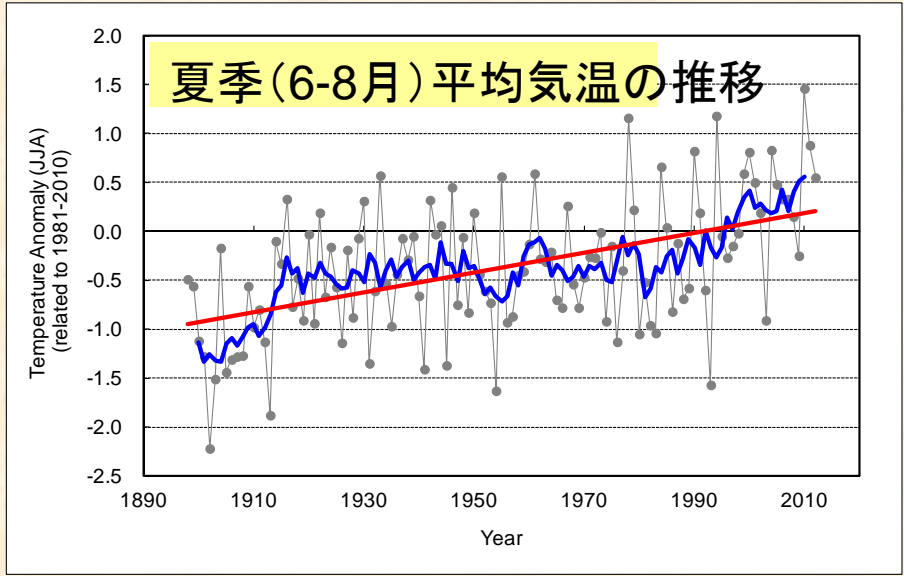


気候変動による水稲収量および 品質の広域影響評価

（国研）農研機構・農業環境変動研究センター
石郷岡康史

近年の高温傾向と作物への影響



水稲

○ 白未熟粒の発生形態

白未熟粒の発生は、登熟期の高温・多雨により、粒の充実が不十分になり、乳白粒化して等級が下がる。

・水稲の登熟期(出穂・開花から収穫までの期間)の日平均気温が27℃を上回ると玄米の全部又は一部が乳白化したり、粒が細くなる「**白未熟粒**」が多発。

・特に、登熟期の平均気温が上昇傾向にある九州地方等で深刻化。

果樹

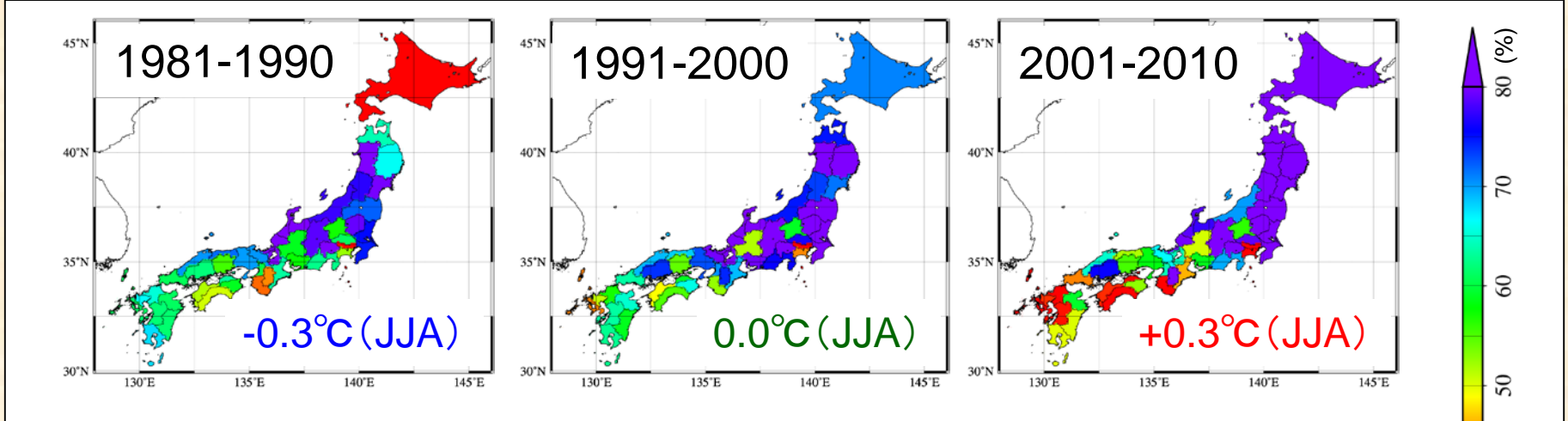
高温によるみかんの「**日焼け果**」

高温によるみかんの「**浮皮症**」
〔成熟が進んでからの高温・多雨により、果皮と果肉が分離(品質・貯蔵性の低下)〕

着色不良

ぶどうの着色障害
〔高温によるアントシアニンの合成抑制〕

正常



都道府県毎の1等米比率の推移(1981-2010:10年毎)

✓ 1等米比率は、北日本では増加傾向、西日本では減少傾向が見られる。

手順

栽培管理データ

基準品種

基準移植日

施肥(量、時期)

水管理

その他

メッシュ化データ

入力気象データ

日平均気温

日積算日射量

日最高気温

日平均相対湿度

日最低気温

日平均風速

放射収支

日平均水温

光合成有効放射

生育収量予測モデル
(収量・発育段階) → (リスク指標)

