

第 158 回 CIS パートナー会議事録(一般様用)

開催日時 2025 年 8 月 31 日(日) 13 時～15 時

講 師 山本 洋一

テーマ 人工的にへちまの茎の背の高いものを作ることはできないだろうか？



会議風景

1) 人工的にへちまの茎の背の高いものを作ることはできないだろうか？

CIS パートナー会議を重ねてきた中で、いくつかのテーマで討議が十分できなかったもの、新たな問題が発見され積み残しとした事項が数件記録されています。その中で神田さんのテーマで「へちまはどれぐらい大きな高さにまで育てられる」という討議されたが当日の会議中には解決できずオープンアイテムになって今まで残っていました。今回、どれぐらいの高さまで育てられるかを、調査検討した内容を報告させていただきます。

「へちまはどれぐらい大きな高さにまで育てられる」

大きさを決める要因は何か。

へちまだけでなく、植物の成長と水の関係は何か。

・
・

というように、多重階層的に掘り下げてみることにしました。

人工的にへちまの茎の背の高いもの を作ることはいできないだろうか？

山本 洋一

2025年8月31日

CIS Laboratories Inc.



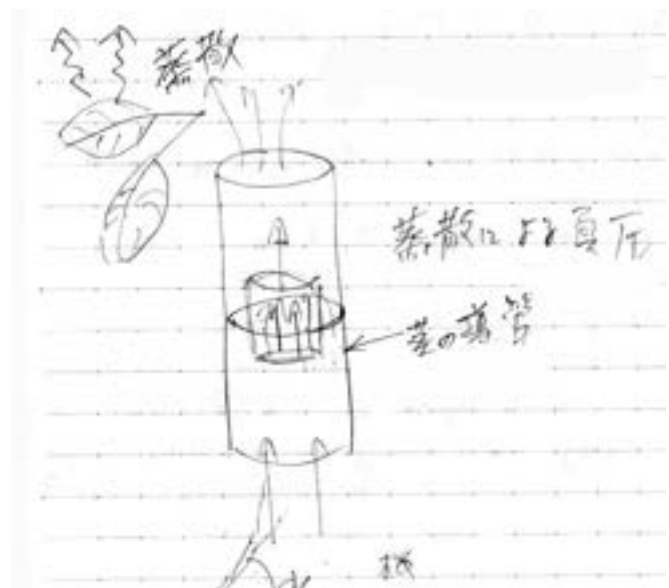
へちまを特別な装置などは使わずに、家庭菜園的な手法で育てると、背丈 2-3mに育つ。

植物の中の水の流れ(移動経路)

土壌水分 → 根毛 → 根 → 茎の導管 → 葉 → 気孔から水蒸気として放出



蒸散による負圧が吸い上げる



人工的にへちまの茎の背の高いもの を作ることはいできないだろうか？

山本 洋一

2025年8月31日

CIS Laboratories Inc.

CIS パートナー会議 積み残しテーマ



- 1) 人工的にへちまの茎の背の高いものを作ることはいできないだろうか？
- 2) オーディオ信号で変調された超音波から人はどのようにして音が聞けるのか？
サウンドビームが非線形媒体を通過するときどのように歪むか
- 3) 単一面素カメラ の検討を含めて ◎光線再生方式
- 4) 真空管・応用技術 イオンエンジン はやぶさ2の飛行距離は？

へちまの基本情報

1. 分類・学名
 - ・和名:へちま(糸瓜)
 - ・学名:*Luffa cylindrica*(別名 *Luffa aegyptiaca*)
 - ・英名:Sponge gourd / Luffa
 - ・科・属:ツリ科(Cucurbitaceae)へちま属(*Luffa*)
 - ・原産地:インド、東南アジア周辺

2. 特徴
 - ・つる性植物:茎は長く伸び、支柱や柵に絡みつきながら生育します。
 - ・葉:掌状で大きく、ざらつきがあります。
 - ・花:鮮やかな黄色。雄花と雌花を別々につける雄雌異花。
 - ・果実:長さ30～60cm程度の円筒形。若い頃は緑色で柔らかく、熟すと内部が繊維化。
 - ・寿命:一年草で、春に種をまき、秋に枯れます。

3. 生育条件
 - ・発芽適温:25～30℃
 - ・生育適温:20～30℃
 - ・日照:日当たりと風通しが良い場所を好む
 - ・つるの長さ:3～10m程度(自然条件下)



