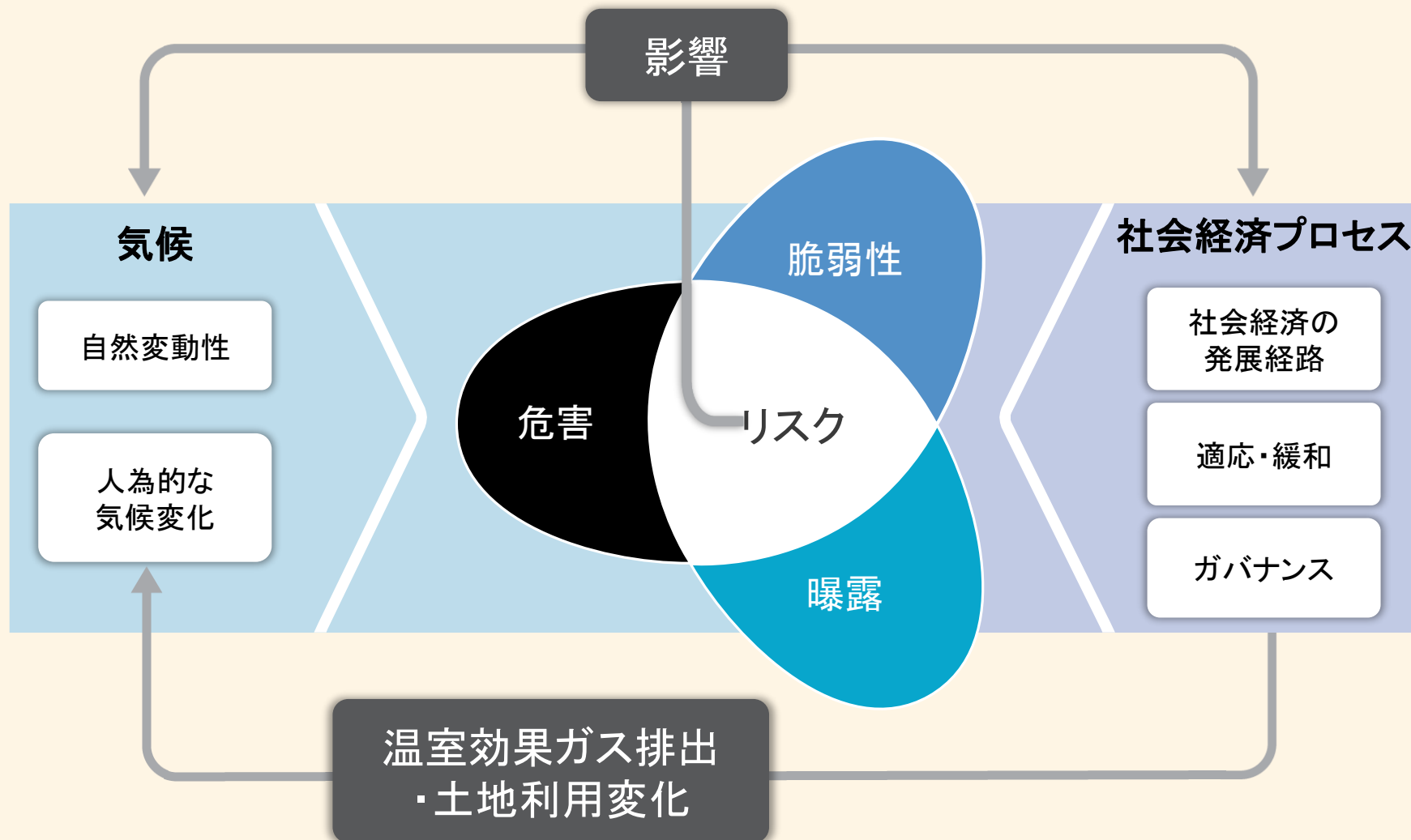


# IPCC-WG2-AR5の政策決定者向け要約(SPM)の構成

- A. 複雑かつ変化しつつある世界において観測されている影響、脆弱性、適応
  - ここ数十年、気候における変化はすべての大陸と海洋にわたり、自然・人間システムに影響を与えている。
- B. 将来リスクと適応機会
  - 温暖化の程度が増大すると深刻で、蔓延的で、不可逆な影響が起こる可能性が高まる。気候変化影響の全体リスクは、気候変化の速度や程度を制限することにより低減できる。
- C. 将来リスクの管理とレジリエンスの構築
  - 適応は場所・背景に固有のものであり、あらゆる状況に適する唯一のリスク低減の方法は存在しない。効果的なリスク低減や適応戦略では、脆弱性や曝露の動態や、これらと社会経済的課程、持続可能な開発、および気候変化とのつながりが考慮される。また、気候に対してレジリエントな経路は、持続可能な開発の軌道であり、気候変化とその影響を低減するために適応と緩和を結びつける。それらは効果的なリスク管理の実施・継続を確実にするための反復型の工程を含んでいる。

# リスク=f(危害、曝露、脆弱性)

IPCC-AR5-  
WG2-新知見

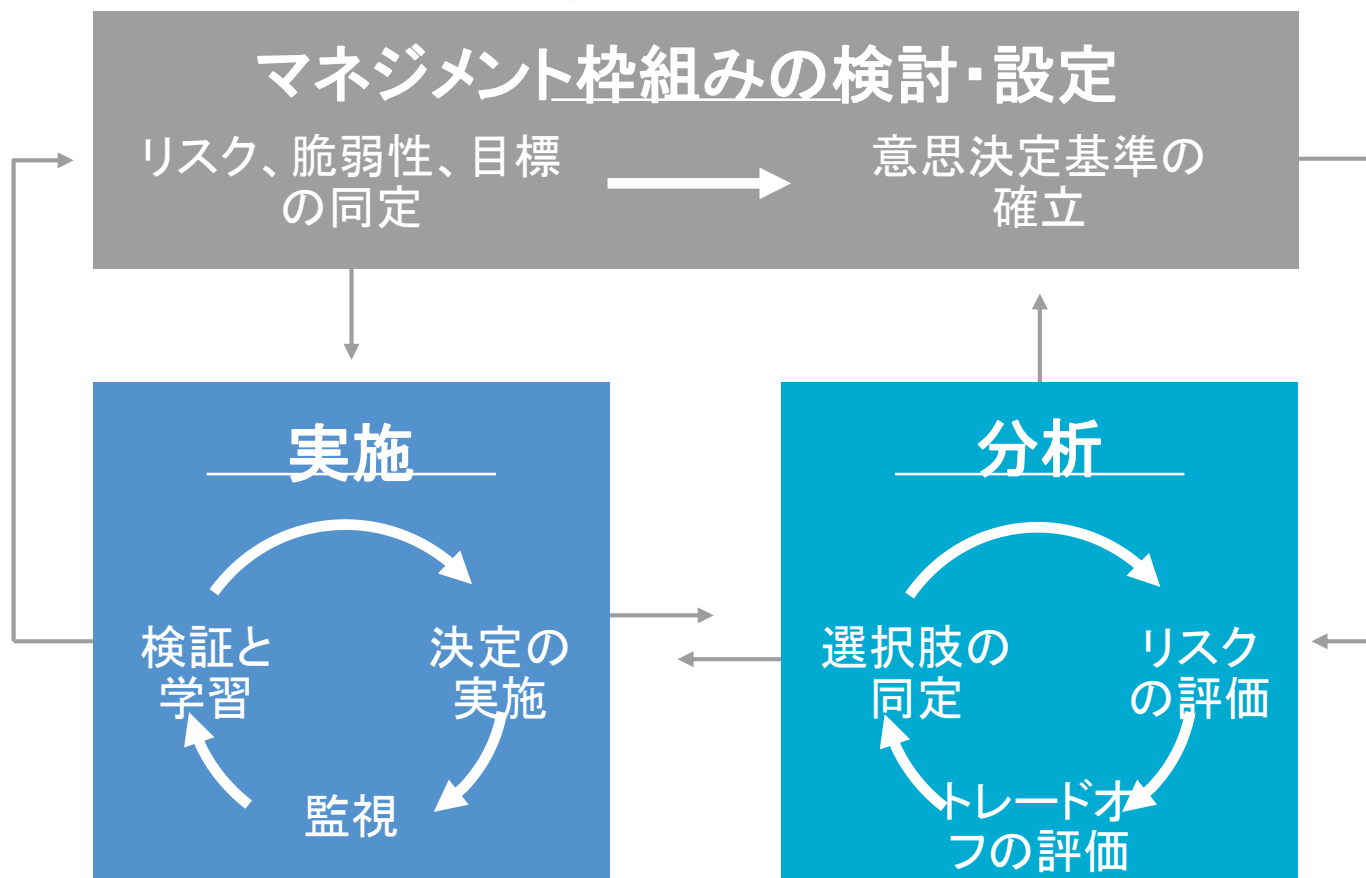


危害： 人、生物、資産などに悪影響を及ぼし得る、気候関連の物理現象やその変化傾向  
曝露： 悪影響を受けうる場所や状況に、人、生物、資産などが存在すること  
脆弱性： 悪影響の受けやすさ(危害に対する感受性や適応能力など)

