

日本環境共生学会 × 環境省 ・ (独) 環境再生保全機構
「環境研究総合推進費」公開シンポジウム

気候変動にレジリエントな都市

2022年 9月 24日

S-18プロジェクトリーダー／茨城大学特命教授
三村信男

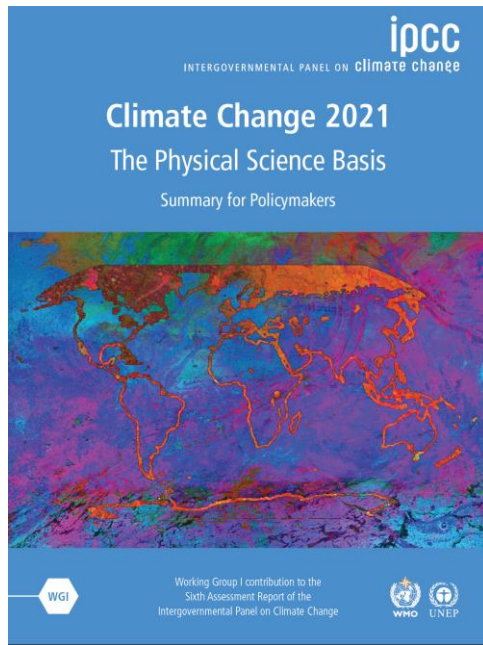
講演の内容

国際情勢が急速に変化する中で、気候変動対策の見通しはどうか？
日本の国内での影響や対策に関する研究はどうなっているのか？

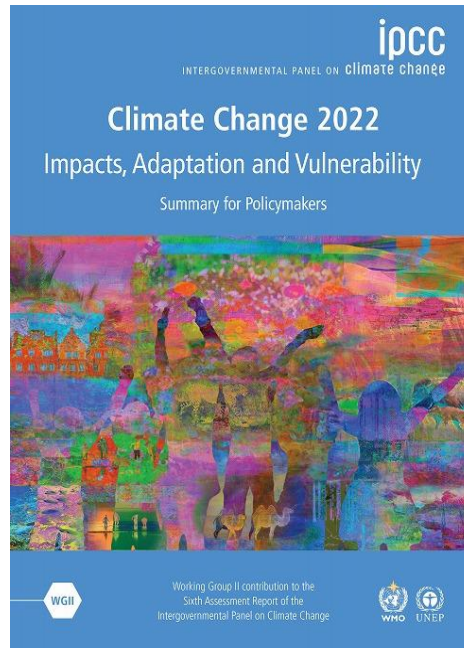
1. IPCC第6次報告書とClimate Resilient Development
2. コペンハーゲンの挑戦
3. 日本における適応策の課題とS-18プロジェクト

1. IPCC第6次報告書と Climate Resilient Development

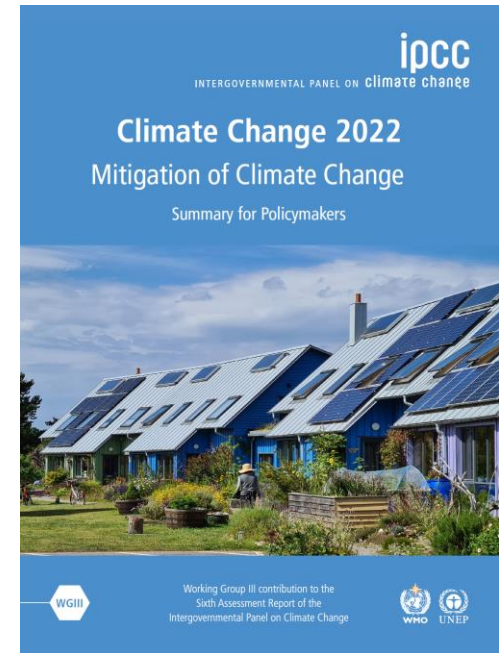
IPCC第6次報告書の公表



WGI 科学的基礎
2021年8月



WGII 影響・適応・脆弱性
2022年2月



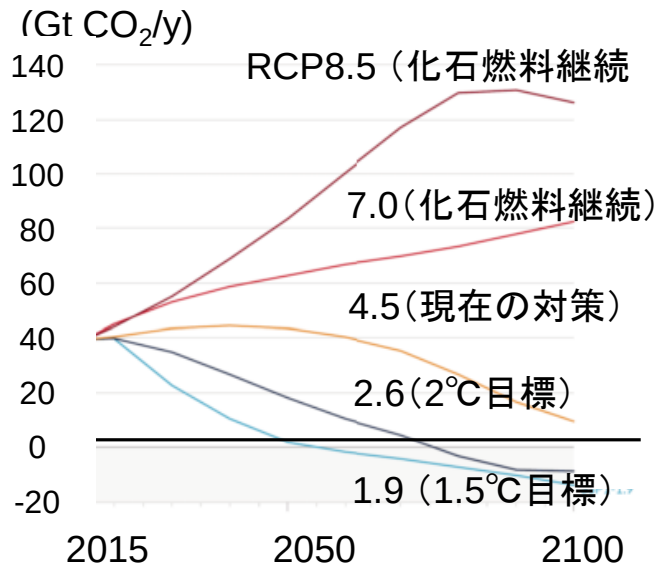
WGIII 気候変動の緩和
2022年4月



統合報告書
2023年春

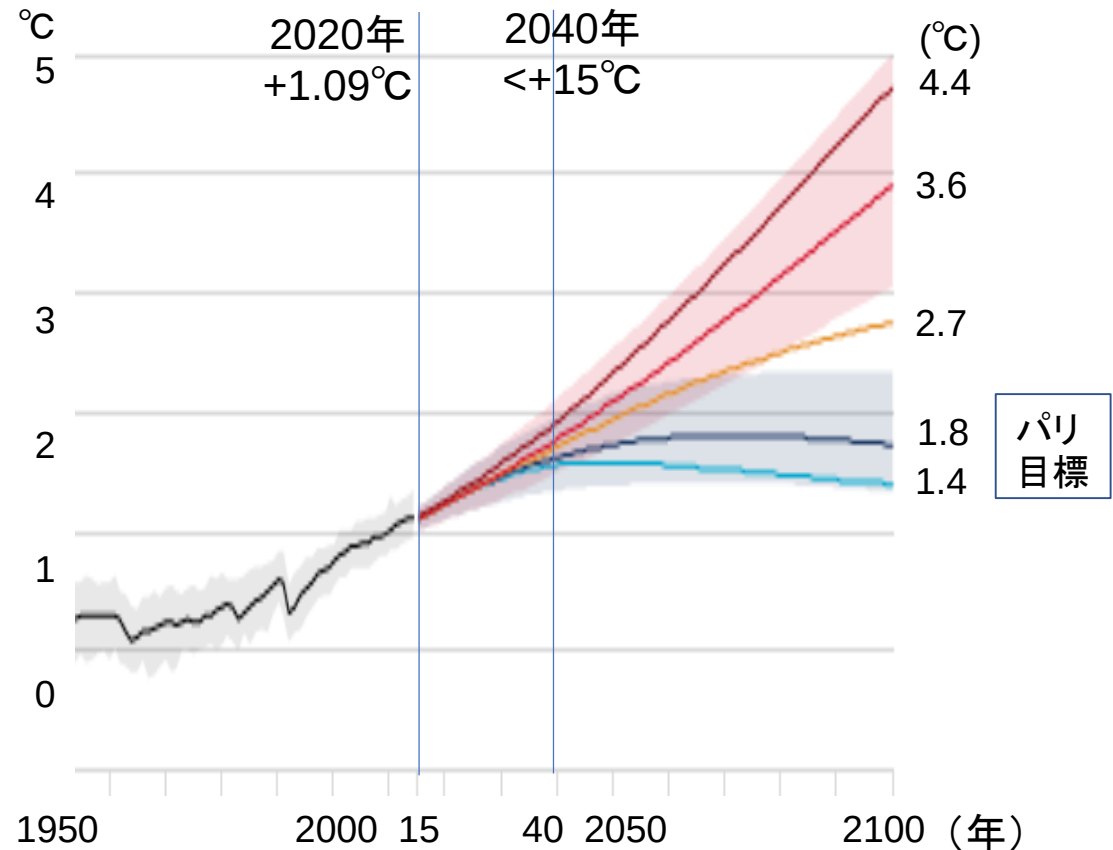
温暖化の将来見通し(WGI)

CO₂排出シナリオ(RCP)



出典: IPCCAR6 WGI報告書, 2021に加筆

気温上昇予測



- ・GHG排出を大幅に減少しない限り、21 世紀中に1.5°C及び2°C上昇を超える。
- ・2040年ころに、どのシナリオでも1.5°Cに達する可能性がある

【災害事象】 極端気象現象の変化(強度、頻度)(WGI)

1850-1900年からの気温上昇		現在1°C	1.5°C	2°C	4°C
10年に1回の 極端な高温	気温上昇	+1.2°C	+1.9°C	+2.6°C	+5.1°C
	発生頻度	2.8倍	4.1倍	5.6倍	9.4倍
50年に1回の 極端な高温	気温上昇	+1.2°C	+2.0°C	+2.7°C	+5.3°C
	発生頻度	4.8倍	8.6倍	13.9倍	39.2倍
10年に1回の 大雨	雨量増加	+6.7%	+10.5%	+14.0%	+30.2%
	発生頻度	1.3倍	1.5倍	1.7倍	2.7倍
10年に1回の 農業や生態系に 影響を及ぼす 干ばつ	発生頻度	1.7倍	2.0倍	2.4倍	4.1倍

温暖化による極端気象の激化(2020～2022年)

米国・オーストラリア



(<https://mainichi.jp/>)

