

ニュース

2009年12月25日 JAXA宇宙教育センター

JAXA 宇宙ステーション教育的科学実験の実施について
ー平成22年2月5日より実験希望校の募集を開始予定ですー



JAXA宇宙教育センターでは、JAXA宇宙ステーション教育的科学実験と題して、宇宙に行った種子と地上の種子、そして理化学研究所の協力により、地上で放射線を照射した種子の3種類を育てる教育プログラムの希望校を近く全国より募集いたします。

詳しくは、以下の内容をご覧ください。

公募開始は、来年2月5日を予定しております。
たくさんのご応募お待ちしております。

I. JAXA宇宙ステーション教育的科学実験 (JAXA SpaceStation Educational Experiments)

II. JAXA第1回宇宙種子実験 (アサガオ/ミヤコグサ) (JAXA "Seeds in Space" I)

a. JAXA第1回宇宙種子実験 (アサガオ)

宇宙に生まれた、
世界で一つだけの“変化アサガオ”、
～あなたも咲かせてみませんか～

b. JAXA第1回宇宙種子実験 (ミヤコグサ)

“地球温暖化、環境破壊、食糧問題を救うミヤコグサ”
宇宙と地球、植物と微生物の共生体(根粒)、
-地中の成長、目で見てみませんか-
～同時に、あなたが第一線研究に役立ってみませんか～

1. JAXA宇宙植物種子フライト履歴

2008年3月11日 (日本時間)

ISSへ打上げ(土井隆雄宇宙飛行士と共に) (1J/A)

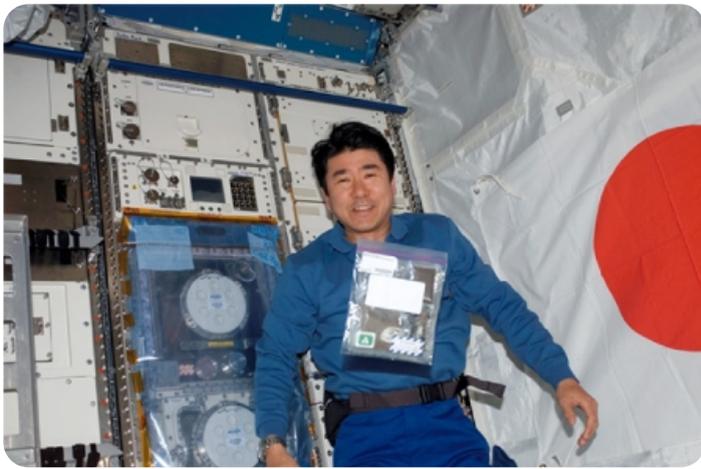
期間中、“きぼう”船内保管室にて保管 (室温、1気圧)

2008年12月1日 (日本時間)

地上へ回収 (ULF2)

2009年3月

NASAからJAXAに返却



▲ 「宇宙と生命」を学ぶ教育ミッションで運んだサンプルと土井宇宙飛行士の記念撮影（2008/03/19 飛行9日目）



▲ 「宇宙と生命」を学ぶ教育ミッションで運んだサンプルと土井宇宙飛行士の記念撮影（2008/03/21 飛行11日目）



2. 応募の条件、スケジュールおよび配布種子希望等

JAXA第1回宇宙種子実験への応募規定

学校、もしくは学校に準ずる公の組織、機関に所属し、特定の児童、生徒を直接、責任を持って指導、監督できる方（幼稚園、保育園、小学校、中学校、高校の教員、もしくはそれに準ずる方）

但し、ミヤコグサに関しては、その種皮が堅く、播種前にサンドペーパーを使って種皮に傷をつけ、吸水させるなど細かい作業を行う必要があります。よって、こちらの試料を扱う実験については、参加する生徒さんの対象を小学校4年生以上とさせていただきます。

なお、種子をお渡しする前に、「試料提供同意書」※の事前提出をお願いすることとなります。
(※: 内容等については、2010年2月5日の公募開始時に詳細を掲載する予定です)