出典IPCC第5次評価報告書第2作業部会政策決定者向け要約に基づき作成

# 意思決定のコンテキスト:

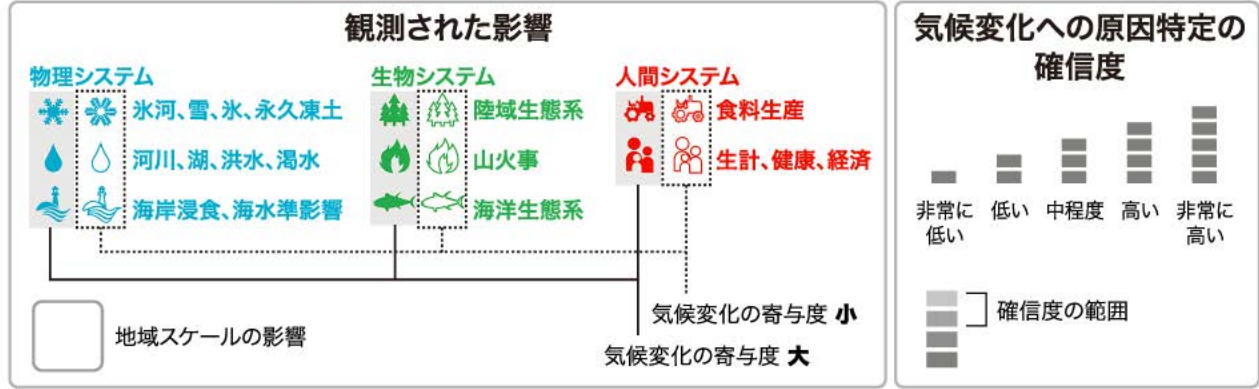
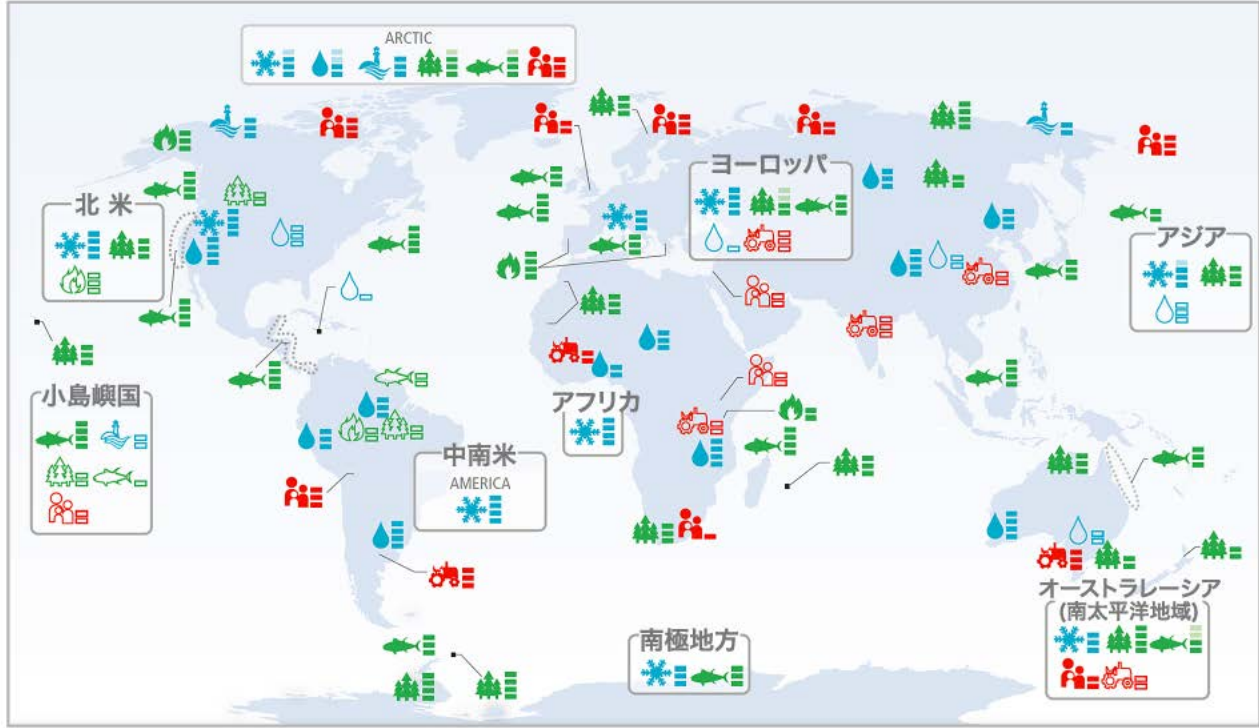
## 繰り返しプロセスとしてのリスクマネジメントフレームワーク



- ・気候関連リスクへの対応は、気候変化影響の重大性・時期に関する持続する不確実性と、適応の効果の限界を伴う、変わりゆく世界における意思決定を含む。(高い確信度)
- ・繰り返しのリスクマネジメントは、大きな潜在的影響、持続する不確実性、長い時間フレーム、学習の可能性、時間と共に変化する複数の気候・非気候影響といった性格を有する複雑な状況下での意思決定のための、有用なフレームワークである。

# 各地の物理・生物・人間システムの変化と温暖化

IPCC-AR5-  
WG2-新知見



過去数十年間、気候変化が全ての大陸・海洋にわたって自然システム・人間システムに影響を及ぼしてきた。気候変化影響の証拠は、自然システムについて、最も強く包括的である。気候変化に原因特定された人間システムへの影響もある。この場合、気候変化はその他因子の影響とは区別できるが、主因である場合もあればそうでない場合もある。

出典：IPCC第5次評価報告書第2作業部会政策決定者向け要約に基づき作成



# 観測された影響

## 水循環への影響

- ・多くの地域で、降水量の変化または氷雪の融解が水文システムを変化させ、量的にも質的にも水資源に影響を与えている。(中程度の確信度)

## 生態系への影響

- ・気候変化の進行に伴って、多くの陸域・淡水・海水生物が、分布域、季節活動、移動パターン、生息数、及び種の相互作用を変化させてきている。(高い確信度)

## 農業・食料への影響

- ・地域・作物を幅広くカバーする多くの研究によれば、気候変化による作物収量への負の影響は、正の影響よりも一般的にみられる。(高い確信度)

