

第29回衛星設計コンテスト

ジュニア概要書（3 ページ以内）

応募区分 ジュニアの部

1. 作品情報・応募者情報

作品名（20文字以内） 宇宙空間でのサツマイモの養液栽培技術
副題（自由記入）
学校名 広島県立西条農業高等学校

2. ミッションの概要（プレスリリース等で使用するので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

宇宙空間において栽培を検討されている作物の栽培は主に養液栽培である。その中でもサツマイモは栄養価が高く、イモの部分だけでなく、つるも食べることができることからごみが出ることがない作物として有益な点が多い。本ミッションでは、宇宙空間におけるサツマイモの養液栽培システムの簡易化とエアロポニクスの応用を目的とする。これらの養液栽培技術は食料生産システムの軽量化や水の使用量削減に加え、将来的な宇宙空間での様々な作物栽培に応用することが可能であると考えられる。

3. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

(a) 目的（今回考えたアイデアを何に利用するか等）

宇宙空間において栽培を検討されている作物の栽培は主に養液栽培である。サツマイモの養液栽培技術は先行研究により様々な方法が研究されている。また、近年では、ジャガイモにおいて、エアロポニクス（根に直接養液を吹きかける噴霧式）形式のものがインドにて試験栽培されるなど研究が進められており、収量の増加などが期待されている。本研究では、宇宙空間におけるサツマイモの養液栽培について、以下の目的を設定した。

- ① 宇宙空間におけるサツマイモの養液栽培システムの簡易化を図ること。
- ② サツマイモの養液栽培におけるエアロポニクスの応用を検討すること。

(b) 重要性・技術的意義等(ex:宇宙空間で利用する理由、他にない技術など)

宇宙空間において栽培を検討されている作物であるサツマイモは栄養価が高く、塊根（イモ）の部分だけでなく、つるや葉も食べることができ、**家畜動物（ブタ、ミールワーム等）の餌としても利用できる**ことからごみが少ない作物として有益な点が多い。本ミッションでは、以下の2つの方法で宇宙空間におけるサツマイモの養液栽培システムの簡易化や新たな養液栽培システムの検討を行う。

① サツマイモの養液栽培システムの簡易化

システムの容器には、発泡スチロール、中に敷き詰める素材をココヤシファイバーとし、軽量化を図る。また、ISS（国際宇宙ステーション）を想定し、養液を折りたたみのできるパックに詰め、**スプレー上に押し出すように養液をシステムに供給し、養液を不織布（底面吸水テープ）で受け止め、根に養分を供給する。**養液は粉末と水をパックで混合し、**必要な時に作成するとともに、苗を作成する際の容器としても繰り返し使用する。**ココヤシファイバーは、繰り返し使用する他、**交換の必要があるときは、細かくして土壌の代替素材や土壌改良剤として使用する。**

② エアロポニクスを応用したサツマイモの養液栽培技術の検討

エアロポニクスは、ジャガイモ栽培において、通常栽培されるのに必要な98%の水を削減できることに加え、根の発達を促し、収量の増加が期待できる方法である。水は宇宙空間において、非常に貴重な資源であり、栽培に使用される水分を削減することや**単位資源当たりの作物生産量の増加は将来の宇宙探査において特に重要である。**また、地球環境においても、この技術は他の

根菜にも応用が期待され、貴重な淡水資源を守ることに繋がると考えた。ゆえにサツマイモにエアロポニクスを応用し、ココヤシファイバーに養液を噴霧して栽培する方法を検討する。

