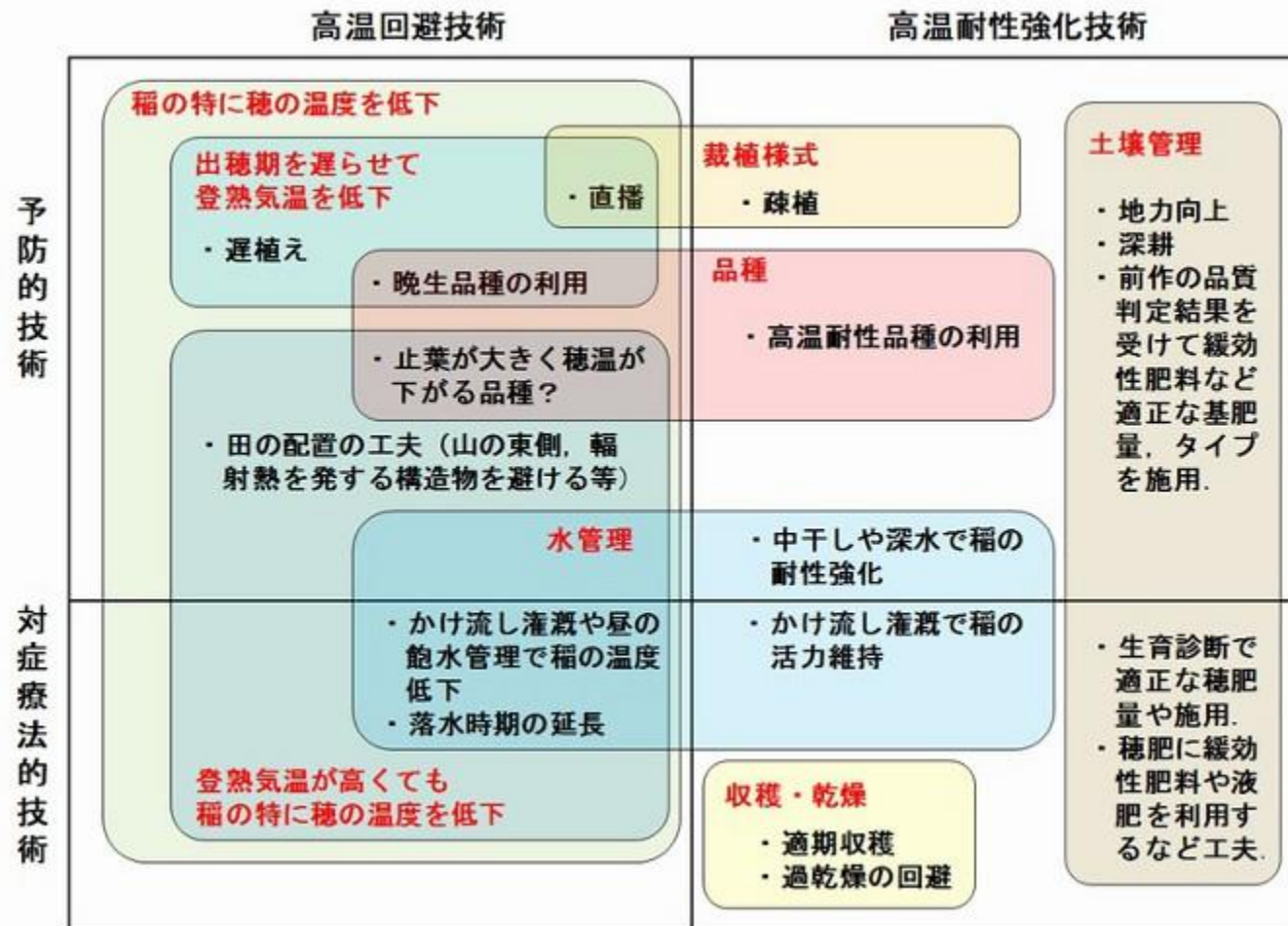


対策：我々はどうすればよいのか？

→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。

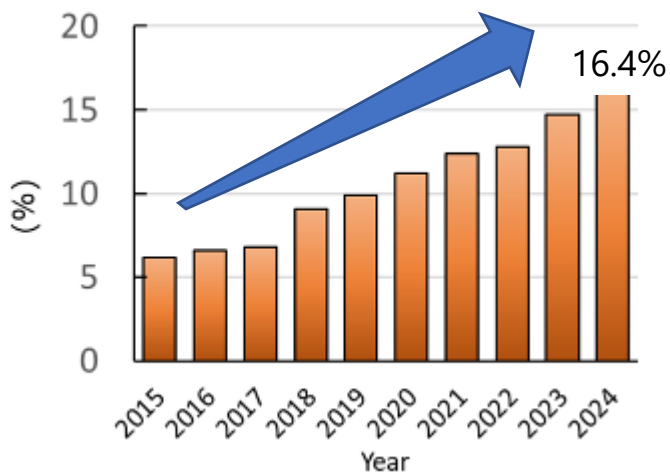
→田植え期を遅める: 登熟期日照が減るため減収、品質低下リスクの少ないコメ割合は増加。

