

平成 20 年 3 月 27 日

平成 19 年度「高等植物の生活環」活動報告書

代表者所属 氏名 富山大学大学院理工学研究部 神阪盛一郎

1. 構成メンバ

鎌田源司	筑波宇宙センター宇宙科学研究本部
------	------------------

氏 名	所属
神阪盛一郎	富山大学大学院理工学研究部
保尊隆享	大阪市立大学理学研究科
若林和幸	大阪市立大学理学研究科
曾我康一	大阪市立大学理学研究科
笠原一郎	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
西谷和彦	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理学系研究科
宮本健助	大阪府立大学総合教育研究機構
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
北宅義昭	大阪府立大学大学院生命環境科学研究科
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 19 年 12 月 4 日
開催時間：13 時～17 時、開催場所：東京八重洲ホール

植物系の 3WG（高等植物の生活環、代表者・神阪盛一郎；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・高橋秀幸；宇宙環境に対する植物反応の解明のための実験系構築、代表・北宅義昭）からの話題提供が一件ずつおこなわれた。また、他の二つの植物系の WG の代表者富田-横田香織氏と鮫島正純氏のそれぞれの WG の課題とその研究の方向性が話された。また、ヨーロッパの EMCS を用いた植物実験の状況、および JAXA の進めるライフサイエンス研究の今後についての話題提供があった。

なお、植物系合同会議における話題提供は以下の 8 講演であった。

(1) 園部誠司（兵庫県立大学）タバコ BY-2 細胞付属タンパク質と抗重力反応

(2) 田坂昌生（奈良先端科学技術大）植物の重力受容ー最近の研究からー

(3) 唐原一郎（富山大学）陸上植物の生活環と重力ー栄養生長・生殖生長のバランスと物質分配への重力の関わりー

(4) 北宅義昭（大阪府立大学）植物葉からの蒸散および生殖器官の温度に及ぼす微小重力の影響

(5) 横谷香織（筑波大学）マメザクラ極小盆栽を用いた宇宙実験による樹木の機能解析

(6) 鮫島正純 (弘前大学) 粘菌胞子におけるアクチン高次構造に依存した休眠維持機構は普遍的か？

(7) 嶋津徹 (日本宇宙フォーラム) EMCSを用いた宇宙実験の現状について

(8) 山下雅道 (JAXA) JAXA が進める宇宙研究班 WG・ライフサイエンスの今後について

3. 活動目的

固着生活をする陸上植物は動物のように動き回ることができないために、おかれた環境の変化に対してその生活環をうまく適応させることが、生存のために重要である。約4億年前に水中から陸上に進出した陸上植物は、地球上にほぼ同じ大きさで存在する $1 \times g$ 環境下でその生活環を完結できるように進化してきた。

陸上植物は重力刺激のベクトル情報を巧みに利用して、根を地下に伸ばし、茎を上へ伸ばす。この現象は重力屈性と呼ばれ、陸上植物の姿勢制御に重要な役割を果たしている。また、陸上植物は重力に逆らってその地上部を支えるために、細胞壁を強固にし、支持組織である通導組織を発達させた。植物が重力に逆らって身体を支える現象は抗重力反応と呼ばれ、重力屈性反応の研究に比べると植物学の中でも新しい研究領域である。

JEM 一次選定テーマ「微小重力環境における高等植物の生活環」(提案者、神阪) が採択されてからすでに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、微小重力下での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。

宇宙への人類の長期的な滞在計画が近年具体化している。人類の宇宙での活動を可能にするためには、宇宙での植物を活用した食糧生産と環境維

持が重要となる。それを可能にするためには、微小重力下での植物の生活環に関する基礎情報の取得が必須である。

種子の発芽で始まる植物の生活環において、まず茎葉の器官生長、すなわち栄養生長が起こり、引き続いて生殖生長が始まる。生殖生長期には花器官の形成、受精、胚発生、種子形成が行われる。植物の生殖生長は温度をはじめとする様々な環境刺激に影響される。栄養生長が重力刺激によって大きく影響されることを考えると、重力刺激がこれらの生殖生長過程に影響を及ぼす可能性が高い。

