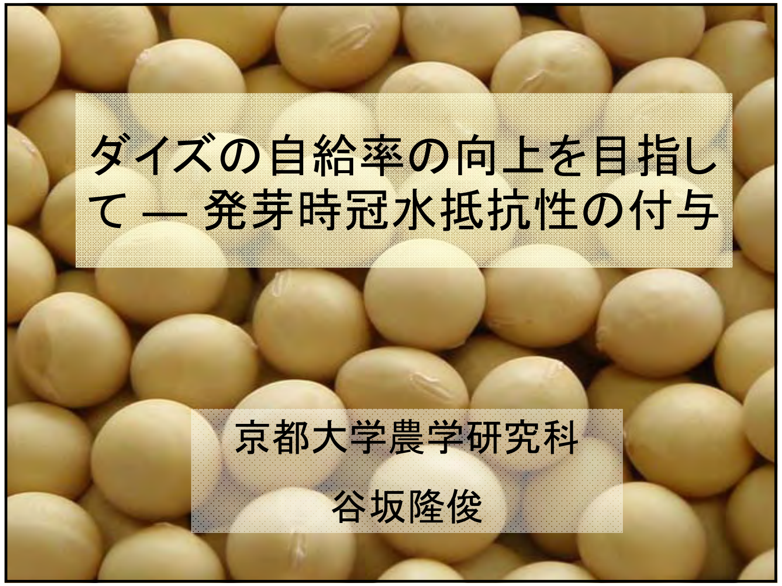


草型

有限伸育型：開花後に茎の栄養成長が止まり頂部に多くの花房がつく

（日本品種の大部分、遺伝子型：*dt1dt1/−−*）

無限伸育型：開花後も栄養成長が続く（アメリカ北部や中国東北部に多い、

遺伝子型：*Dt1Dt1/dt2dt2*）

半無限伸育型（遺伝子型：*Dt1Dt1/Dt2Dt2*）

主茎長により、長茎型と短茎型、分枝数により、主茎型と分枝型に分けられ　　　る。

開花期

開花と成熟日数を支配している遺伝子座は4つ（*E1*−*E4*）あり、*E1*、*E2*、*E3* は　晩生優性、*E4* は長日に対する反応に関与

タンパク質

ダイズ種子のタンパク質含量は26−56%で、作物中最高

主要タンパク質：グロブリン（70%を占める）

7Sグロブリン（β−コングリシニン、α、α'、βサブユニット）

11Sグロブリン（グリシニン、酸性サブユニット、塩基性サブユニット）

分子量：α'＞α＞β＞酸性＞塩基性

＊11Sグロブリンは 7Sグロブリンより含硫アミノ酸が約5倍高く、両含量には相補性がある

油脂

世界で最も生産量の多い植物油（わがくにの油脂生産量の30%近く）

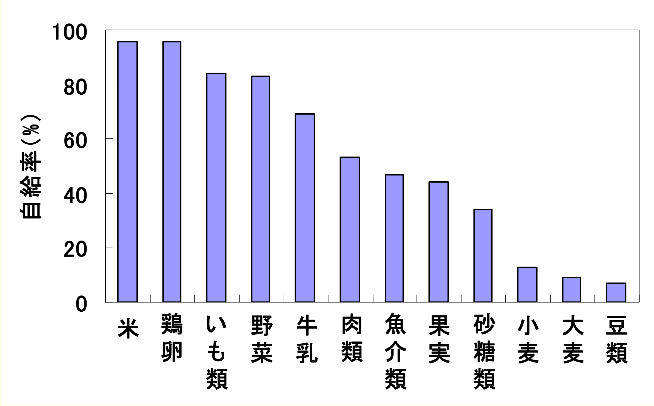
脂肪酸組成：炭素鎖C_{16}−C_{18}

パルミチン酸（16:0、含量11.0%）、ステアリン酸（18:0、含量4.0%）、オレイン酸（18:1、　　　含量22.0%）、リノール酸（18:2、53.0%）、リノレン酸（18:3、7.5%）

