

2024年6月9日  
松戸市環境未来会議

# 気候変動問題とその対応策

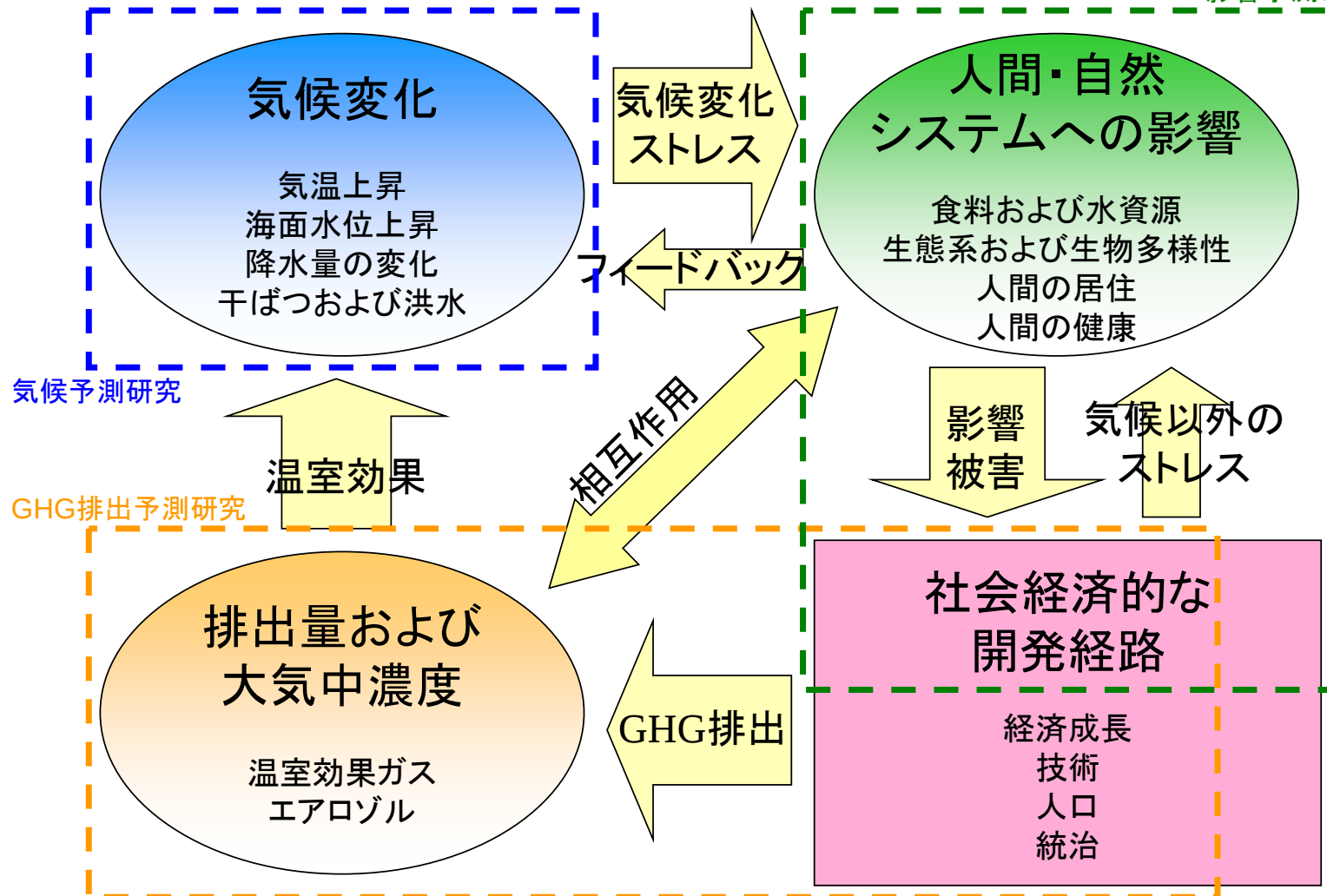
～気候変動が社会・環境に及ぼす影響とその対策～

国立環境研究所社会システム領域  
副領域長  
高 橋 潔

# 地球温暖化とその影響の仕組み:

一 解決に向けては排出・気候・影響の関係理解が重要

影響予測研究

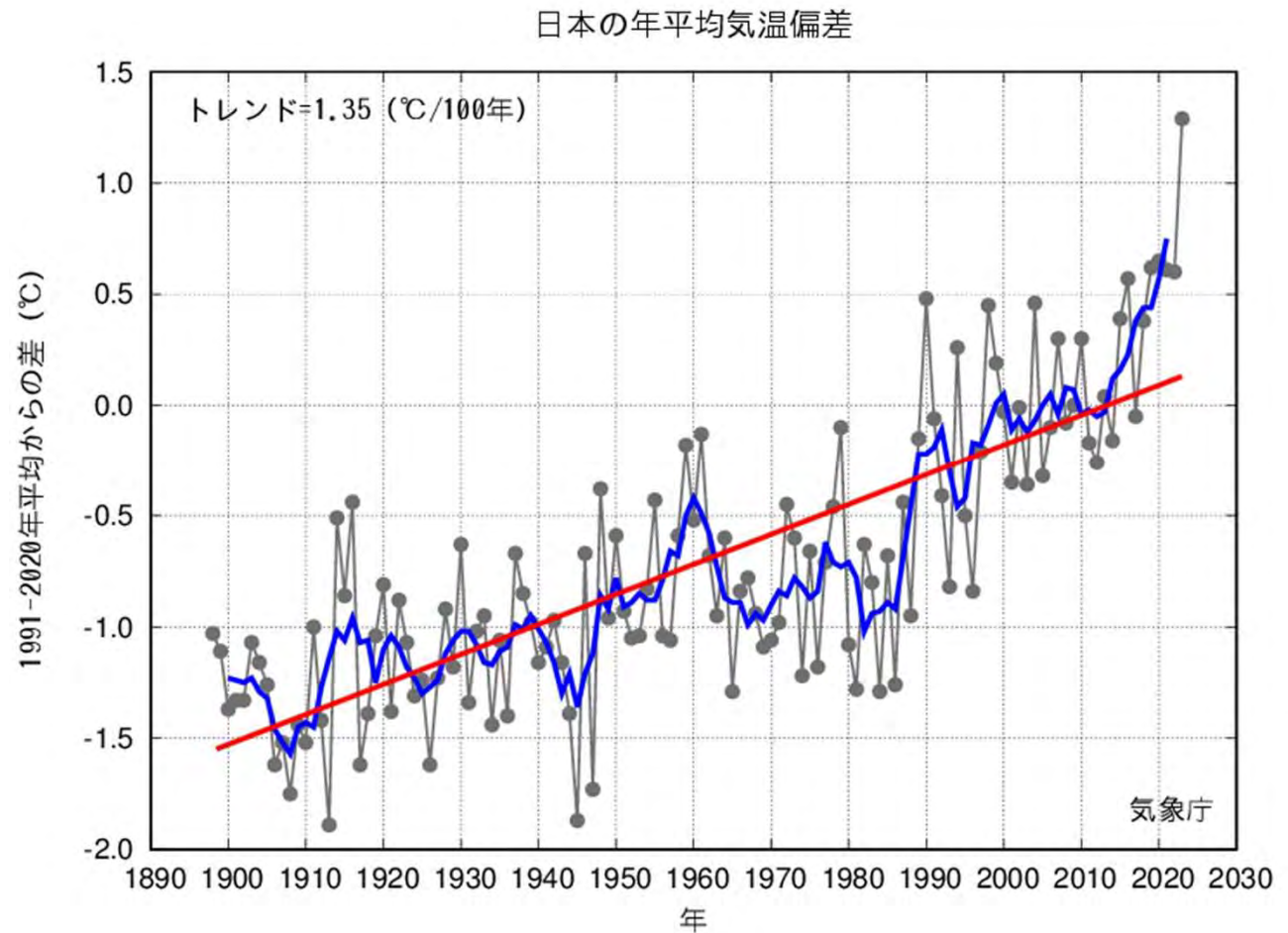


## 気候システムの温暖化〈観測・全国〉

- ✓ 年平均気温は**100年**あたり約**1.35℃**の割合で上昇
- ✓ 特に1990年以降、高温となる年が頻出

日本の年平均気温上位6位

- ①**2023年 (+1.29℃)**
- ②**2020年 (+0.65℃)**
- ③**2019年 (+0.62℃)**
- ④**2021年 (+0.61℃)**
- ⑤**2022年 (+0.60℃)**
- ⑥**1990年 (+0.48℃)**

