農学会・日本農学アカデミー
公開シンポジウム　2017/3/11

食料は足りるのか２　–生産を支える新技術-

コメの多収：限界への挑戦

農研機構　中央農業研究センター
北陸研究拠点　水田利用研究領域

吉永悟志

内　容

1. 水稲多収栽培の背景

2. 我が国の単収と多収事例

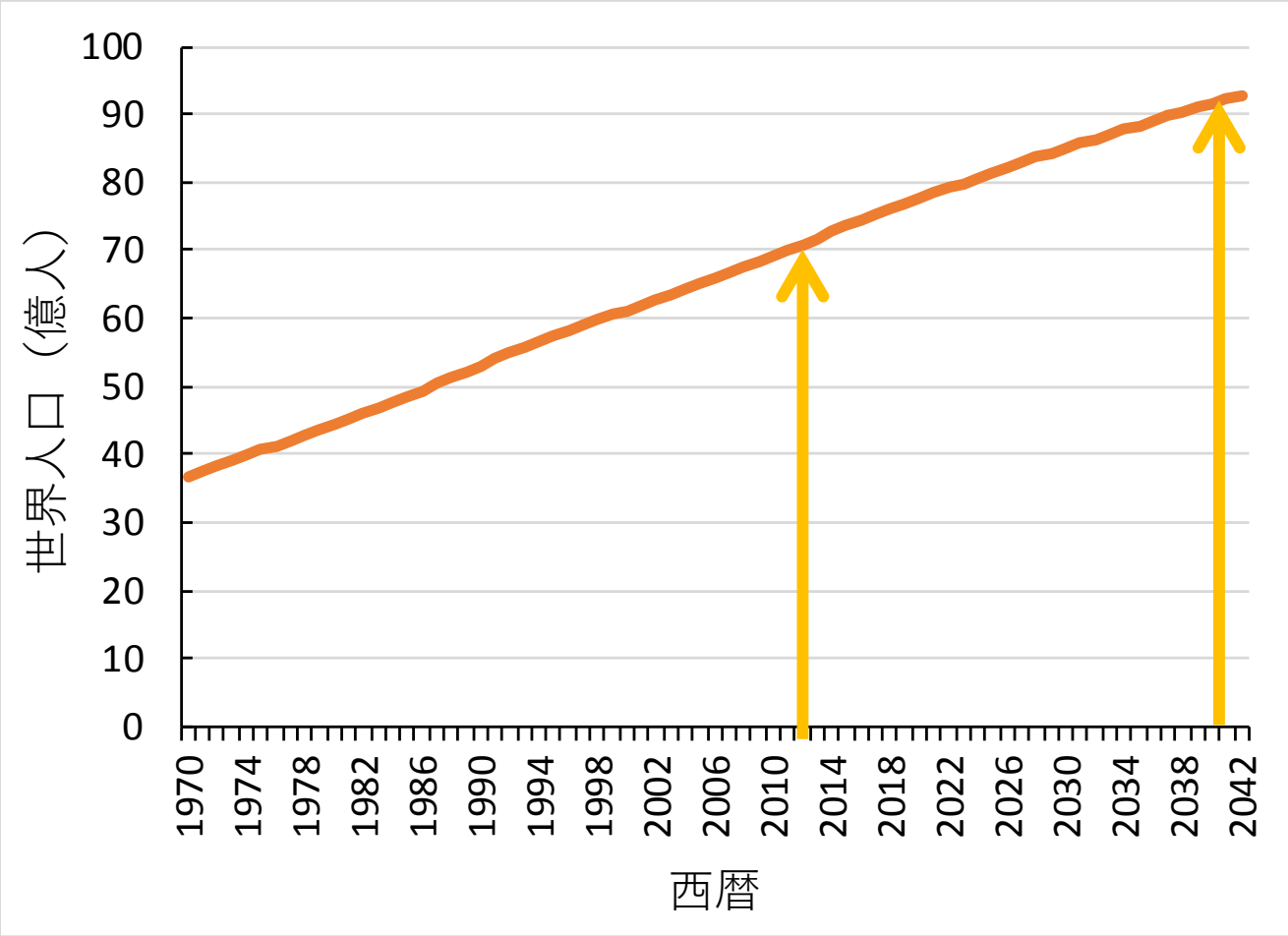
3. 世界の多収事例と多収要因

4. 近年育成の多収品種の特徴

5. さらなる多収を目指して

1. 水稲多収栽培の背景（世界）

DATA：FAO, FAOSTATより

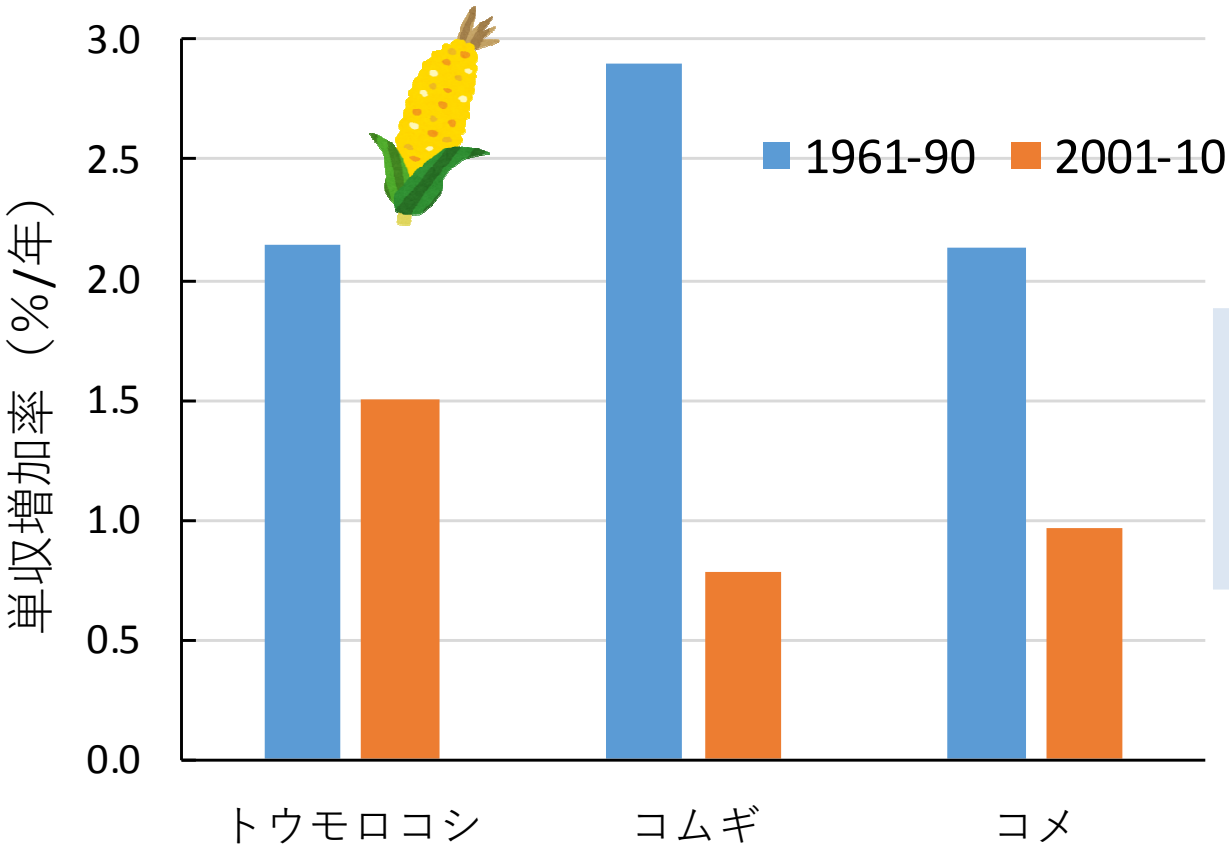


世界人口の推移と予測

世界人口：2012年　70億人　→　20数年後に90億人を超える予測

1. 水稲多収栽培の背景（世界）

DATA：FAO, FAOSTATより



人口増加率

1961-90：1.84%

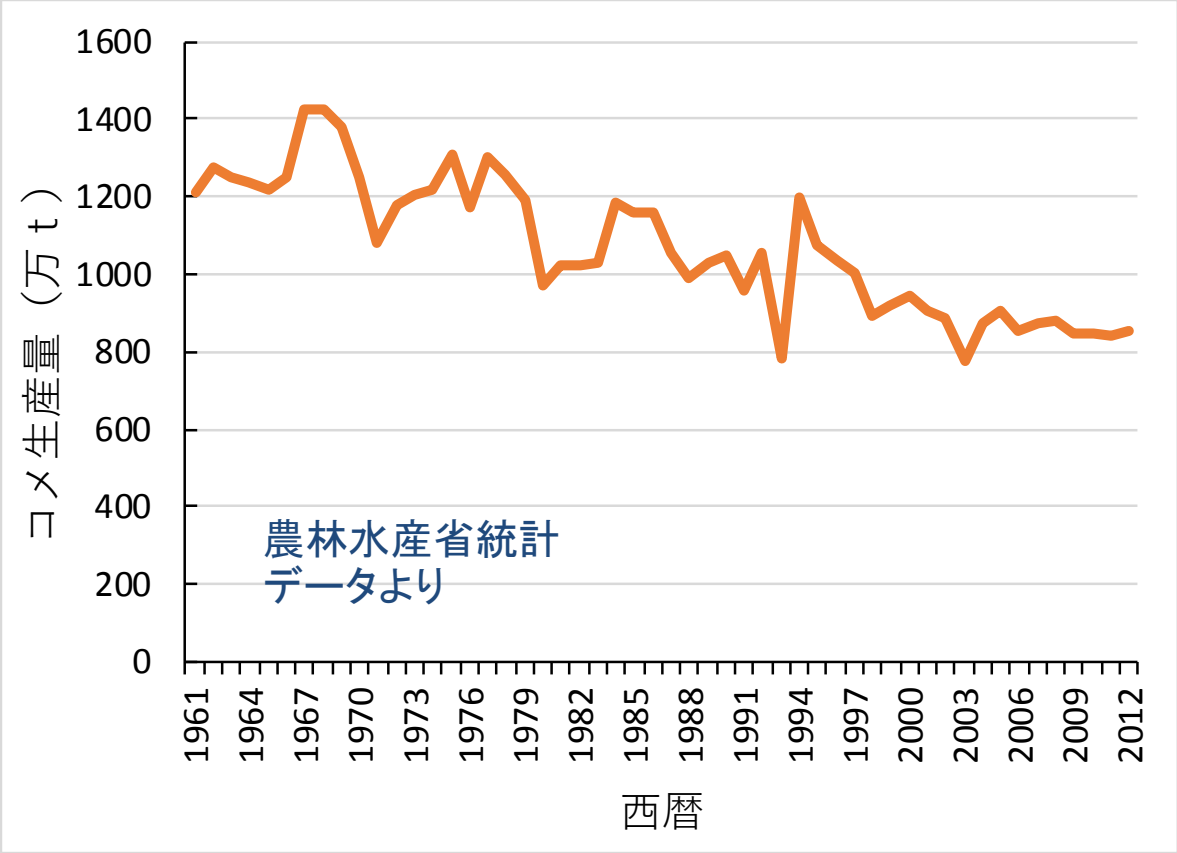
2001-10：1.12%

面積当たり収量の増加率

作物の面積当たりの収量は近年鈍化

革新的な技術や品種の必要性　→食糧問題への国際貢献

1. 水稲多収栽培の背景（日本）



コメの需要変化

一人当たりコメ消費
1985年→2015年
74.6→54.6kg/人/年

加工・外食の割合
1985年→2015年
43.4%→57.9%

国内消費の減少

需要の変化

→ 業務・加工用

→ 飼料用

→ 輸出用

多収による
コスト低減

2. 我が国の単収と多収事例