*** 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

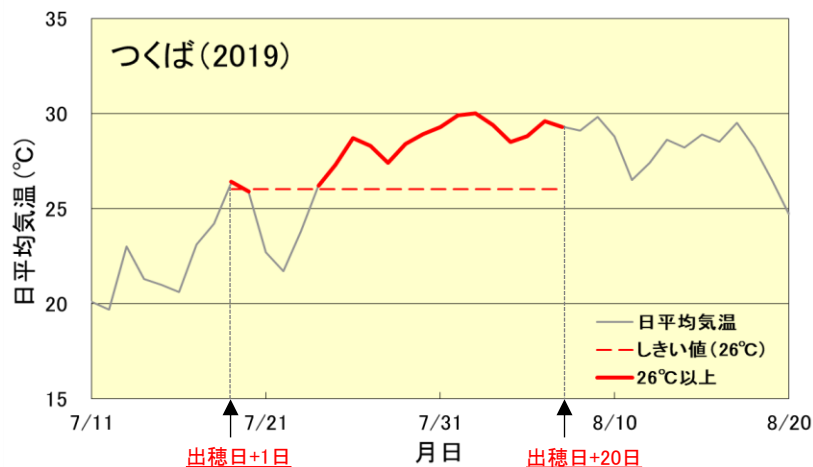
$$HD_m26 = \sum (T - T_{base})_{T > T_{base}}$$

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)

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



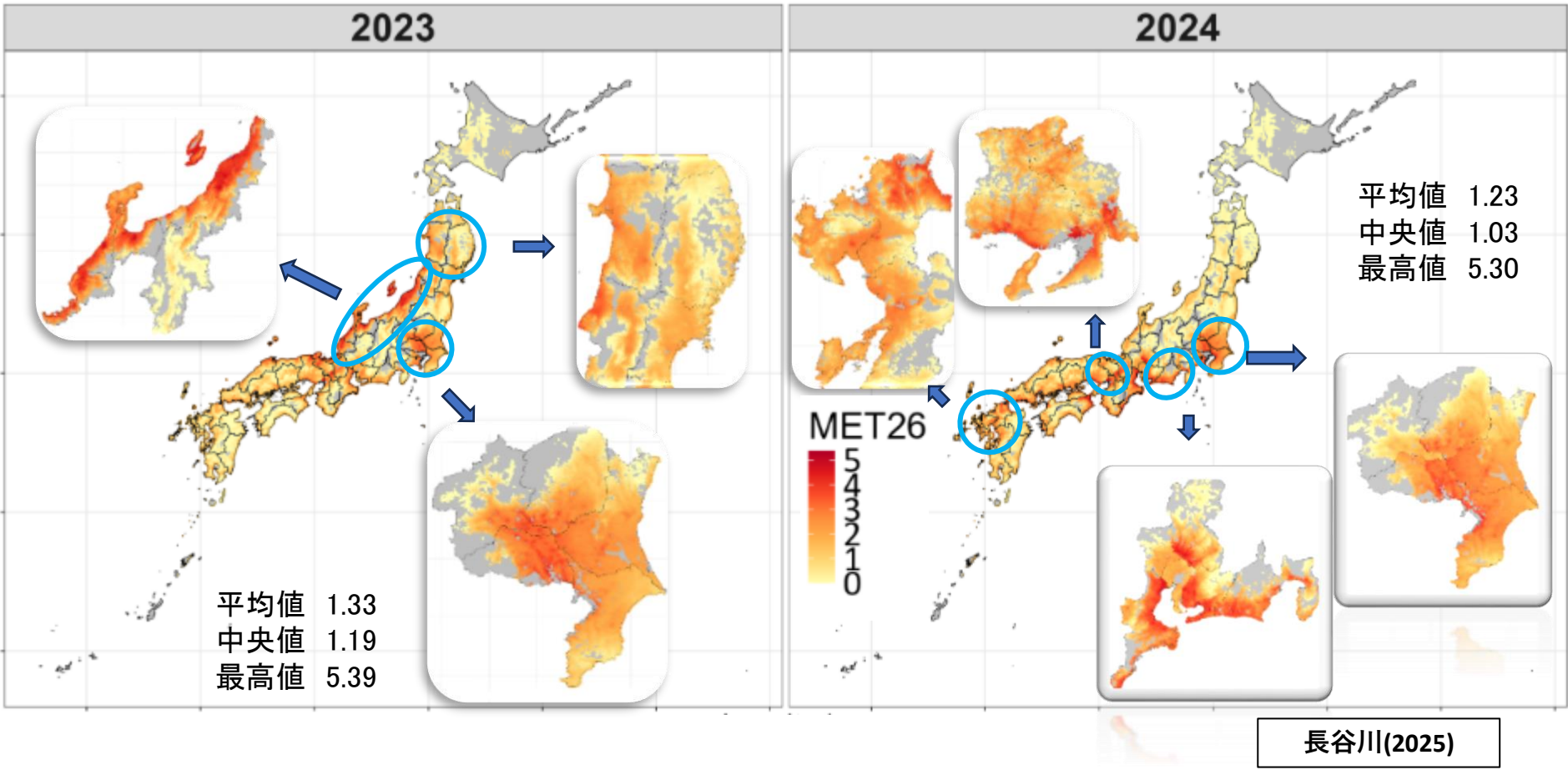
MET26算出期間の考え方 (つくば、2019の例)

