用途に合わせたコムギの品種改良

（公財）農学会・日本農学アカデミー共同主催シンポジウム
2017年３月11日

農研機構　次世代作物開発研究センター
麦研究領域長
小田　俊介

なぜ品種改良（育種）が必要か

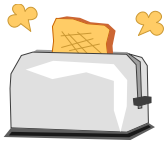
日本の小麦育種の現状

最近の品種改良（パン用等）

品種改良のこれから

小麦の用途と種類の関係

パン用粉



めん用粉

菓子用粉

中華めん用粉

うどん用粉

強力粉

1CWなど

準強力粉

HRWなど

中力粉

ASWなど

薄力粉

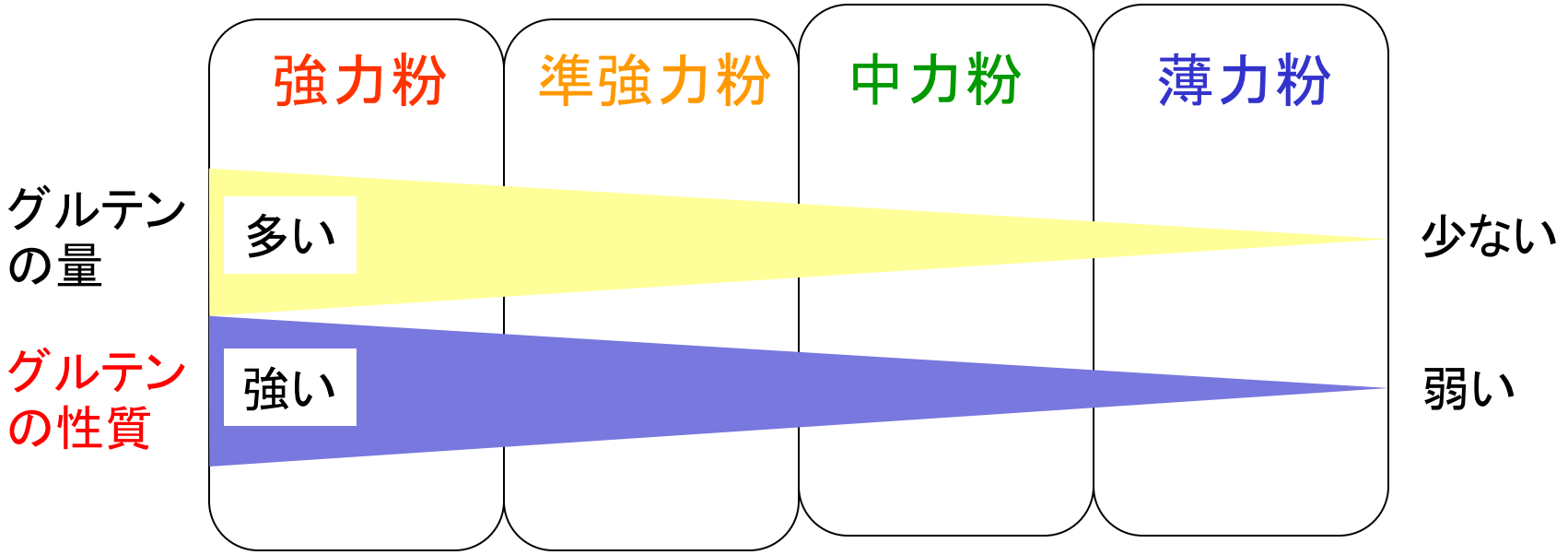
WWなど

硬質

軟質

なぜ用途別の品種が必要なのか

小麦粉には特有のタンパク質であるグルテンが含まれます。グルテンの量と性質の違いによって、小麦粉の種類・用途が分かれます。グルテンの性質は遺伝的に決まっています。



改良が必要なのは、中味の品質だけではない

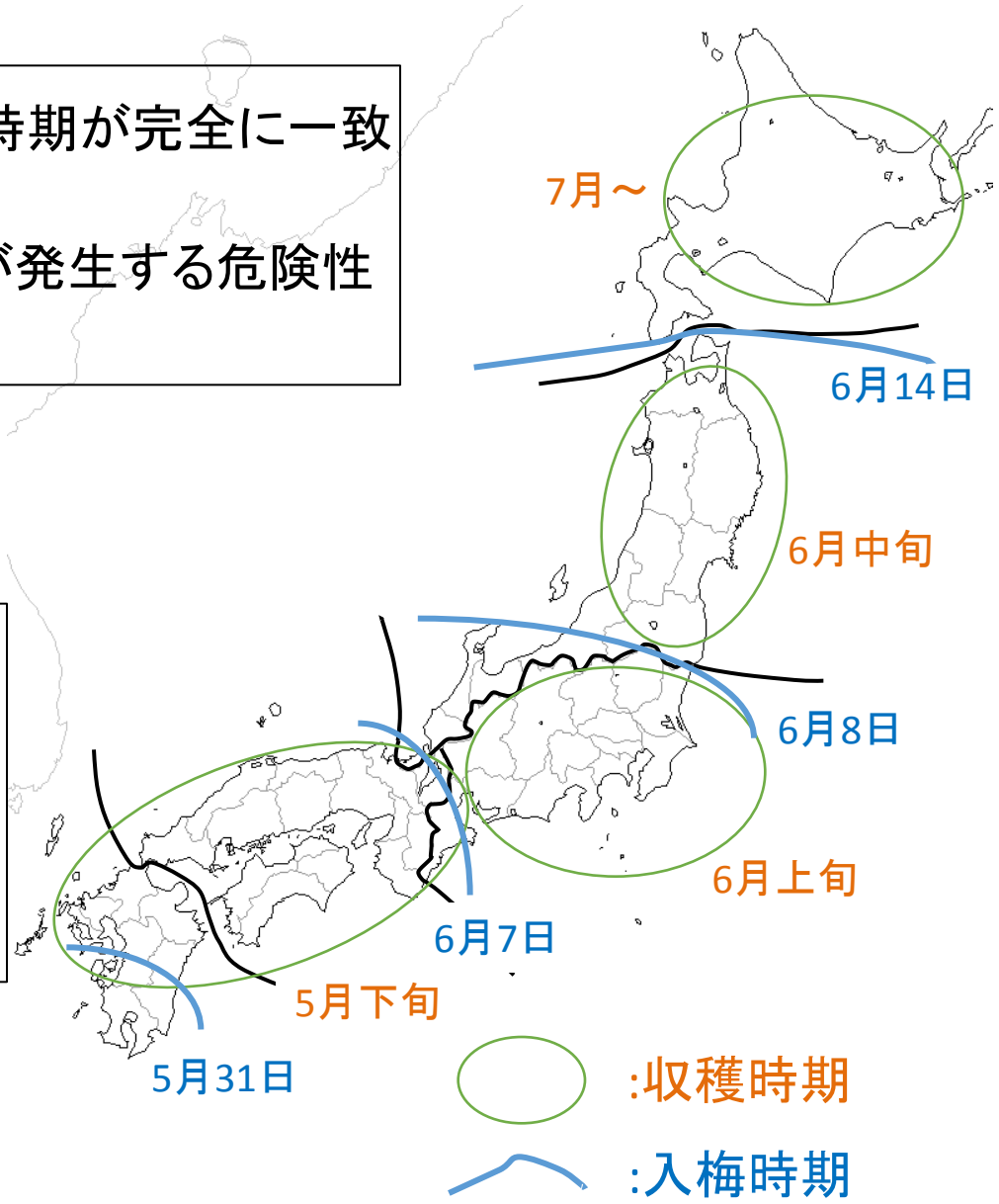
- 小麦の原産地は、気温の低い乾燥地帯であるため、元来高温多湿は苦手。
- 一方、日本は小麦の収穫期が梅雨の時期となる。
- そのため、「穂発芽抵抗性」や「赤かび病抵抗性」が劣るものを交配親に利用した場合、これら不良形質の排除が重要。

