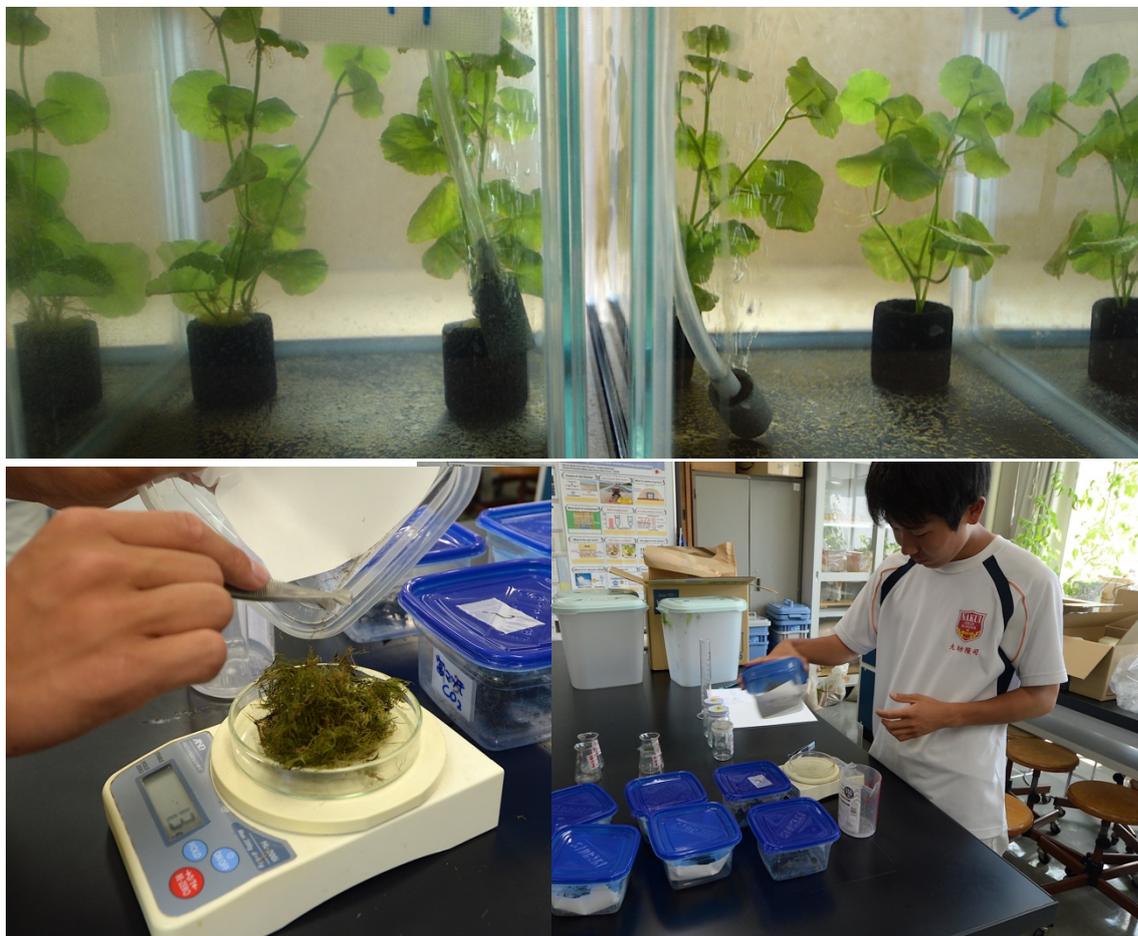


いにしえの肥料藻文化を世界に

～淡水水草の液肥化研究～



環境研究班

大坊隆司、白鳥滉弥、沼畑明日夢

1 研究の背景

食糧生産に欠かせない肥料が世界中で値上がりしている（図1）。原因はベラルーシに対する経済制裁、中国の輸出規制、ロシアのウクライナ侵攻により、世界有数の肥料輸出国からの輸出が停滞しているからである。日本においては2022年度JA肥料価格が、窒素肥料の尿素で94%、リン酸肥料の過リン酸石灰25%、カリ肥料のケイ酸カリウム36%も値上がりした。農家はコスト高による減収で苦しんでいる。国連は2050年には世界の人口が97億人になると発表しているが（図2）人口増加による食糧問題を抱える開発途上国にとって、この肥料高騰は深刻な問題である。