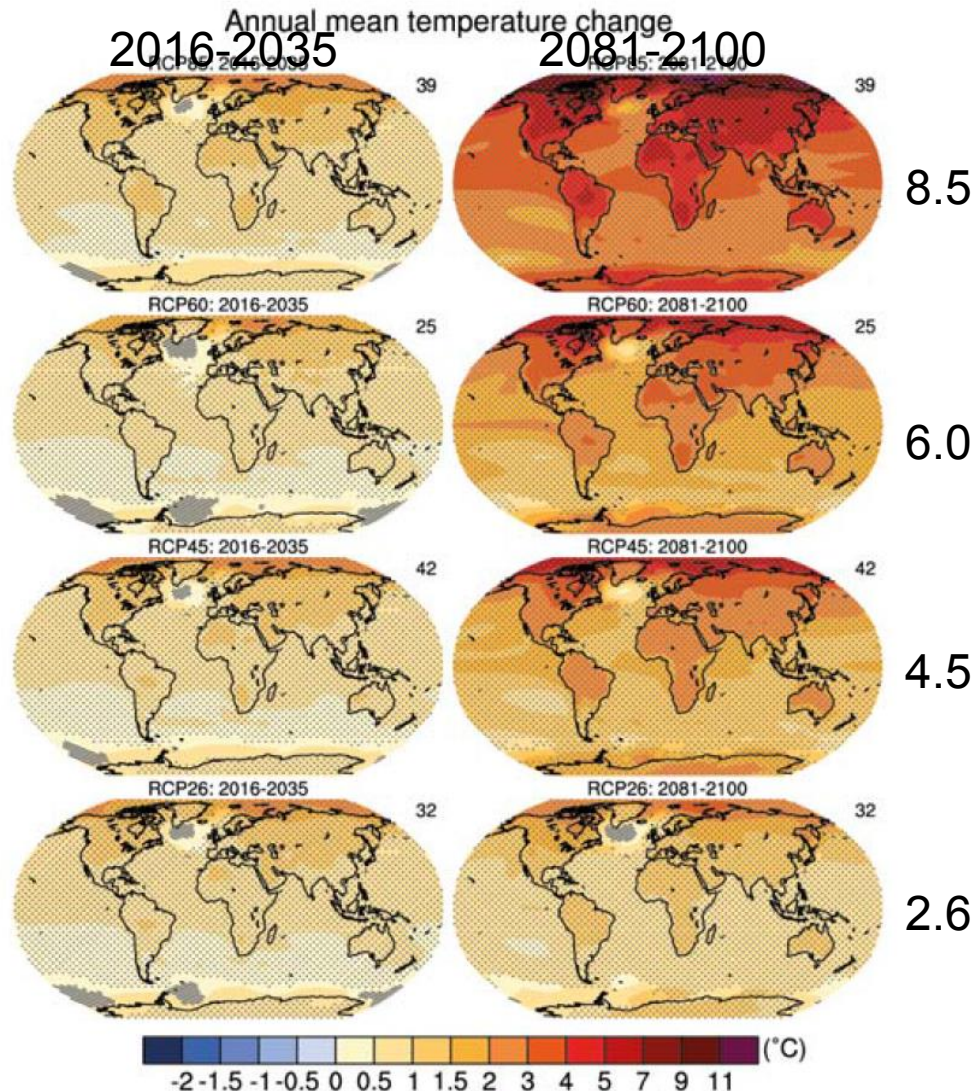
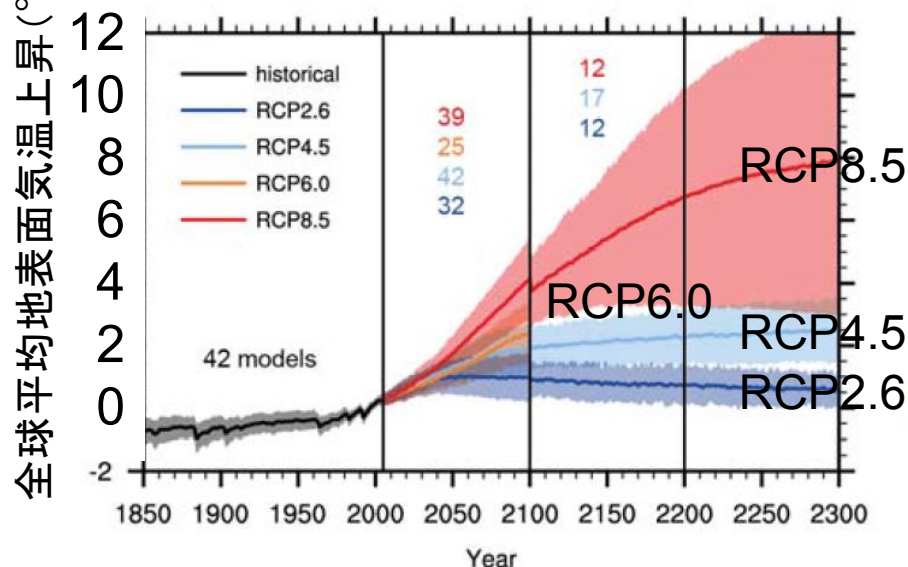
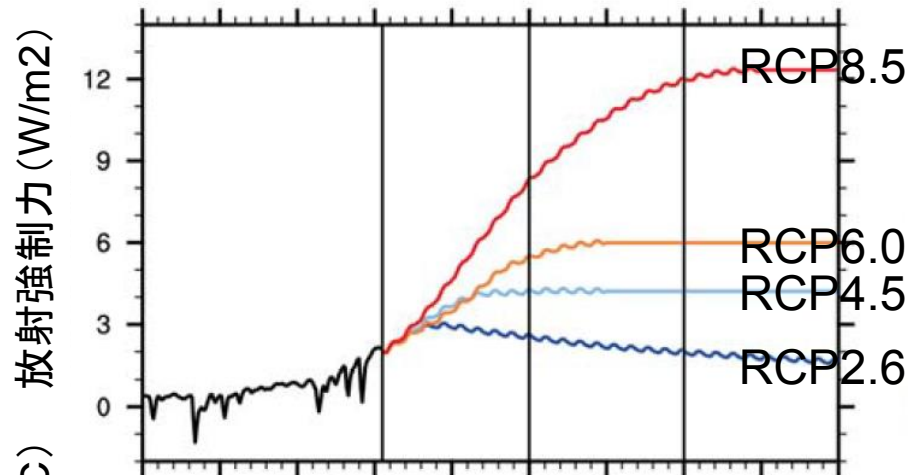
## 人間健康への影響

- ・現時点では、気候変動に起因する世界的な健康障害の負担は、他のストレス要因の影響と比較して相対的に小さく、十分定量化されていない。しかし、一部地域では温暖化の結果、暑熱に関わる死亡率が増加し、寒さに関連する死亡率が減少している。(中程度の確信度)

# 21世紀の気温上昇量の予測

IPCC-AR5-WG1より

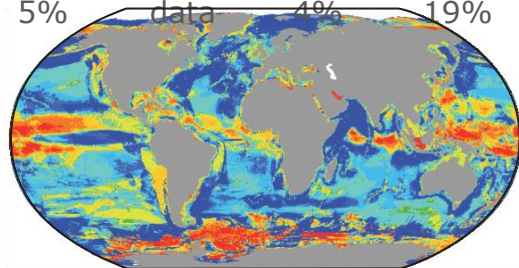
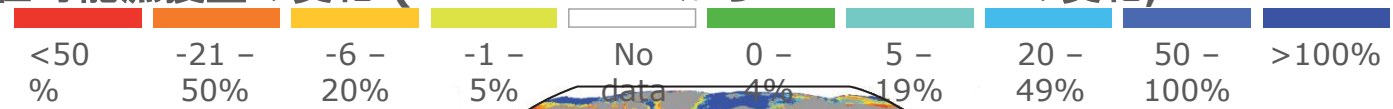
## 大気海洋大循環モデルによる地表面気温の変化予測



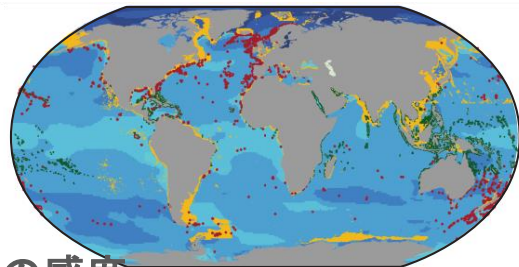
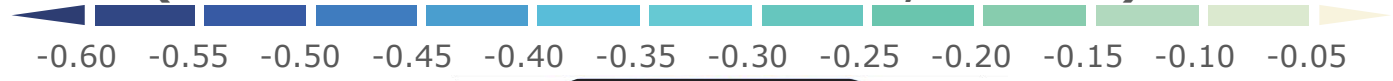
1986～2005年を基準とした、2081～2100年における世界平均地上気温の変化は、RCP2.6シナリオでは0.3～1.7°C、RCP4.5シナリオでは1.1～2.6°C、RCP6.0シナリオでは1.4～3.1°C、RCP8.5シナリオでは2.6～4.8°Cの範囲に入る可能性が高い。

# 温暖化・海洋酸性化の海洋生物への影響

## 潜在可能漁獲量の変化 (2001-2010から2051-2060の変化, SRES A1B)



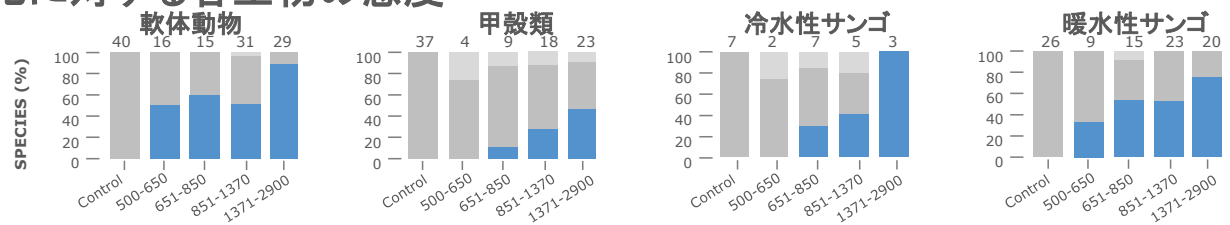
## pHの変化 (2986-2005から2081-2100の変化, RCP 8.5)