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

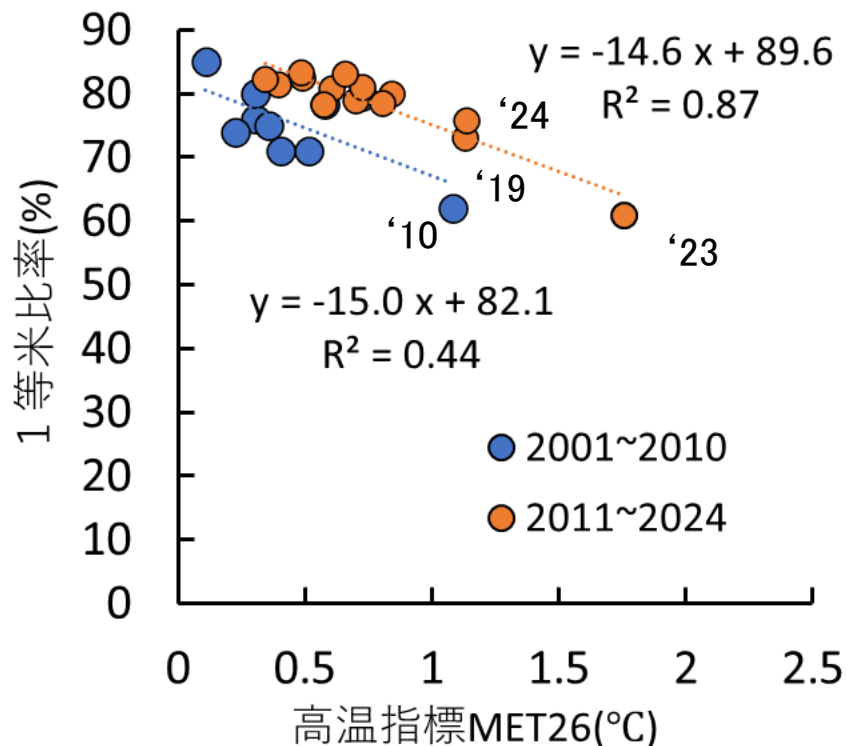
2023、2024年の登熟期間高温傾向

登熟期間高温指標MET26 (°C)



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

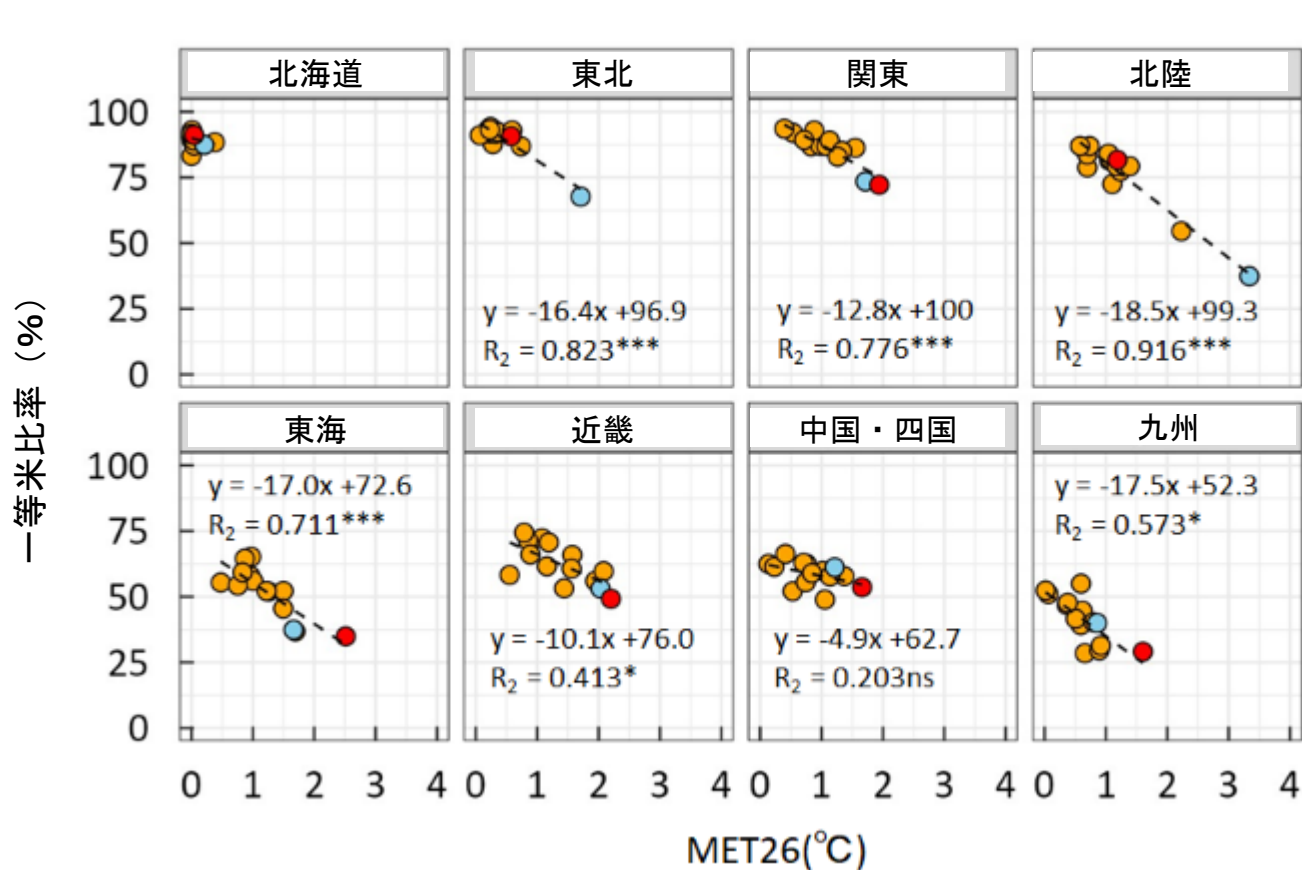


高温指標は、各1kmメッシュの水田率で重みづけして県ごとに集計。その後、全国平均を求める際には、各県の検査数量で重みづけして集計。

- 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)