現在まで、植物の生殖成長に注目した宇宙実験は何度か行われている。80年代には saljut においていくつかの植物種の生活環を微小重力環境で全うさせる試みがなされたが、種子の収量の低下などが報告されている。開花期直前のシロイヌナズナをスペースシャトルで打ち上げ、軌道上での植物の栽培条件などが Musgrave によって解析されてきた。20世紀後半に行われた宇宙での植物の栽培実験では、種子の不稔やその形成不良が多数報告されているが、これらの宇宙で得られた実験結果の解析は、地上での対照実験をもとに行われている。地上と宇宙環境、例えばスペースシャトル内の磁場や放射線は地上とは異なることを考えると、これまでの宇宙実験で報告されている高等植物の生殖生長異常が重力の大きさの違いによって生じたのかどうかは、厳密には分からない。

4. 活動内容

WG の研究費を用いて、花芽形成時の遺伝子発現に対する過重力刺激の影響をマイクロアレイ法によって解析した。

20-26日間白色光下で生育させた発達段階 stage 1-12 (Smith et al.

1990) の花芽を持つシロイヌナズナの個体に遠心分離器を用いて $300 \times g$ の過重力刺激を茎から根の先端方向に暗所、 25°C で 24 時間与えた (過重力処理区)。 $1 \times g$ 対照区としては、植物個体を暗所、 25°C で 24 時間静置した。 RNA の抽出は Plant RNA Isolation Mini Kit(Agilent Technologies, Palo Alto, USA)を用いて過重力刺激の直後に行った。マイクロアレイ解析は、Arabidopsis 3 (44k) オリゴ DNA マイクロアレイキット (Agilent Technologies, Palo Alto, USA) を用い、遺伝子発現プロファイリングを行った。 RNA の標識に用いる色素、Cy3 および Cy5 を交換する実験を行い、それぞれの実験から、 $1 \times g$ における遺伝子発現レベルに対する $300 \times g$ における発現レベルの比 ($300 \times g / 1 \times g$: fold change) を算出して、その平均値を求めた。生物学的には 2 回の実験を行い、合計 4 アレイを用いて調べ、全アレイにおいて共通した変動があった遺伝子について解析し、以下の結果が得られた。

- 1) 細胞壁関連遺伝子の中では、セルロース合成酵素、エクспанシンおよびキシログルカン代謝関連酵素をコードする遺伝子の発現が過重力刺激で上昇した。
- 2) 過重力刺激で細胞周期の調節に関与する遺伝子の発現が増加した。
- 3) 種子・胚形成に関与する遺伝子、種子貯蔵タンパク質をコードする遺伝子の発現が、過重力刺激

によって低下した。

- 4) ABA シグナリングに関与する遺伝子発現が抑制された。

これらの結果から、シロイヌナズナの花芽において、細胞壁の構築の促進、細胞分裂の促進、胚および種子形成の抑制が、過重力刺激によって引き起こされる可能性があることがわかった。

5. 成果

Soga K, Arai K, Wakabayashi K, Kamisaka S and Hoson T (2007) Modifications of xyloglucan metabolism in azuki bean epicotyls under hypergravity conditions. Adv. Space Res. 39:1204-1209.

Soga K, Wakabayashi K, Kamisaka S, Hoson T. (2007) Effects of hypergravity on expression of XTH genes in azuki bean epicotyls. Physiol. Plant. 131:332-340.

玉置大介・唐原一郎・西内巧・若杉達也・山田恭司・山口和男・神阪盛一郎 “過重力刺激がシロイヌナズナの生殖生長期における遺伝子発現に与える影響” 日本植物学会第 71 回大会、2007. 9, 千葉

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・西谷和彦・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・西内巧・鎌田源司 “平成 19 年度 WG「高等植物の生活環境研究班 WG」の活動報告” 宇宙利用シンポジウム (第 24 回)、2008. 1, 東京