

気候変動・極端現象の農業影響とその 対応技術／適応策

農研機構 農業環境研究部門
気候変動適応策研究領域長 西森基貴

協力者：長谷川利拡エグゼクティブリサーチャー
石郷岡康史、吉本真由美、滝本貴弘、桑形恒男、
戸田悠介、若月ひとみ、ほか

千葉県は、四方を海と川に囲まれ、温暖な気候と豊かな自然環境、大消費地である首都圏に位置するという恵まれた立地条件の下にあります。

京葉臨海地域では石油精製等の素材産業が、成田周辺地域では空港関連産業・国際物流産業が盛んです。また、千葉地域は幕張メッセやオフィス等を中核とした国際都市として栄えるなど地域ごとに特徴を有しており、農林水産業については、令和5年の農業産出額が全国4位、海面漁業漁獲量が全国9位。ほかに研究施設や観光産業など地域ごとに多様な特色を持ち、農林水産業・工業・商業いずれも全国トップクラスであり、バランスのとれた産業構造となっています。

<p>らっかせい 主産地の八街（やちまた）市のほか県内各地で生産され、全国の収穫量の約8割強を占めている。（収穫量全国1位）</p> 	<p>かんしょ 成田市、香取市、多古町などが主産地で、10月から1月が旬である。（収穫量全国3位）</p> 	<p>かぶ 柏市、東庄（とうのしょう）町、松戸市などが主産地で、12月から5月が旬である。（収穫量全国1位）</p> 
<p>だいこん 銚子市、旭市、市原市などが主産地で、12月から3月が旬である。（収穫量全国1位）</p> 	<p>さやいんげん 袖ヶ浦（そでがうら）市、香取市などが主産地で、5月が旬である。（収穫量全国1位）</p> 	<p>マッシュルーム 旭市、香取市が主産地で、10cm前後のジャンボマッシュルームの生産も盛んである。（収穫量全国1位）</p> 
<p>にんじん 富里市、八街市、山武（さんむ）市、香取市などが主産地で、5月下旬から6月、12月が旬である。（収穫量全国2位）</p> 	<p>日本なし 県内の火山灰土壌が梨の栽培に向いていることや消費地に近いことから、栽培が盛んである。（収穫量全国1位）</p> 	<p>なばな（主として花を食するもの） 南房総市、館南（きよなん）町、館山市などが主産地で、1月から2月が旬である。（収穫量全国1位）</p> 

千葉県農林水産業の概要

関東農政局千葉県拠点さまより



地域の主要産品・特産品と農業産出額

関東農政局千葉県拠点さまより

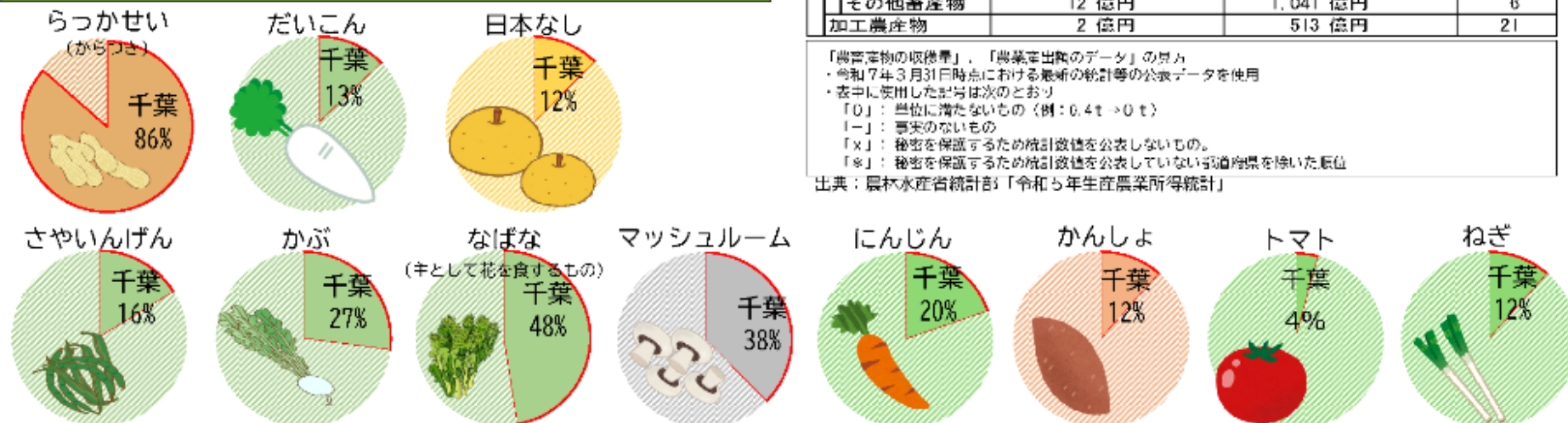
- ・**農業産出額**は4,029億円と全国第4位。うち米が569億円（14.1%）、野菜が1,336億円（33.2%）、畜産が1,501億円（37.3%）。
- ・**農畜産物の収穫量**は、らっかせい、だいこん、さやいんげん、かぶ、日本なし、なばな（主として花を食するもの）、マッシュルームが**全国第1位**。

農畜産物の収穫量

区分	年次	千葉県	全国	全国順位
らっかせい 収穫量	R6	12,800	14,800	1
かんしょ 収穫量	R6	83,300	717,000	3
だいこん 収穫量	R5	146,800	1,141,000	1
さやいんげん 収穫量	R5	4,990	30,700	1
にんじん 収穫量	R5	111,800	567,000	2
かぶ 収穫量	R5	26,700	98,600	1
ねぎ 収穫量	R5	48,300	416,300	3
トマト 収穫量	R5	28,900	681,400	5
日本なし 収穫量	R6	21,400	172,700	1
鶏卵 収穫量	R6	154,400	2,480,663	2
なばな（花） 収穫量	R4	1,820	3,830	1
マッシュルーム 収穫量	R4	3,270	8,710	1

出典：「作物統計」、「特定作物統計」、「野菜生産出荷統計」、「果樹生産出荷統計」、「畜産物流通統計」、「地域行産野菜生産状況」

千葉県の主要品目（収穫量）の全国に占める割合



農業産出額のデータ

区分	千葉県の農業産出額	全国の農業総産出額	全国順位
農業産出額	4,029 億円 (100.0)	94,952 億円 (100.0)	4
米	569 億円 (14.1)	15,193 億円 (16.0)	9
麦類	x 億円	678 億円	- *
雑穀	0 億円	77 億円	27
豆類	69 億円	572 億円	2
いも類	212 億円	2,301 億円	4
野菜	1,336 億円 (33.2)	23,243 億円 (24.5)	4
果実	108 億円 (2.7)	9,590 億円 (10.1)	22
花き	200 億円	3,522 億円	2
工業農作物	2 億円	1,467 億円	29
その他作物	x 億円	585 億円	- *
畜産	1,501 億円 (37.3)	37,212 億円 (39.2)	5
肉用牛	123 億円	7,696 億円	20
乳用牛	254 億円	9,249 億円	6
生乳	238 億円	8,310 億円	5
豚	519 億円	7,194 億円	4
鶏	593 億円	12,033 億円	4
鶏卵	504 億円	7,413 億円	1
ブロイラー	54 億円	4,471 億円	16 *
その他畜産物	12 億円	1,041 億円	6
加工農産物	2 億円	513 億円	21

「農畜産物の収穫量」、「農業産出額のデータ」の基
 ・令和7年3月31日時点における最新の統計等の公表データを使用
 ・表中に使用した記号は次のとおり
 「0」：当該に満たないもの（例：0.4t > 0 t）
 「-」：事実のないもの
 「x」：秘密を保護するため統計数値を公表しないもの。
 「*」：秘密を保護するため統計数値を公表していない都道府県を除いた順位

出典：農水省産産統計部「令和5年生産農業所得統計」

はじめに (演者)

西森基貴：農研機構農環研・気候変動適応策研究領域長
(以下、謝辞を兼ねる)

- * 農水省気候変動対応プロジェクト・将来気候シナリオ設定責任者
- * 文科省気候変動適応研究推進プログラム(RECCA)・高知県課題代表
- * 同気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)・統計／農業利用担当
- * 環境省戦略プロ(全球適応・緩和コスト評価S14)農業代表
- * 農研機構交付金課題(気候変動影響)広域影響評価課題代表者
- 環境省戦略プロ(影響予測・適応評価総合研究S-18)農林水産業テーマ代表補佐
- JST共創(地域気象データと先端学術による戦略的社会共創拠点)農業課題代表
- 農水省みどり戦略(農林業適応)プロジェクト・温暖化メリット課題代表

専門は気候学・農業気象学。

気候変動と農業の研究を長くして参りました。

1990年代後半～：地域気候シナリオ・ダウンスケーリングの研究に取り組む(元電中研加藤氏、気象研/JMBSC鬼頭氏らに続く)。

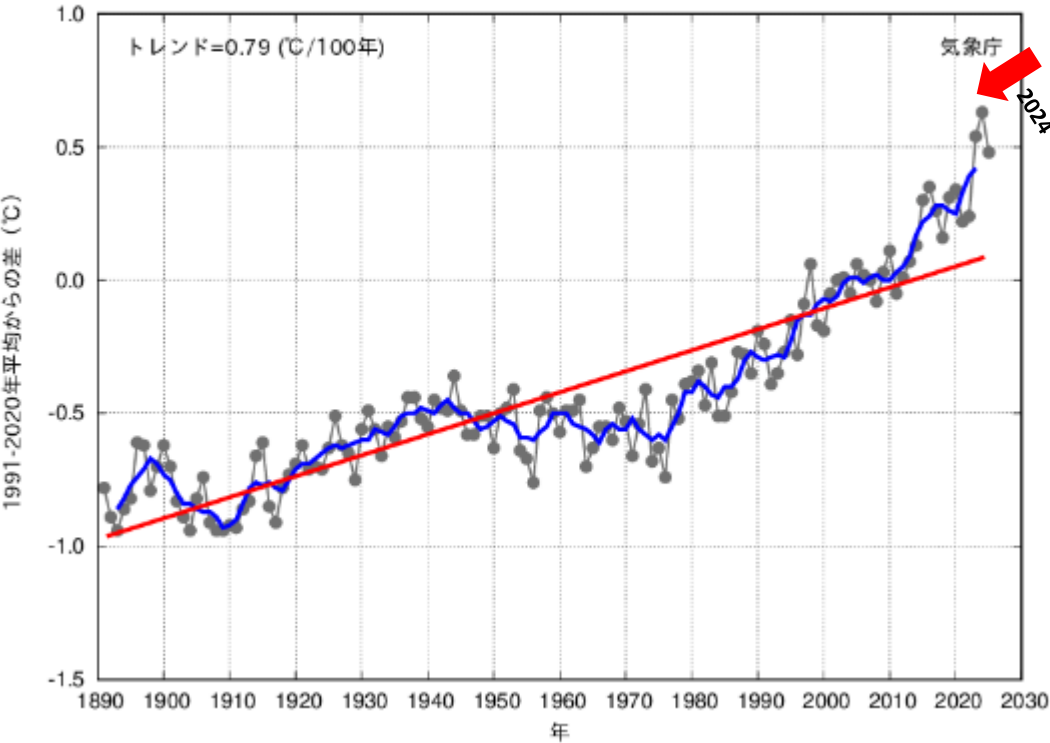
- ① 気候変動とその農業影響（全般）
- ② 気候予測と将来影響：我々の取り組み（水稲ほか）
- ③ その適応策と効果の評価

背景：気候変動(温暖化)が進行しています

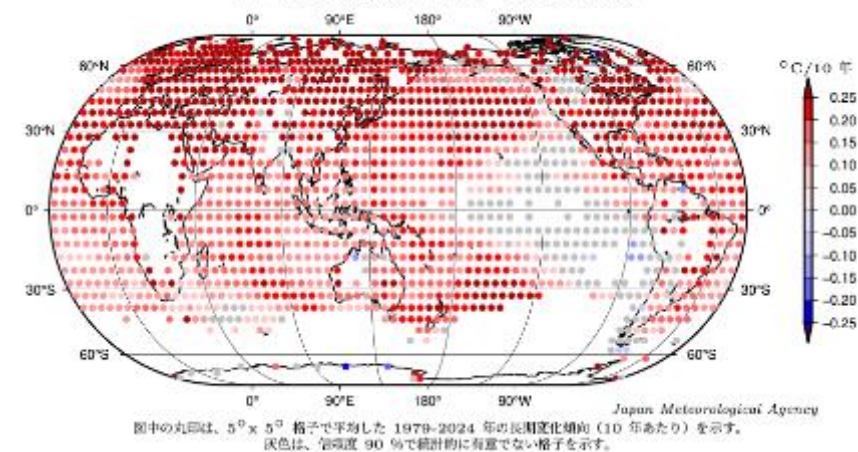
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_wld.html

- 2024年は平年差+0.62°Cで、2023年を超え観測史上最も暑い年となりました。
- 2025年は同+0.48°C（速報値）で、1891年統計開始以降、3番目に高い値となりました。

世界の年平均気温偏差



年平均気温長期変化傾向 1979-2024年

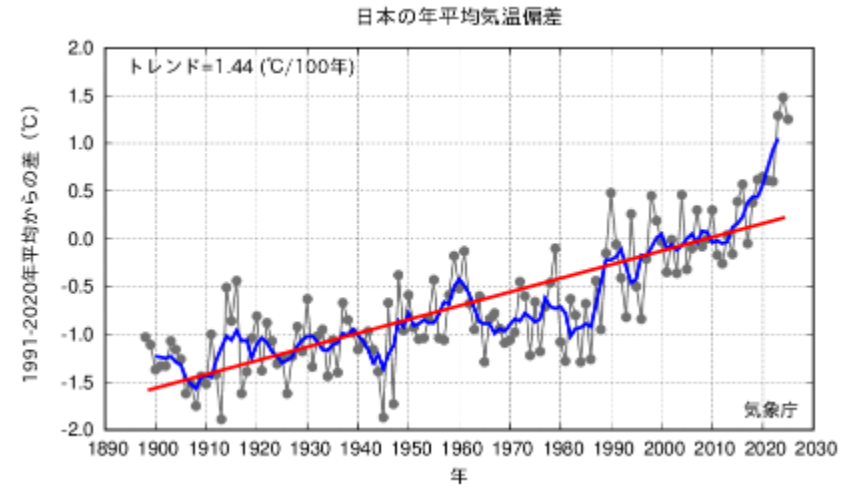
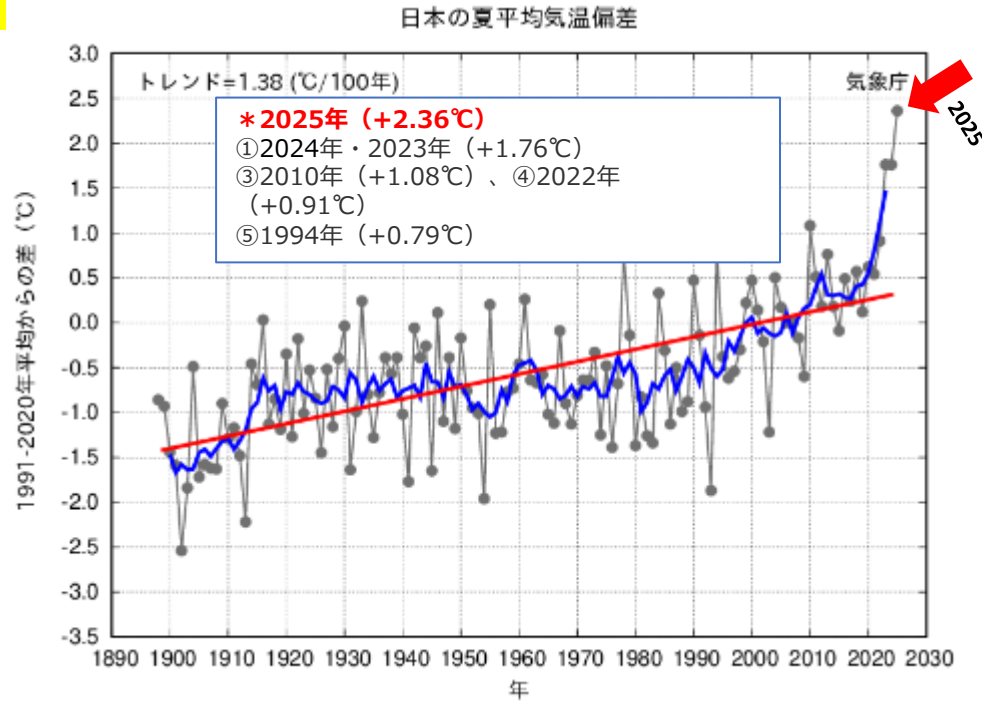


気温上昇は、1979年以降の近年で大きく、また北半球の高緯度地域ほど大きい。
 * 短期的な統計では地域的な変動が現れやすく一部地域で下降傾向

国連事務総長「地球沸騰化の時代が到来」(JUL2023)