（コメ生産に関する基礎知識）

平年収量（単収）：531kg/10a

多収県
- 長野県　621kg
- 山形県　595kg
- 青森県　584kg

7-8月	気温 ℃	日射量 MJ/m2/d
東京	26.4	14.8
長野県	24.4	18.1
山形県	23.5	16.4
青森県	22.4	16.6

多収地帯：気温低め+天気が良い

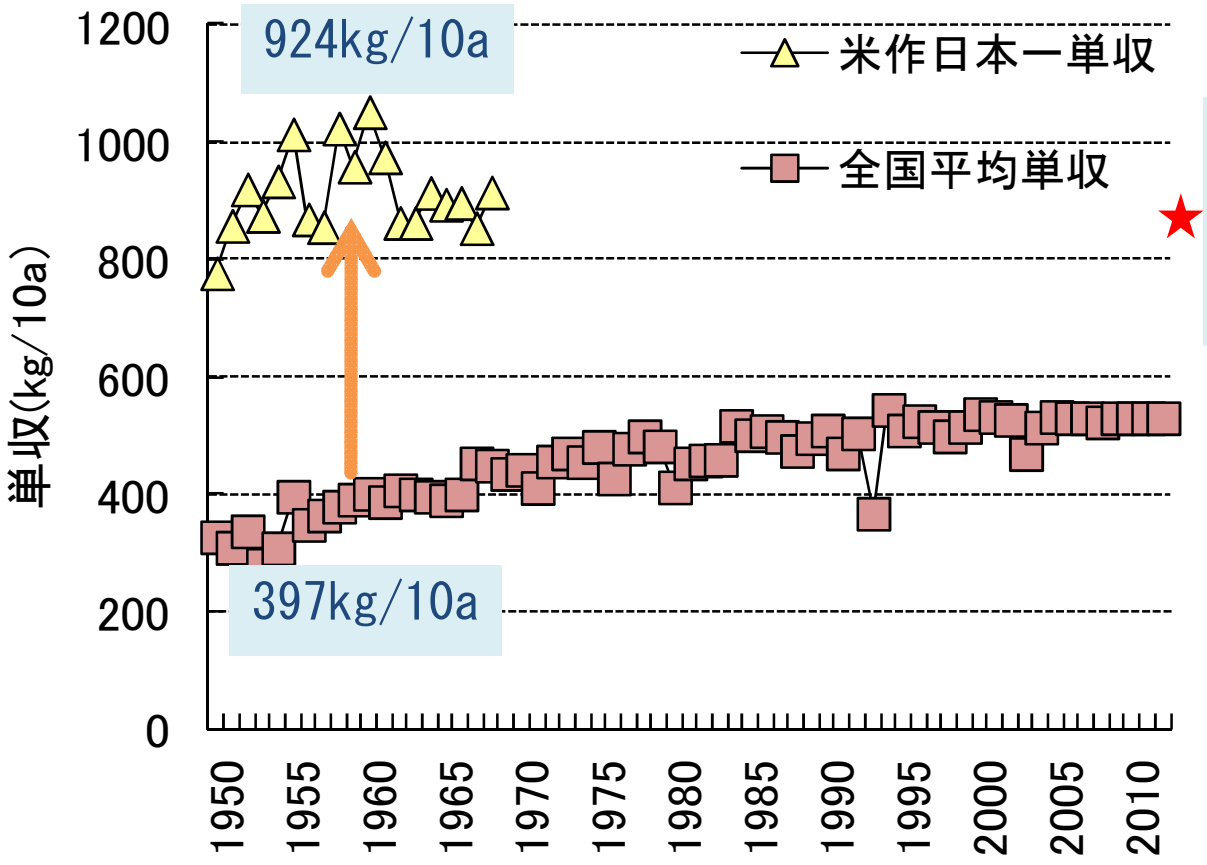
1㎡当たり生産量：白米480g

お茶碗5杯程度

日本人1人当たりの
栽培面積（玄米60kg）
＝約120㎡

2. 我が国の単収と多収事例

米作日本一



2016年～
飼料用米
多収日本一

農林水産省統計
データより

米作日本一事業における多収達成

1949～68年の多収穫表彰事業。当時の単収は300～400kg/10a
日本一の単収平均は900kg/10a、1000kg/10a以上が3カ年

2. 我が国の単収と多収事例

米作日本一　技術要素

栽培の力

土壌環境の改善

①深耕
②間断灌漑
　排水改善
③多肥、客土
　深層施肥
　有機物多投

耕深平均19cm

80%乾田

窒素施用量
20kg/10a以上

品種選定

当時の多収
品種採用

栽培技術が
大きく貢献

各種技術の集積

健苗育成
早植え
密植

気象条件
への適合

2. 我が国の単収と多収事例

農林水産省関連プロジェクトにおける多収研究

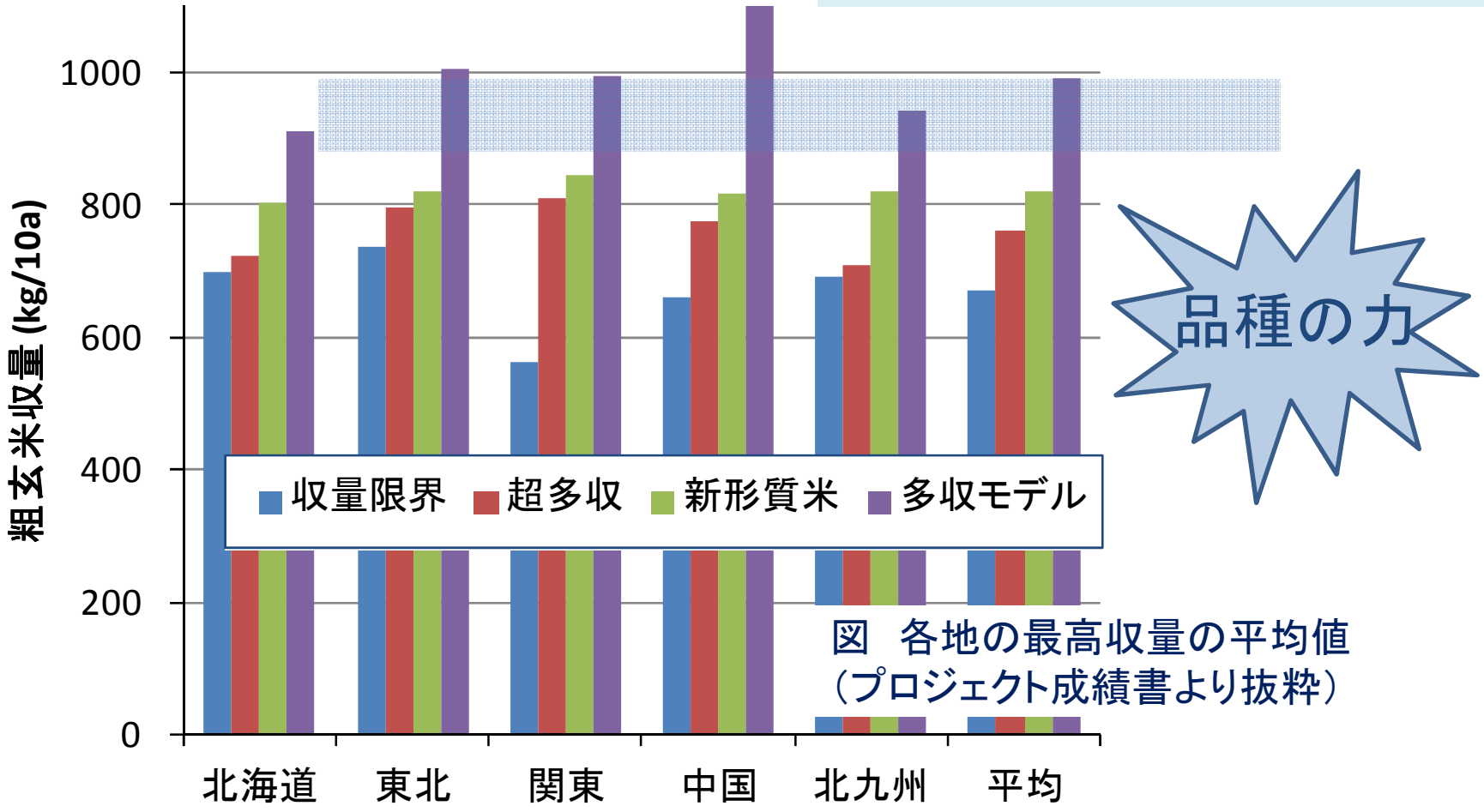


図　各地の最高収量の平均値
（プロジェクト成績書より抜粋）

