

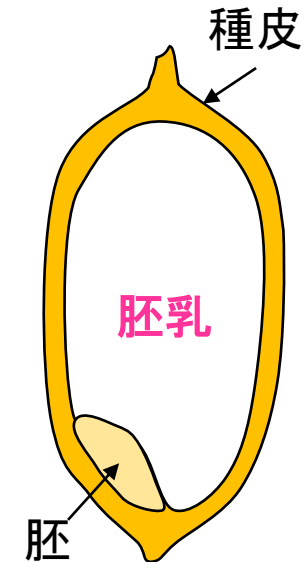
## イネの無受精胚乳形成

### はじめに

お米はイネの種子で、胚や胚乳部分が食糧となります。その種子ができるためには、健全な卵と花粉による受精が必要です。

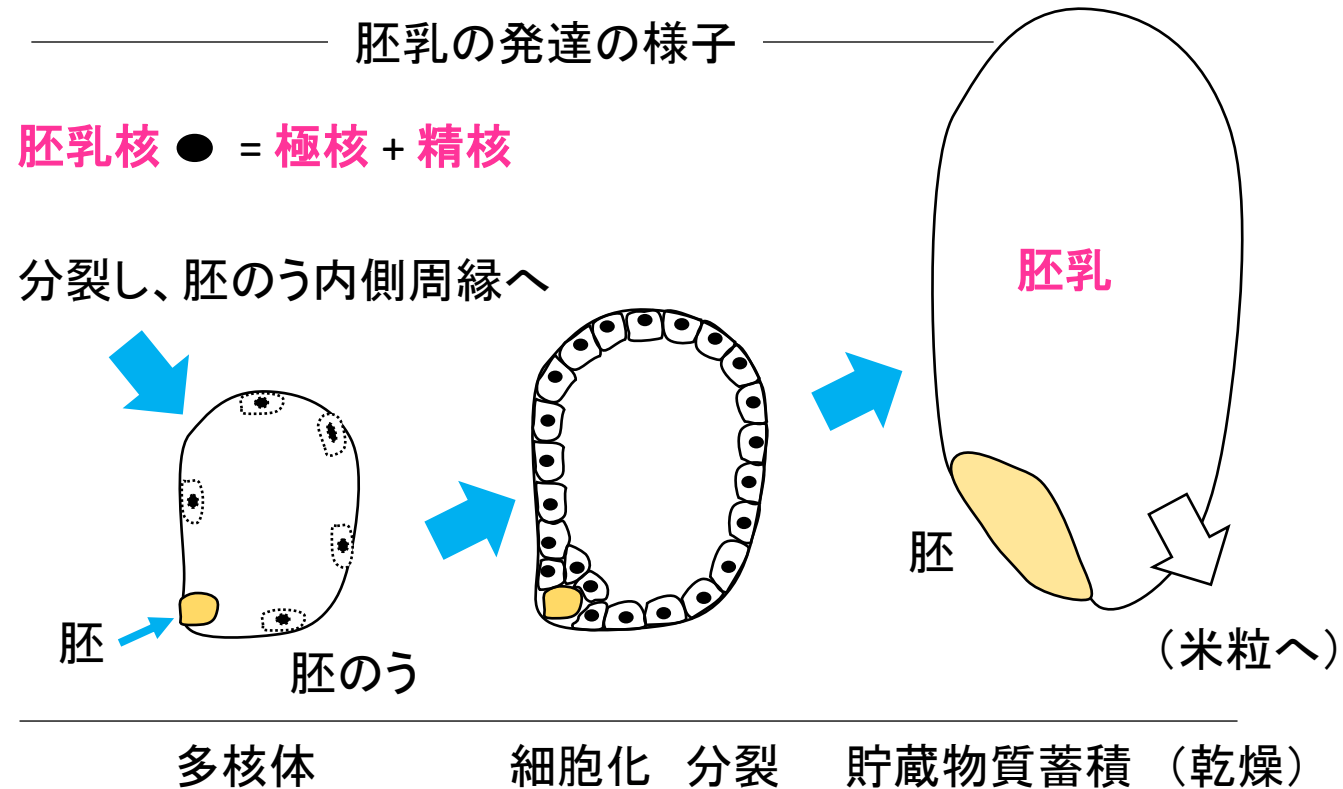
### 受精と種子

種子は、胚と**胚乳**、それらを取り囲む種皮などからできています。イネなど被子植物の受精では、花粉由来の2つ精核のうち1つが卵と合体して受精卵となり、胚へと成長します。胚は、将来植物体へと成長する部分です。もう1つの精核は、極核2個と合体して**胚乳核**になり、発達して胚乳となります。



