

# 夢の植物を作る

## バイオテクノロジーを使った花の品種改良

千葉大学名誉教授  
三位正洋

### 【講師プロフィール】

1947 年東京生まれ、69 歳。千葉大学園芸学部を卒業後、名古屋大学大学院農学研究科で博士課程を修了し、名古屋大学農学部助手を経て 1979 年より千葉大学園芸学部（現在は大学院園芸学研究科）に移る。

1991 年に教授となり、2013 年 3 月定年退職。名誉教授。

退職後は千葉大の環境健康フィールド科学センターで特任研究員となり現在に至る。

専門は植物細胞工学、植物育種学で、組織培養や遺伝子組換えなどの

植物バイオテクノロジーの諸技術を品種改良に応用するための研究を行っている。

東京都薬用植物園薬草教室 2017. 8. 22

## 夢の植物を作る～バイオテクノロジーを使った花の品種改良～

千葉大学 三位正洋

### 花の品種改良（育種）

1. 対象となる植物は多種多様
2. 常に新しく珍しいものを求める（ないものねだり）
3. 絶えず多様な変わり者（変異）を作り出す必要
4. 優れた品種ができればすぐに商品化できる
5. 市場は国際的
6. 日本は育種能力のきわめて高い国（小規模の育種で大きな成果、優れた個人育種家が多い）：育種立国を

### 花の育種をはじめるとあって

どんな植物をえらぶか

どれだけの変異が存在するか（野生の変異、すでに育種されているものの変異）

交配ができそうな関連野生種や園芸植物がどれだけ存在するか

どんな生育特性を持った植物か（1年生、多年生、木本、原産地など）

どんな栽培特性を持った植物か（温度、水分、培養土など）

どんな病虫害が存在するか

どんな品種をつくりたいか

何を改良すればより鑑賞価値が高まるか

### 生き物は多様

自然界は多様な生物で成り立っている

様々な種（しゅ）が存在する

同じ種の中にも多様な個体（変異がある）

植物でもよく見れば個体ごとに性質は異なる

改良した植物は

多様な品種が存在

でも同じ品種なら同じ性質

## 自然には何があるか（遺伝資源）

- 地球上にどんな植物が存在するのか
- 既存作物にはどれだけ変異があるのか
- 調査対象：野生種、園芸品種、変異個体、枝変わり
- これらを使ってどうやって改良するのか

## 育種の基本はまず種子を播くこと（播かぬタネは生えぬ）

個体数を殖やせる（珍しい種や個体を安全に保存）

実生中から新たな変わり者（変異）を見いだす（播けば何か親と違うものがでてくる可能性あり）

それをもとに新しい品種がたくさん出来る

異なる品種間の交配でさらに鑑賞価値の高い新しい品種が生まれる

## 意図的に品種改良をする

漫然とただタネを取って播くだけでは簡単に大きな変わり者が得られる訳ではない

人為的な交配が必要

1. 同一種内の異なる個体・系統間で交配
2. 異なる種と交配して雑種をつくる（大幅に変異を拡大する可能性）

## 大量の実生が得られれば

沢山の性質の異なる個体が大量に得られるようになった。その中から優れた個体を選べる

突然変異個体の見つかるチャンスが大きい

それをもとに新しい品種がたくさん出来る

異なる品種間の交配でさらに鑑賞価値の高い新しい品種が生まれる

## 品種の実体

遺伝的に均一な集団を作出（品種としての条件）

1. 種子を品種とする
  - (1) 純系育種
  - (2)  $F_1$ （エフワン）

対象：通常1・2年生草本植物

両方とも純系（遺伝的に純粋な系統）作出が前提

2. 苗（株）を品種とする

特定の個体を遺伝的な固定をせずそのままクローン増殖（栄養繁殖：株分け、挿し木、接ぎ木、取り木、組織培養など）

対象：播種から開花まで年月がかかる植物（果樹、花木、球根、宿根草、ラン、観葉植物など）、挿し木の容易な一・二年草

### 種子で栽培する植物

1. 優良個体ができたら、自家受粉して種子を採る。

2. 子供のは大半は親と異なるので、その中から優良個体を選んで自家受粉を行う。

3. この操作を7-10世代繰り返すと、ほぼすべての個体がみな同じ性質を示すようになる。これを純系という。

4. 種子で売られている品種は、純系か異なる純系同士を交配して出来る雑種第一代(F1 という)