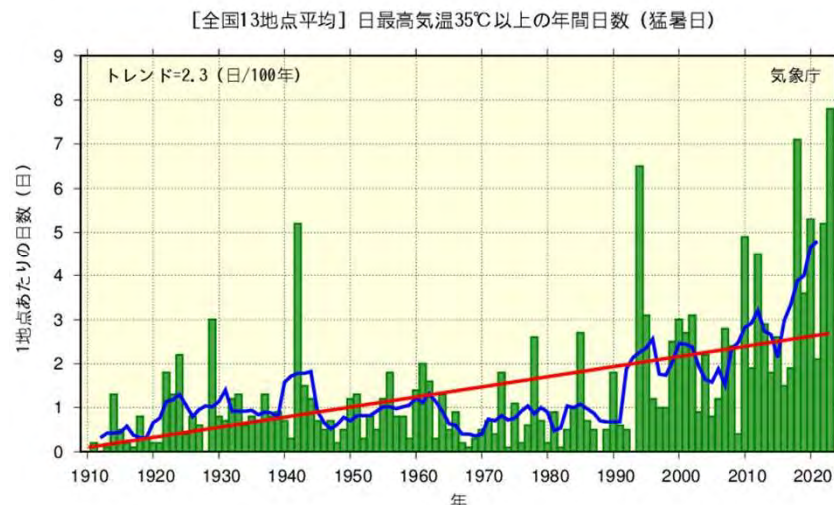


細線(黒): 各年の平均気温の基準値からの偏差、太線(青): 偏差の5年移動平均値、直線(赤): 長期変化傾向。基準値は1991～2020年の30年平均値。

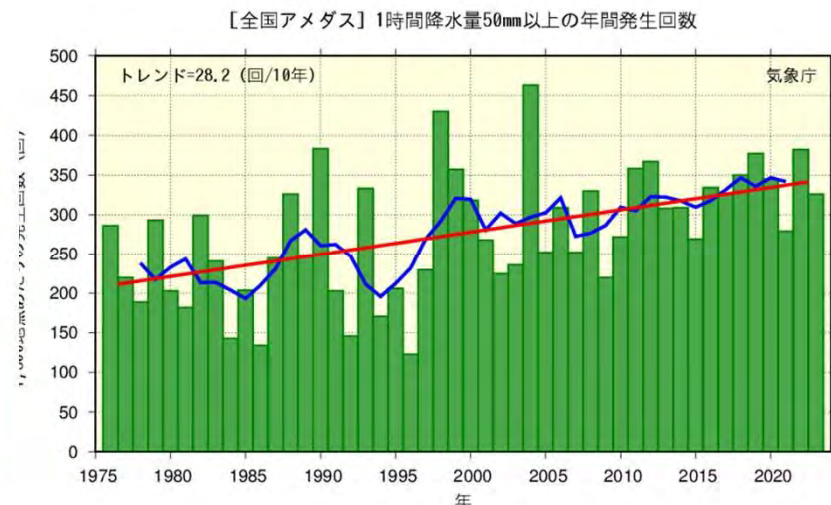
## 気候システムの温暖化〈観測・全国〉

- 極端現象の増加

- － 猛暑日(日最高気温 $>35^{\circ}\text{C}$ )の日数は、1910～2023年に、10年あたり0.23日のペースで増加傾向。
- － 1時間降水量が50mm以上の短時間強雨の年間観測回数は、1976～2023年に、10年あたり28.2回のペースで増加傾向。



真夏日の年間日数



1時間降水50mm以上の年間発生数

# 日本で既に起こりつつある気候変動の影響



出典：環境省資料

# 近年の日本で災害をもたらした気象事象

|  |            |
|--|------------|
|  | 令和3年       |
|  | 令和2年       |
|  | 平成31年/令和元年 |
|  | 平成30年      |

平成30年2月3日～8日

強い冬型の気圧配置による大雪

北陸地方の平野部を中心に日本海側で大雪

平成30年6月28日～7月8日

平成30年7月豪雨

(前線及び台風第7号による大雨等)