ヘチマの基本情報

CIS

4. 利用方法

- 若い果実:冷凍料理の「ナーベラー」など食用に。
- 成熟果実の繊維:たわし、スポンジ、ろ過材として利用。
- 花・葉:一部地域では薬用利用(咳止めや利尿作用)や観賞用。



5. 日本での歴史

- 江戸時代に中国から伝来。
- 明治～昭和初期には、台所や風呂場のたわしとして全国で利用されました。
- 現在は食用よりも観賞・教材・クラフト素材としての栽培が多い。



6. 成長の限界

- 自然状態では3～10m程度が一般的。
- 限界高さは重力による水輸送制限やキャピテーションが関係。
- 支柱や温室管理を併用すれば、10m以上の事例もあります。

植物の成長と水の関わり

植物が成長するのに
必要なものは？

- 日光
- 肥料
- 温度
- 空気 (炭酸ガス)

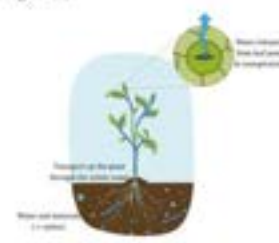
水の通り道は？

- ① 根
- ② 茎
- ③ 葉



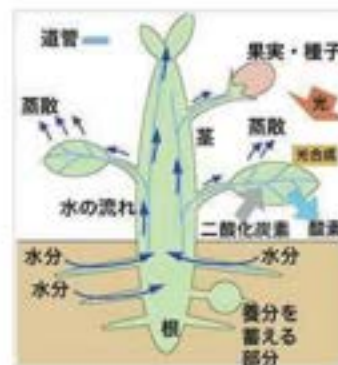
水はどこから出る？

- ① 葉
- ② 花
- ③ 茎



植物の成長と水の関わり

CIS



植物にとって水は、成長と生命維持に不可欠な役割を果たしている。
水は、養分の吸収、光合成、体温調節、栄養の運搬など、様々な働きを担っている。

Suntory HPより転載

<https://mizuku.suntory.jp/kids/study/e001.html>

水はどのようにして植物の中を移動するのでしょうか？

考えられる現象は

表面張力？、浸透圧？、重力？、凝集力、
吸着力？、、、それとも

.....？

毛細上昇の式(Jurinの法則):

CIS



Red水銀の表面張力は、室温で約490 mN/m程度。
これは、水（約72.7 mN/m）の約6.6倍。

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

記号	意味	単位
h	毛細上昇の高さ	[m]
γ	表面張力(界面張力)	[N/m]
θ	接触角(液体と管の角度)	[rad または °]
ρ	液体の密度	[kg/m ³]
g	重力加速度(約 9.8)	[m/s ²]
r	管の半径(内径の半分)	[m]

(例) 水(25℃)+細いガラス管の場合
 $\gamma=0.0728 \text{ N/m}$
 $\theta=0^\circ$ (水とガラスは親水性なので $\cos\theta=\cos 0^\circ=1$)
 $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$
 $r=0.25 \text{ mm}=0.00025 \text{ m}$

このとき:

$$h = \frac{2 \times 0.0728 \times 1}{1000 \times 9.8 \times 0.00025} \approx 0.0594 \text{ m} \approx 5.94 \text{ cm}$$

浸透圧によって水分子が根に押し込まれることで根に
生じる上向きの圧力。根圧と呼ばれている。

植物生物学者であるブリーストリー博士
植物における水分輸送の背後にある物理的な力は根圧である可能性が
あると提唱した。

圧力勾配により、液体は圧力の高い部分から低い部分へと流れる。
根におけるこの高い圧力こそが、水が茎を伝って上昇する原因であり、
ブリーストリー博士が自身の理論の根拠とした現象。