そこで注目したのが1950年代初期まで日本各地の沿岸部で行われていた沈水植物を肥料として用いる肥料藻文化である（図3）。この文化により流入する栄養塩のほとんどが外部に持ち出されていたため富栄養化も起きず健全な海が保たれていたともいわれている。途上国にも多くの池沼がある。そこで自生する水草を肥料にする技術を考案し、途上国の持続的農業に貢献したいと考えた。

Enhanced growth
Fertiliser price index, January 2006=100

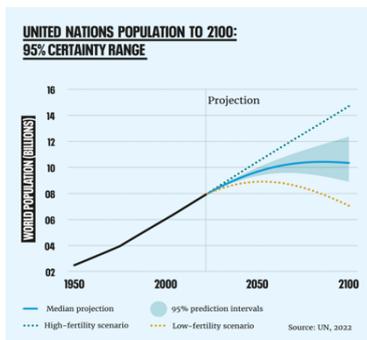
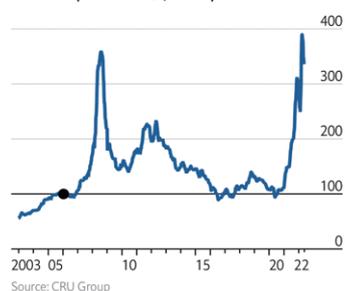


図1 世界の肥料の価格

図2 世界の人口予測

図3 藻刈り（島根県）

藻の肥料は現在もあるが、その多くがアマモなどの海藻で、肥料の形態は堆肥である。しかし海藻には塩分が付着しているため水で洗い流す必要がある。また堆肥にするには発酵させる必要があるため、完成に数ヶ月かかり悪臭も発生する。そこで私たちは世界の淡水に自生する沈水性（水中に生息）水草を材料にし、短期間でできる液体肥料を開発することを目標に研究を行うことにした。

2 方法

(1) 選択した水草。世界各地に自生する沈水性淡水水草を選んだ（図4）。

a バリスネリア

・ *Vallisneria spiralis* ・ トチカガミ科多年草 ・ 根から養分吸収 ・ 世界の温帯熱帯の池沼に自生

b クリプトコリネ

・ *Cryptocoryne var. balansae* ・ サトイモ科多年草 ・ 根から養分吸収 ・ インドや東南アジアに自生

c マツモ

・ *Ceratophyllum demersum* ・ マツモ科多年草浮き草 ・ 根がなく葉から吸収 ・ アフリカ、アジア

d アマゾンチドメグサ

・ *Hydrocotyle leucocephala* ・ ウコギ科多年草 ・ 節からも水中根を発生 ・ 世界の温帯や熱帯池沼



図4 選択した水草（いずれも沈水性の淡水水草で左から a,b,c,d）

3 結果

(2) 水草の吸収・浄化試験

大目標は水草の肥料化だが、これらの水草を富栄養化池沼で育てると水質はどのように変化するか分析した。栽培はそれぞれ 22L の低濃度富栄養化（表 1）水槽に 10 株浸漬した。栽培中はエアレーションを行い藻類発生抑制のためアルミホイルで覆った（図 5）。水質変化は図 6 に示す。

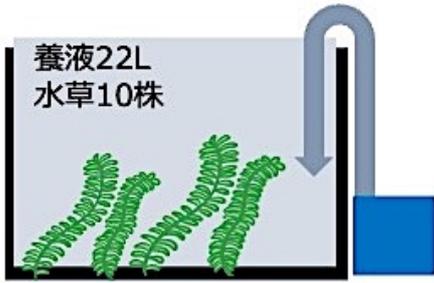


図 5 水草の栽培方法

表 1 低濃度富栄養化水

項目	低濃度富栄養化水
pH	7.1
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	402
NH ₄ -N (mg/L)	13
NO ₃ -N (mg/L)	4.4
PO ₄ -P (mg/L)	1.46
TH 全硬度 (mg/L)	40