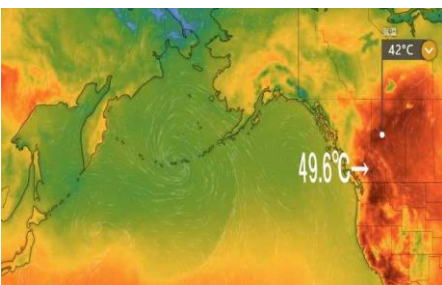


ギリシャ・トルコ



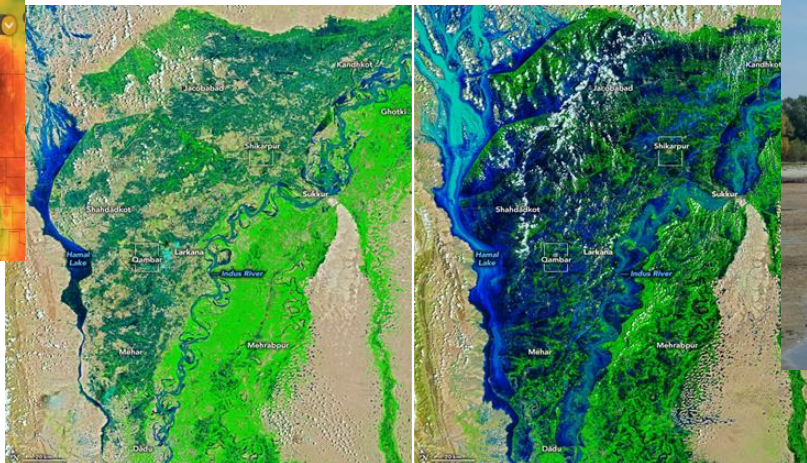
(<http://ruf.s33.xrea.com/>)

カナダ熱波(49.6°C)



(<https://plaza.rakuten.co.jp/>)

パキスタンの洪水



<https://earthobservatory.nasa.gov/images/>

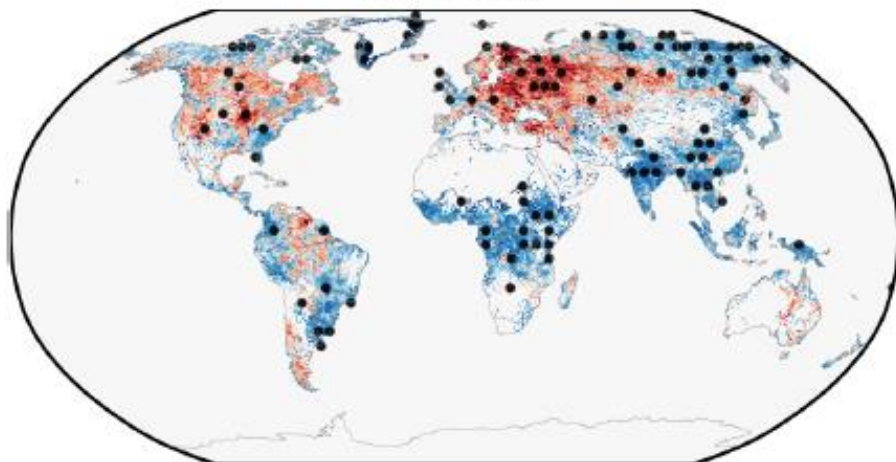


(<https://www.bloomberg.co.jp/news/>)

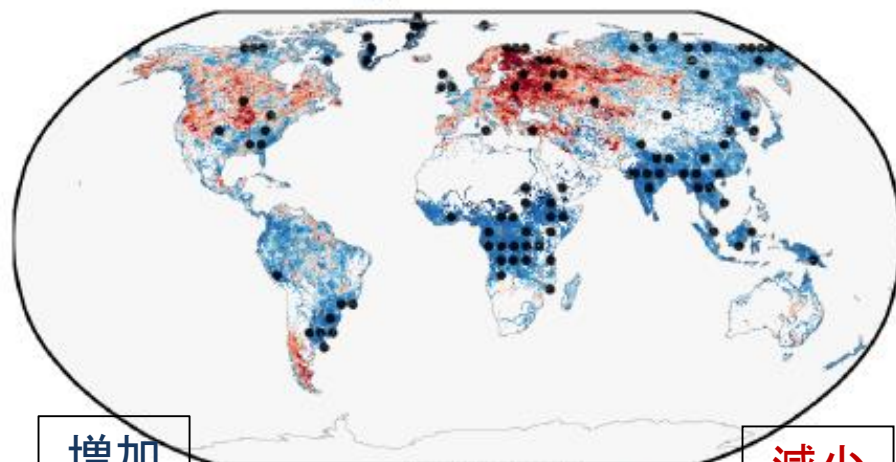
欧州の渇水(フランス)

【災害】 洪水頻度の変化 1970-2000年と2071-2100年の比較(WGII)

(a) SSP1-2.6 (2°C)



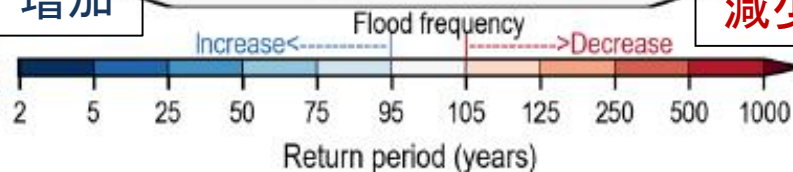
(b) SSP2-4.5 (3°C)



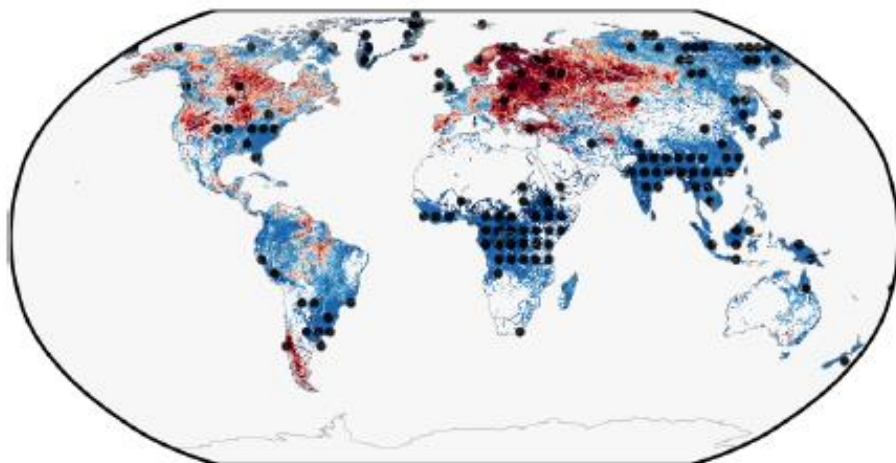
増加

減少

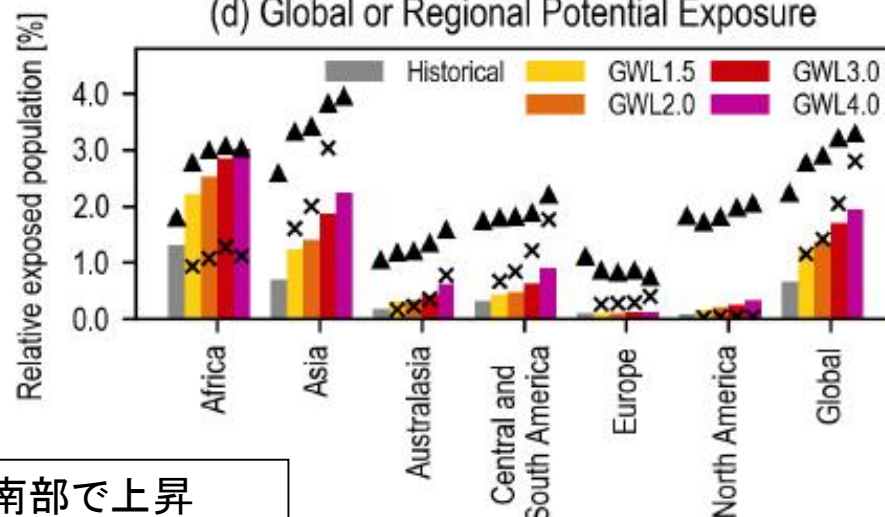
High model agreement



(c) SSP5-8.5 (4°C)



