

# 宇宙における木材資源の実用性に関する基礎的研究

○三木健司（京都大学宇宙総合学研究ユニット）、村田功二（京都大学大学院農学研究科）、  
清水幸夫（宇宙航空研究開発機構）、稲谷芳文（宇宙航空研究開発機構）、  
土井隆雄（京都大学宇宙総合学研究ユニット）

## Fundamental study on the usability of timbers in space

Kenji Miki (Kyoto University Unit of Synergetic Studies for Space), Koji Murata (Kyoto University Graduate School of Agriculture), Yukio Shimizu (Japan Aerospace Exploration Agency),  
Yoshifumi Inatani (Japan Aerospace Exploration Agency), and  
Takao Doi (Kyoto University Unit of Synergetic Studies for Space)

### Abstract

Timber has been one of the main building materials. Since timber is a renewable resource, utilizing timber in space would be a considerable step toward expanding of human space activities. Our team has been conducting experiments to study the changes in the physical properties of timber in a vacuum condition in order to investigate the possibility of using timber as a construction material in space.

### 1. 目的および背景

人類の宇宙進出に関する技術の進歩に伴い、地球外における持続可能な人類社会の形成に関する議論が頻繁に行われるようになってきており、持続可能な人間社会を形成するために欠かせない衣・食・住の確保をする資源として、植物の宇宙利用、宇宙環境耐性の研究が現在頻繁に行われている。特に、宇宙空間における社会形成の課題の一つとして、宇宙空間における食糧確保を念頭に置いた植物栽培の研究は活発に行われている<sup>1)</sup>。しかし、地球社会において住環境の基盤を支えている樹木の、建築材料としての宇宙環境下での利用に関する研究はこれまで行われていない。

宇宙空間への人類進出のための無機物質を構成要素とする材料利用に関する研究はこれまでも行われてきた[例えば宮崎(2017)<sup>2)</sup>]。しかし、人類社会基盤の形成にとって、燃料、繊維、そして建築資材として重要な役割を担ってきた樹木の地球外における利用、生産コントロールが可能となれば、地球外への社会基盤構築にとって進展が期待できる。

宇宙における樹木育成の研究は、長友<sup>3)</sup>をはじめ、例えば富田—横谷(2005)<sup>4)</sup>などが行ってきたが、未だ研究が進んでおらず、かつ、樹木の資源としての利用を議論した研究はこれまでほとんどない。

このことより、本研究では、宇宙環境の中でも、特に真空環境に着目し、真空暴露（減圧暴露）による木材の物性変化から、宇宙環境における利用に適した樹種の特定を行うことを目的とする。

樹木の減圧環境下における物性変化の研究は、主に木材の高効率な乾燥手法の開発を目的として行われてきている[例えば Jia ら(2017)<sup>5)</sup>]。しかし、これらの実験は宇宙空間を模擬した高真空環境ではなく、減圧条件下における短期的な実験であり、かつ木材の真空暴露による強度変化を議論したものではない。このため、本研究は木材資材の宇宙利用を試みた最初の研究となる。

## 2. 実験方法

試験体は 100 mm（繊維方向） × 10 mm（半径方向） × 5 mm（接線方向）のスギ、センダン、ホオノキの木材片とし（図 1）、実験資材の前処理として恒温器（Yamato DKM300、ヤマト科学、東京）内で 105°C の環境下で 24 時間の乾燥を行った後、減圧暴露を行った。木材種の選別は 1) 試験体密度を揃える 2) 木質資源生産に向けた樹種を選ぶ 以上の二点を踏まえて選定した。木材試験体の繊維方向は試験体の長辺方向とした。減圧暴露は、真空チェンバ（株式会社ジェック東理社、埼玉）内で行った。真空ポンプにより真空チェンバ内を約 10 万分の 1 気圧にし、1 か月ごとに非破壊試験によりヤング率測定を行った。異方性材料である木材の強度特性を評価するために、繊維方向並びに繊維直交方向との両方向のヤング率を求めた。

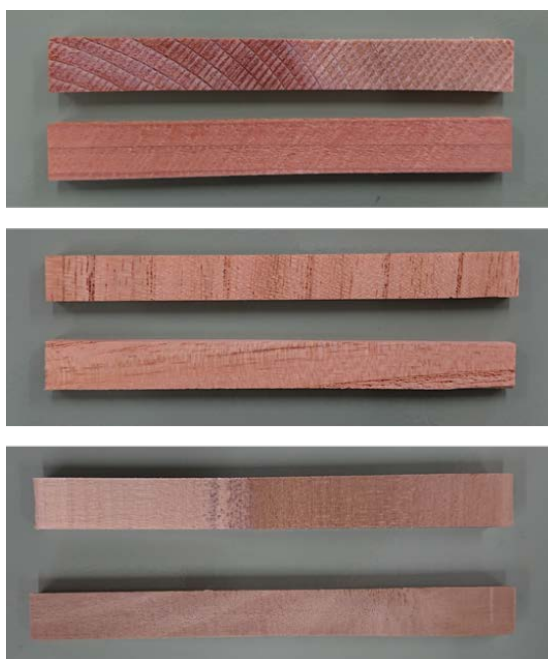


図 1 試験体（上からスギ センダン ホオノキ）  
繊維方向（上）と繊維直交方向（下）

## 3. 結果と今後の展望

繊維方向は 5 か月間の減圧暴露後もヤング率に有意な変化は出なかった。繊維直交方向

は初めの一か月でヤング率が低下した後、いずれの樹種も一定値に収束した。このことから、宇宙環境における真空環境のみの着目した場合、木材の物性変化はほとんどない、もしくは収束するため、木材の宇宙環境利用は可能である可能性が示唆された。

