

## 宇宙における樹木 - 宇宙における樹木形態形成に関与する環境機能分子および樹木の応用利用

筑波大・院・生命環境 富田・横谷香織・吉田滋樹・田村憲司、筑波大・院・システム情報 橋本博文、東京農工大・遺伝子実験施設 丹生谷博、東京農工大・農 船田良、香川大・農 片山健至・鈴木利貞、アイエスエス 宮川照男、鹿島建設 飯田正人、さくら研究所 中村輝子、JAXA 山下雅道

### Woody plant under the space environment – functional compounds related to morphogenesis of tree, and its applied utilization

*Kaori Tomita-Yokotani, Shigeki Yoshida, Tamura Kenji, Hirofumi Hashimoto, Hiroshi Nyunoya, Ryo Funada, Takeshi Katayama, Toshisada Suzuki, Teruo Miyagawa, Masato Iida, Teruko Nakamura and Masamichi Yamashita*

Doctoral Program in Life Sciences and Bioengineering, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan

E-Mail: kaboka@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

**Abstract:** Our working group noted the importance of woody plant under the space. Tree is a good utilization material in the organisms in all species in the earth. Chemicals including protein, morphogenesis, soil and any physiological responses to the physical environmental parameter will be investigated using by tree as material. As the first step, we will try to make a plan using one species of woody plant, Japanese cherry tree, and its cells. Our goal is our seeing any tree in the space.

**Key words;** Functional components, Japanese cherry tree, morphogenesis, Space Utilization, Tree

我々は、宇宙環境を利用した研究に関するワーキング・グループ (WG) の一つのテーマとして“宇宙における樹木研究”に取り組んでいる。研究テーマ設定時における研究の目標と目的は次のようである。目標；宇宙環境における樹木の生理機能が詳細に調べられることにより、地上における生物進化や環境応答機能の解明への貢献が期待される。また、宇宙における観賞用としての樹木栽培も可能となる。更に、宇宙環境で木本植物を用いた有用機能物質や資材類を、木本植物自身を工場として使用し、大量生産する技術を可能にすることにより、宇宙環境内で、有用医薬品や構造資材類を、元来の薬品合成工場や製造工場を建設することなく、特定の必要物質を多量に生産することも可能となると考えている。目的；疑似宇宙環境下で、樹木の生長過程における形態形成の詳細とその制御に関与する分子の探索およびその機能解析を生育環境内における物質循環を含めて調べるとともに、樹木自身を有用物質生産工場の場合として捉え、本来具備された植物機能を利用し、特殊環境である宇宙環境が誘導する有用物質や有用資材の多量産生条件を見出し、多様な生物の生育・生活しやすい環境の設定・設計・検討を行うこととし、具体的な内容として、最適な宇宙環境実験系の確立のために、研究材料候補植物種を数種選り出し、木本植物の実生、および挿し木苗を材料

として用いる。疑似宇宙環境として、微小重力、低圧、光環境に焦点を絞る。人工に設定した環境暴露下と地上環境下で変化する木本植物の形態形成過程について化学的、組織学的違いを調べる。特殊環境下で誘導される各器官が産生する有用物質と構築される資材や食糧としての価値に注目する。地下部として培地変化と土壌化への可能性と、栽培ユニット内のガス成分の循環を調べる。植物種ラインの安定化と保存のために、タンパクレベルでの解析と関連する遺伝子の追求を含め検討し、利用価値の高い木本植物実験系を創り出す。

平成17年度は、各担当者が担当する部分について、必要な計画（予備実験結果を含む）を持ち寄り将来の本実験実施に向けて検討を行うとして、全体会合を開催した。計画のための大筋について班員らとの話し合いの場を持った。

各班員の本来の研究テーマを活かすことを考慮し、樹木の特性としての樹皮成分の利用、樹木を利用した食品生化学的なアプローチ、芽だし野菜を応用した樹木の利用等について話題提供された。特殊環境下で生育された樹木を利用した食品を考えた場合、これをヒトが食すると、植物側のストレスタンパクにより結果的に生産される物質類により、地上では引き起こされないアレルギー反応が現れる可能性が指摘され、このスクリーニングも重要な課題になる可能性を有していると考えら