(d) Global or Regional Potential Exposure

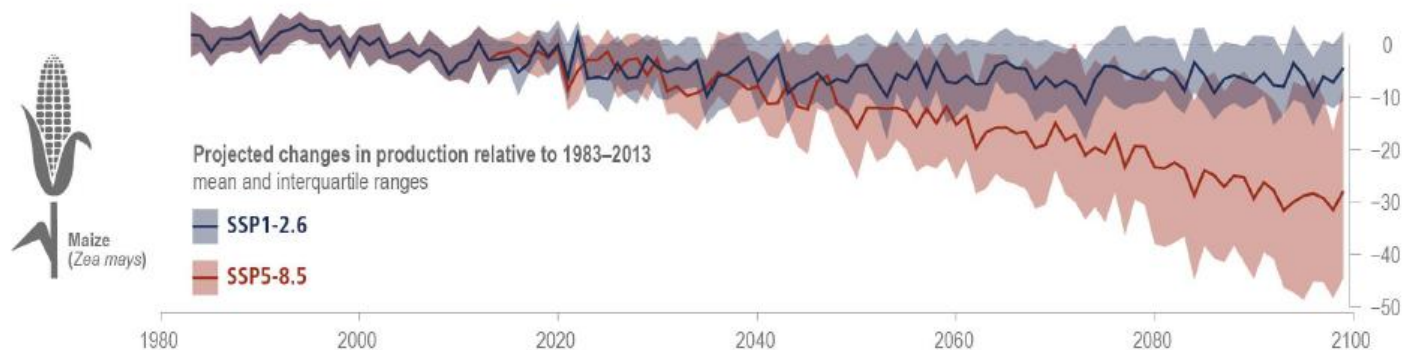
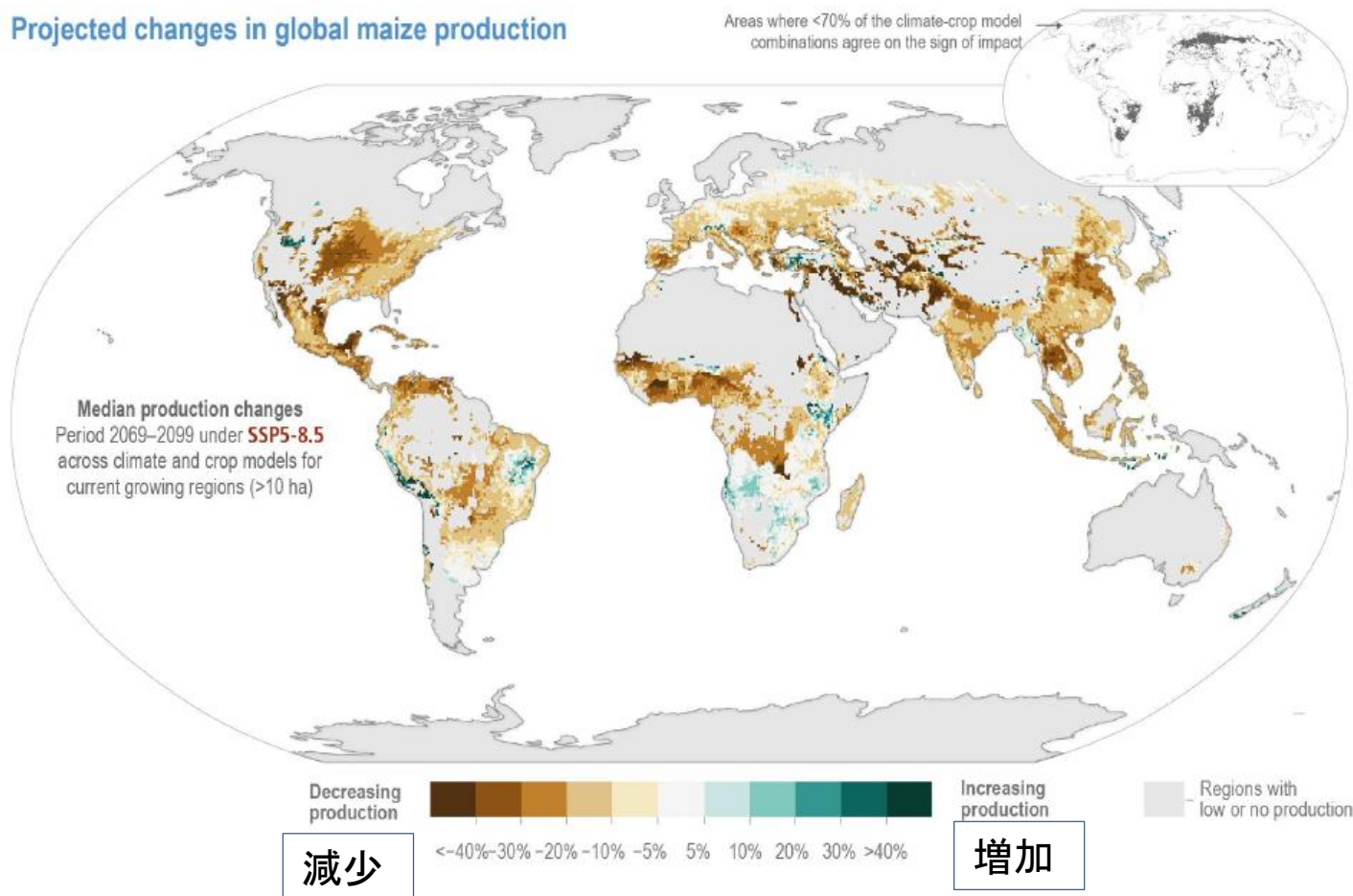


・洪水の頻度は、アジア、アフリカ、中南米、北米南部で上昇

【食料生産】 トウモロコシの 将来予測

SSP5-8.5
2069–2099年

Projected changes in global maize production



【健康影響】 高温に 晒される 人口

現状
1991-2005

Days per year
when air temperature
and humidity
conditions turn
deadly and pose
a risk of death

365日

366 days

Historical period
1991-2005

Named cities are the largest
15 urban areas by population
size during each time period
respectively

RCP2.6
(2°C)

1日

1 day

RCP4.5
(3°C)

RCP8.5
(4°C)

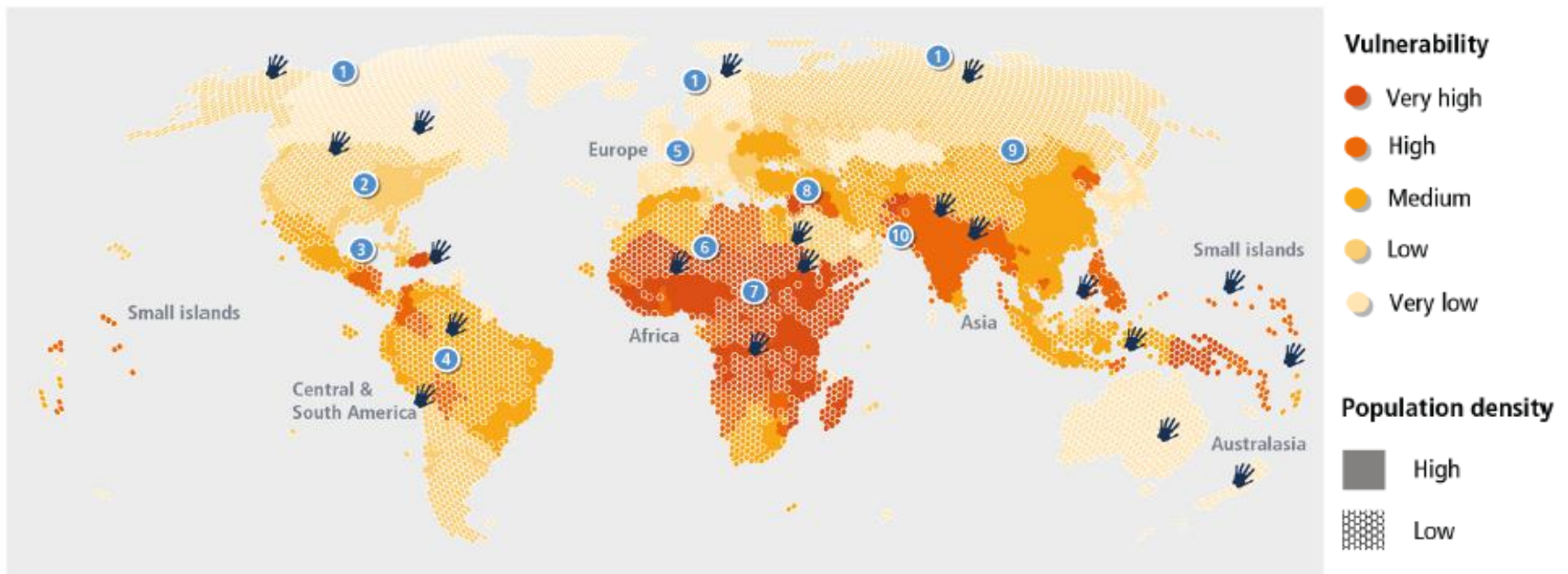
・温暖化の程度に
よって、暑熱による
死亡リスクが上昇

2050年

2100年

脆弱な自然環境・地域の影響リスク

- 気候変動のリスクを決める要因は、**気象ハザード(外力)**、**暴露**、**脆弱性**
- 脆弱な地域は、アフリカ、南アジア、中南米、小島嶼国、北極圏。現在、33億人がこれらの地域に住んでいる