プロジェクトでの地域別最高収量の推移（1980～2010年代）

収量レベルは徐々に向上し，900-1000kg/10aを達成
900kg超の多収＋品質＋耐病虫性　達成のプロジェクト実施中

2. 我が国の単収と多収事例

神保ら(1987)

Mae et al. (2006)

近年の国内の多収に関する報告例

場所（地域）	品種	栽培法	玄米収量 kg/10a	日射量 MJ m^{-2} d^{-1}	施肥量 kg-N/10a
秋田	秋田63号（大粒品種）	移植	983	17.7	16（緩効性肥料）
山形	山形22号	移植	1064	16.8	20.5 堆肥 2 t/10a
北海道，秋田，福岡	日本型多収品種	移植（22株 m^{-2}）	971～1081	16.4～17.6	14～22
茨城，広島	インド型多収品種	移植（22株 m^{-2}）	1017～1173	15.4～18.3	17～20

玄米収量の一部データは籾重からの換算値．日射量は生育期間（移植・直播入水期～成熟期）の平均値

農研機構
多収モデルプロジェクト
(2008-10)

多肥条件は共通．日射量15～18MJの条件で950～1200kg/10aを達成

3. 世界の多収事例と多収要因

近年の海外の多収に関する報告例

難波（2003）

Horie et al. (1997)

場所（地域）	品種	栽培法	玄米収量 kg/10a	日射量 MJ m^{-2} d^{-1}	施肥量 kg-N/10a
エジプト（ナイルデルタ）	Giza 172	移植(密植)（33株 m^{-2}）	1200	26	20
オーストラリア（Yanco）	コシヒカリ	乾田直播	1000	24	13 緑肥すき込み