CO₂濃度

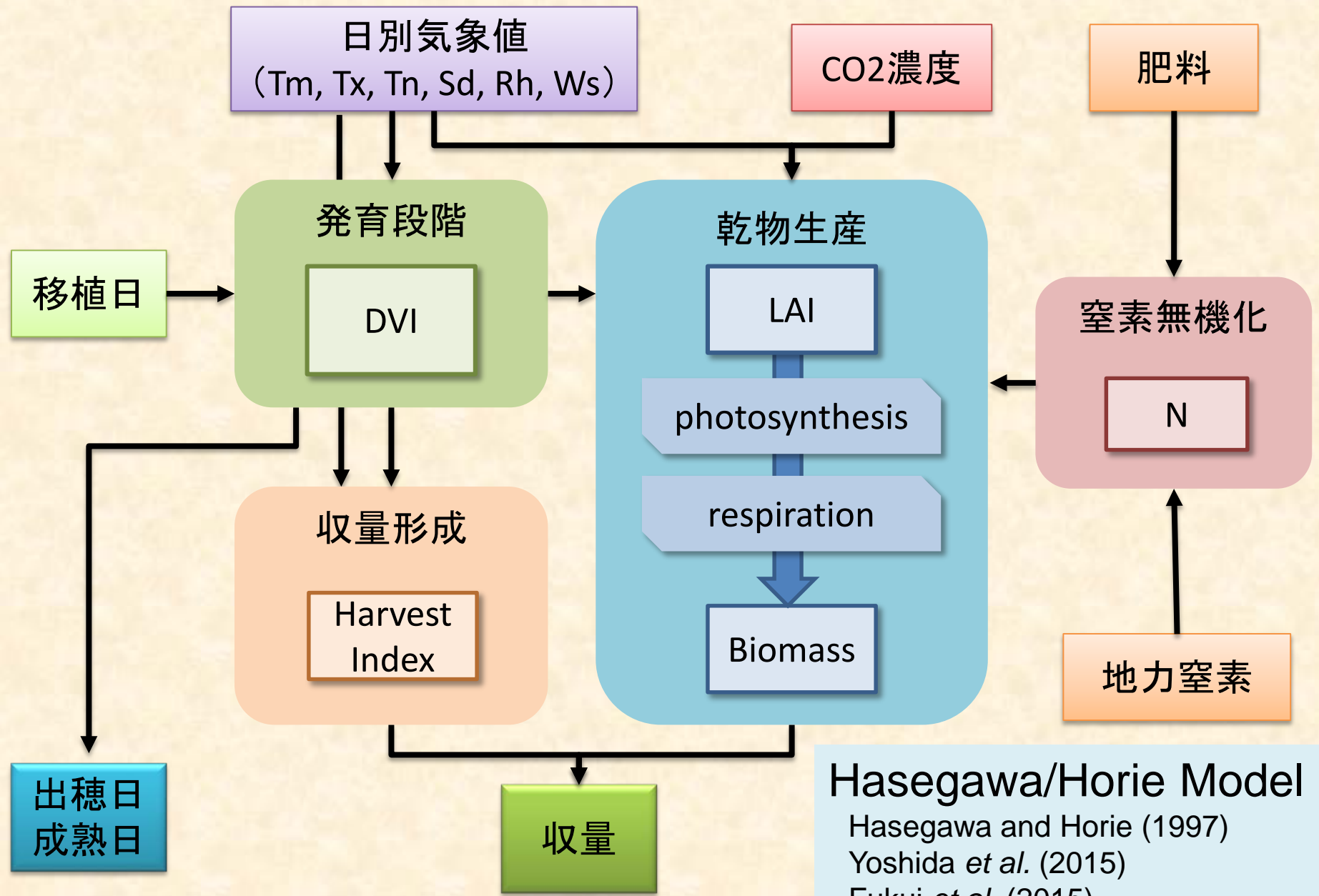
影響評価

適応策評価

間接影響要因

- ・水需給
- ・病虫害
- ・台風など

モデル概要(生育・収量予測)



Hasegawa/Horie Model
Hasegawa and Horie (1997)
Yoshida *et al.* (2015)
Fukui *et al.* (2015)

影響評価のための指標

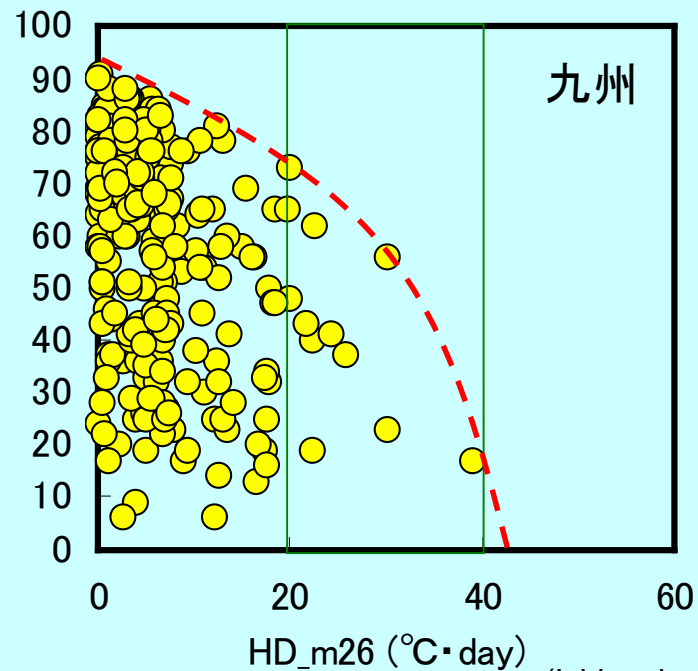
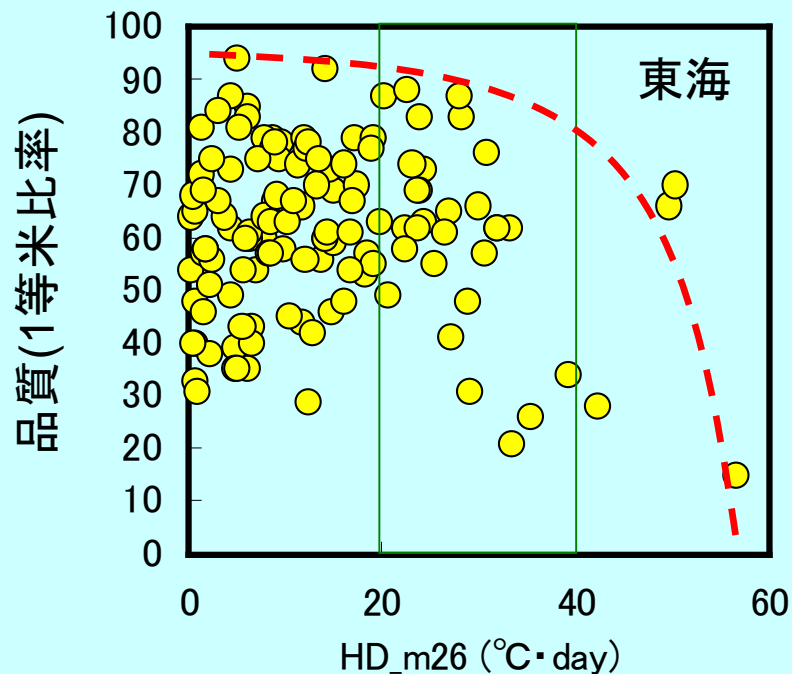
◎収量:

玄米収量(低温および高温による減収を考慮)

◎高温による品質低下リスク指標(HD_m26):

登熟期間前半(出穂後20日間)のHeat dose ($\sum(Tm-26)$)

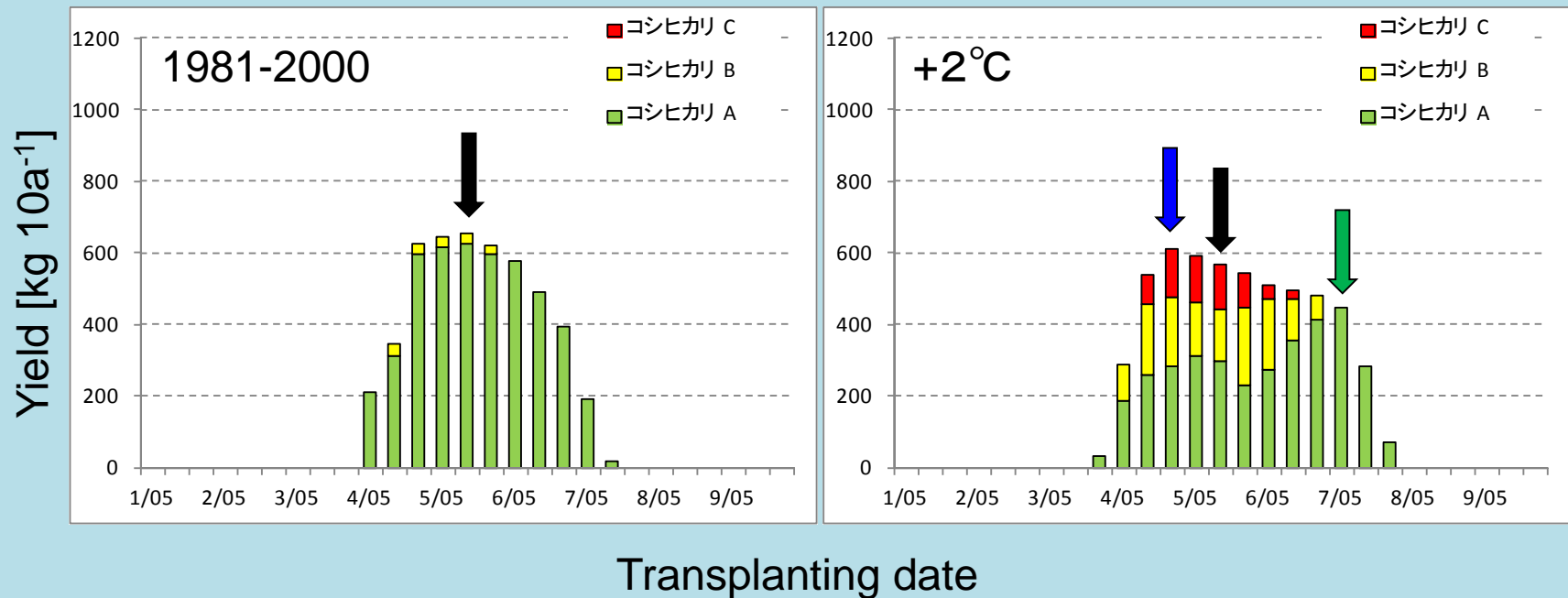
- ・ HD_m26 < 20(°C·day) : ClassA(高温による品質低下のリスク低い)
- ・ HD_m26 > 20(°C·day) : ClassB(高温による品質低下のリスクあり)
- ・ HD_m26 > 40(°C·day) : ClassC(高温による品質低下のリスク高い)



(Ishigooka et al., 2011)

Adaptation by shifting transplanting (Nagano Pref.)

