

品種改良衛星

あさ
山口県立厚狭高等学校生物部



I プロジェクトの目的

食糧の増産や園芸種の改良を目的とした品種改良に、多くの研究者が取り組んでいる。以前から行われていた交配や選別などによる品種改良では、純系を得るために世代を重ねる必要があり時間が掛かる。これに対し、放射線を照射することで人為的に突然変異を誘発すれば効率よく品種改良を行うことが可能であり、日本でも放射線育種場（茨城県常陸大宮市）などで実験が行われている。宇宙では宇宙放射線と微小重力の相乗効果により、地上よりも突然変異の誘発率が高い。宇宙環境を利用し、効率よく品種改良を行うことを提案する。

II 提案の背景

<放射線について>

1. 宇宙放射線の種類

(1) 銀河宇宙線：成分の9割が陽子、他に α 線、重粒子宇宙線(HZE)がある。宇宙放射線に含まれる粒子のうち、重粒子の割合は1%に過ぎないが、生体影響は大きい。

(2) 太陽フレア粒子線：太陽表面の大爆発(フレア)により放出。大部分は陽子で、少量の α 粒子を含む。

(3) 捕捉粒子線：地磁気に捕捉された電子や陽子。捕捉粒子線が存在する場所はバンアレン帯(図1の内帯と外帯)。

2. 宇宙放射線の被曝量と生物への影響

以下の実験結果から、宇宙環境下では、微小重力と放射線の相乗効果があると考えられる。

(1) ショウジョウバエに対する影響：雄のショウジョウバエの生殖細胞に生じる突然変異の頻度については、スペースシャトル(8日間、ハエの被曝量は2mSv)に搭載したものの方が地上の2~3倍高い値を示した(1992年、毛利氏のミッション)。

(2) ナナフシの受精卵に対する影響：ドイツのBuckerらは、低速遠心機をスペースシャトルに搭載し、ナナフシの受精卵に対する重粒子宇宙線と微小重力の相乗効果について実験を行った。重粒子宇宙線が貫通した卵から孵化した幼虫では50%以上に何らかの奇形が生じていたが、地上と同じ1g環境(スペースシャトルで飛行中の遠心機の中)で重粒子にヒットされた場合は、ほとんど奇形が生じなかった¹⁾。

(3) ミールを利用した宇宙放射線生物影響実験(1997年7月~8月)²⁾

奈良県立大学の大西武雄教授らは、放射線の種類やエネルギーなどを計測するプラスチック板の上に人の細胞などを付着させる実験装置(図2)を考案し、1997年7月~8月の39日間、ミール内に装置を設置した。回収後、地上の細胞と比較した結果、ミールに搭載した

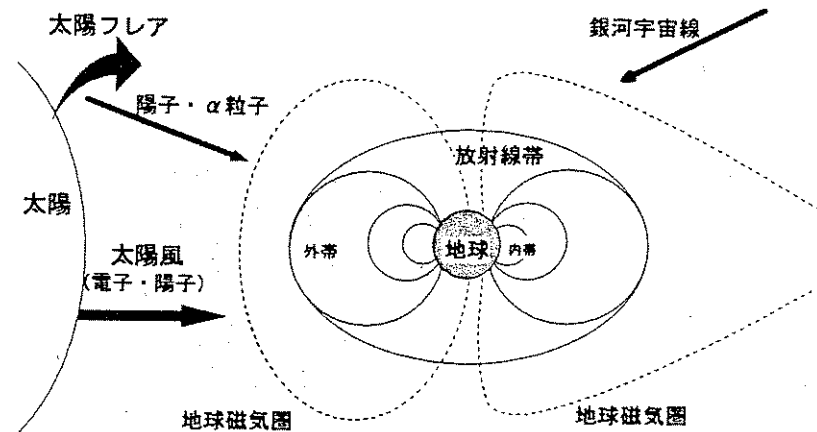
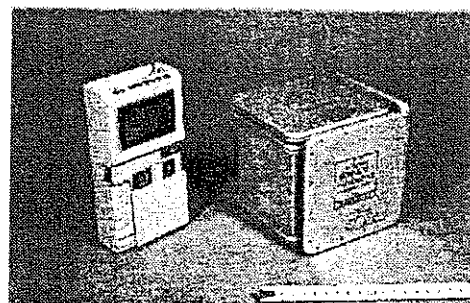