リノレン酸は酸化安定性が劣り、戻り臭の原因

オレイン酸は貯蔵性や過熱時の酸化安定性に優れる

日本の食料自給率の現状



ダイズ収量（kg/10a）

	1970年頃	1985年頃	1995年頃
USA	180	215	250
セラード（ブラジル）	135	165	240
日本	135	160	150

米国：1970年代始めから増加が着実に続いている

セラード：1970年代からダイズ栽培を開始。

日本：1990年代より落ち込み。平成12年度は 192kg/10a、平成16年度は119kg/10a

日本における育種目標

多収化、省力化：多収性、機械化適性、難裂莢性、耐倒伏性、除草剤抵抗性

安定化：

・環境ストレス耐性：耐湿性、耐冷性など

・生物ストレス耐性：モザイクウイルス、矮化病、葉斑病、立枯れ病、黒腐れ病 シストセンチュウ、ハスモンヨトウ、カメムシなど

・高品質化

豆腐用：高タンパク質含量、タンパク質組成の改善

煮豆用：大粒性、粒色、吸水性、難裂皮性、良食味

納豆用：小粒性、粒ぞろい、高糖質

味噌用：高糖含量、蒸煮ダイズの軟質・均一性、色調、製品の呈味性

油脂用：高油含量、脂肪酸組成

新用途：リポキシゲナーゼ、機能性物質（サポニン、イソフラボン）、低アレルゲン性

ダイズの遺伝子導入

除草剤耐性ダイズ（1995年、米国）

非選択性除草剤グリホサート（商品名：ラウンドアップ）

導入遺伝子　*cp4 epsps*（*Agrobacterium* CP4菌株由来の5-エノールピルビルシキミ酸-3-リン酸合成酵素遺伝子）

2003年現在、全世界のダイズ作付面積は約8,370万ha、組換えダイズの栽培面積は4,840万ha。USAでは、85%が組換えダイズ。

参考：日本の耕地面積は約500万ha、うちダイズは約15万ha

日本におけるダイズ研究の重要課題

「生産性の向上と安定」 ゲノム情報を活用して、食用ダイズ国産100%を目指す（国策）

・ダイズゲノムの連鎖地図、物理的地図の作成

・塩基配列の解読

・湿害抵抗性の付与

・根粒形成と窒素固定能

・草型、開花期、各種耐病性、ダイズシストセンチュウ抵抗性などの耐虫性

・重要形質に関するDNAマーカーの作出

世界的課題：　生産性の向上と安定、脂肪酸組成の改変など

ダイズのゲノム研究

・ゲノムサイズ：約1,120Mb (n=20)、四倍体に由来すると推定されるゲノムの重複領域が散在する。ゲノム構造は複雑

・SSRマーカーの開発によって連鎖地図の作成が進展

計1,849のDNAマーカーからなる分子連鎖地図が報告（Cregan et al 1999、Song et al 2004）

・連鎖地図の総延長は2,523.6cM、SSRの平均間隔は2.5cM

・これまでに35万個以上のESTの配列が解析、約3万の統合配列

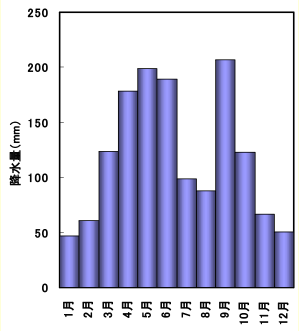
・塩基配列の解読がUSAでかなり進展（Phytosome）

ゲノム研究は始まったばかりである

・水田転換畑での栽培が多い（85%）
・播種期が梅雨と重なりやすい
・発芽前の冠水に弱い品種が多い

冠水抵抗性育種の重要性

京都市降水量（2008年）



日本では湿害が多発

“水田転換畑” （わが国におけるダイズ作付面積の2/3は水田転換畑）

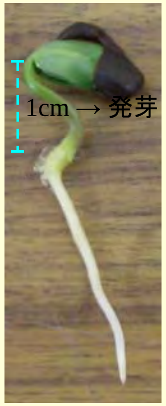
“湿害圃場”（滋賀県：京大・白岩立彦教授提供）

“湿害回避圃場”（滋賀県：京大・白岩立彦教授提供）

冠水障害とは？

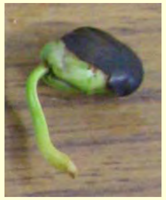
- 発芽率の低下
  - 物理的破壊
- 正常生育の阻害
  - 低酸素ストレス