西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨

令和元年8月26日～29日

前線による大雨

九州北部地方を中心に記録的な大雨。

令和元年10月10日～13日

令和元年東日本台風（台風第19号）による大雨、暴風等

記録的な大雨、暴風、高波、高潮。

令和2年12月14日～12月21日

強い冬型の気圧配置による大雪

北日本から西日本の日本海側を中心に大雪。群馬県みなかみ町藤原で期間降雪量291センチ。関越道等で多数の車両の立ち往生が発生。

令和2年9月4日～7日

台風第10号による暴風、大雨等

南西諸島や九州を中心に暴風や大雨。長崎県野母崎で最大瞬間風速59.4メートル。

令和3年8月11日～8月19日

前線による大雨

西日本から東日本の広い範囲で大雨。総降水量が多いところで1200ミリを超えた

令和3年7月1日～7月3日

7月1日から3日の東海地方・関東地方南部を中心とした大雨

東海地方・関東地方南部を中心に大雨。静岡県熱海市で土石流が発生。

平成30年1月22日～27日

南岸低気圧及び強い冬型の気圧配置による大雪・暴風雪等

関東甲信地方や東北太平洋側の平野部で大雪。日本海側を中心に暴風雪。

平成30年9月3日～5日

台風第21号による暴風・高潮等

西日本から北日本にかけて暴風。特に四国や近畿地方で顕著な高潮。

平成30年9月28日～10月1日

台風第24号による暴風・高潮等

南西諸島及び西日本・東日本の太平洋側を中心に暴風。紀伊半島などで顕著な高潮。

令和元年9月7日～10日

令和元年房総半島台風（台風第15号）による大雨、暴風等

千葉県を中心に記録的な暴風、大雨。広範囲で大規模な停電が発生した。千葉市で最大瞬間風速57.5メートル。

令和2年7月3日～31日

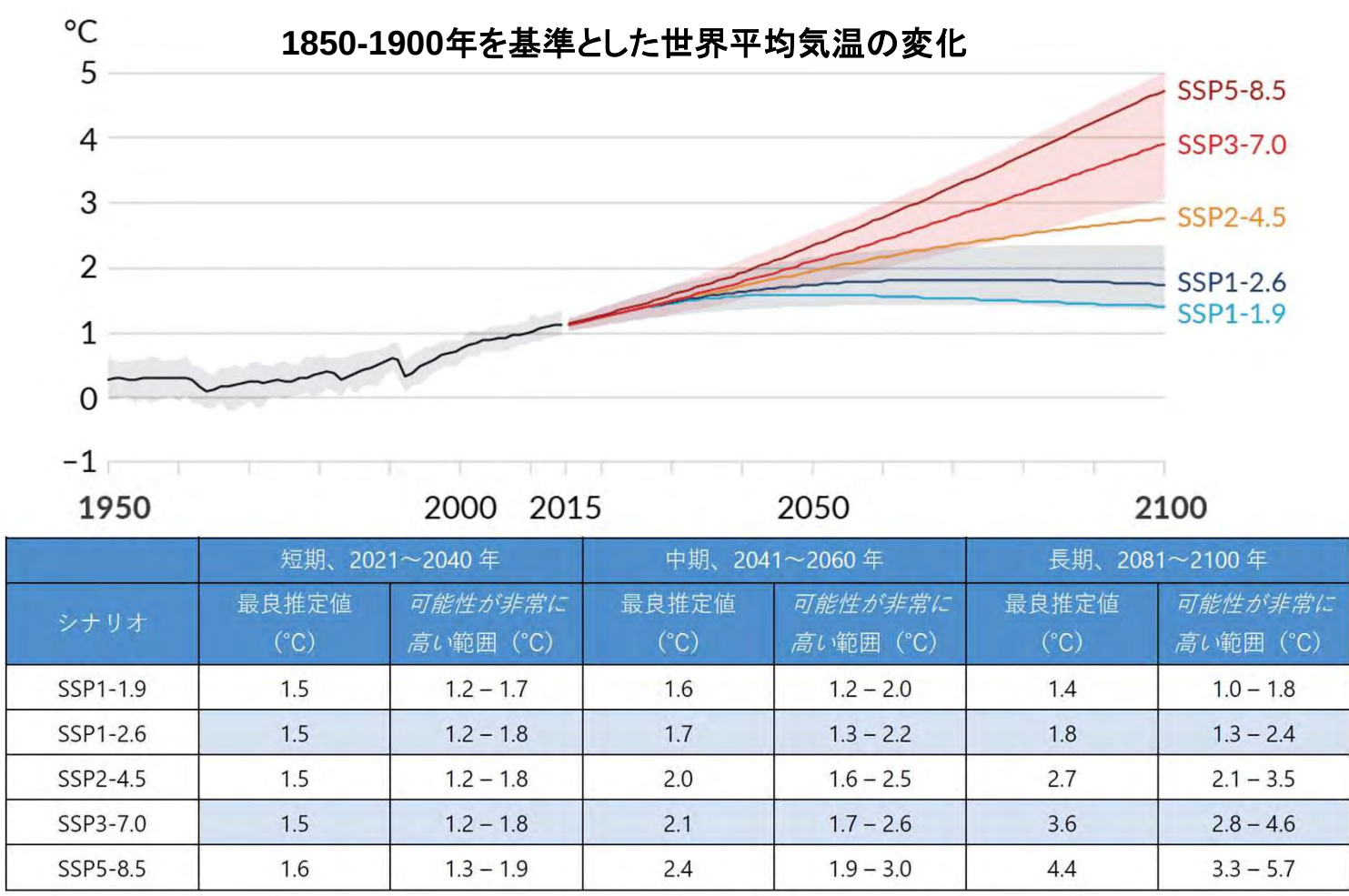
令和2年7月豪雨

西日本から東日本、東北地方の広い範囲で大雨。4日から7日にかけて九州で記録的な大雨。球磨川など大川での氾濫が相次いだ。

出典：気象庁「災害をもたらした気象事例（平成元年～令和3年）」  
[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index\\_1989.html](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html)

スライド提供：NIES気候変動適応センター

世界平均気温は、いずれの排出シナリオにおいて、少なくとも今世紀半ばまでは上昇を続ける。向こう数十年の間にCO<sub>2</sub> 及びその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21 世紀中に、1.5℃及び2℃の地球温暖化を超える。



IPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約暫定訳(文部科学省及び気象庁)図SPM8／表SPM1を基に作成  
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>

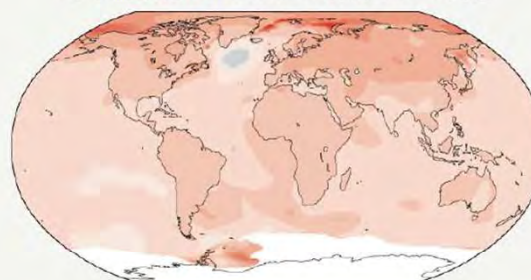
世界平均気温は、いずれの排出シナリオにおいて、少なくとも今世紀半ばまでは上昇を続ける。向こう数十年の間にCO<sub>2</sub> 及びその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21 世紀中に、1.5℃及び2℃の地球温暖化を超える。

**(a) 1℃の地球温暖化における  
年平均気温の変化 (℃)**

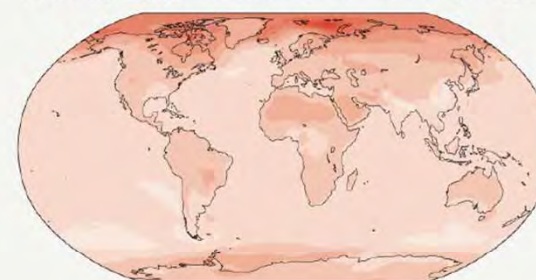
IPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約暫定訳(文部科学省及び気象庁)図SPM5を転載  
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>