公募スケジュール

2010年2月5日 公募受付の開始
2010年3月下旬 公募の締め切り
2010年4月中 参加学校へ種子を送付

種子の小分け

アサガオ:
地上対照、宇宙フライト、地上照射群のそれぞれ10粒ずつを1セット (1口) とします。

ミヤコグサ:
地上対照、宇宙フライト、地上照射群のそれぞれ20粒ずつを1セット (1口) とします。

(詳しくは、4. 植物種子サンプルをご参照ください)

希望する配布種子数の連絡の仕方

例:
アサガオ■セット、ミヤコグサ■セットを希望、実験参加生徒数■名

■に希望数、■に予定数をそれぞれ記入してJAXA宇宙教育センターへご送付いただきます。※

(※: 2010年2月5日の公募開始時に詳しく掲載する予定です)

3. 学校での栽培観察スケジュール

2010年02月05日～2010年03月下旬
募集内容を検討し、応募いただく。

2010年04月
JAXAより、種子の到着。

2010年春
2010年3月末までにJAXA宇宙教育センターウェブサイト (JAXA・HP) 上に掲載される各々の栽培法に従い、栽培実験を開始する。
以後1年半後まで、栽培観察レポートを作成して行く (任意)。
1ヶ月毎に、各群の最も平均的な試料、及び最も変化した試料の写真とそれに関する評価コメントをつけてJAXA・HPに各学校ごとに載せる (必須)。
JAXAはその試料の写真、コメントに対する専門委員会メンバーからの識別、判断、追加コメントなどを合わせてJAXA・HPに掲載する。
(JAXA・HPに参加校全てのデータが時系列的に持ち寄られる)

2010年秋
種子の収穫 (翌年の栽培に回さない、余りの種子はJAXA宇宙教育センターへ送付)

2010年秋～2011年春
「JAXA第2回宇宙種子実験」を実施する際の植物種の希望とその理由に関する応募に参加する (任意)。

2011年春
昨年収穫した種子から第2世代の栽培実験を開始。
一年目の栽培時と同様の作業を行う。(劣性ホモ変異体の表現形質を探す)
(詳しくは、6. JAXA宇宙種子実験の考え方 (科学的コンセプト) をご参照ください)
1ヶ月毎に、各群の最も平均的な試料、及び最も変化した試料の写真とそれに関する評価コメントをつけてJAXA・HPに各自載せる (必須)。

2011年秋
種子の収穫 (以後、栽培実験に供さない種子はJAXA宇宙教育センターへ送付)
(参加校共通して行う教育実験は終了)

2011年冬
栽培観察のレポートをJAXA宇宙教育センターへ提出 (任意): JAXAが検討評価して表彰する。

2011年冬～

特に変異体の可能性のある株と専門家によって判断された種子はJAXAを介して専門家の詳細な実験検討が行われる予定。

2012年

本教育的科学実験の最終結果報告がJAXA・HPに掲載される。

4. 植物種子サンプル

宇宙フライト群:

実験群 (宇宙放射線の低線量長期被曝)

地上対照群:

ネガティブ・コントロール (放射線被曝がほとんどない)

地上照射群※:

ポジティブ・コントロール (宇宙放射線の一種を高線量短時間被曝)

(※: 理化学研究所サイクロトロンを使って重粒子線を放射線育種実験のレベルにて照射)

ーアサガオ品種:ムラサキ

宇宙フライト: 2,000 粒

地上対照 : 2,000 粒

地上照射 : 2,000 粒

ーミヤコグサ品種:ミヤコジマ

宇宙フライト: 6,000 粒

地上対照 : 6,000 粒

地上照射 : 6,000 粒

本実験では、宇宙放射線の植物種子に及ぼす影響を科学的に調べることを目的とする。

実際に宇宙フライトさせた試料群が、今回の実験群となる。

生物学研究では、特定の変数や因子などに注目し、その変化によって生じる効果を明らかにする場合、選択された変数、因子以外の条件については本実験と同様な実験 (対照実験) を行い、比較の基準作りを行う。