なぜ、穂発芽抵抗性と赤かび病抵抗性が日本の小麦には必要なのか？

日本全国では収穫時期と入梅の時期が完全に一致している。

そのため、常に収穫時期の雨害が発生する危険性がある。

穂発芽抵抗と赤かび病抵抗性は雨害による品質劣化を回避するために必須である。



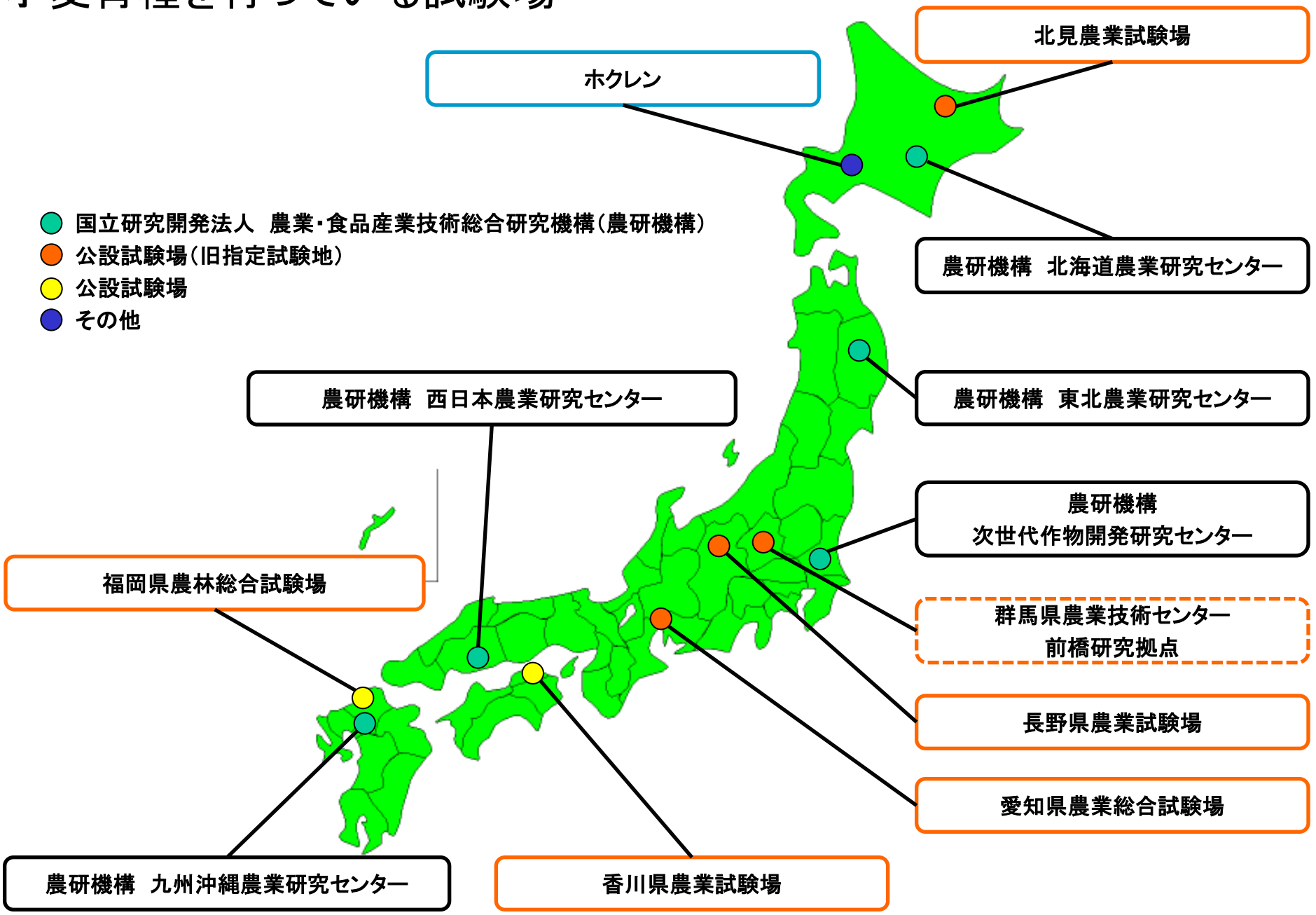
なぜ品種改良（育種）が必要か

日本の小麦育種の現状

最近の品種改良（パン用等）

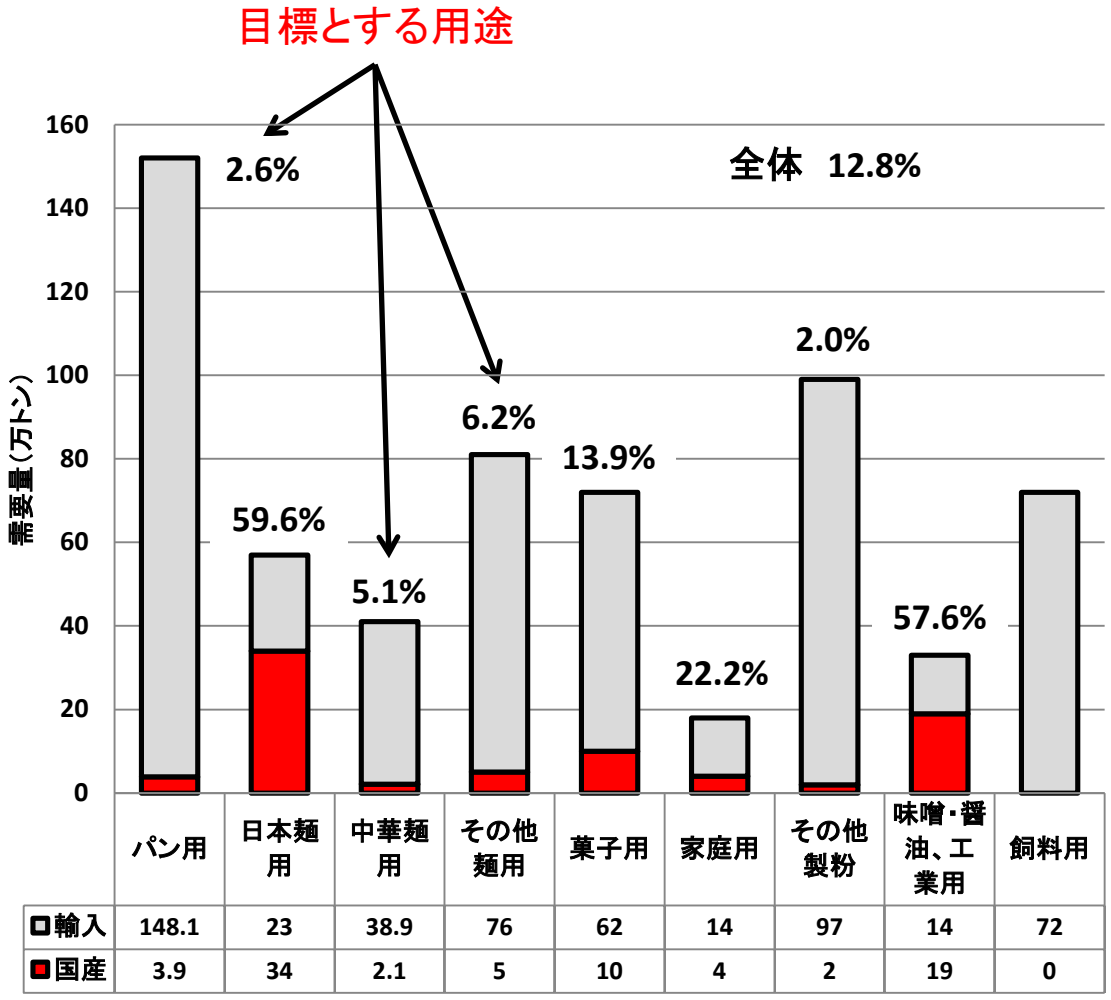
品種改良のこれから

小麦育種を行っている試験場



国産小麦増産のための戦略

小麦の生産目標　810,000t (2013)→　950,000t（2025）



コムギの用途別自給率（平成21年産）

食料自給率の低い用途の小麦生産を増やす

小麦の育種目標

パン・中華めん用等の硬質小麦
目標とする品質はHard Red Winter (HRW)並

日本めん用等の軟質小麦
目標とする品質はAustralian Standard White (ASW)並
+
穂発芽抵抗性と赤かび病抵抗性は必須

穂発芽

赤かび病

なぜ品種改良（育種）が必要か

日本の小麦育種の現状

最近の品種改良（パン用等）

品種改良のこれから

コムギのゲノム解読に向けて

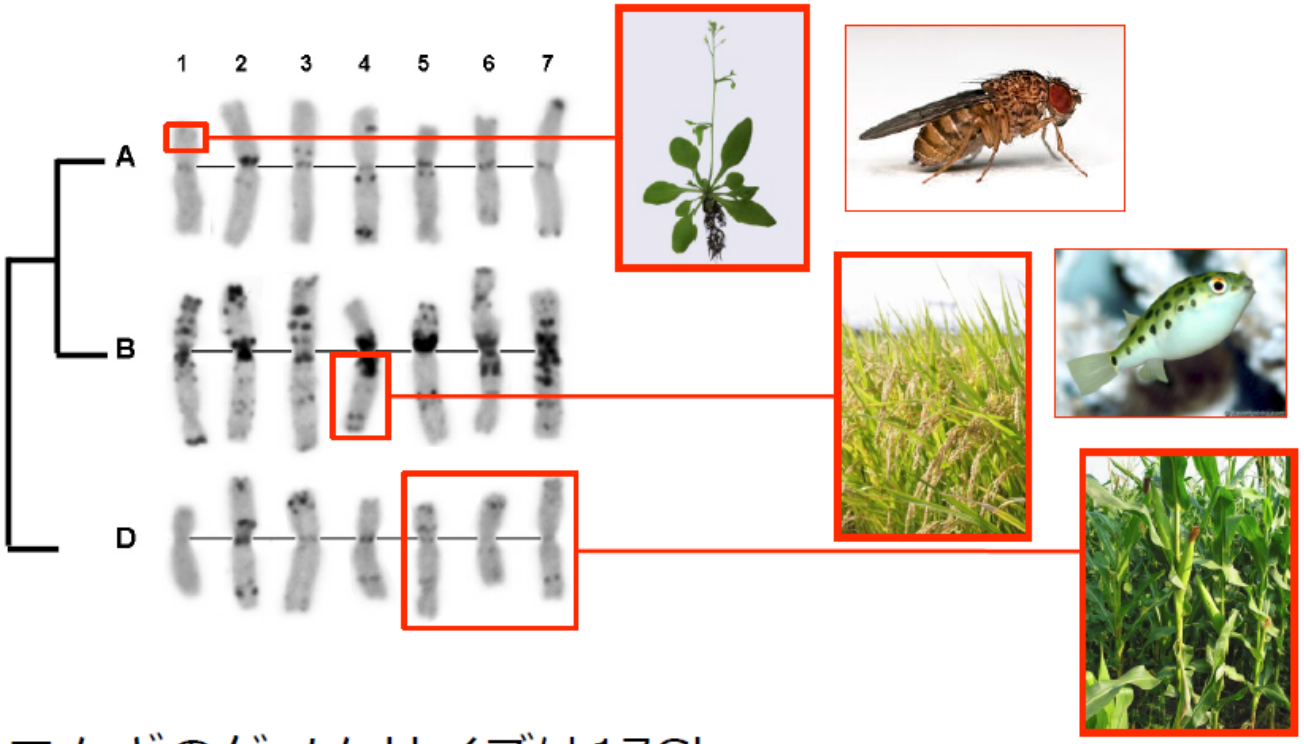
1．コムギは世界三大穀物の一つであり、その持続的な安定生産は世界的にきわめて重要。
2．我が国でもコメに次ぐ主要食糧穀物であるが、国内生産量は消費量のわずか15%ほどで、その増産は我が国の食料安全保障の観点から、きわめて重要。

効率よく迅速に、高生産性かつ高品質のコムギ品種を育成していくことが、我が国のみならず、世界的に求められている。

新しい育種技術の基盤となるのが、

ゲノム情報

コムギのゲノム解読に向けて