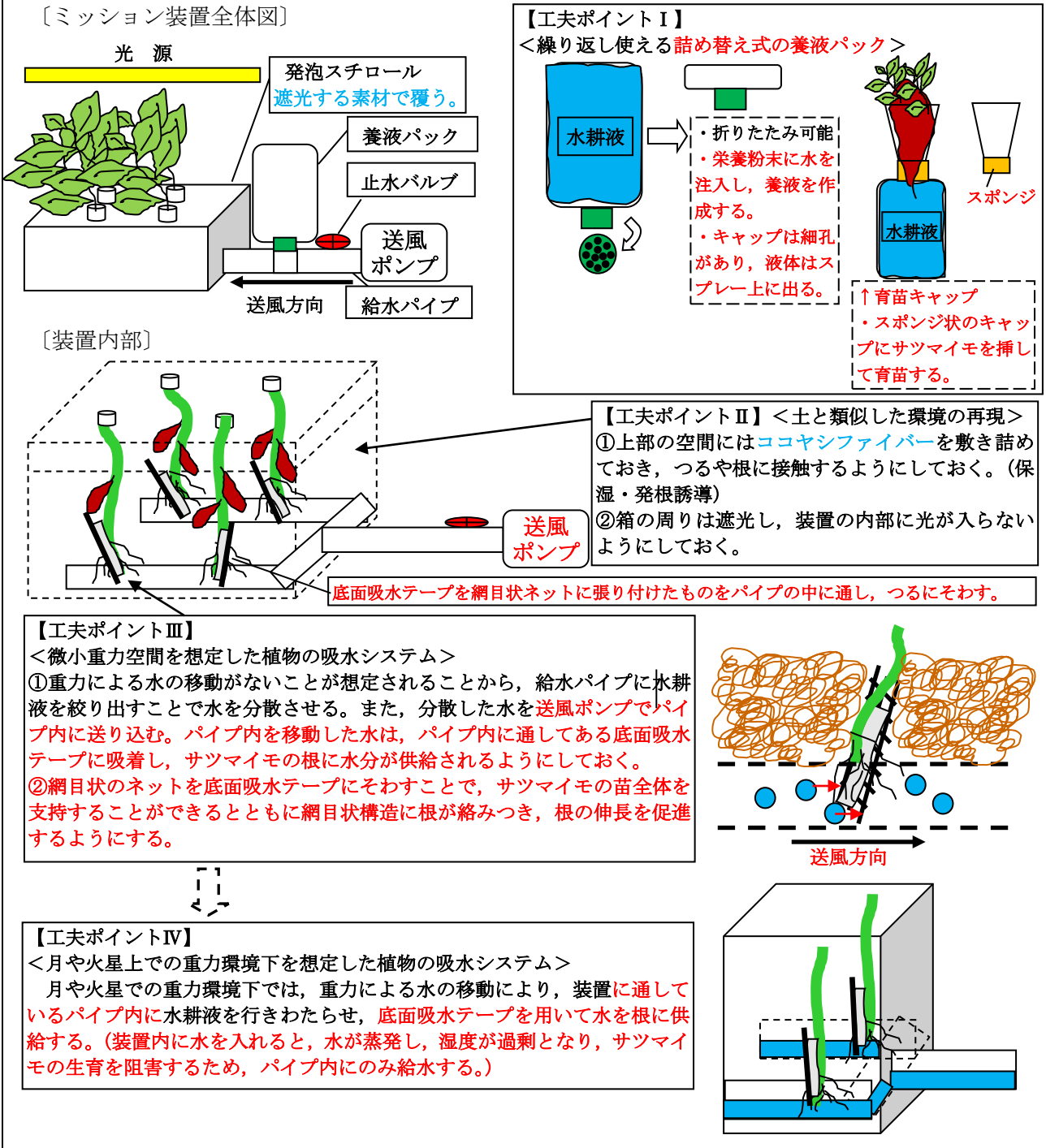
4. アイデアの概要

① 宇宙空間におけるサツマイモの簡易養液栽培技術の確立

サツマイモの養液栽培では、水を吸収する吸収根のみを養液に浸し、水位を下げることで空間を確保し、塊根が養液に浸らないように栽培する方法や不織布を用いた底面吸水を利用し、土の代わりにパーミキュライトやパーライトを用いて栽培する方法などがある。本ミッションでは、土の代替素材としてココヤシファイバーを用いる。ココヤシファイバーは、軽量であるとともに空気層を多く含み、発根を阻害しない。また、塊根が養液に触れて生育が抑制されることを防ぐことができる。また、栽培に用いる容器は軽量で加工が容易であり、保温性があることから発泡スチロールとする。資材は繰り返し使用することができるものであり、持続可能な栽培システムとなるように考慮した。