健全個体



子葉障害

幼根障害

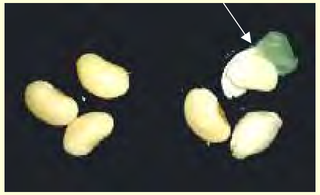


種子発芽時の冠水障害

冠水障害とは

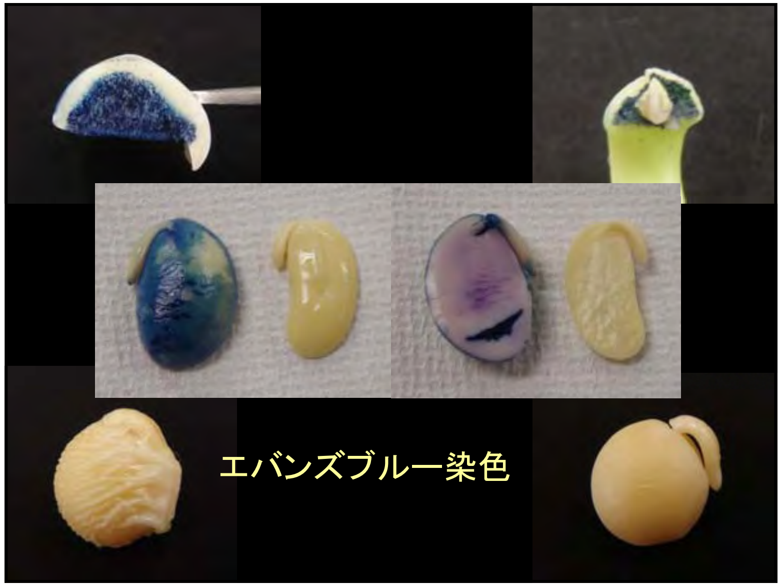
種子内容物の流出

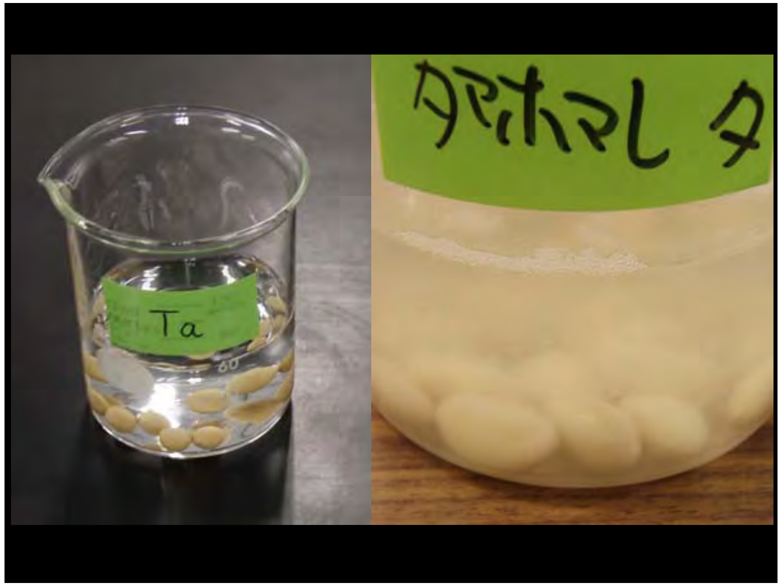
種皮離脱



子葉障害

胚軸，主根障害



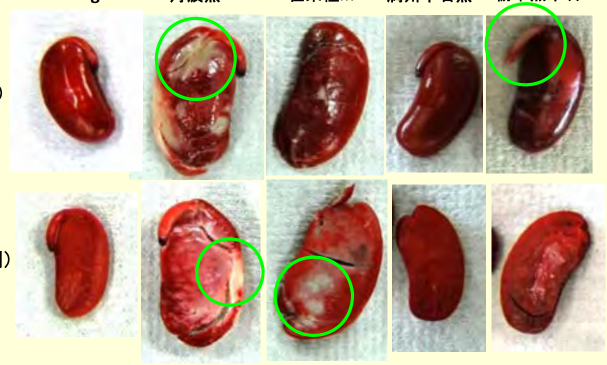


～TTC染色～

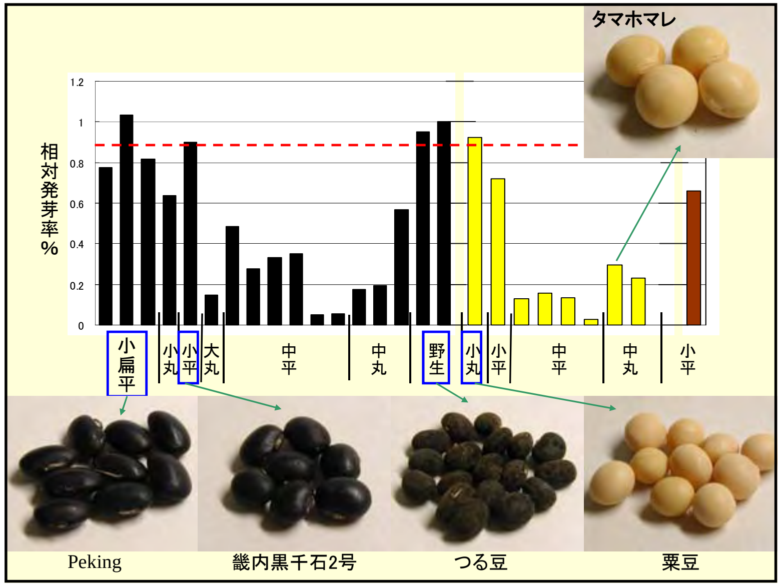
Peking　丹波黒　在来種M　満州千石黒　栃木黒千石

（子葉外側）

（子葉内側）



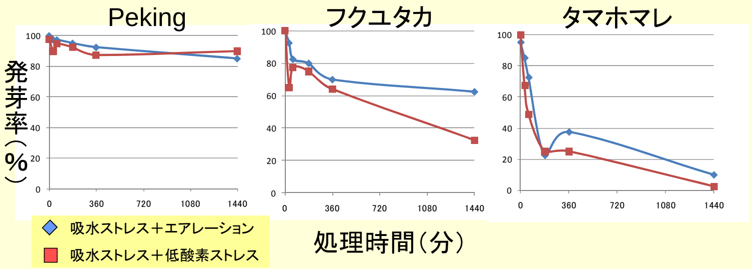
- 小粒系品種：呼吸活性が高い
- 大粒系品種：子葉や子葉節における呼吸障害が顕著
- 胚軸障害