今後の実験では、ヤング率は含水率に深く関係するため、今後は正確な含水率変化測定も同時に行えるよう実験手法を考案する。また、より長期的かつ継続的な木材利用を想定し、低圧環境における長期的なクリープ試験を行う予定である。

木材の宇宙利用を推進するために、木造人工衛星の製作・運用を行い、放射線環境も含めた実際の宇宙環境の木材にあたる影響を調べることを計画している。

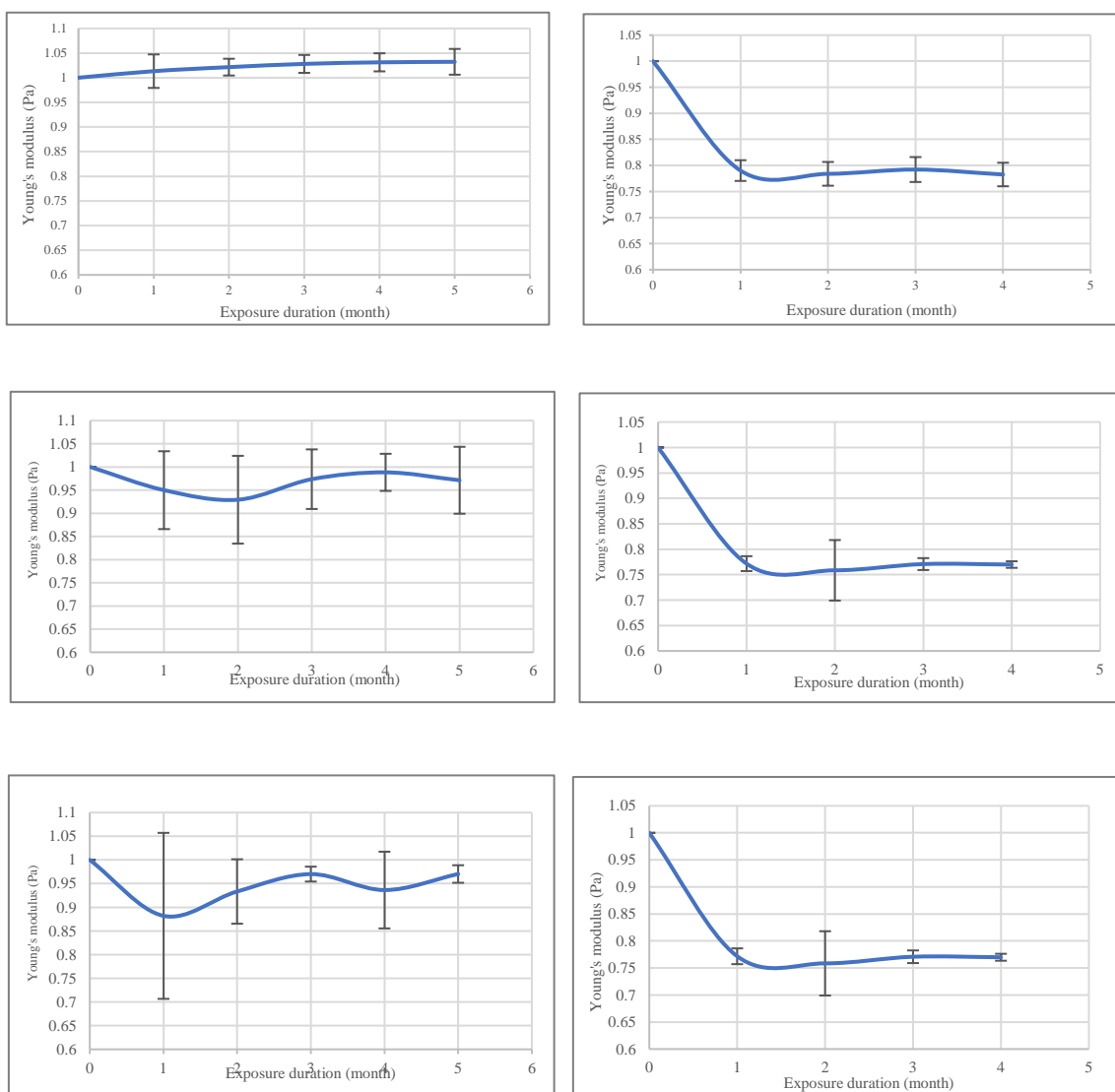


図2 ヤング率変化の結果

上からスギ センダン ホノノキ; 繊維方向 (左)と繊維直交方向 (右)

## 参考文献

- 1) Wheeler, R. M.: Agriculture for space: People and places paving the way, *Open agriculture*, 2, 14–32, (2017).
- 2) 宮崎英治: 宇宙環境を想定した材料評価方法, *Journal of the society of materials science*, 66, 262–267, (2017).
- 3) 長友信人: 地球外森林は可能ですか, *Space Utiliz Res*, 20, 136–139, (2004)
- 4) 富田－横谷香織、吉田滋樹、田村憲司、橋本博文、丹生谷博、船田良、片山健至、鈴木利貞、宮川照男、飯田正人、中村輝子、長友信人、山下雅道: 宇宙における樹木-宇宙における樹木形態形成に關与する環境機能分子および樹木の応用利用, *Space Utiliz Res*, 22, 311–312, (2005).
- 5) Jia, X. R., Zhao, J. Y., Cai, Y. C.: Mass and heat transfer mechanism in wood during radio frequency/vacuum drying and numerical analysis, *Journal of forestry research*, 28, 205–213, (2017).