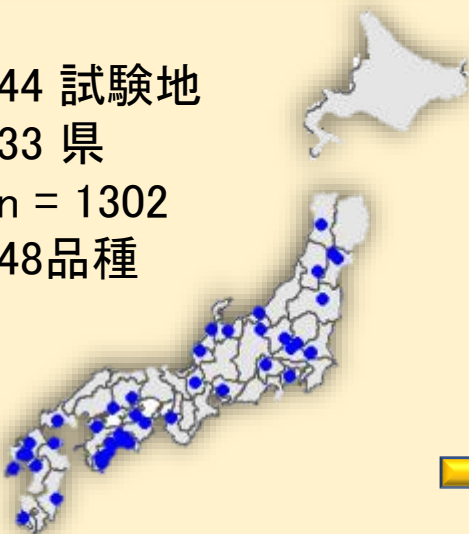
関東以西では、
2024年のMET26が
最も高く、一等米
比率も低い傾向

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

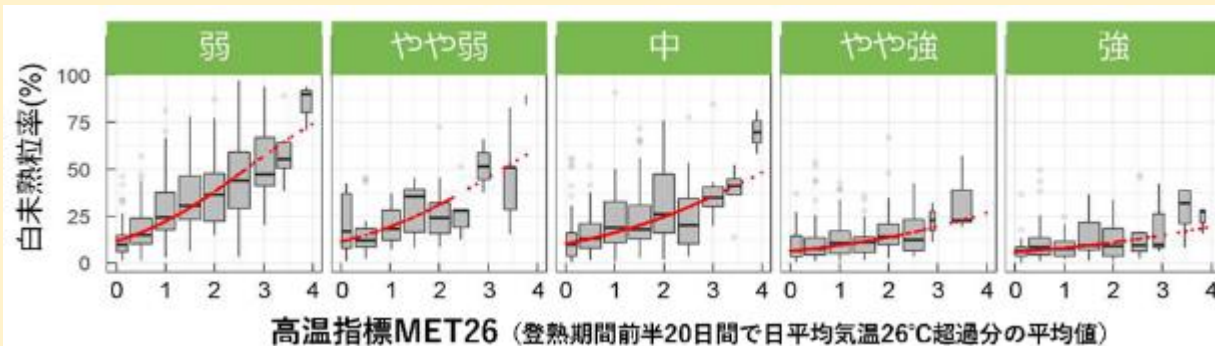
系統的レビューによるデータベース構築

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