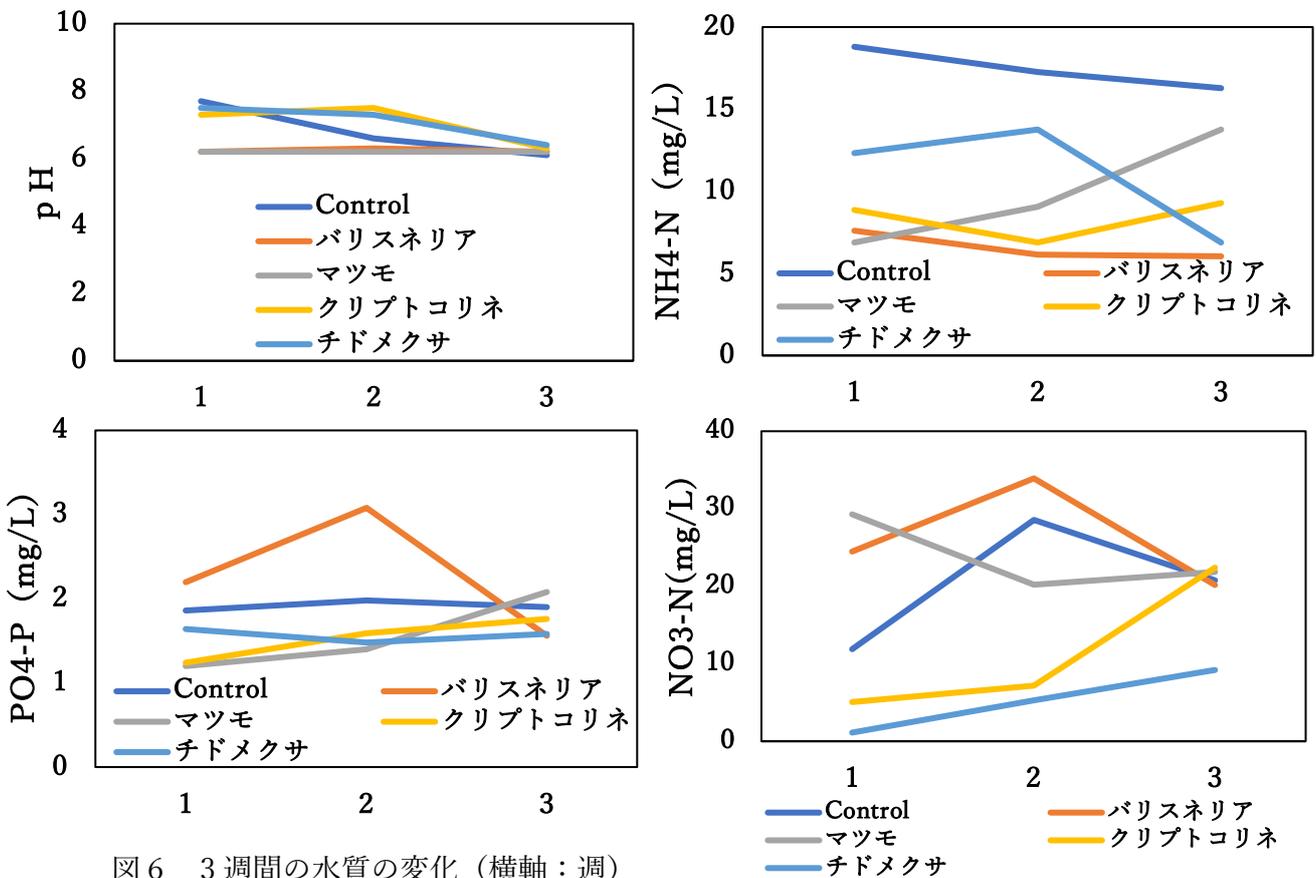
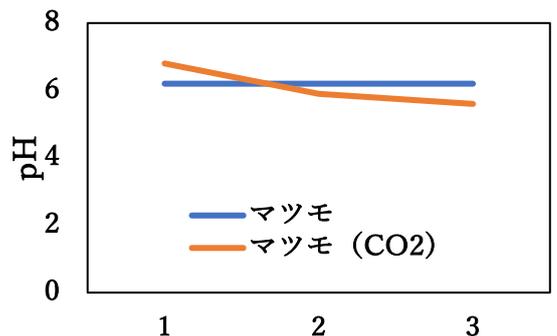