- 軟体動物・甲殻類漁業  
現在の年漁獲量  
≥0.005 t/km<sup>2</sup>
- 冷水性サンゴ
- 暖水性サンゴ

## 海洋酸性化に対する各生物の感度

- 正の影響
- 影響無し
- 負の影響

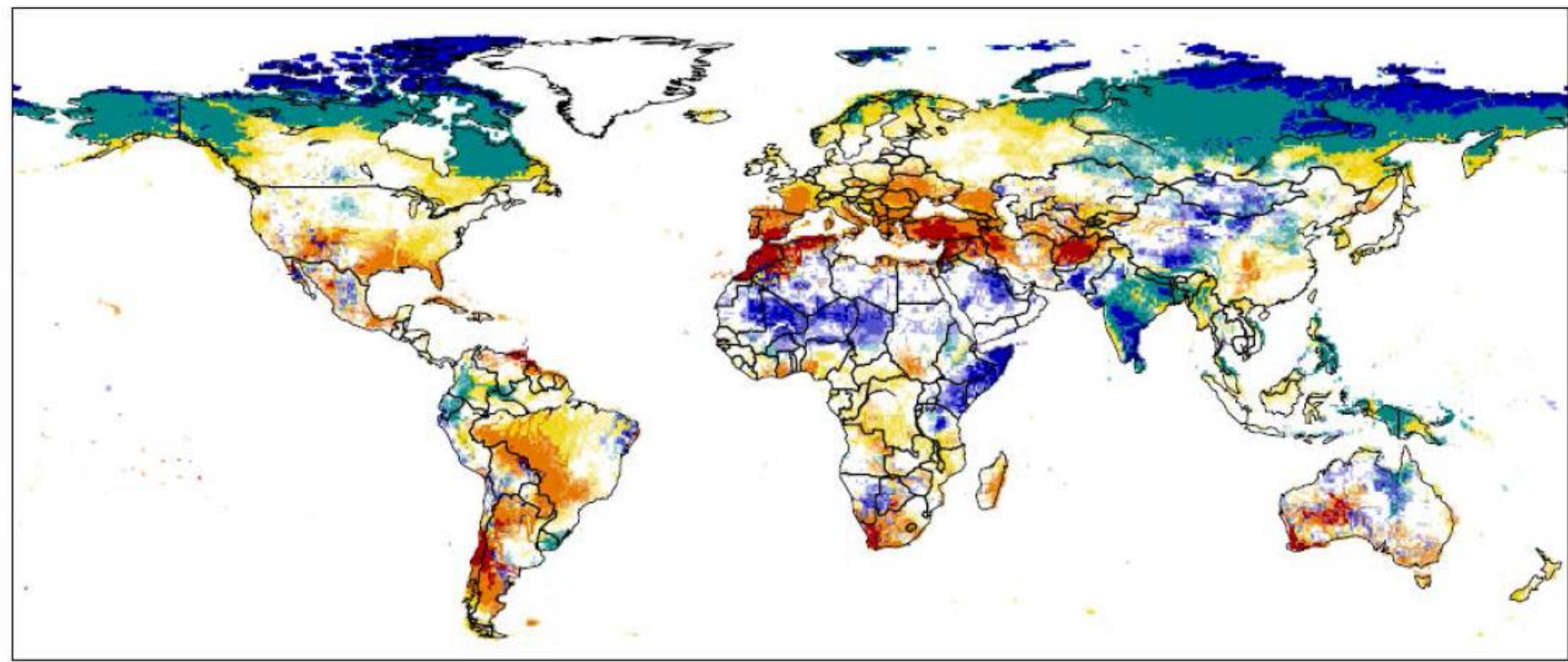


出典: IPCC第5次評価報告書第2作業部会政策決定者向け要約に基づき作成

・種の豊かさや漁獲可能量は、平均すれば、中～高緯度で増大し(確信度が高い)、熱帯域で減少する(確信度が中程度)と予測されている。

・軟体動物、棘皮動物、及び造礁サンゴは、甲殻類(確信度が高い)や魚類(確信度が低い)より影響を受けやすく、漁業や生計に有害な影響が及ぶ可能性がある。

# リスク評価の不確実性表現：年流量変化の例



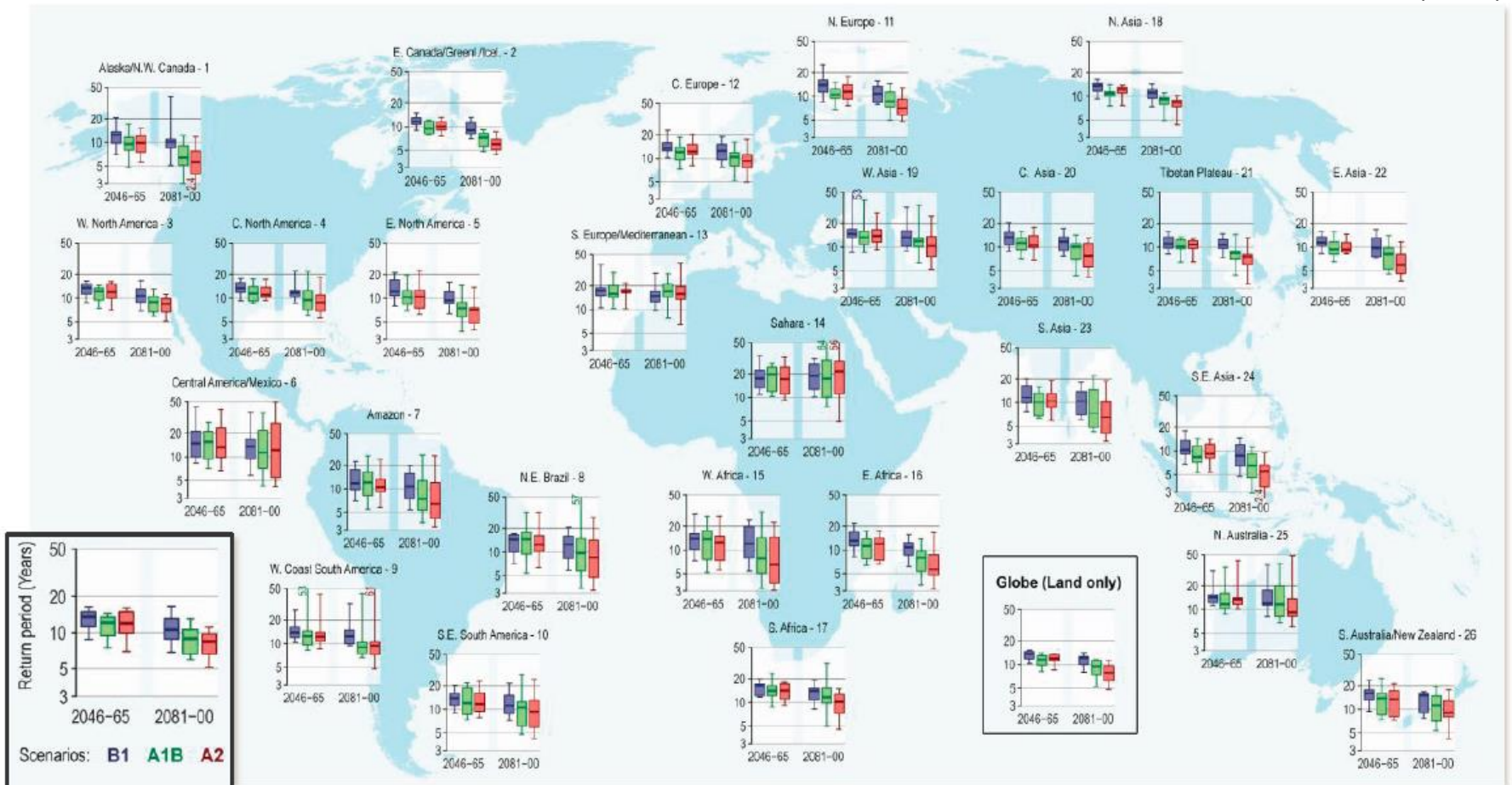
年流量の変化率[%;1980-2010からの全球平均気温2°C上昇時]  
(5GCM×11全球水文モデルの組合せの平均値)