エアレーション処理（溶存酸素の効果）

エアレーション処理（低酸素状態の回避）

冠水処理時間による発芽率の変化

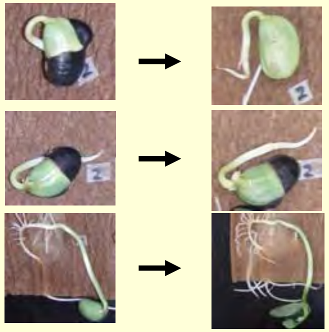


対照区（6日目）　処理区（6日目）

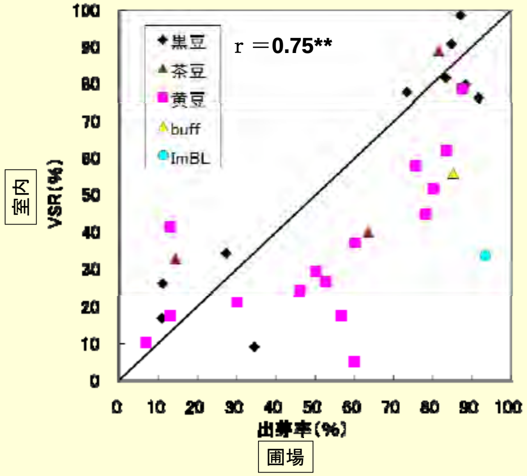
発芽の基準

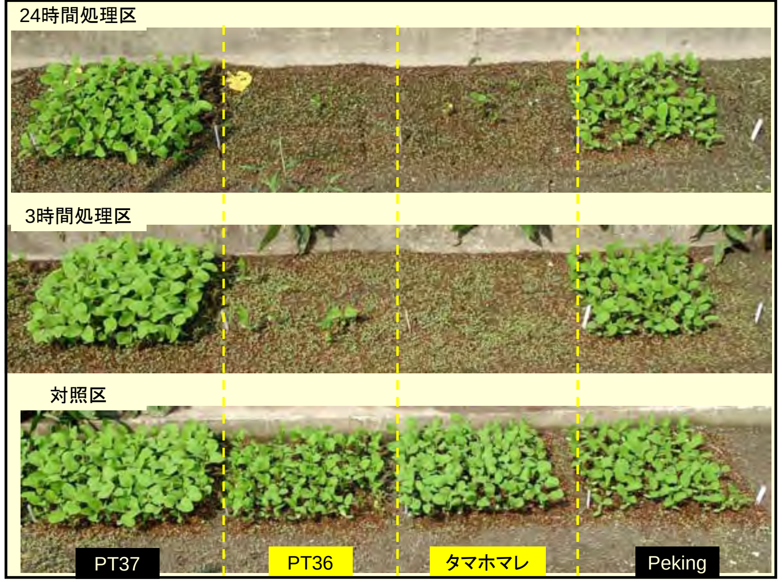
- 出根個体を経時的に調査
  ⇒出根3日後において胚軸+幼根長が、

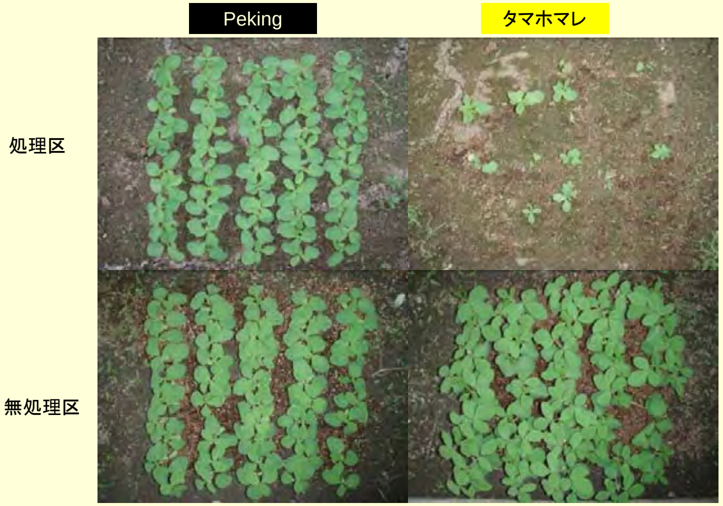
・3cm以下
・3~5cm　→ 生育が停止
・5cm以上　→ その後も良好に生育



1B


黒豆
茶豆
黄豆
buff
ImBL
r =0.75**
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
VSR(%)
室内
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
出芽率(%)
圃場


24時間処理区
3時間処理区
対照区
PT37
PT36
タマホマレ
Peking


Peking
タマホマレ
処理区
無処理区