## 無受精胚乳形成

胚乳は、大きく三段階を経て成長します (Plant Morphology vol.22, pp15-22、2010)。受精から3日頃まで**胚乳核**が分裂し、アメーバ状の細胞質を伴って胚のう内の周縁に移動し、一層になります。



次に**胚乳核が細胞化**し、中心へ向かって細胞分裂します。そして受精後5日頃には、胚のうの中心まで細胞で占められます。胚乳が縦方向に伸長成長するのは、ここまです。

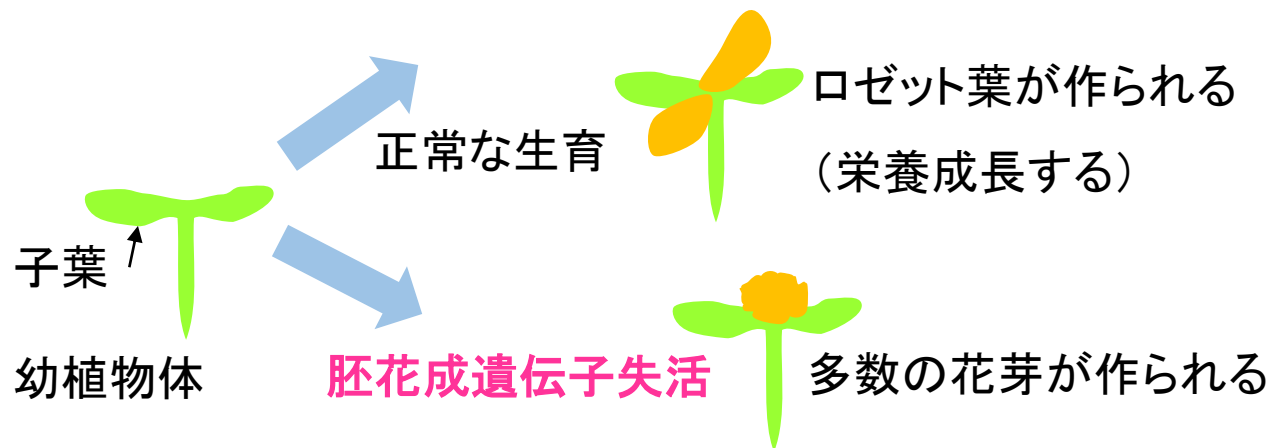
その後、デンプンやタンパク質などの貯蔵物質が蓄積されます。この時期胚乳は、横方向に成長します。

イネにおいて、食糧となる部分である**胚乳の発達を促すしくみ**が2021年に報告されました(The Plant Cell vol.33, pp85-103, 2021)。そのしくみには、シロイヌナズナなどで調べられていた「**胚花成遺伝子**」の働きが関与します。

## 胚乳の発達を促す遺伝子

元々**胚花成遺伝子は、栄養成長を経て植物体の条件が整ってから花芽を形成させる遺伝子**として見出されました。この遺伝子の変異を起こすと、子葉が展開すると同時に花芽がつくられてしまいます。栄養成長しないで花芽形成するというのは、相当に異常です。

このような大きな働きをする遺伝子は、司令塔のように他の多くの関連遺伝子の発現を制御します。そして一般に、ゲノム中にコピーが複数あり、役目を補填し合ったりします。



## 胚花成遺伝子2aの変異誘導

イネでも、胚花成遺伝子グループが単離されていました。そして「胚花成遺伝子**2b**」については、花芽形成に関わることがすでに報告されていました。

今回紹介する著者等は、「胚花成遺伝子**2a**」に注目しました。そしての働きを調べるため、ゲノム編集の手法を用いて**胚花成遺伝子2a**の変異体を作りました。