温暖化は1℃で全大陸に影響し、観測とモデルの両方で、一般に海洋よりも陸域で大きい。ほとんどの地域で、観測及びシミュレーションされた分布は整合する。

地球温暖化1℃あたりの観測された変化



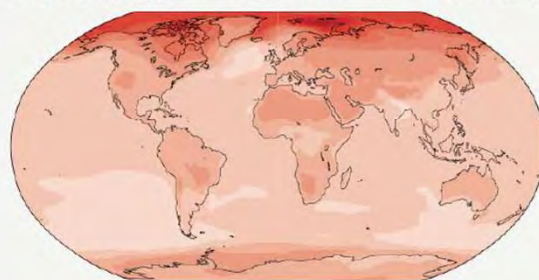
1℃の地球温暖化におけるシミュレーションされた変化



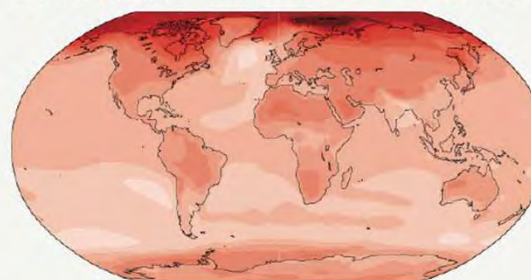
**(b) 1850～1900年を基準とする  
年平均気温の変化 (℃)**

いずれの水準の温暖化でも、陸域は海洋よりも温暖化し、北極及び南極は熱帯よりも温暖化する。

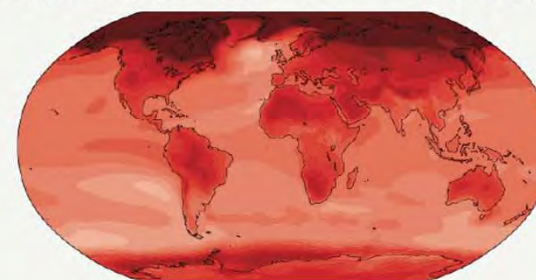
1.5℃の地球温暖化におけるシミュレーションされた変化



2℃の地球温暖化におけるシミュレーションされた変化

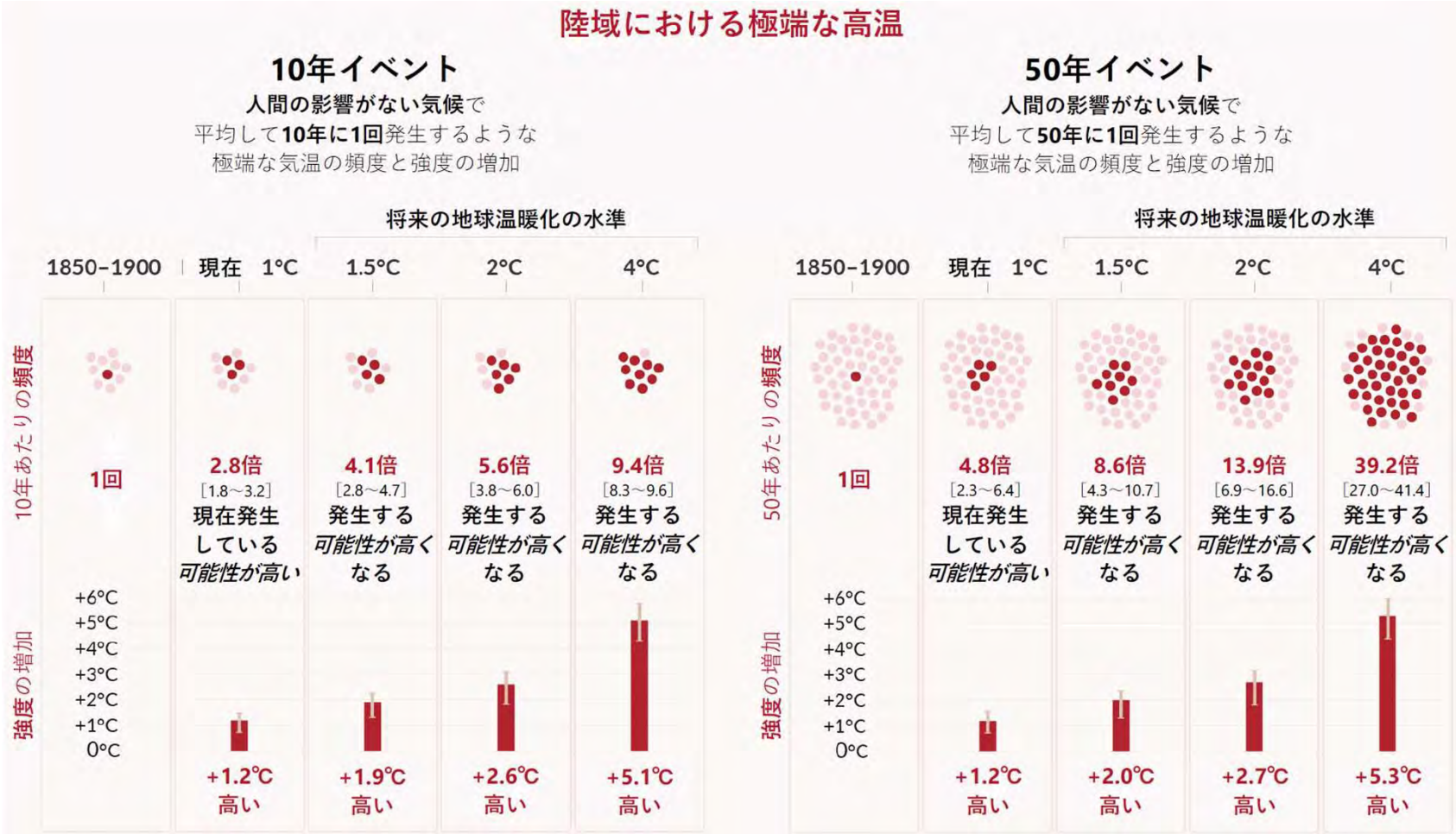


4℃の地球温暖化におけるシミュレーションされた変化



気候システムの多くの変化は、地球温暖化の進行に直接関係して拡大する。この気候システムの変化には、極端な高温、海洋熱波、大雨、及びいくつかの地域における農業及び生態学的干ばつの頻度と強度の増加、強い熱帯低気圧の割合の増加、並びに北極域の海氷、積雪及び永久凍土の縮小を含む。

IPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約暫定訳(文部科学省及び気象庁)図SPM6の一部を転載  
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>

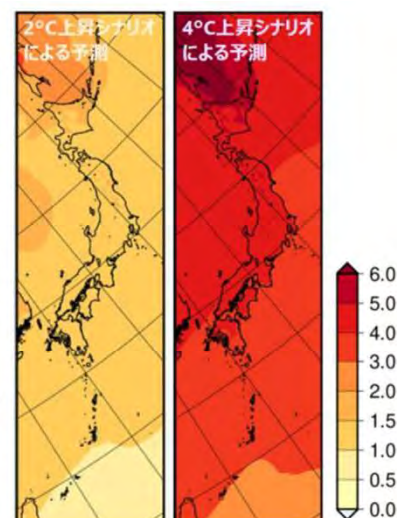


# 日本域の気温・降水の変化<予測>

## 将来予測

|              | RCP2.6/<br>パリ協定2℃目標<br>2℃上昇シナリオによる予測<br><small>パリ協定の2℃目標が達成された世界</small> | RCP8.5/<br>緩和策を取らない<br>4℃上昇シナリオによる予測<br><small>現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界</small> |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 年平均気温        | 約1.4℃上昇                                                                  | 約4.5℃上昇                                                                        |
| 【参考】世界の年平均気温 | (約1.0℃上昇)                                                                | (約3.7℃上昇)                                                                      |
| 猛暑日の年間日数     | 約2.8日増加                                                                  | 約19.1日増加                                                                       |
| 熱帯夜の年間日数     | 約9.0日増加                                                                  | 約40.6日増加                                                                       |
| 冬日の年間日数      | 約16.7日減少                                                                 | 約46.8日減少                                                                       |

- いずれのシナリオにおいても21世紀末の日本の平均気温は上昇し、多くの地域で猛暑日や熱帯夜の日数が増加、冬日の日数が減少すると予測される。
- 昇温の度合いは、2℃上昇シナリオより4℃上昇シナリオの方が大きい。
- 同じシナリオでは、緯度が高いほど、また、夏よりも冬の方が、昇温の度合いは大きい。



21世紀末の日本の年平均気温  
21世紀末（2076～2095年平均）における年平均気温の20世紀末（1980～1999年平均）

## 将来予測

|                                | 2℃上昇シナリオによる予測<br><small>パリ協定の2℃目標が達成された世界</small> | 4℃上昇シナリオによる予測<br><small>現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界</small> |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 日降水量200 mm以上の年間日数              | 約1.5倍に増加                                          | 約2.3倍に増加                                                |
| 1時間降水量50 mm以上 <sup>注</sup> の頻度 | 約1.6倍に増加                                          | 約2.3倍に増加                                                |
| 日降水量の年最大値                      | 約12%（約15 mm）増加                                    | 約27%（約33 mm）増加                                          |
| 日降水量1.0 mm未満の年間日数              | （有意な変化は予測されない）                                    | 約8.2日増加                                                 |

出典：文部科学省・気象庁「日本の気候変動2020」<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>

## 様々な気候リスク



### 熱ストレス

温暖化に伴い、  
熱波への曝露の  
増加が継続



### 水不足

2050年以降、  
2°Cの昇温で、  
雪解水に依存す  
る地域で農業用  
水資源が20%減



### 食料安全保障

気候変化により  
食料安全保障が  
低下



### 洪水リスク

今世紀中頃まで  
に沿岸・島嶼の  
低平都市の約10  
億人が海面上昇  
のリスクに曝露

[Well Bred Kannan - WBK Photography CC BY-NC-ND 2.0; Jay Huang CC BY 2.0; Cristina Anne Costello, Marcus Woodbridge / Unsplash]

### ○ 困難な条件が複数重なる場合に気候リスクは深刻になる。

- ・ 水資源、衛生、健康サービスへのアクセスの不足
- ・ 気候資源に依存した生計
- ・ 深刻な貧困
- ・ リーダーシップの欠如
- ・ 資金の欠如
- ・ 政府の透明性や信頼度の不足

IPCC第6次評価報告書第2作業部会報告書SPM承認時の共同議長発表スライドを基に作成  
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>

