

樹木育成は可能か

コンセプト

宇宙で樹木を育成する意義は宇宙空間内の炭素循環等の資源の有効活用、材料資源としての利用、ヒトへの心理的効果が挙げられる。宇宙空間はこれまで樹木が適応してきた地球上の環境と大きく異なる。そのため、閉鎖系生態系生命維持システムを構築し、空気の輸送コスト低減と育成施設の簡素化を目的として、低圧下での樹木の育成条件の解明が必須だ。これまで行った実験を紹介し、宇宙という特殊環境下での樹木育成の可能性を検討する。

1気圧下ポプラ育成予備実験

目的：減圧下でポプラを育成する際の生育環境および測定パラメータを検討し、1気圧下開放系での成長の様子を観察する。

方法：ポプラ(Populus alba L.)の挿木苗2個体を1気圧下で83日間育成(4/20~7/12)。2日に1回観察。

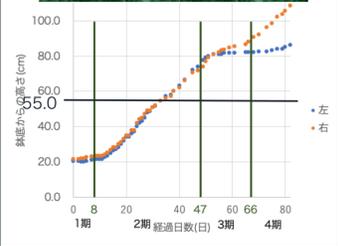
条件	詳細
温度	22~28℃
湿度	30~65%
光源	LEDライト (10日目に導入・生長に合わせて移動)
光周期	明期14時間・暗期10時間
土壌	パーミキュライトと赤玉土(2:1)
養液	ハイポネックスの1/2000希釈液



結果：

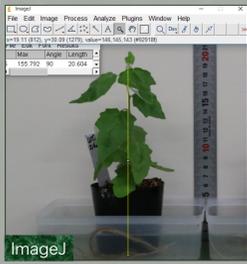
- (1期) 伸長生長なし
- (2期) 1.5cm/dayの伸長生長
葉色、ツヤ良好
- (3期) ハダニの発生
殺ダニ剤でハダニを除去
生長の停滞、葉が多数落ちた
- (4期) 伸長生長が止まり、分枝が開始

鉢底からのポプラの樹高の時間推移



考察：

作製中の減圧チャンバーの高さは55cm程度なので、生長速度から1か月程度育成できることが分かった。ハダニの発生によって、樹体が弱り、休眠せずに分枝が始まった可能性がある。今回は樹高・葉数を測定したが、閉鎖系ではチャンバーの外からすべての観察を行う必要がある。例えば樹高は写真から画像解析ソフトImageJを用いて求めることができる。個体の上部と下部で光量差が大きかったため、減圧実験ではチャンバーの周囲を覆うなどして光条件を揃える予定である。



ポプラ疑似微小重力実験

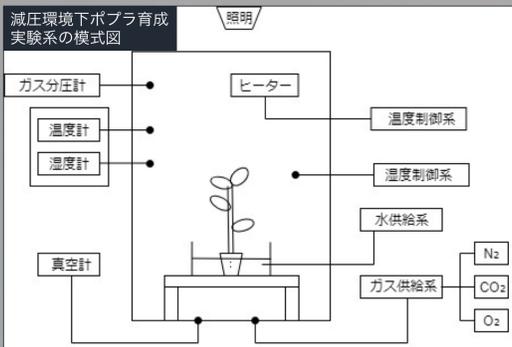
目的：樹木を宇宙で育成するときの環境変化に対する影響として重力に着目し、疑似微小重力下での樹木の成長や形態形成について調べる。

概要：回転することによって、重力ベクトルの総和が限りなく0に近くなる1Dクリノスタットにポプラの挿木苗を搭載した。微小重力の影響を地上実験で予測するための搭載方法や実験方法について検討し、1ヶ月程度育成する仕組みを確立した。また、重力環境以外の条件が同一になるような対照実験を含めた実験系の開発ができた。今後これらを用いて成長や形態形成をさらに詳しく調べる予定である。



減圧環境下ポプラ育成実験

2つのチャンバーを用意。一方を大気圧下、他方を減圧(1/10気圧)下にしてポプラの挿木苗を1か月間育成する対照実験系を設計。減圧環境下での生長率や形態変化を含めた樹木の生理応答を調べる予定である。湿度の維持方法(コールドトラップ)や湿度の測定方法、根の溶存酸素不足を解決する仕組み等を開発する必要がある。



木材利用は可能か

コンセプト

宇宙開発において木材は今までに一度も使われたことがない。しかし、長期宇宙滞在及び月面・火星での有人宇宙活動を考えると再生産可能資源である木材は金属よりも利便性の良い材になる。宇宙空間は過酷な環境であるが木材は強度面で安全面を担保できるのか、高真空の観点から現在行っている実験を紹介する。また温度変化や放射線に対する実験も準備しているので紹介する。最後に展望として木材をどのように利用するかを考察する。

