

3章 作物の改良

3.1 染色体レベルでの作物の改良

1) 作物の改良と遺伝学

俗に言う品種改良は育種 (breeding) といい、生物の持つ遺伝子を量的、質的に変化させて人類にとって都合の良いように遺伝情報全体 (ゲノム: genome) に変更を加えることである。育種では、ある生物が持っている遺伝子そのものを除去したり、増加させたり、変化させたり、さらには、元来その生物が持っていない外来の遺伝子を導入したりする。このようなゲノムの遺伝的変更はほとんどの場合、生物の生存にとって悪影響がある。人類が栽培したり飼育すること自体が無意識の育種となる。数千年に渡る栽培、飼育の結果、トウモロコシは自ら種子を広範囲に散布する術を失い、カイコは飛ぶことすらできなくなっている。トウモロコシやカイコは、自身で自然界では到底生存していくことができない哀れな存在となっているが、人類にとっては大変貴重な生物である。

育種は工学のように明快ではない。育種目標 (美味しいお米とか病気に強い作物) は明確でも、それに関係する遺伝子がはっきりしていないことが多い。生物の設計図にあたるゲノム情報が全て読み出されたとしても生物の機能を理解することはできない。なぜなら人が作ったコンピュータなら専門家が設計図を見ればその機能は理解できるが、60億年ともいわれる地球の長い歴史の産物として生じた生物の設計図を見ることは、コンピュータ知識が皆無の人がコンピュータの設計図を見ているようなもの以上の不可思議さであろう。育種を始めるに当たって、先ず、目標とする形質に関する遺伝子を明らかにする必要ある。究極的には、その遺伝子の DNA はどのような塩基配列をしているのか、どのような発現の制御を受けているのかを解明することが望まれる。このようなことを取り扱う学問分野が「遺伝学 (genetics)」である。遺伝学の祖は Gregor J. Mendel (1822-1884) であるが、彼の遺伝法則の再発見された 1900 年から遺伝学は実質的に始まり、近代育種学の基礎として育種と密接に連携してきた。

育種は人類の農業が始まって以来、意識的・無意識的な選抜という形で長い間行われてきた。遺伝の仕組みが解明され出した 20 世紀からは、遺伝学理論に基づいた交配と選抜が行われるようになった。また、人為的な染色体レベルでの操作、遺伝子レベルでの操作 (いわゆるバイオテクノロジー) が可能となり、自然には生じなかったであろう作物を作り出せるようになっている。本講義では、染色体レベルでの植物改良の基礎の一端を紹介する。

2) ゲノムの操作

ゲノムの元来の定義は、「卵や花粉・精子という配偶子に含まれる染色体の一組」であった。この染色体の数や形は生物種に固有で核型という。有性生殖する高等生物は、染色体を受精の時に母方の卵と父方の花粉・精子から受け継ぐ。動物では、普通、受精によって生じた個体は二組のゲノムを持つ二倍体であるという。しかし、植物の多くは (70%以上ともいわれる) 元の二倍体のゲノムが倍加していて、三倍体、四倍体、・・・という倍数体になっている。倍数体には二倍体種のゲノムが倍加した同質倍数体と異なるゲノムを持つ二倍体種の交雑と染色体倍加から生じた異質倍数体がある。作物の多くは倍数体で、例えば、サツマイモは同質六倍体、コムギは異質六倍体、ジャガイモは同質四倍体、タバコ、

ワタは異質四倍体，等々である．これらのことは，植物では倍数体が農業的にも有利であることを示唆している．コルヒチンという細胞分裂時の紡錘体の形成を阻害する物質の発見により染色体を倍加することは容易になり，人為的ないろいろな倍数体作物が育成されている．以下の図に有名な二つの例を示す．

