

独自株の微細藻類培養と完全循環型アクアポニックスを掛け合わせた次世代型ハイブリッド農業システムの実証実験

藤 井 亮

(株)熊谷組は、コア事業である建設事業の強化を図るとともに、さらなる成長領域として建設周辺事業を加え、持続可能な社会の実現に貢献する技術の開発を重点基盤とした収益の多様化に取り組んでいる。その一環として社内公募で選出された新事業創出分野の第1弾として、佐賀県佐賀市において独自株の微細藻類培養ならびに水耕栽培と陸上養殖を同一システムで水を循環させ同時に栽培・養殖する「アクアポニックス」を掛け合わせた次世代型ハイブリッド農業システムの開発・販売に向けた実証実験を進めており、その実証実験の概要ならびに使用機器を紹介する。

キーワード：カーボンニュートラル (CN)、サーキュラーエコノミー、脱炭素、温室効果ガス削減、GX（グリーントランスフォーメーション）

1. はじめに

本タイトルを読んで、「微細藻類培養」や「完全循環型アクアポニックス」という建設業界ではあまり聞きなれないワードが並んでおり、それらを掛け合わせたハイブリッド農業システムという文脈に辿り着いたところで「一体これから何の紹介が始まるのか？」という方も恐らく多いだろう。

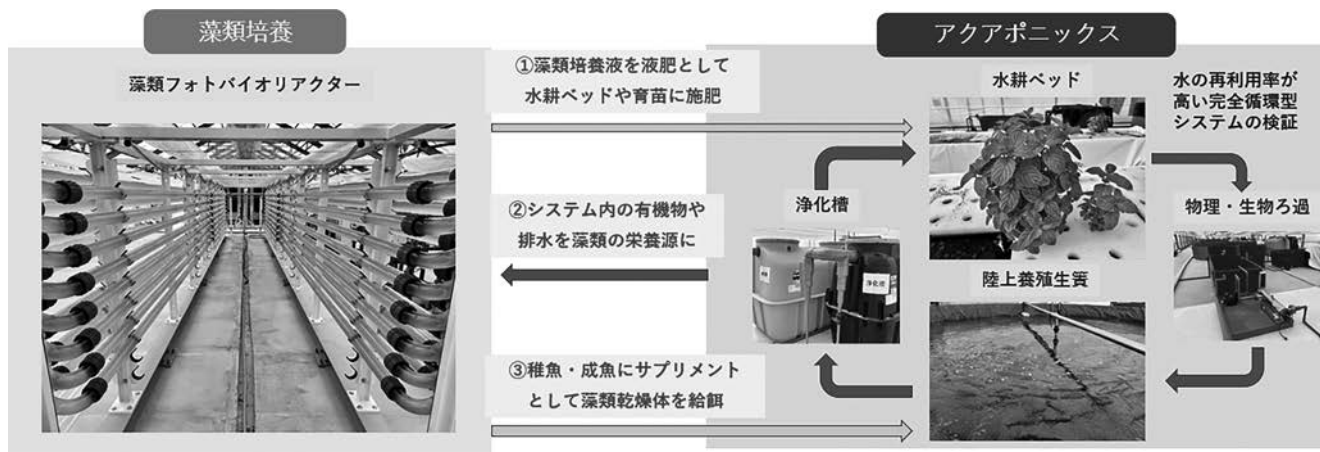
最初に「微細藻類」というのは肉眼では捉えられない電子顕微鏡レベルの藻（も）の呼称であり、有名な微細藻類としては「クロレラ」をご存じの方も多いのではないかと。藻類のCO₂固定量は陸上植物と同量（年間約1,000億t）とも言われているため、脱炭素社会を目指す現代において世界中から注目されているが、太陽をエネルギー源として光合成により生成物を創ることが可能なことから極めて高いバイオマス生産効率を持ち、節水率は農業や畜産より非常に高いためカーボンニュートラルの実現に貢献し、生産場所を選ばず、医療・美容・健康・飼料・燃料など様々な原料として利用可能であり、微細藻類を大量培養・商品開発・販売するビジネスは社会性が非常に高い。

次に「アクアポニックス」とは水産養殖の「Aquaculture」と、水耕栽培の「Hydroponics」からなる造語で、両者を掛け合わせた次世代の持続可能な循環型農業である。陸上養殖魚の排泄物をバクテリアが分解し、水耕栽培野菜の栄養として吸収した後、水質浄化された水