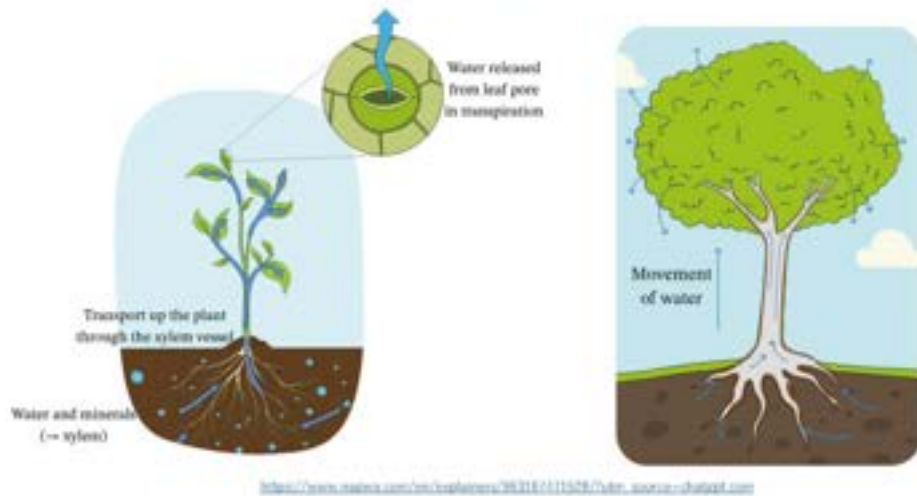
根圧とは、一部の植物が水分を吸収する際に、根の導管内で発生す
る正圧をいう。

しかし、通常観察される根圧は一般的に低く、針葉樹のような非常に
高い樹木では、根が水を樹頂まで運ぶことができない。
また、水の輸送には必ずしも根が必要というわけではない。
これは、右の図のように、生花と食用色素を使った場合によりよく観
察できる。



<https://www.youtube.com/watch?v=9631161152&list=source-channel>

水の移動

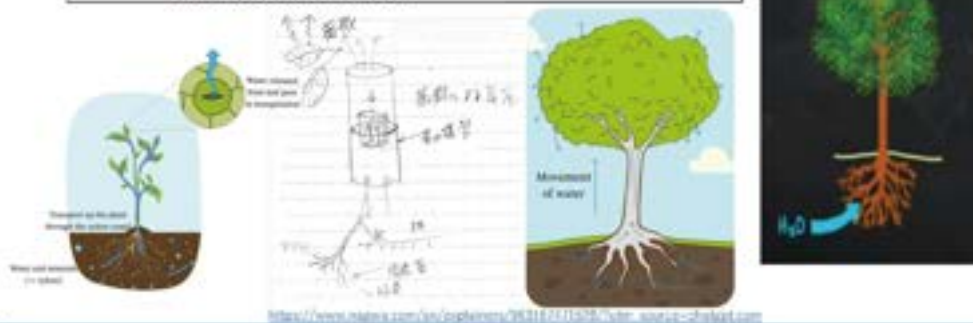


CIS

蒸散引力

葉から水が蒸散(気化)することで生じる負圧(吸引力)を蒸散引力という。これにより、植物体内の本部導管を通じて根から水が吸い上げられる。

土壌水分 → 根毛 → 根 → 茎の導管 → 葉 → 気孔から水蒸気として放出
↑
蒸散による負圧が吸い上げる



CIS

成長を観察して得た知識

植物内の水分のほとんどは、蒸散と呼ばれるプロセスで植物を通過して直接大気中に放出される。

土壌から葉への水の輸送は、本部導管で行われる。

いくつかの理論(毛細管現象、根圧、吸水など)が、道管を上る水の動きを説明しようと試みたが、最終的に、これらの理論はすべて無効となった。

根から茎を上って気孔を通して植物の外部に水分子を引き出してる。

水輸送の流れは植物の蒸散速度によって影響を受ける。

蒸散速度も植物の大きさに影響を与える。

蒸散速度が速いと張力が高くなり、植物の大きさは縮小する。

逆に、蒸散速度が遅いと張力が低くなり、植物の大きさは拡大する。

道管を上る水の動きには制限があるようだ

→(キャビテーション)



導管内で気泡(キャビテーション)が生じる理由

キャビテーションとは、液体内で圧力が急激に下がることで、その液体が局所的に沸騰状態となり、気泡(空洞)が形成される現象である。

導管内キャビテーションの発生メカニズム

A. 蒸散による強い負圧(負の水圧)

- ・ 葉からの蒸散が激しいと、導管内の水が強く引き上げられる。
- ・ このとき導管内に $-2 \sim -3$ Mpa のような強い負圧が発生。
- ・ この負圧が水の引張応力(張力)として作用。
- ・ 張力が大きすぎると、水の凝集力(分子間引力)では保ちきれず、水柱が断裂 → 気泡(空洞)発生

B. 導管内に微細な気泡の核(nucleation site)が存在

- ・ 枯れた導管、異物、傷、菌などが「核」となって気泡が生じやすくなる。

C. 急激な気温上昇

- ・ 乾燥高温や乾燥により葉の蒸散速度が急上昇。
- ・ 水の供給が追いつかず、さらに導管内の負圧が上昇。
- ・ これによりキャビテーションリスクが高まります。