養液の拡散を防ぐため、給水パイプを利用し、送風ポンプで養液を押し出した後、止水バルブを閉めることでパイプ内に養液を留め、不織布を介して根が水分を得られるようにする。

〔ミッション装置全体図〕



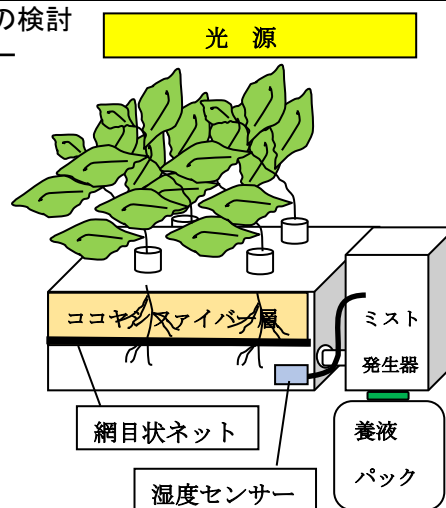
② エアロポニクスを応用したサツマイモの養液栽培技術の検討

①の栽培槽を右図のように加工し、ココヤシファイバーを上の部分にのみ敷き詰める。上部と下部の間には、網目状のネットを敷いて根の伸長を誘引する。下部には、養液パックをミスト状にしたものを噴霧する。ミスト発生器に養液パックを取り付けて養液を供給し、ミストを発生させる。

ミスト発生器は、装置内の湿度が低下した際に起動し、湿度が一定になれば停止する。

最小限の水を使用することによる栽培のため、宇宙空間において非常に貴重な資源である水を削減することができる。

以上の2つのミッションを通じて、サツマイモの養液栽培システムの簡易化とエアロポニクスを応用した栽培技術の検討を行う。



5. 得られる成果

※宇宙で利用することにより、どのような効果があるかなど。

本ミッションを実施することにより、以下のような効果が得られる。

① 簡易栽培技術の確立

サツマイモの簡易養液栽培技術の確立により、栽培システムの軽量化を図ることによりISSへの輸送に関わるコストを削減することができる。また、宇宙でのサツマイモの簡易的養液栽培の技術は、他の根菜にも応用することが期待されるため、栽培可能な品種の増加にも効果が期待される。さらに、養液パックの使用により、場所を選ばず栽培が可能となり、スペースの有効活用ができるとともに養液は、粉末とISSで循環されている水を用いることにより必要な量を必要な回数使用することができる。それゆえに、栽培用の水を備蓄しておく必要はなくなり、貴重な資源である水を使用すべきところに使用することができるようになる。

② エアロポニクスを応用した栽培技術の確立による水分使用量の削減

エアロポニクスを応用することにより、根の生育を促進し、収量を増加させることが期待できるとともに栽培に使用する養液の使用量を削減することができる。そのことにより、将来の宇宙探査において貴重な資源である水を確保できることに加えて、単位資源当たりの作物生産量を増加させることができる。また、このエアロポニクスはさまざまな品種にも応用することで将来的な栽培システムの効率化を行うことができると考える。

6. 主張したい独創性または社会的な効果

※「ここは新しいアイデアである」という部分や、このアイデアによって世の中のここに役立つなど、特に主張したい箇所。

① 簡易栽培技術の確立

このサツマイモの簡易養液栽培は、システムの軽量化や加工を容易にすることができ、システムの設置などが容易であり、縦型の栽培システムにすることも可能である。地球環境においても、場所を容易に変えられることから環境に合わせた栽培も可能となる。また、養液パックの利用により、冠水や水路の確保が難しい場所においても水を供給することが可能となる。

