

大阪市立大学における国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」での 宇宙実験について —20年に渡る本学の宇宙植物学研究—

大阪市立大学大学院理学研究科では、約20年に渡り植物機能生物学（植物生理学）に関する宇宙実験を行っています。

本学理学研究科保尊隆享教授のグループでは、重力に対する植物の反応のうち、重力に対抗して体を支え成長する抗重力反応について研究を行っており、国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」において、宇宙植物実験を実施しています。

<抗重力反応機構解明のための理学研究科植物機能生物学研究室による宇宙実験>

■ 「きぼう」船内実験室一次選定

- ・ Rice (PI: 保尊隆享) 「微小重力環境における高等植物の成長調節機構」
- ・ Space Seed (PI: 神阪盛一郎) 「微小重力環境における高等植物の生活環」

■ 第4回ライフサイエンス国際公募

- ・ Ferulate (PI: 若林和幸) 「重力によるイネ芽生え細胞壁のフェルラ酸形成の制御機構」

■ 第5回ライフサイエンス国際公募

- ・ Resist Wall (PI: 保尊隆享)

「植物の抗重力反応における微小管—原形質膜—細胞壁連絡の役割」

■ 「きぼう」船内実験室第2期前半利用

- ・ Resist Tubule (PI: 保尊隆享) 「植物の抗重力反応機構—シグナル変換・伝達から応答まで」

■ 「きぼう」船内実験室第2期追加利用

- ・ Aniso Tubule (PI: 曾我康一) 「重力による茎の形態変化における表層微小管とMAPsの役割」

<本学における植物機能生物学（植物生理学）研究の流れ>

- ・ 増田芳雄（1965～1991 本学在職）日本植物生理学会会長、国際植物成長物質会議会長
植物ホルモン・オーキシンの作用機作、細胞壁の機能
- ・ 神阪盛一郎（1966～2000 本学在職）
植物ホルモン・ジベレリンの作用機作
Space Seed 宇宙実験
- ・ 保尊隆享
植物の環境応答機構
Rice、Resist Wall、Resist Tubule 宇宙実験
- ・ 若林和幸
Ferulate 宇宙実験
- ・ 曾我康一
Aniso Tubule 宇宙実験

< Resist Tube 宇宙実験の概要 >

【目的】宇宙の微小重力環境を利用して、抗重力反応におけるシグナル変換・伝達から応答に至る機構を解明する。

【仮説】1gの重力に対する抗重力反応でも、表層微小管と膜ラフトがシグナル変換・伝達を担っており、両者の構造的、機能的な協調によって、最終的な応答としての細胞壁強度の増加が誘導される。