れた。

形態学的見地からの樹木と宇宙利用の意義を考えると、重力は、樹木を含む植物の成長や細胞分化の方向を制御する上で、重要な因子であることから、宇宙環境下における樹木の形態形成機構を明らかにすることは、樹木の環境適応性や重力に対する進化の過程を理解する上で重要である。また、宇宙環境下での樹木の成長状態を予測することも可能といえる。ここで、草本との違いを提示する事は重要である。草本植物は、傾斜などの重力刺激を受けると、茎の伸長領域の細胞長を傾斜上側と下側で変化させて重力屈性を行う。しかし、伸長成長が停止している樹幹の占める割合が多い樹木（木本植物）は、草本植物とは異なる重力反応機構を有する。樹木は、重力刺激を受けると樹幹を本来の成長方向に戻すために、「あて材（reaction wood）」という特殊な組織構造をもつ木部組織を樹幹に形成する。「あて材」は、広葉樹（被子植物）では傾斜した樹幹の上側に形成（引張あて材の形成）され、針葉樹（裸子植物）では傾斜した樹幹の下側に形成される（圧縮あて材の形成）。「あて材」は、形成層細胞の分裂による肥大成長量、木部細胞の形態や微細構造、細胞壁を構成するセルロース・ミクロフィブリルの配向、セルロースやリグニンなど細胞壁成分の量や構造、などが正常な木部組織と大きく異なることが既に知られており、この違いが樹幹内に応力を発生させ、樹幹を垂直方向に戻す。これらの知見は、地球上における重力が樹木の形態形成に重要な役割を担っていることを示唆している。宇宙環境下における樹木の木部細胞の形態変化や細胞壁微細構造の変化については知見が乏しいことから、この点について焦点を当てる。

また、樹幹が受容した重力刺激の伝達経路の解明も不可欠である。Nakamuraらのサクラを用いた研究により、デンプン鞘細胞内のアミロプラストが重力感受装置として関与する可能性が示唆されている。しかしながら、沈降性アミロプラストの位置変化がどのような経路で分化中木部細胞の形態形成過程に伝達されているかは明らかではなく、解明すべき課題である。一方、重力刺激は木部細胞が生産するセルロースやリグニンなどの細胞壁成分の量や構造を変化させることから、宇宙環境という特殊な環境下において樹幹がある特定の物質を効率良く生産する器官としての機能性を追求することも重要な課題であるといえる。

考慮されるべき問題提供として、土壌があげられる。宇宙における土壌基盤としての可能性について注目すると、樹木種の成長の過程で、草本種

では考える必要性が高くなかった支持基盤としての土壌の機能を樹木栽培では考慮しなければならない。適切な人工土壌としては、宇宙ステーションにおいては、人工土壌の密度、コンシステンシー、構造および土性が重要な要件となり、これらの最適性を考慮した最適な土壌の創出を探る必要は必ず到来すると考えられる。また、樹木種の生育にとって必須な成分をすべて適切な含量、含んでいる培地の検討を図る事も将来的には必要であり、上記、基盤としての土壌の素材が選定された後、植物栄養学的に最適な化学環境の要因を探る事を研究課題の中に入れる必要がある。これらは、火星等における地球化の過程で噴出してくる課題となると予測される。これには、火星環境等を想定した樹木生長に伴う土壌生成過程の基礎的研究がなされなければならない。地球以外の星における樹木生長に伴う土壌生成についての研究は、ほとんどみあたらない。火星のような玄武岩質の地質での初成土壌生成においては、塩基類の溶脱過程が問題となる。火星のような他の惑星における樹木の大量生産のために必要な土壌生成要因を列挙し、そのための諸条件を検討が必要であろう。これには、培地からの土壌化過程の研究として、培地レベルの樹木生産に伴う土壌の生成過程を精密にモニタリングするとともに、野外レベルでの大量生産へのスケールアップをどう行なうかについて検討する事となる。

数々の計画内容が提出される中で、宇宙における樹木利用を日本における特徴ある研究であるための議論がなされた。実際に宇宙を利用して研究を開始した場合には、特徴ある材料、簡便で短時間で結果を導くことが可能な実験方法を作り出すことが重要である。そのような観点から、現在の構想を図1に示す。これを基盤にして、実現に向けた計画を進めている。

## 日本のサクラ



宇宙へ

材料  
ヤマザクラ  
実生

注目部分  
木部の形成  
樹皮成分  
生長制御物質  
ストレスタンパク



必要な準備  
実生苗  
培養器

地上

最後に、ライフサイエンス分野における宇宙研究が、物理分野と比較して大きく立ち遅れているという指摘がされた。生物の多様性や生物自身に未知部分が多すぎるものがその原因であると考えられるが、世代を超えて計画を行う事の必要性が指摘された。この観点からも、材料として草本の機能を含む樹木を対象として、航空機実験からで

も実現している計画を構想している。

#### 参考文献

- 1) Nakamura T., Negishi Y., Sugano M., Funada R. and Yamada M., ;Gravisensing Mechanism in Japanese Flowering Cherry. *Space Utilization Research*. **18** , 184-185. (2002)