ココヤシファイバーは、一度使用した後においても、継続して使用することが可能だと考えられ、劣化した後も、土壌改良材や土壌の代替素材、土に混ぜ込んで肥料とすることができる等持続可能な生産システムであると考えている。

② エアロポニクスを応用した栽培技術の確立による水分使用量の削減

エアロポニクスは、近年注目されている栽培技術であり、ジャガイモのみならず、根の肥大するサツマイモでの実証を行うことにより、根の肥大する他の作物への応用が期待される。このような栽培技術が広まることにより、乾燥地域のような水を得にくい場所においても効率よく水を使用し、環境要因に左右されない作物生産が可能となる。

以上

アイデアに関する説明資料

広島県立西条農業高等学校 生活科

1 はじめに

養液栽培は、土や肥料を用いず、根が直接栄養成分を含んだ養液を用いて栽培を行う方法である。葉菜類やトマトなどの果菜類においては、それぞれの作物に適した養液栽培技術が確立されているが、サツマイモなどの根菜類は、効率的な養液栽培技術が確立されていない。先行研究によると、事前に栽培ポットで砂を培地として根を30cm～40cmほど伸長させた後、栽培箱の底に養液を入れ、サツマイモの細根部のみが浸かるように支持し、塊根部（いも）を上層の空気層で肥大化させる方法¹⁾や不織布を用いた底面吸水法により、パーミキュライトやパーライト、ロックウールなどの培地に植えたサツマイモの苗に溶液を供給する方法²⁾が行われている。

また、近年では、根に直接微細な霧状の養液を直接噴霧することにより、根の吸収を促進するとともに、酸素の供給を妨げないため、根の生育を促進することができる栽培手法としてエアロポニクスが挙げられる。ジャガイモにおいてエアロポニクスの使用により収量増加につながっている研究例³⁾もあることからサツマイモへの応用も期待できる。ただし、ジャガイモは地下茎が肥大化するのに対して、サツマイモは根（塊根）が肥大化する作物であることから応用できるのか非常に興味深い。以上のことからサツマイモの養液栽培技術に関する研究を行おうと考えた。

2 研究目的

効率的で簡易的なサツマイモの養液栽培技術の確立のため、本研究の目的を2つ設定した。

- ① サツマイモの簡易的な養液栽培システムを検討すること。
- ② エアロポニクスの原理を応用したサツマイモの養液栽培を検討すること。

3 実験

研究1 サツマイモの簡易的な養液栽培システムの確立と収量との関係

(1) 研究材料

供試作物：サツマイモ（紅はるか、鳴門金時）
培地：ココヤシファイバー、園芸用不織布
システム用資材：発泡スチロール（400mm×330mm×高さ280mm）、園芸用マルチシート（黒）、エアープンプ、エアーストーン、プロピレンチューブ、栽培用ライト

(2) 仮説

培地にココヤシファイバーを用いることで、塊根部を浸水させることなく支持することができ、空気層を豊富に含んでいるため、根の生育を阻害しないため、収量は増加するだろう。

(3) 実験方法

- ① 図1のように、養液栽培システムを組み立て、対照区を苗のみ、ココヤシファイバー区上部にココヤシファイバーを敷き詰め、不織布区は上部に不織布を敷き詰めた。
- ② 先行研究では、事前に発根させていたが、本実験では、発根を事前に行わず、蔓の状態での養液栽培システムに4株定植し、固定した。養液は、図2のように対照区では、蔓の先端部を養液に浸し、ココヤシファイバー区や不織布区はスプレー散布で与えた。
- ③ 栽培用ライトは明期16時間、暗期8時間で栽培した。