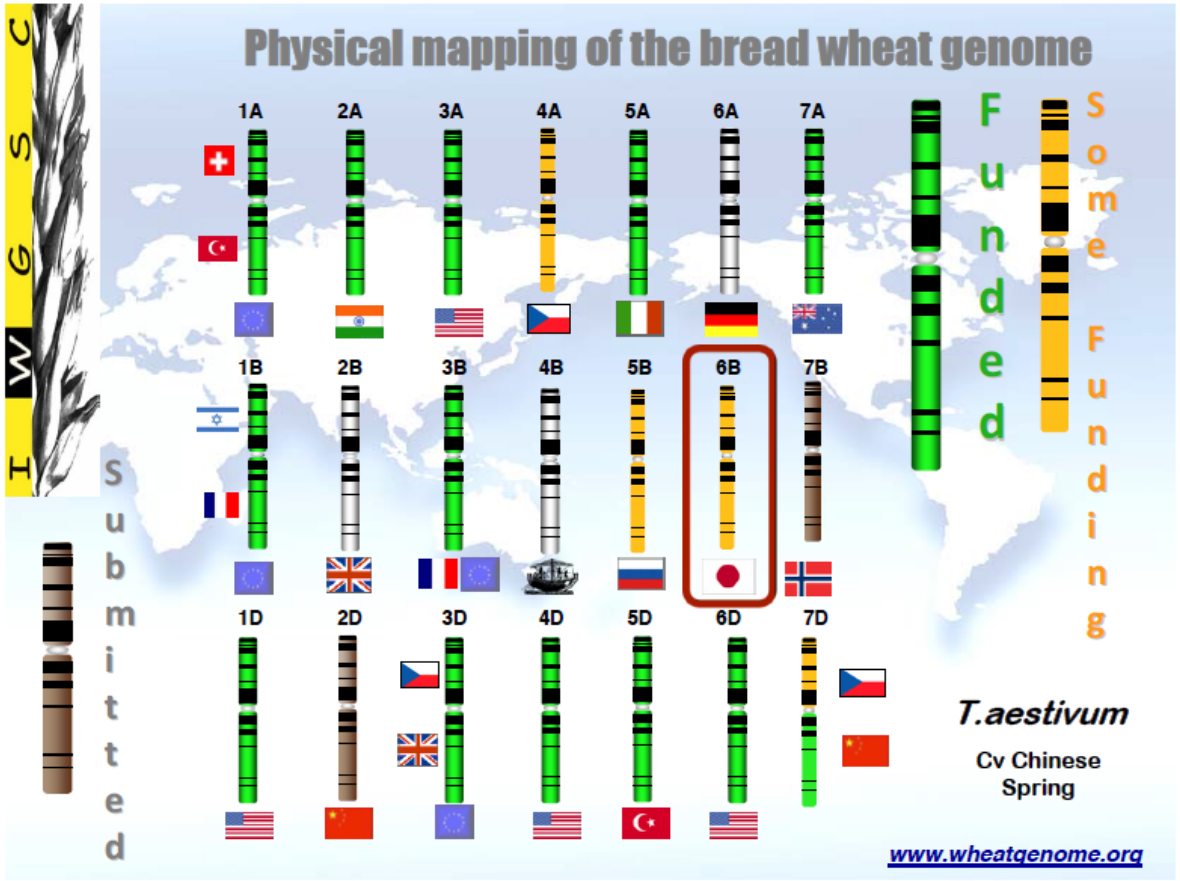


- コムギのゲノムサイズは17Gb。
- 例えば、イネ全ゲノムは染色体半分に過ぎない。
- 祖先種に由来するA，B，Dの３種類のゲノムが混在

ゲノム解読はビッグチャレンジ

国際協調によるコムギゲノム解読

国際コムギゲノム解読コンソーシアム(IWGSC)



●各国で染色体を分担して、ゲノム解読を実施。
●我が国は、コムギ６B染色体の塩基配列解読を担当。

→ゲノム解読をはじめとするコムギ研究の加速化は、2011年G20農相会合の合意事項

選抜マーカーとは？

求める形質（例えばパンが良く膨らむなどの性質）
と挙動が一致して遺伝するマーカー（指標）

・形質を支配する遺伝子そのもの
または
・強い連鎖（染色体での位置が遺伝子の近くにある）

求める形質の代わりにマーカー（指標）を選抜に用いる

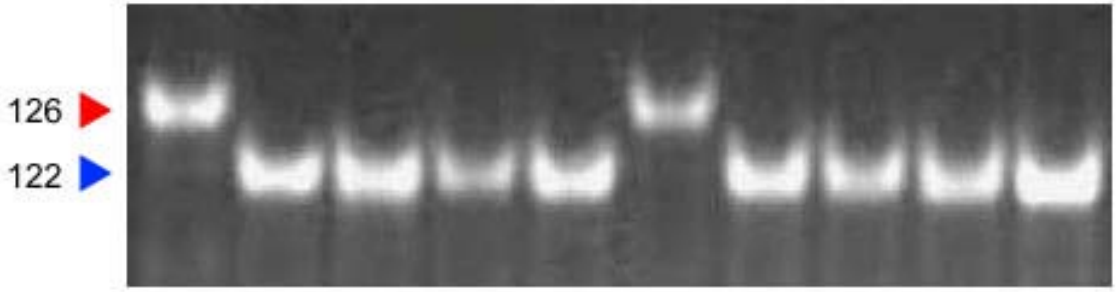
小麦粒の色が赤
穂発芽抵抗性が強い

小麦粒の色が白
穂発芽抵抗性が弱い

	粒色：赤	粒色：白
抵抗性：強	48	3
抵抗性：弱	2	47

DNAマーカーとは？

選抜マーカーの中で、DNAの配列を利用しているもの



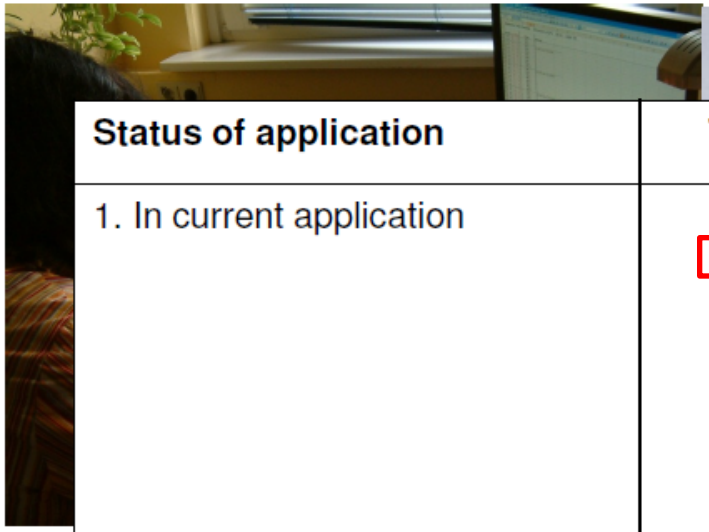
Marker Xuhw89. The red arrowhead shows the band amplified in non Gpc-B1 germplasm (126-bp) . The blue arrowhead shows the position of the fragment containing the 4-bp deletion linked to the Gpc-B1 gene from Triticum turgidum ssp. dicoccoides.