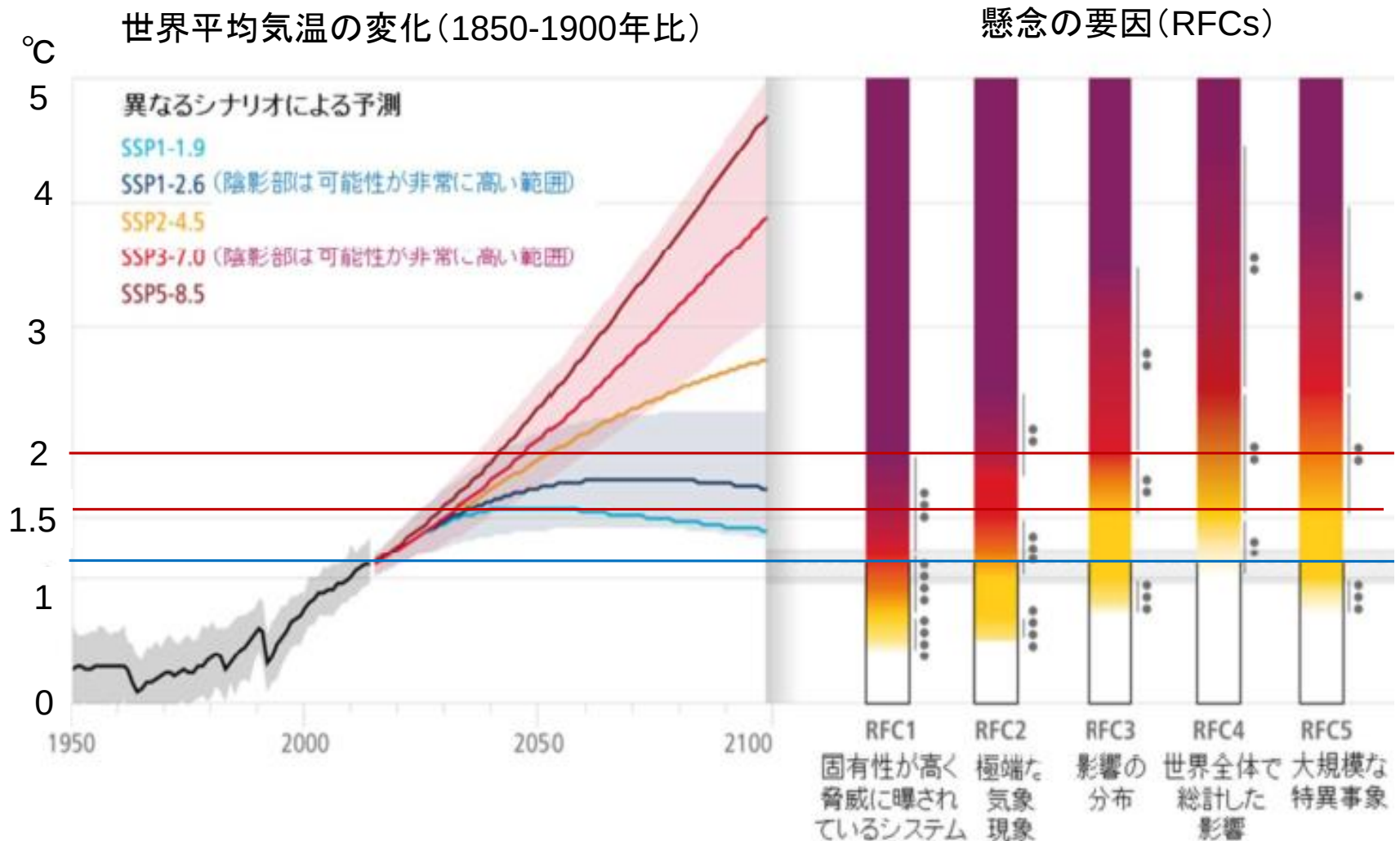


アフリカ アジア 豪州・NZ 南米 ヨーロッパ 北米 小島嶼国



(IPCCAR6 WGII
報告書,2022)

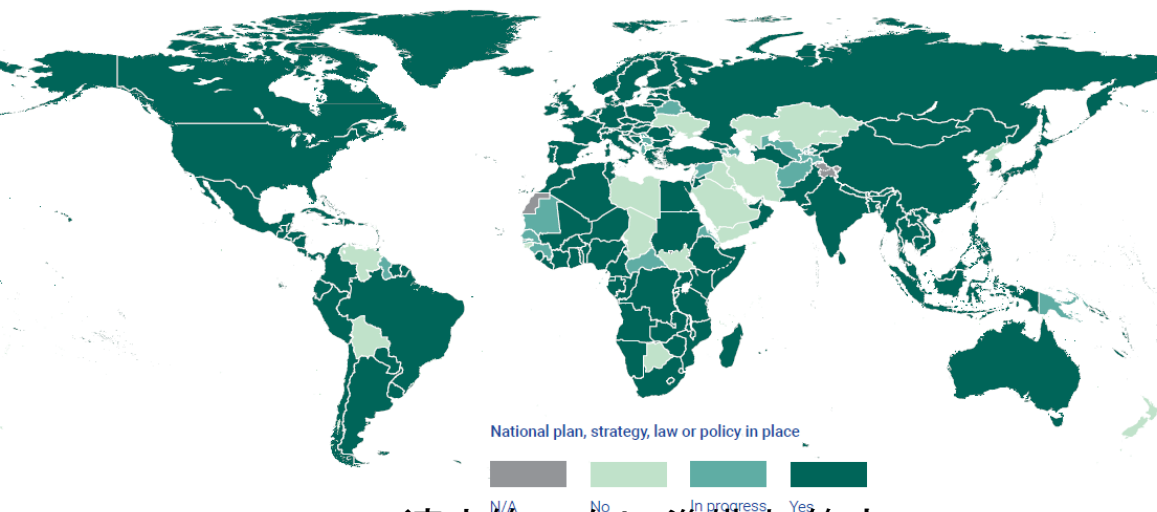
影響リスクの全体評価ー温暖化とリスクの関係(WGII)



- ・1.5℃以下と2℃以上では、気候変動の影響リスクは異なる
- ・2℃以上では、すべての指標でリスクが高まる

世界で気候変動適応は進展

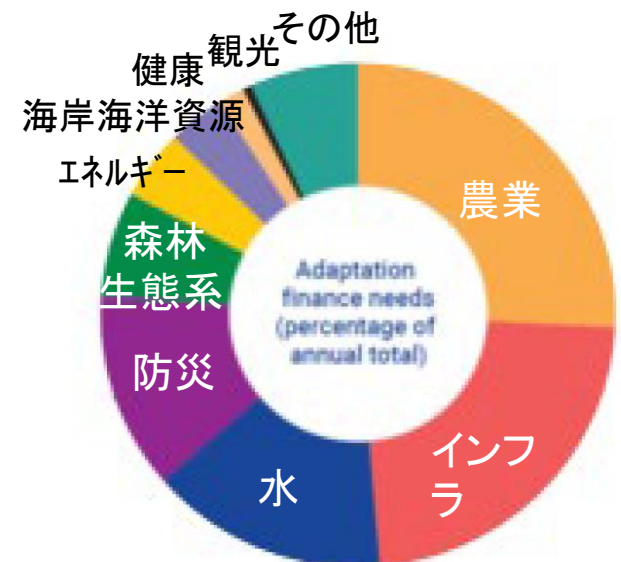
- 世界的に適応計画の策定が前進
 - ・世界で80%の国が何らかの適応枠組みを構築
 - ・第5次報告書時点から大きな進展がある
- 途上国に対する資金支援は不十分
 - ・現在のペースでは、急速に進む気候変動影響に対応できない
- 適応を推進する条件
 - ・政治の関与や制度構築、幅広い関係者の参加などが必要



適応策： なし 準備中 策定

適応策の策定状況

図出典: UNEP
AGP(2021)



分野別の資金ニーズ(26途上国)

IPCC第6次報告書が示す現状認識

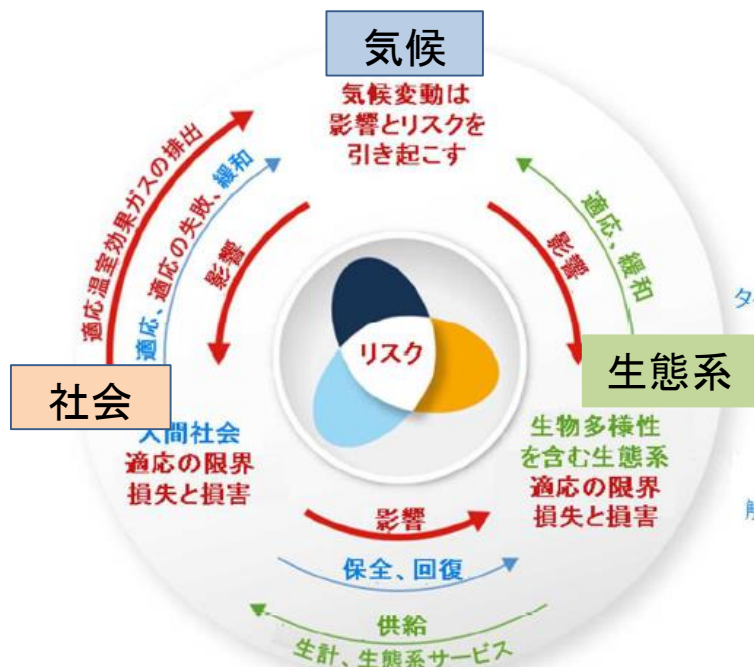
1. 「人間の影響による温暖化には疑う余地がない」と断定。
2. 気候変動は、すでに自然と人間に対して幅広い影響を引き起こしている。
影響リスクは脆弱な自然環境・地域で大きい。
3. ほとんどの排出シナリオで2040年ころまでに1.5°Cに達する可能性が高い。
4. 対策のポテンシャルはあるが、現状では十分ではない
【緩和策】 現在利用可能な緩和策だけで排出量を半減できる
【適応策】 適応策の多くは気候リスクへの短期的な対応にとどまる
5. 近未来(～2040年)の見通しと対応の緊急性
我々は、温暖化を1.5°C／2°C以下にとどめる経路上にはない。
次の10年における社会の選択と行動が世界の将来を左右する。

気候変動にレジリエントな開発(CRD) —気候変動対策と開発の不可分な関係

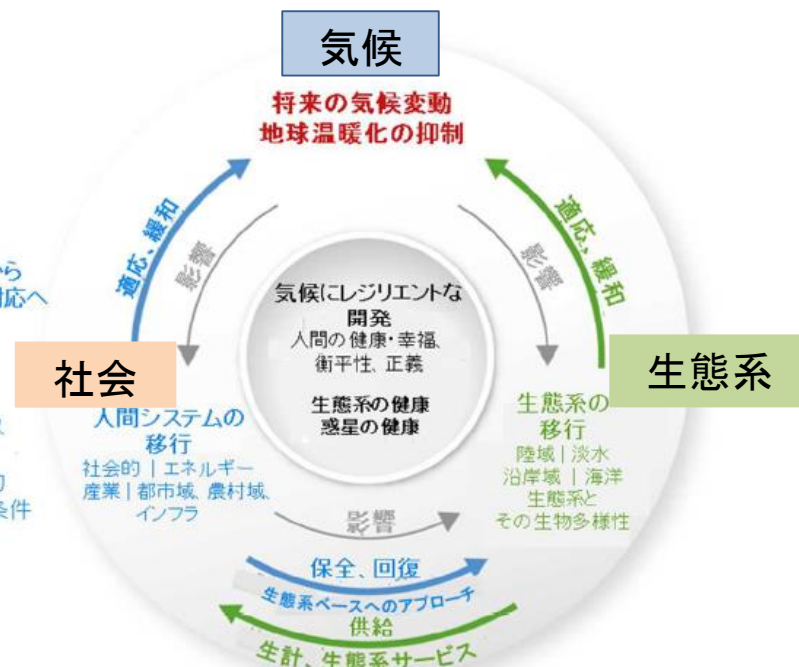
- WGII報告書全体を通じて、気候、生態系、人間社会の関係の転換に言及
- 気候変動にレジリエントな開発(CRD)によって、**気候、生態系、人間社会の関係を健全で持続可能なものに変えることが必要**