【研究組織】研究代表者：保尊隆享

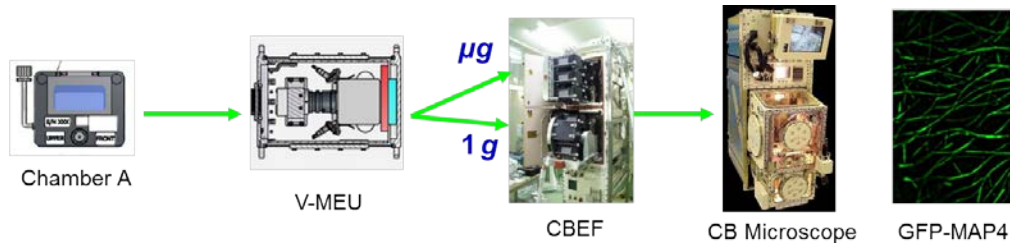
研究分担者：橋本 隆、村中俊哉、園部誠司、 榎 剛、若林和幸、曾我康一

JAXA 担当者：橋本博文、東端 晃、石岡 憲昭、嶋津 徹

【実験内容】

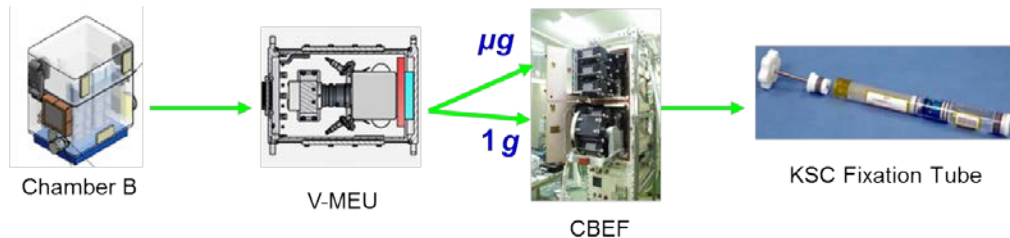
1. 細胞成分動態の「きぼう」での観察 (2013年秋実施予定)

- ・4種のGFPラインの芽ばえを「きぼう」の細胞培養装置内で生育させる。
- ・表層微小管と膜ラフトの構築・配向を「きぼう」の蛍光顕微鏡で観察する。



2. 細胞成分動態の地上での観察 (2012年秋に実施済み)

- ・野生型シロイヌナズナ芽ばえを「きぼう」の細胞培養装置内で生育させる。
- ・細胞観察用固定液（アルデヒド混合液）で固定する。
- ・冷蔵状態で地上に回収し、染色して観察する。



3. 変異体の成長形質と遺伝子発現解析 (2013年夏実施予定)

- ・形質の程度が異なる微小管（チューブリン）変異体、膜ラフト変異体を「きぼう」の細胞培養装置内で生育させ、形態を観察する。
- ・32日生育させた後、遺伝子保存用固定液（RNAlater）で固定する。
- ・冷凍状態で地上に回収し、遺伝子発現の変化を解析する。



【内容に関する問合せ先】

大阪市立大学理学研究科 教授 保尊隆享

TEL : 06-6605-2577

MAIL : hoson@sci.osaka-cu.ac.jp

【取材に関する問合せ先】

大阪市立大学 広報室 小澤・勝井

TEL : 06-6605-3570 FAX : 06-6605-3572

MAIL : t-koho@ado.osaka-cu.ac.jp

<参考資料>

保尊 隆享 (ほそん たかゆき)

理学研究科 生物地球学系専攻 (生体機能生物学) 教授

学歴

1977年 3月 東北大学理学部卒業
1979年 3月 東北大学大学院理学研究科博士前期課程修了
1980年 9月 東北大学大学院理学研究科博士後期課程退学

職歴

1980年10月 大阪教育大学教育学部助手
1985年10月 大阪市立大学理学部助手
1993年 4月 同 助教授
2000年10月 同 大学院理学研究科教授
2010年 4月 同 副研究科長

学位

1985年 9月 理学博士 (東北大学)

受賞

1992年 9月 日本植物学会奨励賞
2001年 9月 日本宇宙生物科学会学会賞

学会活動

2010年 1月 日本宇宙生物科学会副会長

大阪市立大学における国際宇宙ステーション 日本実験棟「きぼう」での宇宙実験について

—20年に渡る本学の宇宙植物学研究—

保尊隆享・曾我康一(理学研究科)

1

植物機能生物学(植物生理学)研究室による宇宙実験

「きぼう」船内実験室一次選定

- ・ Rice (PI: 保尊隆享)
「微小重力環境における高等植物の成長調節機構」
- ・ Space Seed (PI: 神阪盛一郎)
「微小重力環境における高等植物の生活環」

第4回ライフサイエンス国際公募

- ・ Ferulate (PI: 若林和幸)
「Regulation by gravity of ferulate formation in cell walls of rice seedlings
(重力によるイネ芽生え細胞壁のフェルラ酸形成の制御機構)」

第5回ライフサイエンス国際公募

- ・ Resist Wall (PI: 保尊隆享)
「Role of microtubule-membrane-cell wall continuum in gravity resistance
in Plants
(植物の抗重力反応における微小管-原形質膜-細胞壁連絡の役割)」