Changes in yield and fraction of each class by shifting transplanting date.
(Cultivar is Koshihikari, Standard transplanting date is May 11)



adaptation1: transplanting date for maximum total (all classes) yield

adaptation2: transplanting date for maximum class A yield

no adaptation: standard (current) transplanting date

シミュレーション条件(コメ)

◎入力気象データ

◆ バイアス補正済み気候モデル(GCM)出力値

要素: Tx, Tn, Sd, Rh, Ws
解像度: 2次メッシュ (10km × 10km)
期間: 1981 – 2100, 日別 (ジェネレータ)
気候モデル: 6GCMs(MIROC5, MRI-cgcm3, GFDL-cm3, Hadgen2-ES, CSIRO-mk3.6.0, BCC-csm1.1)

排出シナリオ: 3RCPs (2.6, 4.5, 8.5)

◎品種

◆ 主要15品種(国内水稲総生産量の約83%(平成21年))より、各都道府県作付面積1位品種

◎移植日

◆ 作柄表示地帯別統計値(2000)を基準に、-70日~+70日の範囲で7日毎に移動

◎窒素施肥

◆ 基肥 (8.0/14.0), DVI=1.3 (3.0/14.0), DVI=1.6 (3.0/14.0)

◆ 投入量は9地方毎

◎その他制約条件等

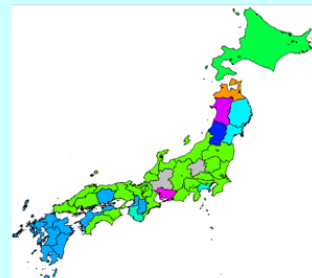
DVI \geq 3 (successful)

Tm $<$ 15°C continuously within 5 days (stop)

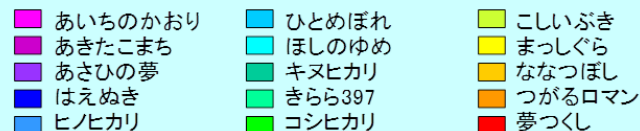
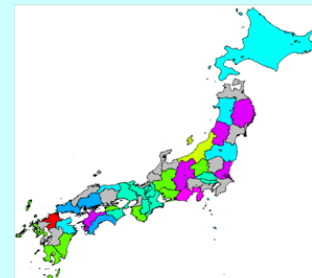
5 days mean Tw after transplanting $<$ 14°C (failure)

Date over 12/31 (failure)

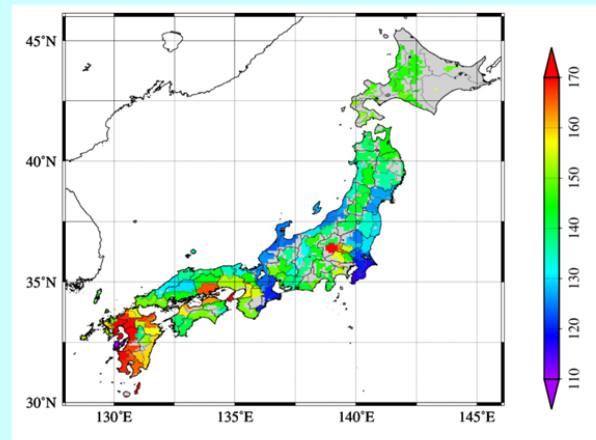
1位



2位



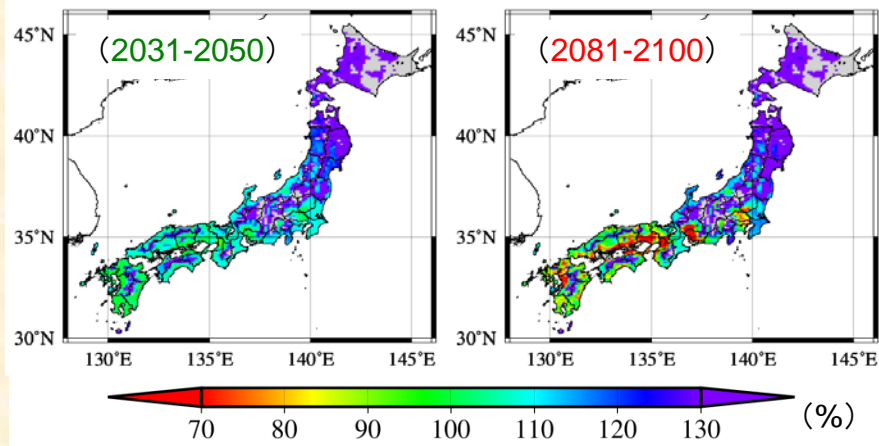
都道府県別主要栽培品種(2003)



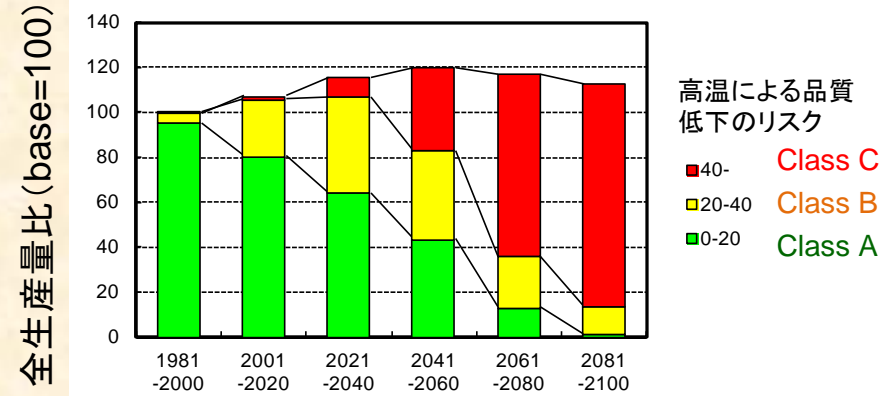
作柄地帯別水稲移植日(2000)

予測収量と品質低下リスク (HadGEM2-ES, RCP8.5)

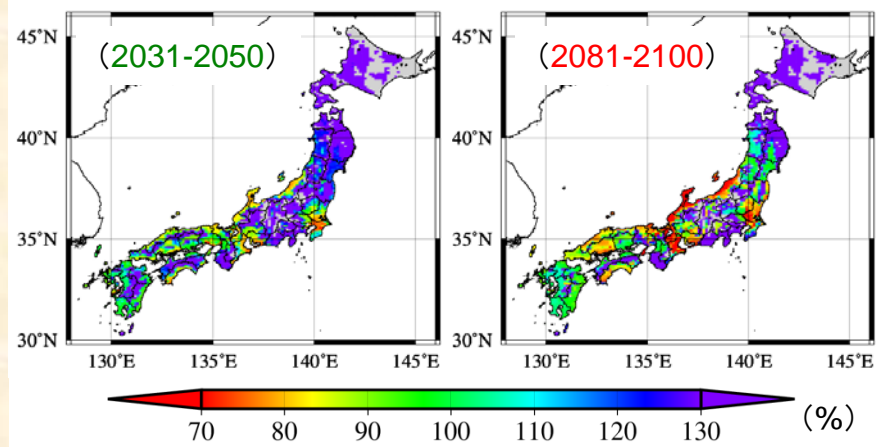
予測収量比分布図(現行品種、現行移植日)