CRDとは「気候変動対応×持続可能な開発」

(a) 気候・生態系・社会の相互作用



(b) CRD実現のサイクル



2. コペンハーゲンの挑戦

World First Carbon Neutral Capitalと
Climate Resilient City

コペンハーゲン

市域人口 58万人

大首都圏 200万人

- 2011 Copenhagen Climate Adaptation Plan
(気候変動適応策)
- 2012 CPH 2025 Climate Plan
(2025年脱炭素計画)
- 2012 Cloudburst Management Plan (豪雨対策計画)
- 2016 First Climate Resilient Neighborhood
- 2021 Climate Plan
- Roadmap 2021–2025
(5年ごとの実行計画)

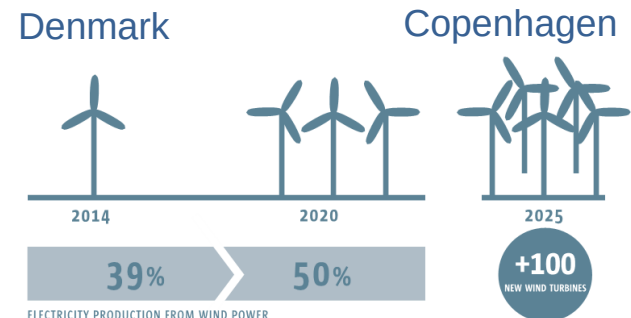
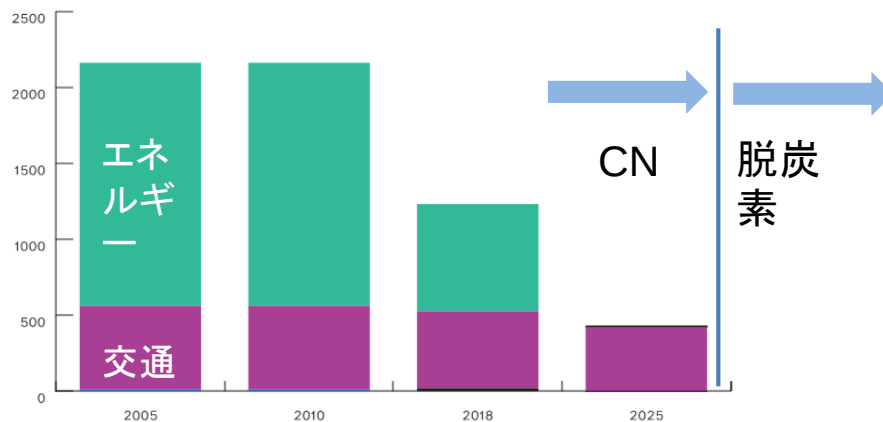
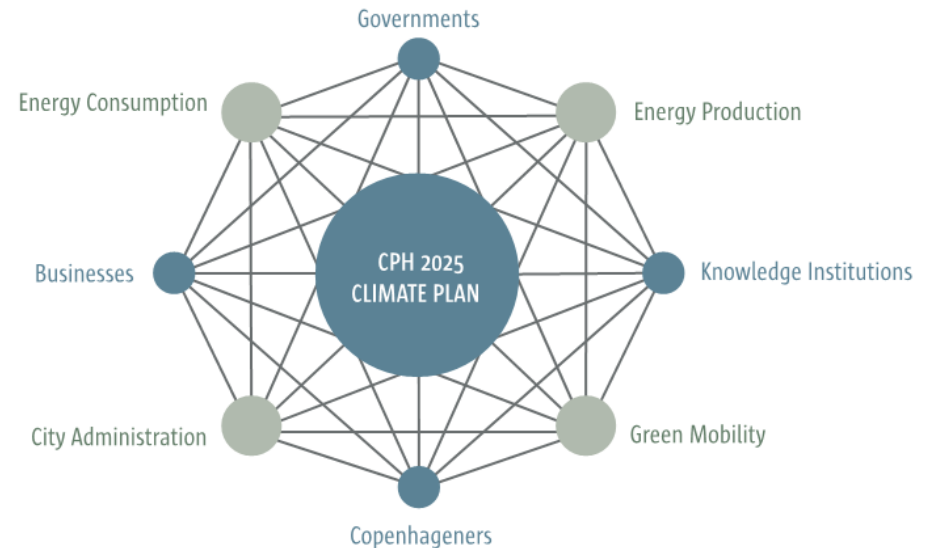


コペンハーゲンの気候変動対策

【緩和策】 World first carbon neutral capital by 2025

4つの柱

- エネルギー消費
- エネルギー供給
- グリーン・モビリティ
- 市主導の対策
(グリーン化)



【Adaptation Plan】

Climate change planning is an excellent chance for urban development

夏の高温

Peak summer temperature in Copenhagen is expected to rise 2-3 degrees by 2050.



豪雨

Precipitation will increase 30-40% by 2100.



海面上昇

Sea water levels around Copenhagen will rise approximately 1 metre within the next 100 years.



RAINWATER

Development of various methods of draining water from big storms, which will be applied throughout the city.

GREEN AREAS

Additional green areas, pocket parks, green roofs and green walls slow down rainfall runoff and reduce the risk of flooding.

AIR CONDITION UNITS

More buildings use alternatives to air conditioning units such as sunshades, improved ventilation and insulation.

SAFEGUARDING

Safeguarding against flooding and rising sea levels.

内水対策

緑地計画

暑熱対策

防護・防災

内水対策のアプローチ

- ・従来型の雨水排除と新手法の併用
- ・地表面の遊水・浸透機能の活用
都市空間のグリーン化



【地表面の活用】

1. 豪雨ロード(貯留施設への流路)
2. 遊水スペースと遊水ロード
3. グリーンロード

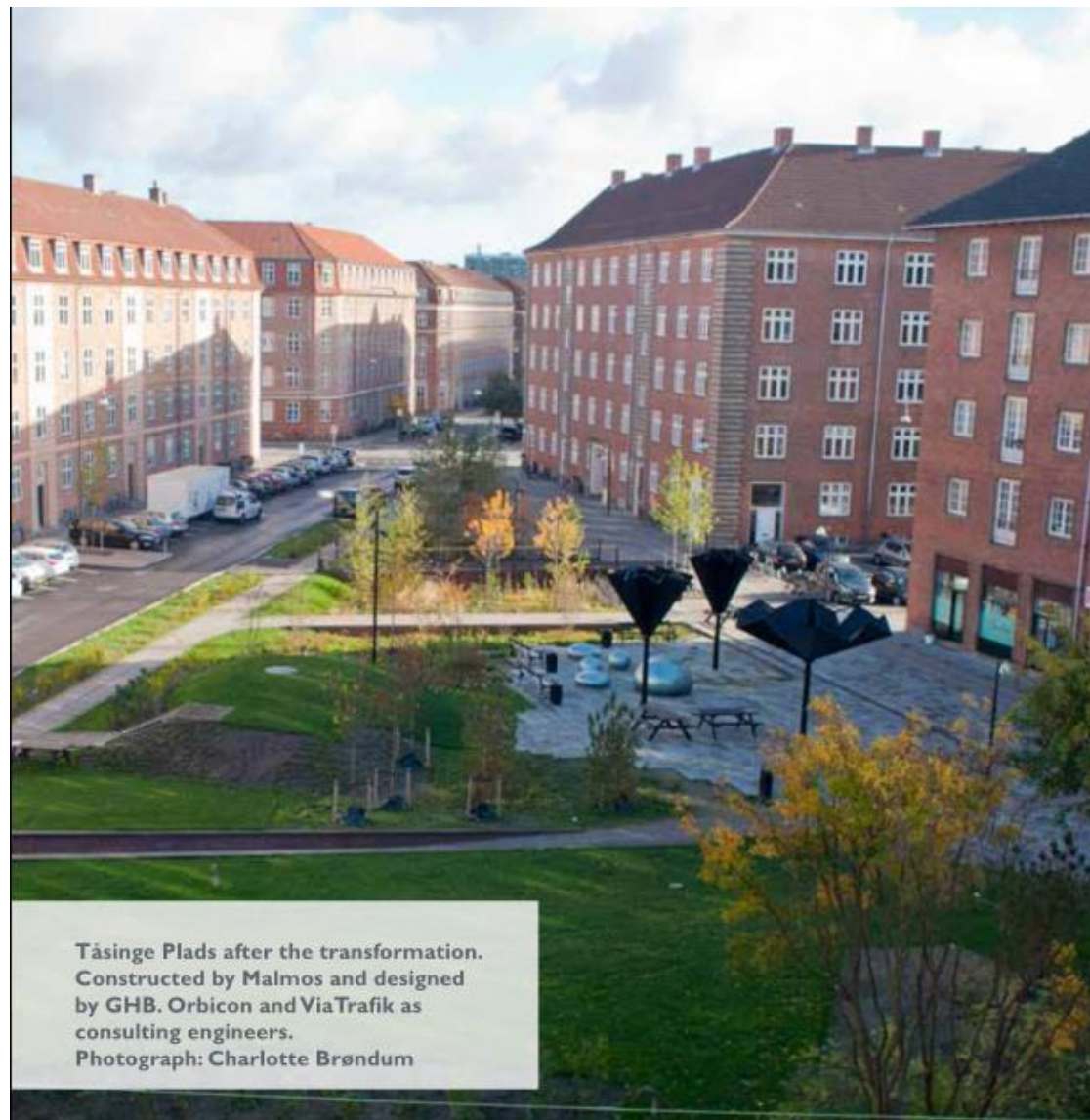
【地中排水施設】

4. 豪雨パイプ(下水道、雨水管)