「きぼう」船内実験室第2期前半利用

- ・ Resist Tubule (PI: 保尊隆享)
「植物の抗重力反応機構-シグナル変換・伝達から応答まで」

「きぼう」船内実験室第2期追加利用

- ・ Aniso Tubule (PI: 曾我康一)
「重力による茎の形態変化における表層微小管とMAPsの役割」

2

ライフサイエンス分野の宇宙実験公募と採択状況

実験公募	時期	応募数	採択数	日本の テーマ数	植物 テーマ数	当研究室の 採択テーマ
「きぼう」 一次選定	1992年10月	208	14(50)	14(50)	4	・Rice ・Space Seed
第2回 国際公募	1998年9月	165	39	5	0	
第3回 国際公募	1999年11月	112	12	1	0	
第4回 国際公募	2001年8月	120	24	6	1	・Ferulate
第5回 国際公募	2004年4月	150	37	5	3	・Resist Wall
「きぼう」 第2期前半	2007年9月	73	8(14)	8(14)	2	・Resist Tubule
「きぼう」 第2期後半	2009年8月	68	15(19)	15(19)	2	
「きぼう」 第2期追加	2011年8月	40	4(5)	4(5)	2	・Aniso Tubule

()内は自然科学全分野

3

植物機能生物学(植物生理学)研究室の研究の流れ

増田芳雄

- ・植物ホルモン・オーキシンの作用機作、細胞壁の機能
- ・日本植物生理学会会長、国際植物成長物質会議会長

神阪盛一郎

- ・植物ホルモン・ジベレリンの作用機作
- ・Space Seed宇宙実験

保尊隆享

- ・植物の環境応答機構
- ・Rice、Resist Wall、Resist Tubule宇宙実験

若林和幸

- ・Ferulate宇宙実験

曾我康一

- ・Aniso Tubule宇宙実験

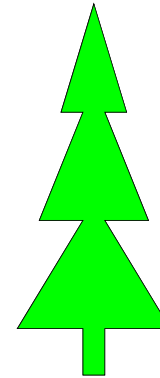
4

「しだれ」は重力に対抗する能力を失った変異体である



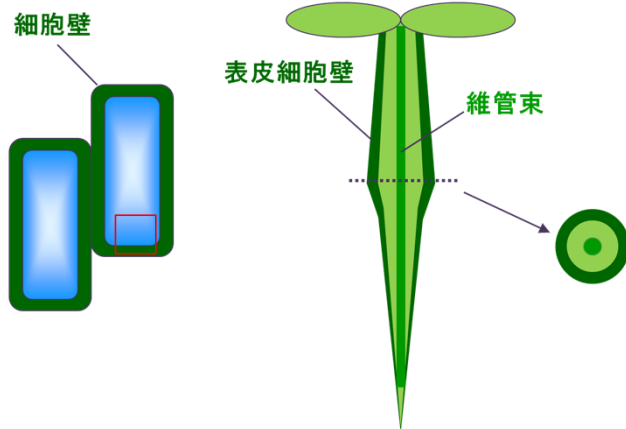
- ・「しだれ」は、樹木によく見られる突然変異である。
- ・「しだれ」系統でも重力屈性は正常である。
- ・「しだれ」系統は、重力に対抗して幹を支えることができない。