が再び陸上養殖の生簀へ循環する環境配慮型の生産システムであり、当ラボではトラウトサーモンとスペアミントの組み合わせにトライし、試験的に販売をスタートさせている。高温障害による農産物の影響や海水温の上昇による海水酸性化など気候変動の影響により、農産・水産ともに食糧生産の危機が高まりつつある中、その課題解決に向けたソリューション開発を進めているところである。本稿では、この「藻類×アクアポニックスプロジェクト」の実証実験の概要ならびに使用機器を紹介する。

2. 実証実験の概要

本プロジェクト実証実験のイメージは図—1の通りである。使用機器等については後程説明するが、完全循環型の「アクアポニックス」システムに独自株の微細藻類を掛け合わせ、藻類培養液を液肥として水耕ベッドや育苗に利用したり、稚魚・成魚にサプリメントとして藻類乾燥体を給餌することで、産生物の成長促進や栄養分の向上につながるかどうか実証実験を重ねるとともに、魚の排せつ物等に含まれる無機態窒素を水耕栽培農産物の成長促進だけでなく、微細藻類培養における栄養源としても利用することで一般的なアクアポニックスとの差別化を図っている。



図一 藻類×アクアポニックスプロジェクト実証実験イメージ

3. システム周辺概要

(1) 藻類培養機器

佐賀ラボラトリーでは、ガラスチューブ横型フォトバイオリアクター（写真一）を使用し、独自藻類株の微細藻類大量培養の実証実験を行っている。このガラスチューブの内部において、太陽光を光源とした高密度大量培養を行っているが、閉鎖環境での培養が可能のため、微細藻類の大量培養において大きなリスクとなっている原生生物のコンタミネーションを防ぐことが出来るのが特徴と言える。

フォトバイオリアクターにはガラスチューブ横型以外にも、ガラスチューブ縦型、プレート型、樹脂バッグ型、タンク型など様々な形状があり、当ラボでは樹脂バッグ型（写真二）を併用しながら培養に取り組んでいる。

(2) アクアポニックスシステム機器

アクアポニックスシステム（図一）に使用する機器



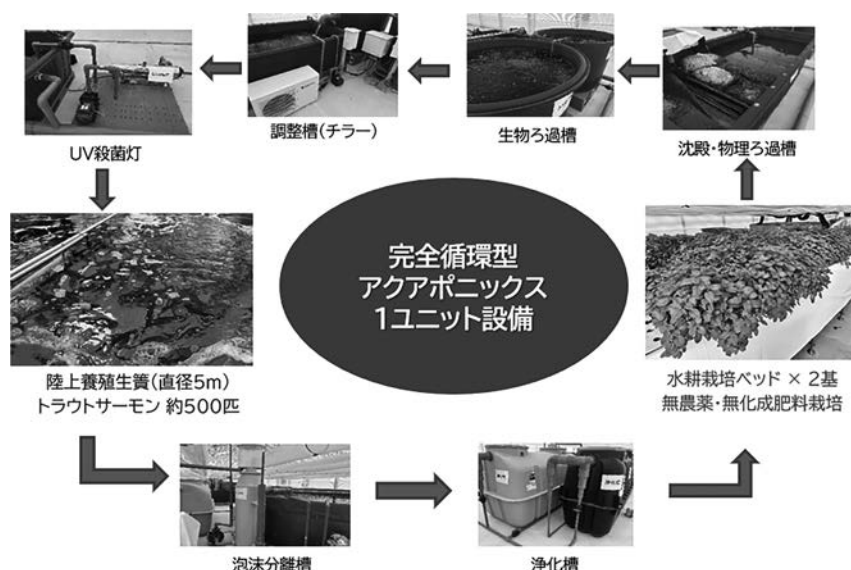
写真一 藻類培養フォトバイオリアクター

は、陸上養殖を起点とすると①陸上養殖用生簀 ②泡沫分離槽 ③浄化槽 ④水耕栽培用ベッド ⑤沈殿・物理ろ過槽 ⑥生物ろ過槽 ⑦調整槽・チラー ⑧UV殺菌灯 という流れで水が循環し、①の生簀へとまた戻る完全閉鎖循環式として運用しており、当ラボではアクアポニックスシステム4基を使用している。

①陸上養殖用生簀 直径5m、使用水量20tの生簀を使用し、1生簀あたり500匹のトラウトサーモンを養殖している。生簀側面には緩衝材を使っており、魚が突進し側面に衝突した際の衝撃を吸収し、へい死率を低下させることが可能である。また、水中にナノバブル発生装置を設置することでDO（溶存酸素量）を上昇させ、水温がやや高い場合でもへい死に影響しないことが実証実験で分かってきている。



