

アクアバイオポニックスの開発

～魚と微生物と野菜と～



青森県立名久井農業高等学校

栽培環境班

平山昊也、中居くらら、鈴木奨梧

1 序論

気候変動の影響を受けにくい水耕栽培が世界中に普及している。また近年は魚を養殖しながら、食べ残しの餌と糞を肥料にして野菜を育てるアクアポニックスという水耕栽培法も誕生している。これは化学肥料を使わない循環型栽培法で、その意義は高く評価されている。しかし液肥を使用できないことから、養液栽培に比較すると野菜の生育が劣るという欠点がある。収益が低いと普及しないと考えた私たちは、アクアポニックスに微生物の力を取り入れた新しい水耕栽培「アクアバイポニックス」の開発を目指すことにした。

2 研究方法

(1) 微生物の選択

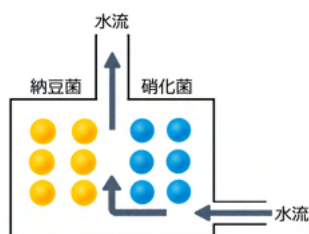
植物の多くは硝酸態窒素を好んで吸収する。自然界では枯葉などの有機物をアンモニア態窒素に分解する細菌とアンモニア態窒素を硝酸態窒素に分解する細菌の作用によって窒素が供給されるが、水槽の中ではこれらの微生物数は少ない。そこで2つの細菌を水槽に添加することにした。そして私たちは前者を納豆菌、後者を硝化菌とし実験を行った。

(2) 野菜と魚の選択

納豆菌、硝化菌が野菜の生育にどのような影響を与えるか探るために、アンモニア態窒素を好むキャベツ、硝酸態窒素を好むレタスを選択した。魚は淡水魚のタナゴとした。

(2) 装置の仕組み

今回は 3.5L の小型水槽でモデル実験を行なった。水槽にはエアレーション装置を設置する。装置内には人工イクラの技術で、細菌を固定したビーズを入れる。水槽の水は装置内に吸い込まれ、細菌によって処理された水がまた水槽に戻る仕組みである。試験区と微生物の量は次の通りである。(図1) なお微生物は観賞魚水槽の添加量を参考にした。



試験区	納豆菌量	硝化菌量
Control	なし	なし
納豆菌区	5ml	
硝化菌区	なし	15ml
硝化菌＋納豆菌区	5ml	7.5ml

図1 (左：改良エアレーション 中央：設置水槽 右：試験区と添加量)

細菌のビーズ化の方法は次の通りである。

- ① 30℃のお湯 70ml に細菌を 30ml とアルギン酸ナトリウム 1g を加えて混ぜる (基本比率)
- ② 水 150ml に塩化カルシウム 20g を溶かす
- ③ ②の液に①の液をスポイトで1滴ずつ垂らす
- ④ 固化したら水洗いして装置内に充填する (図2)



図2 ビーズを充填した装置

3 研究結果

(1) 水槽の水質分析

細菌によって魚の食べ残しの餌や糞の分解が促進されるなら、水質に変化が出るはずと

考え、1週間ごとに水質分析を行なった。

pH はほぼ中性で栽培に影響を与えるものではない。EC は Control より細菌を添加した3区が高くなった。これは細菌によって窒素などが増えているからだと推測される。(図2)

アンモニア態窒素は納豆菌区が高くなった。納豆菌は有機物をアンモニア態窒素に変える細菌のため、餌や糞が効率的に分解されていることがわかる。また Control、硝化菌区では増えなかった。納豆菌区に比べ有機物を分解する菌が少ないからだと考えられる。

しかし硝酸態窒素は硝化菌区で多くなり、Control、納豆菌区は増えなかった。これは硝化菌区ではアンモニア態窒素を硝酸態窒素に効率よく分解したからだと考えられる。また硝化菌と納豆菌を混合させた区ではアンモニア態窒素、硝酸態窒素とも高く、2つの細菌が分解を促進しているからだと考えられる。(図3)