図 6 3 週間の水質の変化（横軸：週）

pH はどの区も大差なかった。NH₄-N の濃度はマツモを除いてどの区もほぼ減少した。NO₃-N、PO₄-P ではアマゾンチドメグサの濃度が低い。しかし NO₃-N は NH₄-N ほど大きな減少は見られなかった。これは水中が還元状態にあるため NH₃-N をあまり吸収しなかったためと考えられる。

(3) CO₂ 濃度の違いによる吸収・浄化比較

温室で栽培する際、CO₂ 濃度を高めると生育が旺盛になる。そこで小型 CO₂ 発生装置で水槽内の濃度を高めたら吸収・浄化力が高まるか実験した（図 7）。水草はマツモとし、CO₂ 濃度は無添加マツモは 33.4mg/L、添加マツモは 73.5mg/L とした。その結果、添加区 pH



は徐々に酸性へ変化した。しかし3週間の栽培期間では植物体への影響は特に見られなかった。

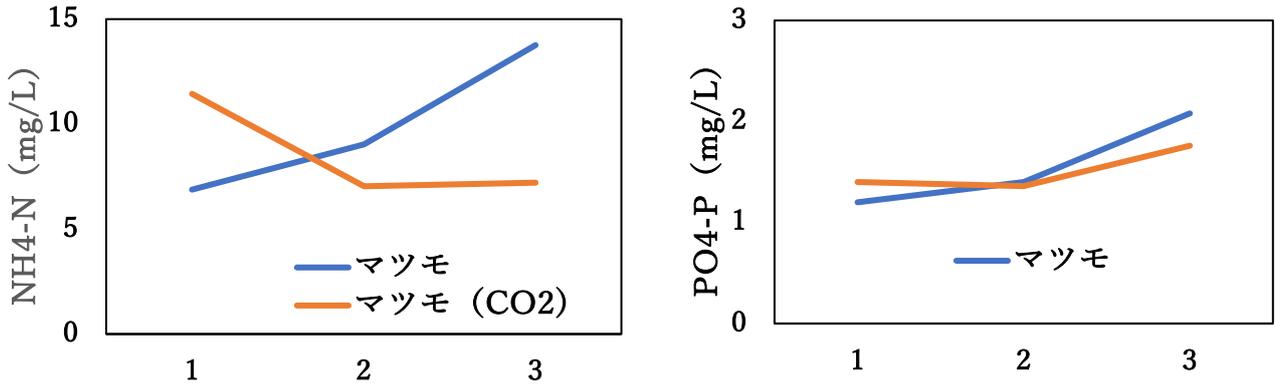
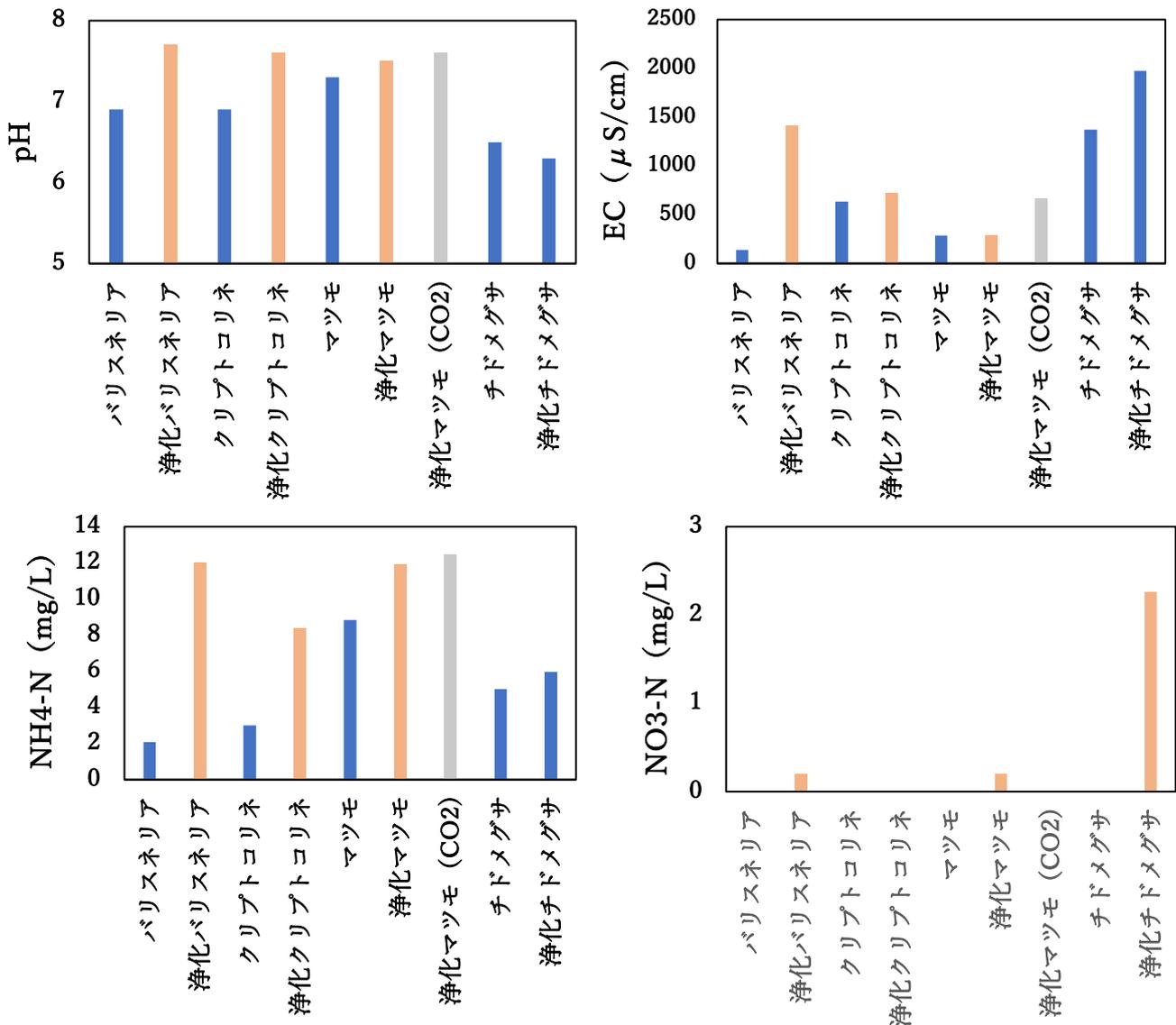