長期間の高真空暴露木材弾性試験

目的：木片を高真空に暴露し、1ヶ月に1回非破壊試験でヤング率(外力での変形し難さ)の変化を見る。

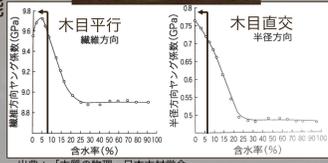
方法：6樹種(ホノノキ・センダン・スギ・ブナ・ヒノキ・ケヤキ)、木目方向2種(平行・直交)の計9通りを5個体ずつ1個体当たり2回ヤング率を計測。手順を記す。最初に木片(5mm×10mm×100mm)を105℃の環境に24時間置いて絶乾状態にし、破壊荷重(予備実験で既知の値)の20%を加える非破壊試験を行い基準のヤング率を計測。真空(1.0×10⁻⁵気圧)下に暴露し、1ヶ月に1回の非破壊試験でヤング率の変化を追跡。

結果：	木目方向	ヤング率	含水率
	木目平行	最初の1ヶ月で約80% →5ヶ月間安定	減少傾向
	木目直交	変化少ない	一定or増加傾向

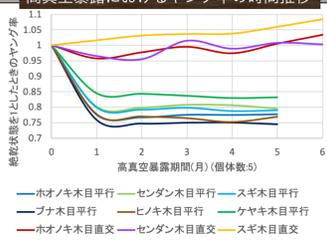
考察：木目平行は最初の1ヶ月で高真空により水が木片から解離、含水率が減少しヤング率も減少。長期間の真空で木材剛性の大きな劣化は統計的に認められず、宇宙空間での木材利用の可能性が示された。実験は1年以上続ける予定。



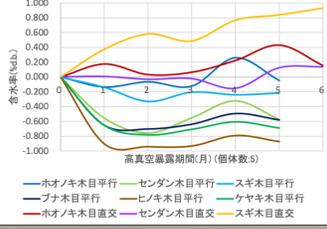
含水率とヤング率の関係



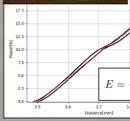
高真空暴露におけるヤング率の時間推移



高真空暴露における含水率の時間推移



変位とヤング率



弾性試験機



真空チェンバー



宇宙での

木材利用と

樹木育成の

探求

宇宙木材利用研究会

伊藤祥、増田凱斗、三木健司、馬場啓一、辻祥子、仲村匡司、村田功二、清水幸夫、芳村勇毅、辻廣智子、土井隆雄

目的

宇宙木材利用研究会では現在の金属中心の宇宙開発に対し、今後の長期的な有人での宇宙滞在を考慮して、再生産可能・持続可能資源である木材が金属に取って代わることはできないか、基礎実験や勉強会を通して可能性を模索している。現在行っている実験として、

- 1.長い期間高真空に暴露した木材(6樹種)のヤング率の変化実験
- 2.減圧環境下での樹木(ポプラ)の生育予備実験
- 3.木材を用いたキューブサットの製作準備

樹木育成と木材利用の両側面から実験を行うことで、将来の月面・火星での木の育成から利用まで閉じた循環系の実現性が考えられる。高真空・激しい温度変化・放射線といった厳しい環境条件である宇宙で木は育つのか、利用できるのか、問題点が生じるならば技術面で補えるのか、これまでの実験を通して考察し、可能性を検討する。



高真空下木材クリープ試験

長期間の高真空暴露木材弾性試験で木目平行のとき、最初の1ヶ月間に大きくヤング率が下がっていることが分かった。また、従来の実験ではヤング率測定を大気圧雰囲気下で行っていたが、高真空内で木材の物性値の連続的な変化を見たい。そこで高真空中に下図のように木片をセットして1ヶ月間応力を掛け続け、長期的な継続使用に対する強度を計測する予定である。



さらに木片から水が抜ける際、組織の破壊が起こっているかを確認するためにアコースティックエミッションで破壊音を拾うことを検討している。



今後の展望

宇宙林業・木質構造・木質インテリア

宇宙にヒトが長期滞在する際、食糧に加え材料も自給する必要がある。そこで樹木を育成し、資源を現地調達することで材料として木材を用い、木質構造(建築物)や木質インテリア(家具・内装)の宇宙での木材利用法を考察・提案する。これらは持続可能な生活基盤として機能し、宇宙での循環システムの一部として重要な役割を担う。さらに植物や樹木は生命としての癒しを、木目や木を扱ったデザインは居心地の良さをヒトに与える必要不可欠な存在と考えている。



キューブサット・人工衛星

宇宙の複合環境が木材に与える影響を調べるために木造人工衛星の製作を計画している。ISSの「きぼう」日本実験棟には小型衛星放出機構が付いており、50kg級の超小型衛星を軌道に乗せることが可能である。京都の宮大工に依頼し、木組みを用いたキューブサットの外装製作に取り掛かろうとしている。そのために木造構造物の高真空暴露実験も検討している。問題点として激しい温度変化が木材を燃やし、狂わせ、放射線が組織を破壊して強度低下を引き起こすことが挙げられる。しかし木材表面に塗装を施すことでシールドすることを考えている。例えば月面に多くあるSiを用いた表面の不燃化処理がある。