### F<sub>1</sub>種子を効率よくとるために

両親間で受精した種子だけが必要

（自殖種子が混入してはいけない）

そのためには

1. 自家不和合性を利用

2. 雄性不稔を利用

### 育種の基本は交配

1. 種内交配：同じ種の中の異なる個体同士をかけあわせる

2. 種間交配：異なる種の間で交配し雑種をつくる

### 同一種内で交配する

1. 異なる性質を持つ個体同士の交配で両者の長所を兼ね備えた個体を得る

2. 両親由来の異なる遺伝子間で新たな組合せを実現する：今までにない性質が現れる可能性

3. 隠れている変異を見つけ出す：自殖で劣性遺伝子がホモとなり発現する
4. 自殖し目的の形質を固定する：純系作出

### 品種改良の限界を超えるには

新たな遺伝的変異を生み出す必要

変異創出の手段は？

遺伝子突然変異を引き起こす：放射線照射、化学薬剤処理

染色体数を変える：倍数体、異数体をつくる（コルヒチン処理など）

他の種から遺伝子を取り入れる（バイオテクノロジーの利用）

### 突然変異：変わり者を生み出す力

- 生物進化の原動力：人間の望む方向に栽培植物は変わっていく
- 変異体の発見
- 選抜
- それを利用した人為的な育種行為

### 突然変異育種

人為的な処理をして染色体やDNAに変異を引き起こす

- 放射線（X線、ガンマ線、重イオンビームなど）
- 化学薬品処理

### 育種に利用できる代表的なバイオテクノロジー

1. 組織培養（勝手に起こる変異を利用）
2. 超低温保存（遺伝資源の保存）
3. 胚培養（種間雑種作出の手段）
4. 細胞融合（交配できない種間で雑種を作る）
5. 遺伝子組換え（目的形質のみの付与）