重力に対する植物の反応

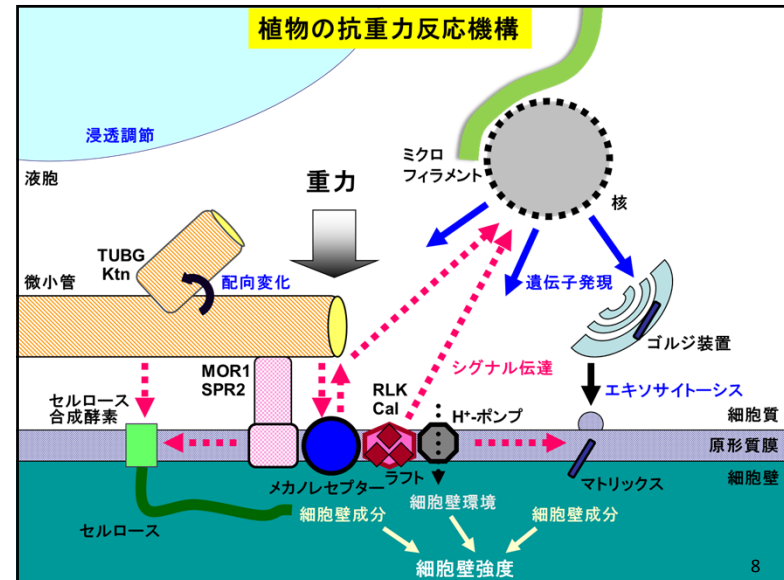


1. 重力シグナルを利用して形態を決める (重力屈性)
2. 重力に対抗して体を支え成長する (抗重力反応)

細胞壁が植物体の固さや強さを担っている



植物の抗重力反応機構



Resist Tubule

植物の抗重力反応機構—シグナル変換・伝達から応答まで
Mechanisms of Gravity Resistance in Plants -
From Signal Transformation and Transduction to Response

目的

宇宙の微小重力環境を利用して、抗重力反応におけるシグナル変換・伝達から応答に至る機構を解明する。

仮説

1 gの重力に対する抗重力反応でも、表層微小管と膜ラフトがシグナル変換・伝達を担っており、両者の構造的、機能的な協調によって、最終的な応答としての細胞壁強度の増加が誘導される。

研究組織

研究代表者: 保尊隆享

研究分担者: 橋本 隆、村中俊哉、園部誠司、榊 剛、

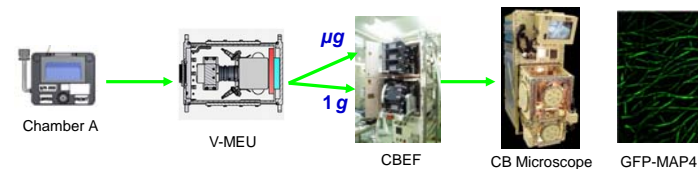
若林和幸、曾我康一

JAXA担当者: 橋本博文、東端 晃、石岡 憲昭、嶋津 徹

9

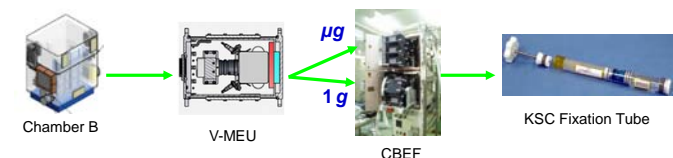
Run #1 細胞成分動態の「きぼう」での観察 (2013年秋実施予定)

- 4種のGFPラインの芽ばえを「きぼう」の細胞培養装置内で生育させる。
- 表層微小管と膜ラフトの構築・配向を「きぼう」の蛍光顕微鏡で観察する。



Run #2 細胞成分動態の地上での観察 (2012年秋に実施済み)

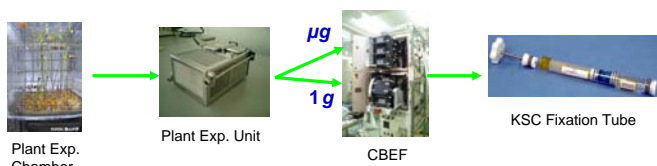
- 野生型シロイヌナズナ芽ばえを「きぼう」の細胞培養装置内で生育させる。
- 細胞観察用固定液(アルデヒド混合液)で固定する。
- 冷蔵状態で地上に回収し、染色して観察する。