へちまを大きく育てるうえで役に立ちそうな植物の分類

つる性なので、支柱やネットを利用するのが前提となることから、風や自重による座屈など機械的な強度を考慮しなければならない。

植物の大きさ(背丈)で分類

植物を「木」あるいは「草」として分類

等々

植物の大きさで分類してみよう

🌸 草花の例

- ・ スミレ (数cm～10cm程度) : 草地や林に自生する小さな花。
- ・ タロハハコ (1～15cm) : 芝生や道端に多く見られる夏秋植物。
- ・ バンジー/ビオラ (10～20cm) : 園芸用に人気で、草丈は高め。

🌱 野菜の例

- ・ あぐりんアワ (20～30cm) : 家庭菜園で草丈は比較的小さい。
- ・ コマツナ (20～30cm) : 家庭菜園で育てやすい。
- ・ ラヂスカ (二十日大根) (10～15cm) : 根を食べる野菜で、草丈も小。

🌳 背丈の小さい樹木(矮性種)

- ・ ドワーフマツ (矮性マツ) : 30cm程度で葉が成る品種。
- ・ 盤龍の松やモジ : 人為的に草丈を小さく仕立てる。
- ・ 矮性シソ (アルプスシソなど) : 1m前後で葉実が収穫できる。

🌳 樹木の例(巨木)

- ・ セコイア (セコイアドロソ/コーストレッドウッド) : 世界で最も高い樹木で知られ、100mを超える個体も存在。
- ・ コーグ (Eucalyptus regnans) : オーストラリア産で、90m近くまで成長する巨木。
- ・ メタセコイア (Metasequoia) : 現存する「生き化石」。日本の巨木でも30mを超える例あり。
- ・ スギ (Cryptomeria japonica) : 日本の代表的な巨木で、山林では40～50mに達するものもある。

🌱 草本植物の例(大型草本)

- ・ バンシウ (Musa属: パナマ種) : 草本だが幹のような偽茎を作り、3～10mに達する。
- ・ トウモロコシ (Zea mays) : 一般的には2～3m程度だが、品種や条件により5m超のものもある。
- ・ ソルガム (Eleusine属) : 飼料用の種類は4m以上に育つこともある。

🌱 つる植物の例

- ・ ヘチマ (Luffa cylindrica) : 一般に3～10m程度まで伸びる。支柱やネットを必要となく高く育つ。
- ・ アサギサ (Ipomoea nil) : 2～3m程度。つるをほどき伸ばしてコンパスを巻く。
- ・ フクウ (Vitis vinifera) : 樹齢を重ねれば10m以上にもなる。 ↓