2025年の日本は2023/24年を遥かに超える 最も暑い夏となりました

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/sum_jpn.htm



- 1 2024 +1.48
- 2 2023 +1.29
- 3 2025 +1.25
- 4 2020 +0.65
- 5 2019 +0.62

*夏季高温は1位だが、全国的に11月が平年並み、西日本では2月の低温があり、年では史上3位となった（速報時点）。

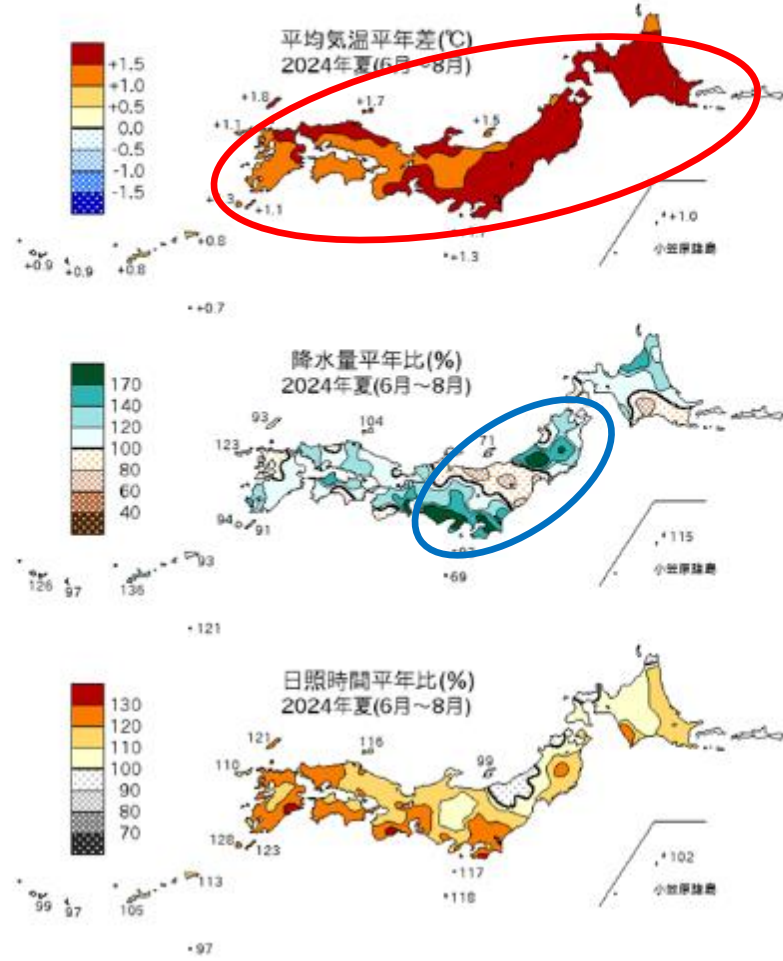
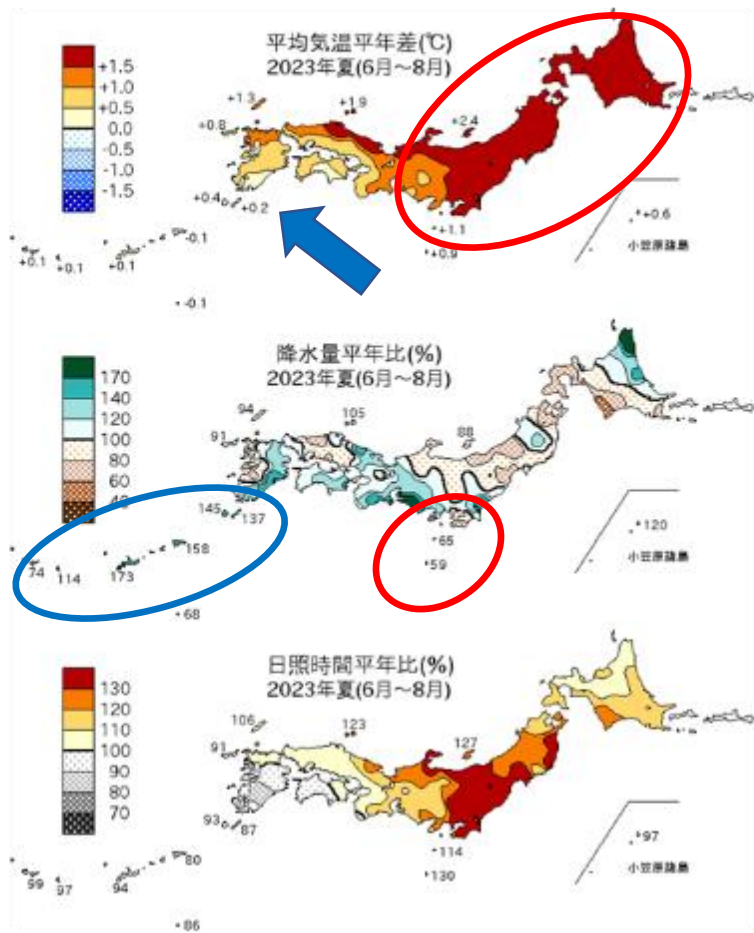
細線（黒）：各年の平均気温の基準値からの偏差、太線（青）：偏差の5年移動平均値、直線（赤）：長期変化傾向。基準値は1991～2020年の30年平均値。

農業にも、大きな影響が出ています

暑い夏といっても地域差もある場合も

2023年夏の日本の気象

2024年夏の日本の気象



1. 気候変動とその影響

そして2025年の猛暑夏

○ 極端な高温が継続

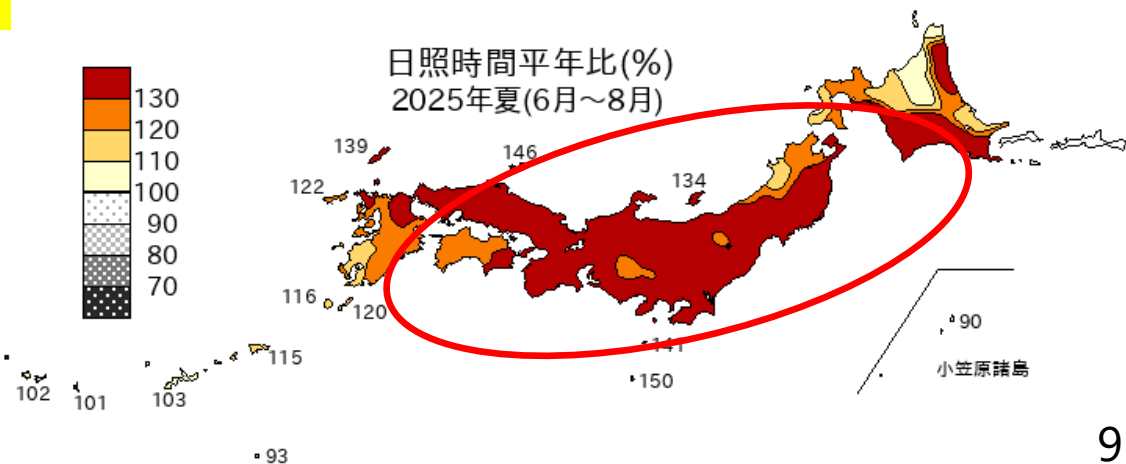
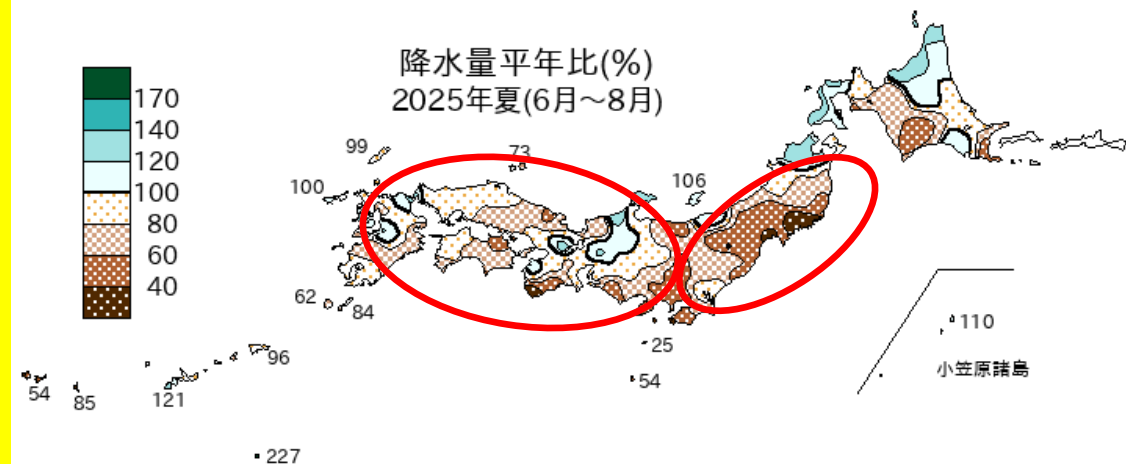
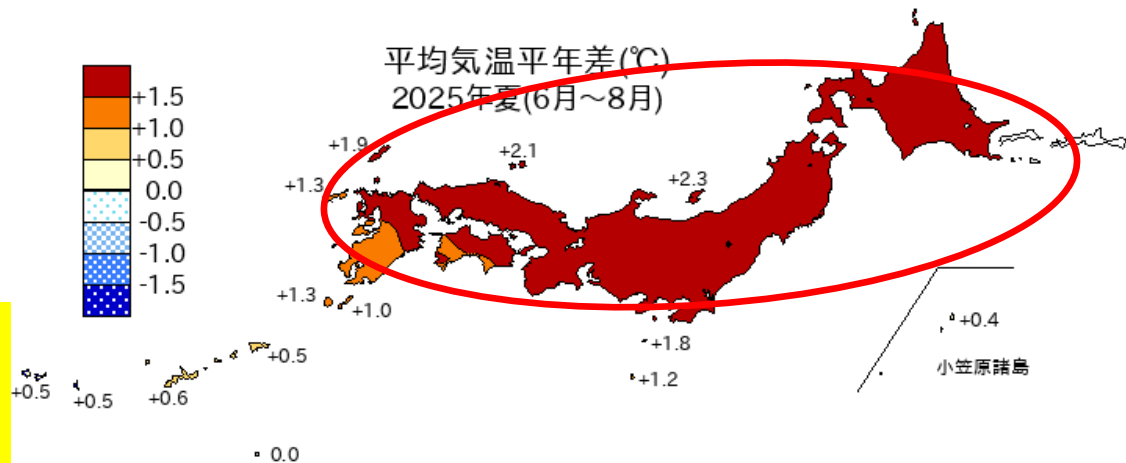
→ ただし8月10日前後数日間に
平年並み期間有

○ 降水量は全般に過小

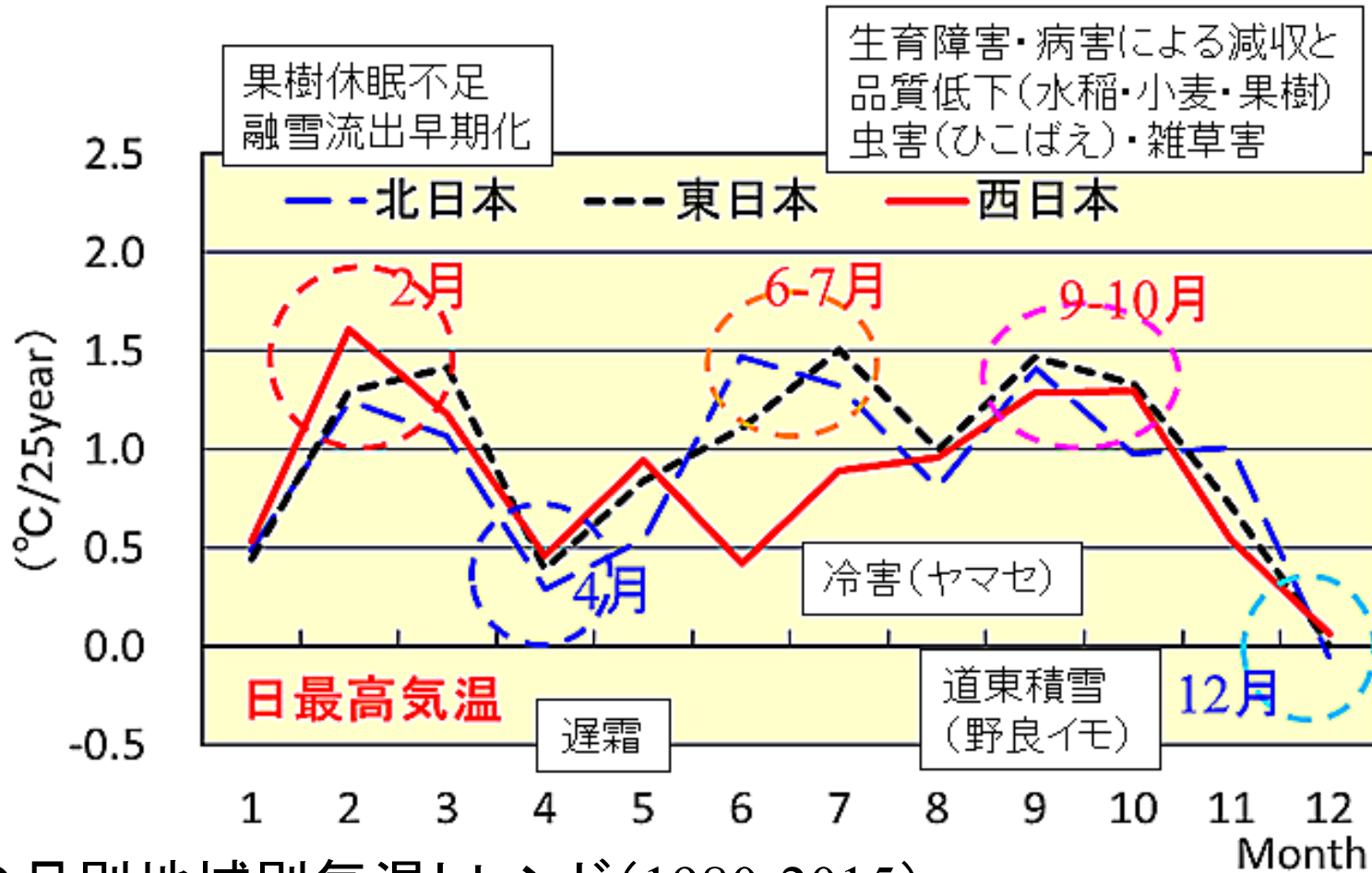
→ ただし2023年ほどの渇水では
なかった模様

○ 日射・日照が極端に多い

→ 日照時間ほぼ全国で過去最多



気温上昇の季節差と農業影響(概要)



日本の月別地域別気温トレンド(1980-2015)

* 農環研選定: 都市化の影響のない「農耕地モニタリング地点」を使用

早春2月と残暑・秋期に特に西日本で昇温

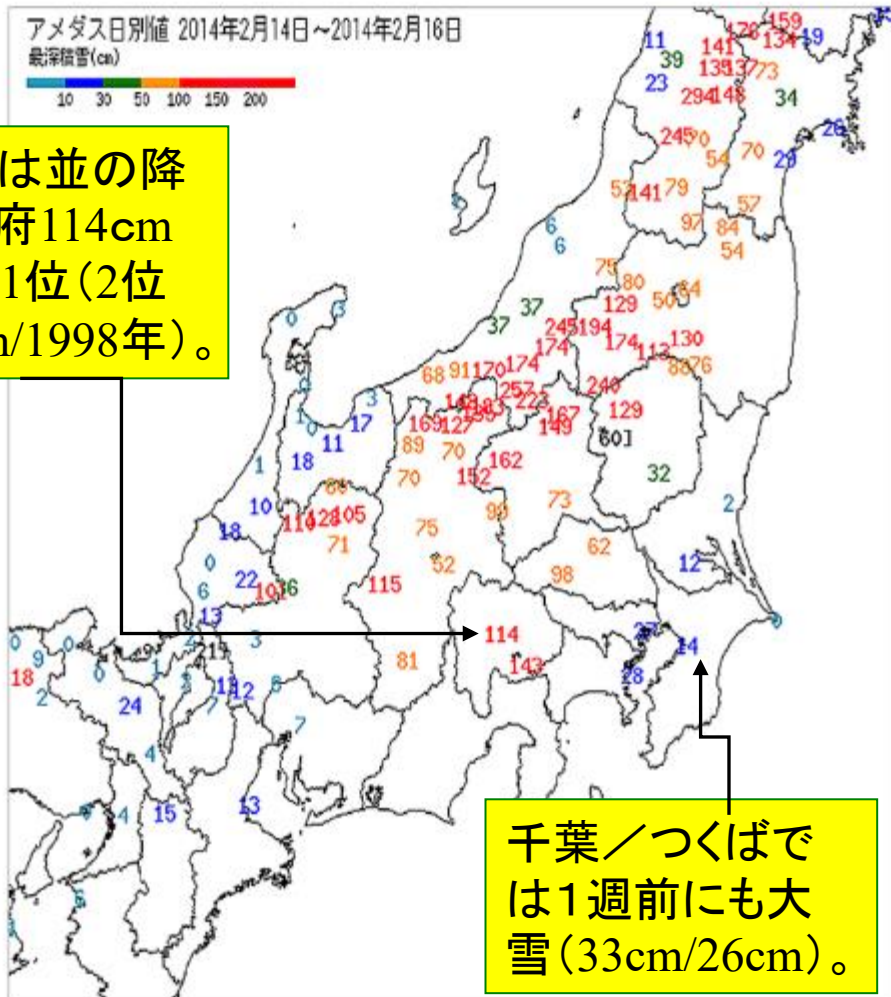
→ 登熟期高温の水稻影響, 年間で果樹影響, 病虫害発生、一部には、低温の影響。