- | | | |
|---|--|------------------|
| 1 | | Cloudburst roads |
| 2 | | Retention roads |
| 3 | | Retention roads |
| 3 | | Green roads |
| 4 | | Cloudburst roads |



遊水スペース／Green Roadの例



出典：Copenhagen's first-climate resilient neighborhood, 2016 21

近隣街区 (Neighborhood) のプロジェクト (300件)



1 TÅSINGE PLADS

The Climate Resilient Neighbourhood's first urban space adapted to climate change. Here rainwater from an area of more than 7,000 m² is managed, while a multifunctional green urban space is created for the neighbourhood.



3 BRYGGERVANGEN

A green connecting link, where raingardens, swales etc. provide experience of nature in the centre of the city. The project is expected to be completed in 2018.



5 HARALDS PLADS

Haralds Plads was renovated in the autumn of 2015. A large green bed with perennials and shrubs has been created and benches have been installed, including urban furniture for skating.



2 SKT. KJELDS PLADS

A green square full of character, the future gathering point of the neighbourhood, and at the same time a pilot project in climate change adaptation. The project is expected to be completed in 2018.



4 KILDEVÆLDSPARKEN

Frisporet is a new activity space north of Kildevældsparken. The focus is on nature, play and discovery. In addition, there is a park for dogs and new playing fields.



6 STRANDBOULEVARDEN

Strandboulevarden will in the future become a blue and green street that both protects the area against flooding and creates a liveluf and green space.



7 ØSTERBROGADE / CARL N. ALLÉ

The streets ensure that the rainwater is transported to the harbour and at the same time green spaces is developed.



2 FUTURE GREEN COURTYARD AT SKT. KJELDS PLADS

A pilot project on rainwater management in courtyard spaces. Expected to be completed in 2016.



4 CLIMATE RESILIENT BLOCK

A sustainable project where rainwater management, and rainwater collection and energy optimisation of buildings.



1 KILDEVÆLD CULTURE CENTRE

A new place for people to meet in Østerbro. The Kildevæld Culture Centre is expected to be completed in 2018.



3 FUTURE GREEN COURTYARD AT ASKØGADE

A pilot project in rainwater management in courtyard spaces. Expected to be completed in 2017.



4 COURTYARD AND URBAN RENEWAL PROJECTS

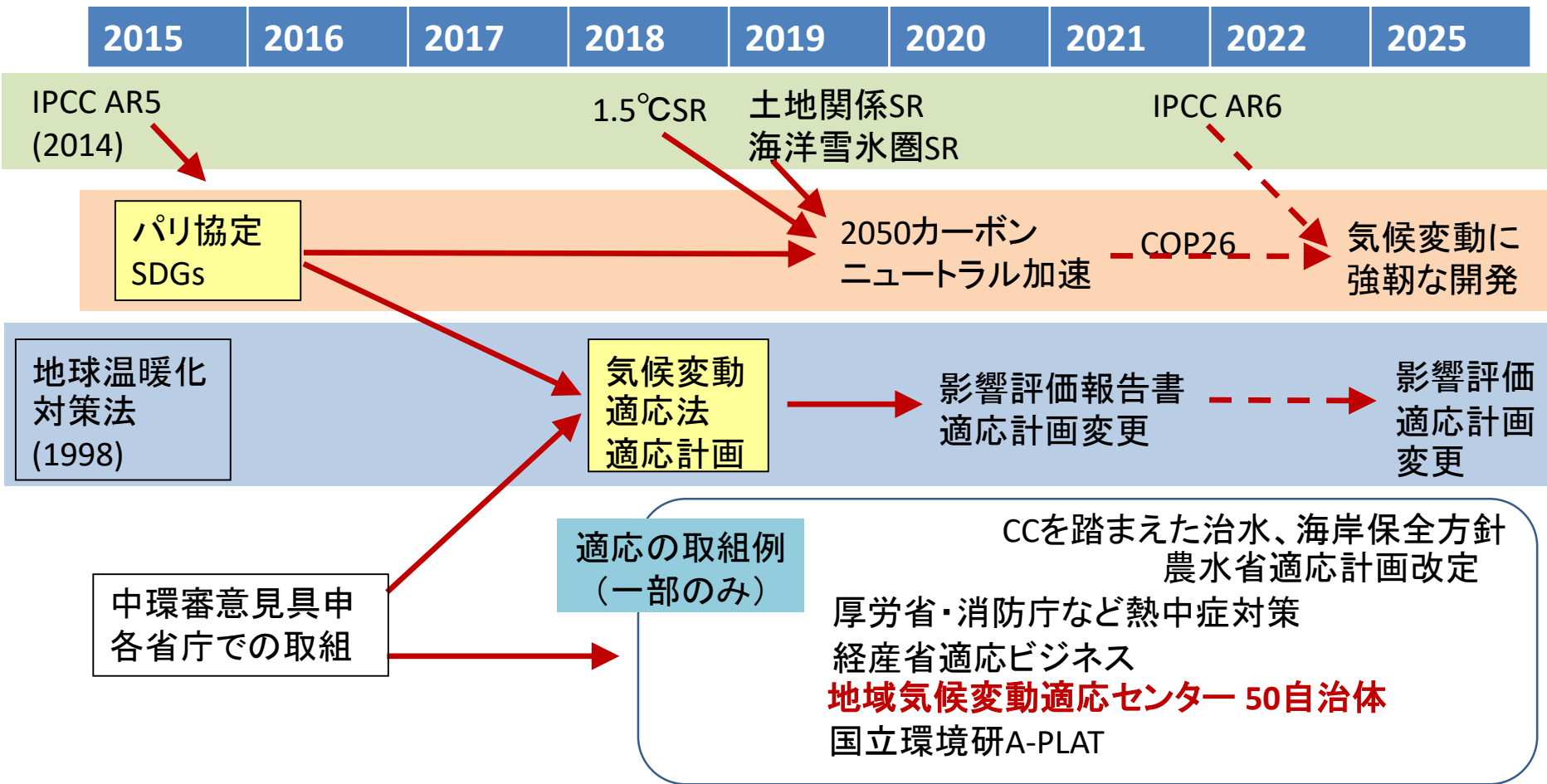
Larger courtyards and urban renewal projects in The Climate Resilient Neighbourhood, supported by the City of Copenhagen.

Copenhagenの教訓

1. 気候変動対策＝新しい都市開発の機会
ー都市レジリエンスの確保と住民のQOL向上の同時達成
2. 気候変動対策と他の都市開発目標の結合
ー中長期的目標の設定(2025年カーボンニュートラル、CN Capital)
3. Nature-based Solution
ーグリーンインフラ・生態系サービスの保全・再生・活用
4. 市全体ー地区ー近隣街区それぞれで行政と住民、専門家が対話
イノベーションー地域に応じた多様な適応手法の開発

3. 日本における適応策の課題と S-18プロジェクト

日本における気候変動適応の経過



- ・適応策の検討から計画・実施段階へ移行
- ・地域の取り組みに向けた高解像度の影響予測・適応評価

➡ 環境省・ERCA 環境研究総合推進費戦略的研究開発S-18の開始

環境研究総合推進費S-18

気候変動影響予測・適応評価の 総合的研究

2020年度～2024年度

プロジェクト・リーダー：三村信男

研究参加機関：茨城大学、愛媛大学、岡山大学、九州大学、京都大学、摂南大学、筑波大学、東京大学、東北大学、富山県立大学、名古屋大学、名古屋市立大学、福島大学、立教大学、早稲田大学、国土技術政策総合研究所、国立環境研究所、森林研究・整備機構、水産研究・教育機構、農業・食品産業技術総合研究機構、岐阜県農業技術センター、鹿児島県農業開発総合センター、山梨県畜産酪農技術センター

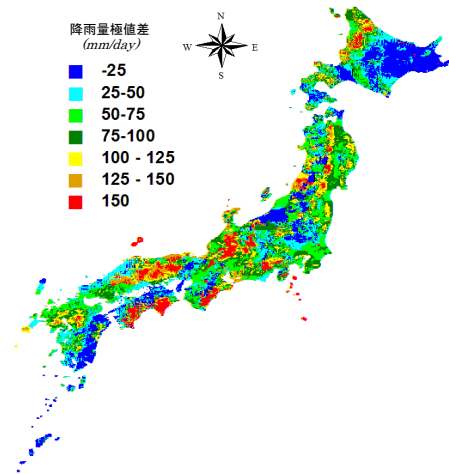
研究開発の目的・目標

【全体目標】

我が国の気候変動適応を支援する影響予測・適応評価に関する最新の科学的情報を創出する

影響予測・適応評価

- ① 統一的な全国レベルの影響予測
- ② 自治体の適応計画検討に資する高解像度の影響予測
- ③ 適応策の効果の評価
- ④ 分野ごとに脆弱な地域の抽出、地域毎の影響特性の把握
(拡充) COVID-19と気候変動、緩和策と適応策の関係