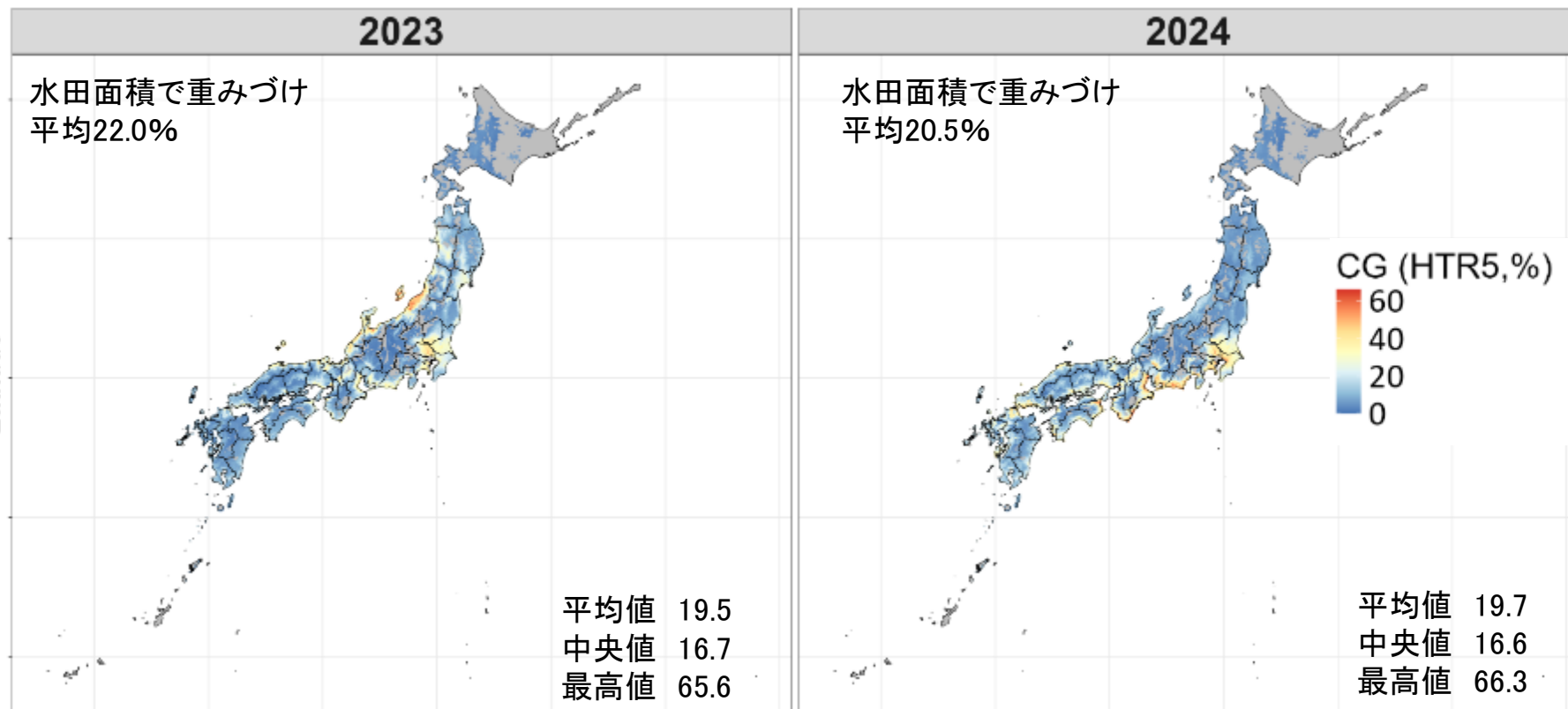
日射

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」

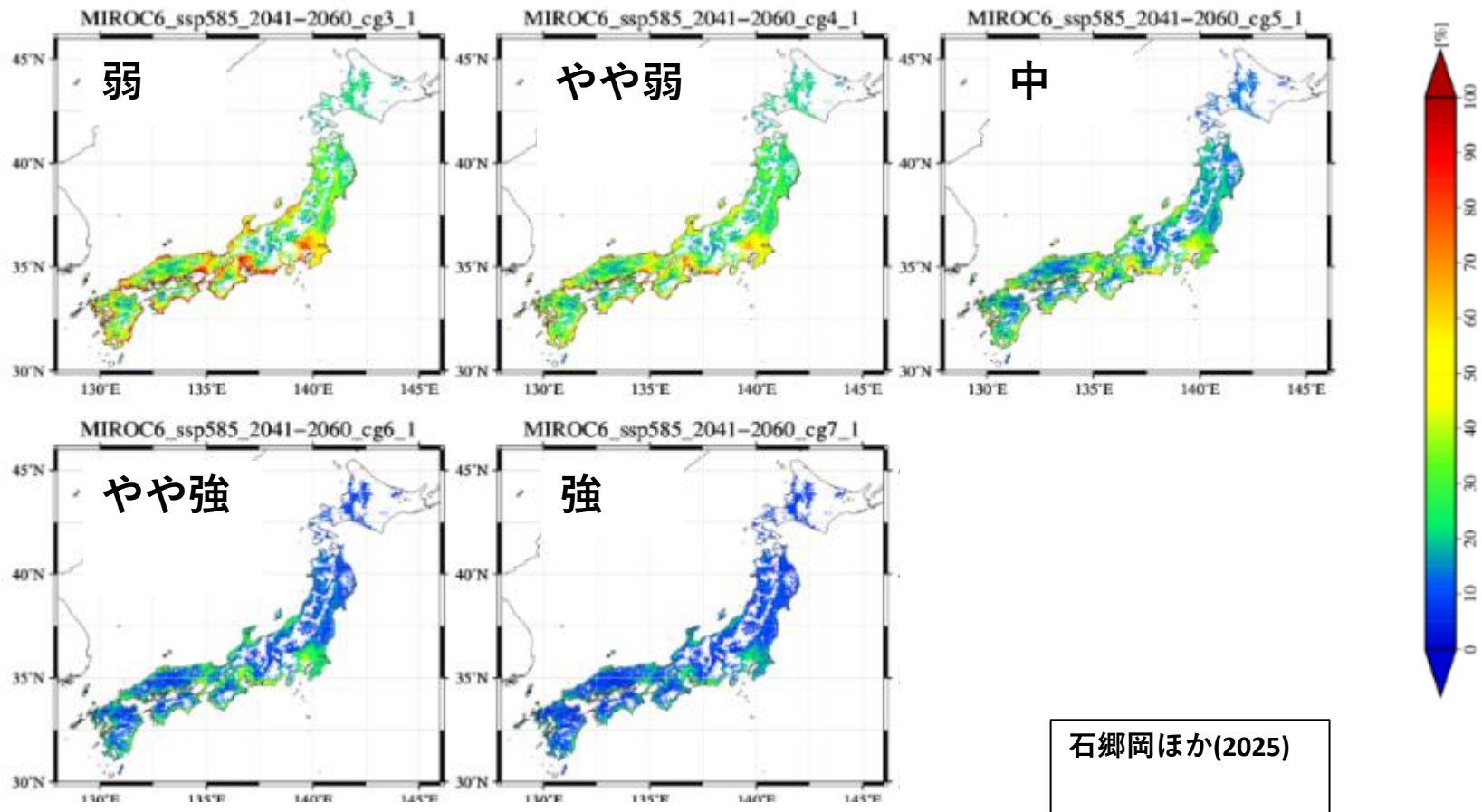


* 1km メッシュの気象データと白未熟粒率推定モデル(Wakatsuki et al., 2024)を用いて推定 (出穂日は作柄表示地帯最盛期 2024年は2023年の出穂日を使用)