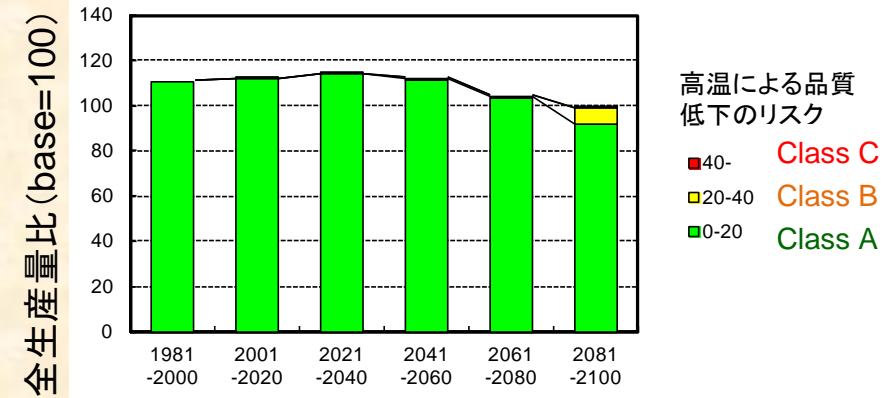
全生産量の推移(20年毎平均: 現行移植日)



予測収量比分布図(現行品種、品質重視移植日)



全生産量の推移(20年毎平均: 品質重視移植日)

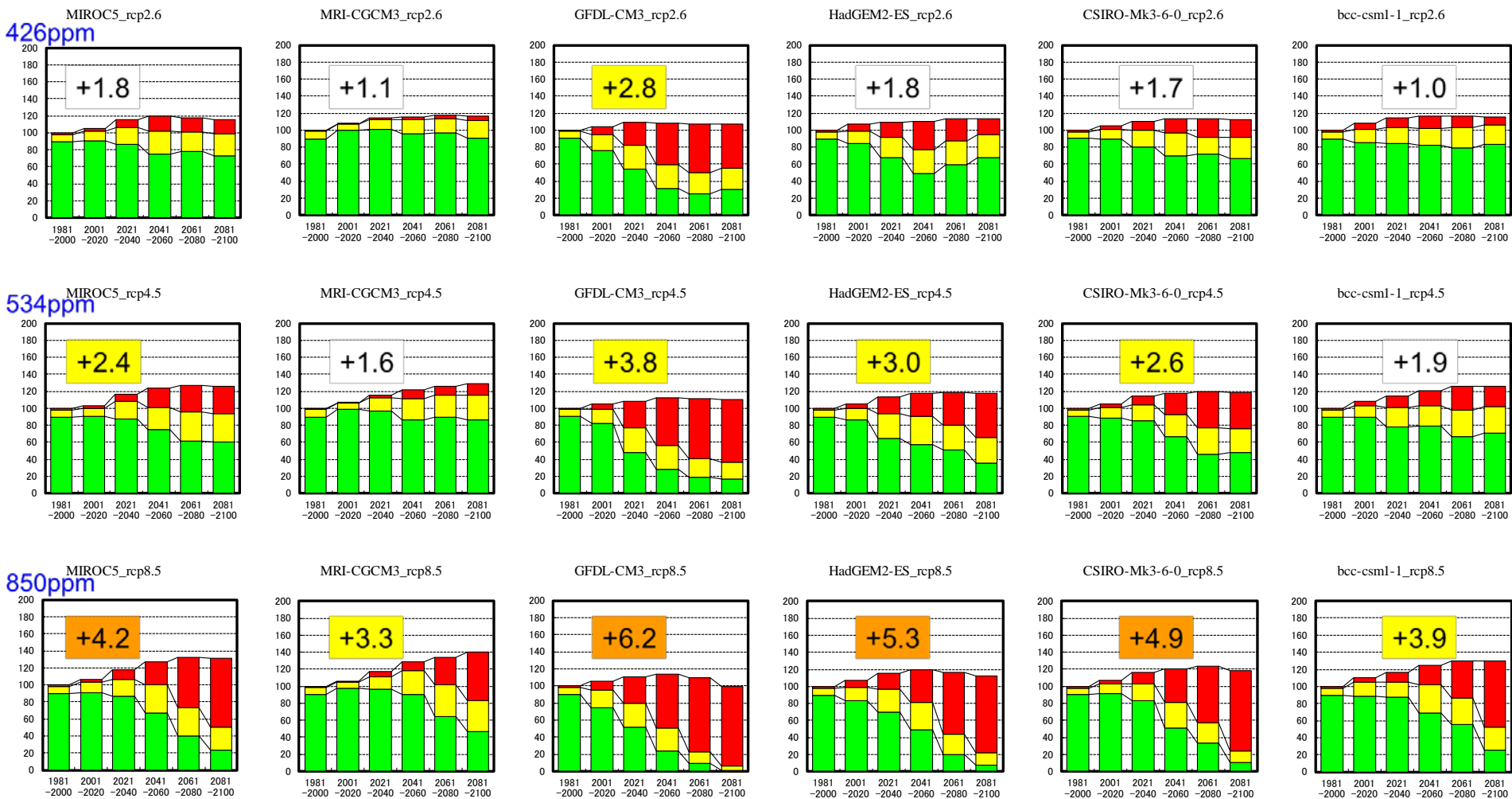


収量比分布 (base: 1981-2000を100%とした比率)

全生産量 (base: 1981-2000を100とした相対値)
高温に因る品質低下リスク指標により3クラスに分類

- ◆ 現行移植日 (適応なし) 登熟期間前期に高温ストレスを受ける割合が極めて高くなる。
→ 全生産量は増加するが、品質が大きく低下する可能性がある。
- ◆ 品質重視移植日 (適応あり) 全生産量は大きく減少しないが、収量の地域的偏りが極めて大きくなる。
→ 耕作適地、不適地の2極分化

Total production and heat risk (CMIP-5, no adaptation)