・近年、影響予測に際して、その不確実性を明示的に扱う試みが増えてきた。

# 強い降雨の将来変化

気候モデルを用いた予測によると、21世紀を通じて強い降雨は増加する。

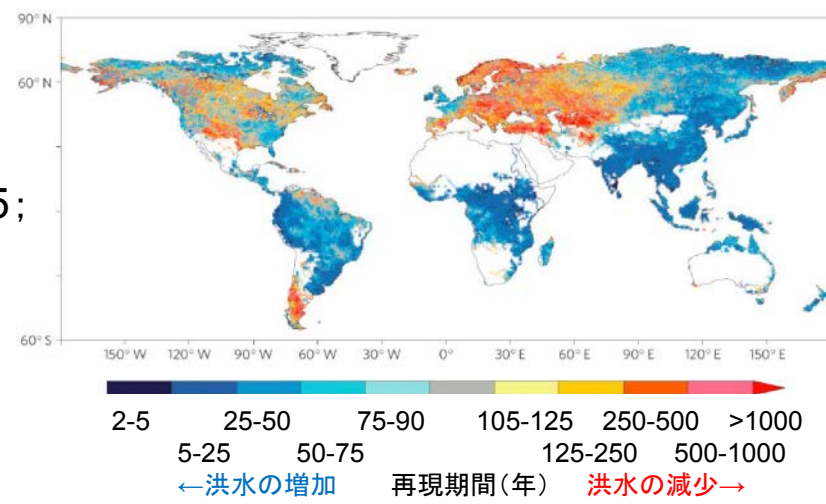
図の出典: IPCC SREX-SPM (2011)



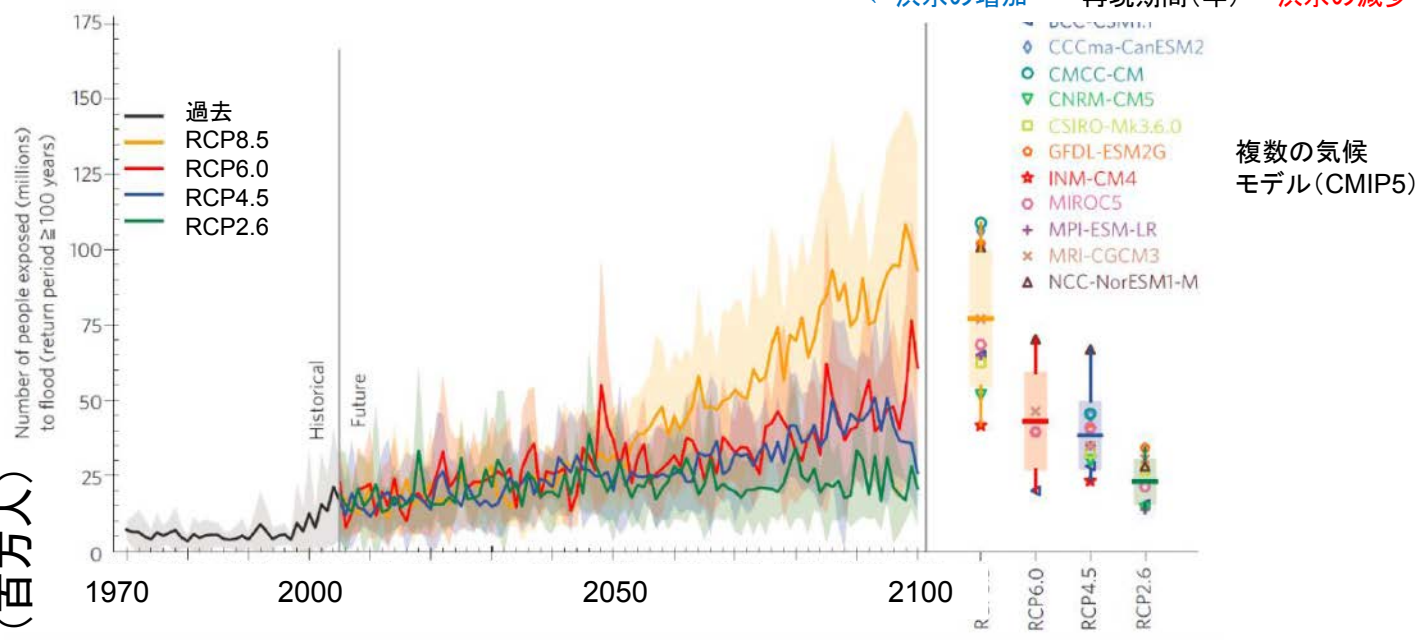
例えば、SRES-B1/A1B/A2排出シナリオの範囲では、20世紀末に20年に一度起こる強い日降水は、今世紀末には多くの地域で5～15年に一度起こる可能性が高い。

# 河川洪水リスク

20世紀の再現期間100年の洪水の  
再現期間の変化(2080年代;RCP8.5;  
マルチGCMモデルの中央値)



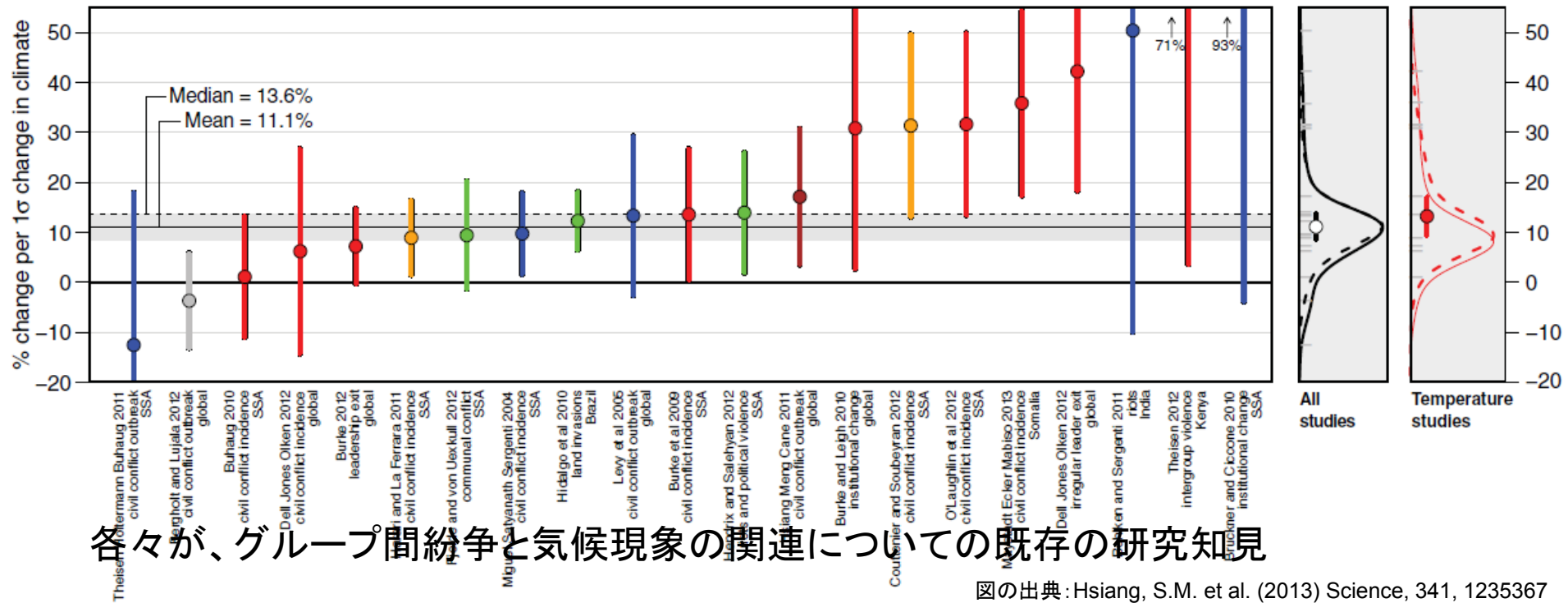
20世紀における再現期間100年以上  
の河川洪水に曝される年あたり人口数  
(百万人)