補足「背丈が小さい」とされる基準は状況によりが、一般的には 30cm以下の草本植物、または 1m以下の低木・矮性種 が該当する。

植物を「木」あるいは「草」として分類



図-1.3.1 本研究の概念図

金沢、瞳也、「植物形態に潜む構造力学的学理の学理的」探究、北海道大学、博士(工学) 甲第15844号

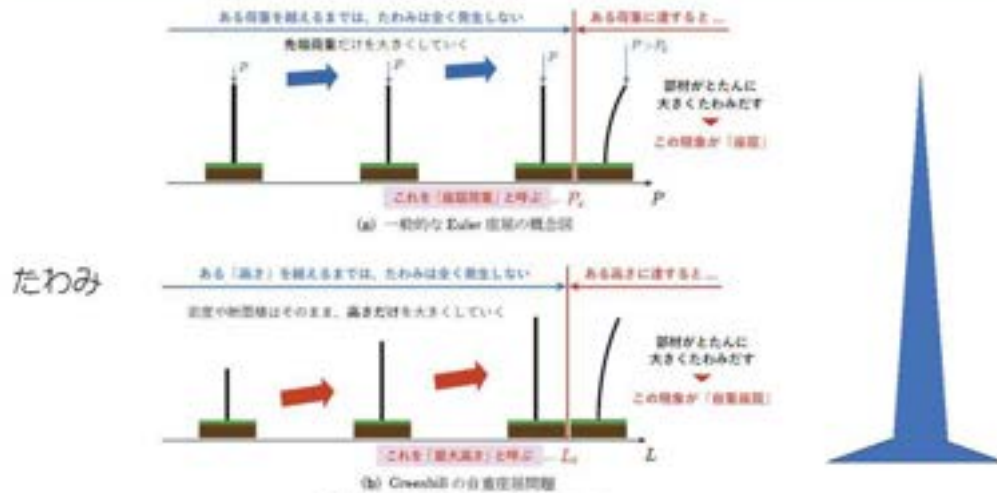


図-1.2.2 一般的な圧縮と自重原理との違い

金沢、瞳也、「植物形態に潜む構造力学的学理の学理的」探究、北海道大学、博士(工学) 甲第15844号

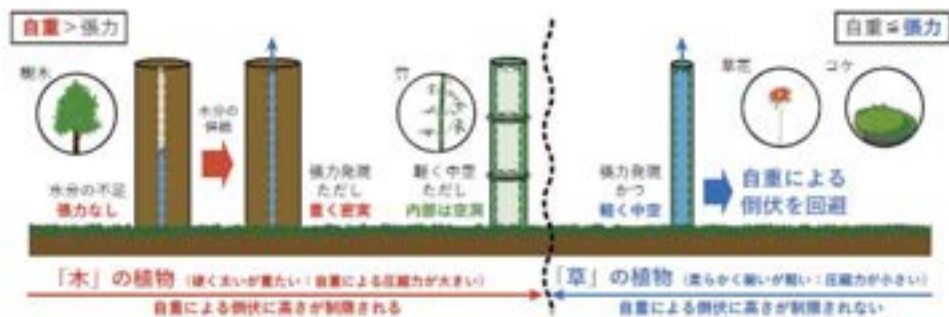


図-5.3.2 本研究により得られた新たな植物の分類法則

金沢、瞳也、「植物形態に潜む構造力学的学理の学理的」探究、北海道大学、博士(工学) 甲第15844号

ここまでのまとめ

生命の維持と成長に水分が必要 → 水 表面張力、密度、……

水は、養分の吸収、光合成、体温調節、栄養の運搬など、様々な働きを担っている。

生物の表面から蒸発する水 → 蒸散引力* 蒸散により発生する引力

植物の葉から水が蒸発すると、受動的吸い上げ作用によって、根から水が引き上げられる。

この「蒸散引力」によって、(負の)圧力が発生する。 → * 次ページに補足説明

浸透圧 → イオン濃度差

植物の根は、浸透圧を利用して土壌から水分を吸収する。 根の細胞内のイオン濃度が周囲の土壌よりも高いため、浸透圧によって水が根に引き込まれる。 この浸透圧による水の吸収が、植物が水分を効率的に取り込む仕組みの一つ。

キャピテーション → 負圧によるキャピテーション

植物の根からの水分の吸収は、主に浸透圧と蒸散作用によって行われる。 キャピテーションは、水分の通り道である導管内で気泡が発生し、水の流れを阻害する

座屈 → 成長の制御

植物の柱の節が支えきれないほどの荷重がかかると、座屈現象がおきてたわんで破壊にいたる。

横風や自重の負荷によりストレスのかかった細胞は植物ホルモンであるエチレンを合成し成長を制御。

人工的にヘチマの茎の背の高いものを作れるか？

CIS



つる性のへちまを支えるネットや支柱を使用

CIS



夢

現実

人工的にヘチマの茎の背の高いものを作れるか？

ヘチマの茎を「自然の成長限界を超えて、より高く伸ばすことが可能か？」

次の「物理・生理学的」な要素を含む考察が必要。

(1) 水と栄養の輸送限界(重力との関係)

- (2) 茎の構造強度(曲げ剛性と座屈)
- (3) 光合成・ホルモン制御の成長メカニズム
- (4) 環境条件(光、温度、CO₂、風)

人工的にヘチマの茎の背の高いものを作れるか？

答えは YES!!

自然に育ったヘチマの実態。

ヘチマを含む植物が高く伸びるには、導管を通して水を根から葉まで輸送する必要がある。そのため、植物の成長高さは次の要因で制限される。

- (1) 毛細管現象と導管径の関係導管が細いほど毛細管現象によって水が高く吸い上げられる。ただし、細すぎると流量が制限されるため、実際の植物はバランスを取っている。
- (2) 葉の蒸散により発生する負圧が、水を上昇させる（蒸散引力）。理論的にこの負圧は最大約 -3 MPa 程度が限界とされている。これは、水柱の切断(キャビテーション)を防ぐための限界値。