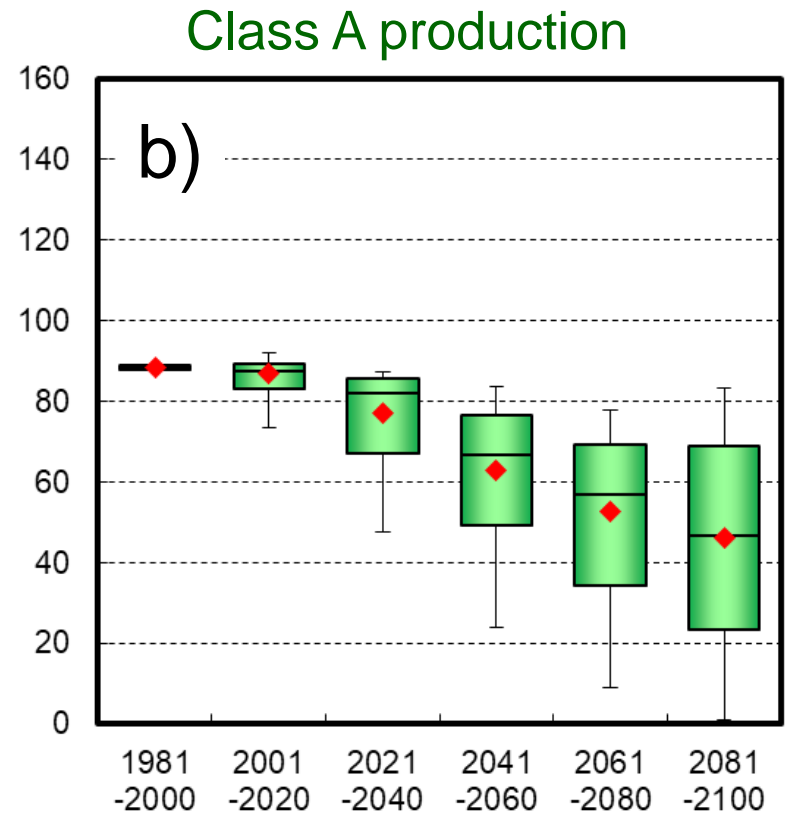
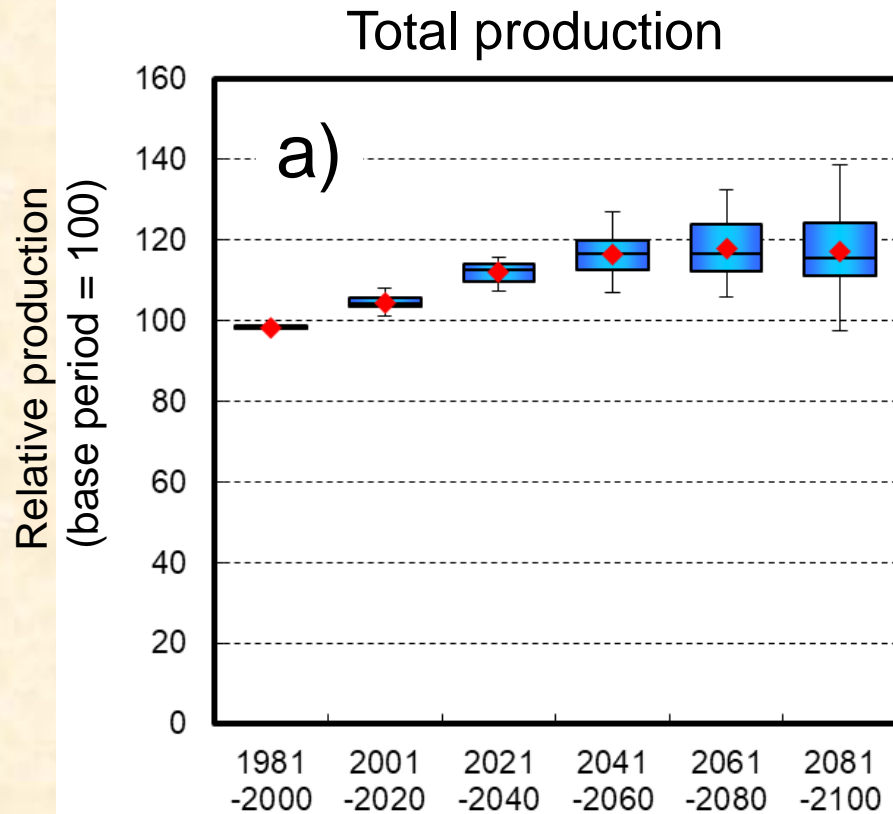


Classified into 3 classes by heat stress index

0-20: Class A 20-40: Class B 40+ : Class C

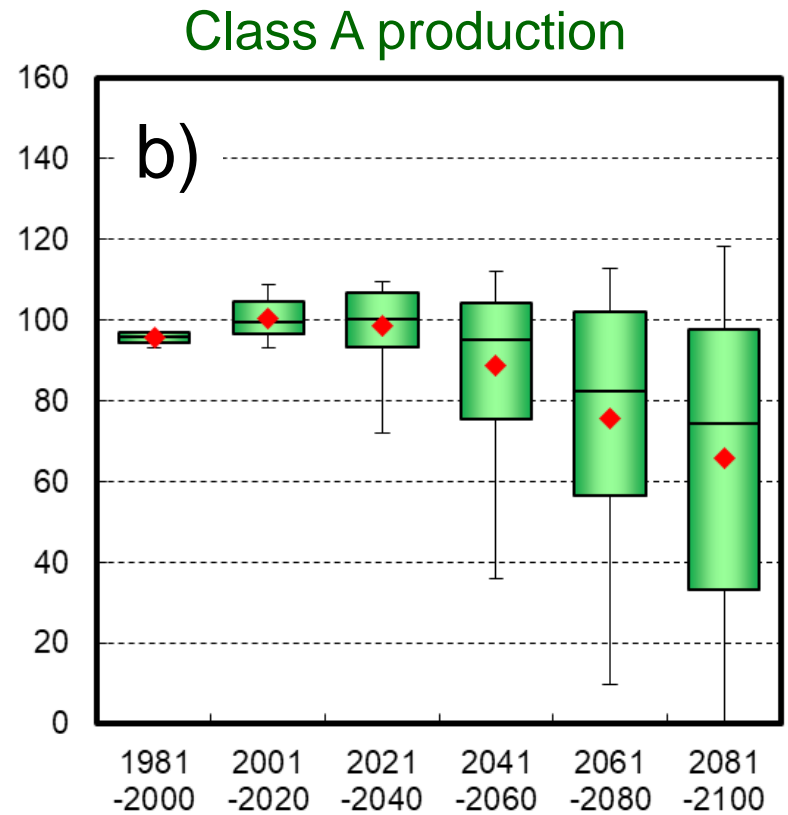
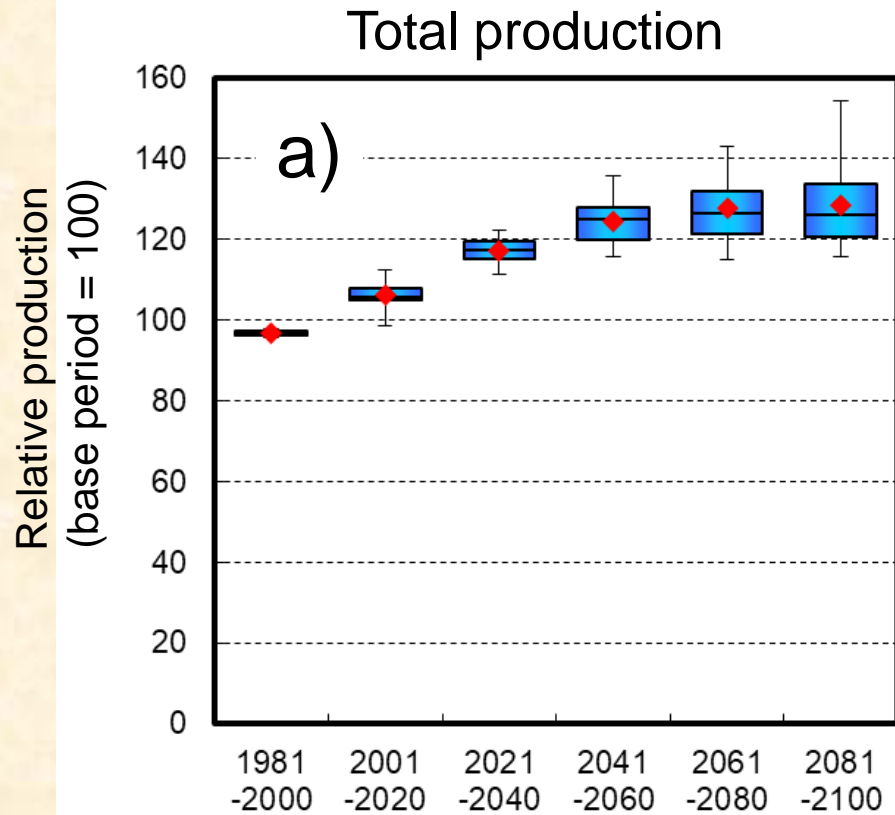
- ✓ Total production: Differences among the scenarios are relatively small.
- ✓ Proportion of each class: Differences among the scenarios are very large.