中国（雲南）	Yu-za 29（F_1品種）	移植(密植)（43株 m^{-2}）	1500	19	13.5 堆肥 2.3 t/10a

玄米収量の一部データは籾重の換算値．日射量は生育期間（移植・直播入水期～成熟期）の平均値．

天野ら(1996)

日本の多収記録を超える．コシヒカリでも1000kg/10a
密植，多肥など米作日本一の技術とも共通
19～26MJの非常に高い日射条件で多収を達成

3. 世界の多収事例と多収要因

Horie et al. (1997)より

オーストラリア（Yanco）

品種：コシヒカリ

栽培法：乾田直播

肥培管理：13kg-N/10a

気象条件：日射量24MJ/m2/d，気温22℃

玄米収量：
1000kg/10a

京都，長野，Yancoでのコシヒカリを用いた連絡試験
玄米収量　480kg，800kg，1040kg　京都＜長野＜Yanco

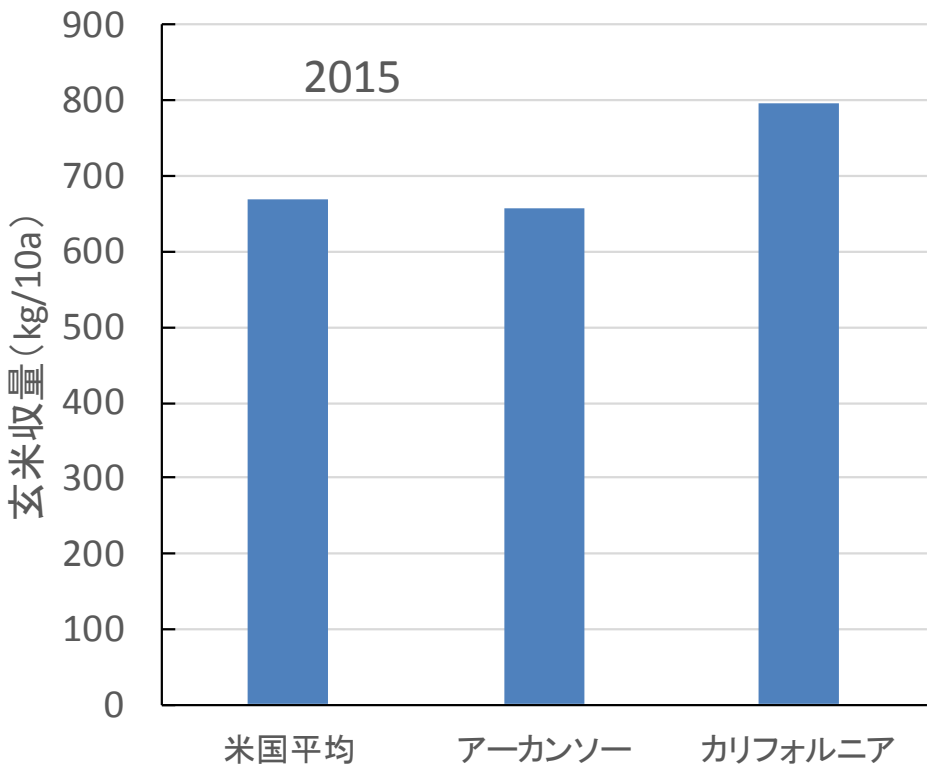
多収要因

①豊富な日射量
②気温が低めで，生育期間が長い（総受光量が大きい）
③1000本/㎡を超える穂数（直播の影響？）

3. 世界の多収事例と多収要因

DATA：USDA　National Agricultural Statistics Serviceより
（籾収量に0.8を乗じて玄米収量を算出）

アメリカの水稲単収と気象条件



5-9月	気温 ℃	日射量 MJ/m2/d
東京	23.4	14.2
長野県	21.1	17.5
アーカンソー	25.0	21.4
カリフォルニア	22.1	25.7