・20世紀における再現期間100年より大きな河川洪水に曝される年あたり人口数は、  
21世紀末までにRCP8.5シナリオでRCP2.6シナリオの3倍となる。

# 紛争の増加

・気候変化は、内戦やグループ間暴行といった形の暴力的衝突のリスクを、貧困や経済ショックなどの良く知られたこれら衝突の推進因子の増幅を通じて、間接的に増加させる可能性がある。(中程度の確信度)



各々が、グループ間紛争と気候現象の関連についての既存の研究知見

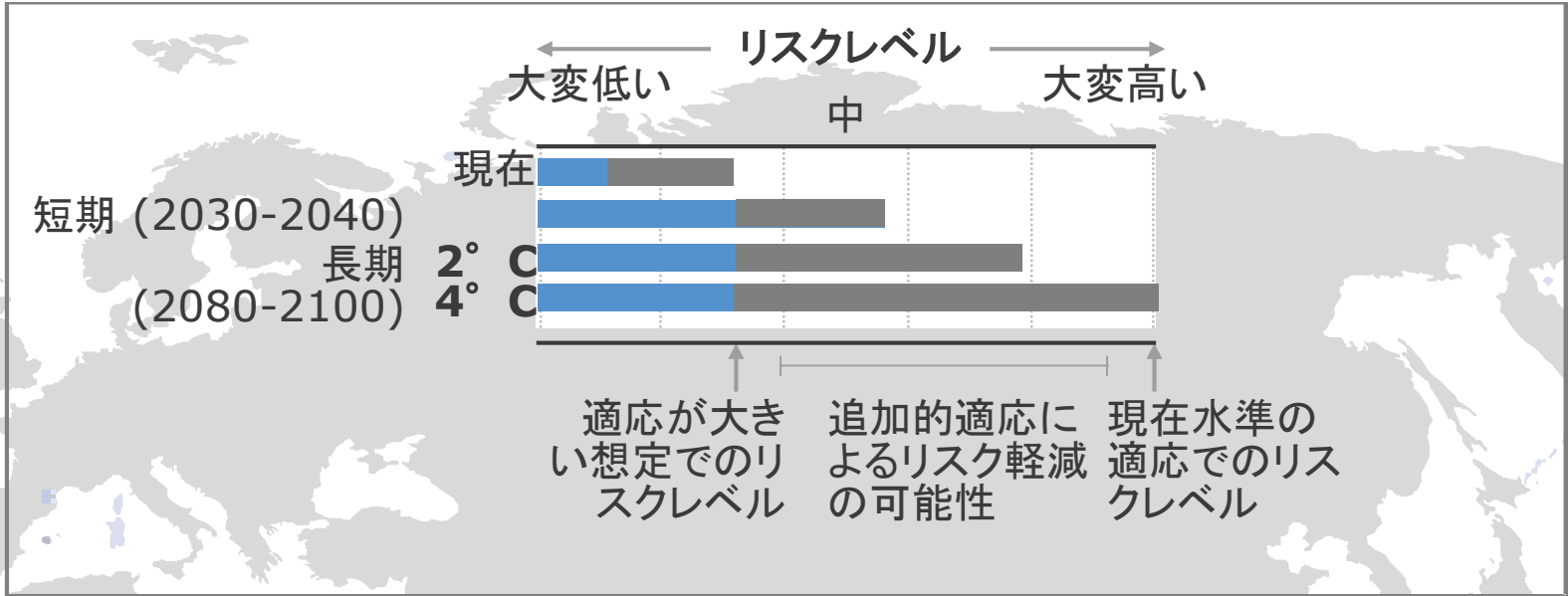
図の出典: Hsiang, S.M. et al. (2013) Science, 341, 1235367

## 気候現象がグループ間紛争に及ぼした影響に関する最近の経験的評価

- ・各マーカ点は気候変数1σ増加に伴って予想される影響の変化(同影響の平均値からの変化率)。
- ・ひげ線は95%信頼区間
- ・色は気候変数の種類: 高温(赤)、降水減少(青)、降水の偏差の増加(緑)、洪水・暴風の増加(灰)、エルニーニョ的状况の増加(茶)、干ばつの増加(茶)

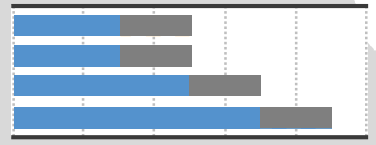
# 地域別の主要リスク

(現在・短期・長期[+2°C/+4°C]; アジアをズーム)

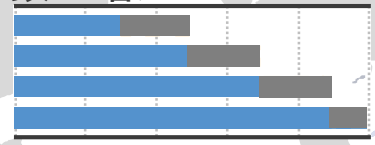


## アジア

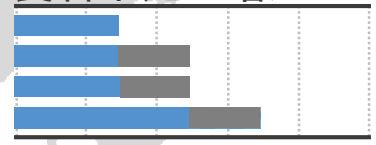
インフラ、生計、住居への  
洪水被害の増加



熱関連の人間の死亡  
数の増加



干ばつに関連した水・  
食料不足の増加



- ・ リスクレベルは、影響の生起確率と結果の大きさを統合的に考慮し、専門家判断により評価された。
- ・ 評価されたリスクレベルは、特に地域をまたいでは、比較可能ではない。



## 主要なリスクの選択基準

- 影響の程度が大きいこと
- 生起の可能性が高いこと
- 不可逆性
- 影響のタイミング
- リスクに寄与する持続的な脆弱性または曝露
- 適応あるいは緩和を通じたリスク低減の可能性が限られていること

# 主要なリスク

- 海面上昇、沿岸での高潮被害などによるリスク[懸念の理由 1～5]
  - 高潮、沿岸洪水、海面上昇により、沿岸の低地や小島嶼国において死亡、負傷、健康被害、または生計崩壊が起きるリスクがある。
- 大都市部への洪水による被害のリスク[懸念の理由 2, 3]
  - いくつかの地域において、洪水によって、大都市部の人々が深刻な健康被害や生計崩壊にあうリスクがある。
- 極端な気象現象によるインフラ等の機能停止のリスク[懸念の理由 2～4]
  - 極端な気象現象が、電気、水供給、医療・緊急サービスなどの、インフラネットワークと重要なサービスの機能停止をもたらすといった、社会システム全体に影響を及ぼすリスクがある。
- 熱波による、特に都市部の脆弱な層における死亡や疾病のリスク[懸念の理由 2, 3]
  - 極端に暑い期間においては、特に脆弱な都市住民や屋外労働者に対する、死亡や健康障害のリスクがある。
- 気温上昇、干ばつ等による食料安全保障が脅かされるリスク[懸念の理由 2～4]
  - 気温上昇、干ばつ、洪水、降水量の変動や極端な降水により、特に貧しい人々の食料安全保障が脅かされるとともに、食料システムが崩壊するリスクがある。
- 水資源不足と農業生産減少による農村部の生計及び所得損失のリスク[懸念の理由 2, 3]
  - 飲料水や灌漑用水への不十分なアクセスと農業の生産性の低下により、半乾燥地域において、特に最小限の資本しか持たない農民や牧畜民の生計や収入が失われる可能性がある。
- 沿岸海域における生計に重要な海洋生態系の損失リスク[懸念の理由 1, 2, 4]
  - 特に熱帯と北極圏の漁業コミュニティにおいて、沿岸部の人々の生計を支える海洋・沿岸の生態系と生物多様性、生態系便益・機能・サービスが失われる可能性がある。
- 陸域及び内水生態系がもたらすサービスの損失リスク[懸念の理由 1, 3, 4]
  - 人々の生計を支える陸域及び内水の生態系と生物多様性、生態系便益・機能・サービスが失われる可能性がある。