### 組織培養とは

個体の一部分（組織）を切り取って人工的な培地の上で培養すること

培地：栄養分（炭水化物、無機塩類、ビタミン、アミノ酸、植物ホルモンなど）の溶液またはそれを寒天などで固化

無菌条件で培養：雑菌の混入を防いで目的の生物（細胞）を培養する

目的：組織の増殖と植物体の再生、繁殖

### 無菌培養とは

雑菌の混入を防いで目的の生物（細胞）を培養すること

必要なすべてを殺菌する

#### 1. 植物組織の殺菌

次亜塩素酸ナトリウム、エタノールなど

#### 2. 培地の殺菌： オートクレーブ 121度 15分程度

フィルターで濾過

#### 3. 培養操作に必要な器具類： オートクレーブ、乾熱滅菌

**組織培養（とくに植物体再生系の確立）はバイオテクノロジー全体の基盤技術**

培養の基礎となるある程度の科学的知見はある。しかし、未だに培養困難な植物種や品種は限りなく多い：生物の多様性を強く意識せざるを得ない

対象植物に応じた独自の技術開発が求められる。だからといって、特別な解決策があるわけではない

経験と勘を頼りにした地道な試行錯誤の繰り返しが必要

生き物を扱う優れたセンス（天性か？）が要求される

科学的な解析がこれほど求められる分野はないが・・・業績をあげにくい。研究費がつかない：若者に魅力が乏しい

### 培養変異の育種的利用について

変異の大部分は非有用なもの

変異を抑える有効な方法はない

変異の起こりやすさには遺伝的な要因（時に100%変異）

培養環境に適応して生き残るために様々な非常事態反応（トランスポゾンの活性化、サイレンシング）が起こる

安定した遺伝的変異であるかどうかの見極めが必要

倍加は有用な変異として利用できる

## 種間雑種をつくることの重要性

- 種内交配だけで大きな変異を作り出すのは一般的には困難で長い年月と労力が必要
- 多くの重要な作物は種間雑種起源である

コムギ、サツマイモ、ジャガイモ、タバコ、ナタネ、バナナなど

花ではバラ、ユリ、ラン類、ペチュニアなど多数

種間雑種を作ることによって変異を拡大できる

種間雑種は国際結婚がほとんど（遠く離れた自生地の植物同士で交配することが多い）

## 種間交配の障壁

- 種間交配では雑種ができにくい（近縁の種間でのみ可能性あり）
- 受精が起きても雑種胚が退化
- 対策

胚または胚を含む器官（胚珠・子房・不完全種子）を培養し、退化する前に未熟な雑種胚を救済（胚培養）

## 胚培養による種間雑種作出

- 胚培養は花卉育種においては益々重要性が増している技術
- 雌性非還元配偶子は種間雑種作出に重要な役割
- 種間雑種は遺伝的に不安定で短期間に変異を多発（とくに組織培養環境では）
- 倍加で稔性回復。後代で多様な変異出現

## 細胞融合

交配でつukれない遠縁植物間で雑種をつくる手段

細胞壁のない裸の細胞（プロトプラスト）をつくり異種間で融合

融合細胞から植物体を再生（雑種植物になる）

前提条件：プロトプラストからの植物体再生方法を確立

## 細胞融合の育種的利用の可能性

1. 細胞融合は種間雑種作出に有効な手段

- しかし、育種の実用手段としては比較的近縁種間の組み合わせに限定すべきだ
2. 直接複 2 倍体、3 倍体等を作成する手段として有効

## 遺伝子組換え

メリット

1. どんな生物の遺伝子でも利用できる
2. 余分な遺伝子を持ち込まない：もとの性質を維持したまま新たな性質をつけくわえられる

方法

1. *Agrobacterium* を利用
2. 直接法（遺伝子銃、エレクトロポレーション、マイクロインジェクションなど）

## アグロバクテリウム *Agrobacterium* を利用した遺伝子組換え

土壌細菌の仲間病原菌

*Agrobacterium tumefaciens*

根頭癌腫病を引き起こす *Agrobacterium rhizogenes*

毛根病を引き起こす

病気はこのバクテリアが植物細胞に病原遺伝子を送り込むことで起こる

この能力を利用して植物の遺伝子組換え方法が開発された

## 遺伝子組換えに必要なこと

1. どんな植物をどう変えたいか  
(遺伝子組換えでなければならないか)
2. 目的にあった遺伝子があるか  
(世界中の情報を把握する)
3. その植物で組織や細胞から植物再生ができるか  
(組織培養技術が大事)
4. 遺伝子はその細胞に入れられるか  
(アグロバクテリウムを感染させられるか)

## 植物に導入された主な有用遺伝子

除草剤耐性

害虫抵抗性

耐病性・ウイルス抵抗性

環境ストレス耐性(低温・高温・乾燥・塩類)

栄養価・品質の向上(貯蔵タンパク質、糖、ビタミン含量など)、アレルゲンの含量低下

二次代謝産物(色素・医薬、香り成分)生産能の付加や増加

成長発育調節(開花・栄養成長促進、矮化、花の寿命延長など)

## 遺伝子組換え植物を実用化するために

1. 法律をクリアーする(カルタヘナ法)

2. 組換え農作物の安全性評価

非食用作物では遺伝子の環境中への拡散阻止が重要

## カルタヘナ法

2000.1 「生物の多様性に関する条約のバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書(カルタヘナ議定書)」が採択、2003(平成15)年6月に締結

日本では2003年6月に「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律(カルタヘナ法)」が公布され2004.2施行

## まとめ

- ・ 自然が生み出した遺伝的な多様性を基礎として育種は行われる：野生種や人間が生みだした品種は貴重な人類の資源(遺伝資源)：生物の多様性を維持する重要性の根拠のひとつ
- ・ 遺伝子組換えは今までにない品種を作り出す画期的な方法
- ・ 品種改良はいつの時代でも交配が基本：交配は遺伝子組換えで作出した植物にも利用することで、本格的な育種ができる
- ・ 遺伝子組換えをよく知り、恐れず将来の有効利用に理解を