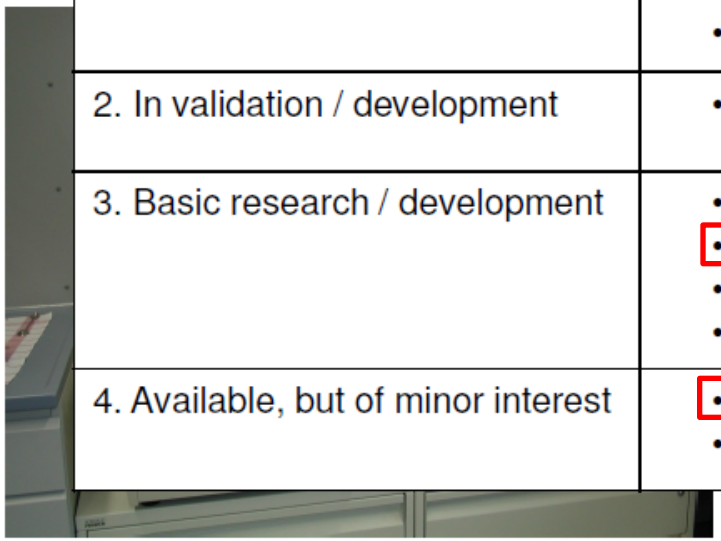
利点は？

- 個体では評価・選抜が難しい形質でも選抜出来る
- 幼植物などでチェックができる
- 複数の形質を短期間にチェックができる
- 環境の影響を受けない

特性	形質		遺伝子特定・単離中	DNAマーカー開発中	育種での利用中
硬軟質性	ピュロインドリン	*Pina-D1,Pinb-D1*			◎
生地特性	高分子量グルテニンサブユニット	*Glu-A1,Glu-B1,Glu-D1*		○	◎
生地特性	低分子量グルテニンサブユニット	*Glu-A3,Glu-B3,Glu-D3*		○	◎
アミロース含量	低・やや低アミロース	*Wx-A1,Wx-B1*			◎
アミロース含量	極低アミロース	*Wx-D1*		○	○
アミロース含量	高アミロース	*SSIIa-A1,SSIIa-B1,SSIIa-D1*			○
小麦粉色相		QTL	○	○	
製粉性		QTL	○	○	
穂発芽抵抗性		QTL,*MFT*		○	○
赤かび病抵抗性	進展抵抗性	QTL		○	○
赤かび病抵抗性	閉花性	QTL		○	
縞萎縮病抵抗性		QTL,*Ymlb*	○	○	○
赤さび病抵抗性		QTL		○	○
出穂特性	低温要求性	*Vrn-A1,Vrn-B1,Vrn-D1*		○	○
出穂特性	日長反応性	*Ppd-A1,Ppd-B1,Ppd-D1*		○	○
収量性	未知	未知			

Use of Molecular Markers





Status of application	Trait / Application area	Marker type
1. In current application	• Pch1 (Eyespot) • Backing quality (volume) • Rht1, Rht2, Rht8 • Fingerprinting • Background selection • FHB (Sumai 3) • SBCMV • Orange Wheat Blossom Midge • 1RS/1BL translocation • Ppd-B1, Ppd-D1	Endopeptidase, SSR HMW-glutenines SNP, SSR SSR, SNP SSR, SNP SSR, STS, SNP SSR SSR, STS SSR, STS SNP
2. In validation / development	• Stb (Septoria)	SSR
3. Basic research / development	• DTR, *Ophiobulus graminis* • Baking quality (protein, HFN) • Yield, yield components • Abiotic stress	SSR, SNP SNP SSR, SNP SSR, SNP
4. Available, but of minor interest	• Waxy • Yr, Pm, Lr	SSR, CAPS SSR, SNP

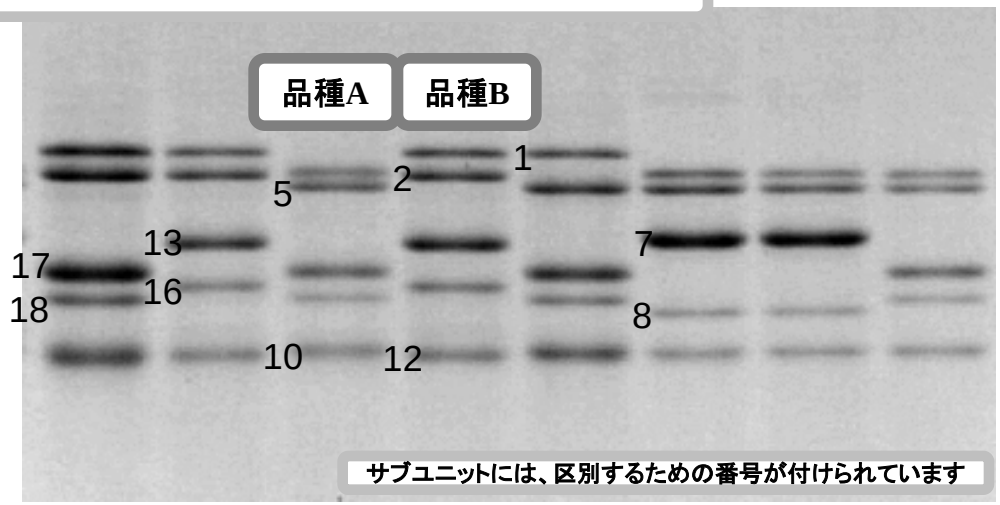
近年品種登録されたパン用等の小麦品種

NARO 農研機構

品種名	出願日	育成者名
春よ恋	1997/6/9	ホクレン農業協同組合連合会
ニシノカオリ	1998/4/3	農研機構　九州沖縄農業研究センター
ダブル8号	2000/2/16	群馬県
キタノカオリ	2000/7/3	農研機構　北海道農業研究センター
ハルイブキ	2001/8/28	農研機構　東北農業研究センター
タマイズミ	2002/8/1	農研機構　作物研究所
ゆきちから	2002/12/3	農研機構　東北農業研究センター
ミナミノカオリ	2003/12/15	農研機構　九州沖縄農業研究センター
ハナマンテン	2005/11/30	長野県
はるきらり	2007/7/9	地方独立行政法人北海道立総合研究機構
ユメシホウ	2007/10/24	農研機構　作物研究所
ちくしW2号	2008/3/27	福岡県
ゆめちから	2008/9/12	農研機構　北海道農業研究センター
ゆめかおり	2009/3/18	長野県
銀河のちから	2011/1/17	農研機構　東北農業研究センター
つるきち	2012/5/28	地方独立行政法人北海道立総合研究機構
せときらら	2012/11/8	農研機構　近畿中国四国農業研究センター
ゆめあかり	2012/12/14	愛知県
長崎W2号	2013/3/28	長崎県、農研機構　九州沖縄農業研究センター
こしちから	2014/4/18	農研機構　東北農業研究センター
さちかおり	2014/12/25	農研機構　九州沖縄農業研究センター、作物研究所、近畿中国四国農業研究センター

タンパク質組成の改良による製パン適性の向上

高分子量グルテニン・サブユニットの電気泳動像



遺伝子	*Glu-A1*	*Glu-B1*	*Glu-D1*
適			5+10
製パン性	1, 2*	17+18, 7+8, 13+16	
		7+9	2+12, 3+12
不適		6+8	4+12

高分子量グルテニン・サブユニットによって製パン適性が異なっています。例えば、サブユニット5+10を持った品種Aは、サブユニット2+12を持った品種Bより高い製パン適性を持っています。

近年品種登録されたパン用等の小麦品種

品種名	*Glu-D1d*(5+10)の選抜	育種法
ハナマンテン	利用した(DNA)	半数体育種法
はるきらり	利用していない	集団育種法
ユメシホウ	利用した(SDS-PAGE)	半数体育種法
ちくしW2号	利用した(SDS-PAGE)	半数体育種法
ゆめちから	利用していない	集団育種法
ゆめかおり	利用した(DNA)	半数体育種法
銀河のちから	利用した(DNA)	集団育種法(世代促進)
つるきち	利用した(DNA)	系統育種法
みのりのちから	利用していない	半数体育種法
せときらら	利用した(DNA)	戻し交配育種法(世代促進)
ゆめあかり	利用した(DNA)	集団育種法(世代促進)
長崎W2号	利用した(DNA)	集団育種法
さちかおり	利用した(DNA)	半数体育種法