図1 地球を取り巻く宇宙放射線

細胞には DNA 損傷が 40 個以上あった細胞が全体の 38 %であったのに対して、地上の細胞では 40 個以上の損傷があった細胞は 4 %以下で、大半の細胞は 1~2 個の損傷だけであった。大西教授は、米国のスペースシャトル「エンデバー」でも同じ実験をしたが、宇宙滞在が 9 日間と短かったため、DNA の損傷はほとんど確認できなかった。

【宇宙放射線生物影響実験装置 (図 2)】²⁾

宇宙放射線生物影響実験装置は、宇宙放射線モニタリングコンテナ、宇宙放射線計測ドジメータ、温度計測装置等からなり、総重量は約 4 kg。1997 年に行われた宇宙実験では、細胞、DNA、菌 (大腸/酵母/枯草)、卵 (蚕) が放射線計測板とともにサンドウィッチ状に搭載された。



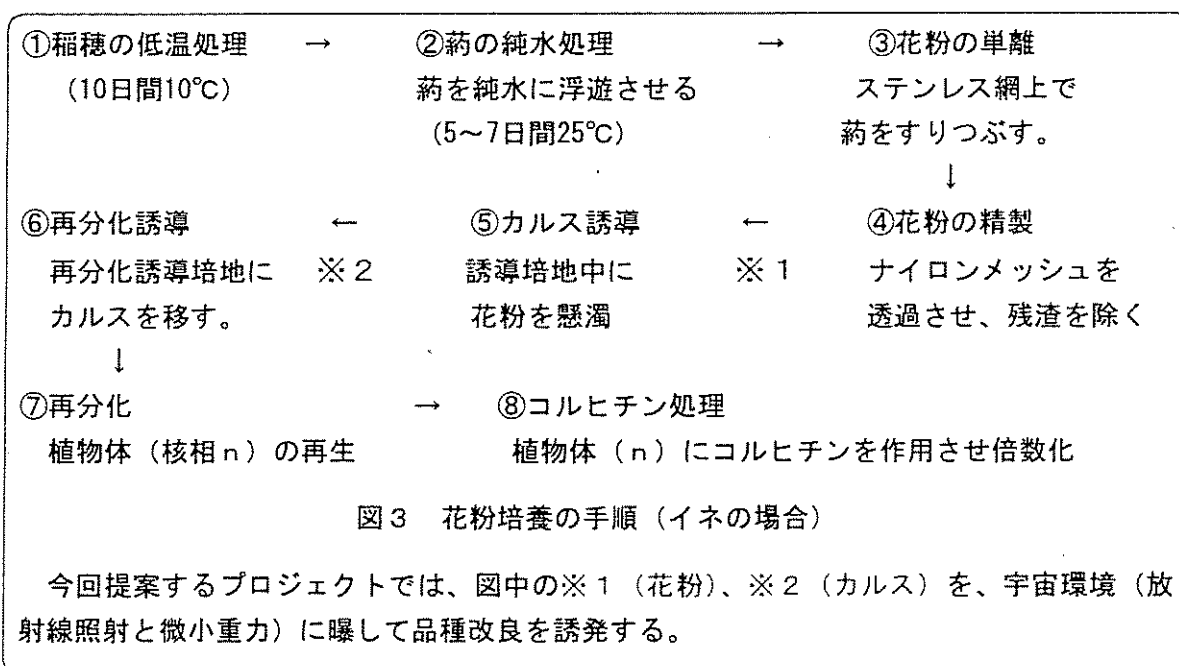
宇宙放射線生物影響実験装置
Equipment for Cosmic Radiation Effects on Microorganisms Experiment