写真二 樹脂バッグ型藻類培養装置



図一2 アクアポニックスシステム図

- ②泡沫分離槽 その名の通り泡の力で汚れを除去する機器であり、残餌等から発生する汚濁物質を気泡に吸着させ、循環水を浄水させることが可能である。
- ③浄化槽 魚の排せつ物や残餌による生簀内のアンモニア（アンモニアは生物にとって猛毒）をバクテリアの働きで分解させ、亜硝酸・硝酸へと無害化させることが可能であり、水耕栽培ベッドで栽培する植物に必要な養分へと変化させる。
- ④水耕栽培用ベッド 浄化槽で無害化され、養分を含む循環水を利用し栽培することが可能。
- ⑤沈殿・物理ろ過槽 固形物の沈殿、排せつ物や残餌を取り除き、後工程の生物ろ過槽の目詰まりを防止する機能を担っている。
- ⑥生物ろ過槽 浄化槽等で分解しきれなかったアンモニアをバクテリア（硝化細菌）が分解し、水中から除去して浄水させる。
- ⑦調整槽・チラー 調整槽は水量や水質を均一にする。チラーは連続で冷水を供給し、水温を適温に近づけることで、成長率や飼料効率の向上につながる。
- ⑧UV 殺菌灯 危険な細菌等による魚病対策として循環水を殺菌することで養殖魚のへい死率を低下させることが可能となる。

このシステムは基本的に汚れた水を外部排水しない完全循環型であるため、いわゆる掛け流し（外部排水する）方式に対して大幅な節水が可能となる。また、上下水道の使用において浄水、供給、下水処理などのエネルギー消費の削減につながるため、CO₂排出量の抑制にもつながり、環境負荷を低減できる点が特徴となっている。さらには、このシステムによって、無農

薬・無化成肥料・無除草剤による安心・安全な農産物を持続的に生産することが可能となり、さらには陸上養殖魚の寄生虫リスクも低減され、安定生産が可能となるメリット等がある。

(3) GHP（ガス空調）による空調管理

佐賀ラボラトリーは農業用ハウスを使用しており、夏場は外気温 35℃ 以上の猛暑日が続いたため、ハウス内の空調コントロールが重要ポイントとなった。実証実験エリアは 12.5 m × 84.4 m = 1,055 m² の面積があり、その高温対策について GHP（ガスヒートポンプエアコン：写真—3）を設置してピークカットすることにより、消費電力は EHP（電気モーターヒートポンプエアコン）と比較して約 1/10 に削減し、ハウス全体で見ても一定の節電効果を確認している。

また、冷気をハウスの隅々まで行き渡らせるために GHP 室内機にダクトチャンバーを取り付け、ポリダクトによる大規模な空調対策を講じ、ポリダクトに接触しない上部の位置に遮光率約 65% の遮光カーテンを設置することで、太陽光の遮光ならびに GHP 冷気保温により冷房負荷を低減させ、陸上養殖・水耕栽培の水温上昇抑制ならびに現地社員の作業環境の改善を実現し、一定の効果を確認している。

そして、暖房についても触れておきたい。農業用ハウスは重油主燃料とする温風暖房機を使用するのが一般的であるが、GHP を使用することで CO₂ の低減ならびにランニングコストのメリットを享受することが可能となる。例えば、加温時期：11 月～4 月、加温時間：19 時～6 時と仮定した場合、20℃ 設定運転では暖房機のみで CO₂：40.4 t、RC 1,622 千円に対し、



写真一3 GHP（ガスヒートポンプエアコン）

GHPのみだとCO₂: 22.6 t, RC 1,520 千円, 24℃ 設定運転では暖房機のみでCO₂: 61.7 t, RC 2,486 千円に対し, GHPのみだとCO₂: 31.1 t, RC 1,905 千円と見込まれるため, 設定温度が高いほど重油温風暖房と比較してメリットが出るため, これらのソリューションによってカーボンニュートラルの取り組みを一層進めているところである。

(4) IoT 技術を利用したスマート一次産業化

アクアポニックスの栽培・養殖の環境については, 様々な環境数値を取得できる電極から光度, 水温, CO₂といった生育環境データを取得し, インターネットに接続されているセンサーを通して, サーバー上に保管するIoTセンサーによってリアルタイムに見える化・データ管理し, 環境制御を可能にするシステムを導入しており, 時間を問わずいつでもどこでもリモート管理が実施可能である(図一3)。