* ~2024年のデータ更新: 3月/7月(北・東)高温顕著。春の低温弱。12月・北以外昇温無し10

極端現象：2014関甲信大雪

(4) 雪の状況

○最深積雪 (平成26年2月14日～16日)



○2014年冬の大雪による被害は、関東農政局管内の被害額が1,570億円で、全国の被害額の約9割を占めている。

○被害のうち、ビニールハウス等の損壊が被害額全体の約2/3を占めている。



農林水産省2014: 今冬の豪雪災害による災害及び支援の概要について

https://www.maff.go.jp/kanto/kihon/kikaku/jyousei/25jousei/pdf/tokusyuu_dai2.pdf

農作物の高温障害を報告した都道府県数

農林水産省「地球温暖化適応策関係レポート」(<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/report.html>) より、2012年から2021年までの10年間を5年ごとに2分割してまとめたもの。

* 数値は、障害を報告した都道府県の平均数を示し、各期間の報告都道府県数の最大値と最小値を括弧内に示す。

作目	障害の種類	気候的要因	影響	障害を報告した都道府県数	
				2012-2016	2017-2021
水稲	白未熟粒	登熟期の高温	外観品質・販売価格の低下	24 (17-29)	31 (23-36)
麦類	晩霜害	暖冬による生育段階の前進	品質・収量低下	3 (2-4)	4 (1-6)
豆類	青立ち	生殖成長期の高温・乾燥	品質・収量低下	4 (1-8)	2 (1-5)
ブドウ	着色不良	夏季高温	品質・収量低下	13 (6-18)	21 (20-25)
リンゴ	着色不良	着色-収穫期の高温	品質低下	7 (4-11)	8 (6-10)
	日焼け	果実肥大期の高温	品質・収量低下	6 (6-7)	6 (5-7)
ウンシュウミカン	浮き皮	果実肥大期の高温・土壌加湿	品質・貯蔵性低下	9 (5-14)	11 (9-13)
	日焼け			4 (2-6)	8 (5-11)
ナシ	発芽不良	休眠・発芽期の高温	収量・品質低下	5 (2-8)	7 (4-10)
トマト	結果不良	生育期間の高温	収量・品質低下	19 (13-27)	15 (12-17)
イチゴ	花芽分化遅延	花芽分化期の高温	収穫期の遅れ、品質・収量の低下	10 (6-15)	10 (3-15)
ハウレンソウ	生育不良	夏季作型の高温	収量・品質の低下	6 (4-7)	6 (4-8)
タマネギ	生育不良 (葉先枯含む)	生育期間中の高温	収量・品質の低下	11 (8-14)	10 (8-12)
キク	生育前進あるいは遅延	生育期間中の高温	適期出荷の機会喪失・価格低下	12 (7-14)	19 (17-23)

影響：暑い夏でどのようなことが（広域）？

→ 1. 一部地域で収量の停滞：

2023

作柄の良否（作況指数）	
（オレンジ色）	やや良（105～102）
（黄色）	平年並み（101～99）
（緑色）	やや不良（98～95）

北海道 104

全国 101

東北 101

北陸 97

関東・東山 102

中国 101

近畿 100

東海 99

四国 101

沖縄 103

九州 101

2024

作柄の良否（作況指数）	
（紫色）	良（106以上）
（オレンジ色）	やや良（105～102）
（黄色）	平年並み（101～99）
（緑色）	やや不良（98～95）

北海道 103

全国 101

東北 103

北陸 99

関東・東山 102

中国 101

近畿 101

東海 98

四国 101

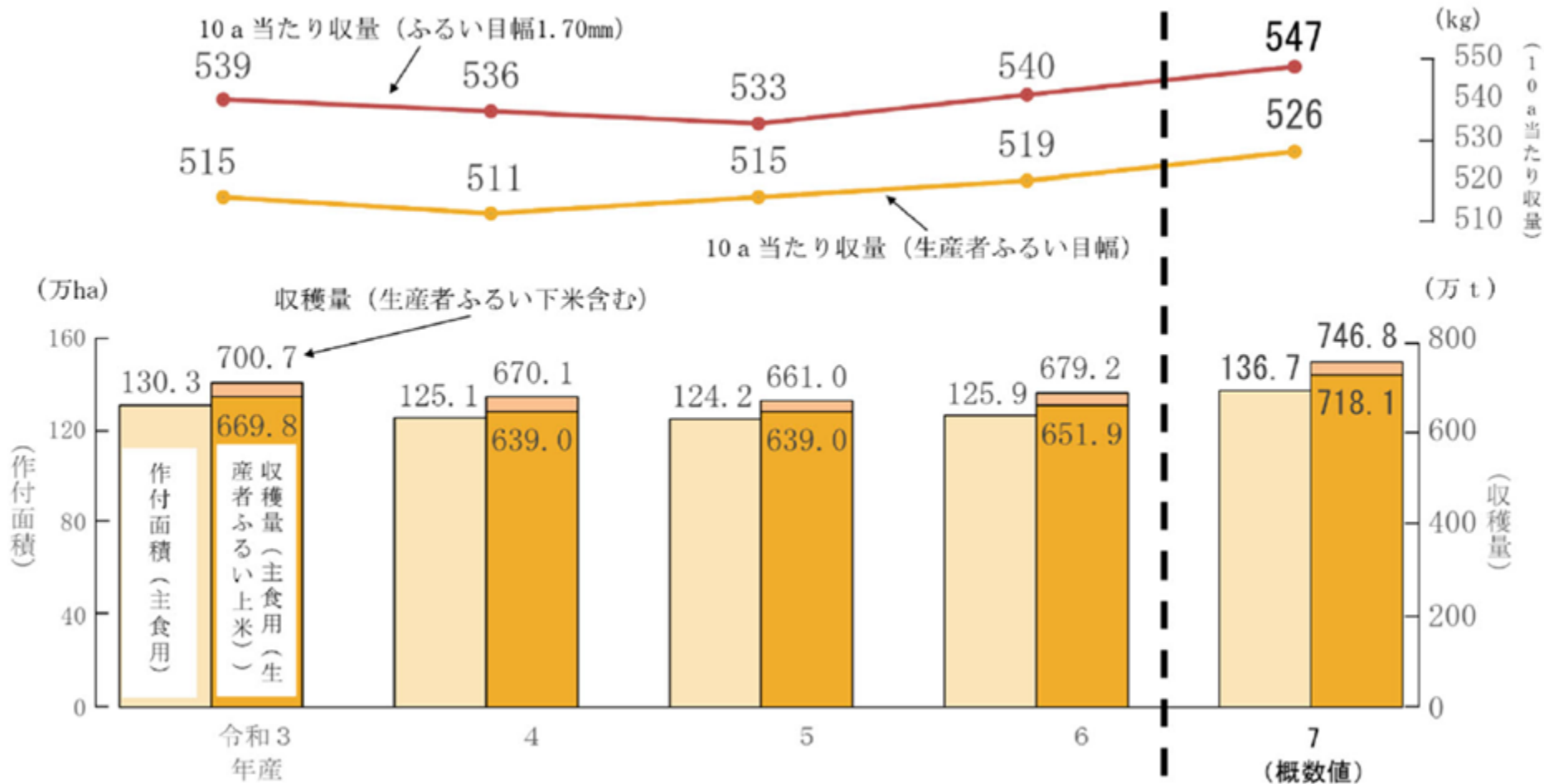
沖縄 105

九州 99

影響：暑い夏でどのようなことが（広域）？

→ 1. 2025年は回復傾向（統計法の変化有）

図1 水稲の作付面積（主食用）、10a当たり収量及び収穫量の推移（全国）



https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sakumotu/sakkyou_kome/suiriku/r7/yosou_1025/index.html

* 20251212確定値も同じ

影響：暑い夏でどのようなことが起こるのか？

→ 2. 品質の低下（2023）：

令和5年産水稻うるち玄米農産物検査結果（令和5年11月30日時点）

- 令和5年産米の検査数量は、11月末現在364万トン（前年同期370万トン）。前年の検査数量452万トンと比較して80.4%の進捗率。
- 高温・渇水の影響による白未熟粒の発生等により1等比率は全国で61.2%（前年同期78.7%より17.5%低下）。
- 一方で、高温耐性品種の検査等級は、1及び2等の比率はおおむね9割以上。

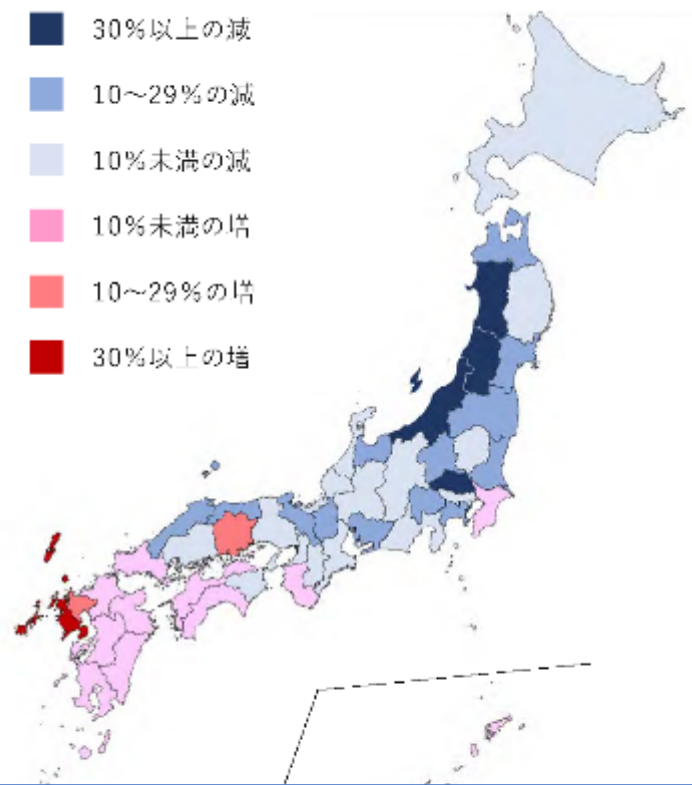
【全国の検査結果に占める1等比率】

(%)

	5年産	4年産	3年産	2年産	元年産
8月末現在	68.9	68.0	76.1	74.3	67.8
9月末現在	59.6	75.8	82.6	80.7	67.6
10月末現在	61.3	79.4	83.6	80.8	72.9
11月末現在	61.2	78.7	83.1	80.3	73.1
最終	-	78.6	83.1	79.8	73.2

【1等比率の前年同期比較】

- 30%以上の減
- 10～29%の減
- 10%未満の減
- 10%未満の増
- 10～29%の増
- 30%以上の増



※元年産～4年産の最終は確定値

品種別検査結果の例（県単位）

品種名	高温耐性	検査数量 (トン)	等級別比率 (%)			
			1等	2等	3等	規格外
コシヒカリ	なし	250,690	5.0	42.2	49.3	3.5
			47.2			
こしいぶき	あり	72,546	14.8	75.0	9.9	0.4
			89.8			
ゆきん子舞	あり	21,306	60.3	34.9	4.0	0.8
			95.2			
新之助	あり	23,674	94.9	4.5	0.2	0.4
			99.4			
にじのきらめき	あり	5,298	17.8	72.2	9.3	0.7
			90.0			

※四捨五入の関係で合計値が一致しないことがある

実態：暑い夏でどのようなことが起こるのか？

同じ暑夏でも2024ー25年の品質は回復

2 品質概況

10月31日現在の水稻うるち玄米の1等比率は76.8%となっています。

1等比率 (%)	7年産	6年産	5年産	4年産	3年産
8月31日現在	66.5	63.7	69.0	68.0	76.1
9月30日現在	77.0	77.5	59.6	75.8	82.6
10月31日現在	76.8	77.1	61.3	79.4	83.6
最終 (翌年10月31日) 11月30日現在	75.7	※75.9	60.9	78.6	83.1

※6年産の最終は7年3月31日現在 (速報値) の値

<https://www.maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/kome/attach/pdf/index-93.pdf>

2024年も猛暑だったが、1等米比率が持ち直した。過去の教訓を踏まえ、追肥、作付けや収穫時期の分散といった対策を講じたことも寄与したという(時事通信 24.11.29ー農水省)。25年は調査中、地域や品種により大きく異なる様相。

異常高温の水稲への影響

1. 気候変動とその影響



受精障害

今後懸念される障害

出穂・開花・受精

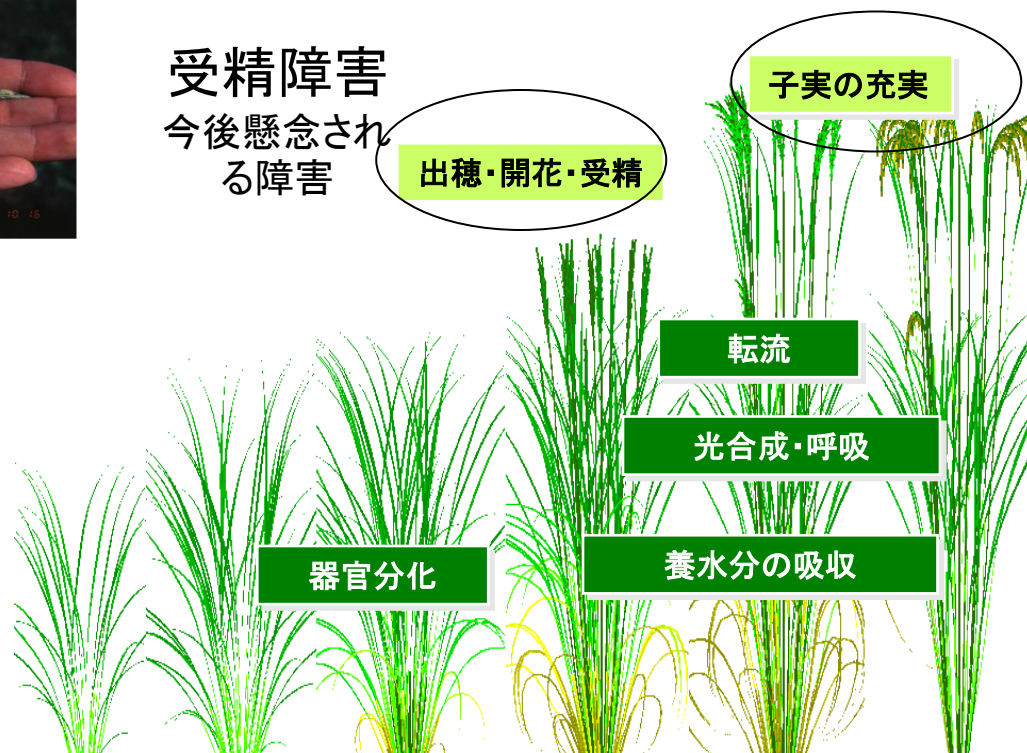
子実の充実

登熟障害

すでに現れ始めている高温障害

白未熟粒

→

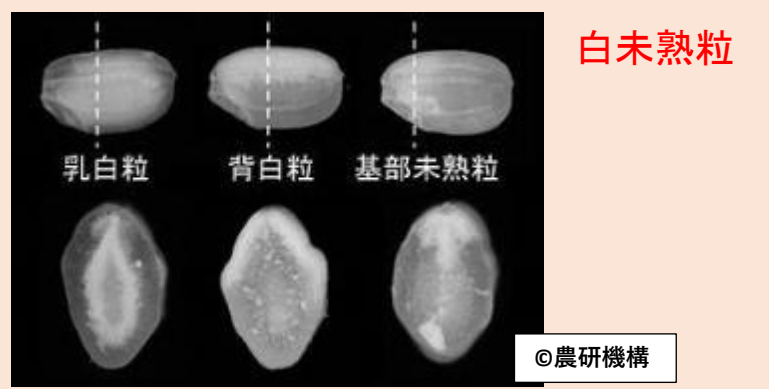


温度は、作物の収量形成、品質にかかわる多くの生理過程に影響するが、温度域や生育ステージなどによって、増収に働く場合と減収に働く場合がある。

影響：暑い夏でどのようなことが起こるのか？


1. 気候変動とその影響

品質への影響 すでに頻発



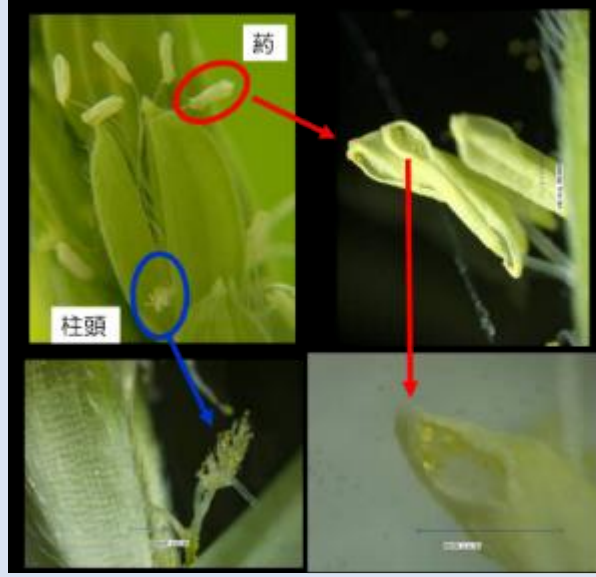
収量への影響 高温不稔で空となった籾

将来発生が懸念される問題



イネの開花・受粉

©農研機構



葯 柱頭

開花期の温度が34~35℃を超えると、葯の裂開や花粉の溢出が阻害される (Matsui et al. 2001).