日本では，低日射条件で多収が達成されている

米国の米平均単収：670kg/10a（日本の1.26倍）
カリフォルニアでは豊富な日射量により800kg/10aレベル！

4. 近年育成の多収品種の特徴

多くの多収品種は，インド型品種等の多様な品種を交配
インド型由来ゲノム80%以上と同30%以下に大別できる
（ここでは，インド型多収品種，日本型多収品種として区別）

インド型多収

インド型品種の特性が強い（脱粒性、休眠性）
光合成能力が非常に高い（わら、子実生産旺盛）
低温耐性が低い（高温に適応）

品種特性の解明
が重要

日本型多収

多様な品種がある（大粒、茎葉型・・・）
インド型よりも低温条件で安定（地域適応性が広い）

4. 近年育成の多収品種の特徴

日本晴

北陸193号

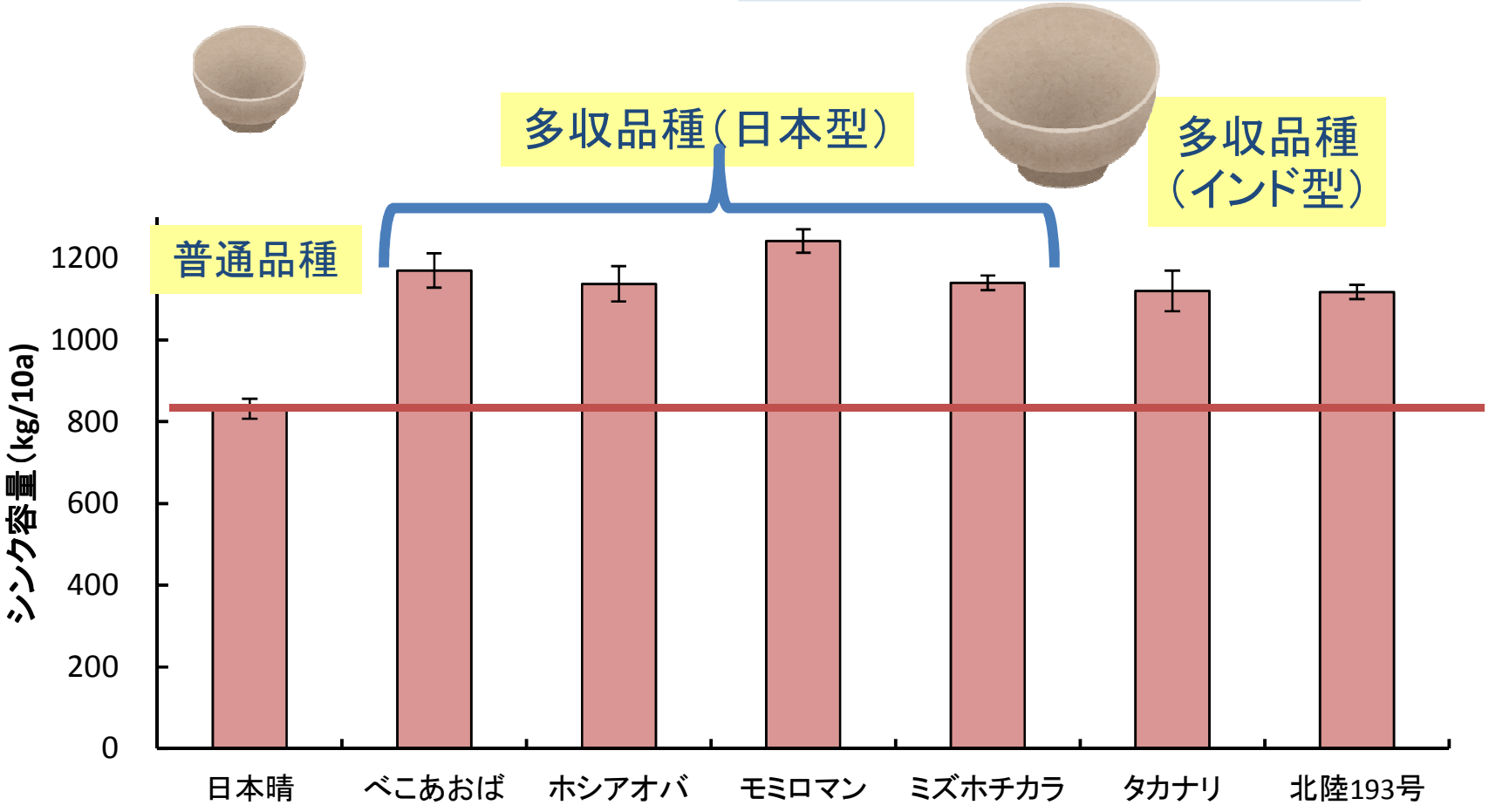
シンク容量
約800g/㎡

シンク容量
約1100g/㎡

シンク容量＝籾数×千粒重
（デンプンを詰める容器の大きさ）

4. 近年育成の多収品種の特徴