めん用小麦並の栽培性で製パン性に優れる品種の開発

「せときらら」

多収で栽培性に優れる日本めん用小麦「ふくほのか」に、
製パン性を向上させる3つの遺伝子を
連続戻し交配とDNAマーカーを用いて導入。

ふくほのか　　せときらら

製パン性を向上させる3つの遺伝子

・種子を硬くするピュロインドリン遺伝子（*Pinb-D1c*）

せときらら
硬質小麦

ふくほのか
軟質小麦

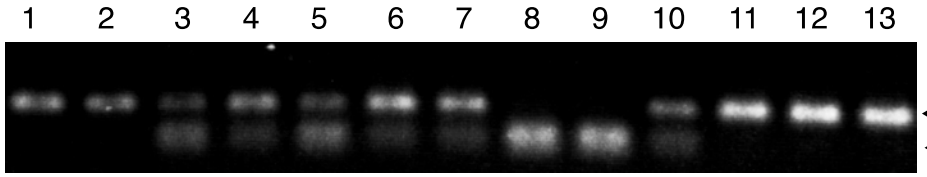
・グルテンを強くする高分子量グルテニン（*Glu-D1d*）
・グルテンの伸びを良くする低分子量グルテニン（*Glu-B3h*）

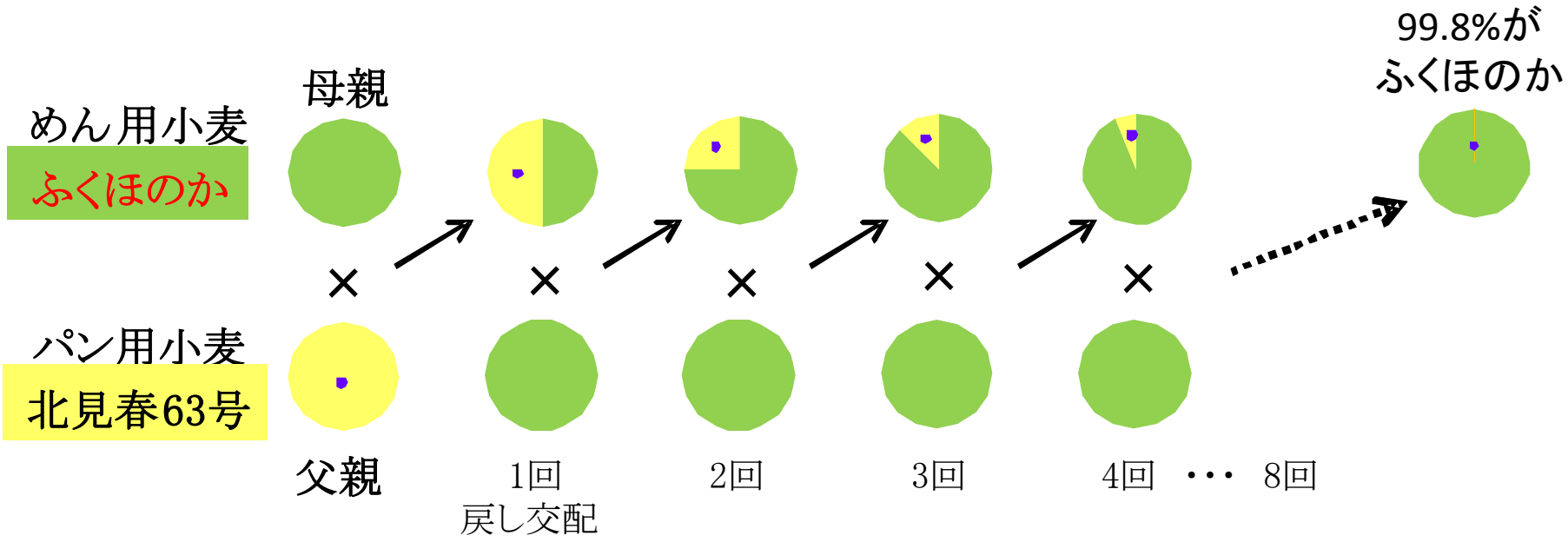
せときらら　　ふくほのか

グルテンは、小麦などの穀物の胚乳から生成されるタンパク質の一種。
胚乳内の貯蔵タンパク質であるグルテニンとグリアジンを、水分の介在下で反応させると結びついてグルテンとなる。