特に陸上養殖では, 生簀内の水温やDOやTDS(総溶解固形物)の変化を読み取り, 対策することでへい

死率の減少につなげることが可能となり, 逆を言えば変化を見逃すとへい死魚の増加につながってしまうため, アラーム機能を効果的に利用することで効率的な管理作業を実施し, 労働時間の短縮等へつなげている。

4. CCU の活用

ラボラトリーに隣接する佐賀市清掃工場(ごみ焼却施設)では, アミン系吸収液がCO₂を低温で吸収し, 高温で放出する特性を利用して, ごみを焼却した際に発生する排ガスから高純度のCO₂のみを連続的に分離回収する設備を設置しており, ごみ焼却施設における日本初CCU(Carbon dioxide Capture and Utilization)プラント(写真一4)を稼働している。佐賀市ならびに一般社団法人さが藻類バイオマス協議会のご協力のもと, このCCUから当ラボへパイプラインを敷設し, 微細藻類培養にCO₂を供給することによって安定・大量生産の技術開発を進めている。

この清掃工場の排ガスから分離回収した二酸化炭素



図一3 IoT 環境データ管理システム画面



写真—4 佐賀市清掃工場 CCU

(CO₂)については、バイオマスや再生品などの持続可能な原材料を使用して製品を製造する企業や団体を認証する国際的な認証制度の一つである「ISCC PLUS 認証 (マスバランス方式)」を取得しており、これにより佐賀市清掃工場由来の CO₂ が国際的にサステナブル CO₂ であることを示すことが可能となるが、清掃工場由来の CO₂ で ISCC PLUS 認証を取得するのは、佐賀市清掃工場が世界初となっている。

このようにカーボンリサイクル・カーボンニュートラルの取り組みを進めながら、レッドバイオ領域（医療・健康食品・化粧品など）を最終ターゲットとした微細藻類ビジネスのマーケットイン戦略について検討を重ねている。

5. サークュラーエコノミーの取り組み

日本の養殖業は給餌に必要な魚粉の大半を輸入に頼っており、円安や物価高により魚餌の価格の高騰が課題となっている。また、完全循環型のアクアポニックスにおいては水温や水質の管理技術が難しいため、水温変化などが原因で養殖魚がへい死するケースも見受けられる。

これらの課題に対し、地元魚餌製造業者と連携し、ラボラトリーの未利用魚をアップサイクルして魚餌を製造し、自社の陸上養殖魚に給餌することにより、資源消費の最小化、廃棄物の発生抑止等を進め、SDGs 実現に向けた資源循環サイクルの構築と魚餌のコストダウンを図っている（写真—5）。

また、一般的な魚餌には魚粉が使用されており、魚を煮熟したあとに圧搾機で油と水を分離し、そのカス（フィッシュミール、魚粕）を乾燥させて粉碎したものであるため、水と油と一緒に栄養分まで出てしまう



写真—5 一般的な魚餌（左）とサーキュラーエコノミー餌（右）

が、独自の特許製法によって製造される魚餌は、圧縮せずに製造することにより、DHA や EPA、ビタミンなどの成分が一般的な魚餌と比較して約 10 倍多く含有しているため摂餌が良く、養殖魚の成長促進や残餌減少による水質汚染の防止効果が見込まれる。そして製造工程において、店舗や家庭から排出される使用済み天ぷら油など廃食用油をリサイクルして燃料に使用することで環境に配慮された取り組みへとつながっている。

6. おわりに

本プロジェクトは将来的に廃校や稼働中の工場内スペース等の利活用ニーズを持っている行政や企業を顧客と想定しており、IoT による環境管理や GHP による空調管理など様々なソリューションによって第一次産業をサラリーマン的労働へ変化・変革させることで、スマート農業・水産業を実現し、次世代の担い手の裾野が広がることによって新しい雇用が生まれ、地方創生へとつながる事業開発にもなりうると考えている。

また、世界中で直面している食料生産危機の解決や持続可能な社会の実現に向け、関連企業各社のソリューションを組み合わせ、ビジネス化・フランチャイズ化による収益モデルの構築を目指しており、本格ビジネス化へ向けたプロジェクト活動に引き続き取り組む所存である。

J C M A

〔筆者紹介〕

藤井 亮（ふじい りょう）
 (株)熊谷組
 新事業開発本部 新事業企画推進部
 新事業創出プロジェクト推進グループ
 副部長