図 2 宇宙放射線生物影響実験装置
(JAXAホームページより転載)

<植物の品種改良について>

1. 花粉培養 (農業総合研究所アグリ・フーズバイオ研究部のHP³⁾を参照し、一部改変)

減数分裂が終了して核相が n (単相) になった花粉を培養し、植物体 (単相) を再生させる。これにコルヒチンを作用させることで、複相 ($2n$) の純系を作る技術が確立されている (図 3)。純系の植物を短期間に育成できるため、品種改良に多用されている。



2. 放射線育種 (放射線育種場のHP⁴⁾を参照)

ガンマーフィールドでは、88.8TBq (テラベクレル) の Co-60 (コバルト 60) 線源を装備した照射塔の周辺に、半径 100m の円形圃場が配置されている。圃場で栽培されている植物に対して放射線を照射し、突然変異を誘導している。

3. 宇宙での品種改良

中国の宇宙技術栽培育成センターでは、1986年以来、回収型衛星や高高度気球を用いて植物

の種子を宇宙に打ち上げ、品種改良に取り組む研究を実施している（新華社通信2000年5月）⁵⁾。しかし、植物の種子の胚の核相は2nであり、ある染色体のDNAに変化が生じても相同染色体上に正常な遺伝子があるため、純系の突然変異体を得るには交配が必要になる。

Ⅲ プロジェクトの内容

<実験材料> 多くの国々で主食として用いられ、組織培養の研究データが蓄積されているイネとムギ、および、家畜飼料やエタノール燃料の原料として重要なトウモロコシを実験材料とする。なお、花粉やカルスなどの半数性組織に対して突然変異を誘発して利用することは、倫理的にも法的にも問題は無いとのこと（放射線育種場（茨城県常陸大宮市）に問い合わせた。）。

<実験の流れ>

- 1 上記の図3の手順で、イネ・ムギ・トウモロコシの花粉とカルスを準備する。
- 2 準備した花粉（図3の※1）とカルス（図3の※2）を図4の装置に収納し、これを宇宙に持って行く。図4の装置は、1997年に使用された宇宙放射線生物実験装置（図2）の構造を基本にし、カルスを培養するための照明の追加と、培養中のカルスを入れるスペースを確保するなどの改良を施して製作する。宇宙放射線生物影響実験装置の大きさが10cm × 10cm × 10cm程度であるため、今回のミッションで使用する装置は、15cm × 15cm × 15cm程度の大きさで充分だと思われる。

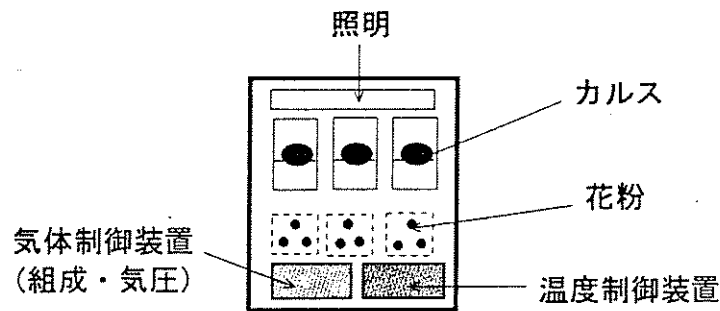
なお、花粉とカルスには、それぞれに下記の利点と欠点がある。

【花 粉】 利点：光照射が不要で、管理が容易。小さな容積で良い。

欠点：細胞は休眠状態で細胞分裂をしていない。DNA複製をしていないため、突然変異が発生する確率は、カルスよりも低いと推察される。

【カルス】 利点：盛んに細胞分裂をし、DNA複製中に放射線や微小重力の影響を受けやすく、突然変異の発生率は高いと考えられる。

欠点：光照射が必要で、装置が花粉の場合よりも大きくなる。



● 赤色はイネ ● 青色はムギ ● 緑色はトウモロコシ

図4 宇宙での品種改良に使用する装置

3 放射線被曝の方法と高度

図4の装置をミールか国際宇宙ステーションに持ち込む。それぞれの船外に実験装置（図4）を繫留し、宇宙環境に曝す。繫留の期間については、1997年に実験された39日間が良いと思われるが、宇宙放射線の状況変化なども考慮する必要があるだろう。装置を複数個打ち上げることが可能なら、繫留期間を変えて実験を行いたい。被曝する放射線と微小重力の影響によってDNAに損傷が生じ、何らかの突然変異が誘発されることが期待できる。