## 熱中症搬送者数の増加<予測>

### 熱中症搬送者数の増加率

対象期間：21世紀末（2081年～2100年）

RCP2.6（2℃目標/強い温暖化対策）

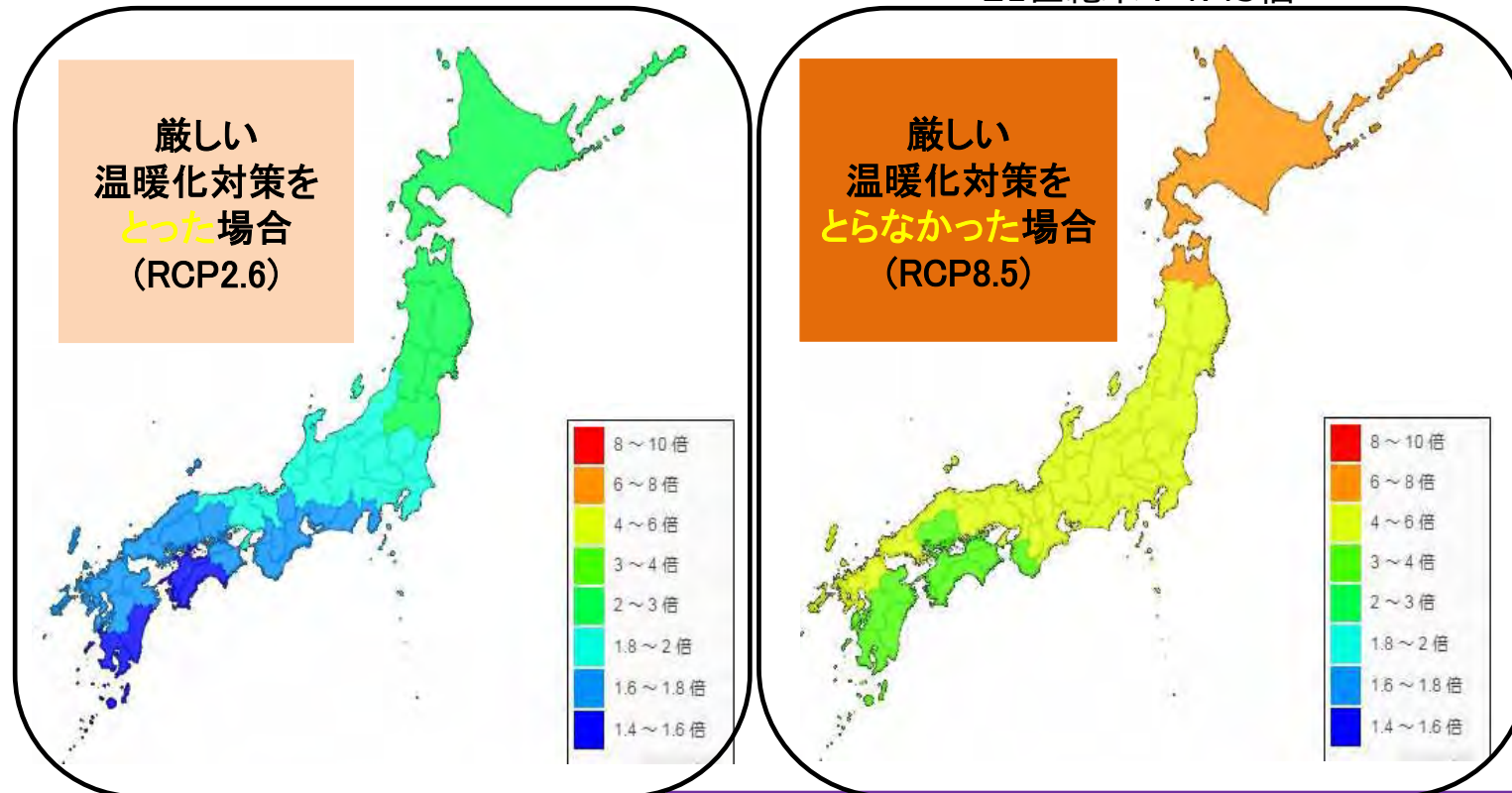
・21世紀半ば：1.72倍

・21世紀末：1.79倍

RCP8.5（ほぼ温暖化対策を実施せず）

・21世紀半ば：1.72倍

・21世紀末：4.45倍



※当該サイトで提供するすべての予測結果は特定のシナリオに基づく予測であり、種々の要因により実際とは異なる現象が起こる可能性（不確実性）がある。

○気候モデル:MIROC5

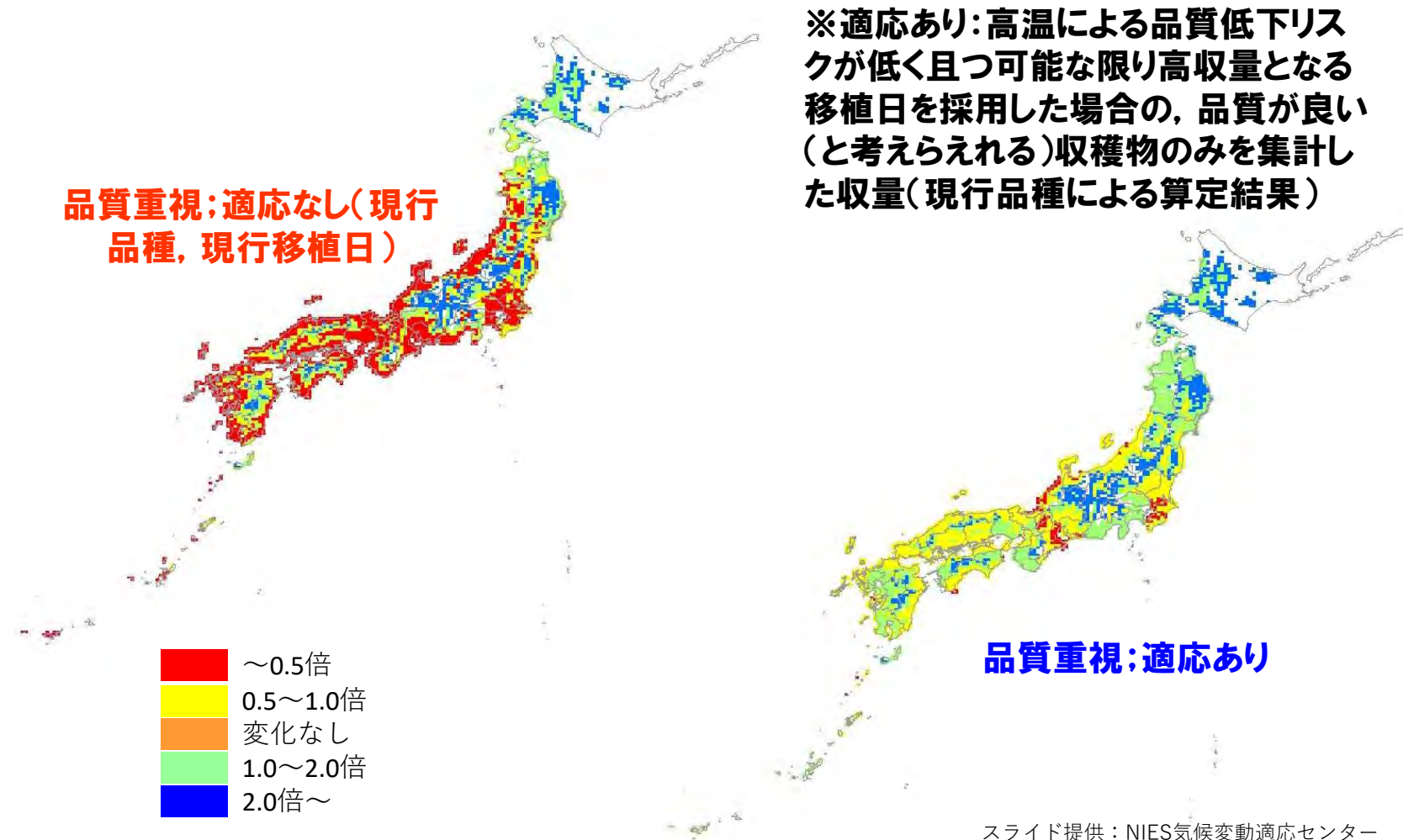
○格子間隔:都道府県

○基準期間(1981～2000年)の熱中症搬送者数を“1”とした場合の相対値

# 品質重視の場合、適応無しでは深刻なコメ収量低下<予測>

コメ収量 (RCP8.5, MIROC5, 2081-2100)

<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2014/20140317/20140317.html>