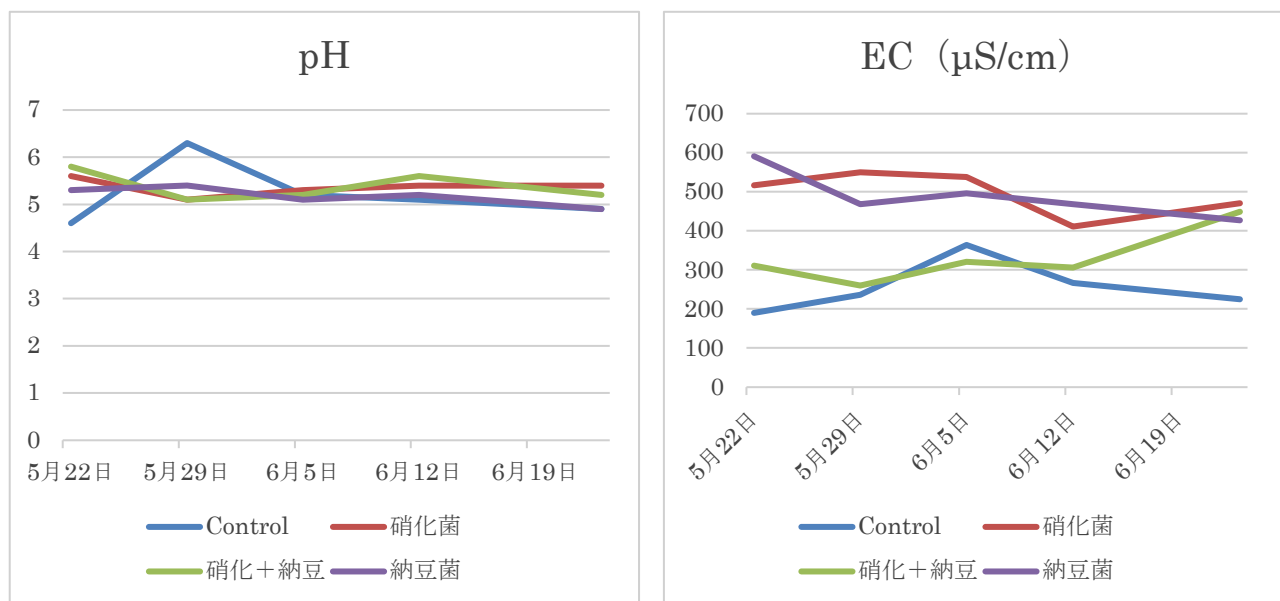


図2 pH と EC の変化

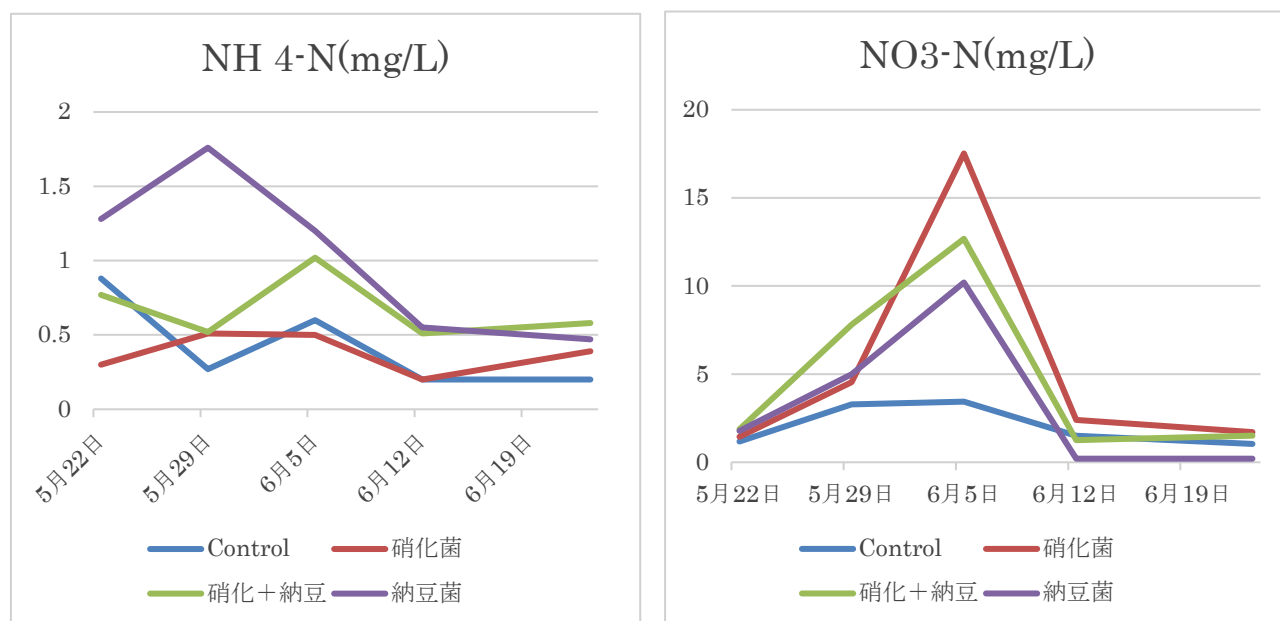


図3 NH₄-N と NO₃-N の変化

しかしリン酸態リンでは窒素のような大きな差は見られなかった。細菌は有機物を分解

するが、窒素のようにリン酸を増やす効果は小さいと考える。また 1 水槽 2 匹のタナゴは細菌ビーズを入れても成長に影響がなく、元気に育っていた。(図 4)

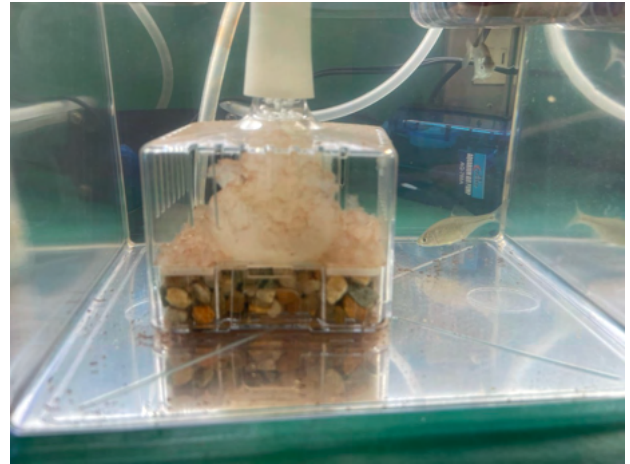
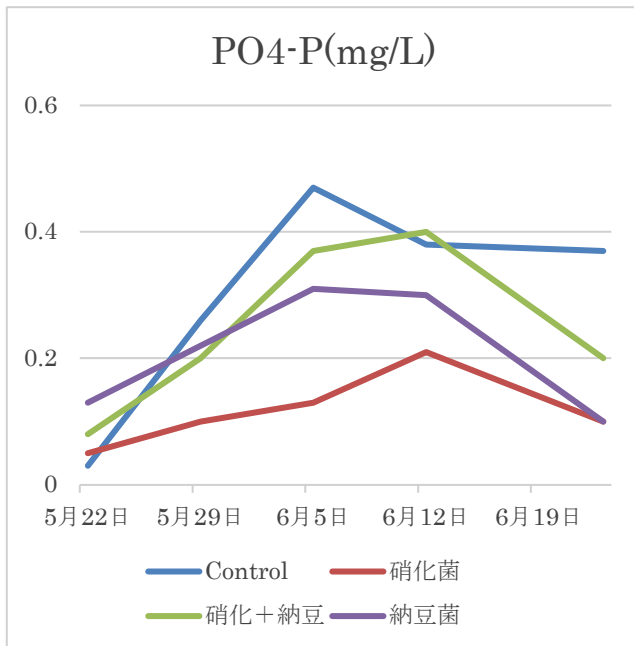


図 4 PO4-P の変化とタナゴの様子

(2) 生育

2 週間の生育を比較した。(図 5) 左がキャベツ、右がレタスである。キャベツは生育初期から納豆菌区の生育がよく、後半に納豆菌と硝化菌の 2 つを加えた区の生育が良くなった。キャベツは好アンモニア態窒素植物である。生育は良かったのか納豆菌によってアンモニア態窒素が生産されたからだと考えられる。しかし Control では生育が遅れた。これは栄養不足が原因と考えられ、現在のアクアポニックスの問題点をあらためて知ることになった。レタスではキャベツの逆で、硝化菌が入った区の生育が良かった。これはレタスが好硝酸態窒素植物だからだと考えられる。