連携・交流・発信

- ⑤ IPCC、パリ協定などへの国際的貢献
- ⑥ 他のプロジェクトとの研究交流。気候変動影響の全体像の提示
- ⑦ 民間企業、NGO、マスコミなどとの情報交換

社会への提言

- ⑦ 気候変動に対してレジリエントな社会の在り方に向けた提言

研究計画

社会経済・適応シナリオ



共通シナリオ

気候シナリオ



対象6分野の気候変動影響・適応評価

農林
水産業



水環境・
水資源



自然
生態系



自然災害
・沿岸域



健康



産業・
経済活動



国民生活
都市生活



経済評価

＜期待される成果＞

次世代影響予測モデルの開発
包括的影響評価レポート
2025年影響評価への貢献

気候変動適応法の実施

国立環境研究所



気候変動
適応センター



A-PLAT

気候変動適応情報
プラットフォーム

地方公共団体



事業者



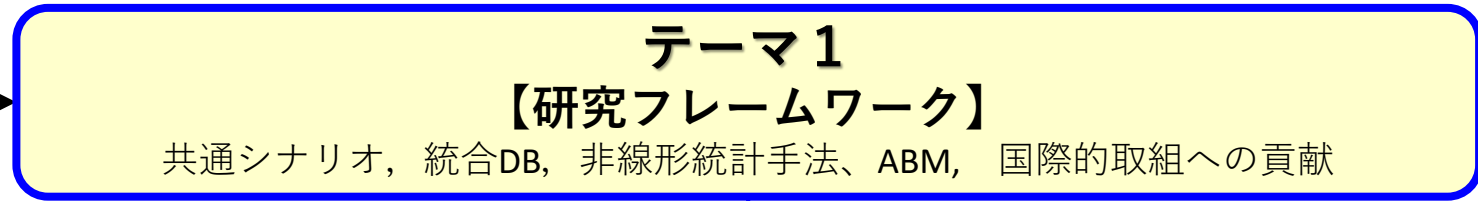
国民



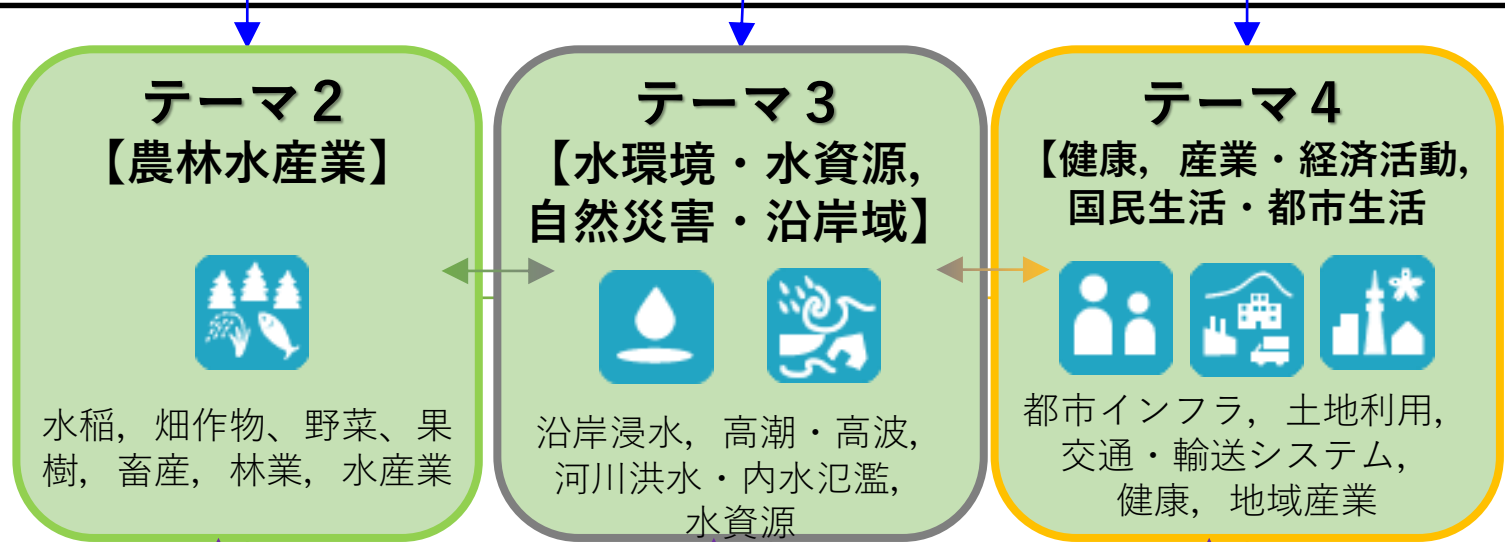
研究テーマの構成

影響予測結果・適応策の評価→統合DB

分野毎の知見・データ・予測結果→新しい影響予測手法

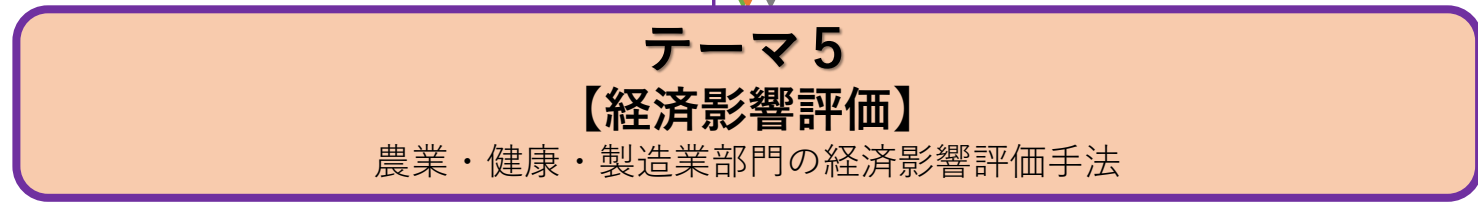


共通シナリオ（気候シナリオ・社会経済シナリオ）



経済影響予測手法

物理的
影響予測
結果



S-18研究フレームワークの構築

● 影響予測・適応評価研究の枠組み

- ①温暖化レベル、②気候シナリオ、③社会経済シナリオ、④適応あり／なしの条件を組み合わせ、多様な条件下で評価を行う。
- 共通の気候シナリオと社会経済シナリオを設定
- 全てのテーマが共通の条件で影響予測と適応策の評価を実施

S-18研究フレームワーク

影響予測・評価に用いる条件

①温暖化レベル
高中低の3段階
RCP 8.5, 4.5, 2.6

②気候シナリオ
GCM 1～5種類

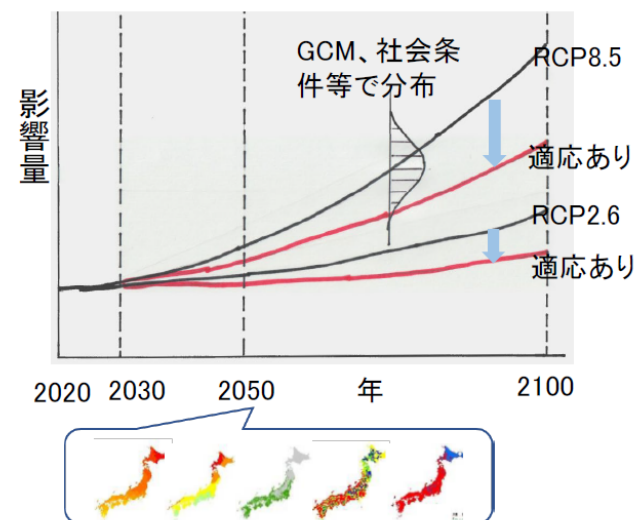
③社会経済シナリオ
現状固定
日本版SSP1, 5

④適応条件
適応なし／あり

影響予測・適応評価の出力

- ①影響の統一的全国評価
 - ・空間: 3次メッシュ (1km × 1km)
または 市町村/都道府県
 - ・期間: 2020～2100年の年変化
- ②影響の地域特性／特に脆弱な地域
- ③適応策の効果の評価
- ④影響及び適応策の経済評価
- ⑤気候変動対応策に関する提言

成果のイメージ



タイムスライス：2030、2050、2090年

研究成果： 全国影響 予測と 適応評価

分野	大項目	評価対象
農業・ 林業・ 水産業	農業	水稻
	農業	リンゴ、ブドウ、アボカド
	農業	病虫害（ニカメイガ、ツマグロヨコバイ）
	農業 (統計的手法)	水稻、大豆、小豆、インゲン、落花生、裸麦、小麦、六条大麦、二条大麦、そば、りんご、日本なし、西洋なし、かき、びわ、もも、すもも、おうとう、うめ、ぶどう、パイナップル、キウイフルーツ、みかん、くり
	畜産業	泌乳牛、採卵鶏、肥育後期豚（新期） 育成牛、肉用鶏、肥育前期豚（既存データ高度化）
	林業	スギ
	林業	土砂災害
	水産業	サンマ
	水産業	養殖業（ノリ）；ワカメ、アワビ
	水産業	水産業の将来予測
	水産業	水産業の将来予測
水環境・ 水資源	水資源	河川流量、水需給バランス
自然災害・ 沿岸域	沿岸	海面上昇による浸水
	沿岸	高潮影響
	沿岸	海岸侵食
	河川	河川氾濫、内水氾濫
健康	感染症	デング熱、新型コロナウイルス感染症 ⁺
	暑熱	熱中症
産業・ 経済活動	－	サプライチェーンや地域波及効果を考慮した経済モデル（47都道府県経済モデル）
	－	気候変動に対する市町村脆弱性
国民生活 都市生活	都市インフラ	災害による都市物質ストックの被害
	都市インフラ	乗合バス、鉄道
	都市インフラ	鉄道線路、高速道路