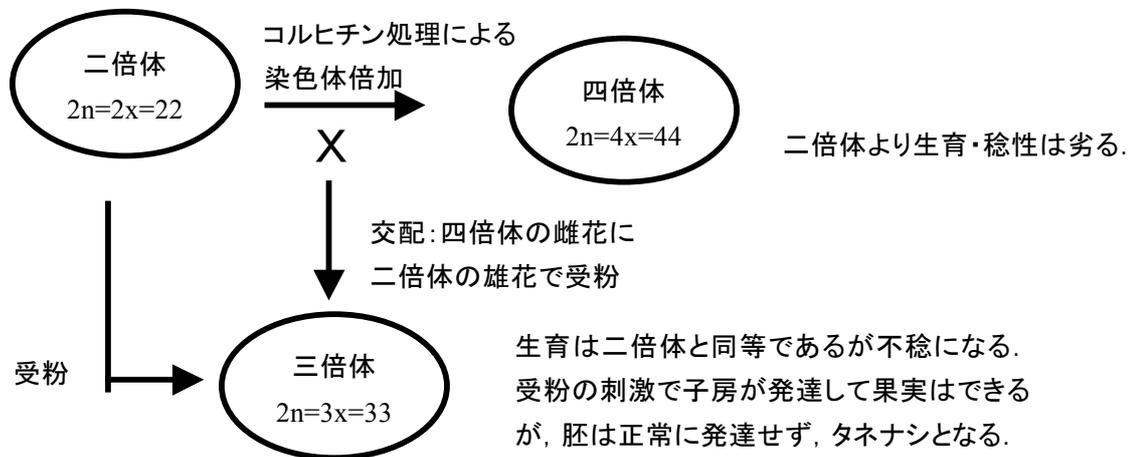


図 2.3.1 種なしスイカ（同質三倍体種）の育成．

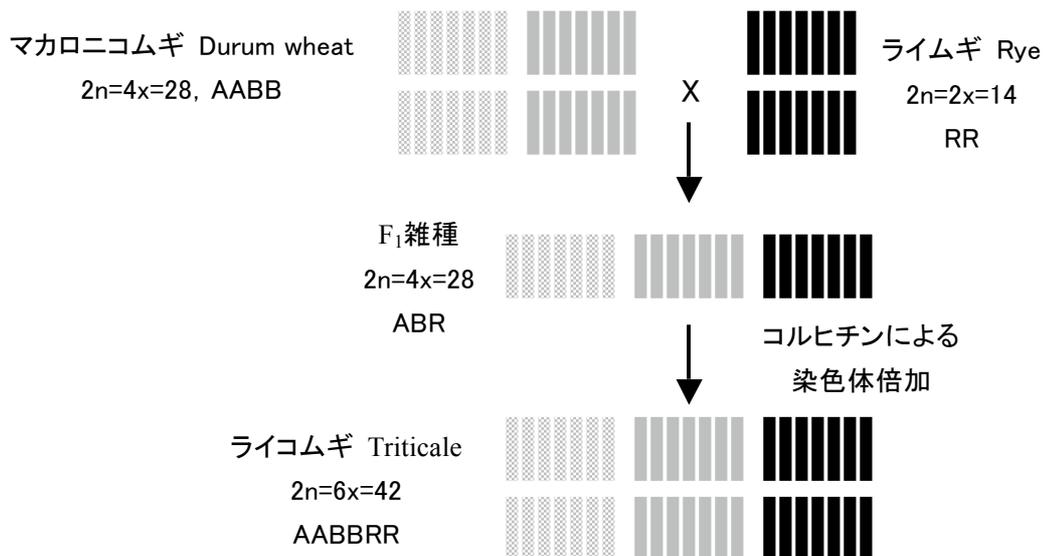


図 2.3.2 ライコムギ（異質六倍体）の育成．

3) 染色体の操作

既存の作物種にはない病虫害抵抗性などの有用な遺伝子を近縁の異種が持つことがある．異種との交雑が可能の場合，染色体倍加して異質倍数体を育成できるが，倍数体が必ずしも優れているとは限らない．特に，すでに倍数体である作物はそれ以上のゲノムの増加は有害になることが予想される．このような場合，異種から個々の染色体を作物に添加することによって有用遺伝子を導入することができる．余分な染色体を持つ作物系統は総合的には通常の作物に劣る．しかし，そのような系統は，将来その異種添加染色体から有用遺伝子を含む小さな染色体断片を導入する際の基本材料になり得る．図 2.3.3 に異種添加染