図7 CO2添加に伴う水質変化 (横軸:週)

NH4-N、PO4-PともCO2を添加した水槽で濃度が減少した。これは生育が旺盛になり、栄養分を吸収したからだと考えられる。水草であるマツモも陸生植物と同じ特性であることがわかった。

(4) 水草の液肥化試験

3週間、淡水で栽培した水草と富栄養化水で栽培した水草で液肥を製作し、その成分の違いを比較した。製作方法は3週間栽培した水草を収穫し、定温器38°Cで3日間乾燥する。その後、精製水500mlに幅1cmに切った乾燥水草3gを3日間浸漬して完成とした。結果は図8に示した。



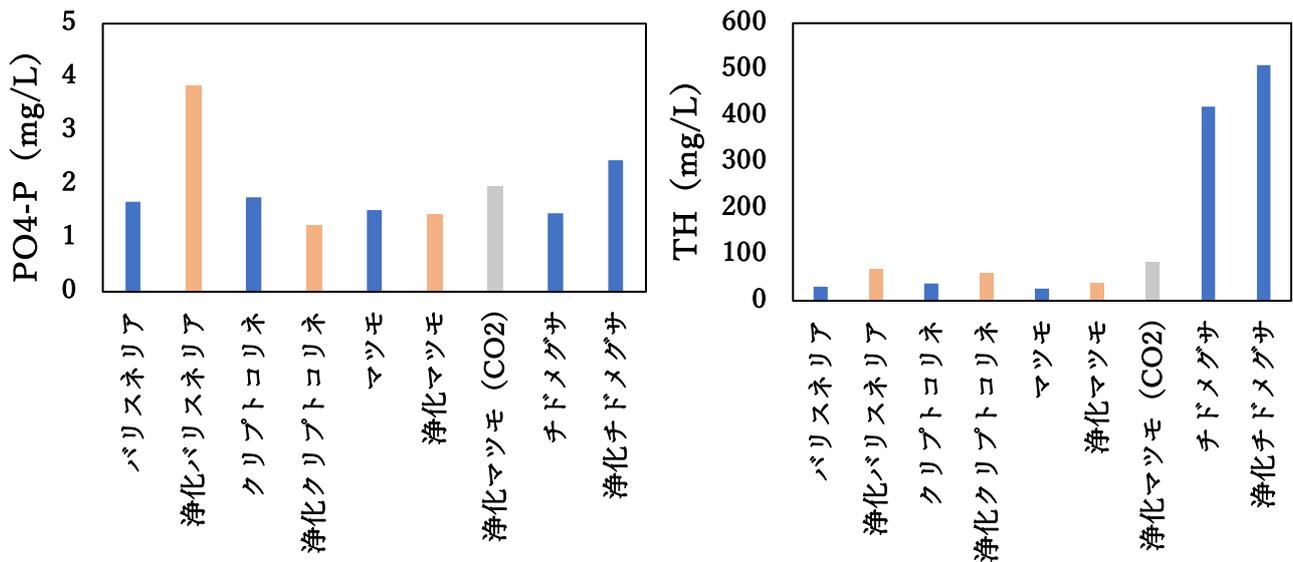


図8 自作水草肥料の成分分析

自作した液肥の pH はどの区も 7 前後となった。いずれも作物の生育には影響ない範囲である。NH₄-N は富栄養化水で生育した水草が多くなった。沈水性水草は水中に生息するため、主に NH₄-N を吸収する。しかしすぐアミノ酸に変換されるため植物体内には蓄積しにくい。NH₄-N の濃度が高いのは、葉がやわらないバリスネリア、クリプトコリネ、マツモが、他より早く微生物に分解されたからと考えられる。ところが NO₃-N はどの水草も少なかった。これは還元環境のため NO₃-N を吸収できず蓄積量がそもそも少ないこと、また NH₄-N が酸化され NO₃-N になるには 3 日間では時間が足りなかったことが考えられる。さらに PO₄-P はどの水草でも溶出し、TH (Mg+Ca) はアマゾンチドメグサが多く含んでいることがわかった。アマゾンチドメグサは他の水草と違い、多くの節から発根してくるためより吸収したと考えられる。

(5) 実用化試験-a

液肥を分析したところ、このまま肥料として使うには栄養分の濃度が低いことがわかった。そこで 4 種類の水草 3g を 500ml の精製水に 3 日間浸漬した水草液肥を体積が 2/3 になるまで消毒を兼ねて煮沸濃縮し成分分析を行なった。1 日後、煮沸した液肥に培養土 2.5ml をさらに加え、7 日間常温で放置し成分を分析した。それぞれの分析結果を表 2 に示した。

表2 水草液肥の成分変化

項目	煮沸後	培養土添加後	(参考) 鶏糞堆肥 1 日浸漬
pH	5.8	6.5	8
EC (μS/cm)	1,378	1,016	1011
NH ₄ -N(mg/L)	7.8	13.44	11.92
NO ₃ -N(mg/L)	0.62	1.68	1.6
PO ₄ -P(mg/L)	1.54	1.32	0.92
TH(mg/L)	112	67	52
Ca(mg/L)	38	39	10
Na(mg/L)	32	39	33

煮沸しても成分に大きな変化はなかった。しかし培養土を加えると NH₄-N が 2 倍、NO₃-N が約 3 倍に増えた。煮沸により硝化菌などは死滅したが、培養土を加えることで補給され、NH₄-N、