自然状態での限界ヘチマは自然状態では通常3メートル程度に成長する。
成長限界は主に重力と水輸送の制限に由来する。 → (キャビテーション発生)

人工的にヘチマの茎の背の高いものを作れるか？(続き)

ヘチマのつるを登るには、丈夫な柵が必要。
金網フェンスが既にあるので、その上でほとんどのつるを育てています。
つるはもっと高く成長することを好み、高さ 2 ~ 3 メートルの柵の方がよく育つ。
つるの長さは 高さ方向へ 9 メートルを超えることもある。
ヘチマのスポンジは重くなることがあるため、柵や網を利用し、
つるがつかまれる場所が多いほどよく育つ。

<https://savvygardening.com/growing-leafah/twin-source-photos.com>

自然の園芸環境でも約 9 m 程度まで伸びる例はよく見られ、10 m 以上という伸長は可能性として十分に考えられる。

後述: 地上での植物の最大高さに育っている例
100mを超えるセコイアやユーカリがある。

時間があれば

CIS

物理的要因の解析

水輸送の限界：毛細管上昇と蒸散流

植物は根から水を吸い上げ、茎を通じて葉へと送る。

この水の輸送は主に蒸散引力(transpiration pull)によって駆動され、

- 毛細管作用だけでは数十cmが限界。
- 蒸散による負圧(数MPa)で100m級の木も維持可(例:セコイア)。
 - (理論限界は 306m)
- ただし、導管のキャビテーション(空荷化)が大きな制限要因。
 - ヘチマのような草本植物では木本ほど導管が発達してゐらず、輸送距離に限界あり。

時間があれば

CIS

高さ方向の成長と蒸散引力の関係

高さ方向の成長と蒸散引力の関係植物が高く伸びるためには、水をより高い位置まで運ぶ能力が必要。このとき、蒸散引力が重要な役割を果たします。

要素	内容
負圧の強さ	葉からの蒸散で導管内に生じる負圧は、時に $-2 \sim -3$ MPaに達し、この負圧が根から水を吸い上げる力になる。
水柱の連続性	導管内では水分子同士が水素結合で強く結びつき、連続した水柱を形成しています(凝集力cohesion)。これが切れなければ、100m近い高さでも水が溜く。
植物の限界高さ	蒸散引力と水の凝集力により変えられる限界は、理論的には約120~130m程度とされ、実際にセコイア(Sequoia)やユーカリ(Eucalyptus)などは100mを超える高さになる。
キャビテーションのリスク	導管内で気泡(キャビテーション)が生じると水の連続性が失われ、輸送が阻害され、これが高さ成長の生理的限界を決める。

時間があれば

CIS

蒸散引力によって得られる生長のメリット

- ☞ 葉での蒸散により水と養分を高所に運搬可能
- 🏗️ 構造的な支柱(茎・幹)の発達を可能に
- 💧 水輸送と同時に冷却・栄養分運搬も達成
- 🌞 高い位置での日照確保 → 光合成効率UP

実例

- 🌲 セコイア(Sequoia sempervirens):最大115m
- 🌿 ユーカリ(Eucalyptus regnans):100m超

これらの高木は、強力な蒸散引力と導管の構造適応により、巨木化を実現しています。

時間があれば

CIS

簡単な物理モデル(理論的境界)

以下は理想的条件下で、水柱を引き上げられる高さの上限 h を計算する式です：

$$h = \frac{|\Delta P|}{\rho g}$$

- ΔP : 導管内の負圧 (例： $-3\text{MPa} = 3 \times 10^6 \text{ Pa}$)
- ρ : 水の密度 (約 1000 kg/m^3)
- g : 重力加速度 (9.8 m/s^2)

$$h = \frac{3 \times 10^6}{1000 \times 9.8} \approx 306 \text{ m}$$

これは理論限界値で、実際には摩擦やキャビテーションなどの要因で約 $100 \sim 130 \text{ m}$ が限界です。

時間があれば

CIS

まとめ:

蒸散引力は植物が高さ方向に成長するために不可欠な生理機構です。
特に以下の点で重要です：

- 根から葉まで水を運ぶ主な駆動力
- 高さ成長に対する生理的限界を規定
- 生存競争における光の獲得競争への適応

時間があれば

CIS

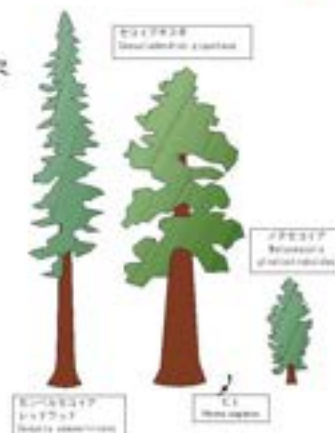
世界一の高さの木

高さ115mのレッドウッド

(現存する)世界一の高さの木は、レッドウッド(ビッグツリー)とはよびません。

Big treeはジャイアントセコイア *Sequoiadendron giganteum* の米国での別称です。)ですが、

従来112mの世界一の高さのレッドウッドがレッドウッド国立公園にあるのが知られていましたが、2007年8月に高さ115mのレッドウッドが同じレッドウッド国立公園で発見され、ハイペリオンと固有名詞がつけられました。



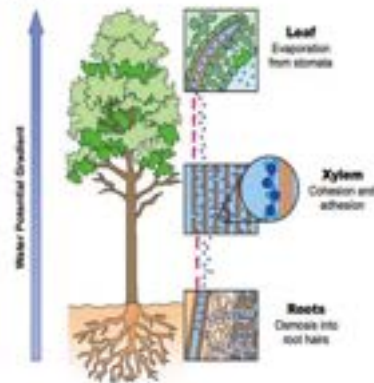
<http://www.nps.gov/redw/learn/press/070801.htm>

時間があれば

ザイレム:

《植物》木(質)部◆篩部(phloem)と共に維管束を構成するもので、水などを運ぶ導管(vessel)や木部柔細胞(xylem parenchyma)などから成る。

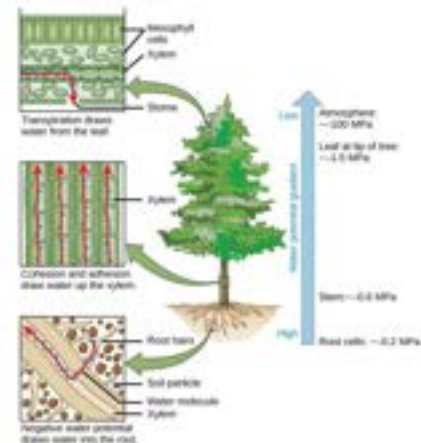
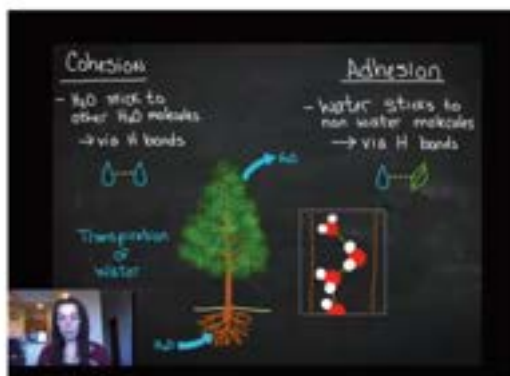
CIS



[https://www.youtube.com/watch?v=7T867T6-0k8&list=PL867T6-0k8&list=PL867T6-0k8](https://www.youtube.com/watch?v=7T867T6-0k8&list=PL867T6-0k8&list=PL867T6-0k8&list=PL867T6-0k8)

時間があれば

水分ポテンシャルと根から芽への水輸送



[https://www.youtube.com/watch?v=7T867T6-0k8&list=PL867T6-0k8&list=PL867T6-0k8](https://www.youtube.com/watch?v=7T867T6-0k8&list=PL867T6-0k8&list=PL867T6-0k8&list=PL867T6-0k8)

時間があれば

補足資料 1

CIS

蒸散引力

日本流体力学会

<https://www.nagare.or.jp> > download > noauth > n...

植物の気孔蒸散の流体力学

しかし、蒸散のために葉組織の水分は減り始めるが、一方光合成産物の濃度が上昇し、浸透圧ポンプが働いて葉組織の水分量は回復する。一方、大気温度は日射の増加とともに ...

9 ページ

時間があれば

補足資料 2

CIS

植物内の液体の表面張力はどのようにして計測するの？ その値はいくら？ 純水との違いはあるの？

植物内液体の蒸気圧測定 (cylind. exp.)