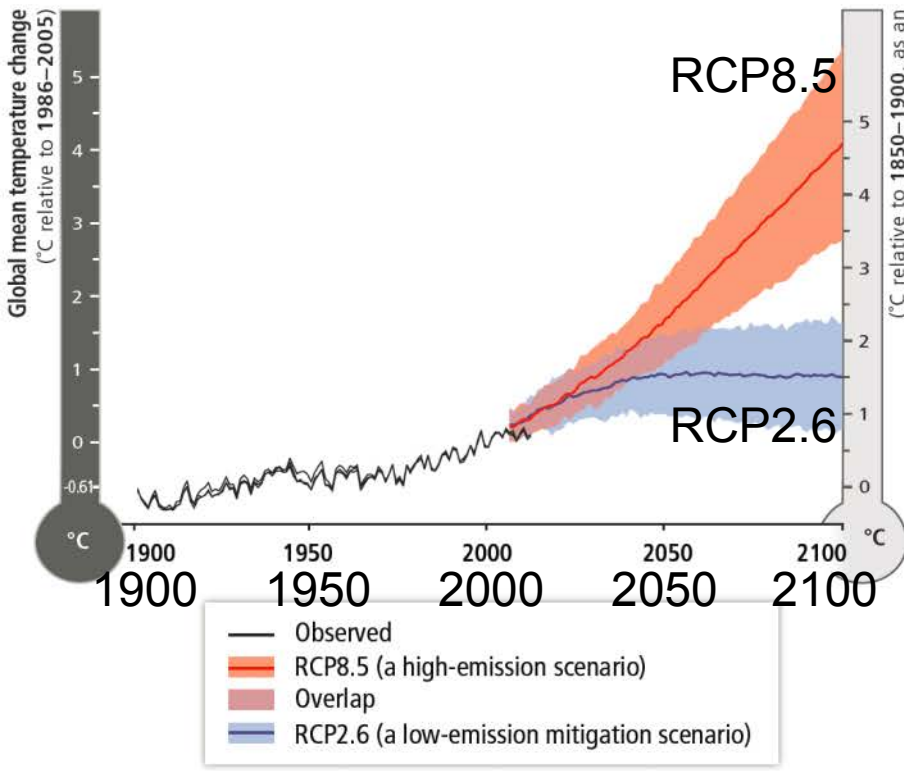
# 全球平均気温上昇(RCP8.5/2.6)と「懸念の理由」

IPCC-AR5-  
WG2-新知見

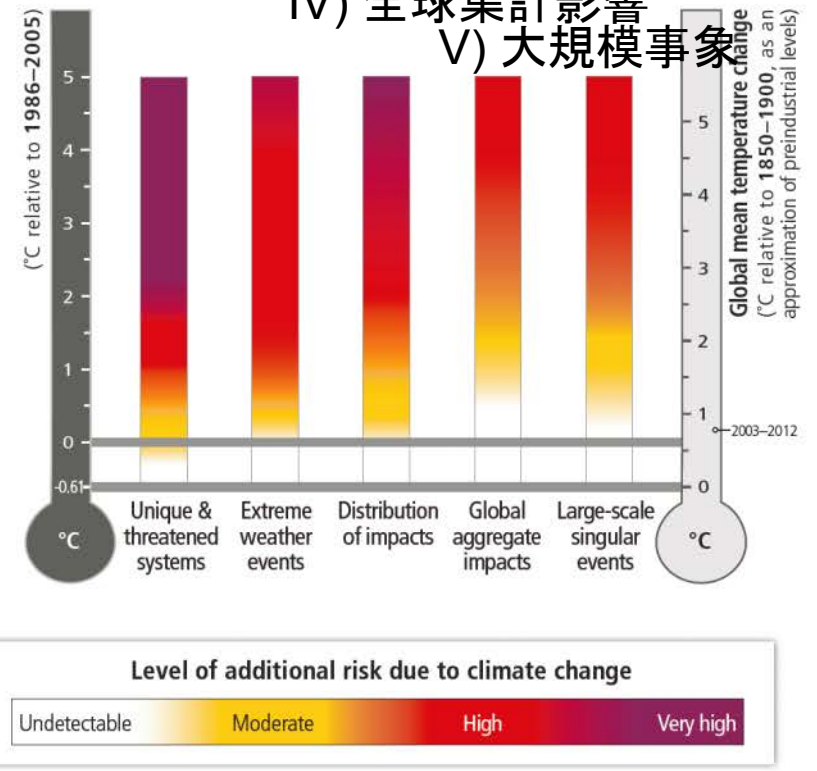
出典: IPCC第5次評価報告書第2作業部会  
政策決定者向け要約に基づき作成

- I) 固有性が高く脅威を受けるシステム
- II) 極端な気象現象
- III) 影響の分布
- IV) 全球集計影響
- V) 大規模事象

全球平均気温変化(1986~2005年比)



全球平均気温変化(1850~1900年比)



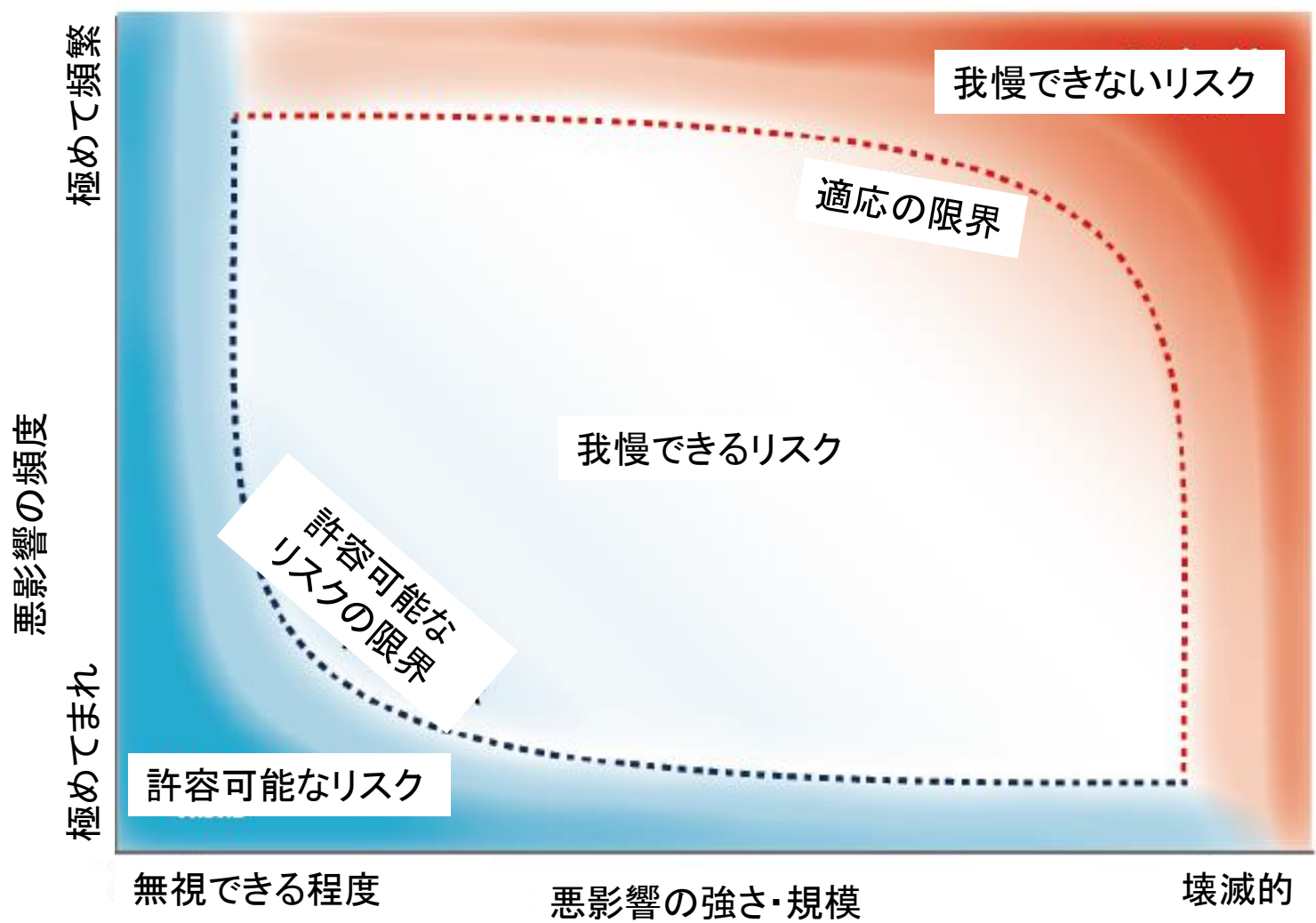
- ・個別のリスク情報を5つの異なる観点(懸念の理由)で総合化した。
- ・AR4までの評価に比べ、(I)、(III)、(V)について、リスクレベルを上方修正した。
- ・GHG排出の削減により、各々の「懸念の理由」のリスクレベルを下げる事が可能。