↓

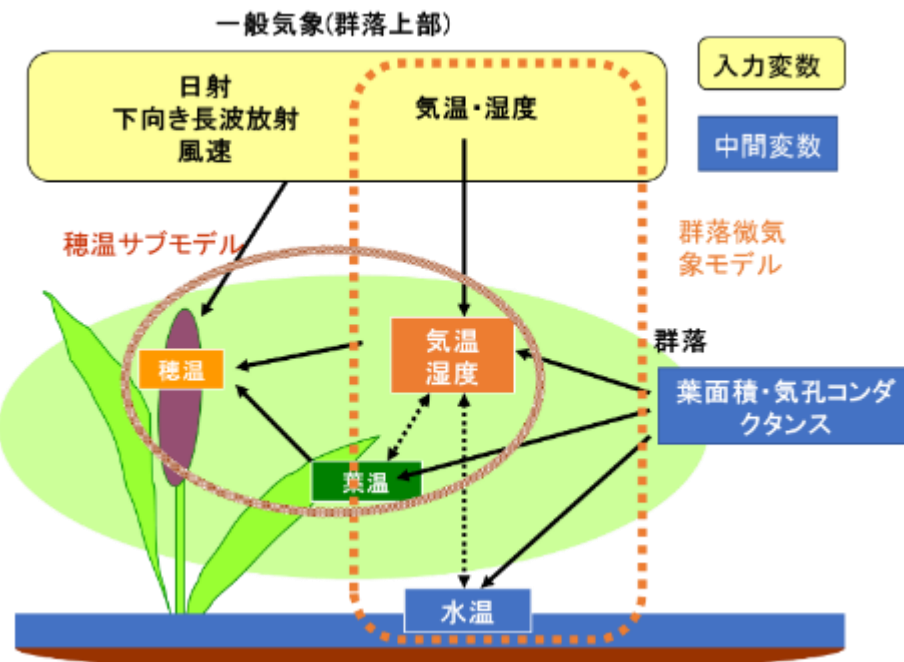
不稔の発生

1℃の上昇につき約16%不稔籾の割合が増加 (金ら, 1996のデータから)。

高温不稔：受粉や受精の失敗により種子が実らない現象

高温不稔の発生に関する温度指標

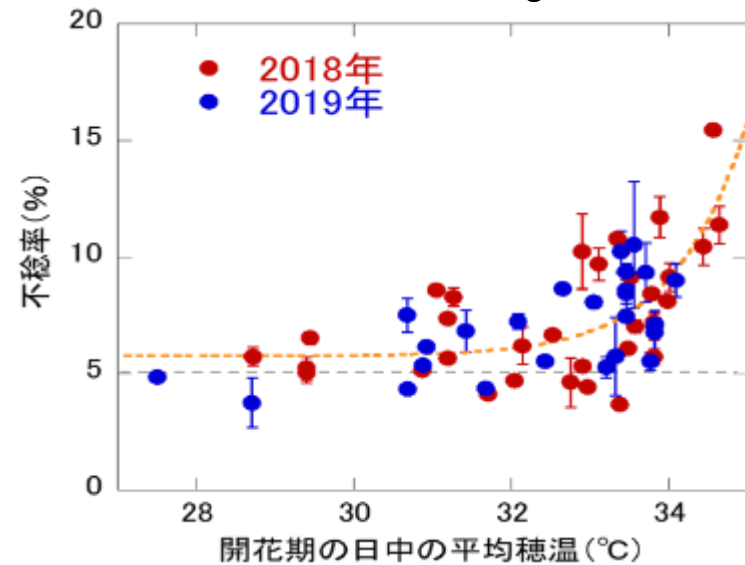
IM²PACT (Integrated Micrometeorology Model for Panicle And Canopy Temperature)による穂温推定



Yoshimoto et al (2011) J. Agric. Meteorol.

推定穂温と不稔率の関係

Yoshimoto et al. (2021) J. Agric. Meteorol.



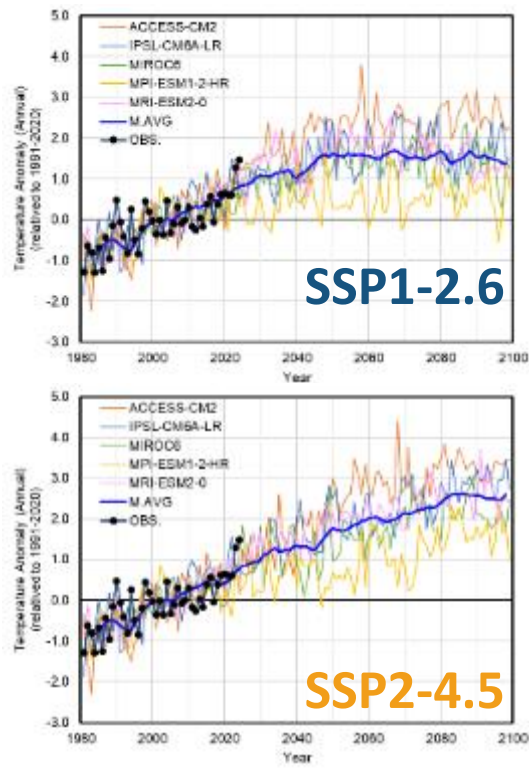
圃場条件における調査から推定穂温が33°C以上になると不稔が増加(品種、コシヒカリ)

開花期15日のうち穂温が33°Cを超えた日数の割合を指標として不稔に関する高温暴露を指標化

これまで関東～東海地方で2007年や2018年に、散発的な(作況指数に影響しない程度の)、平年より高い割合での不稔発生が見られた。

気候変動の予測の方法

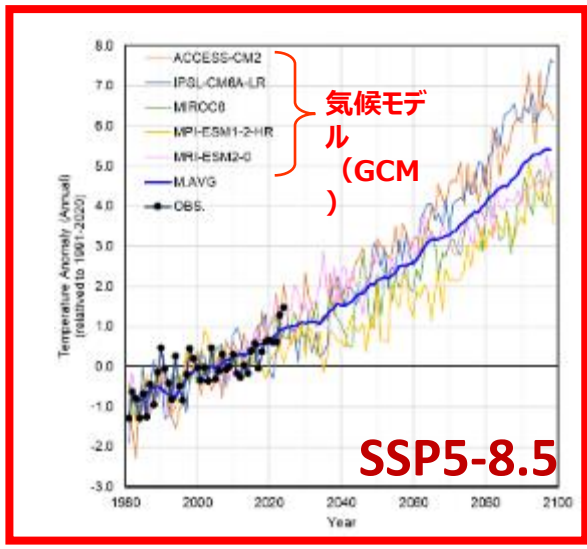
本報告での将来予測は、温室効果ガス排出について、IPCC第6次報告(AR6)での「**SSP5_8.5(気候政策を導入しない最大排出シナリオ)**」、または第5次報告(AR5)での「**RCP8.5**」を用いている(温室効果ガス排出はほぼ同等のシナリオ)。気候シナリオ(GCM)は、おおむね中庸なMIROC5またはMIROC6を用いている。



日本陸域の年平均気温の推移 (1981-2100)

3種のGHG排出経路 (SSP) における 5種類の気候モデル (GCM) による予測値、および観測値 (気象庁)

石崎 紀子, 2021: CMIP6をベースにしたCDFDM手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ(NIES2020), Ver.1, 国立環境研究所



IPCC第6次評価報告書における SSPシナリオとは

シナリオ	シナリオの概要	類似RCPシナリオ (RCPシナリオと同等の温室効果ガス排出)
SSP1-1.9	持続可能な発展の下で 気温上昇を1.5℃以下に抑えるシナリオ	同等なし
SSP1-2.6	持続可能な発展の下で 気温上昇を2℃未満に抑えるシナリオ	RCP2.6
SSP2-4.5	中立的な発展の下で 気候政策を導入するシナリオ	RCP4.5 (2035年以降はRCP2.6と同等)
SSP3-7.0	地域対立的な発展の下で 気候政策を導入しないシナリオ	RCP6.0、RCP8.5
SSP5-8.5	化石燃料依存型の発展の下で 気候政策を導入しない最大排出シナリオ	RCP8.5

出典：IPCC第6次評価報告書および環境省資料をもとにJCCCA作成

将来予測について

21世紀末の予測：

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書^{※1}で用いられた2つのシナリオ（RCP2.6とRCP8.5）に基づく、20世紀末と比べて21世紀末^{※2}の予測を記載しています。

RCP2.6シナリオ：

将来の世界平均気温が、工業化以前^{※3}と比べて約2℃上昇することが想定されているシナリオで、

「2℃上昇シナリオ」

と表記しています。

パリ協定の2℃目標が達成された世界に相当し、IPCC第6次評価報告書では、SSP1-2.6シナリオに近いものです。

RCP8.5シナリオ：

将来の世界平均気温が、工業化以前^{※3}と比べて約4℃上昇することが想定されているシナリオで、

「4℃上昇シナリオ」

と表記しています。

追加的な緩和策を取らなかった世界に相当し、IPCC第6次評価報告書では、SSP5-8.5シナリオに近いものです。

温暖化の程度に応じた予測：

20世紀末^{※2}では100年に一回の頻度で発生していたような大雨が、工業化以前^{※3}と比べて世界平均気温がそれぞれ1.5℃、2℃、4℃上昇した場合、どれくらいの頻度で発生するかを記載しています。なお、ここでは1日の降水量（日降水量）を解析しています。また、2℃上昇シナリオと4℃上昇シナリオにおいて、1.5℃、2℃、4℃それぞれの温度上昇が見込まれる、おおよその年代をそえて解説しています。

※1 最新のIPCC報告書は第6次評価報告書ですが、日本独自の予測で参照可能な結果の多くは第5次評価報告書に基づいています。

※2 「21世紀末の予測」という、20世紀末は1980～1999年（海面水温は1986～2005年）の平均、21世紀末は2076～2095年（同、2081～2100年）の平均です。「温暖化の程度」及び「予測」では、20世紀末は1981～2010年です。

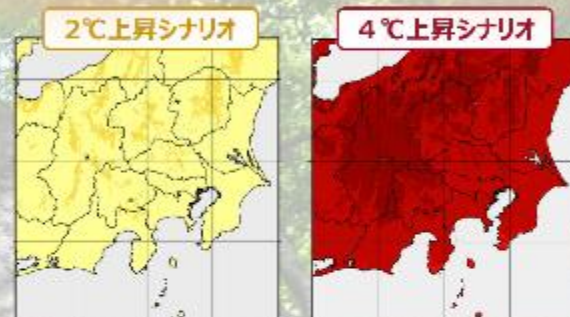
※3 工業化以前は1850～1900年の平均です。

千葉県の気候変動

気温の上昇



雨の降り方の極端化



年平均気温の将来予測（21世紀末）

20世紀末からの上昇量（シナリオ等の詳細は裏面参照）

秋の領域の変化は不確実性が大きいので、都道府県程度の広範囲の変化に注目ください

海面水温の上昇



台風強度の増大



全国の情報はこちら

日本の気候変動2025

（文部科学省・気象庁、令和7年3月公表）



日本の気候変動の現状と予測に関する最新の知見を紹介

気象庁ホームページからご覧ください



解説動画は、こちらから↓



気候変動の影響と適応

気候変動適応情報プラットフォーム

（A-PLAT（国立環境研究所））

気候変動は様々な分野に影響を及ぼします。具体的な影響やそれに対応するための適応策については、A-PLATも参照ください。



A-PLAT



A-PLAT ホームページ

気候変動適応 検索

このリーフレットでは、「日本の気候変動2025」（文部科学省・気象庁）に基づき、これまでの気候の変化と将来予測に関する情報をまとめています。関東甲信地方の気候の変化については、気象庁ホームページからご覧いただけます。



気象庁ホームページ「日本の各地域における気候の変化」

令和7年3月

銚子地方気象台・東京管区気象台



銚子地方気象台 〒東京銚子市川口町2-6431 TEL: 0479-23-7705

東京管区気象台 東京都清瀬市中清戸3-235 TEL: 042-497-7218

気温の上昇

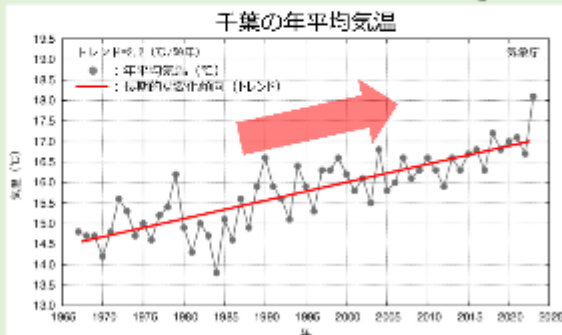


これまでの変化

50年あたり
2.2℃上昇*

※1965年7月のデータから2015年12月のデータまでの50年間の平均の上昇です。

千葉の年平均気温は、様々な変動を繰り返しながら上昇しています。



21世紀末の予測

熱中症等のリスク増加

20世紀末と比べて、千葉県の年平均気温は、

2℃上昇シナリオで約**1.3℃**、4℃上昇シナリオで約**4.1℃**上昇

年間猛暑日¹日数 1日 → 約**5日** / 約**28日**

年間熱帯夜²日数 7日 → 約**23日** / 約**71日**

1日とは、千葉県平均の20世紀末の観測値、21世紀末（2℃ / 4℃上昇シナリオ）の予測値

¹ 観測日数 日最高気温が35℃以上の日数です。
² 熱帯夜日数 日最低気温が25℃以上の日数を指しますが、ここでは0℃以上、日最高気温が25℃以上の日を特筆されています。

海面水温の上昇



21世紀末の予測

年平均海面水温は、20世紀末と比べて、
<関東の東>

2℃上昇シナリオでは変化傾向は見られません
4℃上昇シナリオでは約**3.58℃**上昇

<関東の南>

2℃上昇シナリオでは約**0.97℃**上昇
4℃上昇シナリオでは約**2.88℃**上昇

関東の東、関東の南が示す海域は、気象庁ホームページ気象庁水産の観測地点情報(日本列島)をご覧ください。

台風強度の増大



将来予測^{※1}

日本付近の台風強度^{※2}は**強まる**
台風に伴う降水量も**増加**



※1 温暖化に伴う台風の変化を数値的に様々な気象シナリオに基づきます。
※2 日本付近の気圧はより強くなる

本リーフレット中の各アイコンは情報の空間スケールを示します：

ある地点の情報

雨の降り方の極端化



これまでの変化

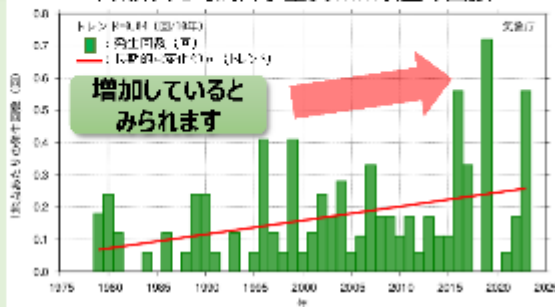
近年の豪雨事例の中には、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加も影響したと評価しているものがあります。

最新の気象情報は、A-PLAT「気象観測データの長期変化の傾向」をご覧ください。

https://apple.jp/plate/observation/long-term-trend



千葉県の1時間降水量50mm以上の回数



21世紀末の予測

傘は全く役に立たなくなるような降り方です

土砂災害や溺水等のリスク増加

20世紀末と比べて、千葉県の

1時間降水量50mm以上の年間発生回数は、

2℃上昇シナリオでは約**2.0倍**、4℃上昇シナリオでは約**3.7倍**に増加

雨の降らない日は年間、4℃上昇シナリオでは約**10日**増加

2℃上昇シナリオでは変化傾向は見られません

温暖化の程度に応じた予測

20世紀末には100年に一回しか起こらなかった大雨^{※1}が**より頻繁に**

関東甲信地方の予測	温暖化の程度	1.5℃上昇	2℃上昇	4℃上昇
20世紀末	2023-2012年頃 2013-2037年頃	※2	2023-2037年頃	2078-2087年頃
100年当りの発生頻度		1回	約1.6回	約2.1回 約3.7回

観測データ^{※3}による推定では、100年に一回の大雨（日降水量）は、千葉では約282mmです。温暖化が進むと、こうした大雨がより頻繁に発生します。

※1 2023は日本水害被害の年と見られます。
※2 2031-2050年頃に2℃上昇化が予測されています。
※3 1978-2023年の観測データに基づいた推定です。

詳しい情報は、気象庁ホームページ「観測地点発生頻度マップ」をご覧ください。



都道府県スケールの情報

地方スケールの情報

全国スケールの情報

方法：コメの収量、品質はどうやって予測？

栽培データと気候気象データを数理物理的作物モデルに入力します

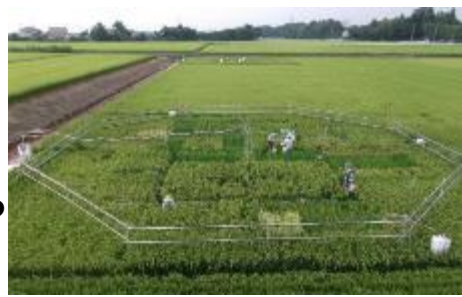
農研機構メッシュ農業気象データ / 地域気候シナリオNARO2017
東大等・気象研含む気候モデル5種 × 温室効果ガスシナリオ2種
* RCP2.6(CO₂濃度が低めに推移) / RCP8.5(CO₂濃度が上昇続ける)