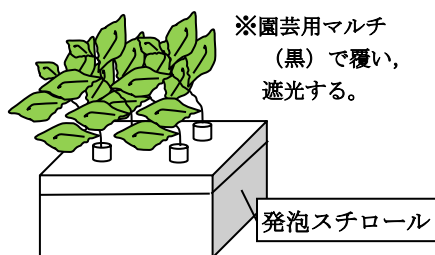


図1 養液栽培システムのモデル図

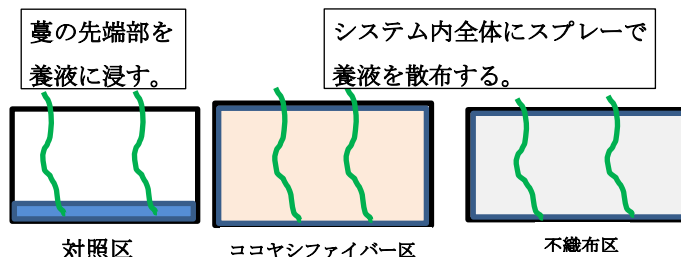


図2 試験区による養液の施用の違い

【参考文献】1) 上和田勉. 1990. サツマイモの養液栽培に関する研究. 生物環境調節 28(4). 135-140

2) 坂本勝・鈴木高広. 2020. 養液栽培サツマイモの培地の種類が生育と収量に与える影響. Mem.Faculty.B.O.S.T.Kindai University No.43:29-38

3) 植物工場・農業ビジネスオンライン「インドにてジャガイモの水耕栽培を開始。噴霧式エアロポニクスで短期・収量増へ」<http://innoplex.org/archives/47590>. 2021年6月

(4) 実験結果

① 生育初期における観察

上記の図1, 2による養液栽培を始めて1週間時点での蔓や根の様子を図3, 4に示す。



図3 養液栽培システム (5月11日定植)



対照区 ココヤシファイバー区 不織布区

図4 試験区による発根の違い

〔観察結果〕

対照区：養液に浸していた先端からは発根が促されていたが、空気層で発根している根の発育が悪かった。また、根の周りにカビの発生が確認された。

ココヤシファイバー区：全体的な発根は少なめであり、その後の経過観察においても、発根が活発になっている様子は確認できなかった。

不織布区：全体的な発根は少なめであり、その後の経過観察においても、発根が活発になっている様子は確認できなかった。

それらの要因として、

- ・ 対照区において、水耕液に浸している根に十分な酸素が供給されていなかったこと
- ・ ココヤシファイバー区や不織布区において、スプレーでの養液散布では、培地に阻まれ、根に十分な養液が供給されていなかったこと

が考えられたことから、システムを改良・新設して実験を継続することとした。

(5) 養液栽培システムの改良 (5月21日～)

発根が促進されていなかった原因を解消するため、これまでのシステムを図5のように改良した。また、図6のように新しく試験区を設定し、ココヤシファイバーを用いた養液のスプレー散布による検証を行うこととした。

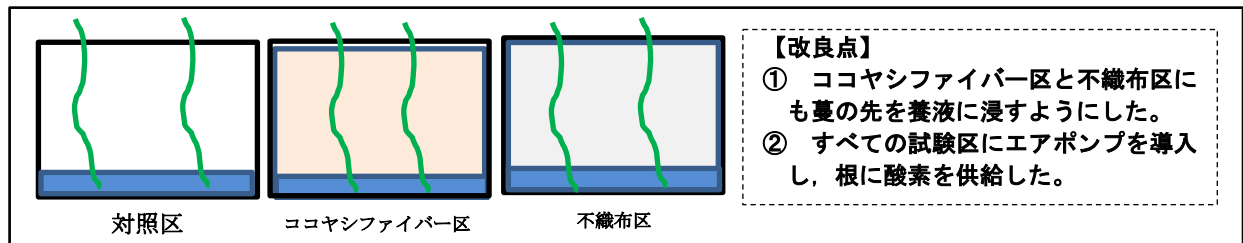
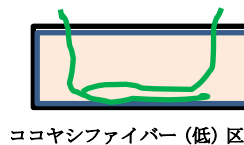