なお、使用する電力については、ミールや国際宇宙ステーション側から供給するか、装

置に発電パネルを取り付けて供給するかを、事前に計算して効率が良い方法を選択する。

4 帰還と地上での操作

- ①宇宙環境に曝した花粉やカルスを地上に持ち帰り、外部とは厳重に隔離された施設に運ぶ。
- ②組織培養（図3）の手順に従い、花粉やカルスから2nの植物体を育成する。
- ③育った植物体の外見や性質を野生株と比較し、有益な突然変異体かどうかを確認する。

また、育った植物をウサギなどに与え、毒性が無いか検査する。毒性物質が体内で生産されるなど、不利益な突然変異体が生まれていた場合は、加熱して処分する。戸外へ変異体が出しなよう、細心の注意を払う。

IV 期待される成果

微小重力と宇宙放射線の相乗効果によって、効率よく突然変異を誘発できることが期待される。また、実験材料の花粉やカルスが小さいため、他のミッションの空きスペースを利用して宇宙へ持って行くことも可能である。なお、宇宙では、船外に繫留するだけの単純な操作だけで良い。もし、花粉とカルスで同様な成果が得られるのならば、2回目のミッションからは、より小さなスペースで実験が可能な花粉のみを材料とすれば良い。

突然変異は、品種改良を目的とする場合は望まれる現象である。しかし、宇宙環境下で生活する人間に突然変異が生じる場合は、ガン化などの有害な状況を引き起こすことになる。本ミッションでは、品種改良を目的としつつ、同時に宇宙での生活が引き起こすガンなどの疾病の危険性についても検証したい。

V 地上実験

微小重力と放射線被曝の双方が揃う環境に、短時間曝すだけで突然変異が誘発できるとすると、この提案は地上でも実験が可能になる。航空機の中に放射線源と花粉やカルスを持ち込み、降下しながら放射線を照射すれば、約20秒間は無重力状態のもとで放射線を照射することができる。微小重力と放射線被曝の両方が揃う状態に曝す時間と突然変異の発生率の相関について、航空機などを利用して地上で予備実験を行いたい。JAXAが主催されている「航空機による学生無重力実験コンテスト」に、参加資格が得られる大学生になってから応募したいと考えている。

VI 参考文献

1. 関西外国語大学 池永 満生 先生の原稿 <http://square.umin.ac.jp/chrono/htm/H3001sy5.htm>
2. 宇宙放射線生物影響実験装置 <http://iss.sfo.jaxa.jp/mir/jmirdoc2.html>
3. 農業総合研究所 アグリ・フーズバイオ研究部 (<http://www.ari.pref.niigata.jp/nourinsui/seika01/katuyou/04/010204.html>)
4. 放射線育種場のホームページ (<http://www.irb.affrc.go.jp/index.html>)
5. 宇宙での品種改良に取り組む中国に関する記事 (http://www.justsap-me.org/news/mg2000_05_29.html)
6. 竹内正幸 他編、『植物組織培養の技術』, 朝倉書店, 1997年
7. 古川仁朗 編、『増補 図解組織培養入門』, 誠文堂新光社, 1992年
8. 小田原 修 監修、『軌道上実験概論』, 海文堂出版株式会社, 2000年

一次審査で審査委員の先生からいただいたコメントを参考にし、内容を大きく改変しました。そのため、タイトルは「品種改良衛星」ですが、内容はミールや国際宇宙ステーションを利用した実験となっています。