## 非検出 中程度 高い 非常に高い 気候変化による追加的なリスクのレベル

色合いは、気温上昇が当該水準に達し、それが継続した場合の、気候変化による追加的なリスクを示している。

- ・白(非検出): 影響が検出・原因特定されない。
- ・黄(中程度のリスク): 少なくとも中程度の確信度で、関連の影響が検出・原因特定される。
- ・赤(高いリスク): 影響が深刻かつ広範に広がる。
- ・紫(非常に高いリスク): 主要リスク選定基準全てについて非常に高い。

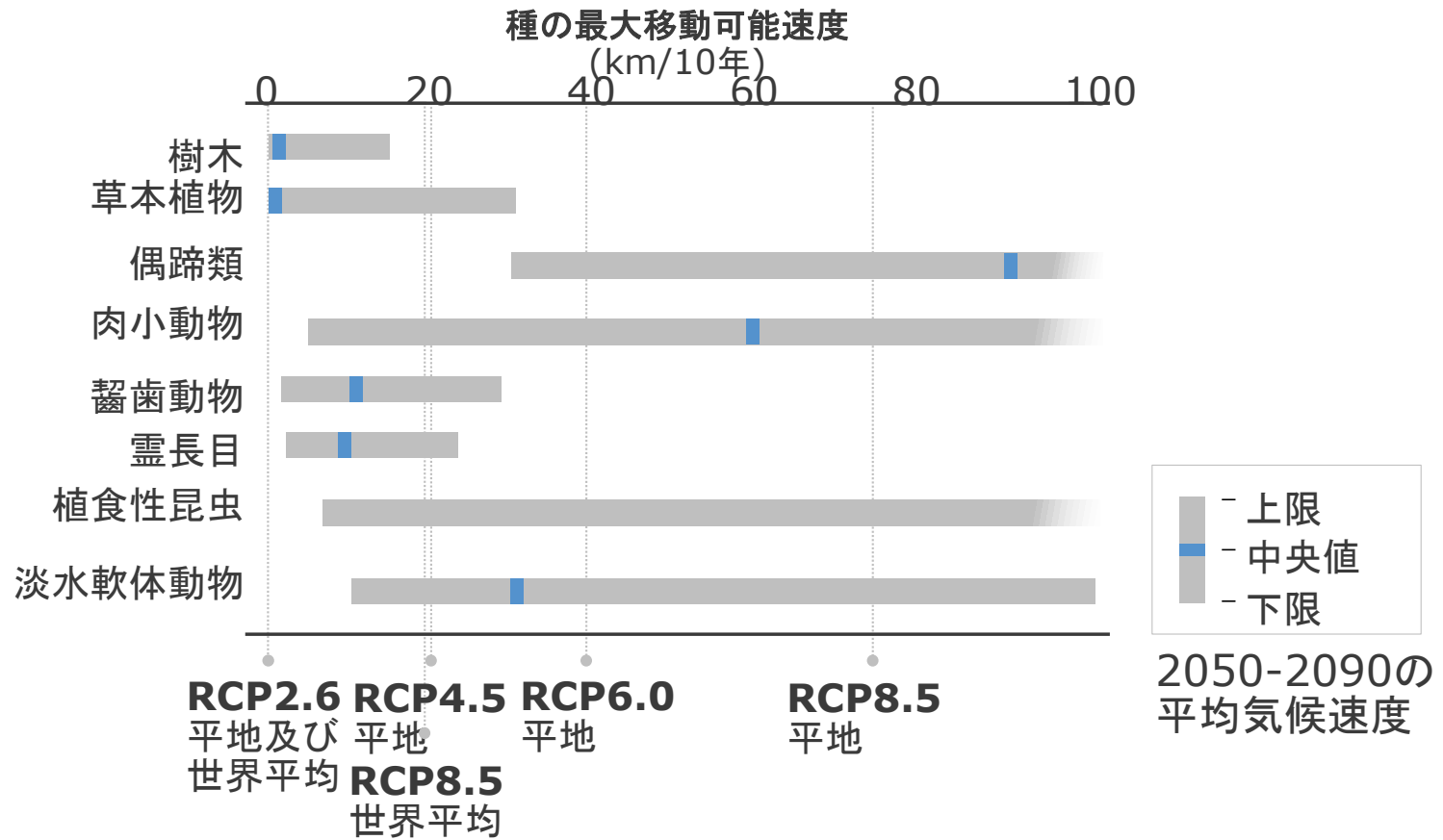
# 適応の「限界」の概念



- ・適応はリスクを「我慢できる」範囲に抑えておくことを目的としてとられる努力である
- ・適応の「機会」および「制約」は、主体がリスクをその範囲にとどめておく能力に影響する。

# 適応の限界： 動植物の例

- ・21世紀に予測される気候変化速度と種の最大移動可能速度のどちらが大きいのか。
- ・最大移動可能速度は適応の限界の一種と考えることができる。



陸域・淡水域の生物種の大部分は、21世紀中及びそれ以降に予測される気候変化の下で絶滅リスクの増加に面する。これは、生息地の改変、乱獲、汚染、侵入種といったその他ストレス因子と気候変化が相互作用する場合には、特にいえることである。(高い確信度)

全てのRCPシナリオ下で絶滅リスクは増加し、そのリスクは気候変化の大きさ・速度とともに増加する。多くの種が、中～高程度の気候変化速度(すなわちRCP4.5、6.0、8.5)の下では、21世紀中に、生育に適した気候を追って移動することが出来ないであろう。低程度の気候変化速度(すなわちRCP2.6)の場合、この問題は軽減される。

# 「悪」適応の類型化

拙い計画、短期的な成果の強調、帰結の予測の失敗は、悪適応を引き起こし得る。(中程度の根拠、高い一致度)。

IPCC-AR5-WG2-新知見

悪適応(マルアダプテーション)の類型	
1	気候予測の失敗に起因するもの。将来気候下では不十分となる大規模土木事業の実施。あるいは直近の問題の解決を目的とした適応のための非再生可能資源の濫用。
2	生態系を活用した適応のような別アプローチを不可能にしてしまう土木的防護
3	より幅広の影響について考慮しないで取る適応行動
4	追加情報を待って、あるいは待たないで、最終的に早すぎ・遅すぎの行動を取ることになってしまうこと。例えば、シナリオプランニングや適応的管理アプローチを用いずにより良い「予測」を待ってしまうことによる失敗
5	目前の問題に対処するための適応行動を志向し、長期の便益を獲得できないこと。例えば、より脆弱性を増してしまうような自然資本の減耗。
6	特定経路に依存・固執し、経路の途中変更を困難あるいは手遅れにすること。
7	不可避の事後対処のための悪適応。例えば遠い将来的に復元が必要となる灌漑拡大。
8	モラルハザード。例えば、保険、社会保障網、援助支援などに依拠した不適切なリスクテイクを奨励すること。
9	地域の関係、伝統、伝統知識、所有権等を見捨てることで最終的に失敗に至る行動
10	直接的・間接的にあるグループを優遇し、結果的に不仲・紛争等を引き起こす行動
11	もはや状況に合わず不適切となった伝統的対応の保持
12	移住は、状況や関係者の事情によっては、適応的にも悪適応的にもなる。

# 適応オプションの潜在的なトレードオフ： 水資源管理の例

セクタ	主体の適応の目的	適応オプション	現実の、あるいは認知的なトレードオフ
水資源管理	水資源の信頼度と干ばつ耐性を向上	海水淡水化	塩類流出にともなう生態リスク、エネルギー需要増と付随する二酸化炭素排出増、節水へのインセンティブの損失
	水管理・利用の効率最大化、柔軟性向上	水貿易	水の公益・社会的側面の弱体化
	利用可能な水資源の利用効率改善	水のリサイクル・リユース	公衆衛生・安全へのリスク

・あるセクタへの温暖化影響に対して有効な適応策であっても、その他のセクタや地域に対して波及的に悪影響を及ぼしたり、緩和策の阻害となったりする場合もある。

・このようなトレードオフ関係は適応の実施の阻害因子、制約となり得る。

## 本日の内容に関連した資料

- IPCC関連資料

- IPCC極端現象特別報告書(H23.11.18公表)

- <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=14453>

- IPCC第5次評価報告書第一作業部会報告書(H25.9.27公表)

- <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=17176>

- IPCC第5次評価報告書第二作業部会報告書(H26.3.31公表)

- <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=17966>

- 紹介記事(和文)

- 高橋潔(2014)IPCC第5次報告:気候変動影響. 環境と公害, 44(1), 61-65.

- 高橋潔(2014)気候変動と脆弱性に関する最新知見について. 環境情報科学, 43(3), 掲載予定.