図5 養液栽培システムの改良点

特に、図6に示した新しい試験区(ココヤシファイバー(低)区)では、箱の体積が大きく、根に水分が届きにくかったと考え、高さを低くし、蔓を寝かせるように定植した。



【改良点】

- ① 発泡スチロールの高さを280mmから140mmに変更し、栽培システムの高さを低くした。
- ② サツマイモの蔓を定植する際、蔓を寝かせるようにして定植した。

図6 養液のスプレー散布による栽培

〔実験結果〕 ① 生育初期における観察

〔観察結果〕 養液栽培システムの改良の結果、全体的にサツマイモの生育は改善された。

対照区：養液の吸収根の発根が促進されているが、節の間から出る根の生育があまり促進されていない。

ココヤシファイバー区：吸収根の発根の促進が見られるとともに節の間から出る根が伸長していることが確認された。

不織布区：対照区と同じような結果となった。

これらのことから、事前に根を発根させていないサツマイモでは、先端を養液に浸し、酸素を供給することで吸収根の生育を促進させることが可能であることが明らかとなった。また、ココヤシファイバーの培地では、適度な空気層と湿度が保たれていることが考えられ、節の間の根の生育を促していることが推察された。

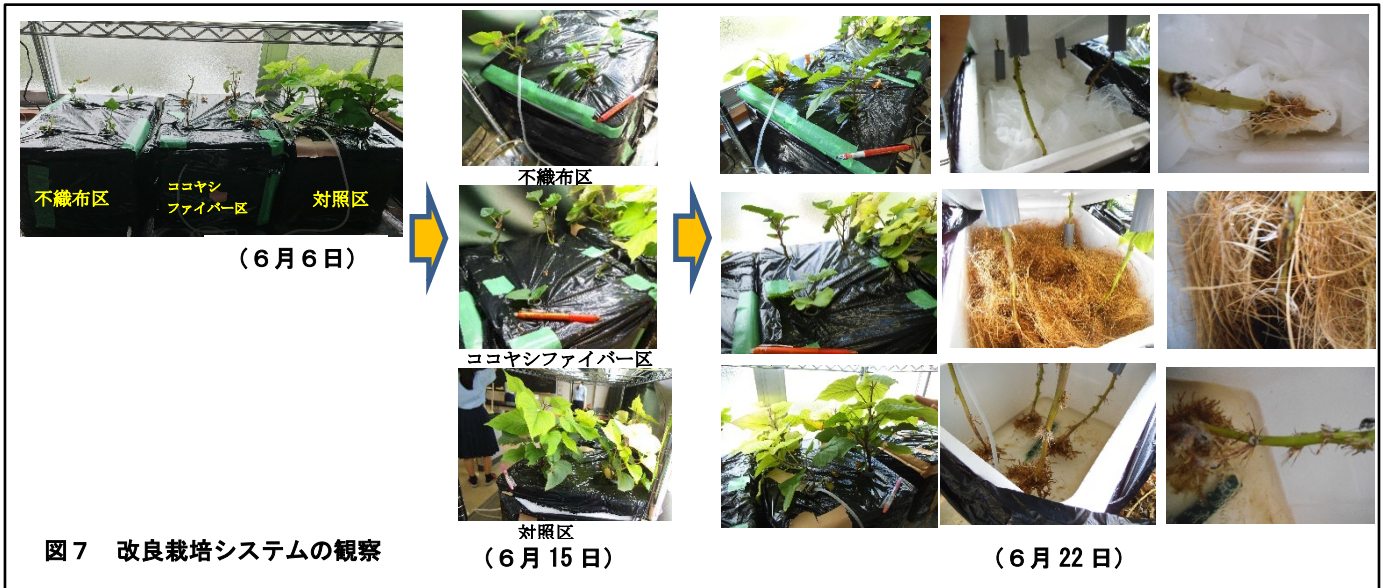


図7 改良栽培システムの観察

② ココヤシファイバー（低）区の観察

「箱の体積が大きいことが原因で根に適度な水分が届かなかった」と仮説を立て、箱の高さを低くし、蔓をねかせて定植した結果を図8に示す。養液のスプレー散布においてココヤシファイバーに根が張り巡らされていることが確認できた。この結果から、箱の高さを低くし、ココヤシファイバーを培地として蔓をねかせて接地面を多くすることで養液のスプレー散布での根の生育促進が可能であることが明らかとなった。