農林水産省統計
普及品種15種
(コシヒカリ、
あきたこまち等)

水稻生育収量モデル
(長谷川・堀江モデル)

従来型(高温影
響のみ) 改良型(高温高
CO₂複合作用)

実験結果から
モデル改良



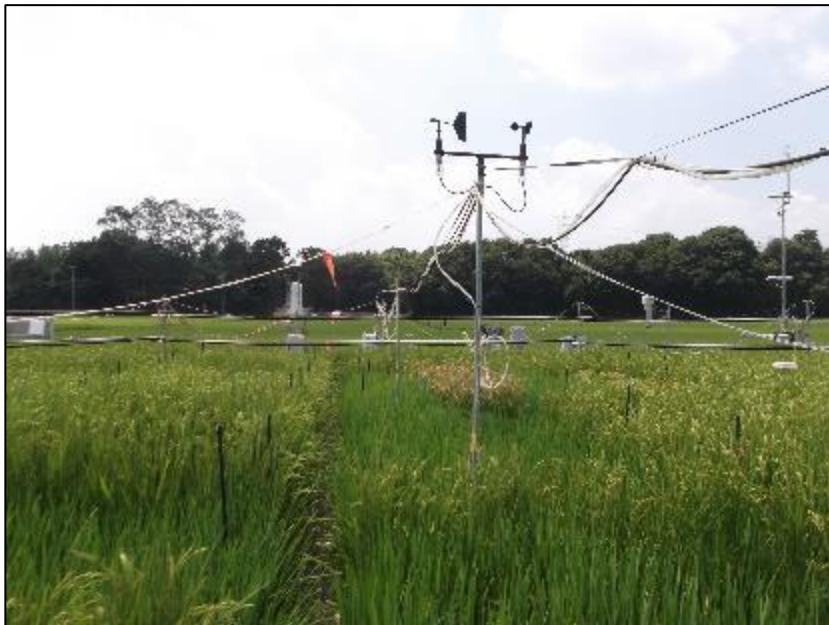
白未熟粒発生率 コメ収量

* 出穂後20日間
気温で推定

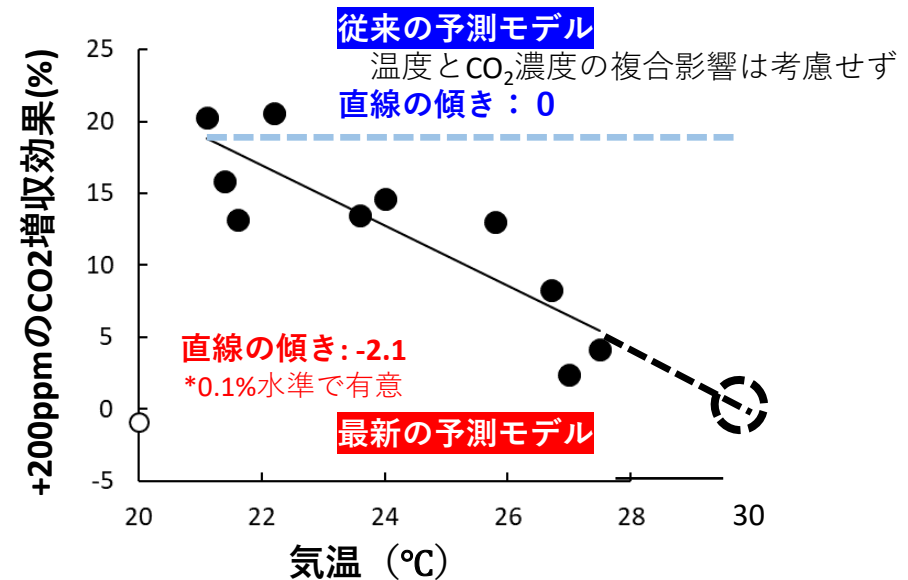
高温・高CO₂の複合影響とは何ですか？

【コメ収量予測】 新たな取り組み

水田CO₂増加実験(FACE)のデータを用い収量の推定法を改良



開放系大気CO₂増加 (Free air CO₂ enrichment; FACE: フェイス) 実験



出穂後30日間の平均気温と高CO₂増収効果の関係(あきたこまちの例)

従来の予測モデル: CO₂増収効果は高温でも低下しない

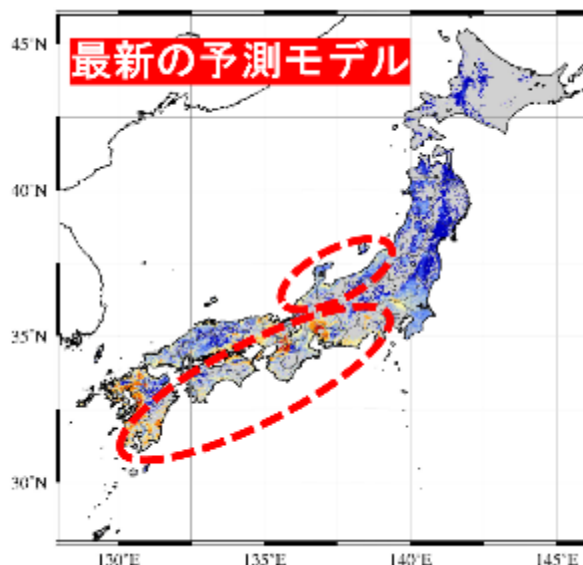
最新の予測モデル: CO₂増収効果は高温条件で鈍化(30°Cでゼロ)



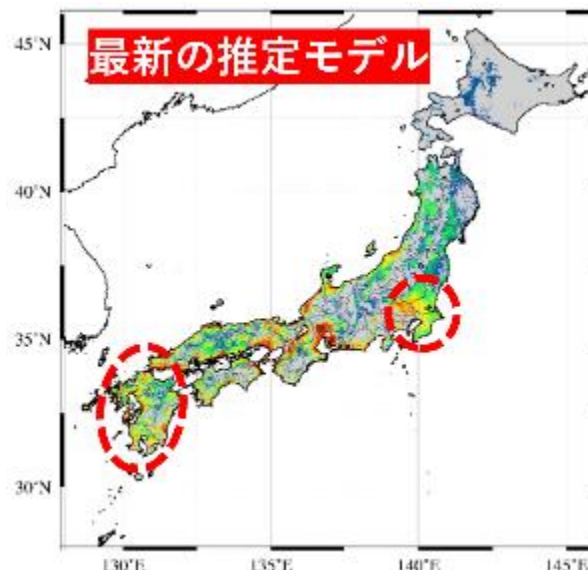
影響：将来のコメ生産はどうなる？ (農研機構2021年公表)

コメの収量は従来予測よりも多くの地域で低下する

今世紀半ば(MIROC5: RCP8.5)



全国平均で
今世紀半ば、
およそ
±0%
←従来予測
を下方修正



全国平均
今世紀半ば
20%
今世紀末に
40%

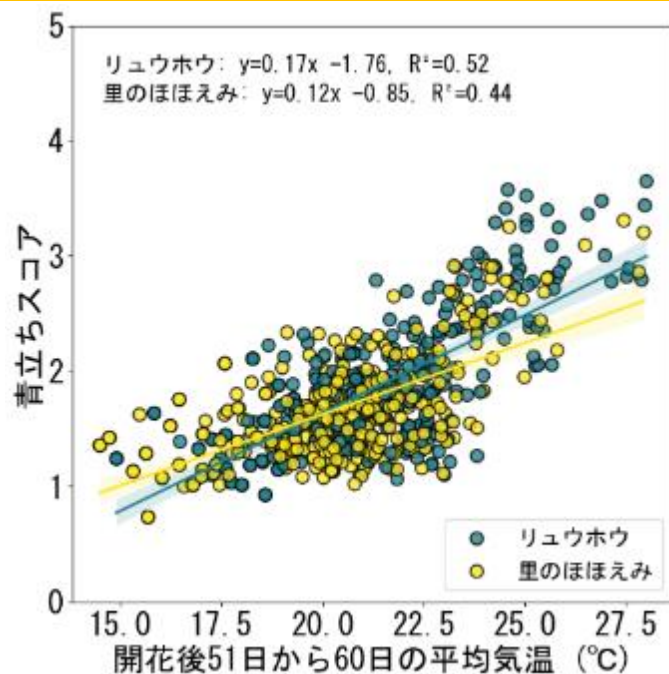
相対収量
(1981-2000年平均を100)

白未熟粒率(%)

関東以西で白未熟粒率の増加がより顕著に

* 2003年時点の普及品種を対象に適応策を取らない場合

- ・食料安全保障で穀類の自給率向上が急務→小麦や大豆の増産が必要
- ・高温のほか降雨量の増減が複合的に影響、温暖化影響を特定するのが難しい。
- 麦類では暖冬で生育が早まり、穂の発育に重要な時期に霜害を受ける被害
- 大豆では収穫期にサヤが熟しても茎葉が青く残る**青立ち**の発生が増加



2.6



4.1

青立ちスコアー
 * 収穫の妨げ

3つの排出シナリオでの1995~2100年での開花後51~60日平均気温とモデルで予測された青立ち程度(スコア)との関係

1°Cの気温上昇で青立ちスコアが0.12-0.17ポイント増加→品種更新(「リウウホウ」→「里のほほえみ」)で、青立ちスコアの増加率を0.05ポイント低下させる効果

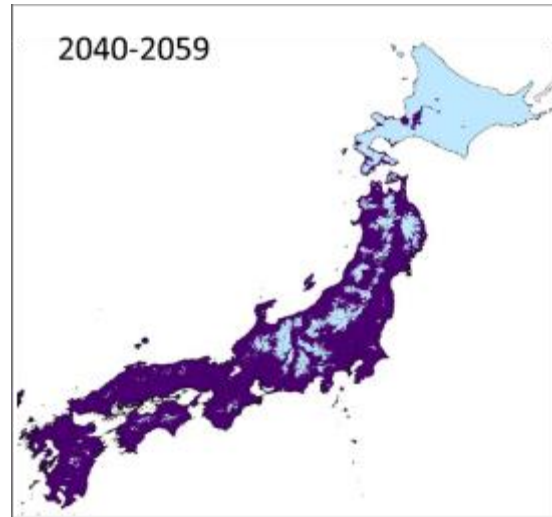
MRI-ESM2-0 RCP8.5の場合の例

天然型の液剤である
ABA処理による適応効果の評価

ブドウ(品種：巨峰)

南限：着色不良発生（発生年頻度 > 50%）

北限：酸含量の上昇（高酸年の頻度 < 50%）



ABA処理*により
適地の確保に貢献

- 適地
- より高温
- より低温

* **アブシジン酸**：植物ホルモンの一種で、ブドウにおいてはアントシアニンの生成を促進し、果皮着色を向上させる

無処理

ABA処理

32°C 28°C 24°C 20°C



32°C 28°C 24°C 20°C

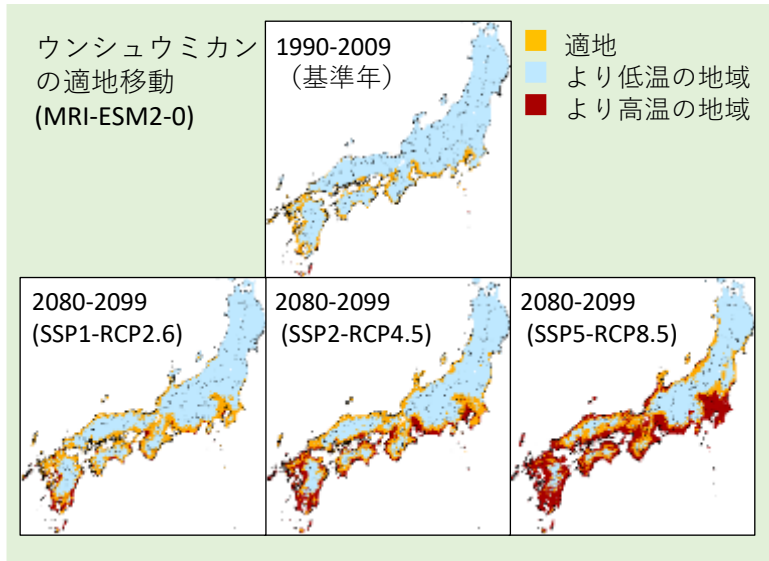


■転作による適応

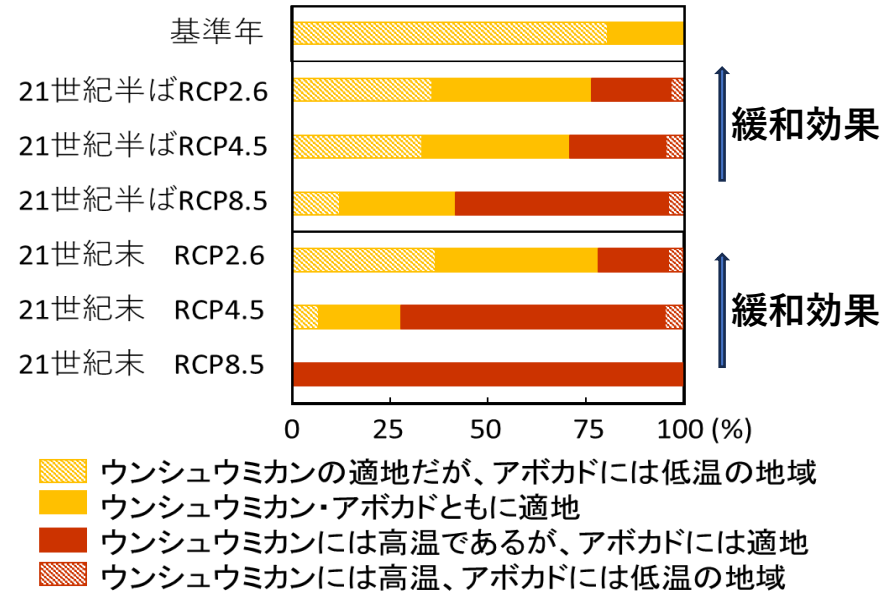
ミカン(最も栽培面積が広い重要果樹)



アボカド(99.9%輸入に頼る亜熱帯果樹)



基準年(1990~2009年)におけるミカン適地の将来の変化



結果①緩和効果は大きい

- 基準年におけるミカン適地のうち、21世紀末も適地にとどまる割合は、気候シナリオによる差が大きく、0%(RCP8.5)~80%(RCP2.6)

結果②アボカドへの転作は適応策になる

- 基準年におけるミカン適地のうち、21世紀半ば以降に、適地から外れる地域の80~100%が、気候シナリオによらずアボカド適地となる

・数多くの品目、生産地が限られるものも多く、現状推定・将来予測難。

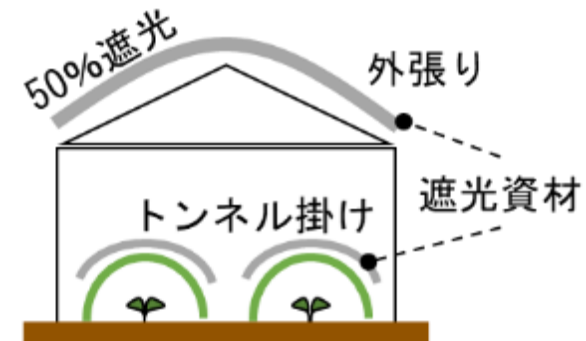
→花き：キク栽培で開花時期の予想外の変化や季節外れの影響が増。特定の花の市場需要が大きく変動し、適期出荷が難しくなり、価格変動の要因になっている。