Width of the predicted rice production (ALL)

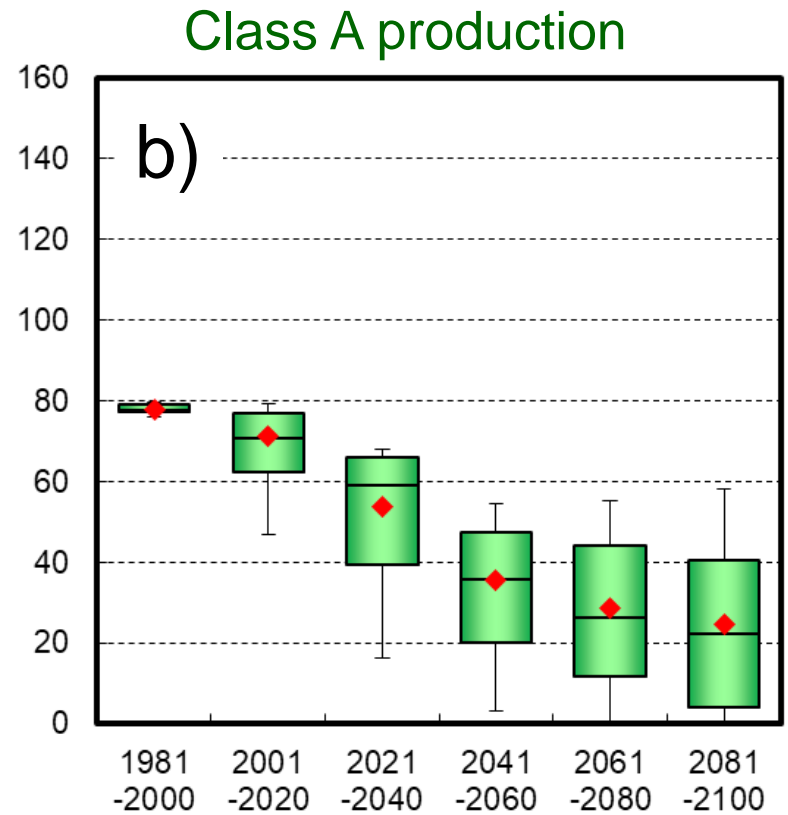
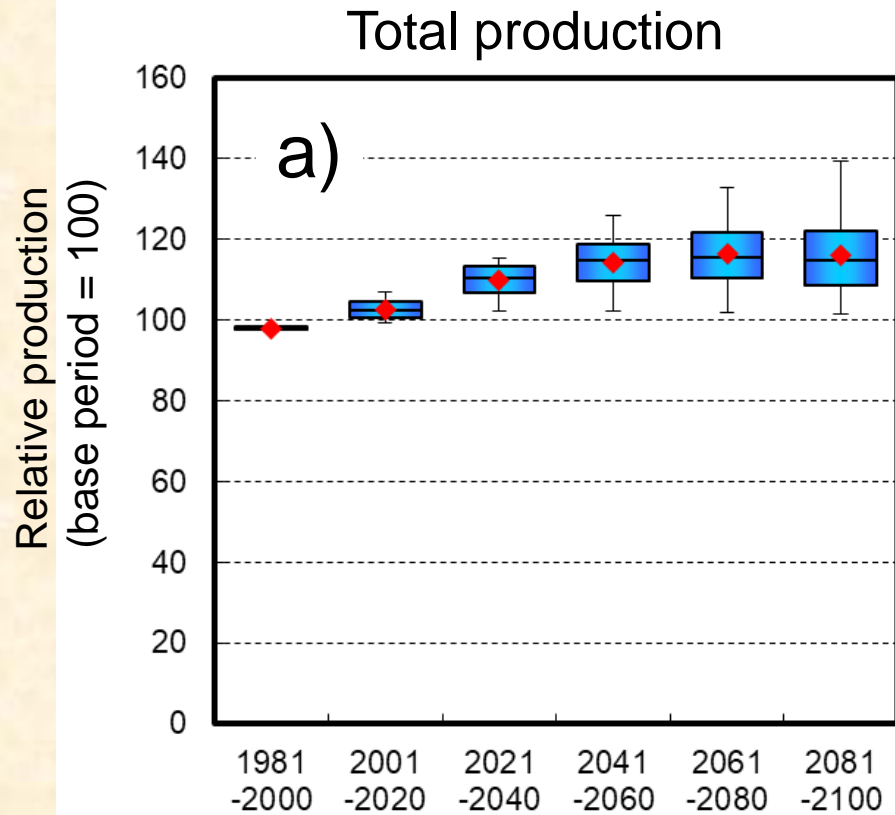


- a) Total production based on no-adaptation condition are estimated to increase continuously during this century without large variability among climate scenarios.
- b) If only the production without heat stress (Class A) are selected, decreasing trend are found after the middle of 21th century, and have very large variability among climate scenarios.

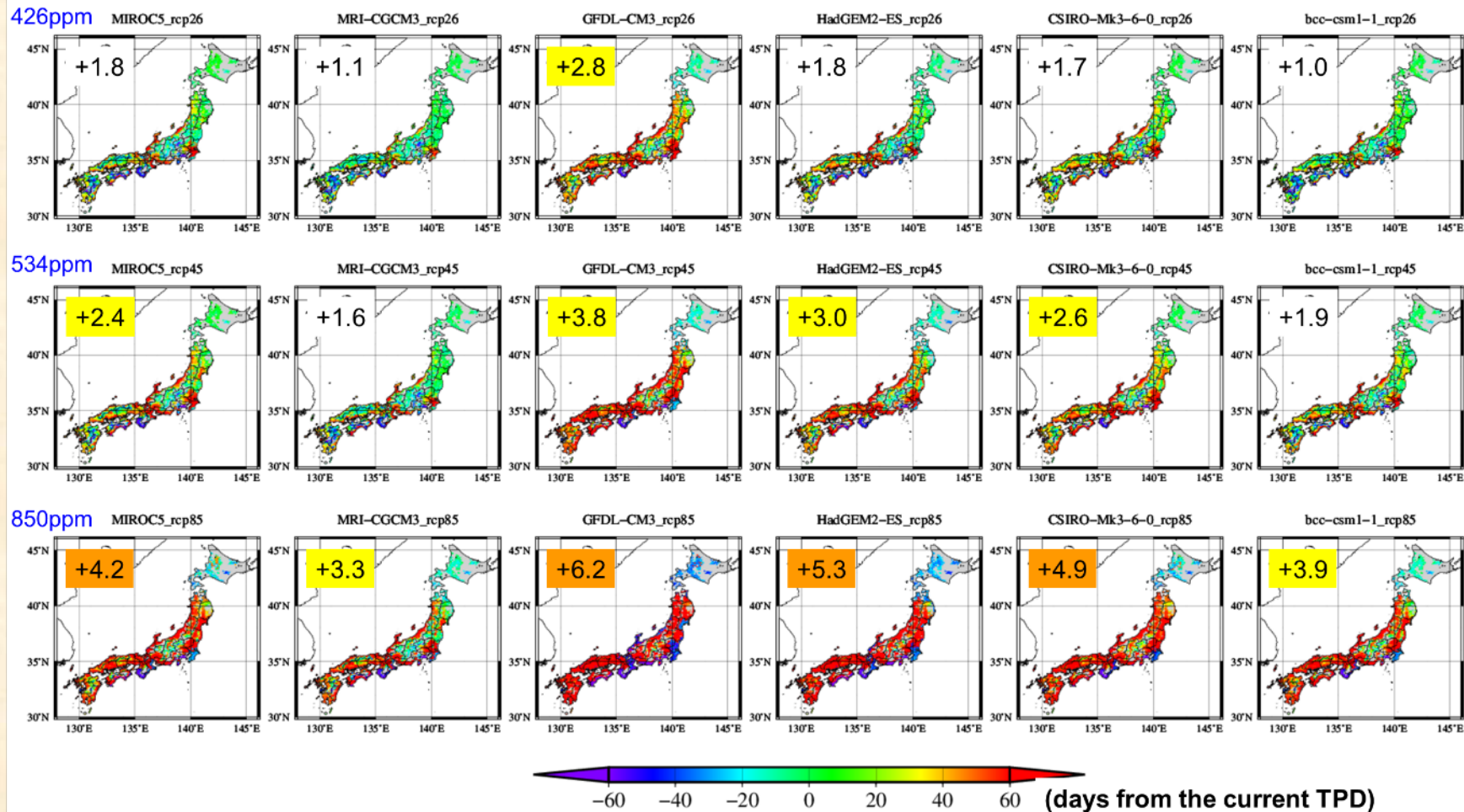
Width of the predicted rice production (Tohoku)