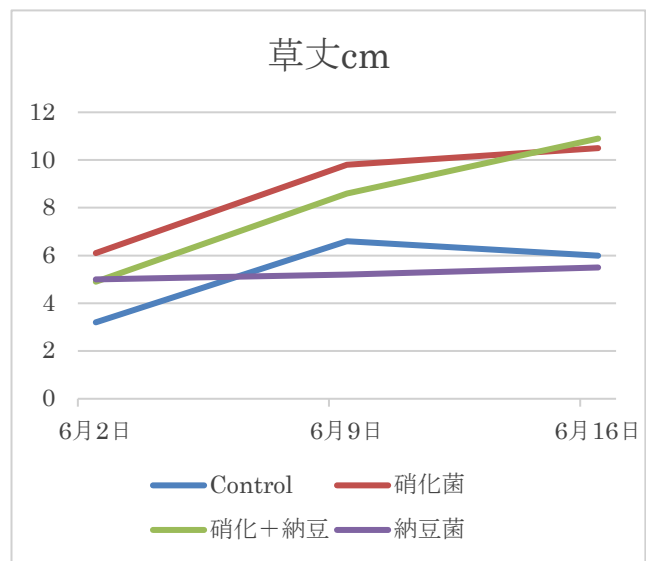
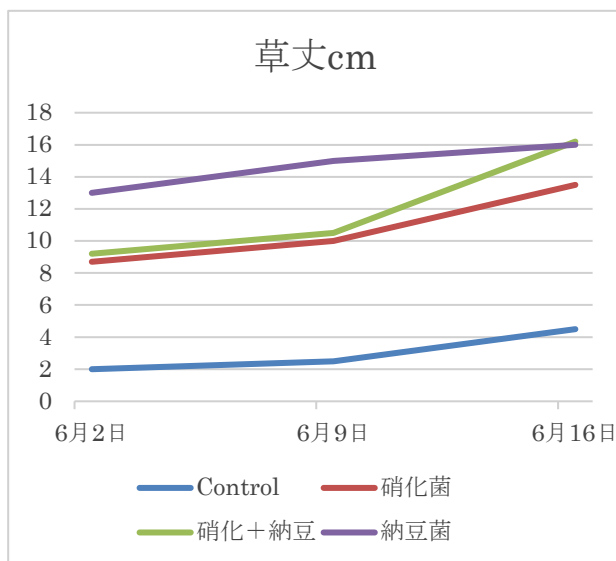