10

Run #3 変異体の成長形質と遺伝子発現解析 (2013年夏実施予定)

- 形質の程度が異なる微小管(チュープリン)変異体、膜ラフト変異体を「きぼう」の細胞培養装置内で生育させ、形態を観察する。
- 32日生育させた後、遺伝子保存用固定液(RNAlater)で固定する。
- 冷蔵状態で地上に回収し、遺伝子発現の変化を解析する。



チュープリン
変異体

11

Aniso Tubule

重力による茎の形態変化における表層微小管と微小管結合タンパク質の役割
Roles of cortical microtubules and microtubule-associated proteins
in gravity-induced growth modification of plant stems

目的

「宇宙では、微小管結合タンパク質の働きにより、横配向の表層微小管を持つ細胞が増加し、茎が細長くなる」という仮説を検証する。

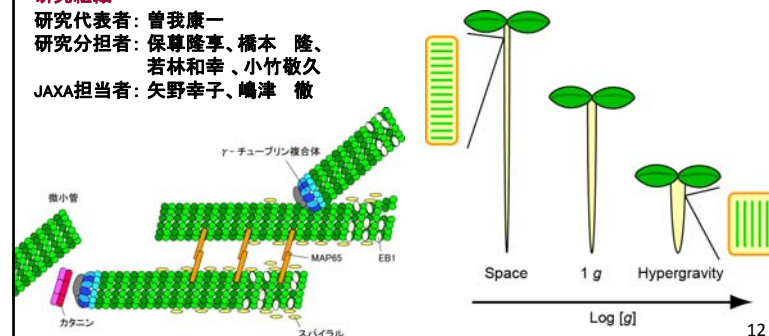
研究組織

研究代表者: 曾我康一

研究分担者: 保尊隆享、橋本 隆、

若林和幸、小竹敬久

JAXA担当者: 矢野幸子、嶋津 徹



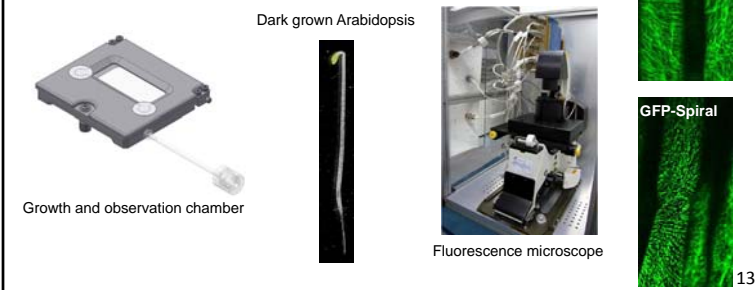
12

Aniso Tubule実験の手順

GFP(緑色蛍光タンパク質)によって微細管ならびに微細管結合タンパク質を可視化した組換えシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) の種子を蛍光観察容器の支持体上に播種し、HTVを用いて、乾燥状態(室温)にて、「きぼう」に輸送する(2013年夏、2014年春)。

容器に給水後、MELFIにて約4日間の低温処理(4°C)を行い、細胞培養装置(CBEF)のμG部にて、約3日間の培養を行う。

培養後、「きぼう」内の蛍光顕微鏡を用いて、表層微細管、微細管結合タンパク質、ならびに細胞形態を地上より観察する。



13

両宇宙実験の意義と応用

- 抗重力反応機構の解明
 - ・地上では微小重力環境を設定できない
 - ・宇宙の方が効果が大きい
- 陸上植物の進化過程の解明
- 他の環境応答機構解明への貢献
- 宇宙環境下での植物生産の効率化
(抗重力機構の改変による「宇宙植物」の作出)
- 地球上での植物生産の効率化

14

Space Seeds for Asian Future 2013



宇宙航空研究開発機構
有人宇宙環境利用ミッション本部
きぼうアジア利用推進室

15

Space Seeds for Asian Future (アジアの種子)