Width of the predicted rice production (Hokuriku)



Change of optimal transplanting date (*adaptation2*)

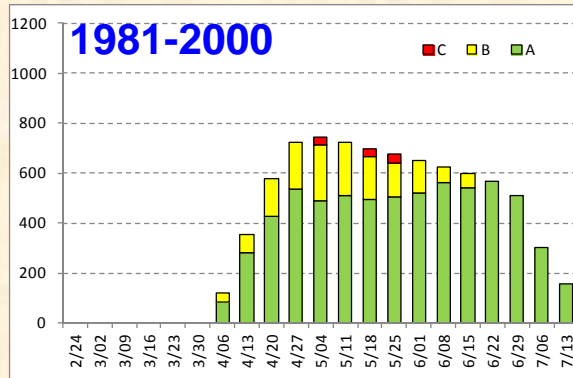


Estimated optimal TPD under the projected future climate conditions (2081-2100)

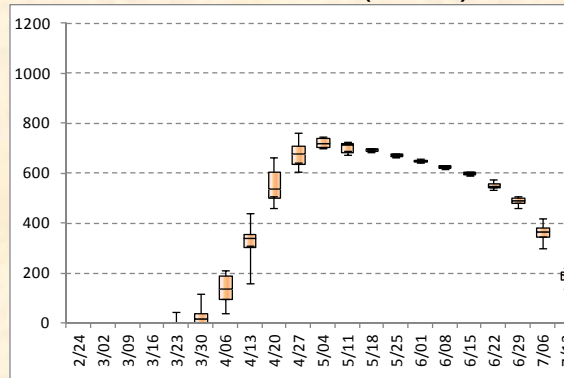
- ✓ Each map shows the distribution of shifting days between estimated optimal TPD and current one by each climate scenario.
- ✓ The numerical value in each map indicates the projected temperature increase averaged within 20 years compared to the base period (1981-2000).

Case 1: Nagaoka, Niigata (Koshihikari : 5/04)

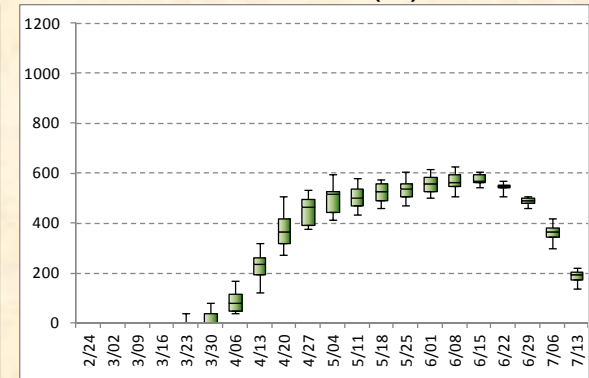
MIROC-5: RCP8.5



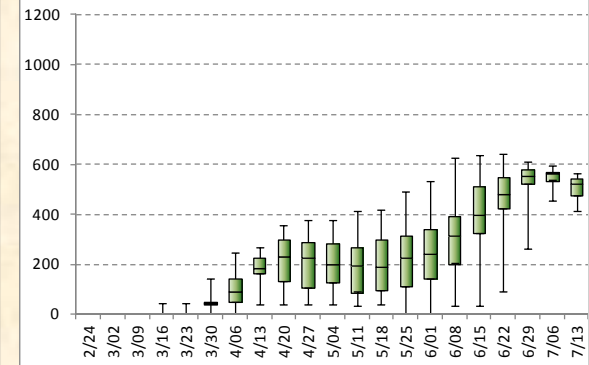
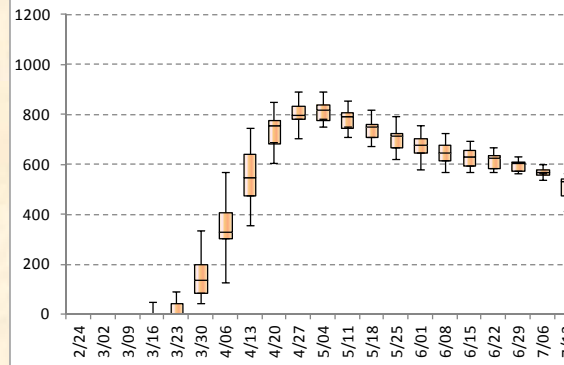
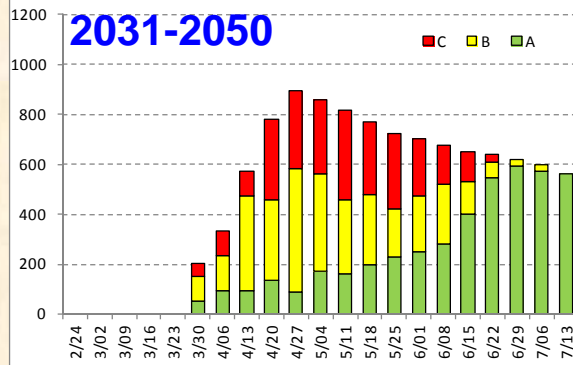
6GCMs: 3RCPs (ABC)



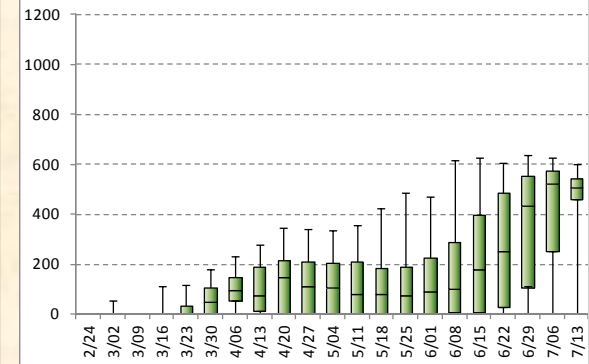
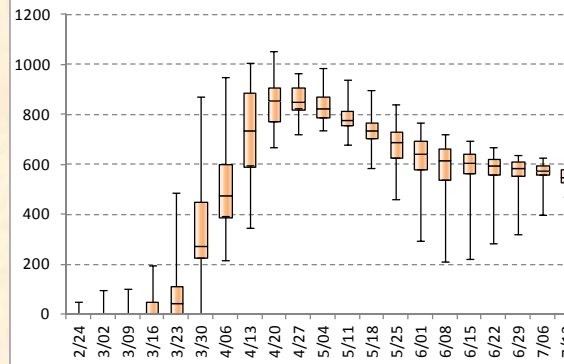
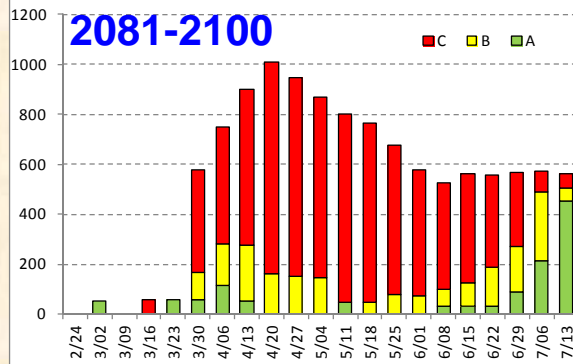
6GCMs: 3RCPs (A)