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

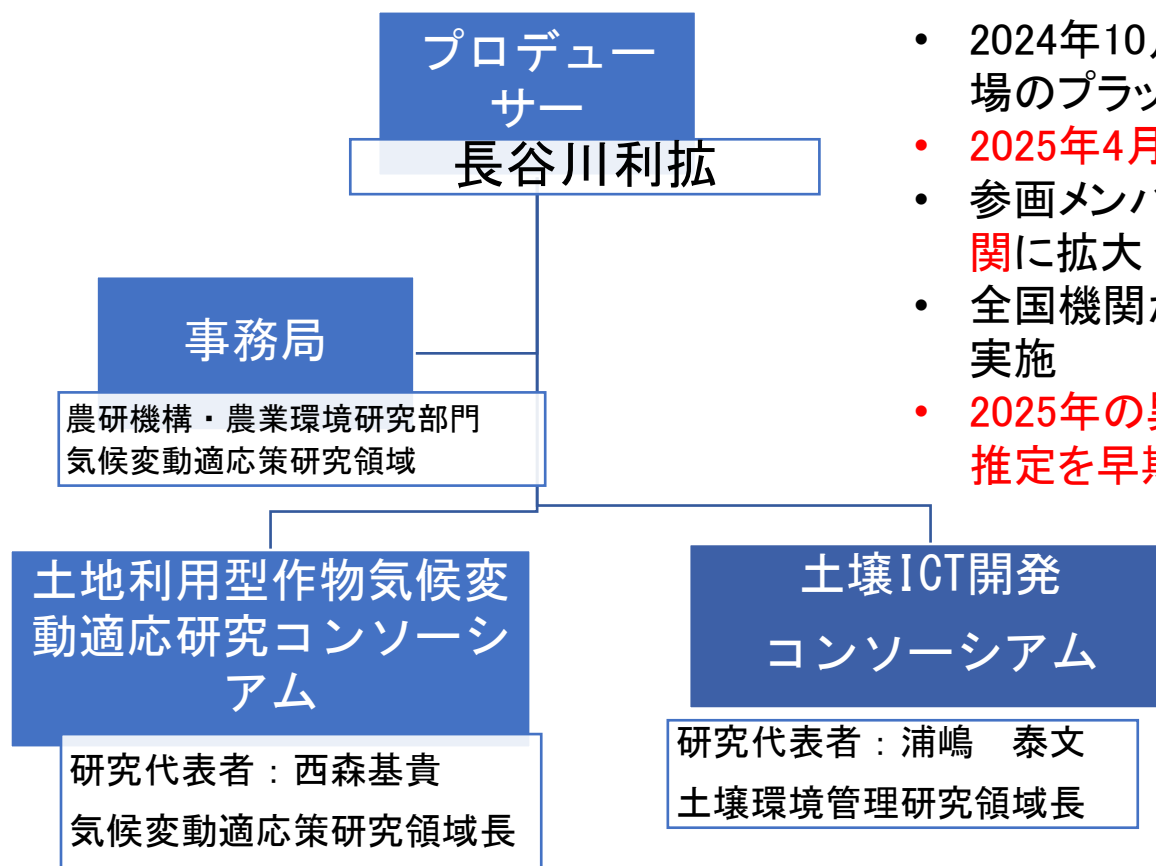
※SSP5_8.5(気候政策を導入しない最大排出シナリオ)によるシミュレーション結果



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。



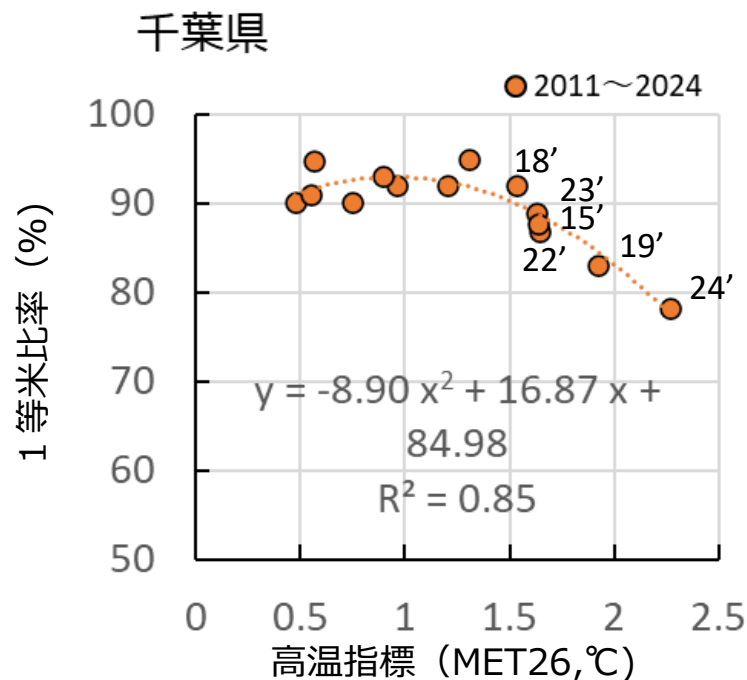
- 2024年10月:「知」の集積と活用の場のプラットフォームとして設立
- 2025年4月から2コンソ体制に拡大
- 参画メンバーは、46都道府県50機関に拡大
- 全国機関からの研究ニーズ調査の実施
- 2025年の異常高温の状況と影響の推定を早期共有