シンク容量の品種間差



農研機構作物研究所　2010年データ．多肥条件(18kg-N/10a)での値

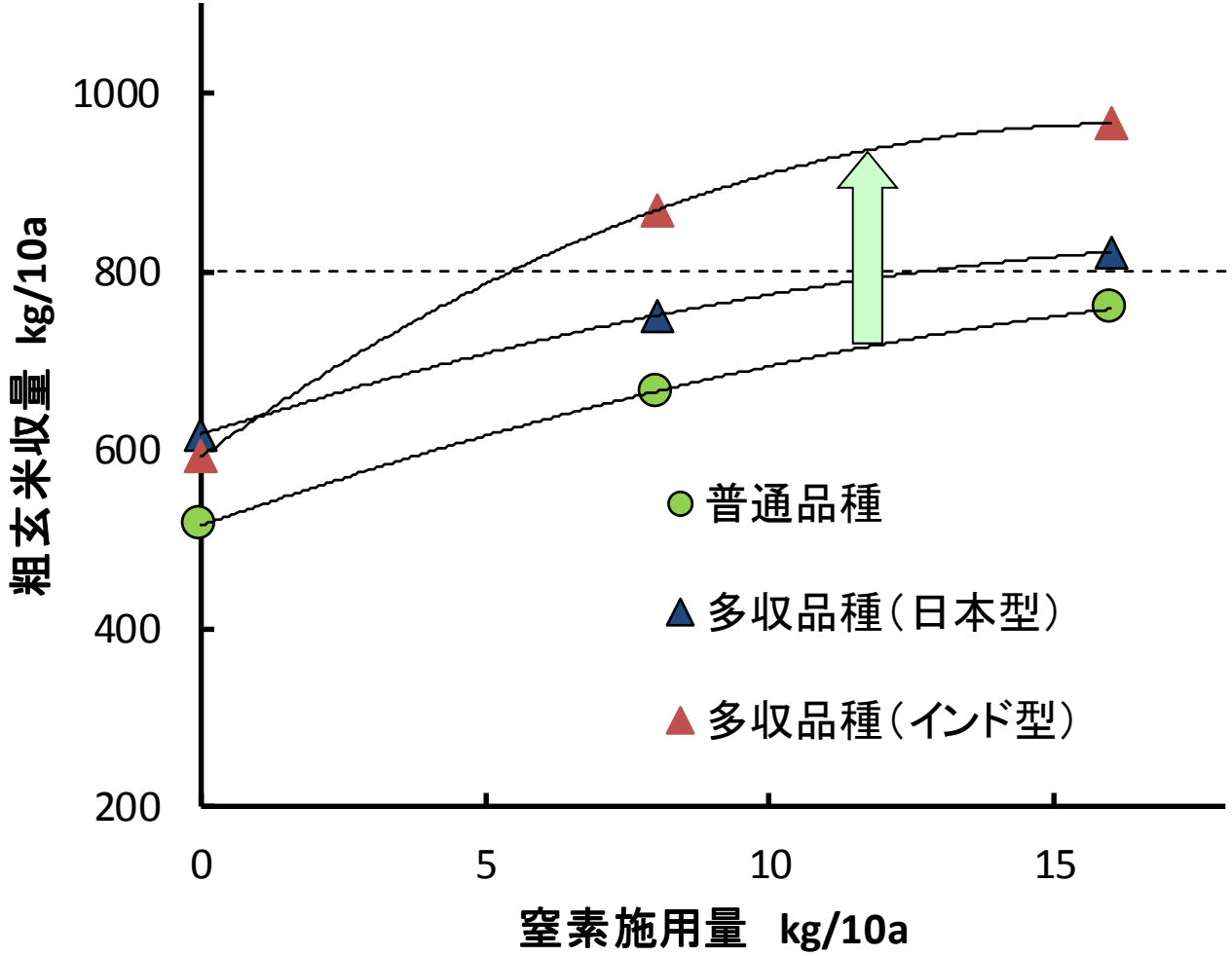
多収品種は1穂籾数の増加あるいは千粒重の増加により
シンク容量が増大

4. 近年育成の多収品種の特徴

中央農研北陸研究センター

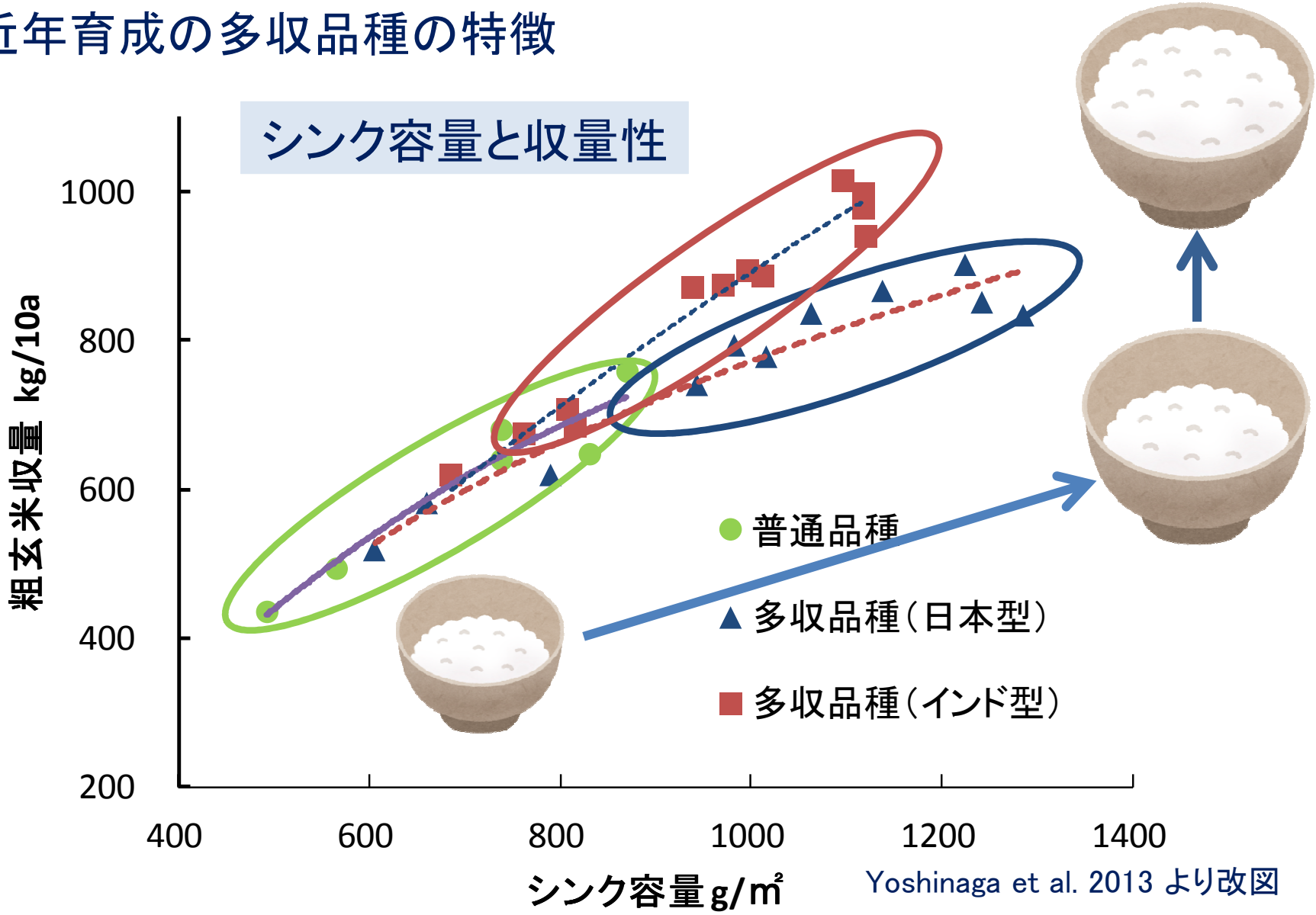
高地力圃場での事例

施肥量と収量性



多収品種は少ない施肥窒素量で多収を達成
→合理的な施肥により肥料費の低減も可能

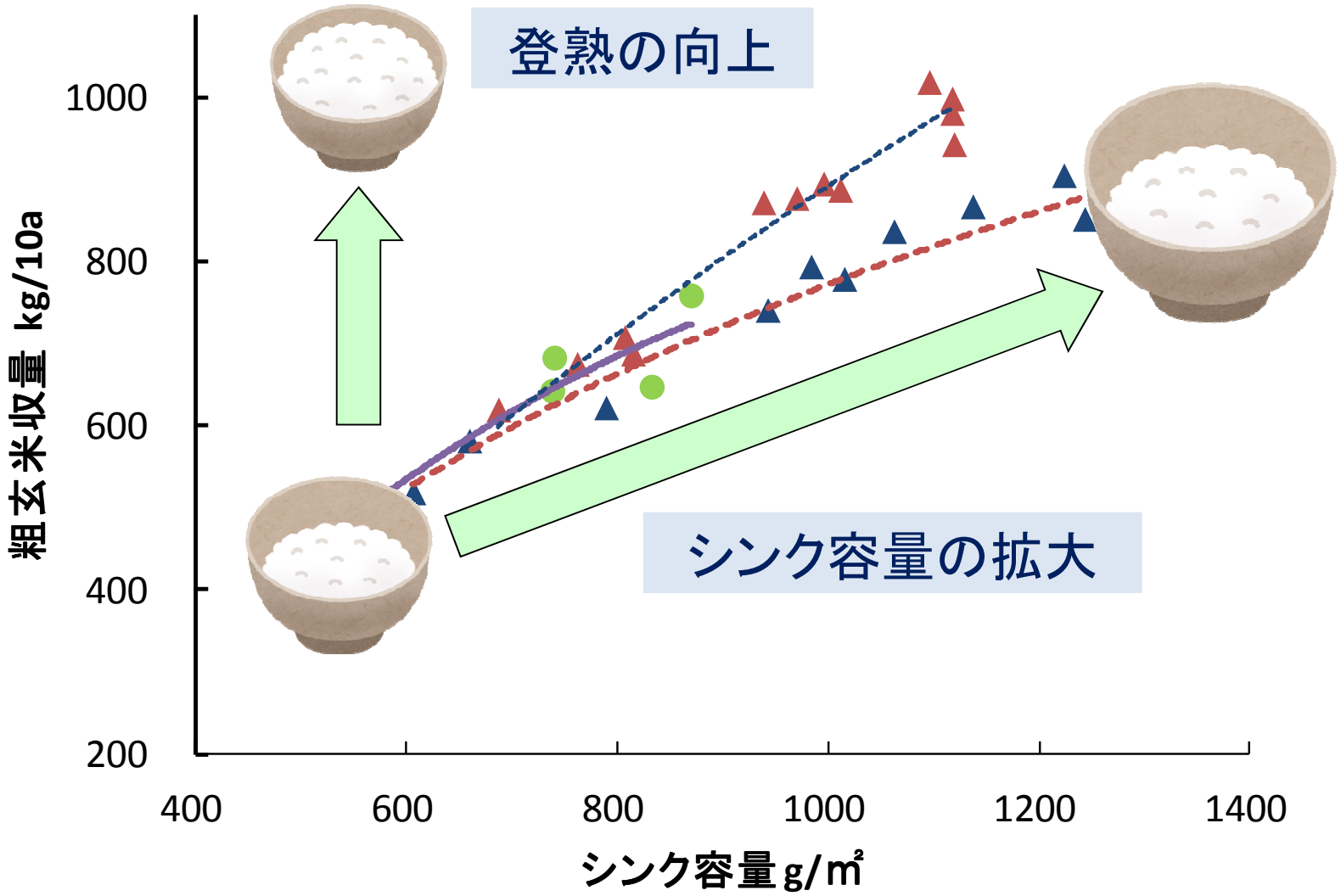
4. 近年育成の多収品種の特徴



Yoshinaga et al. 2013 より改図

日本型：主にシンク容量の増加　収量800kg強
インド型：シンク容量と登熟のバランス　収量1000kg超

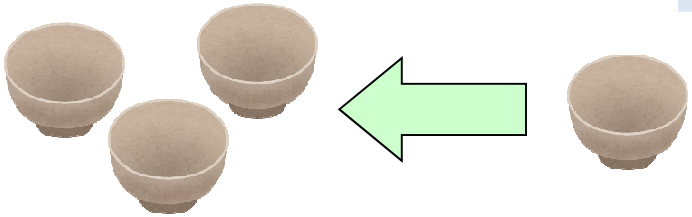
5. さらなる多収を目指して