スライド提供: NIES気候変動適応センター

## 温暖化による生態系サービスの低下の懸念



生態系の構造、機能、回復力を弱め、世界の気候を調整する能力など、生態系が提供するサービスを弱め、影響は増大し続ける。現在、生態系は排出する以上の炭素を大気中から除去・蓄積しており、地球温暖化の抑制に寄与している。

IPCC第6次評価報告書第2作業部会報告書SPM承認時の共同議長発表スライドを基に作成  
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>

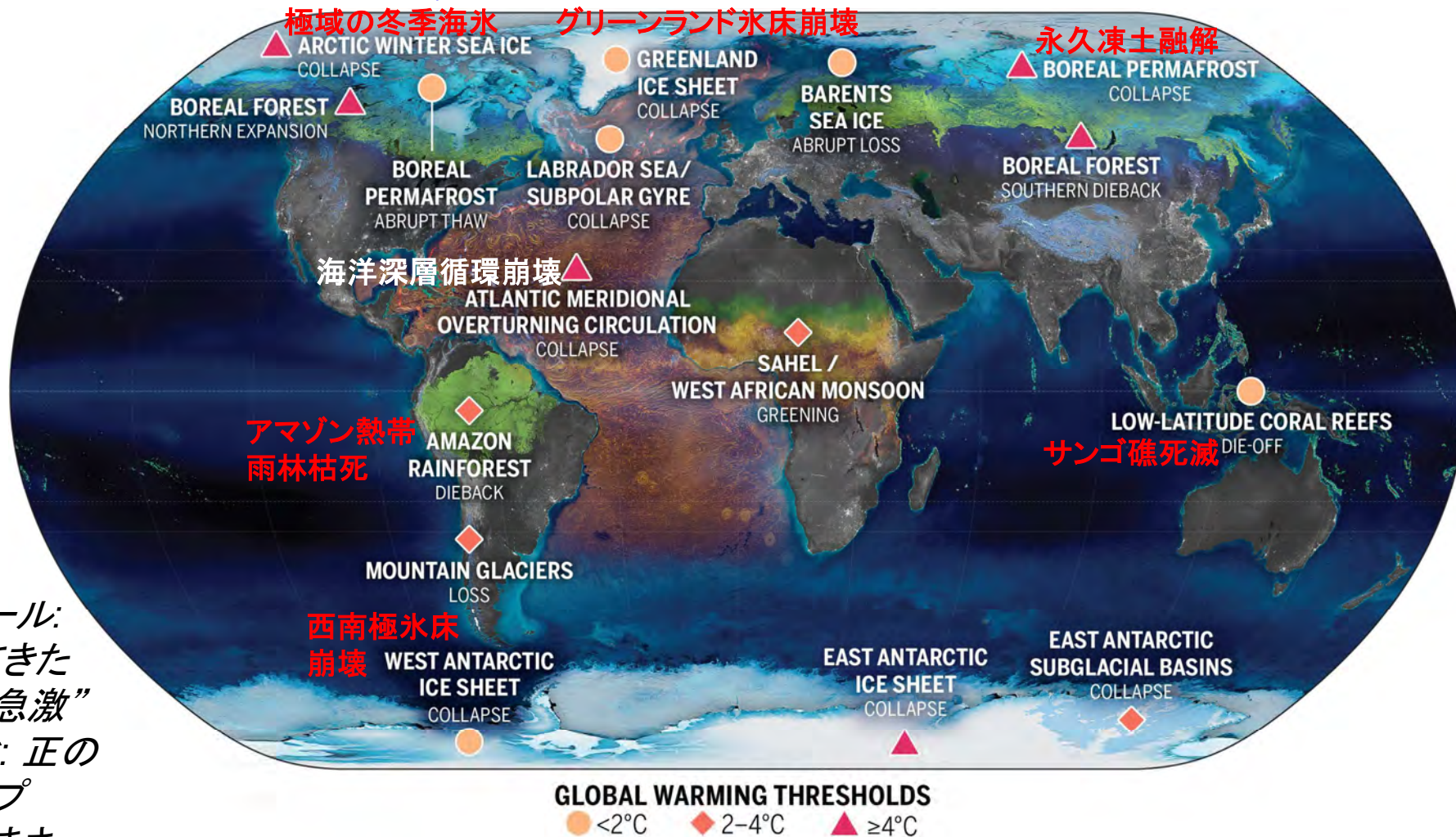
## 適応への限界が存在する。



[Denis Onyodi / KRCS CC BY-NC 2.0]

- 効果的な適応でもすべての損害を回避できない。
- 1.5°Cを超すと、一部の自然ベースの適応が機能しなくなる。
- 1.5°Cを超すと、小島嶼や雪氷の融雪に水資源を依存している人々は適応できなくなる。
- 2°Cに至ると、現在の多くの栽培地で複数の主要作物の栽培が困難になる。

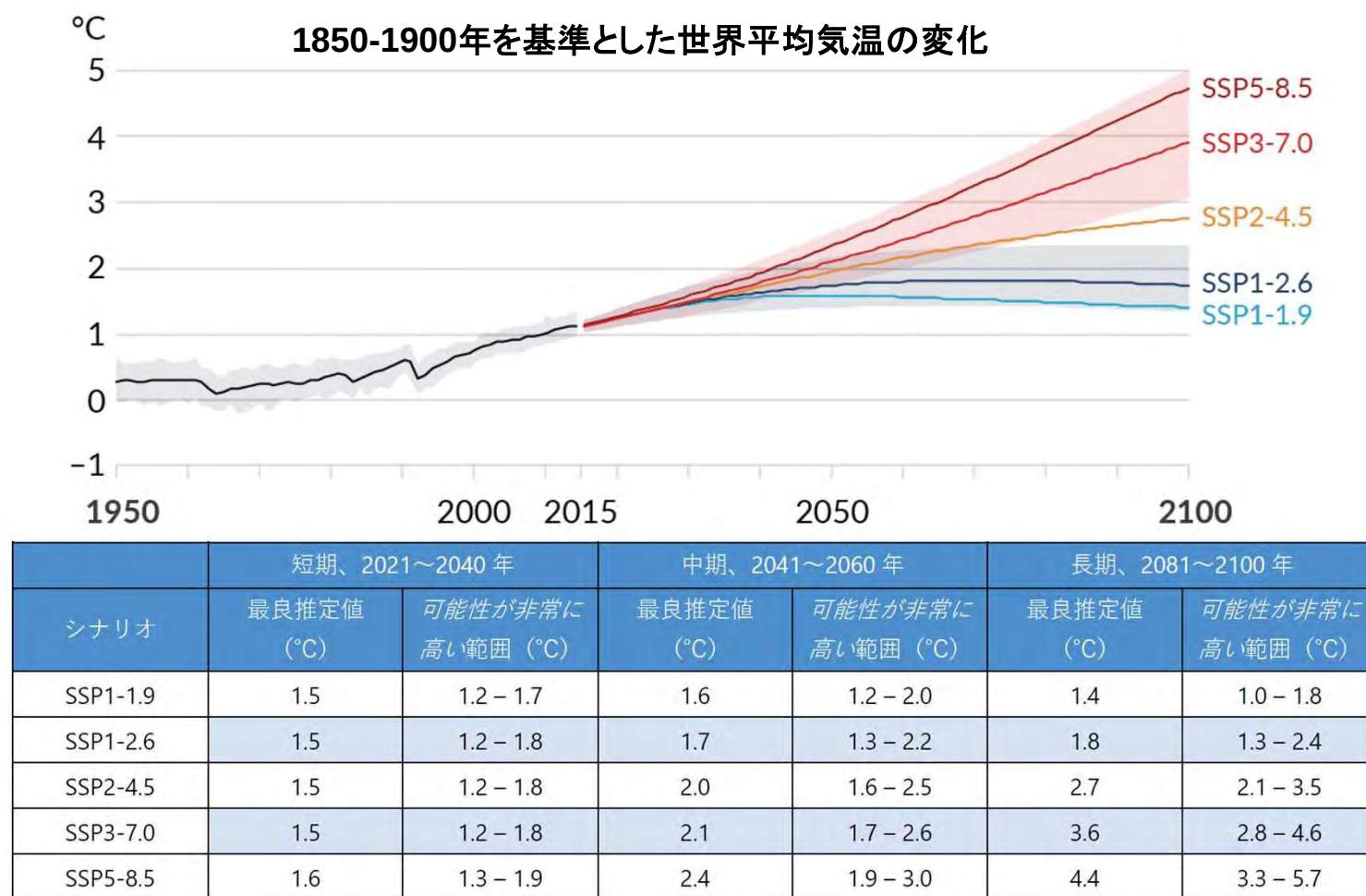
## チッピングエレメンツ(大規模事象)