Materials and methods

Peking

タマホマレ

- 植物材料
  - 品種Peking×タマホマレの組換え自植系統(RILs) 96系統のF_8集団(京都、2005)およびF_9集団(京都、長野、2006)に着生した$F_{8:9}$種子および$F_{9:10}$種子を供試
- SSRマーカーを用いた各系統のジェノタイピング
- MAPMAKER/EXP 3.0bにより連鎖地図を構築

連鎖地図の概要

2n=40 ⇒ ゲノム全領域を網羅

SSR多型率：65.3% (572 / 876)

マーカー数：345
SSR座：342
形質座：3
I 座：種皮色
T 座：毛茸色
W1 座：花色

カバー領域：2670cM

マーカー間平均距離：7.7cM

連鎖地図の作製手順

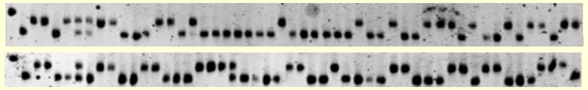
RILs 96系統から系統単位でDNAを抽出

↓

Peking-タマホマレ間で多型のあるSSRマーカーを選抜

↓

各RILにおけるSSR座の遺伝子型を調査

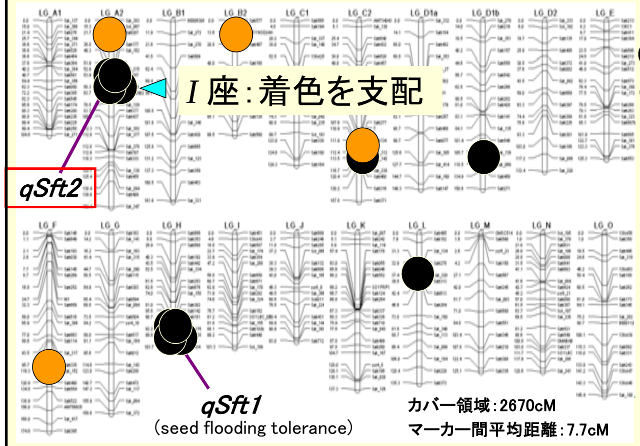


(左から200bpマーカー,タマホマレ,Peking,RIL48系統)