連続戻し交配＋DNAマーカー選抜

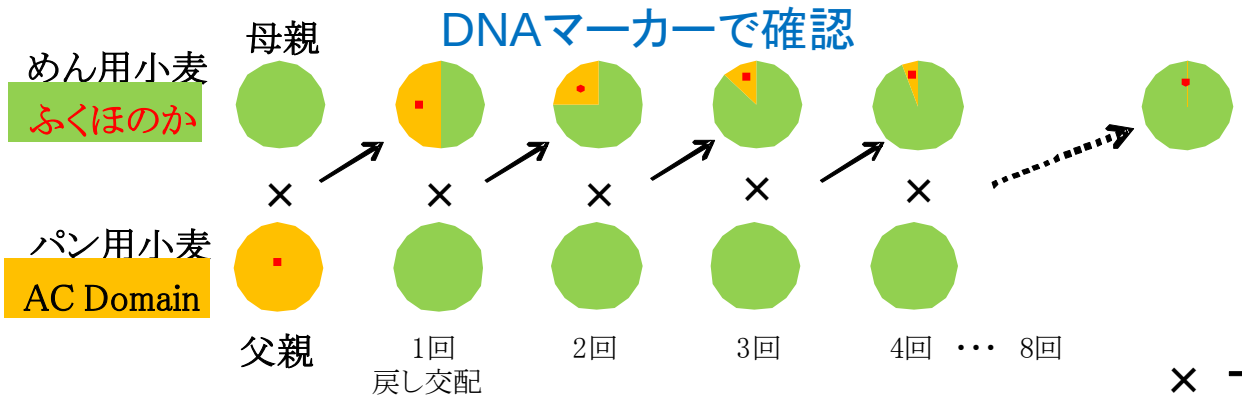
DNAマーカーで確認





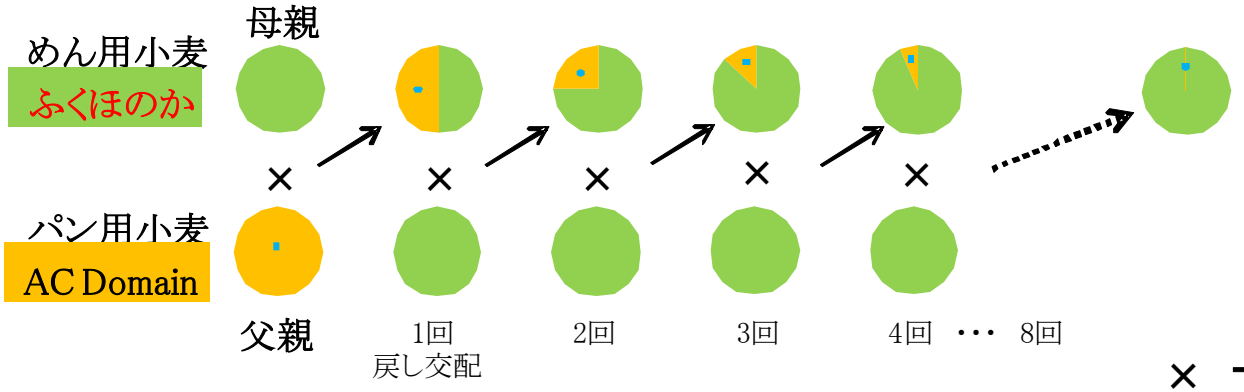
- 種子を硬くする遺伝子*Pinb-D1c*

ピラミッテイング
＋
DNAマーカー選抜



2つの遺伝子を集積

- グルテンの伸びをよくする遺伝子 *Glu-B3h*

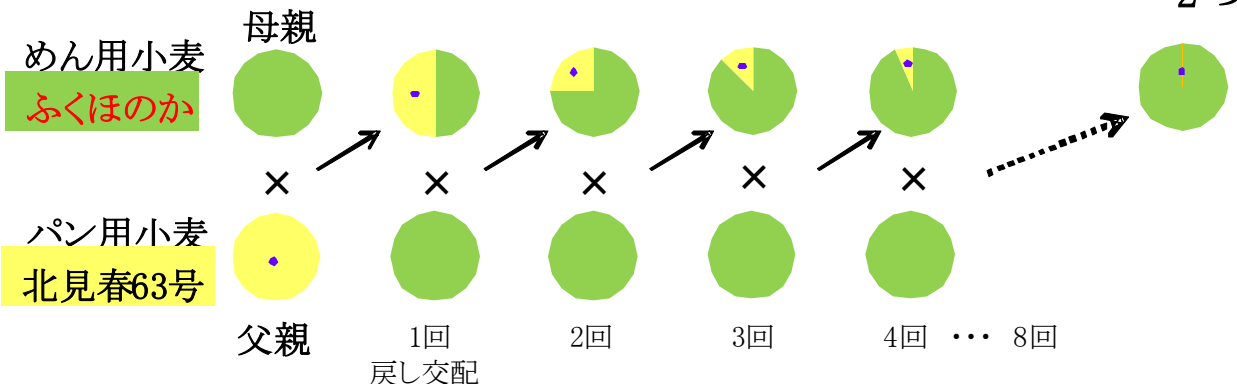


せときらら

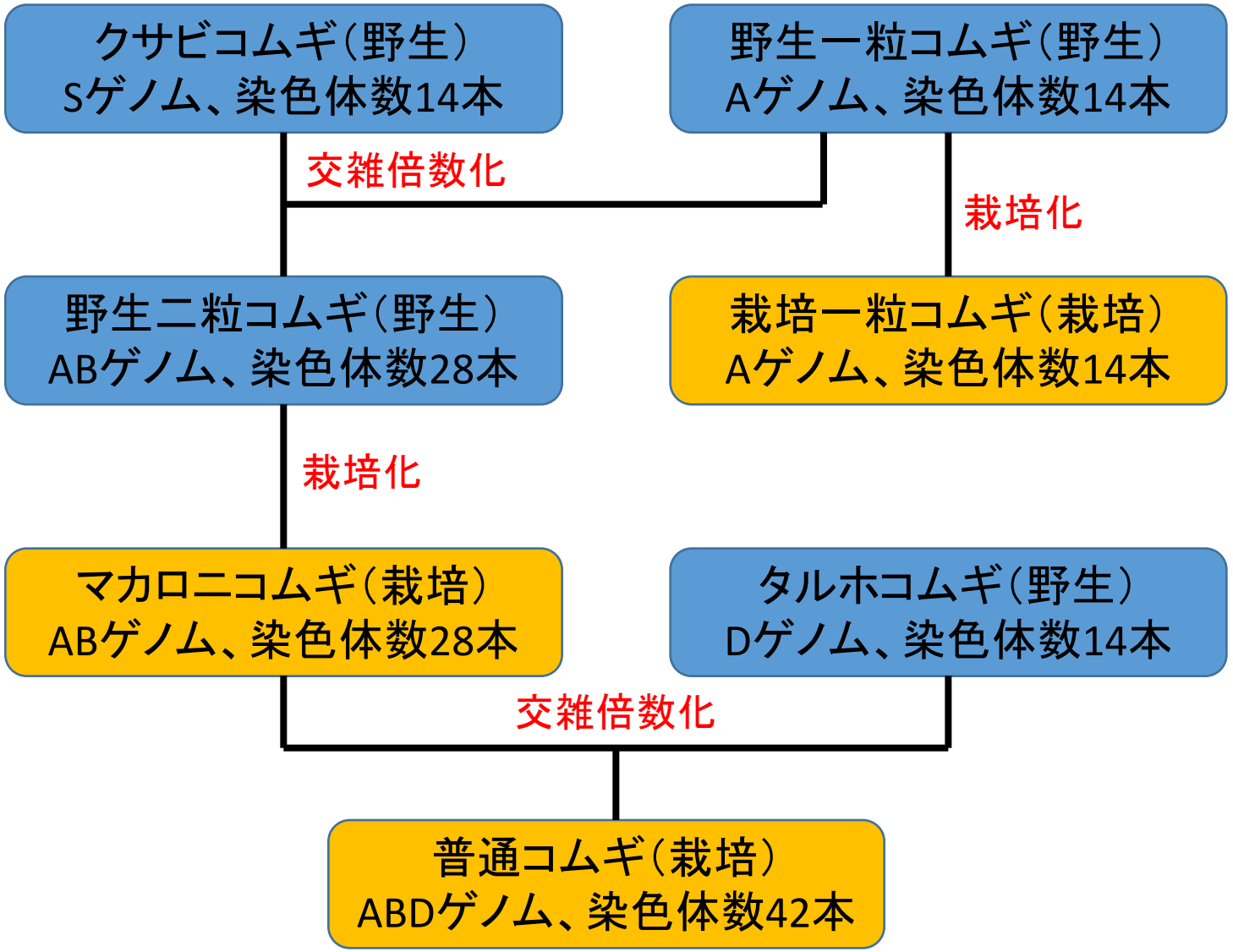
3つの遺伝子を集積

- グルテンを強める遺伝子 *Glu-D1d*

2つの遺伝子を集積



- 種子を硬くする遺伝子 *Pinb-D1c*


クサビコムギ（野生）
Sゲノム、染色体数14本
野生一粒コムギ（野生）
Aゲノム、染色体数14本
交雑倍数化
栽培化
野生二粒コムギ（野生）
ABゲノム、染色体数28本
栽培一粒コムギ（栽培）
Aゲノム、染色体数14本
栽培化
マカロニコムギ（栽培）
ABゲノム、染色体数28本
タルホコムギ（野生）
Dゲノム、染色体数14本
交雑倍数化
普通コムギ（栽培）
ABDゲノム、染色体数42本

日本初の国産デュラム小麦「セトデュール」

稈長が短いため倒伏に強く成熟期は普通小麦「農林61号」と同程度です。また、単位面積あたりの収量（子実重）は約60kg/aで「農林61号」と同程度です。

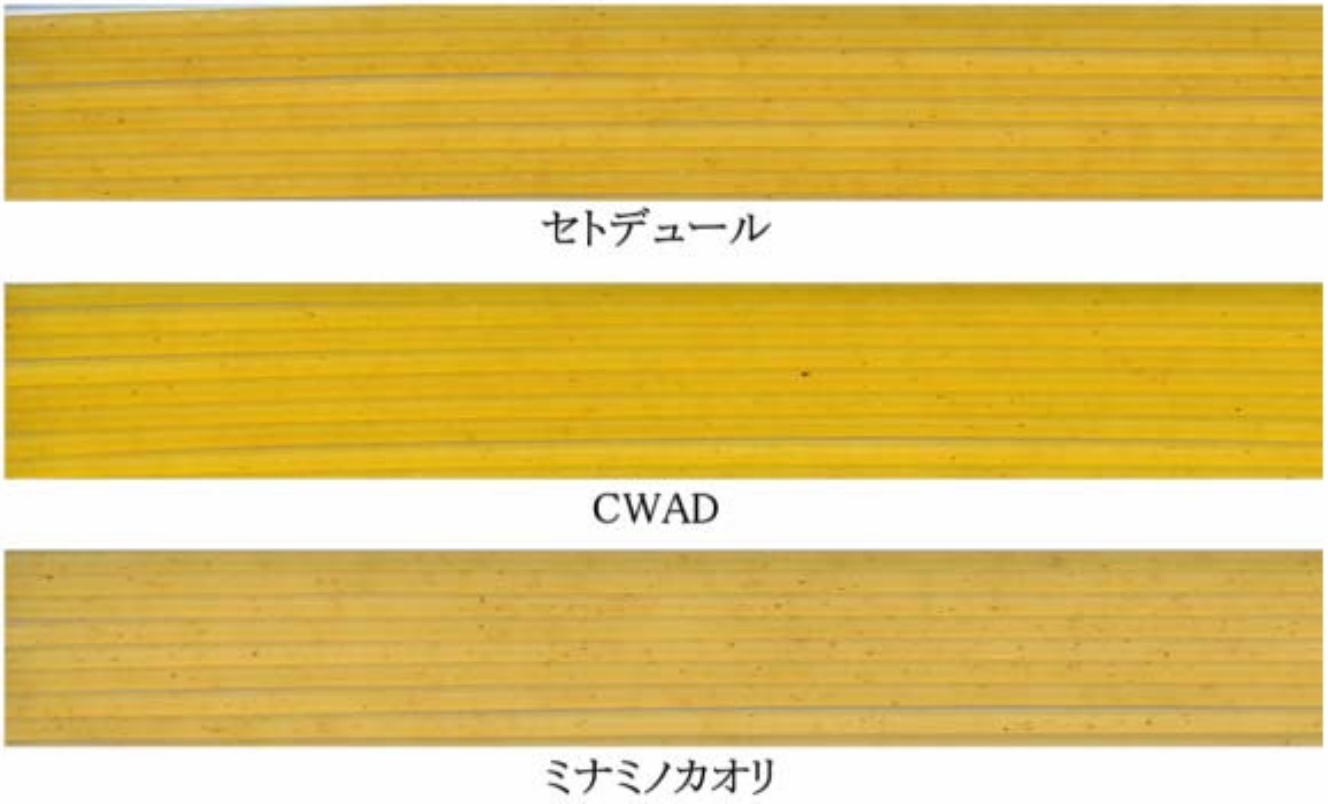
表 1. セトデュールの特性

品種名	成熟期（月．日）	稈長（cm）	耐倒伏性	子実重（kg/a）	農林 61 号対比	容積重（g）	千粒重（g）	粒の色	種子の硬さ（HI）
セトデュール	6.09	86	強	60.6	104	854	50.4	黄	91
農林 61 号	6.06	99	中	58.3	100	845	43.3	赤褐	25
ミナミノカオリ（国産パン用小麦品種）	6.03	93	強	56.1	96	837	42.5	褐	53