1kmメッシュ収量・品質予測(2050s)

農研機構プレスリリース(2021.07.19)

S18-2(1) Ishigooka et al. (2021:JAM)

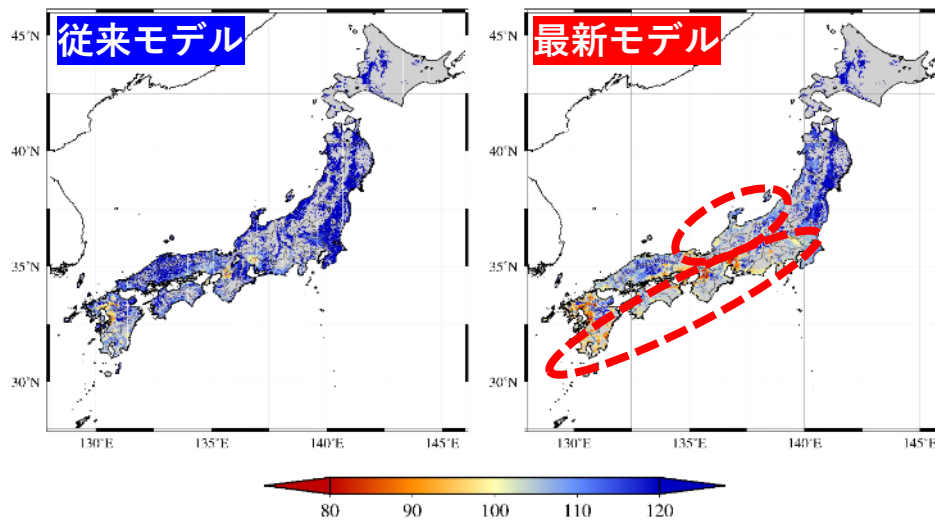


*温暖化傾向中庸な気候予測モデル／RCP8.5: CO₂排出大⇨昇温大

コメの収量は従来予測よりも多くの地域で低下する

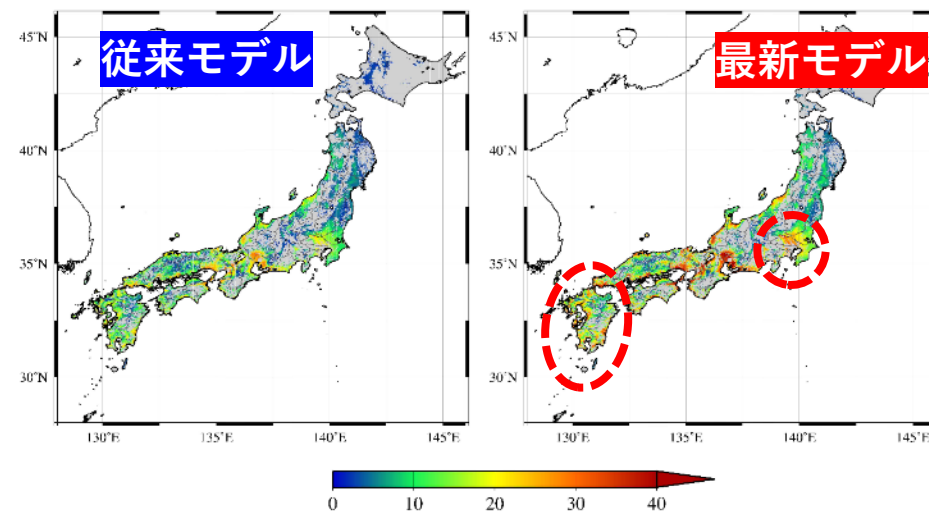
関東以西で白未熟粒率の増加がより顕著に

今世紀半ば(MIROC5: RCP8.5)



相対収量(1981-2000年平均を100として)

今世紀半ば(MIROC5: RCP8.5)



白未熟粒率(%)

西日本:(従来)収量確保→(最新)減収地域が出現 * 日本全国平均+15%→±0%に下方修正(当社比)

全国平均で、今世紀半ば
従来15%→最新20%
* 今世紀末に30%→40%に増

2003年時点の普及品種を対象に適応策を取らない場合

適応策のオプション

たとえばSmit *et al.*, (1999)

防護
(protect)



治水水準の向上

河川整備計画達成

排水場能力向上

1/10内水排水達成

順応
(accommodate)



<https://pbs.twimg.com/media/EGoqWddUwAArYwI.jpg:small>

ピロティ建築

10000人/km²以上 & 1/30で0.5m
以上に水深5mまで被害無し

たんぼダム

全てのたんぼに貯留効果

撤退
(retreat)



<http://www.vill.noda.lg.jp/seikatukiban/aiken/image/0000002>

土地利用規制

10000人/km²以下 & 1/200で水深
3m以上は移転

緩和策のオプション

温室効果ガスの制御



RCP2.6と8.5の差

<https://ecotopia.earth/article-167/>

緩和・適応による被害軽減効果

数値計算による被害額推定



減少率から相互比較

まとめ

SSPシナリオ計算

20世紀末・適応策無しに対する外水被害額変化率

		適応策無し	治水安全度向上	土地利用規制
20世紀末		0	-18	-18
近未来	SSP1-RCP2.6	2	-15	-14
	SSP5-RCP8.5	7	-11	-10
21世紀末	SSP1-RCP2.6	-33	-46	-43
	SSP5-RCP8.5	-11	-26	-22
		ピロティ建築	田んぼダム	全ての適応策
20世紀末		-67	-8	-85
近未来	SSP1-RCP2.6	-57	-5	-79
	SSP5-RCP8.5	-53	1	-78
21世紀末	SSP1-RCP2.6	-74	-37	-88
	SSP5-RCP8.5	-57	-15	-79

20世紀末・適応策無しに対する内水被害額変化率

		適応策無し	治水安全度向上	土地利用規制
20世紀末		0	-54	-31
近未来	SSP1-RCP2.6	25	-19	-11
	SSP5-RCP8.5	33	-12	-4
21世紀末	SSP1-RCP2.6	-23	-53	-44
	SSP5-RCP8.5	17	-13	-12
		ピロティ建築	田んぼダム	全ての適応策
20世紀末		-86	-10	-90
近未来	SSP1-RCP2.6	-79	15	-92
	SSP5-RCP8.5	-78	23	-91
21世紀末	SSP1-RCP2.6	-87	-29	-95
	SSP5-RCP8.5	-78	10	-90

21世紀末 RCP8.5 適応無しに対する被害軽減効果

対応策	被害額軽減率	
	現状固定	SSPシナリオ
緩和策	22%減	30%減
治水安全度向上	14%減	17%減
排水能力向上	26%減	26%減
土地利用規制	24%減	19%減
ピロティ建築	68%減	68%減
田んぼダム	7%減	5%減

内水含まず

外水含まず

(1) 将来の市街地に対する気候変動影響予測（SSP1-RCP2.6）

- 名古屋市 錦二丁目地区での取り組み

- ・ 街並み：住宅・商業・オフィスの複合、容積率400-600%
- ・ 都市全体：集約連携型都市構造



2021



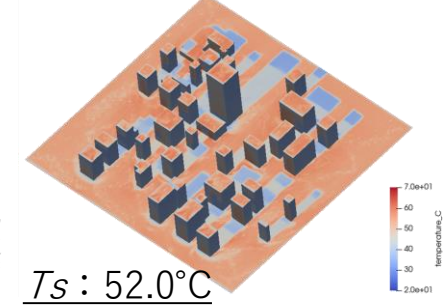
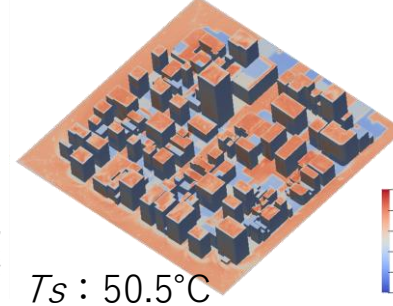
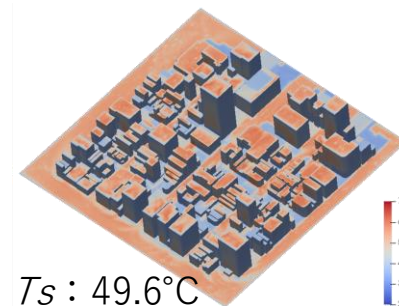
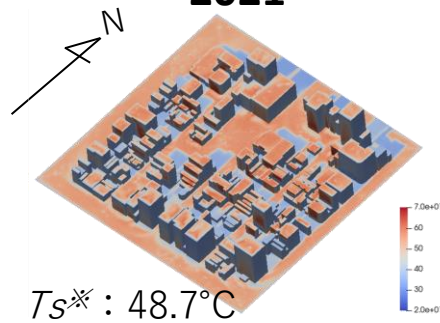
2030



2050



2090



※ T_s ：平均道路表面温度（道路部分の表面温度の積分平均値）

持続可能シナリオ(SSP1)では、建築物減少に伴う日陰面積減少により地表面温度が上昇
→ 要適応策

気候変動にレジリエントな街をデザインする

(2) 温熱環境実測と気候変動適応策導入の検討（第2回ワークショップ）



今後の課題と展望

- 【日本の気候変動影響の全体像の把握】
全国統合評価による高解像度影響予測
社会変化を加味した影響予測＋経済評価
緩和＋適応による対策効果の評価
- 2050年カーボンニュートラル（1.5℃目標）に合わせた影響予測
- 地域ごとの影響特性とそれに対応可能な適応策の選択肢の提示
- 日本における「気候変動にレジリエントな社会」構築に向けた課題と展望

ご清聴有り難うございました。