植物の細胞内を流れる液体(細胞液)は、主に少量の溶解イオン(、 Ca^{2+} 、 K^{+} 、 NO_3^{-} など)や有機物(アミノ酸、糖など)が溶けた非常に希薄な溶液です。そのため、特性としては純水に近いが、完全には一致しません。

2. 表面張力の測定方法(毛細管法)

植物内液体のような微量液体の表面張力を測るには、以下の方法が使われます。

(K) キャピラリー上昇法(毛細管法)

直径 1mm のガラス管に液体を入れたとき、液体が管内を上昇する高さ h mm を測定し、以下の式で表面張力 γ を求める:

$$\gamma = \frac{1}{2} \rho g h r \cos \theta$$

ρ : 液体密度

g : 重力

r : 管の半径

θ : 接触角 (植物液体は通常、接触角 $\rightarrow \cos \theta \approx 1$)

この方法はいくつかの制限・マイナスポイントがあります。

(D) 滴下法 (pendent drop method)

微量液体をマイクロチューブの外側から滴下し、その滴の形状をカメラで撮影し、重力と表面張力の釣り合いから算出。
Cylind. exp. は通常 10^{-10} J/m² 単位で評価できるため、高圧可能。

時間があれば

補足資料 3

CIS

水の表面張力(分子間引力)の大きさ

水の表面張力 (surface tension) は、水分子同士が水素結合によって互いに引き合う力のことを指し、これは植物の細胞内で水柱が断裂せずに維持される重要な要因です。この表面張力を数値で表すにはいくつかの単位があります。以下に代表的な数値とその意味を説明します。

1. 水素結合による分子間引力 (分子間スケール)

水分子間の水素結合エネルギー $E_{\text{hydro}} \approx 25 \text{ kJ/mol} \approx 0.2 \text{ eV}$

- このエネルギーは、室温で水が液体として存在できる理由。
- 水分子間あたりに、 $25 \times 10^3 \text{ J/mol} \div 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \approx 4.2 \times 10^{-20} \text{ J}$

2. 水柱の張り(マクロなスケール)での表面張力の効果) 水の表面張力がもたらす最大の張り(つまり直径)を

- 測定した実験によると、最大張り $\approx 25 \text{ MPa}$
- 米国の植物生理学者 Dixon & Joly (1934) や植物の経験で、水柱は $\sim 10^{-10}$ MPa の張力の張りに耐えることができ、これは理論上、300 m 程度の高さまで水を引き上げるのに必要な圧力に相当します。

表面張力との関係(毛細管現象)

水の表面張力 γ は、

$$\gamma = 72 \text{ mN/m} \text{ (20}^\circ\text{C)}$$

これも水分子間の分子間力に由来する性質で、毛細管現象や気液の形成力と関係します。

たとえば半径 r の毛細管内部の圧差 ΔP は、

$$\Delta P = 2\gamma/r$$

これにより、微小な管径でキャピラリー管が細いことになり、これが説明されます(引き上げることができるのは高いエネルギー障壁がある)。

時間があれば

補足資料 4

CIS

蒸散引力

水を吸い上げる合成樹木

2008年9月11日 Nature 455, 7210

植物の葉から水が蒸発すると、ランブなどの花(ウィック)でみられるような受動的吸い上げ作用によって、根から水が引き上げられる。この「蒸散引力」によって、最高で合成ウィックの100倍までになる圧力が発生する。

コーネル大学の研究チームは、合成ヒドロゲル中に、植物の蒸散にみられる主要な性質と蒸散引力を備えたマイクロ流体システムを作った。このマイクロ流体「合成樹木(synthetic tree)」は、水蒸気と蒸気中から液体水を抽出し、負圧の液体相にする「根系」をもつ。液体水は、大きな負圧下で「幹」を通過して「葉」に似た系を介して蒸発する。この過程は、蒸散の商業・張力理論を実証するものである。そして、この合成樹木は準安定液体の特性研究のための有用な基盤や、化学処理過程、熱伝達、環境工学における新しい水管理技術の出発点などにもなりそう。

時間があれば

補足資料 5

CIS

まとめ:スケール別に見る凝集力

観点	値	説明
分子間結合エネルギー	約 20 kJ/mol	水素結合による1対の水分子間引力
表面張力 (25℃)	約 72.8 mN/m	凝集力に由来。毛細管作用などに関与
導管内の張力限界	-10～-30 MPa	水柱が断裂せずに耐えられる負圧の範囲

CIS

ご清聴ありがとうございました

CIS

以上、今日の話題、人工的にへちまの茎の背の高いものを作ることはいできないだろうか？

今日の話の結論は、「高さ10m程度が可能な限界」。

以上

2025-8-31 文責 山本洋一