野菜：本プロジェクトでは、夏作ハウレンソウにおける影響・適応策評価を行った。



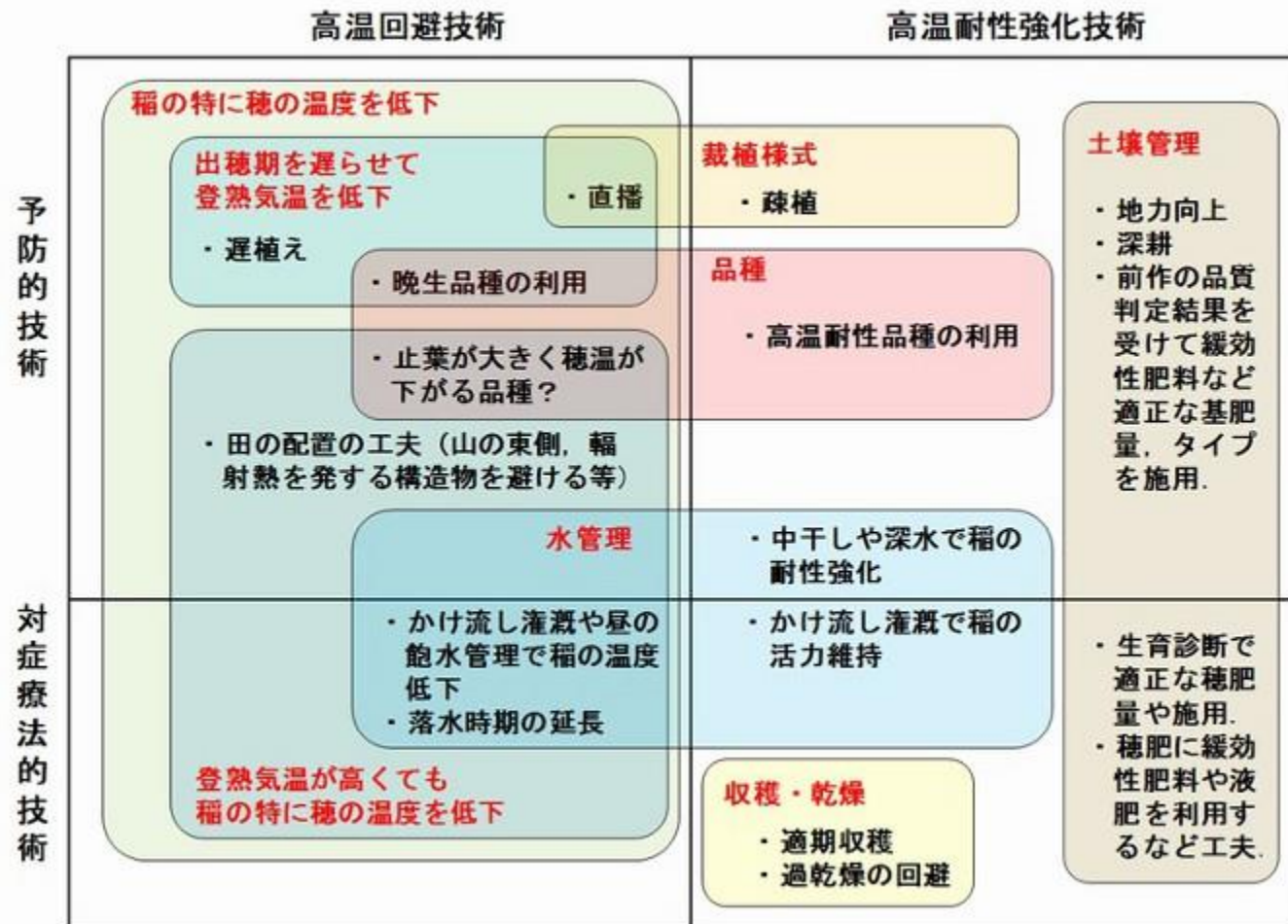
簡易雨よけハウスにおける夏作ハウレンソウの二重遮光を用いた適応策の検討

* 簡易雨よけハウスで栽培する夏作ハウレンソウを用い、ハウス外張り+トンネル掛けの二重遮光の効果的な組み合わせを検討し、最適な適応策の提案を試みた。



対策：我々はどうすればよいのか？

→温室効果ガス排出削減「緩和」に加え、気候変動に「適応」する必要



九州沖縄農業研究センター「温暖化による米の品質低下の実態と対応について」

<https://www.naro.go.jp/laboratory/karc/contents/ondanka/ondanka1/index.html>

様々な対策技術が実証され、導入されています

高温を避ける作期作型や水(施肥)管理も有効です

表 5 現在実施している適応策 整理イメージ (※1)

気候変動影響	現在実施している適応策	適応策の効果 (※2)	留意事項
白未熟粒の発生	水管理の徹底	A	用水の総量が決まっているため、急に湛水を指導してもタイミングによっては実施が困難な地域がある。同様の理由から、かけ流しの指導も困難。
粒の充実不足	適期移植	B	・労働力確保や経営規模の都合により、技術導入が困難な場合がある。 ・極端に遅い移植では成熟期が遅れ、収量・品質が低下。
胴割れ米の発生	早期落水防止	A	中生の晩、晩生品種の作付割合が増加しており、9月以降の用水の必要量が増加しているが、総量が決まっているため、通水時期を延ばすなどの対応が求められている。
	刈遅れ防止	A	担い手の規模拡大に伴い、天候によっては適期内に刈り終わらない事例がみられる。

(※1) 本表の事例はあくまで整理イメージであり、各産地の実情と異なる場合もあることにご留意ください。

(※2) A: 優れた効果がある、B: 効果がある、C: やや効果がある、D: 効果なし

農業生産における気候変動適応ガイド (水稻編)

<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/attach/pdf/index-102.pdf>

(農研機構での適応シミュレーション例)ある地域での現行品種(4月下旬)

→田植え期を早める: 多照の時期に登熟しやや増収、高温により品質低下リスクは増す。

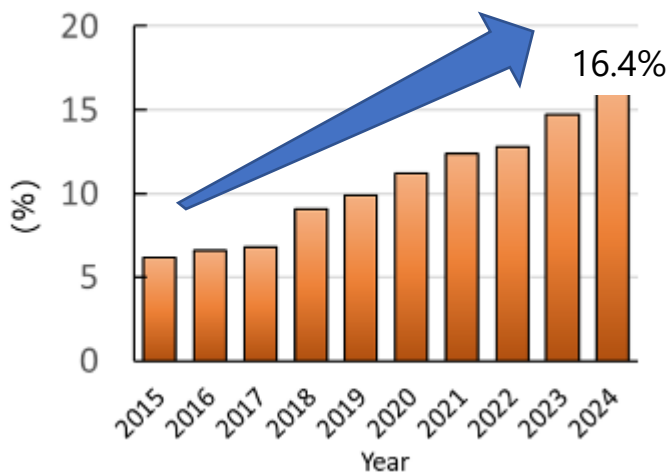
→田植え期を遅める: 登熟期日照が減るため減収、品質低下リスクの少ないコメ割合は増加。

*** この結果は一例であり、気象・土壌条件や品種・作型により結果は異なります。**

対策：高温耐性（登熟性）品種導入

高温耐性品種の導入

高温耐性品種が占める割合



農林水産省地球温暖化影響調査レポート
(<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/report.html>) から

高温耐性向上による白未熟抑制効果の定量化が必要

高温耐性品種ランク別白未熟粒発生モデル構築

表 1 各地域における作期・品種別の高温登熟性分類

地域区分	生態型	高温登熟性				
		弱	やや弱	中	やや強	強
寒冷地北部・中部 (東北地方)	極早生・早生	駒の舞 初星		むつほまれ あきたこまち	ふ系227号 里のうた ころまち	ふさおとめ
	中生	ササニシキ		ひとめぼれ はえぬき	みねはるか	
	晩生・極晩生			ゴシヒカリ	つや姫	笑みの絆
寒冷地南部 (北陸地方)	極早生・早生	初星		あきたこまち ひとめぼれ	ハナエチゼン	
	中生	ともほなみ	ゴシヒカリ			笑みの絆
	晩生・極晩生	祭り晴		日本晴 みずほの輝き	あきさかり	
温暖地東部 (関東・東山・東海地方)	極早生・早生	初星 あかね空		あきたこまち ゴシヒカリ	とちぎの星	ふさおとめ 笑みの絆
	中生	彩のかがやき さとじまん		日本晴	なつほのか	
	晩生・極晩生	葵の風 ヒノヒカリ		シンレイ	コガネマサリ	
温暖地西部 (近畿・中国・四国地方)	極早生・早生		キヌヒカリ	あきたこまち ひとめぼれ ゴシヒカリ	ハナエチゼン つや姫	ふさおとめ
	中生	祭り晴		日本晴		
	晩生・極晩生	葵の風 ヒノヒカリ			コガネマサリ	
暖地 (九州地方)	極早生・早生	初星 祭り晴	黄金晴	日本晴	みねはるか	なつほのか
	中生	ヒノヒカリ	シンレイ	にこまる	コガネマサリ	おてんとそだち
	晩生・極晩生	あきさやか	たちはるか		ニシヒカリ	

(令和2年度現在、産地品種銘柄に指定されていないものを含む。)

農研機構2017年研究成果情報「北海道を除く全国の水稲高温登熟性標準品種の選定」を農林水産省「農業生産における気候変動適応ガイド 水稲編」で改変

高温耐性品種導入が、着実に進んでいます。

高温による白未熟粒の発生と高温指標

乳白粒



基部未熟粒



腹白未熟粒



背白粒



農林水産省ホームページより
https://www.maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/kome/k_kikaku/k_kaisetsu/index.html

高温指標HD_m26(ヒートドーズ)の定義

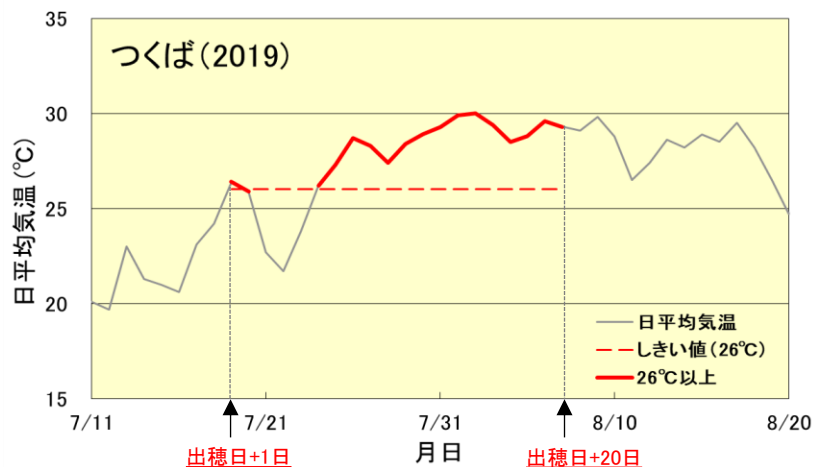
$$HD_m26 = \sum (T - T_{base})_{T > T_{base}}$$

T : 日平均気温、 $T_{base} = 26\text{ }^{\circ}\text{C}$

(出穂～20日間の積算値)

高温指標MET26(平均超過温度)

$$MET26 = 1/20 \sum (T - T_{base})_{T > T_{base}}$$



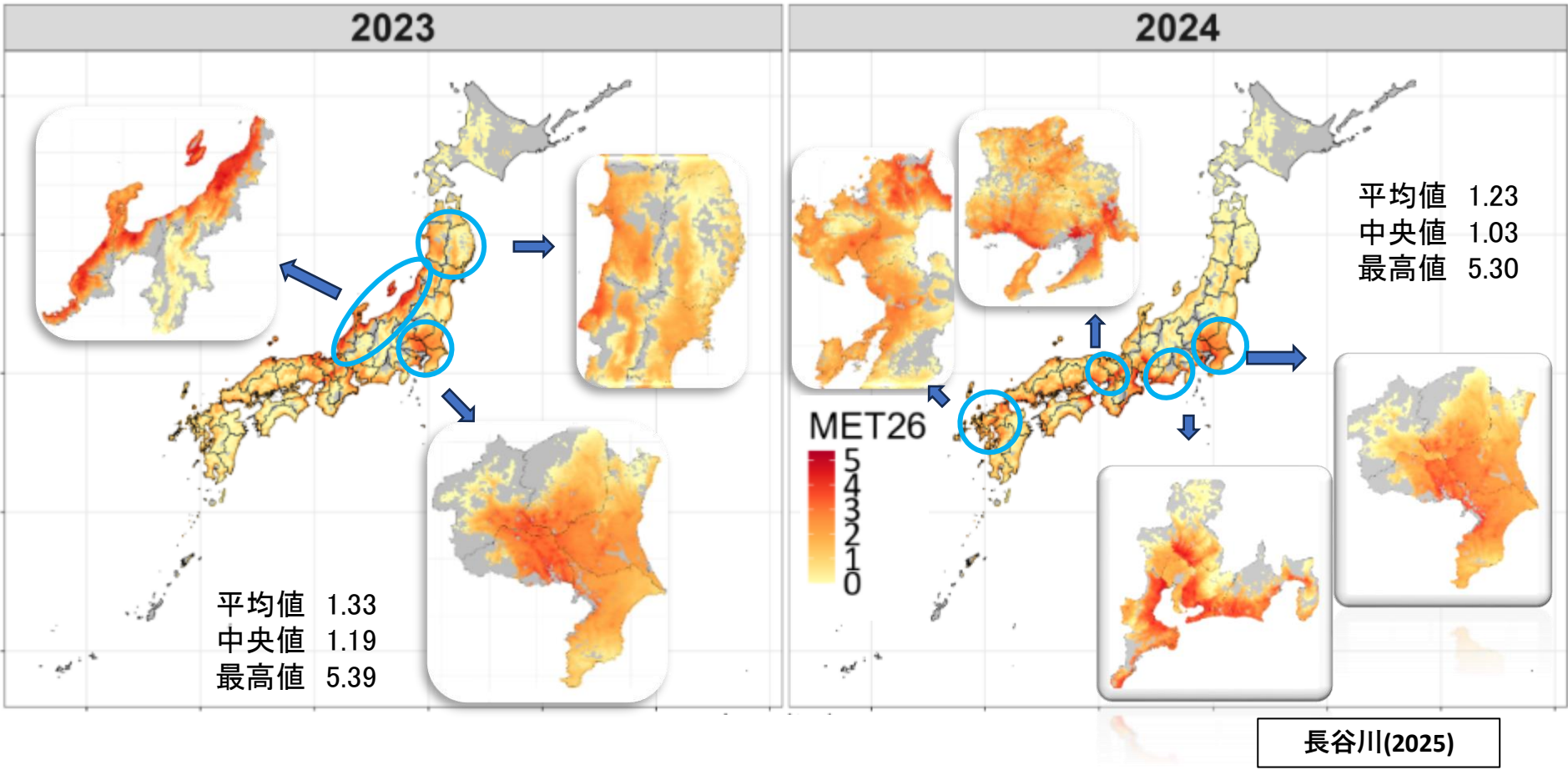
MET26算出期間の考え方(つくば、2019の例)

長谷川(2025)

出穂後20日間の平均気温が約26°Cを越えると温度上昇とともに白未熟粒が増加 33

2023、2024年の登熟期間高温傾向

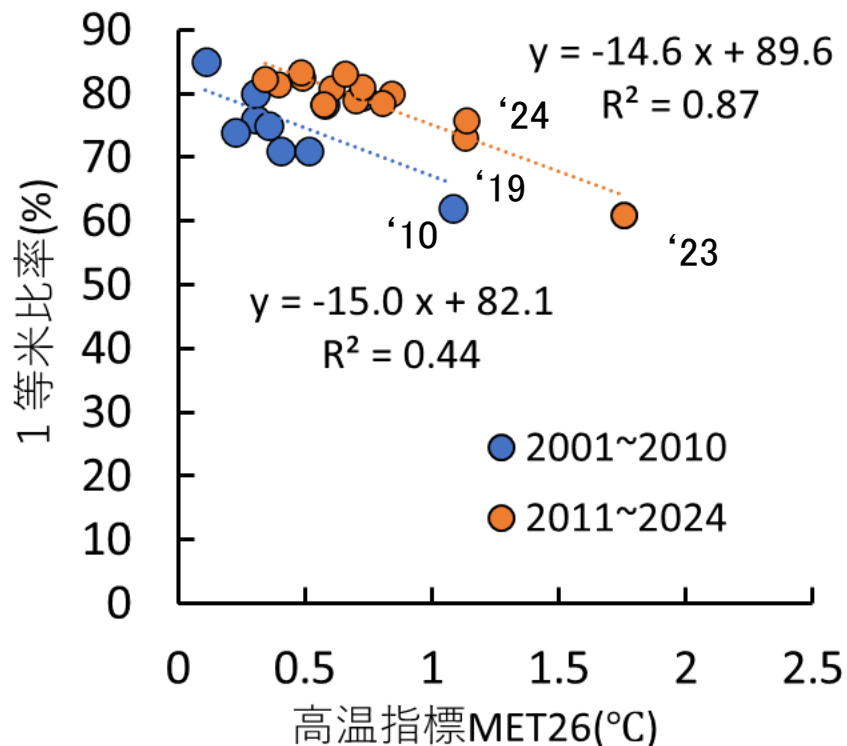
登熟期間高温指標MET26 (°C)



概して平均気温の高温域に相当：作型によりMET26分布は若干異なる 34

全国平均一等米比率と高温指標との関係(2001~2024年)