シンク容量の拡大＋登熟向上の両立
多様な遺伝資源の活用が必要

5. さらなる多収を目指して

シンク容量の拡大



籾数の増加

制御遺伝子

Gn1

WFP

APO1

SPIKE

TAW・・・

籾の拡大

制御遺伝子

GW2

GS2, GS3

GS5

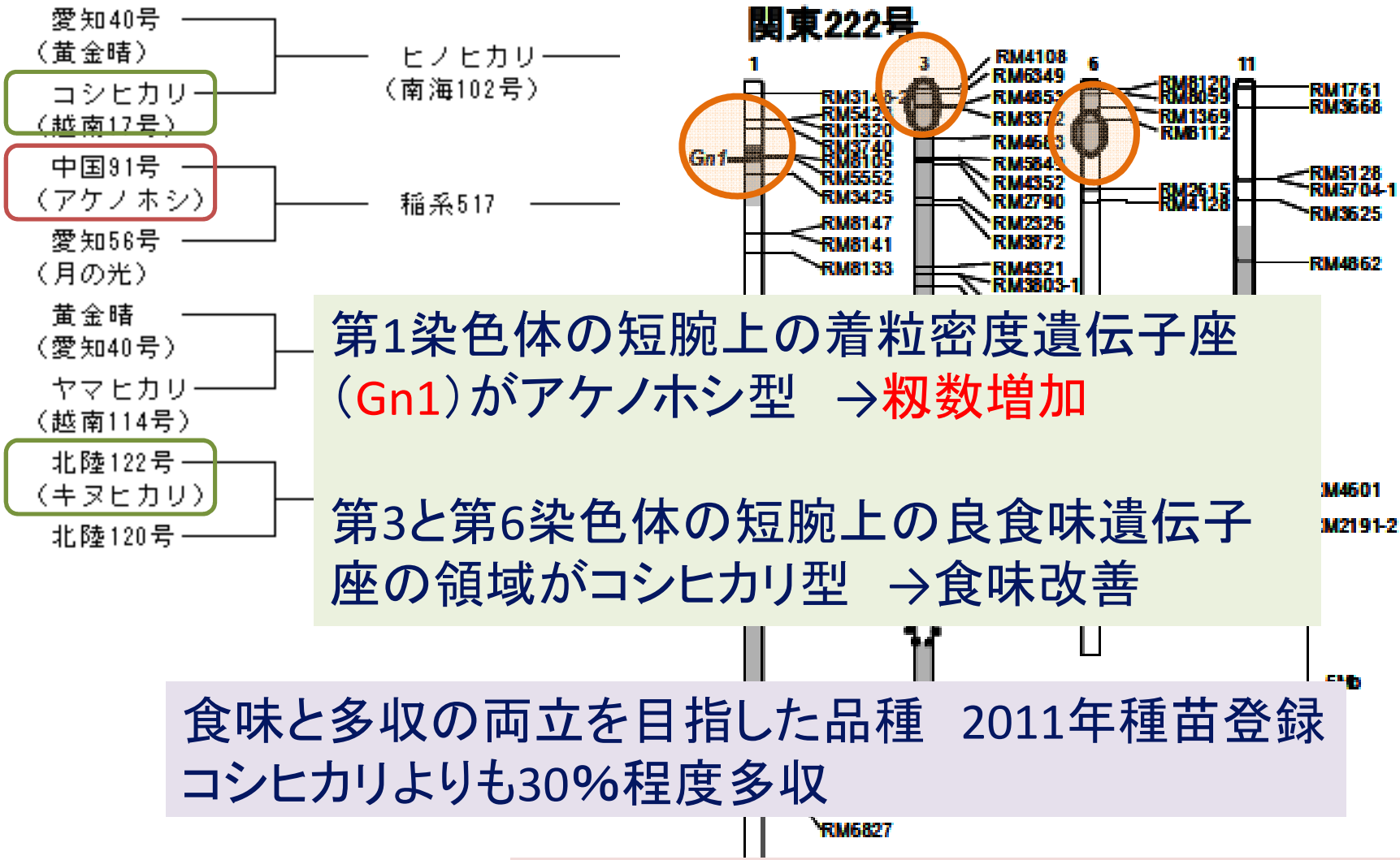
qSW5

GW8・・・

一遺伝子で大きな効果が得られる遺伝子が同定され，
利用されてきている

5. さらなる多収を目指して

籾数増加遺伝子による多収品種育成事例（あきだわら）



第1染色体の短腕上の着粒密度遺伝子座（Gn1）がアケノホシ型　→籾数増加

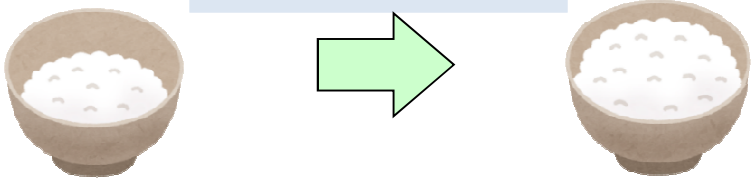
第3と第6染色体の短腕上の良食味遺伝子座の領域がコシヒカリ型　→食味改善

食味と多収の両立を目指した品種　2011年種苗登録
コシヒカリよりも30%程度多収

作物研究所 イネ品種データベース検索システムより転載

