

＋平成 19 年 4 月 23 日

## 平成 18 年度「高等植物の生活環」活動報告書

代表者所属 富山大学大学院理工学研究部 氏名 神阪盛一郎

### 1. 構成メンバ

| 氏 名   | 所属                     |
|-------|------------------------|
| 神阪盛一郎 | 富山大学大学院学理工学研究部         |
| 保尊隆享  | 大阪市立大学大学院理学研究科         |
| 若林和幸  | 大阪市立大学大学院理学研究科         |
| 曾我康一  | 大阪市立大学大学院理学研究科         |
| 笠原宏一  | 北海道東海大学工学部             |
| 山田晃弘  | 東京大学                   |
| 高橋秀幸  | 東北大学大学院生命科学研究科         |
| 田坂昌生  | 奈良先端科学技術大学院バイオサイエンス研究科 |
| 西谷一彦  | 東北大学大学院生命科学研究科         |
| 上田純一  | 大阪府立大学大学院生命環境科学科       |
| 宮本健助  | 大阪府立大学大学院生命環境科学科       |
| 山田恭司  | 富山大学大学院理工学研究部          |
| 増田恭次郎 | 富山大学大学院理工学研究部          |
| 若杉達也  | 富山大学大学院理工学研究部          |
| 唐原一郎  | 富山大学大学院理工学研究部          |
| 酒井英男  | 富山大学大学院理工学研究部          |
| 田山一郎  | 千代田アドバンスソリューションズ株式会社   |
| 嶋津徹   | 日本宇宙フォーラム              |
| 石岡憲昭  | JAXA 宇宙科学研究本部          |

|      |                  |
|------|------------------|
| 北宅善昭 | 大阪府立大学大学院生命環境科学科 |
| 多胡靖宏 | 環境科学技術研究所        |
| 後藤英司 | 千葉大学園芸学部         |
| 久米篤  | 富山大学大学院理工学研究部    |
| 矢野幸子 | 筑波宇宙センター         |
| 笠原春夫 | 有人宇宙システム株式会社     |
| 山口和男 | 金沢大学学際科学実験センター   |
| 西内巧  | 金沢大学学際科学実験センター   |

### 2. 本年度 WG 会合開催実績

(1) 第 1 回：平成 18 年 12 月 5 日

植物系の他の三つのワーキンググループ、「植物の抗重力反応解明」（代表者・保尊隆享）、「フロンティア生物の戦略」（代表者・高橋秀幸）、および「宇宙環境に対する植物反応解明のための実験系構築」（代表者・北宅善昭）と合同でワーキンググループの集まりを持った。この集まりでは 6 人の班員によって提起された宇宙植物学に関する問題点を整理するとともに、問題点をいかに克服するかを討論した。また、2010 年に引退が予定されているスペースシャトルに依存した ISS の植物実験を今後どのようにして行うかについて討論された。さらに、国際協力のあり方、ロケット使用による微小重力実験の可能性について話し合われた。

なお、WG 会合において話題提供された 6 題の講演は次の通りであった。

- (1) 山下雅道 (JAXA) JAXA 中期計画について
- (2) 土屋 広司(浜松フォトニクス(株)) 「光による植物の計測」

- (3) 村田隆 (基生研) 「生きている細胞での微小管の可視化と無細胞系を用いた解析」
- (4) 橋本隆 (奈良先端大) 「チューブリン変異と微小管ダイナミクス」
- (5) 松本翔平・保尊隆享 (大阪市大) 「チューブリン変異体の成長と形態形成に対する重力の影響」
- (6) 西内巧 (金沢大) 「葉と根の間でのシステミックな傷応答遺伝子の発現解析」

### 3. 活動目的

人類の長期にわたる宇宙での活動を可能にするためには、宇宙での作物生産が必須である。そのためには宇宙で植物が、栄養成長から生殖成長までの生活環を全うすることが必須である。

植物の生活環は温度をはじめとする様々な環境刺激に影響され、重力環境もその候補の一つである。特に栄養成長と生殖成長の過程に含まれる細胞壁形成とそのリグニンなどによる修飾、また葉の展開を含めた植物のボディ・プランニングに及ぼす重力の影響の解明のためには、重力以外の環境を厳密に制御した上での長期の宇宙実験が必要であるが、いまだ実現していない。

JEMには植物の長期栽培を可能にする細胞培養装置が搭載される。またこの装置には、人工重力発生装置 (回転テーブル) が設置されており、1 x g の環境下で植物を育てることが出来るため、高等植物の種子から種子への生活環が、重力刺激の影響を受けるかどうかを検証するには、JEMは理想的な実験室である。現在、本研究班 WG 代表者らは、細胞培養装置に組み込んだ植物実験ユニットを用いて、国際宇宙ステーションで行われるのと同じ全自動運転によって、シロイヌナズナの種子から種子への生活環を正常に完結させることが出来るかどうか、システムを検証中である。