### 特徴:

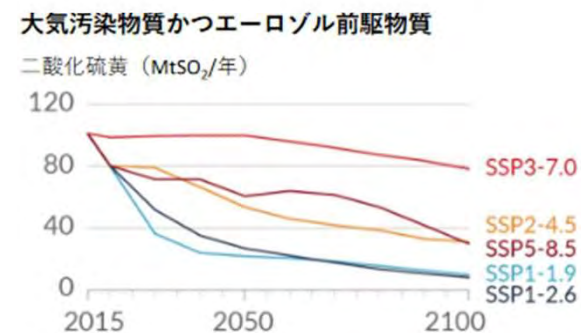
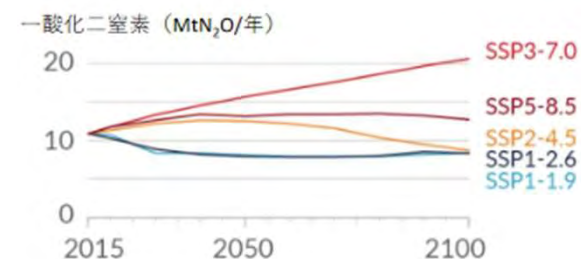
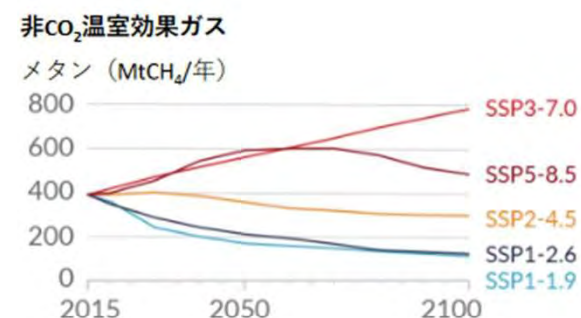
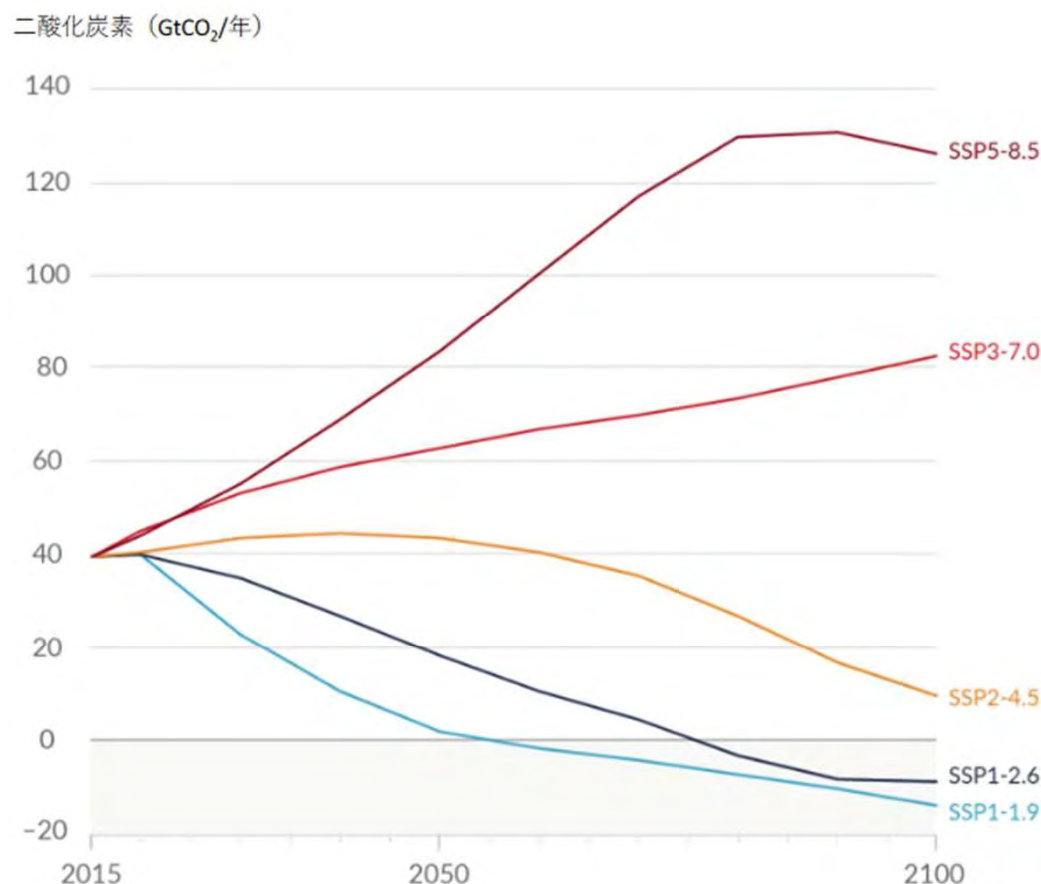
- 不可逆性
- 突発性・時間スケール:  
“近年に観測されてきた  
変化速度に比して急激”
- 自己増殖的な変化: 正の  
フィードバックループ
- 空間スケールの大きさ
- 影響の規模 (地球システム・人間の幸福)

世界平均気温は、いずれの排出シナリオにおいて、少なくとも今世紀半ばまでは上昇を続ける。向こう数十年の間にCO<sub>2</sub> 及びその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21 世紀中に、1.5℃及び2℃の地球温暖化を超える。



IPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約暫定訳(文部科学省及び気象庁)図SPM8／表SPM1を基に作成  
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>

1.5°C・2°Cの昇温上限の気候目標に相当する排出経路(SSP1-1.9・SSP1-2.6)では、21世紀後半に温室効果ガス排出を正味ゼロ～マイナス排出、CO2についてはマイナス排出を想定



IPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約暫定訳(文部科学省及び気象庁)図SPM4を基に作成  
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>

# SDGsと気候影響・気候政策



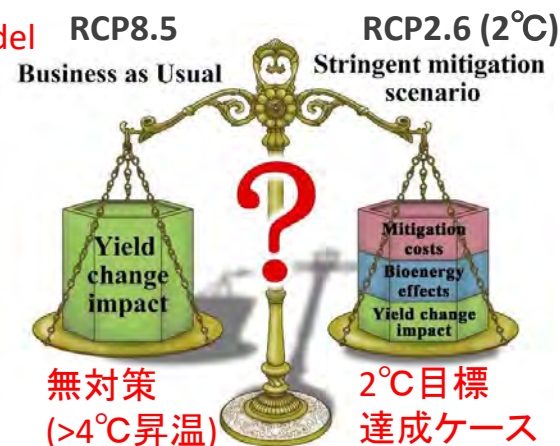
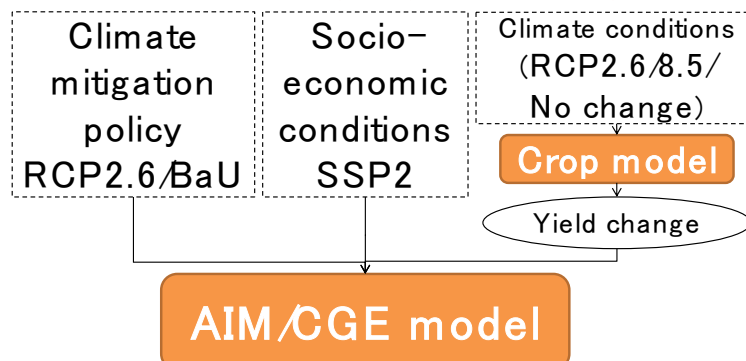
トレードオフ? コベネフィット?