NO₃-N が増えたと考えられる。この成分は市販の鶏糞堆肥と大差ない。さらに水草肥料の特徴であるミネラルも多く、栽培に利用できることがわかった。

(6) 実用化試験-b

そこで実用化試験-a で製作した煮沸後に培養土を加えた液肥の効果を確かめるためトウモロコシを3週間栽培した。Controlは無肥料の焼成赤玉土に水を、水草液肥区は液肥を1週間に1回100ml散布した。草丈と葉色値 (SPAD) の推移を図9に示した。その結果、液肥を散布すると草丈が伸び (図9)、また葉色値も高くなった。水草肥料の効果だと考えられる。このように簡単な水草液肥は今までないため役立つと思われる。



図9 トウモロコシの生育比較 (左:Control 右:水草液肥)

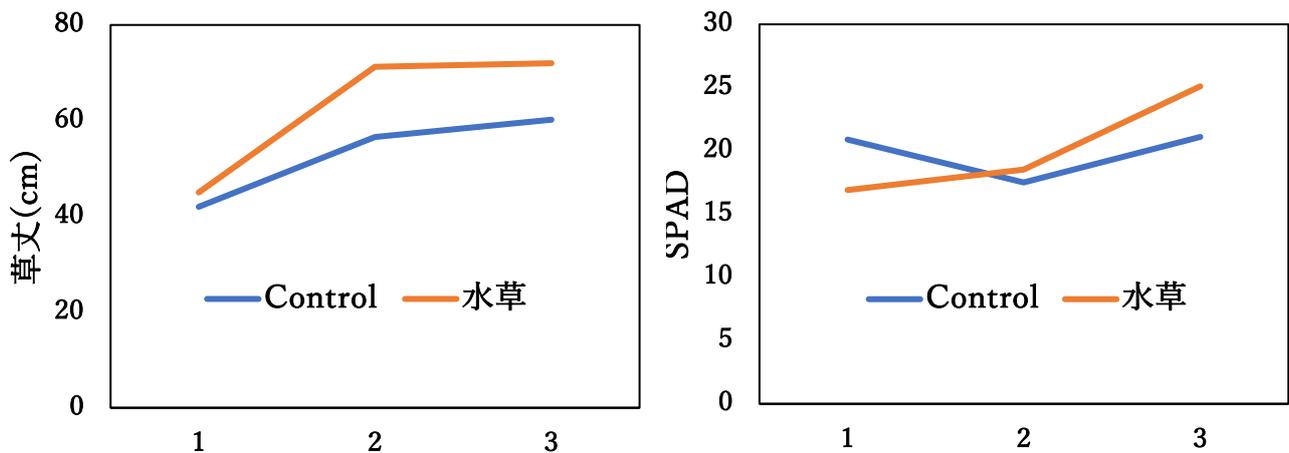


図10 トウモロコシの生育比較 (横軸:週)

4 結論

この研究は、紛争などにより高騰した肥料対策として試行錯誤しながら取り組んできた。その結果、一般的なアマモなどの海藻だけでなく、アマゾンチドメグサ (図11) など世界各地に自生している淡水水草でも十分肥料になることを証明できた。特に富栄養化池沼や河川で繁茂している水草ほど肥料成分やミネラルが多いことを明らかにすることができた。またかつて海藻は堆肥として利用されていたが、完成までに3ヶ月も要するなど手間がかかっていた。しかし私たちが考案した水草液肥は、淡水性なので塩抜きが必要がなく、水に浸漬するだけなので2週間で作ることができる。これは富栄養化池沼が多い開発途上国でも自作可能で、食糧生産に大いに貢献できるものである。

また水草が生息することで水質が浄化されることも確認できた。現在、地球温暖化や環境汚染などが原因で池沼や河川の生態系が脅かされている。もし池沼の水草が消滅してしまうと、富栄養化はさらに進み、深刻な水及び健康問題に繋がる可能性が高い。途上国はもちろん、世界各地の農村で昭和初期の日本のように住民が藻場を守り育て活用する肥料藻文化を形成できれば、SDGs やブルーカーボンに貢献できると確信している。

肥料藻文化は、安価な化学肥料の誕生により消えてしまったが、私たちは途上国の持続的農業のため、いにしへの文化を復活させ、世界に発信しようとして今後も研究を重ね、普及に取り組むつもりである。



図11 節から発根するアマゾンチドメグサと成分分析作業