2024年の一等米比率は12月31日現在

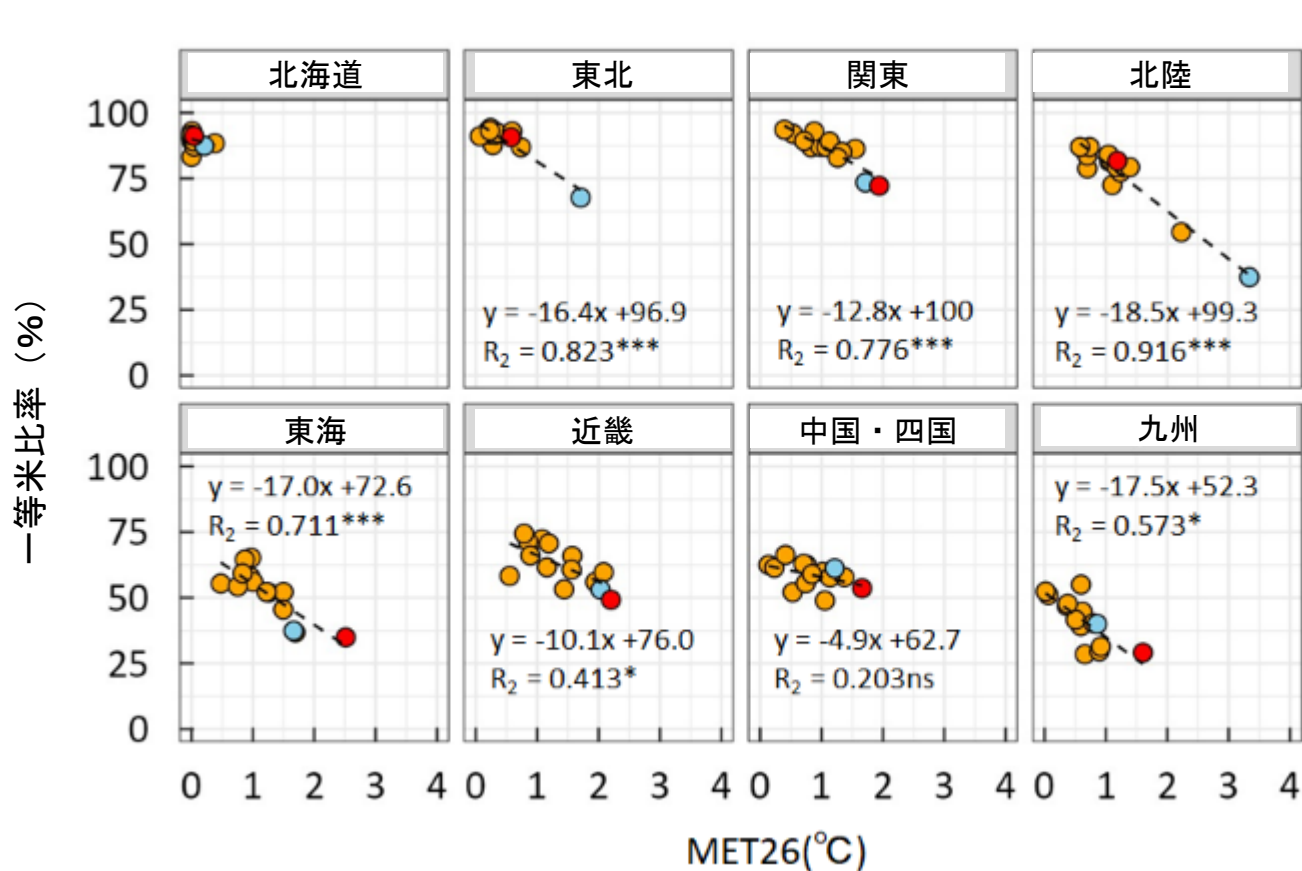


高温指標は、各1kmメッシュの水田率で重みづけして県ごとに集計。その後、全国平均を求める際には、各県の検査数量で重みづけして集計。

- MET26が1°C上昇するにつれて、1等米比率は約15ポイント低下
- 2010年以前と以降で、温度に対する回帰線が変化

Hasegawa et al., 2025 https://doi.org/10.1007/978-981-96-2436-2_4にデータを追加

地域ごとにみた一等米比率と高温指標との関係(2011-2024年)



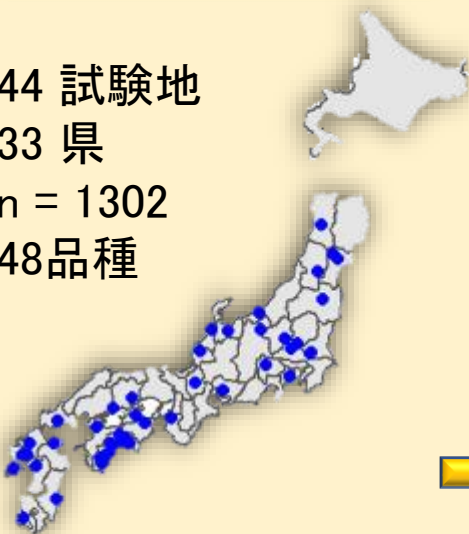
関東以西では、
2024年のMET26が
最も高く、一等米
比率も低い傾向

2024年のデー
タは同年12月
31日現在

高温耐性品種ランク別白未熟発生率のモデル化

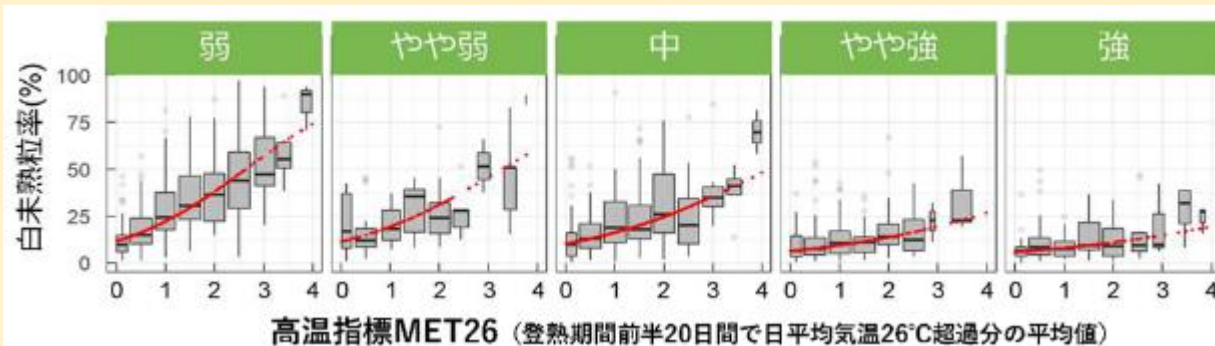
系統的レビューによるデータベース構築

44 試験地
33 県
n = 1302
48品種



メタ解析

モデル構築



高温耐性品種ランク別に温度・日射・湿度による品質低下をモデル化

$$\text{Logit}(\text{CG}_{ijk}) = B_1 \times \text{HTR}_i + B_2 \times \text{MET26}_i \times \text{HTR}_i + B_3 \text{SR} + B_4 \text{RH} + v_i + E_{ijk}$$

- $B_1 \sim B_4$ are fixed parameters
- $v_i + E_{ijk}$ are errors (random effects)

温度指標

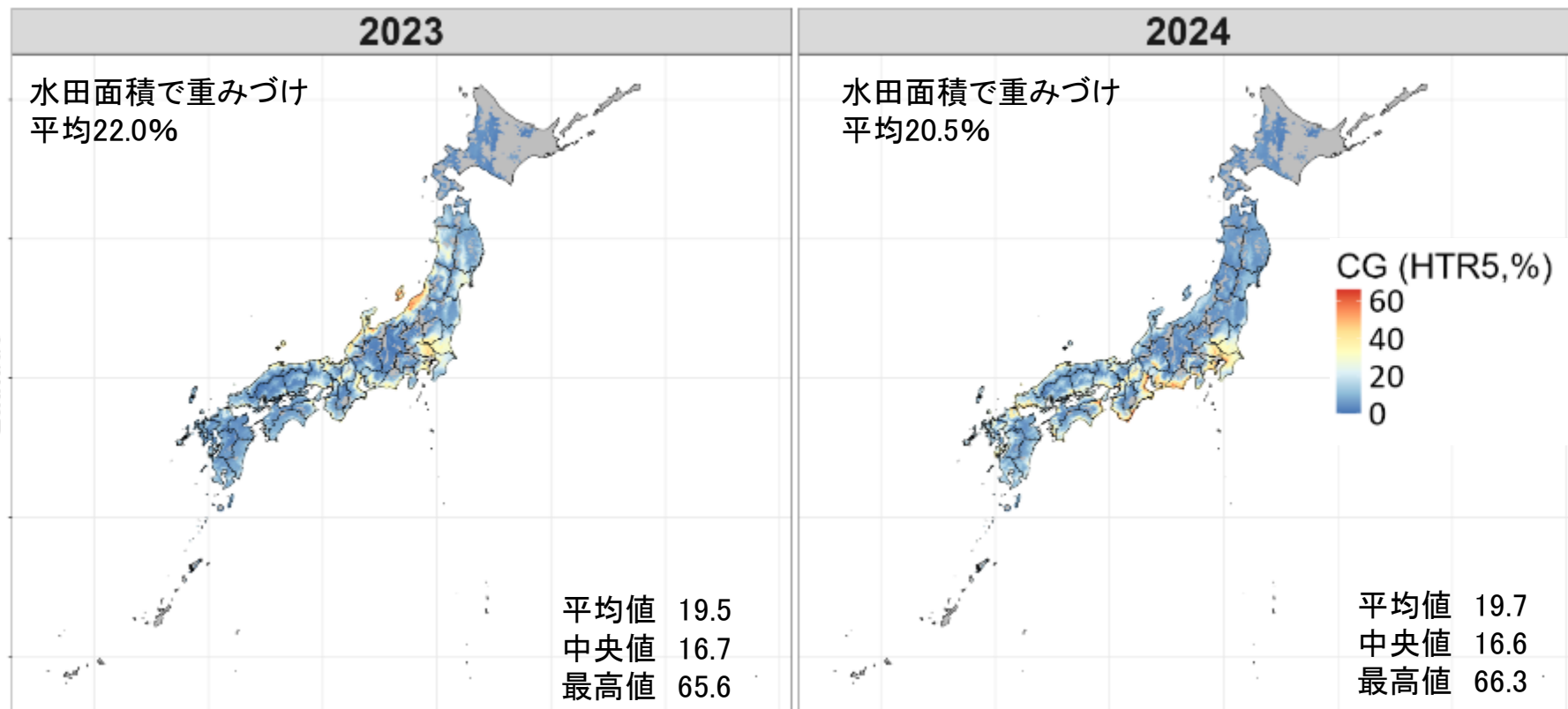
日射

湿度

(Wakatsuki et al. 2024, Field Crops Research)

気象条件からの白未熟粒発生率推定

推定白未熟粒率(%)高温耐性「中」

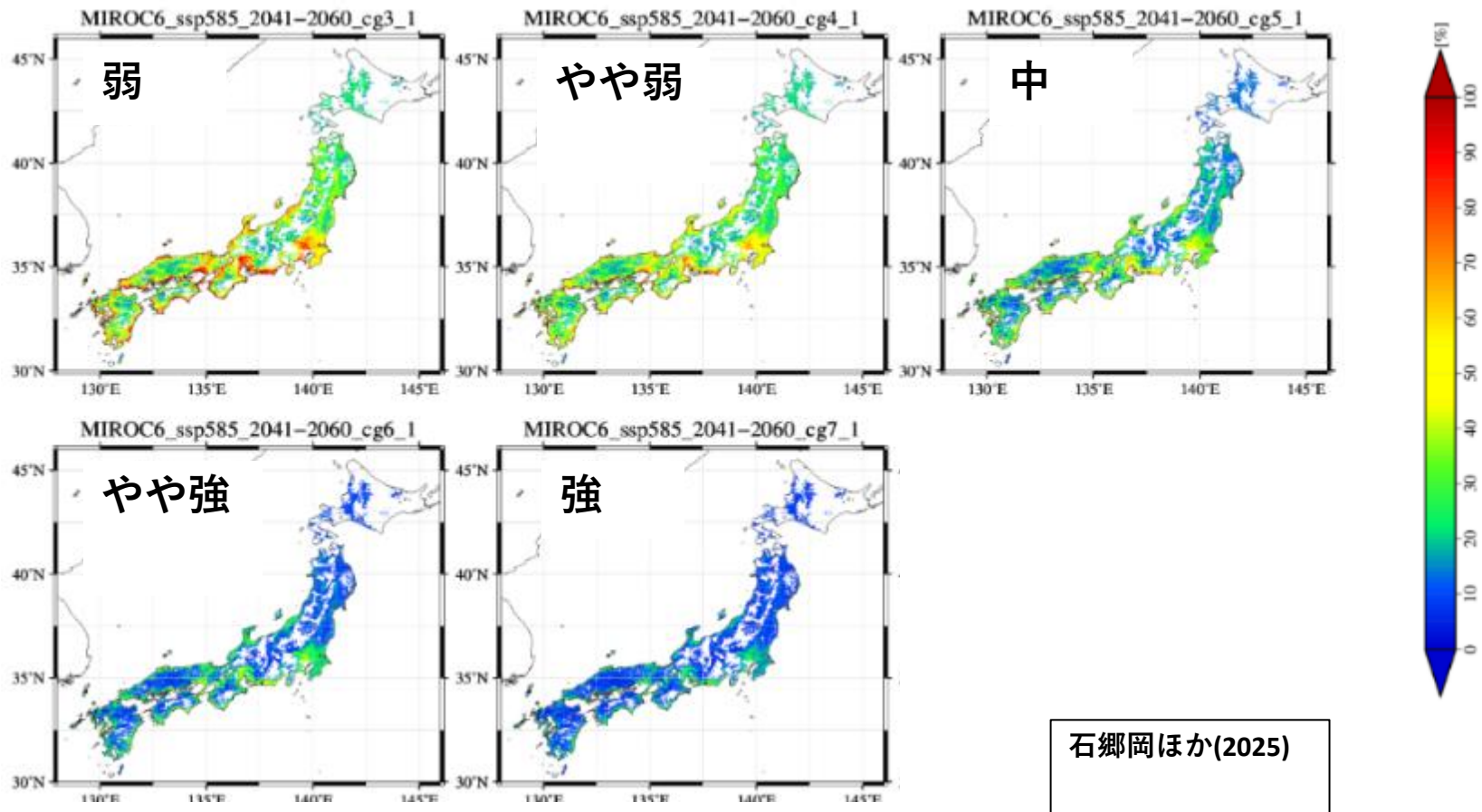


* 1km メッシュの気象データと白未熟粒率推定モデル(Wakatsuki et al., 2024)を用いて推定 (出穂日は作柄表示地帯最盛期 2024年は2023年の出穂日を使用)

高温耐性ランク毎の白未熟粒率算定例

MIROC6:SSP5_8.5(※)による、今世紀中盤(2041-2060)における算定例

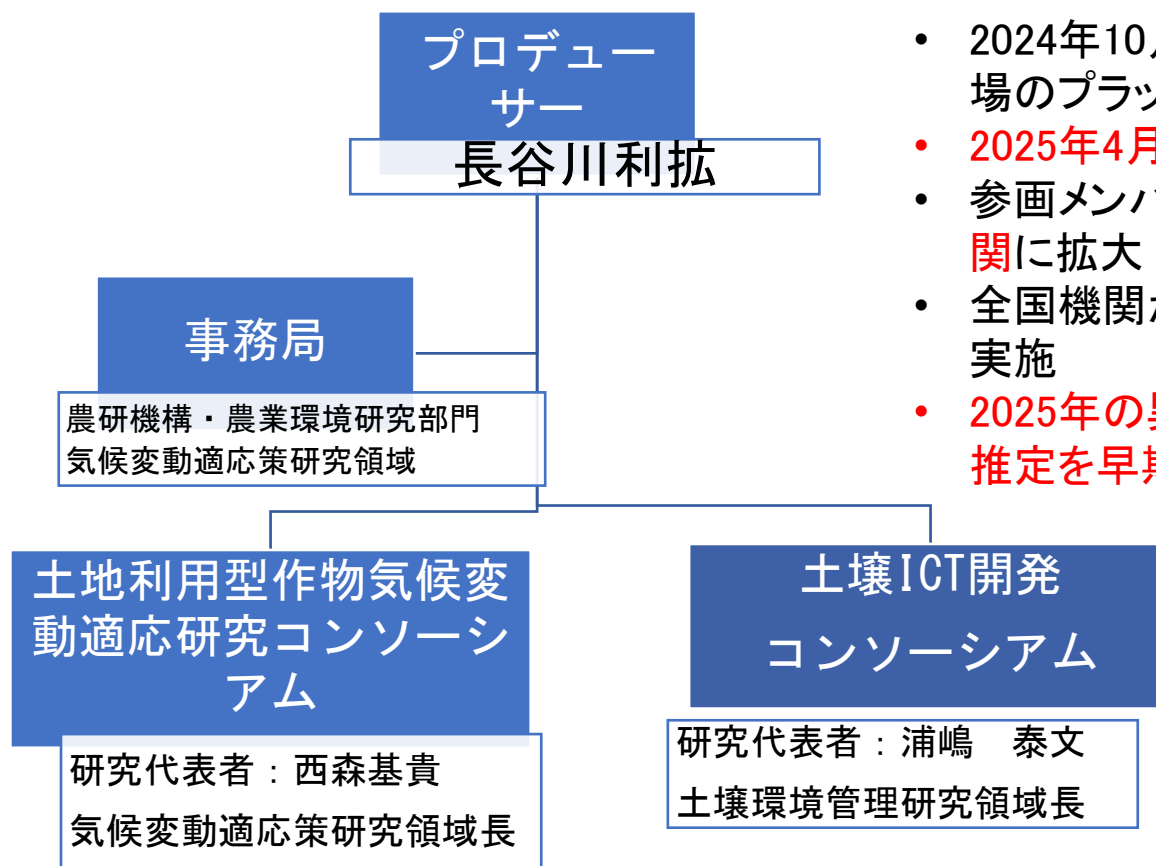
※SSP5_8.5(気候政策を導入しない最大排出シナリオ)によるシミュレーション結果