日本初の国産デュラム小麦「セトデュール」

スパゲッティはパン用小麦等の普通小麦で作ったものより黄色みが強く外観に優れ、また、硬さや弾力など官能評価にも優れます。このため、国産のデュラム小麦を100%使用した製品が作れます。

写真3　乾燥スパゲッティの比較



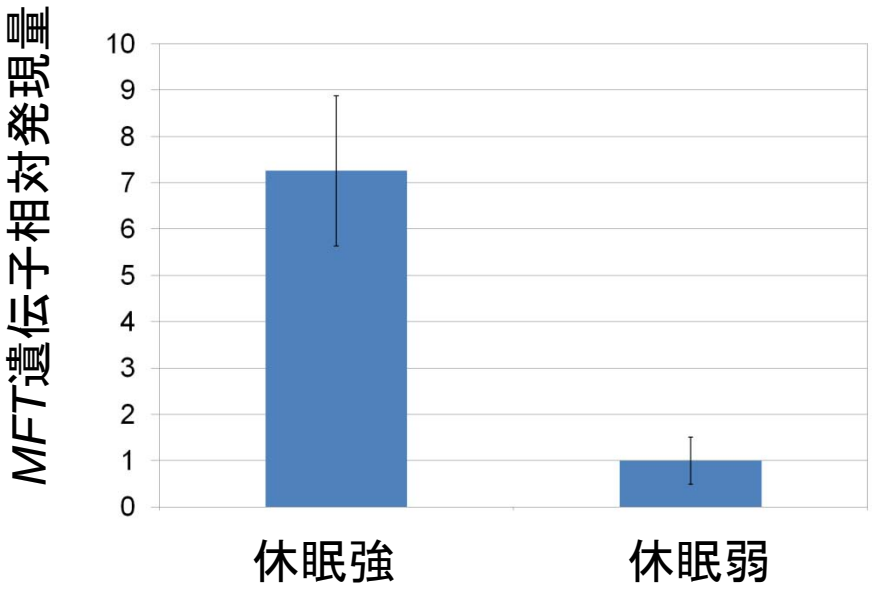
なぜ品種改良（育種）が必要か

日本の小麦育種の現状

最近の品種改良（パン用等）

品種改良のこれから

特性	形質		遺伝子特定・単離中	DNAマーカー開発中	育種での利用中
硬軟質性	ピュロインドリン	*Pina-D1,Pinb-D1*			◎
生地特性	高分子量グルテニンサブユニット	*Glu-A1,Glu-B1,Glu-D1*		○	◎
生地特性	低分子量グルテニンサブユニット	*Glu-A3,Glu-B3,Glu-D3*		○	◎
アミロース含量	低・やや低アミロース	*Wx-A1,Wx-B1*			◎
アミロース含量	極低アミロース	*Wx-D1*		○	○
アミロース含量	高アミロース	*SSIIa-A1,SSIIa-B1,SSIIa-D1*			○
小麦粉色相		QTL	○	○	
製粉性		QTL	○	○	
穂発芽抵抗性		QTL,*MFT*		○	○
赤かび病抵抗性	進展抵抗性	QTL		○	○
赤かび病抵抗性	閉花性	QTL		○	
縞萎縮病抵抗性		QTL,*Ymlb*	○	○	○
赤さび病抵抗性		QTL		○	○
出穂特性	低温要求性	*Vrn-A1,Vrn-B1,Vrn-D1*		○	○
出穂特性	日長反応性	*Ppd-A1,Ppd-B1,Ppd-D1*		○	○
収量性	未知	未知			