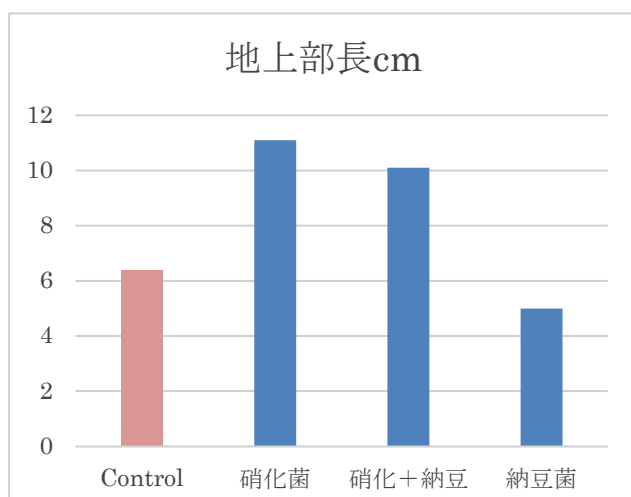
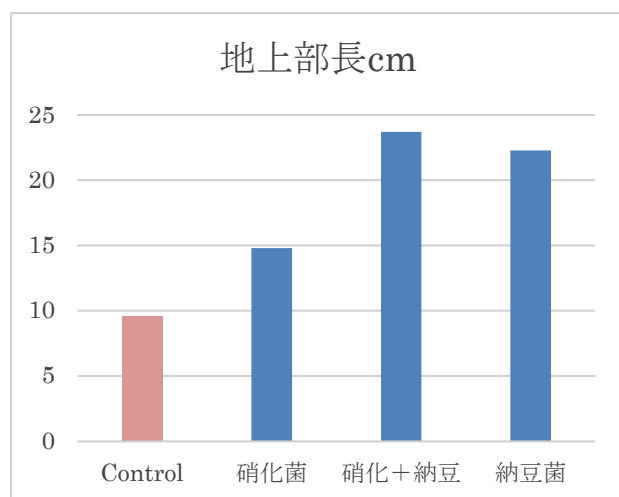
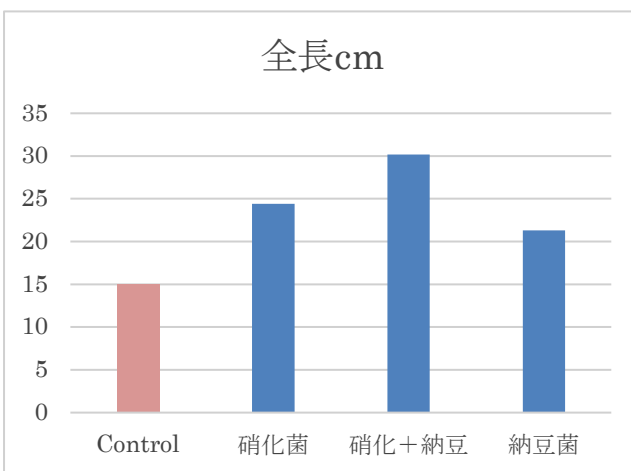
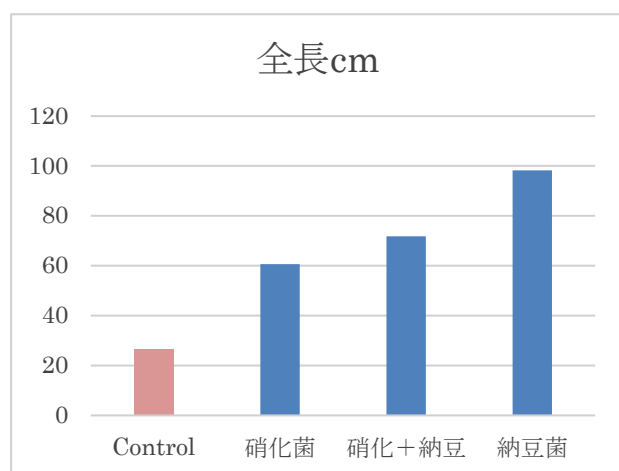
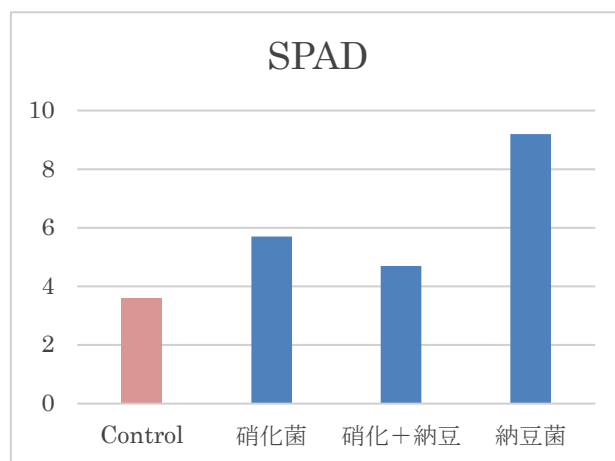
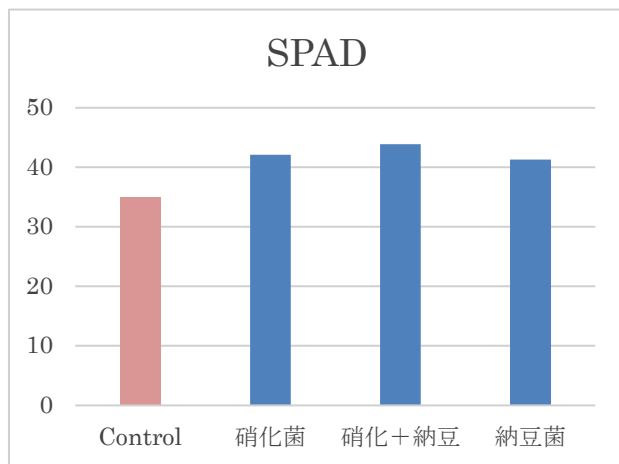
図 5 草丈 (左: キャベツ 右: レタス)