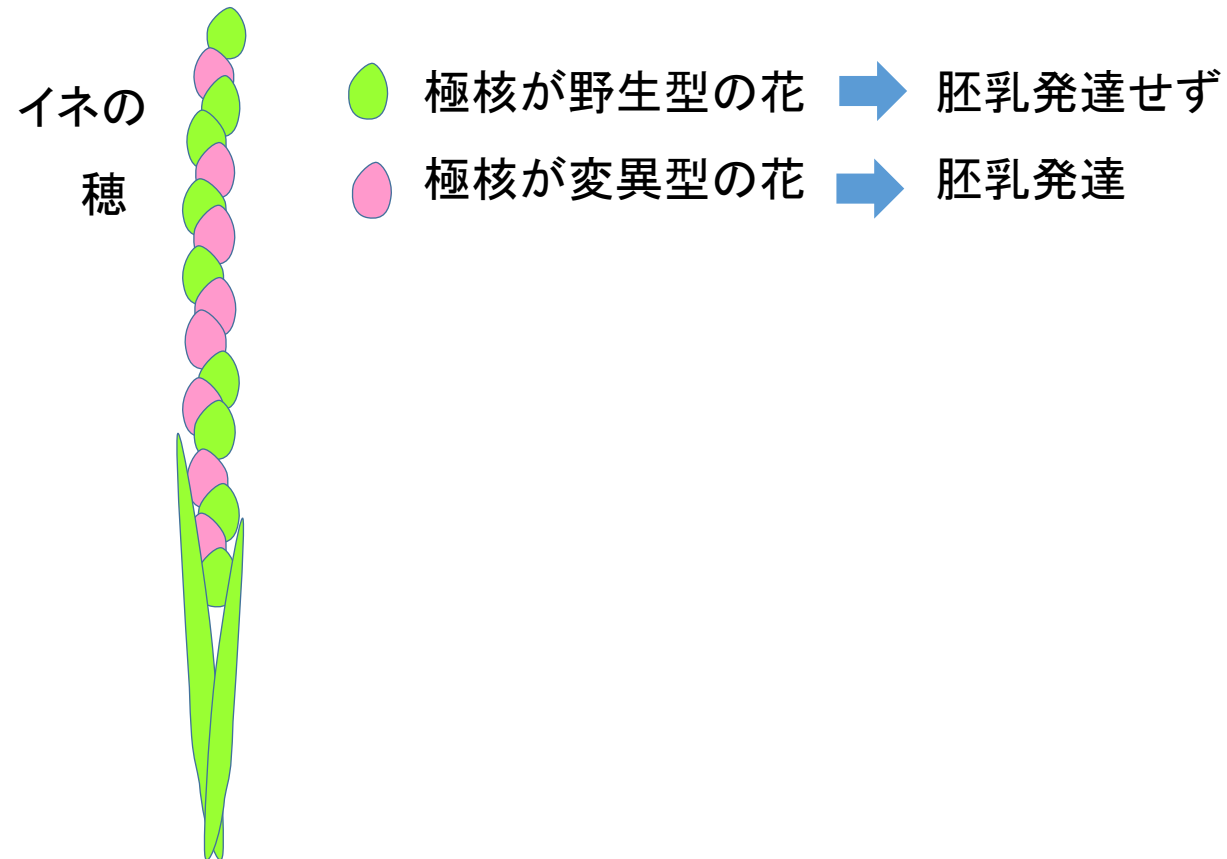
ところでイネ植物体の染色体セット(ゲノム)は、ヒト同様、精細胞から1セット(1nと表す)、卵細胞から1nで、合計2nです。**胚花成遺伝子2aに関して2n共(ホモ)に変異があるホモ変異体は、成長しませんでした。**片方が変異型、片方が正常(野生)型である**ヘテロ変異体では正常に成長し、開花に至りました。**

## 変異体の無受精胚乳形成

その**ヘテロ変異体**(6個体)の穂を温水につけ花粉を失活させ(除雄)、無受精の場合の子房の膨らみを観察しました。すると、平均37%の花の子房が膨み、胚のうにはヨウ素デンプン反応で検出されるようなデンプンや、クマシーブリリアントブルーで染色されるようなタンパク質が検出され、**胚乳が発達する**ことがわかりました。顕微鏡観察では、ヘテロ変異体の無受精の胚のう内で、極核の分裂が観られました。卵の細胞分裂は、観られませんでした。