*MFT*遺伝子の発現量が多いとコムギ種子の休眠が強くなる

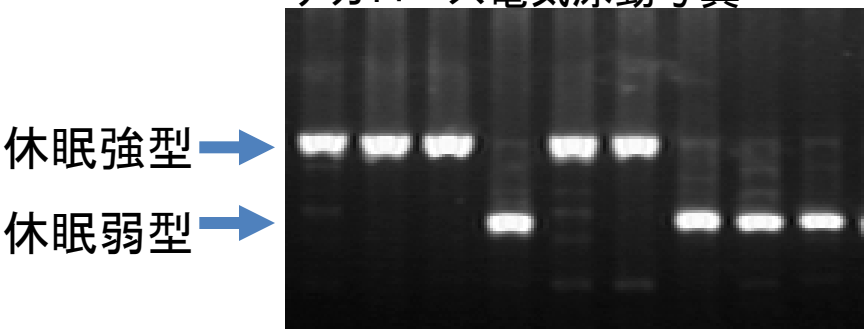
*MFT*遺伝子の発現量に影響を与える
塩基配列の差

休眠弱型：ATCGA**T**ACGTA

休眠強型：ATCGA**C**ACGTA

配列の違いを識別する
DNAマーカー

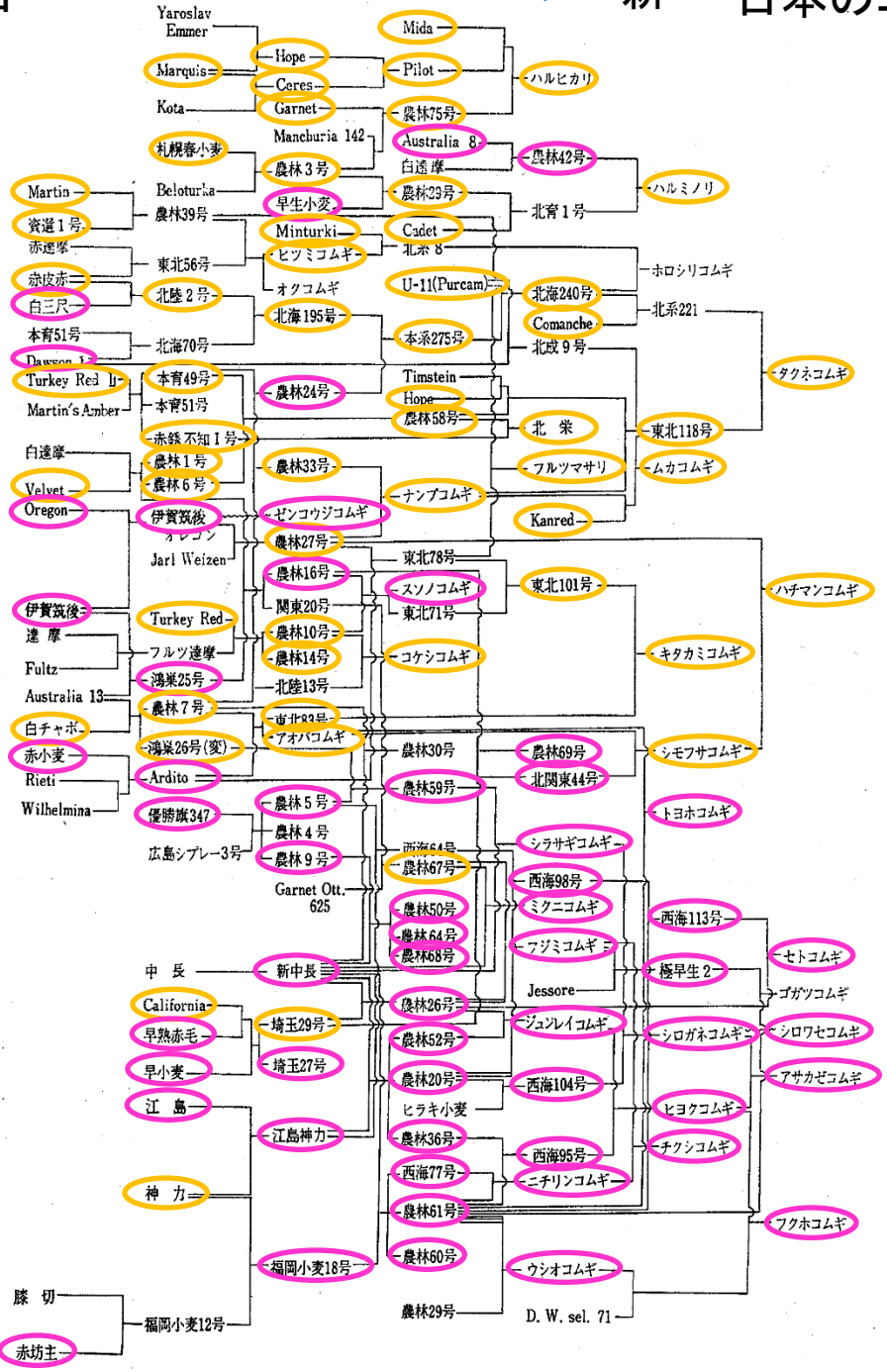
アガロース電気泳動写真



*MFT*遺伝子型を判別するDNAマーカーの開発
様々な品種の遺伝子型を休眠弱型及び休眠強型に判別できる。

古 → 新

日本のコムギ品種育成系譜と*MFT*遺伝子型



北海道

東北

関東 中国 九州

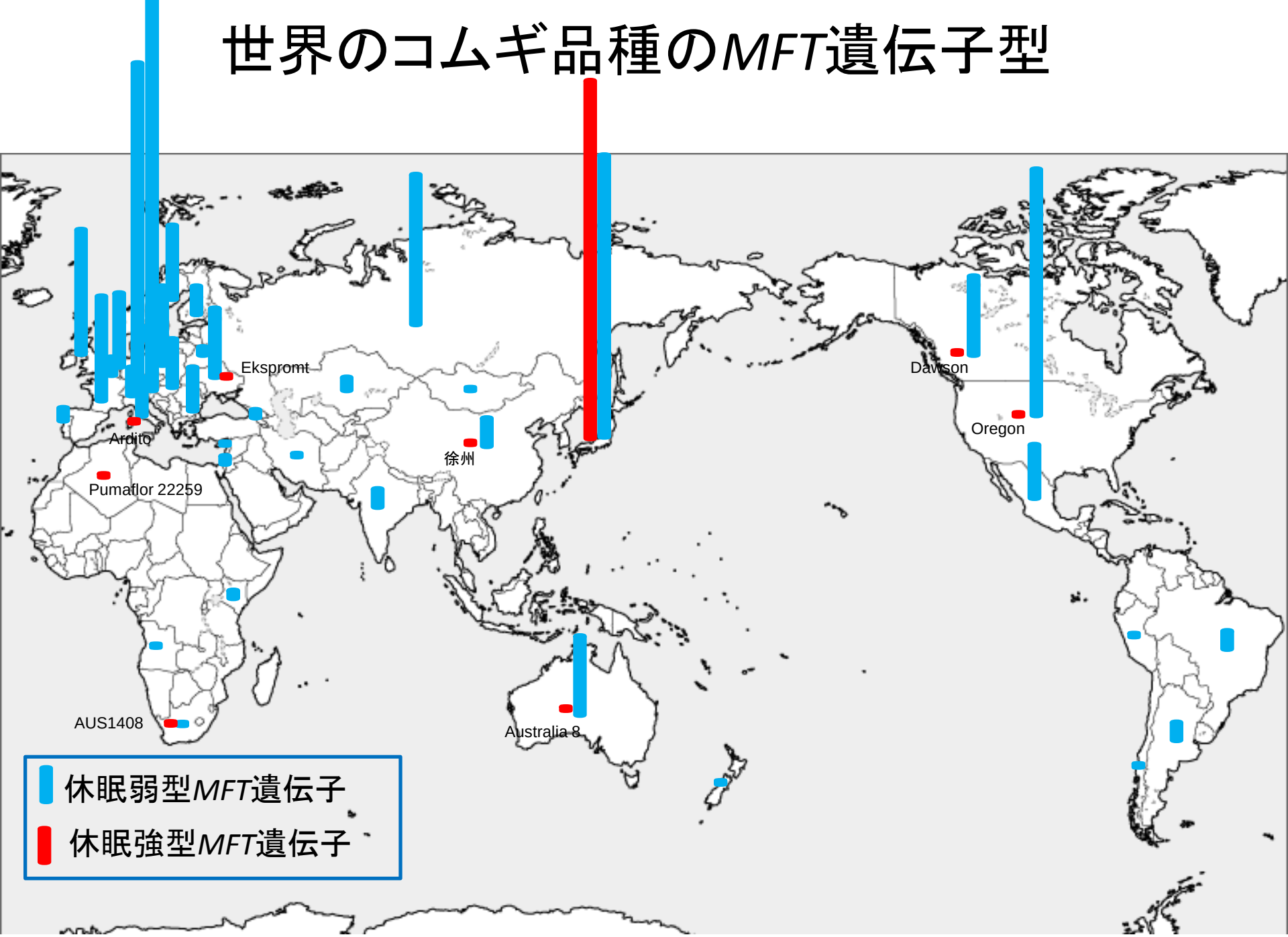
*MFT*遺伝子型

Chinese Spring(休眠弱）型

ゼンコウジコムギ(休眠強）型

育成系譜は、福永公平・稲垣正典(1985)育種學雑誌　35巻 P.89-92による

世界のコムギ品種の*MFT*遺伝子型



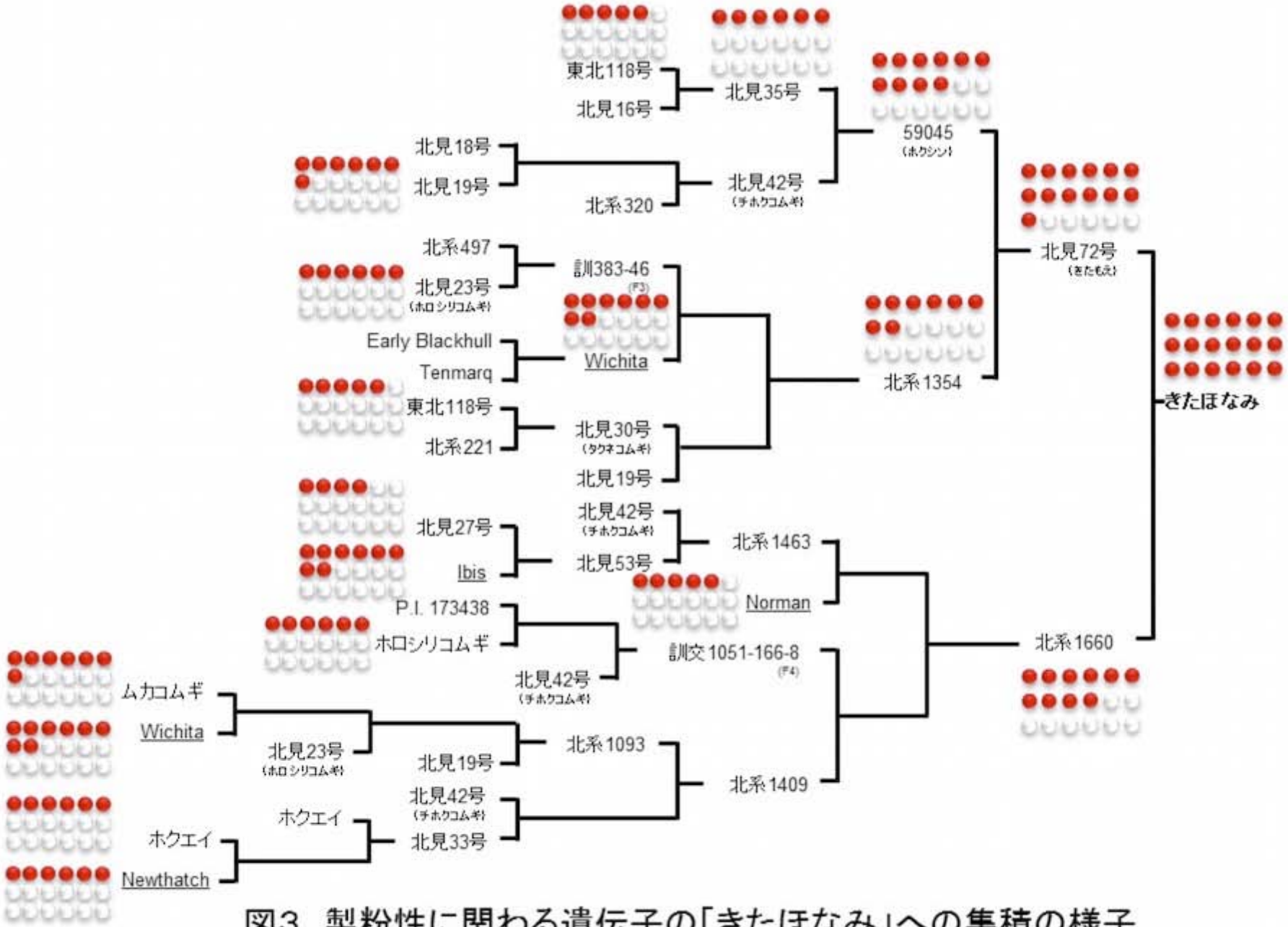


図3. 製粉性に関わる遺伝子の「きたほなみ」への集積の様子

製粉性を良くする遺伝子を赤色のビーズで示します。下線は「きたほなみ」の製粉性の向上に貢献したと考えられる外国からの導入品種を示します。

ご清聴ありがとございました