また2つの菌が入った区は、レタス、キャベツとも生育が良かった。2つの菌が作る窒素のバランスが良かったからではないかと考えられる。

(3) 収量

アクアポニックスが思うように普及しないのは、水耕栽培よりも収量が低いことにある。そこで収量調査を行なった。左がキャベツ、右がレタスである。(図6)

その結果、SPAD(葉色値)では、細菌のある区が高くなった。これは窒素の吸収が増えたことで葉の色が濃くなっているからだと考える。しかしControlは低く、栄養不足であることがうかがえる。



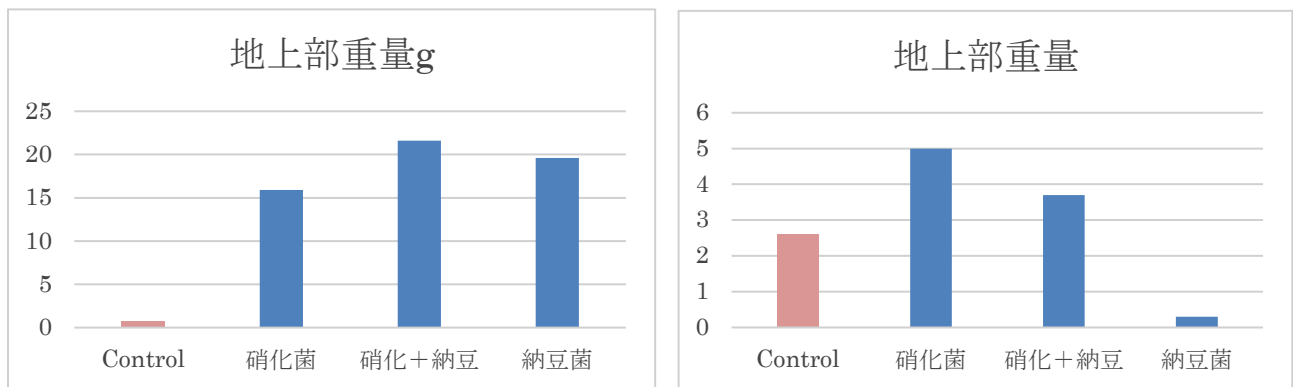


図6 収量調査 (左:キャベツ 右:レタス)

全長、地上部長(可食部)、地上部重量(可食部)はキャベツとレタスで反対の結果になった。キャベツは納豆菌が入った区が大きく、重い。またレタスでは硝化菌が入った区が大きく重くなった。キャベツとレタスの好む窒素の違いが大きく影響していることがわかる(図7)。また納豆菌と硝化菌が入った区は2つの細菌効果のため、より成長することがわかった。下の表1は液体肥料で育てた水耕栽培のリーフレタスの5株重量である。化学肥料である液肥を使わなくても遜色ない収量を得られることがわかった。

表1 収量比較

試験区	5株総重量 g
水耕栽培	23.7
硝化菌区	21.1
硝化菌+納豆菌区	19.6



図7 生育比較(上:レタス 下:キャベツ)

左から Control、硝化菌区、硝化菌+納豆菌区、納豆菌区

4 まとめ

魚の養殖と野菜栽培を同時に行えること、化学肥料を使わず排出される有機物などを肥料として有効利用する観点から、アクアポニックスが近年注目されている。しかし魚の飼育を伴うため液肥を投入できず、生育が劣る課題を抱えている。その問題を納豆菌と硝化菌という2つの細菌をビーズ化して積極的に投入することで解決することを目指して研究を行なった。その結果、仮説の通り、細菌効果で水耕栽培に匹敵する収量をあげられることを証明することができた。また納豆菌と硝化菌を人工イクラの技術でビーズ化したため、水槽の水替えを行う際も、貴重な細菌が流れ出すことはない。これは低コストにもつながる技術である。私たちはアクアポニックスに微生物の力を利用することから、この新発想の技術法を「アクアバイオポニックス」と名付けた。

5 今後の課題

本実験では水耕栽培の養液に比べると、終始窒素濃度は5~10分の1であった。しかし魚にもよるが、アンモニア態窒素が2mg/Lを超えると、生育に悪影響を与える場合もある。今後は養殖と栽培に適した細菌の添加量を探り、低環境負荷技術の実用化を目指したい。