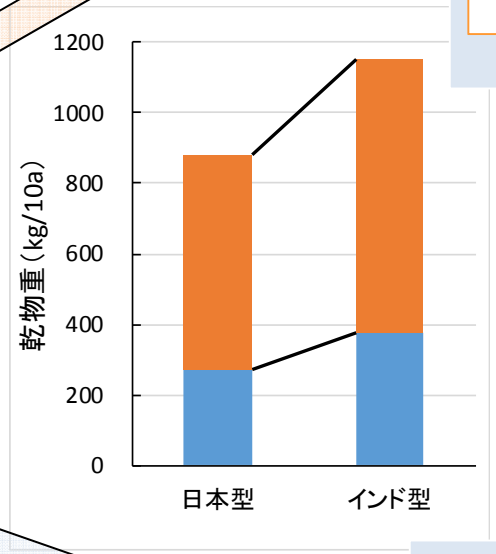
5. さらなる多収を目指して

登熟の向上



出穂後の光合成による生産量

出穂までの蓄積量



光合成能力の向上

インド型品種の活用

長期的にはイネのC4植物化

蓄積澱粉の供給増

インド型品種の活用

制御遺伝子導入
TGW6 ・・・

一遺伝子では効果が小さく，
多数遺伝子の組合せが必要

幅広い材料からの遺伝子の探索が重要

まとめ

栽培技術

- 篤農家技術の機械化
- 品種に応じた技術確立
- 大規模化と多収の両立

多収品種＋栽培技術とICT等の先端技術の融合によるコスト低減

品種

- インド型品種の活用
- シンク容量の拡大
- 登熟向上が課題

我が国の水稲作は気温・日射のハンデを品種と技術でカバー

多収

環境条件

- 日射量の影響大
- 低日射への対応
- 気象変動への備え

日射多＝降雨少
我が国は，豊富な降雨が稲作の強み

気温上昇，高CO_2条件に適応した品種，栽培技術の確立が重要

ご清聴ありがとうございました