この試料群を対照群 (もしくはコントロール) と呼ぶ。

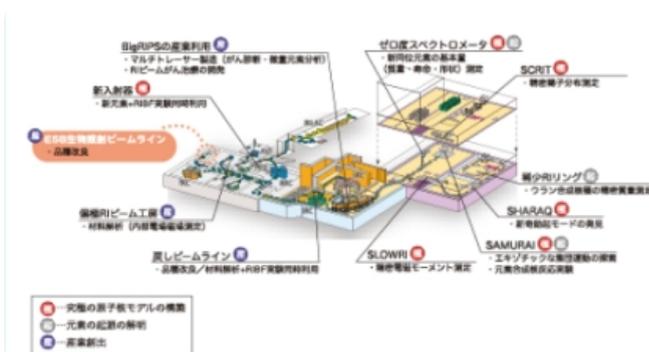
生物学分野では、"対照なくして実験なし"の言葉があるように、どれほど適切、正確な対照実験が行われたかどうかによりその科学的価値のレベルが定まる。

本実験では、地上に保存しておいた種子試料がこれに相当する。(地上対照群: ネガティブ・コントロール)

さらに、作用因子が最大限影響を及ぼした例を具体的に明らかにする目的で、別途人為的に特定因子を極限まで作用させた試料群を調製する場合もある。

これは、ポジティブ・コントロールと呼ばれる。

5. 理化学研究所のサイクロトロンRIビームファクトリー (世界最強の加速器) ー



理研の次世代施設RI ビームファクトリー(RIBF)では世界で最もバラエティーに富んだ放射性同位元素 (ラジオアイソトープ、以下RI) をビームとして発生することができます。

ビーム強度が大きいだけでなく、全元素にわたって種類やエネルギーを自由に選べる強みがあります。

つまりRIBFはこれまで人類が手にしたことのない道具です。

そこからは、原子核の正体を明らかにする可能性を秘めた新たな原子核モデルを構築したり、宇宙における元素の起源を実験室で探るなどの原子核物理学の研究が可能になります。

さらにRIビームファクトリーのもつ自由自在にRIを生産できる能力によって、さまざまな新しい応用研究の発展が期待されます。



RIBFの加速器（上写真左から順に）

1. 理研リングサイクロトロン（RRC）
2. 超伝導リングサイクロトロン（SRC）
3. 中間段リングサイクロトロン（IRC）
4. 理研重イオン線型加速器（RILAC）
5. 固定加速器波数型リングサイクロトロン（fRC）

6. JAXA宇宙種子実験の考え方（科学的コンセプト）

これまで数十年前に遡って、NASAやカナダ宇宙庁(CSA)などが中心となり、数百万以上の学生、生徒らが参加した同様の"Seeds in Space"実験が何回も植物の品を代えてくり返し実施されている。

それら植物の種子から一世代、栽培した試料の観察による結果、宇宙フライト群、地上対照群の両者のグループ間において科学的に有意な違いはこれまでいずれの例においても認められていない(詳しくは、参考資料1"宇宙種子ミッションの過去例"をご参照ください)。

その主な理由として、

i) 植物の種子は、放射線、時間、温度、乾燥など様々な環境因子に対し極めて高い耐性を有する。

ii) 有性生殖を行う植物は、遺伝子を1対(二倍体)、またはその整数倍(多倍体)を持っている。

そのため一つの遺伝子に突然変異が生じても、その対となる染色体内の対立遺伝子には変異はなく、生じる変異は劣性形質であることが多いため、この劣性形質はまだ表現形質にならない。

表現形質として現れてくるのは、変異が対立遺伝子の双方にもたらされた個体が生じた時であり、変異が一つの遺伝子に入ってしまうという訳ではない。

などが考えられる。

よって、今回のJAXA実験では、それぞれ1対の染色体を持つ二倍体の植物、ミヤコグサ、アサガオを試料として用い、栽培1代目の植物体を自家受粉※させて種子を収穫し、それをまた次の季節に蒔き2代目まで栽培し、形質の違いを観察によって調べることとした。

(※: 他家受粉(交雑)する植物の場合、継代を続けても劣性形質は表に出てこない)