# 気候政策(排出削減)による飢餓リスクへの影響

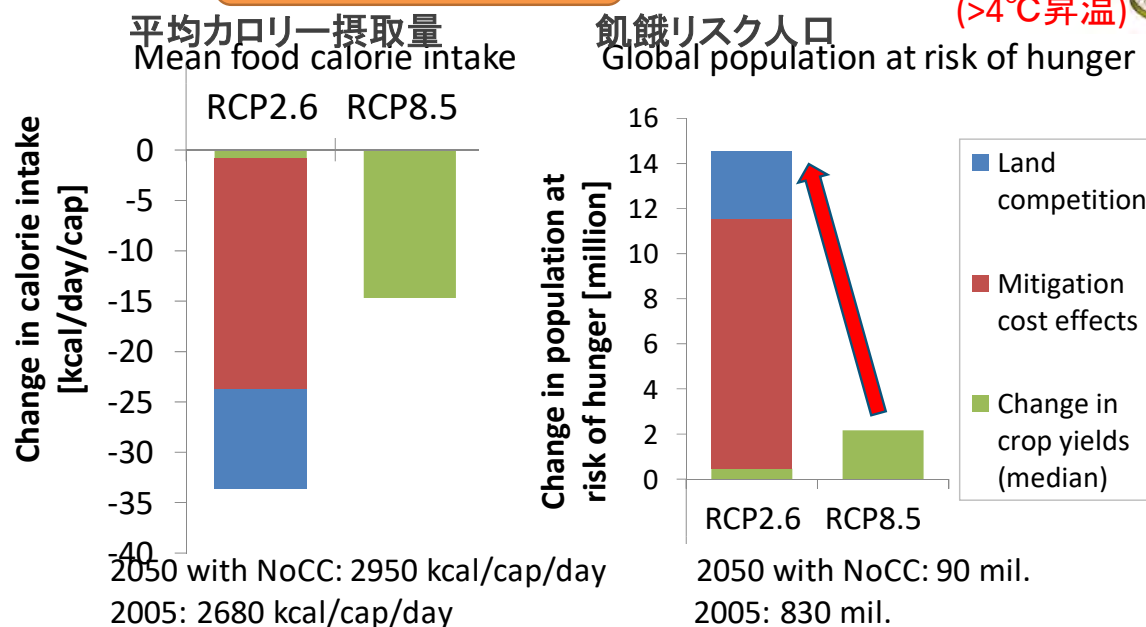


作物モデルと世界経済モデルの結合

## Methods Linking crop model and global trade model



Hasegawa et al. (2015)  
Environ.Sci.&Tech., 49, 7245-7253



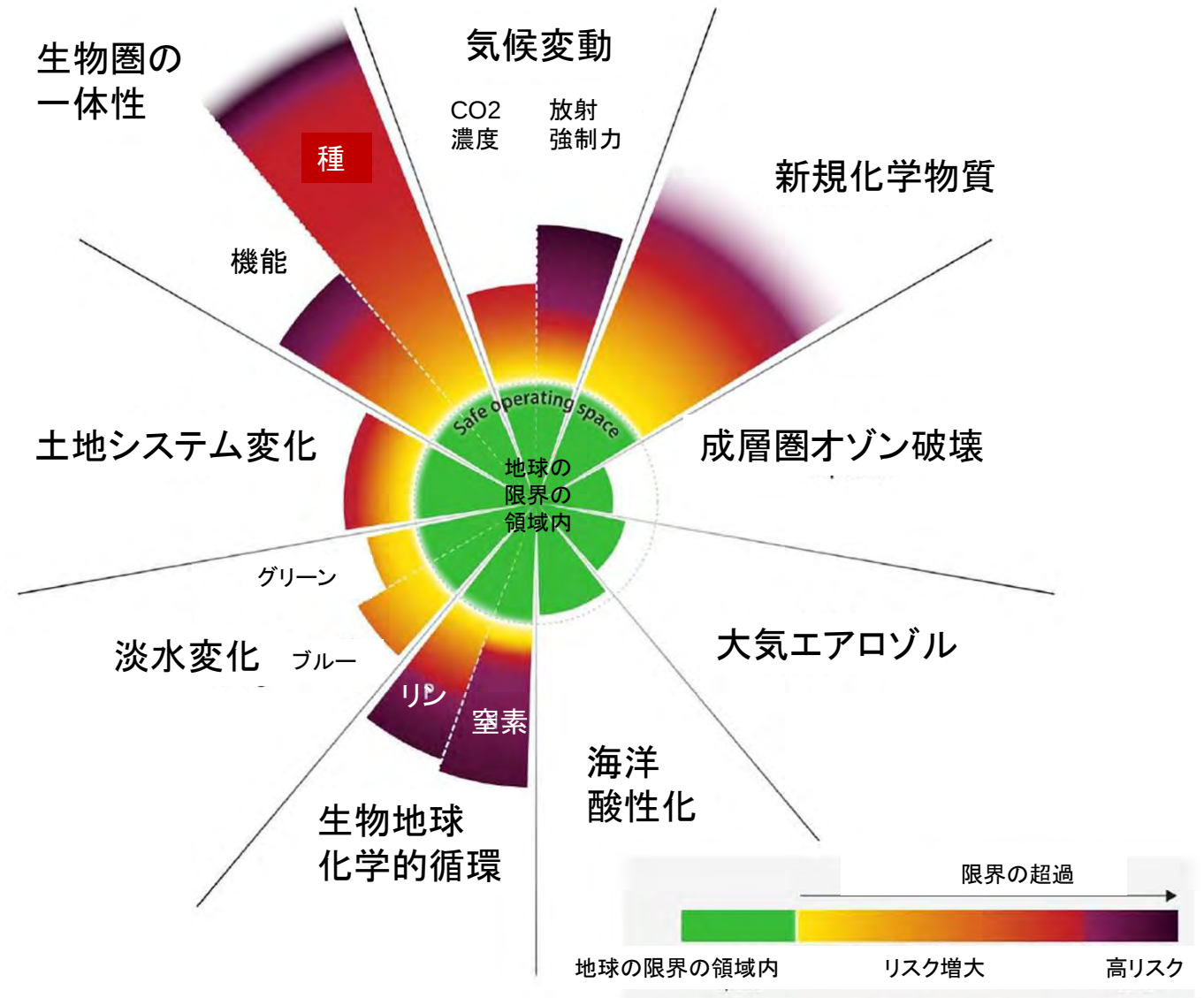
## 2°C目標達成ケース

- ・気候影響による飢餓リスク(緑)は減
- ・緩和費用(赤)や土地競合(青)により逆に飢餓リスク全体は増

1  
Increase in total hunger risk due to 2°C climate policy?

## 地球の限界(プラネタリー・バウンダリー)による地球の状況

- 「人間活動に伴う地球の生命維持システムの存続の危機」を評価
- 各要素の間の相互作用にも注目が必要。
- 地域の脱炭素も、地球の限界を超過しないこととの整合性を意識する必要がある。



## まとめ

- **既に**様々な人為的気候変化の悪影響が自然システム・人間システムで**発現**していることが確認できている。
- **将来に**わたり気候変化が続けばいずれの地域・分野でもそれが**より激化**してくことが見通され、許容できない水準の気候影響を回避するためには**緩和と適応の両面からの全面的な対策**が必須。
- **対策は**実践されつつあるものの、まだその規模・範囲について必要な水準に比して**不足**しており、気候問題の枠に収まりきらない様々な**社会問題・開発問題への対応との整合性**をとりつつ実施していく必要がある。