JEM一次選定テーマの募集が行われてからすでに 10 年以上が経過している。この間の植物科学の進歩はめざましいものが

ある。たとえば、JEM で用いる実験植物、シロイヌナズナの全ゲノムの解読が 2000 年に完了している。この事実は、植物の生活環を遺伝子水準で解析することが可能になったことを意味している。

本研究班 WG は、植物実験ユニットを用いて、植物の生活環の駆動におよぼす重力の影響を、個体、器官、組織・細胞、および遺伝子レベルで解析することによって、1 x g 環境に適応・進化した陸上植物が、無重力下で正常な世代交代を行うかどうかを、人工重力発生装置を持つ JEM で検証することを目指している。

### 4. 活動内容

本年度、本 WG は研究費のサポートを受け、過重力刺激が実験植物であるシロイヌナズナの花芽形成時の遺伝子発現に及ぼす影響を及ぼすかを研究し、以下の結果を得た。

シロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana* L. Heynh ecotype Columbia) の種子を、試験管に入れたムラシゲ・スクーグ寒天培地上に播種し、低温処理後、20-26 日間、23℃で白色光下で生育させた。花茎が 5 mm の長さになった植物 (発達段階 stage 5、花の発達段階 stage 1-12) を選び、遠心機を用いて 25℃の条件で 300 x g の過重力を茎から根の方向に向けて 24 時間与えた。全 RNA は Plant RNA Isolation Mini Kit (Agilent Technologies, Palo Alto, US) を用いて 1 x g および 300 x g 処理した直後の植物体の花芽から抽出した。マイクロアレイ解析は、Arabidopsis 3 (44 k) オリゴマイクロアレイキット (Agilent Technologies, Palo Alto, US) を用いて行った。

過重力処理直後の花芽の全 RNA に関してマイクロアレイ解析を行った結果、2379 の遺伝子の発現が 2 倍以上に増加し、3476 の遺伝子の発現が 1/2 以下に減少した。今回は生物学的にはまだ 1 回の実験であるため、過重力刺激によって 5 倍以上増加し

た 314 遺伝子、および 1/5 以下に発現が変化した 225 遺伝子についてのみ考察する。過重力処理によって 5 倍以上に発現増加した遺伝子には、フェニルプロパノイドやフラボノイド合成に関与する遺伝子が高い割合で含まれていることがわかった。一方、1/5 以下に遺伝子発現が減少した遺伝子では生殖（胚および種子の発達）に関与する遺伝子が高い割合で含まれていることがわかった。

これらのマイクロアレイ解析の結果は、微小重力下で生殖生長にかかわる遺伝子群の発現が大きく影響されることを示唆している。

重力環境が生殖生長に与える影響についてはまだ余り調べられていない理由の一つに、高等植物の生殖生長は生活環の終盤で起きるイベントであるため、重力環境を長時間変化させる必要があり、それが技術的に困難であったことが挙げられる。特に、宇宙実験の場合、長期間の実験となると宇宙ステーションでの実験の実施が必要となる。そこで私たちは、より信頼性の高い栽培装置と軌道上対照区を用いて、宇宙ステーションで微小重力環境が植物の生活環と生殖生長に与える影響について、より精度の高い実験を行うことを目指して準備している。

## 5. 成果

神阪盛一郎・保尊隆享・若林和幸・曾我康一・笠原宏一・山田晃弘・高橋秀幸・田坂昌生・西谷一彦・上田純一・宮本健助・山田恭司・増田恭次郎・若杉達也・唐原一郎・酒井英男・田山一郎・嶋津徹・矢野幸子・石岡憲昭・北宅善昭・多胡靖宏・後藤英司・久米篤・笠原春夫・山口和男・西内功 “高等植物の生活環研究班 WG の活動報告” 宇宙利用シンポジウム（第 23 回）、2007. 1, 東京

Kamisaka S. Life cycle of higher plants,

Space Utilization Research 22:300-301 (2006)

玉置大介、唐原一郎、若杉達也、山田恭司、神阪盛一郎、西内巧、山口和男, “高等の生活環と重力環境 — 過重力環境が生殖生長に与える影響—”, 第 23 回 宇宙利用シンポジウム, 2007. 1, 東京