↓

MAPMAKER/EXP (Lander et al. 1987)を用いて連鎖地図を作製

QTL解析結果



抵抗性の由来
● Peking
● タマホマレ

マーカー数：345
SSR座：342
形質座：3
I 座：種皮色
T 座：毛茸色
W1 座：花色

SSR多型率：65.3% (572 / 876)

PT37 PT51 PT8

処理区

無処理区

無処理区に対する処理区の相対値（%）

79.7% 86.0% 62.0%

- 黄豆ミュータント4系統（37Y6 ,37Y7,51Y2,51Y3）

- M_3個体を圃場に展開し、M_4種子を得た
- 種皮色の分離

系統	個体数	黄豆	色豆（黒or茶）
37Y6	20	14(30%)	6(80%)
37Y7	9	7(73%)	2(80%)
51Y2	8	5(60%)	3(-)
51Y3	3	3(62%)	0

Sft2（種皮着色と強連鎖）

PT37

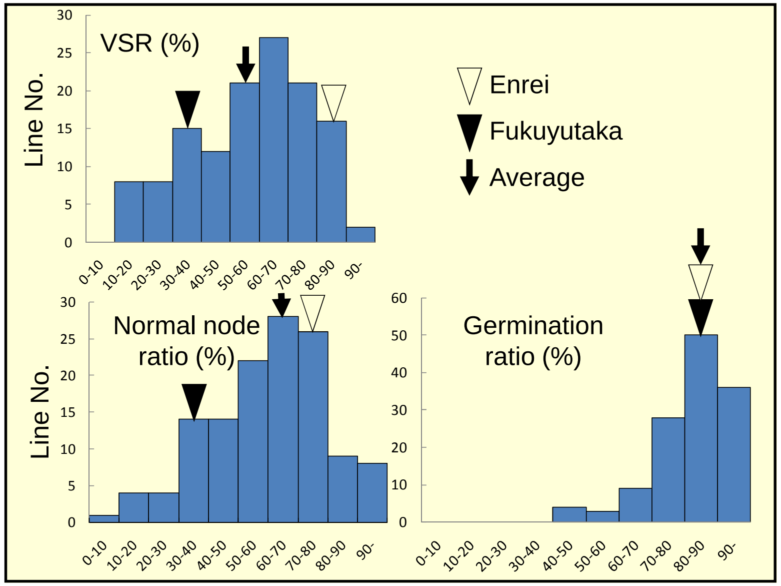
PT51

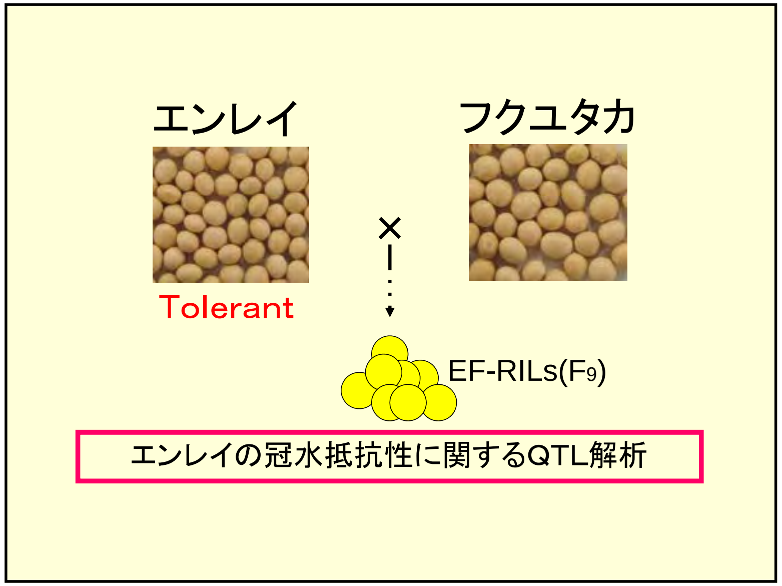
i^iミュータント（PT37、PT51由来）

Peking タマホマレ

処理区

無処理区





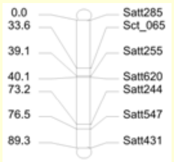
Result of QTL analysis

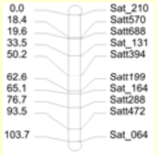
Trait	Linkage group	Marker name	Position (cM)	LOD score	Contribution (%)	Additive effect
VSR	D1a	Satt532	45.01	2.98	27.04	−10.64