(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

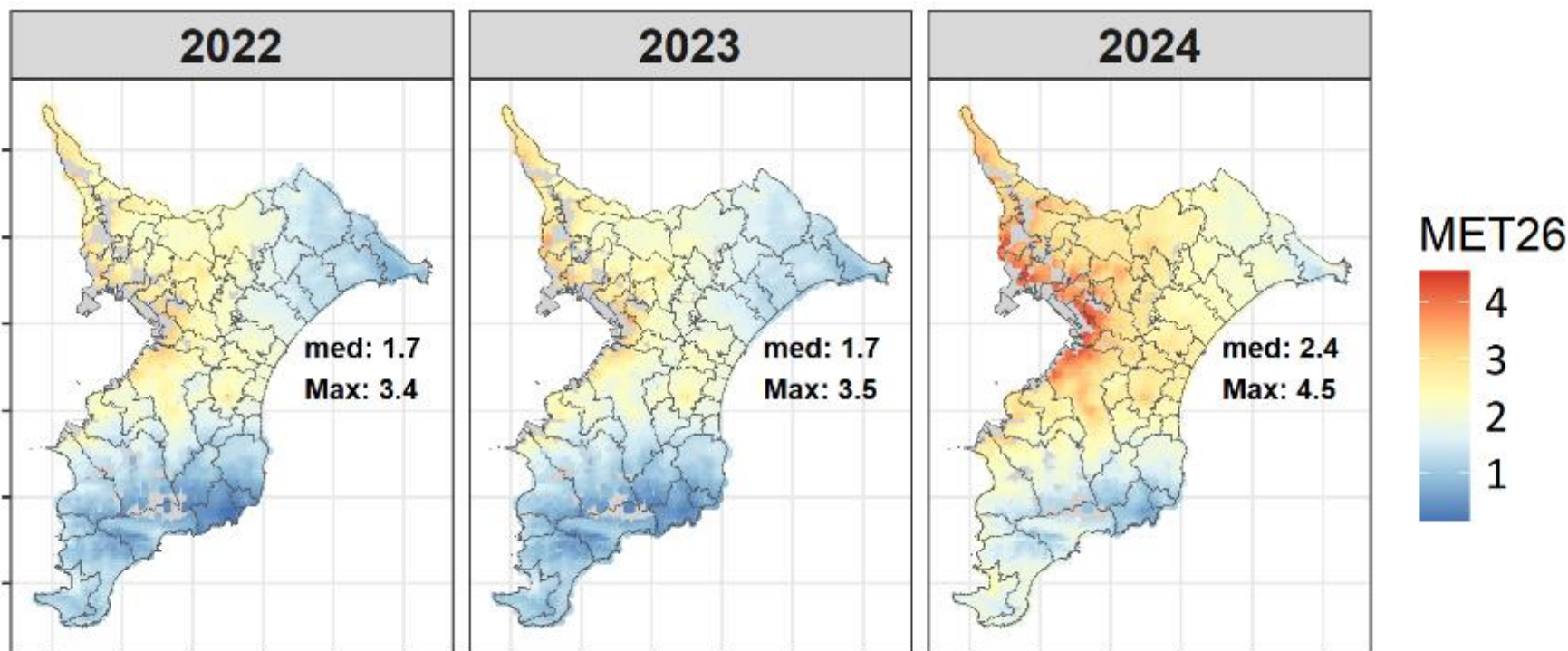
県内 1 等米比率と高温登熟指標（MET26）との関係(2011~2024)