2031-2050



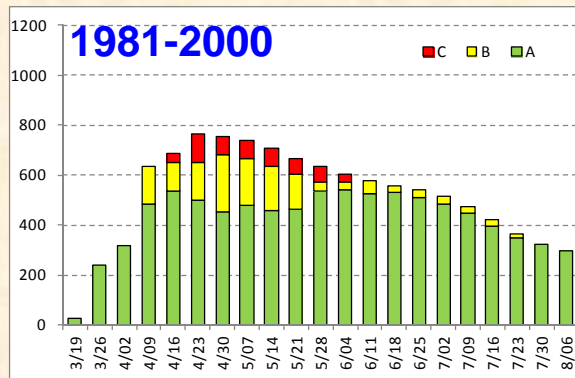
2081-2100



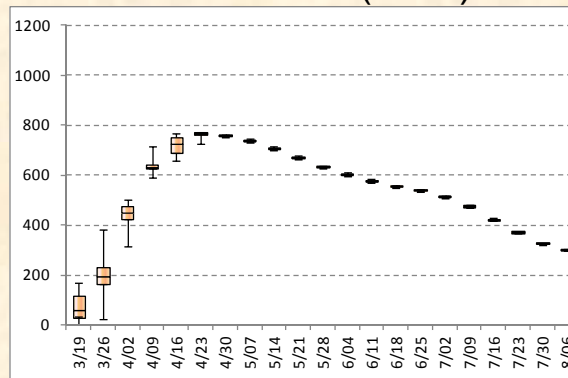
Transplanting Date (m/d)

Case 2: Yaizu, Shizuoka (Kinuhikari : 5/28)

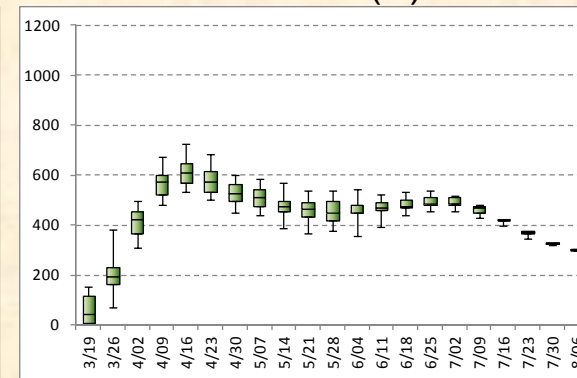
MIROC-5: RCP8.5



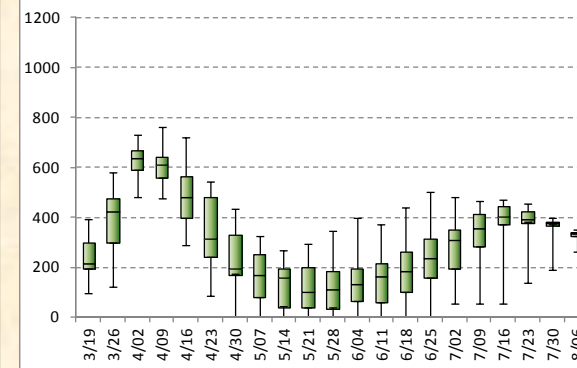
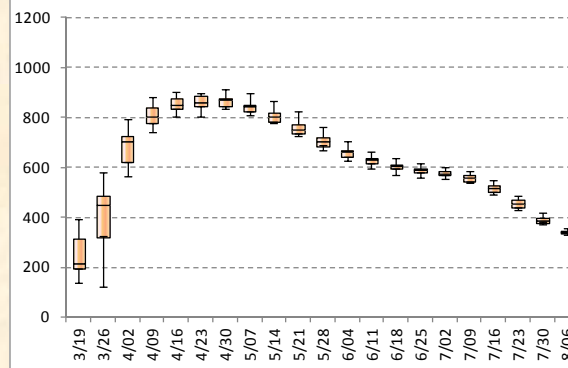
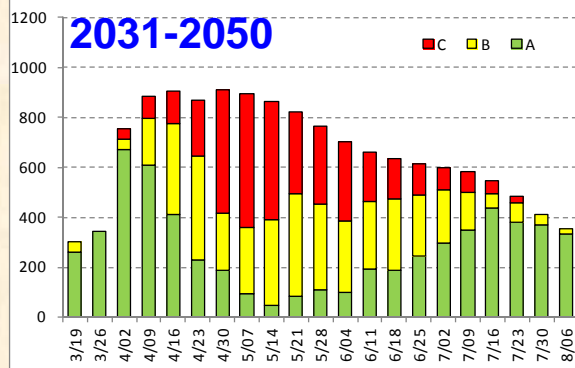
6GCMs: 3RCPs (ABC)



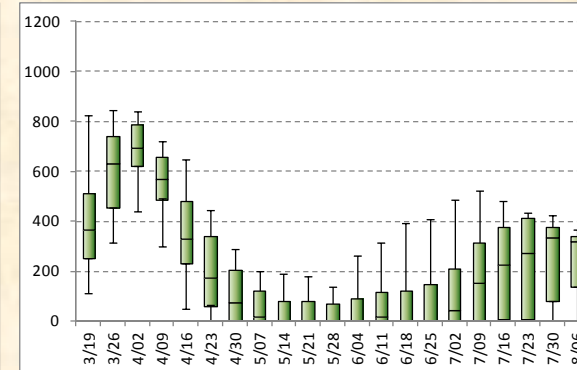
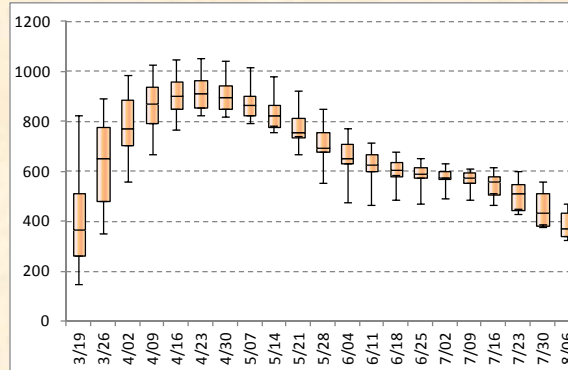
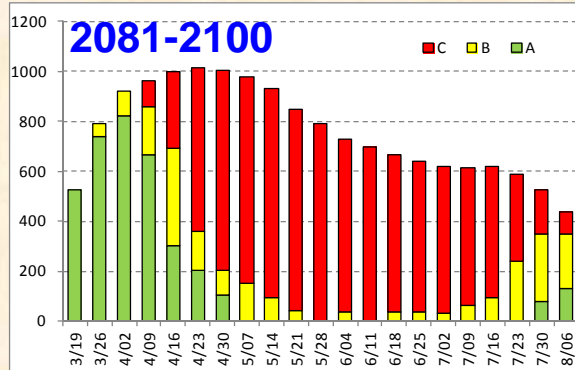
6GCMs: 3RCPs (A)



2031-2050



2081-2100



Transplanting Date (m/d)

気候変化による影響評価結果を踏まえ、影響軽減のための適応策オプションとしての作期移動の効果を評価した。

- 現行移植日では、収量は温度上昇に伴い一部地域で減少が予測されるが、高温による生育期間短縮や不稔による減収がCO₂増加による施肥効果で相殺され、全国トータルでは増加傾向となった。品質低下リスクは温度上昇に伴い増大する傾向が認められたが、シナリオ間で差異があり、不確実性は大きい。
- 品質低下リスクの増大を抑制しつつ収量も可能な限り維持できる移植日を20年毎に選択したところ、高温リスクの少ない収穫量は全国トータルでは比較的高水準で維持できることが判明した。但し、地域によっては収量が大きく減少し、適地の2極分化が進む可能性が示唆された。
- 移植日の移動による影響軽減効果は地域ごとの気象条件や品種により大きく異なり、実効性のある適応策の導入には地域ごとの栽培条件を踏まえた適応オプションの選択が重要である。また、利用可能な水資源との関係等も考慮が必要である。