	K	Satt273	122.83	2.73	9.66	6.42
Germination	E	Satt575	0.01	3.66	9.93	3.81
	D1b	Sat_211	51.57	3.57	13.59	4.47
Node	L	Satt664	105.02	2.99	9.64	6.53

EF-RILs

Linkage Map

Linkage Group	No. of makers	Length(cM)
A1	10	110.4
A2	12	177.7
B1	7	141.2
B2	6	95.6
C1	6	72.7
C2	8	172.1
D1a	9	141.9
D1b	12	156.3
D2	7	99.4
E	9	106.3
F	14	153.6
G	10	103.7
H	7	87.2
I	8	100.2
J	7	89.3
K	12	182.7
L	13	127.1
M	9	123.7
N	7	101.2
O	14	268.8
Total	187	2611.1





EF33 EF39 EF26

EF79 EF55 EF178

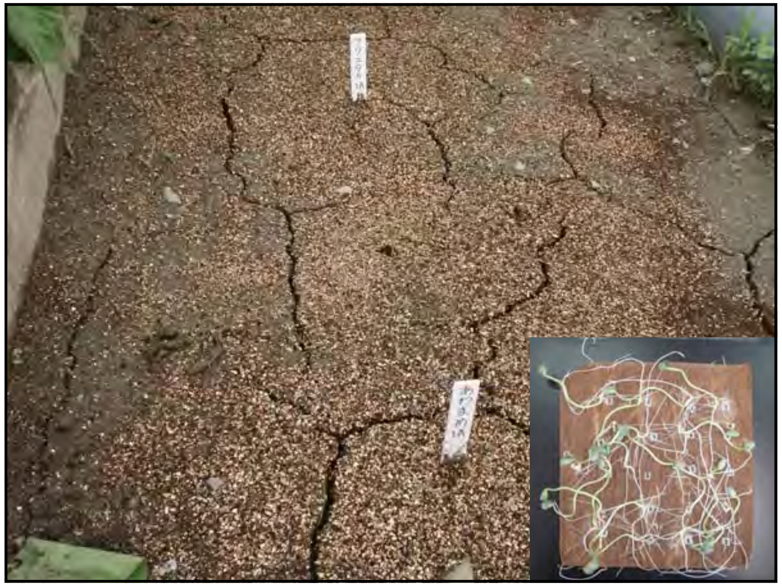
VSRに関して検出された2QTL最近傍マーカーの
遺伝子型と圃場冠水抵抗性の関係

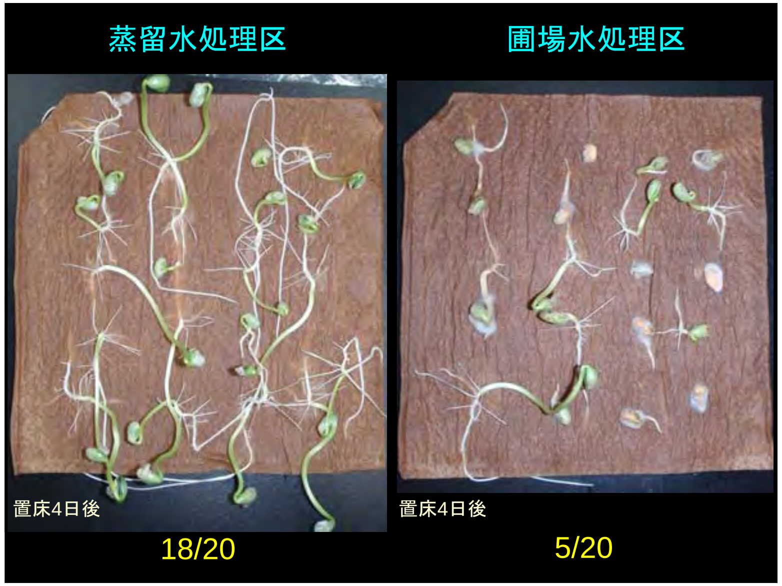
Line No.	VSR	Field tolerance	Satt532 (B)	Satt273 (A)
EF33	87.5	78.4	B	A
EF79	80.0	51.6	A	A
EF39	60.0	26.3	A	A
EF55	52.5	5.2	A	A
EF26	30.0	21.1	A	B
EF178	12.8	41.3	A	B
Enrei	80.3	57.9	A	A
Fukutyutaka	39.9	24.0	B	B