色体系統の育成の仕方について示す。

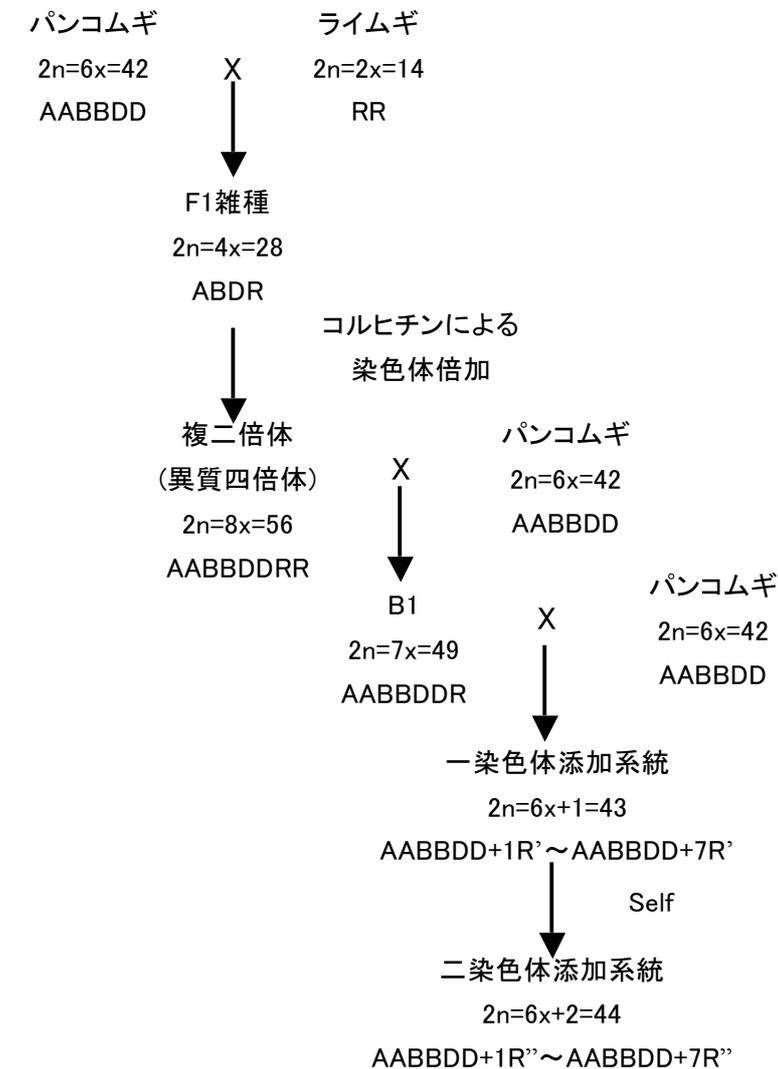


図 2.3.3 個々のライムギ染色体が添加されているパンコムギ系統の育成。

添加された異種染色体の断片をパンコムギの染色体に導入するためには、まず、染色体の切断を誘発する必要がある。種子や花粉に放射線を照射して染色体切断と再融合を誘起する方法はよく使われている。本講義では、植物遺伝学分野で開発された独創的な染色体切断誘発システムを紹介する。パンコムギでは染色体の切断が特異な遺伝子の作用によって誘発されるメカニズムがパンコムギで明らかになっている。この遺伝子は配偶子致死遺伝子 (*Gc*: gametocidal gene) と呼ばれ、パンコムギの近縁野生種の染色体に座乗している。この遺伝子が植物体に存在するとき、この遺伝子を含まない配偶子だけに染色体構造異常を誘発する。染色体構造異常を持つ配偶子は致死になる場合と、受精して染色体構造異常を持つ子孫を生じる場合がある (図 2.3.4)。この *Gc* 遺伝子の染色体構造変異誘発システムは、パンコムギの欠失系統の育成やパンコムギに導入されているライムギやオオムギ染色体に構造変異を誘発する目的に利用されている。

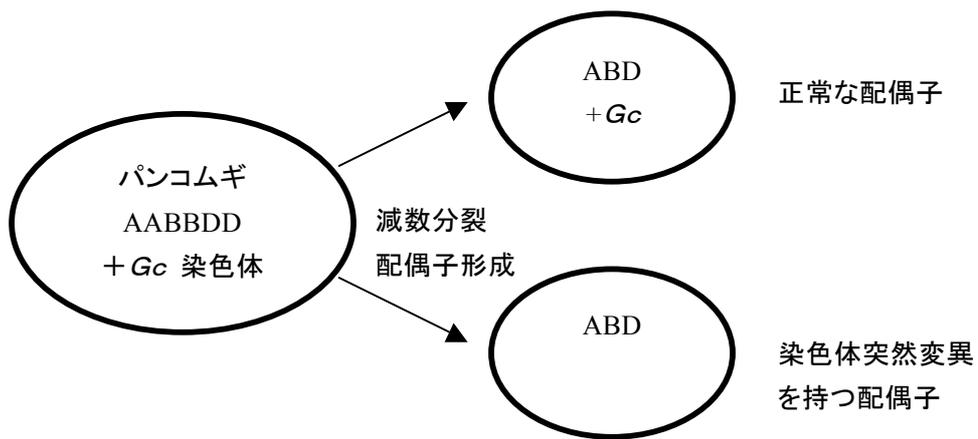


図 2.3.4 パンコムギで染色体切断と構造変異を誘発するシステム.

(遠藤 隆)

【参考図書】

三上哲夫編：「植物遺伝学入門」，朝倉書店

R. H. タマリン著：「タマリン遺伝学（上，下）」，培風館

J. F. クロー著：「遺伝学概説」原書第 8 版」，培風館