Tamaoki D, Karahara I., Nishiuchi T, Wakasugi T, Yamada K, Yamaguchi K, Kamisaka S. Effects of hypergravity stimulus on lignin formation in *Arabidopsis thaliana*. Space Utilization Research 22:302-304 (2006)

Nakabayashi I, Karahara I, Tamaoki D, Masuda K, Wakasugi T, Yamada K, Soga K, Hoson T, Kamisaka S. Hypergravity stimulus enhances primary xylem development and decreases mechanical properties of secondary cell walls in inflorescence stems of *Arabidopsis thaliana*. Ann. Bot. 97:1083-1090 (2006)

Tamaoki D, Karahara I, Schreiber L., Wakasugi T., Yamada K, Kamisaka S. Effects of hypergravity conditions on elongation growth and lignin formation in the inflorescence stem of *Arabidopsis thaliana* L. J. Plant Res. 119:79-84 (2006)

## The subject of WG:

Life cycle of higher plants under microgravity

## Members:

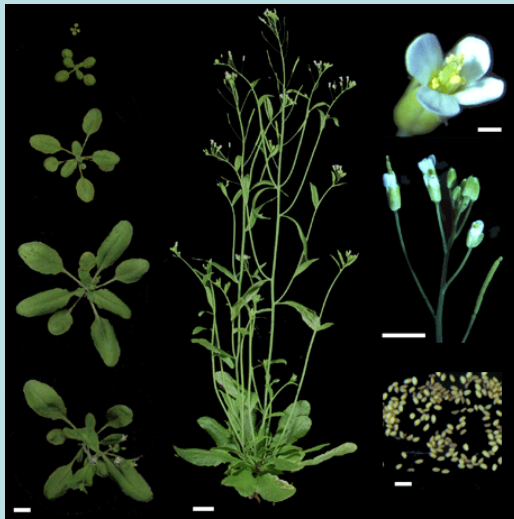
S.Kamisaka, T.Hoson, K.Wakabayashi, K.Soga, H. Kasahara, M.Yamada, H.Takahashi, M.Tasaka, K.Nishitani, J. Ueda, K.Miyamoto, K.Yamada, K.Masuda, I.Karahara, H.Sakai, I.Tayama, T.Shimazu, S.Yano, N.Ishioka, Y.Kitaya, Y.Tako, E. Goto, A.Kume, H.Kasahara, K.Yamaguchi, T.Nishiuchi

## The goal of WG:

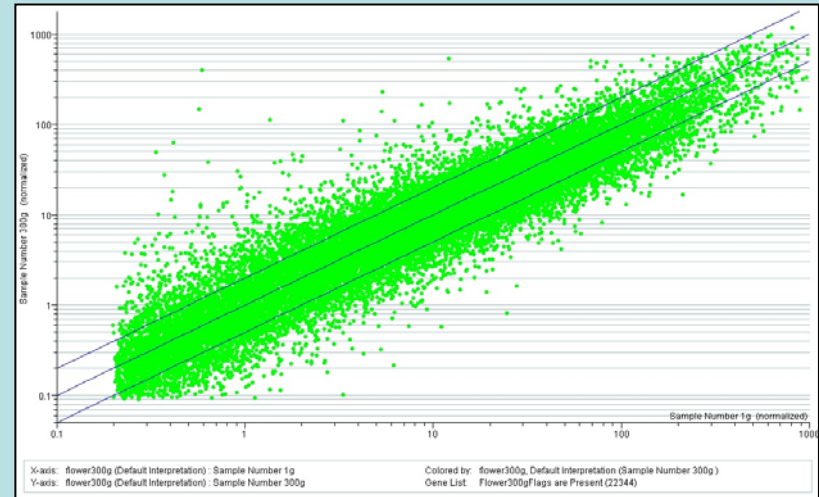
Elucidation whether or not seed to seed life cycle of *Arabidopsis* is completed under microgravity conditions generated in the plant experiment units installed in the JEM of the ISS.

## The achievements in 2006:

The effect of hypergravity (300 x g) on the gene expression in *Arabidopsis* floral buds was analyzed by microarray.



**Life cycle of *Arabidopsis***



**Results of microarray analysis (44 K)**

### **Results were as follows:**

Total RNA was isolated from the flower buds (stage 1-12 according to Smyth et al. (1990) after hypergravity treatment at 300 x g for 24 h. Microarray analysis revealed that the expression of 314 genes was increased more than 5 fold and that of 225 genes was decreased less than 0.2 fold in response to hypergravity. Data base analysis reveled that the expression of genes involved in embryogenesis and seed development is suppressed by hypergravity conditions, suggesting that seed to seed life cycle is altered under microgravity conditions in space.

Detail results were reported in Space Utilization Symposium in 2007.