これは数千に及ぶそれぞれの種子を元に、特別の技術、経験、施設の必要なしに日本全国の学校、学生、生徒、児童、園児さんたちが共同して育てた観察データを持ち寄り集め、大きな一つの実験にまとめ上げることにより、大人たち専門家による研究と同質、サイエンスとして意味のある実験へ自ずと成立させること、それに参加体験できることを目的とする。

さらに、今回本実験に参加するジュニアサイエンティストのすべて一人一人を学問的、科学的にサポートするため、植物の放射線育種、アサガオ、ミヤコグサそれぞれの研究分野におけるわが国が誇る第一線の研究者の先生方からご協力、ご指導を仰げることとなった。

これはそれぞれ研究に日々まい進されている先生方の全くのご厚意によるものである。

(詳しくは、9. JAXA第1回宇宙種子実験専門委員会メンバーをご参照ください)

具体的には、本実験は自家受粉する植物の継代を行うので、2世代目以降に染色体上の特定の対立遺伝子双方に同じ変異が入った個体の得られる可能性が出てくる。

これを観察するという手法で、DNAの抽出、分析等、特別専門的な実験、研究をしなくても、形となって現れた形質(表現形質)の違いから、いわゆる劣性ホモの変異体を見つけることができる。

ある特定の正常な遺伝子をA、その対となる遺伝子に変異の入ったものをaと表す。

Aa x Aa (自家受粉) → AA, Aa, aA, aa (劣性ホモ)

結果、宇宙フライト群、及び地上照射群には地上対照と比べてどの位の頻度の上昇で変異体が見つられるのか、あるいはその変異はどのようなものか調べられる。

ジュニアサイエンティストさんらが2世代に渡る栽培実験を行った結果、遺伝子の変異により形質が変化し得る可能性のある植物個体については、さらに専門家による精密な調査実験を実施し、分子レベルでの知見を含む成果が明らかにされる予定である。

最終的な結果はまだ栽培も始めてない現在、何も確約できるものではないが、一言蛇足ながら予め申し上げるのは、もしそのような特別、貴重な個体が見出された場合においても、本JAXA実験への貢献はその変異個体を上手に育て見つけた特定の個人、グループへひとえに帰されると言うことではなく、参加したすべての学校、ご指導願った先生方、ジュニアサイエンティストさん全員で勝ち取った共有努力の果実です。

6. JAXA第1回宇宙種子実験(アサガオ)



宇宙に生まれた、
世界で一つだけの“変化アサガオ”、
～あなたも味かせてみませんか～

(アサガオ:品種ムラサキ 九州大学仁田坂英二博士提供)

アサガオは今日、日本人にとってもなじみ深い植物ですが、その起源は千数百年ほどさかのぼり、中国から日本に薬草として渡来したものがルーツと言われています。

それから長い月日をかけて花をめぐる植物として生まれ、現在では日本において改良された代表的な園芸植物の一つにまでなっています。

江戸時代には突然変異による奇葉・奇花のアサガオ(変化朝顔)を楽しむ一大ブームが起こりました。

当時、このようなアサガオを専門に扱った「朝顔図譜」という書物が刊行されたくらいで、中には現在では見ることのできない様々なアサガオも描かれていました。

この頃に作られた変化朝顔の多くは、幸いにも代から代へ多くの人々の尽力に支えられ、九州大学仁田坂研究室やアサガオ愛好家の元、現代にまで受け継がれています。

今回栽培していただくアサガオの種子には、国際宇宙ステーション (ISS) 内で一定期間保管した種子のグループ (宇宙フライト群)、その間、地上にて保管した種子のグループ (地上対照群)、および地上対照群の一部に重粒子線を放射線育種の場合の適正量レベルで、人為的に照射した種子グループ (地上放射線照射群) があります。これらのアサガオ種子を用いて春から栽培を始め、秋には種子を収穫し、さらに翌年その種子から2世代目を育ててみれば、遺伝子の変異した様々な変異体を個々の姿形の特徴から見つけられるかもしれません。