- ◆ 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

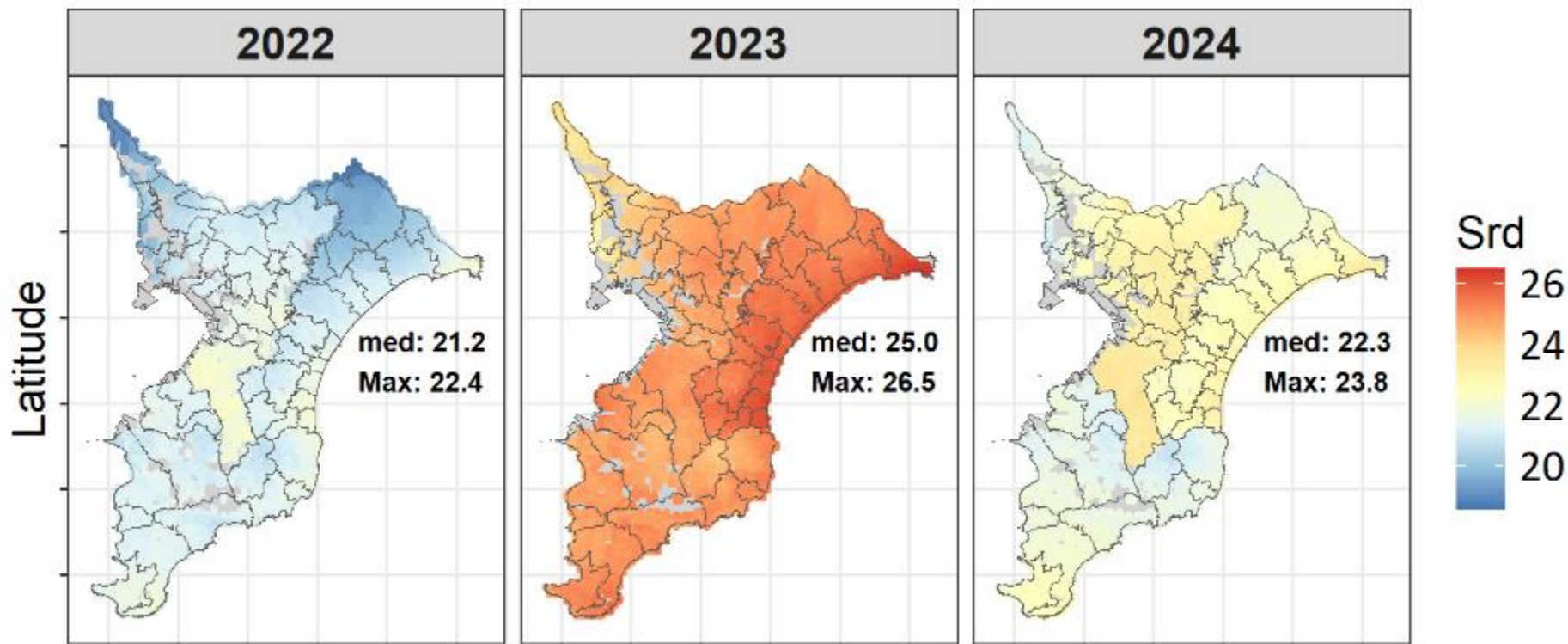
登熟期前半の高温登熟指標 (MET26、℃) の分布



◆2024年はMET26が4℃を超える地点が多数あった。

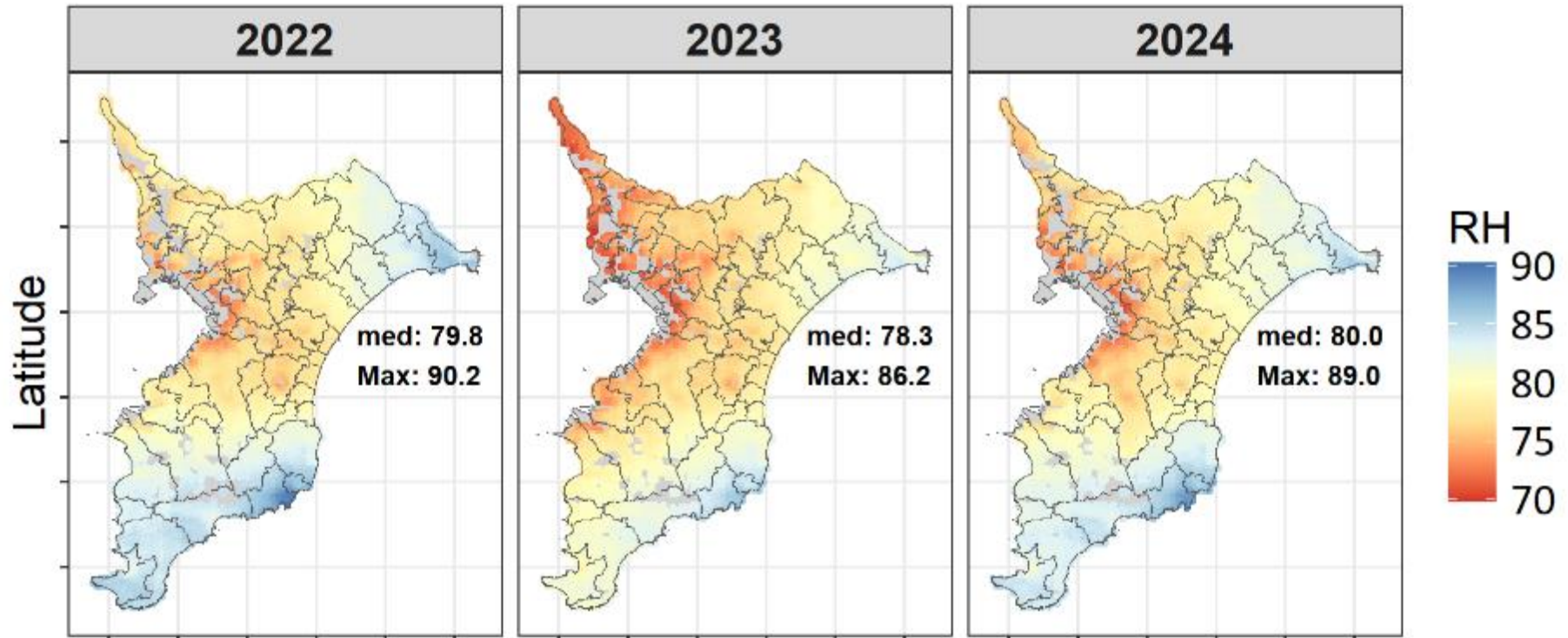
作柄表示地帯出穂最盛期より算出、水田のあるメッシュ

登熟期前半の日照量 (Srd, MJm⁻²d⁻¹) の分布

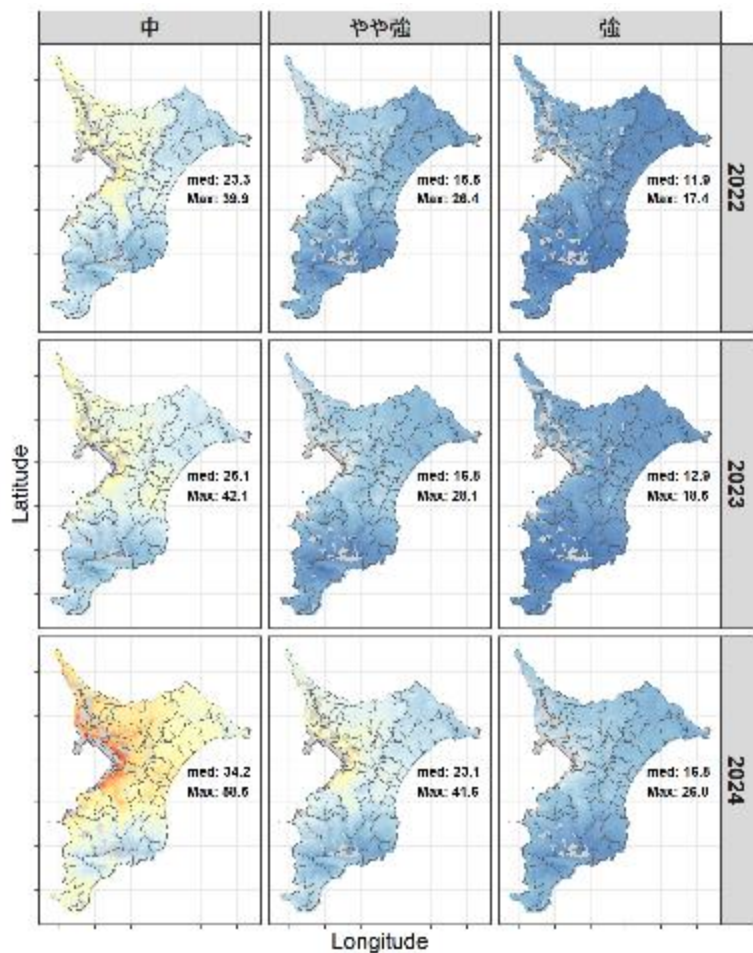


◆2023年は2024年よりも日照が非常に高い地域が広範囲に広がった。

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)



◆ 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