**変異のないイネ**(5個体、**野生型**)で同様に除雄すると、平均7%の花(えい花)で子房が膨らみました。しかし、胚のう内は溶液状で、デンプンなど固形物の蓄積はなく、**胚乳は発達しない**ことが確認されました。

ヘテロ変異体の穂では、半数の花の極核(1n)の胚成遺伝子2aは野生型、残りの花の極核は変異型です。無受精では、野生型の胚乳核は分裂せず、変異型の胚乳核は分裂し、胚乳へと発達したと考えられます。胚乳が発達した花の割合が、50%より少ないですが。



## 胚花成遺伝子の働き

胚花成遺伝子2aは、受精が起こるまで極核の分裂を抑えているといえます。変異により失活すると、極核は暴走して受精に関係なく分裂し、胚乳が発達し、子房が膨らむということになります。

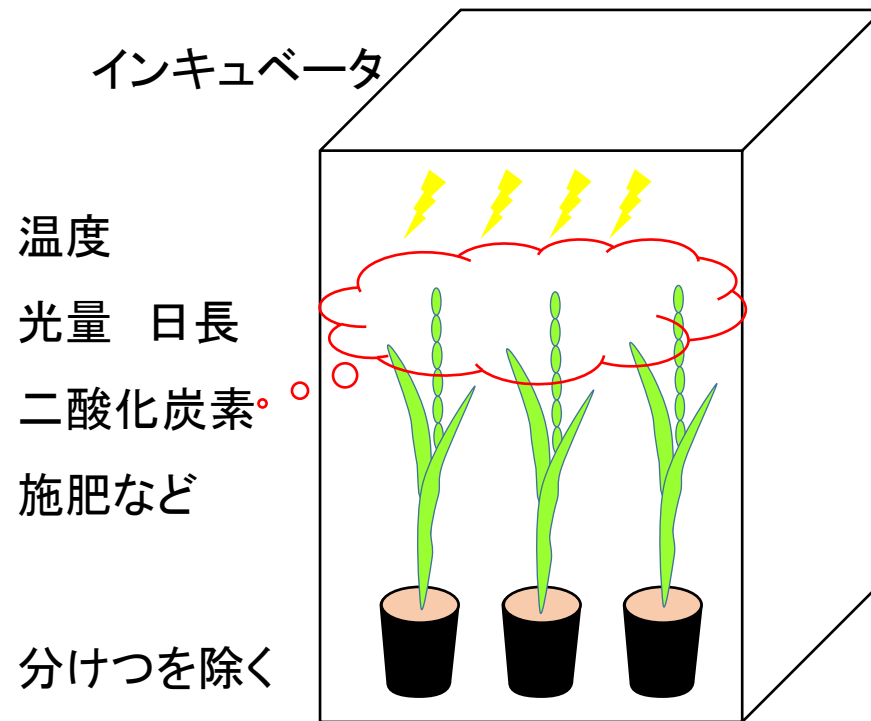
また、胚花成遺伝子2aの変異により胚乳が発達する時の全遺伝子発現の調査も行われました。そして植物ホルモンの1つであるオーキシンの生合成遺伝子や、糖代謝の遺伝子、分化に関わる調節遺伝子など100以上の遺伝子の発現が高くなることがわかりました。



## 成果が得られた勝因

このような胚花成遺伝子2aの働きは、正常に種子ができるまで成長するヘテロ変異体を調査することによって、明らかになりました。

そして野生型と変異型の胚乳に関して、日毎の変化を再現性良く比較するためには、**栽培環境を制御できるインキュベータでの栽培が必須**でした。簡単ではありませんでしたが、著者等は、イネの分けつを取り除き主茎だけでポット栽培にし、二酸化炭素を高濃度に保ち、施肥や光量、日長、温度なども最適化し、栽培法を確立しました(Plant Cell Physiol., vol.52: pp1249-1257、2011)。



## 今後

無受精で胚乳を発達させる遺伝子をイネが元々持っているということに、驚きました。植物工場内で、お米だけをつくることもできるようになるかもしれません。