それは世界でたった一つの変異体であるかもしれませんが、たとえば、現在では失われた、黄色い花のアサガオが江戸時代の朝顔図譜の中に珍しい種類として記されていますが、このようなアサガオも見つかるかもしれません。とりわけ、ISS内に保管された種子や地上で重粒子線を照射した種子から栽培、継代した子孫に変異が見られた場合、それらは具体的に宇宙育種、あるいは放射線育種による品種として将来選定、確立される可能性があります。

日本各地、北から南まで、参加される旨、手を挙げられた学校の先生方やたくさんの生徒さんたちに、今回楽しく慈しみながら栽培、観察していただき、皆さん一人一人のご協力が結集されることで、科学の見地からみても十分有効かつ日本列島を股にかけるほど大きな、一つの共同実験としてまとめられるものとなります。

この取り組みへの参加を通して、宇宙と地球の環境の違い、中でも宇宙放射線の存在やその性質、生物や電子機器などに与える影響を正しく学び、宇宙や地球、生き物について改めて学ぶことから、私たちを取り巻く環境へのさらなる関心や興味を寄せるきっかけ作りに役立てられることを願うものです。

目標は大きなものですが、普通のアサガオの栽培法ですので、心をこめていただければ幼稚園、保育園の園児さんたちからでも加われます。

このプロジェクトを通して、サイエンスの世界を体験し、あるいは、すぐではなくてもいずれその意味の理解につながっていくことでしょう。

まずは心おきなく宇宙へ行った種子を手元にし、“その種子を介して宇宙へ自分の手でタッチする”、それからスタートされますことをご提案するものです。

7. 江戸変化朝顔

アサガオは奈良時代に薬草として中国から渡来したといわれますが、日本では花を楽しむ園芸植物として栽培されるようになりました。

江戸時代には、自然突然変異によって生まれた珍しい花を大切に育てた変化朝顔と呼ばれるアサガオが流行しました。

この頃に作られた変化朝顔の多くは、九州大学と愛好家などの努力により現代に受け継がれています。



7. 1. 変化朝顔の変異遺伝子

() 内の文字はこれまで知られている変異遺伝子の略号で、形質を英語で表したもののから2~3文字を選んでい

ます。

たとえば、fe は feathered (日本名: 獅子) の略で、葉にしわがあり花びらが裂けるのが特徴です。

dpはduplicated (日本名: 牡丹) の略で、花の中につぼみを幾重にももちます。

これら2つの変異遺伝子をもつと、写真のような獅子咲牡丹となります。

各遺伝子に関する詳細は、九州大学理学部生物学教室アサガオホームページ

<http://mg.biology.kyushu-u.ac.jp/>

をご覧ください。



7. 2. 現存しない変化朝顔 (江戸時代の画集より)

奇葉・奇花を楽しむ変化朝顔ブームの中で、アサガオを専門に扱った朝顔図譜が刊行されました。

その中には、現在では見ることのできない様々なアサガオが描かれています。



▲ あさがお叢 (1817)



桐(六曜、唐花咲)

▲ 三都一朝 (1854)



黄花



四曜



桐(六曜、唐花咲)

▲ 朝顔三十六花撰 (1854)

8. JAXA第1回宇宙種子実験(ミヤコグサ)

“地球温暖化、環境破壊、食糧問題を救うミヤコグサ”
 宇宙と地球、植物と微生物の共生体(根粒)、
 一 地中の成長、目で見てみませんかー
 ～同時に、あなたが第一線研究に役立ってみませんか～

(ミヤコグサの根と根粒 日本大学 青木俊夫博士提供)

(ミヤコグサ 日本大学 青木俊夫博士提供)

(根粒内の根粒菌(バクテロイド) 農業生物資源研究所 林誠博士提供)

本実験では、マメ科のモデル植物であるミヤコグサを用います。

基本的な目的として、宇宙フライトと地上に置いたものとの違いを探ることによって、宇宙環境、特にその中の宇宙放射線が植物の種子にどのような影響を及ぼすのか、変異の出現を指標にして調べることはアサガオの実験と全く同一です。

宇宙放射線の理解を通して、いかに地球が私たち生き物にとって有り難い、護られた環境であるのかという点について根本的な理解の進むことが期待されます。

加えて本実験では、普段は気に留めずまた目にすることも一般的には限られていたかもしれない植物の“根”についても着目、観察し、さらにその中に棲む特殊な生物やその根の性質に関する実験が第2世代の成長過程期に実施推奨される予定です。