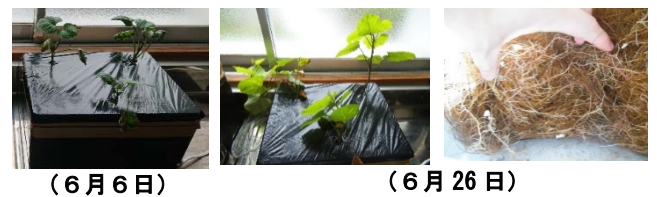


図8 ココヤシファイバー（低）区の観察

①, ②において、栽培を継続したところカビの発生による腐敗が生じ、枯れてしまう現象が生じた。これまでの結果からサツマイモの養液栽培のポイントを以下のようにまとめた。

- ・根に十分な酸素が供給され、適度な水分が供給されていること（培地はココヤシファイバーが適している）。
- ・節の間の根の発根・伸長には、根周辺に接触するものがあること、保湿されている必要があること。
- ・過度な湿度はカビの発生を起し、生育不良を起す原因となること。

(6) 育苗から養液栽培システムの新たな改良（育苗：8月9日～，栽培：月 日～）

① サツマイモ苗の育苗（8月9日～9月11日）

図9のように、ペットボトルにサツマイモを挿し、2000倍希釈ハイポネックス養液に浸した。4つの試験区から育苗期間内に平均5.75本、平均33.75cmの苗を採取した。

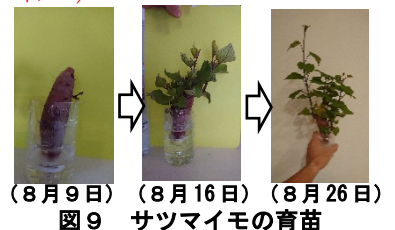


図9 サツマイモの育苗

② 新たな改良を施した養液栽培システム

図10のように、発泡スチロールにパイプを通して、パイプに養液（2000倍希釈ハイポネックス）を半分ほど満たした。水を清潔に保つため、ゼオライトを入れ、適度な湿度を保持するため、開放系とした。養液はパイプに空けた穴から底面吸水テープを用いて給水し、網目状ネットを用いて固定し、苗をそわせた。定植から約1か月後、根が活着し、葉の数の増加やつるの伸長が見られており、カビの発生も起きていない。今後、塊根の形成条件について考察していく予定である。

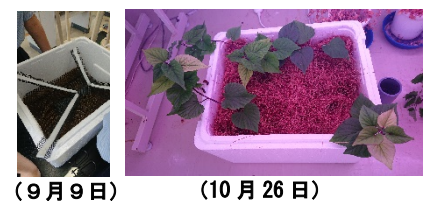


図10 サツマイモの栽培

研究2 エアロポニックスを応用したサツマイモの養液栽培の検討

現時点（令和3年10月26日）では、栽培システムの製作にいたっていないが、図11のようにシステムを作成し、サツマイモの収穫を目標として活動する予定である。

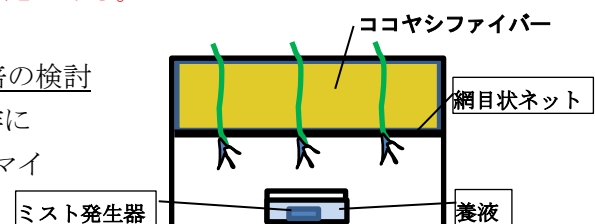


図11 エアロポニックスシステム制作予定図