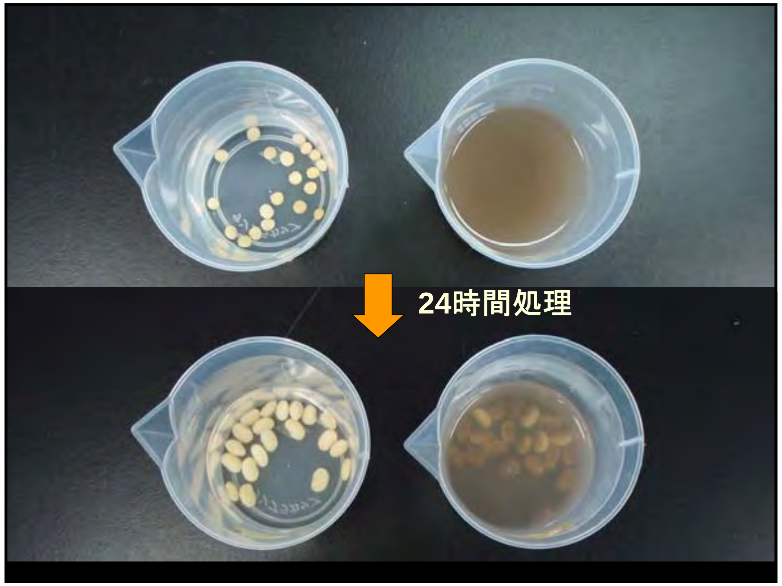
圃場における冠水抵抗性

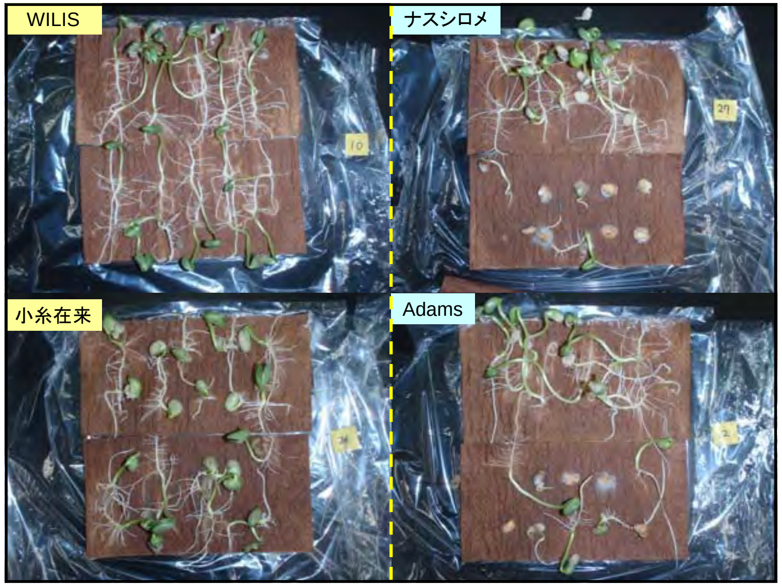
- 物理的要因
  - 急激な吸水ストレス
  - 低酸素ストレス

- ＋α:生物的要因　？




蒸留水処理区
圃場水処理区
置床4日後
18/20
置床4日後
5/20


24時間処理


WILIS
ナスシロメ
小糸在来
Adams

圃場における冠水抵抗性

- 急激な吸水ストレス
- 低酸素ストレス
- ＋α
  - 抗菌活性
  - 糊粉層の破れ難さ