マメ科植物は他の一般的な植物と異なり、窒素肥料が乏しい、痩せた土地でも十分育つ特徴を持っています。

それは、マメ科植物が空中の窒素を植物体に取り込める能力を持つからであり、具体的にはその根に植物とバクテリアの共生体(根粒)を持つことによってもたらされています。

この根粒にはバクテリアの一種である“根粒菌”が含まれ、植物体とバクテリア双方は互いに必要とするものを相手に渡すことによって相手を生かし、相手からまた生かされるという生活を営んでいます。

これはまさに“共生”という生態を示すもので、本実験に参加することにより、生物界における共生の持つ意味を、根粒や根粒菌を実験観察する過程を通し学べることとなります。

さらに、ミヤコグサを実験試料とすることから、窒素肥料（人工肥料）の発明による人類への恩恵（20世紀の人口増加を支えてくれた役割）、一方で今日その使いすぎによって起こる弊害、食糧問題を含み地球の窒素サイクルの様相等を学べる、生きた教材を手にされることとなります。

さらに今後ミヤコグサと根粒菌の基礎研究の進歩、発展に伴ってもたらされることが期待される、石油など化石燃料の消費の抑制、地球温暖化の進展の阻止効果（CO₂、N₂Oガス発生抑制）、食糧問題に対する技術革新等、この植物を育てられるみなさんすべての教室でこれらの課題の学習、理解の機会が得られます。

また別な重要点を以下追記します。ミヤコグサをみなさんたちご自身で育て種子の収穫をお願いするものですが、その時、根の方に根粒が十分育っていた場合、着払いでJAXAへの送付を依頼します。

それを専門家の先生たちに調べて頂ければ、日本各地のミヤコグサ対応の根粒菌に遺伝子上の違いがあるのかどうか初めて詳細に明らかになる道が開けます。

日本全国の皆さんが一つになって共に行うミヤコグサ教育的科学実験が副産物をもたらし、それが第1線研究の進歩に大いに役立つことになるかもしれません。

将来、皆さんから送って頂いた根粒菌が世界中の科学者に研究利用されるように大公開!!、きっと、なるぞ!、です。

9. JAXA第1回宇宙種子実験専門委員会メンバー

9.1. 「JAXA第1回宇宙種子実験（アサガオ）」専門委員会

(1)理化学研究所仁科加速器研究センター生物照射チーム

阿部知子（植物育種、重粒子線照射の専門家）

(2)理化学研究所仁科加速器研究センター生物照射チーム

林依子（植物育種、重粒子線照射の専門家）

(3)九州大学大学院理学研究院生物科学部門染色体機能学研究室

仁田坂英二（変化アサガオの中核研究機関:National Bioresource Project「アサガオ」代表）

(4)筑波大学遺伝子実験センター大学院生命環境科学研究科、教育研究科（兼）生命環境学群、生物学類

小野道之（アサガオ・光周性花成の専門家:National Bioresource Project「アサガオ」運営委員長）

9.2. 「JAXA第1回宇宙種子実験（ミヤコグサ）」専門委員会

(1)理化学研究所仁科加速器研究センター生物照射チーム

阿部知子（植物育種、重粒子線照射の専門家）

(2)理化学研究所仁科加速器研究センター生物照射チーム

林依子（植物育種、重粒子線照射の専門家）

(3)農業生物資源研究所

林誠（ミヤコグサ植物体と土壌微生物の共生に関する専門家）

(4)日本大学生物資源科学部応用生物科学科生体分子学研究室

青木俊夫（ミヤコグサの変異に関する専門家）

(5)明治大学農学部植物病理学研究室

市田裕之（根粒、根粒菌の専門家）

（参考資料）[宇宙種子ミッションの過去例](#)

[（参考資料）宇宙種子ミッションの過去例](#)

関連リンク

-
- [理研あさがお倶楽部（理化学研究所）](#)
 - [九州大学理学部生物学教室アサガオホームページ](#)