同一気候条件においても、高温耐性ランク毎に算定される白未熟粒率は異なる

気候変動対策技術研究開発プラットフォーム活動体制の整備・拡充

気候変動の影響が顕在化、深刻化する中、農業分野において気候変動対策技術の研究開発と普及を促進するため、コンソーシアムの形成・運営や情報発信を行う基盤組織。



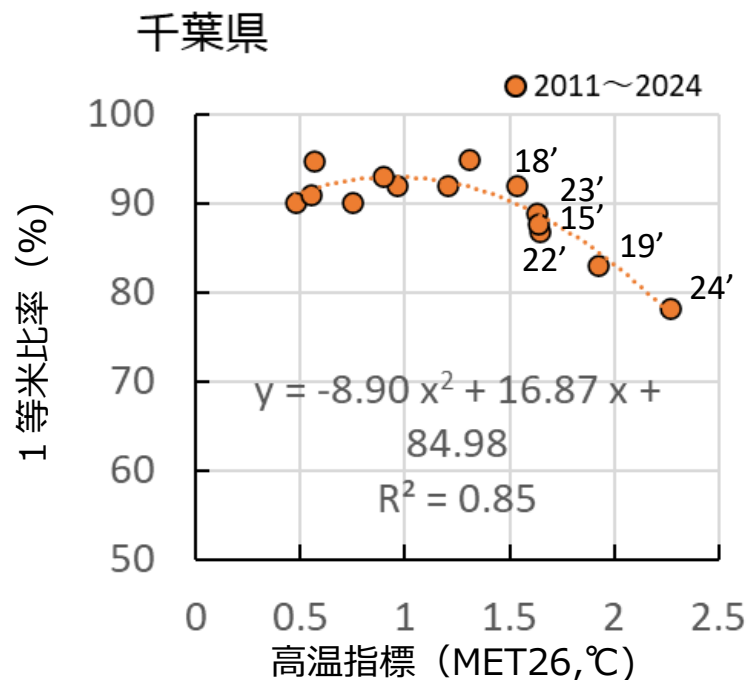
- 2024年10月:「知」の集積と活用の場のプラットフォームとして設立
- 2025年4月から2コンソ体制に拡大
- 参画メンバーは、46都道府県50機関に拡大
- 全国機関からの研究ニーズ調査の実施
- 2025年の異常高温の状況と影響の推定を早期共有

(地独) 北海道立総合研究機構農業研究本部
(地独) 青森県産業技術センター農林総合研究所
岩手県農業研究センター
宮城県古川農業試験場
秋田県農業試験場
秋田県農林水産部
秋田県果樹試験場
山形県農業総合研究センター
福島県農業総合センター
茨城県農業総合センター農業研究所
栃木県農業総合研究センター
群馬県農業技術センター
埼玉県農業技術研究センター
千葉県農林総合研究センター
神奈川県農業技術センター
公益財団法人東京都農林水産振興財団
新潟県農業総合研究所
富山県農林水産総合技術センター農業研究所
石川県農林総合研究センター
福井県農業試験場
山梨県総合農業技術センター
長野県農業試験場
長野県野菜花き試験場
岐阜県農政部農政課
静岡県農林技術研究所
愛知県農業総合試験場
三重県農業研究所

滋賀県農業技術振興センター
京都府農林水産技術センター・農林センター
(地独) 大阪府立環境農林水産総合研究所
兵庫県立農林水産技術総合センター
奈良県農業研究開発センター
和歌山県
鳥取県農業試験場
鳥取県園芸試験場
島根県農業技術センター
岡山県農林水産総合センター
山口県農林総合技術センター
徳島県
香川県農業試験場
愛媛県農林水産研究所
高知県農業技術センター
福岡県農林業総合試験場
佐賀県農業試験研究センター
佐賀県果樹試験場
長崎県農林技術開発センター
熊本県農業研究センター
大分県農林水産研究指導センター
宮崎県総合農業試験場
鹿児島県農業開発総合センター
沖縄県農業研究センター
農研機構(代表機関)

農研機構+46都道府県50機関

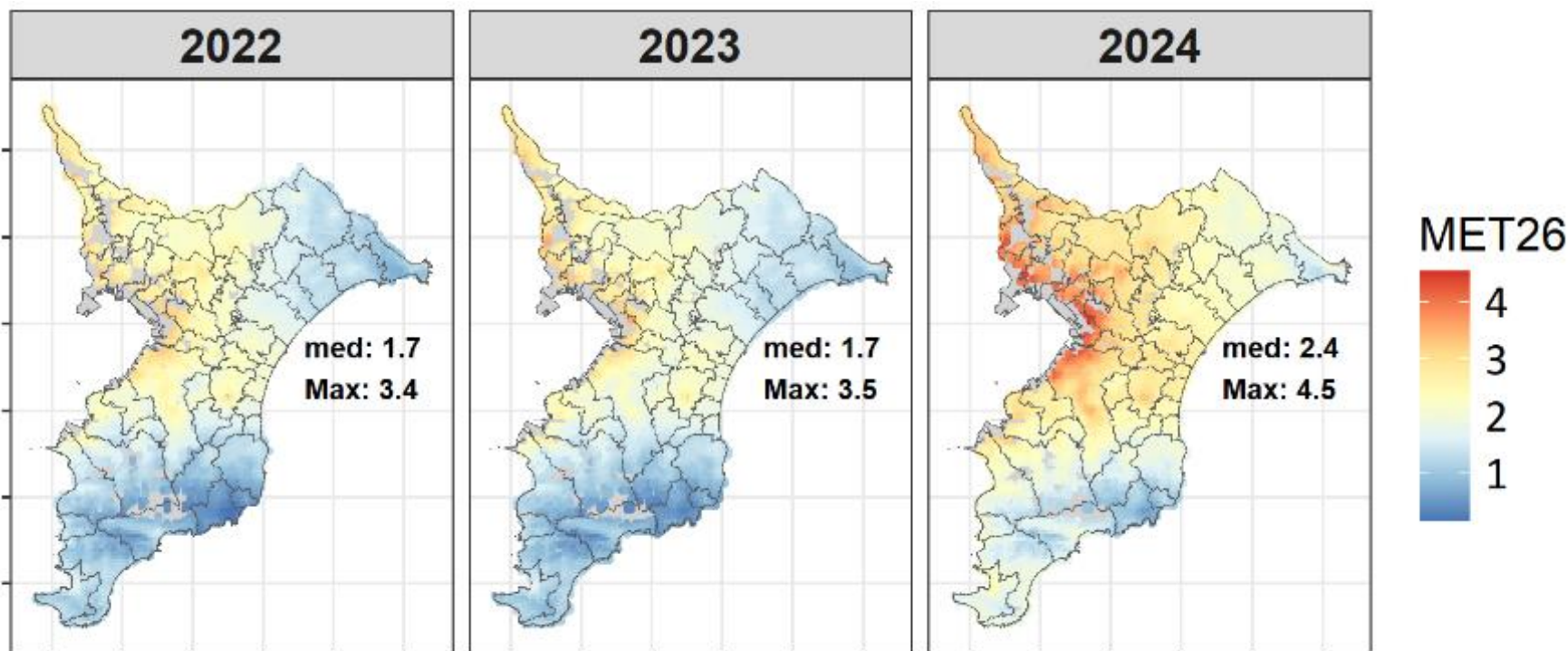
県内 1 等米比率と高温登熟指標（MET26）との関係(2011~2024)



- ◆ 2024年は2011年以降最も高い高温指標 MET26を観測した。
- ◆ MET26が1.5℃を超えたところでの上昇で1等米比率が低がりはじめた傾向、1℃上昇で-17ポイントの1等米比率低下 (MET26 > 1.5)

作柄表示地帯普通期の出穂日による

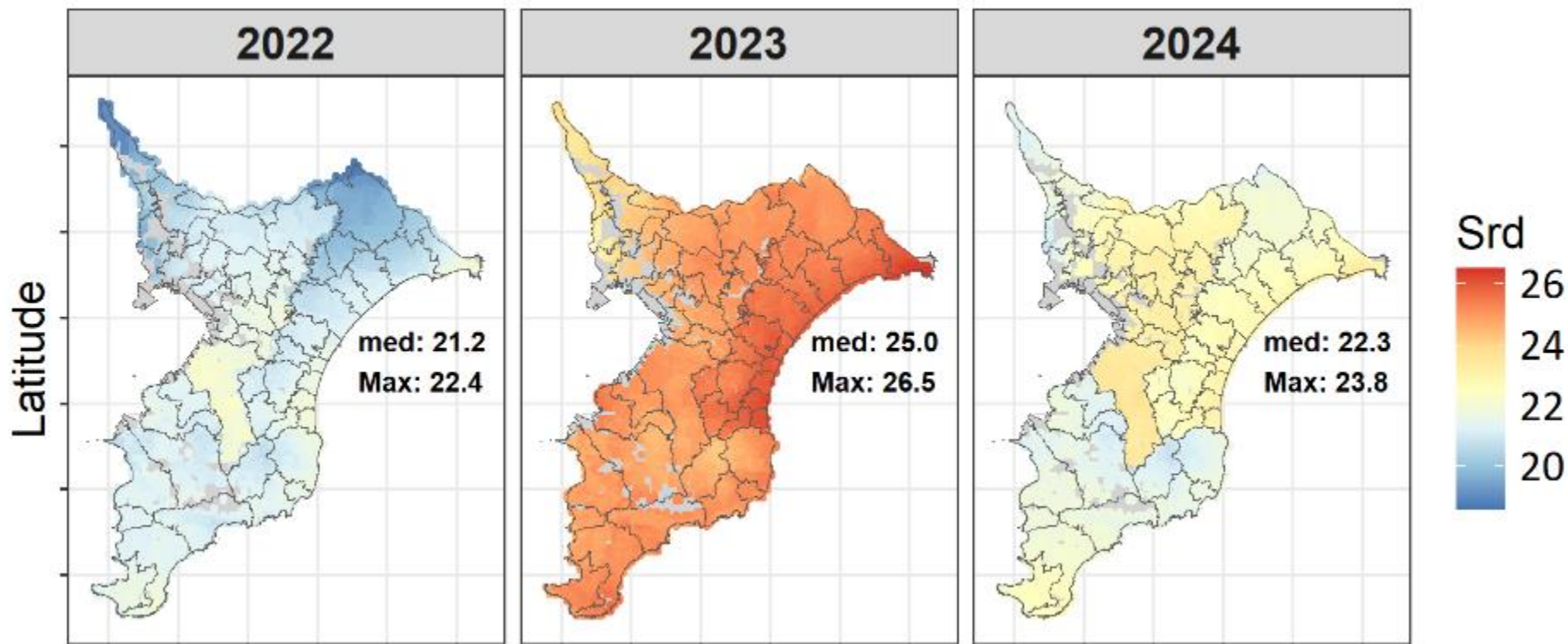
登熟期前半の高温登熟指標 (MET26、°C) の分布



◆2024年はMET26が4°Cを超える地点が多数あった。

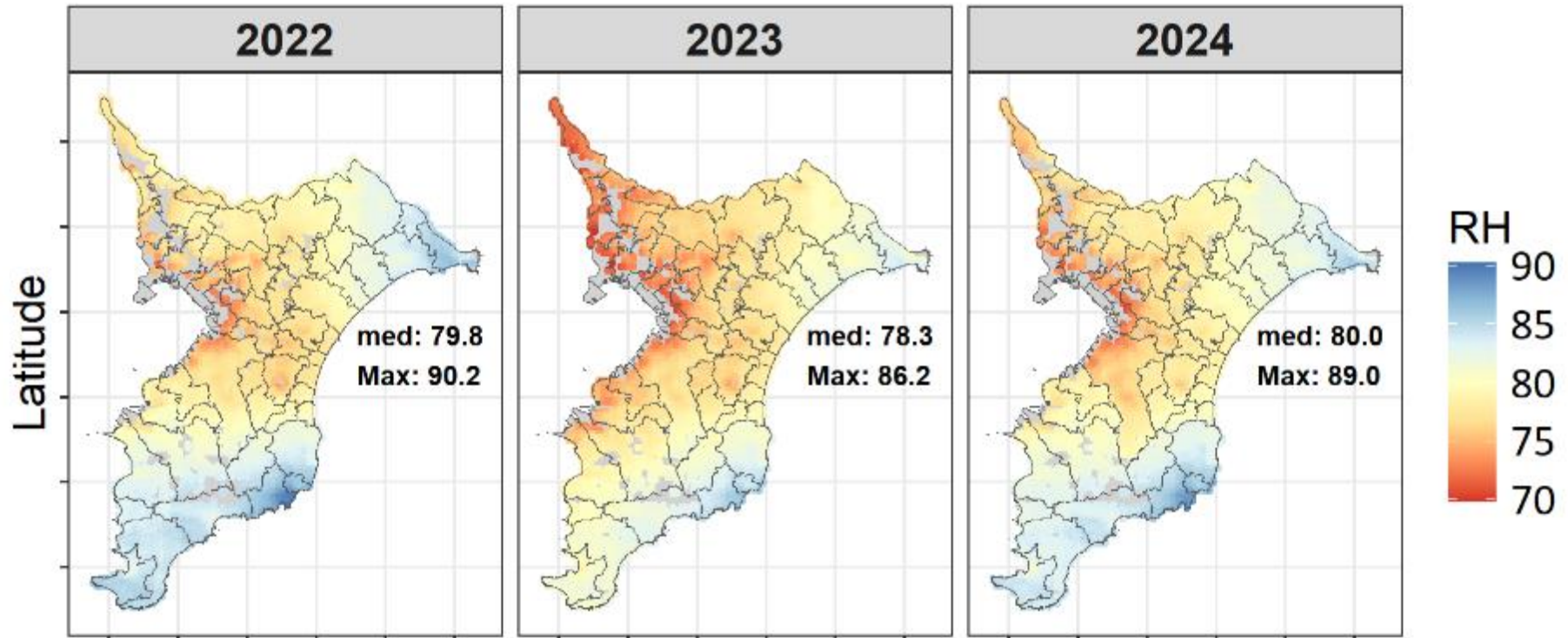
作柄表示地帯出穂最盛期より算出、水田のあるメッシュ

登熟期前半の日照量 (Srd, MJm⁻²d⁻¹) の分布

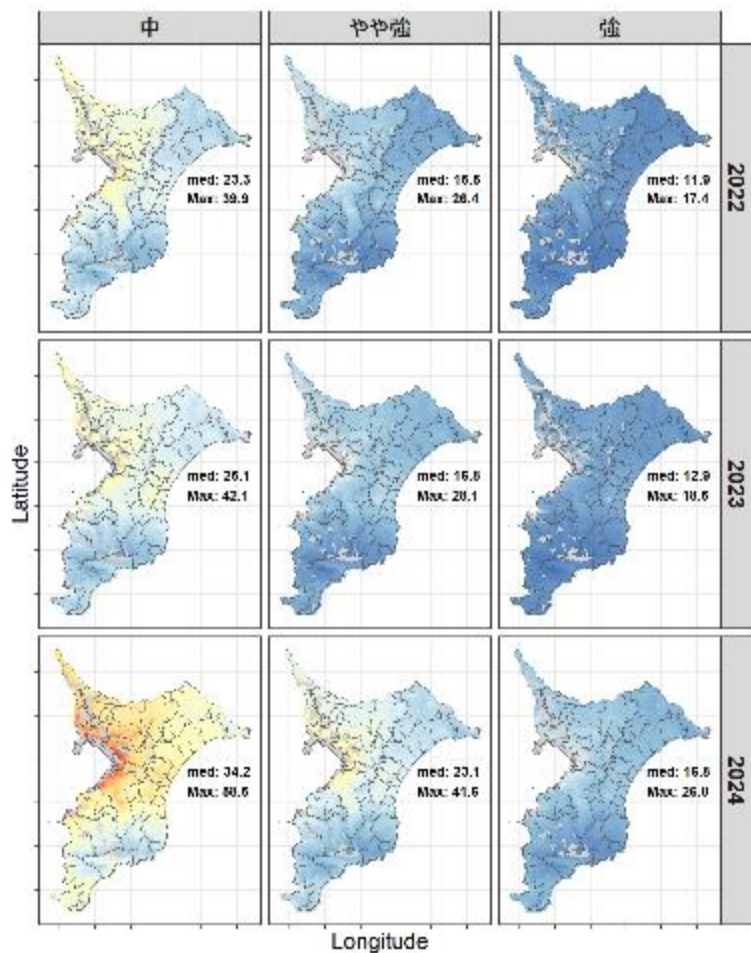


◆2023年は2024年よりも日照が非常に高い地域が広範囲に広がった。

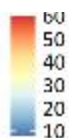
登熟期前半の気象要因 (相対湿度RH、%)



推定白未熟粒率(%)高温耐性「中」~「強」(千葉県)



推定白未熟粒率 (%)



◆ 2024年の気象条件下では、“中”耐性品種であっても、50%を超える推定値があり、かなり厳しい環境であった。

◆ 1ランクあげて“やや強”にすると、中央値で11.1%ポイントの軽減効果が推定された。

○日本の(世界の)気温は上昇を続けており、2024年は過去最高温を記録した。

・高温だけでなく、線状降水帯による集中豪雨、激しい台風、豪雪も起こる

○農業気象研究の発達で、

・白未熟粒の発生に関わる日平均気温は 26°C であり、超過分がコメ品質低下に関連している

・イネ高温不稔の解析には、気温より穂温が重要であり、また開花時に穂温 33°C 以上で、高温不稔多発の可能性

○気候変動(さらなる気温上昇)により、

・日本のコメ収量は停滞から減収へ、白未熟粒の多発(一等米比率の低下)

・ダイズ青立ち、コムギの霜害、夏作ホウレンソウや施設トマトの生育不良

・ブドウ着色不良の対策。ミカン適地減—アボガド等亜熱帯果樹への転換。

○気候変動への対応策は？ *もちろん温室効果ガス削減も重要

・稲作では、移植日の移動で暑さを避けるほか、高温耐性品種の導入が効果的