「アジアの種子」は、国際宇宙ステーションの「きぼう」日本実験棟を利用したアジア・太平洋地域の青少年のための人材育成プログラムである。

アジアの種子2010-2011

第1回の「アジアの種子2010-2011」では、2010年打ち上げのHTV2によってアジア諸国原産のさまざまな植物の種子を「きぼう」に輸送し、宇宙に数ヶ月間おいた後に地上に回収し、発芽率などを調べる実験を実施した。

1回目のプログラムには、タイ、インドネシア、マレーシア、ベトナムの1000名を超える児童・生徒・学生が参加した。

アジアの種子2013

第2回の「アジアの種子2013」では、アジア原産の植物を「きぼう」内で栽培し、地上で栽培した植物とどのような違いがあるかを比較する実験を実施する。

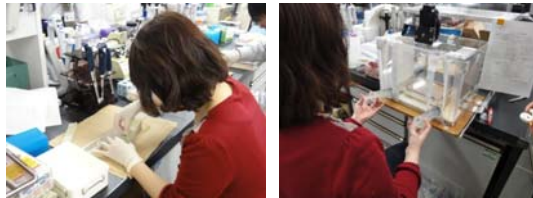
2回目のプログラムには、日本をはじめとして、タイ、インドネシア、マレーシア、ベトナム、オーストラリアの児童・生徒・学生が参加する予定である。



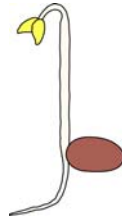
16

アジアの種子2013と大阪市立大学

- ・曾我は、アズキの栽培実験を行うことを提案した。
- ・曾我は、アドバイザーおよび実験協力者として、準備作業や実験系の確立作業を行っている。
- ・理学部生物学科の1回生が中心となって活動している生物部も実験協力者として、準備作業や実験系の確立作業を行っている。
- ・HTV4により「きぼう」に輸送されるアズキの播種作業を生物部が行う。
- ・生物部は「アジアの種子2013」プログラムの拠点の1つとして、プログラムの普及活動や参加者への支援を行う。



筑波宇宙センターにて実施した航空機微小重力実験(3月5日実施)の準備作業とトレーニングのようす



17

実施時期と実施内容

宇宙実験の実施時期：2013年8月下旬～9月上旬の予定

軌道上実験：

- ・培地に播種したアズキを乾燥状態でHTV4で打ち上げる。
- ・給水により栽培を開始する(暗所、室温)。
- ・宇宙飛行士が撮影した芽ばえの映像を得る。
- ・パネばかりを用いた破断試験の映像を得る。
- ・宇宙飛行士が感じた芽ばえの様子を言葉で得る。



地上実験：

- ・軌道上実験よりも先に「アジアの種子2013」のwebページやパンフレットなどの情報を元に実験や観察を行ったり、文献情報を調べたりして、宇宙でアズキがどのように育つかを予測する。
- ・宇宙飛行士と同時に栽培を行い、宇宙と地上の芽ばえにどのような違いがあるかを確認する。
- ・必要に応じて、追加の地上実験を行う。
- ・結果をレポートにまとめる。
- ・投稿サイトにレポートを提出し、アジア・太平洋地域をはじめとする海外の参加者と交流を行う。

18

準備状況と今後の予定

- ・2月19日に宇宙飛行士に対して、実験の説明と手順のトレーニングが行われた。
- ・3月5日に実施の航空機微小重力実験において、生物部の部員が航空機に搭乗し、微小重力下における水分動態の解析や破断試験の条件検討を行う。
- ・より詳細な栽培条件を生物部が中心となって決定していく。
- ・パンフレットは3月中旬に印刷される予定である。
- ・webページは4月以降に開設される予定である。
- ・筑波宇宙センターでは、実験キットを配布する予定である。



実験手順の説明とトレーニングを受けているKaren Nyberg宇宙飛行士と若田光一宇宙飛行士

19