

バイオマスタスクフォース（BTF）の活動について（2019 年 3 月 7 日）

バイオマスタスクフォース座長（農研機構） 中村真人

1. 平成 30 年度の活動報告

（当初計画）

- 1) つくば国際戦略総合特区事業の枠組みで実施されている「藻類バイオマスエネルギーの実用化」について、委員及び委員の関係者がそれぞれの得意分野での貢献を継続する。
- 2) アクアポニックスに関しては、継続して取り組みを推進する。

2. 平成 30 年度の活動実績

- 1) 7/12, 9/14 に飯島アクアポニックスにおいて、現地検討を行った。
- 2) 6/27, 2/26 にバイオマスタスクフォース会合（通算 15, 16 回目）を行い、今年度の活動および来年度の計画について議論した。
- 3) アクアポニックス技術のマニュアル化及びアクアポニックスへのバイオマス技術の新たな活用に向けて、取り組みを進めた（別紙）。
- 4) つくばで開催された第 17 回世界湖沼会議（平成 30 年 10 月 15 日～19 日）において、アクアポニックス技術の紹介を行った（別紙）。

3. 平成30年度の活動の総括

つくば国際戦略総合特区事業の枠組みで実施されている「藻類バイオマスエネルギーの実用化」については、筑波大学が代表機関を務め研究開発を進めた。

アクアポニックスについては、教育用アクアポニックスシステムをベースとした環境自律制御型及び再生可能エネルギーと雨水による自立型システムの構築等によりアクアポニックス技術を改善することができた。一方、第17回世界湖沼会議等において、アクアポニックスシステムを積極的に広報し、国内外の関係者から高い評価を得た。

4. 平成31年度の活動計画（案）

- 1) つくば国際戦略総合特区事業の枠組みで実施されている「藻類バイオマスエネルギーの実用化」について、委員及び委員の関係者がそれぞれの得意分野での貢献を継続する。
- 2) アクアポニックスに関しては、継続して取り組みを推進する。

(別紙)

報告書

アクアポニックス技術のマニュアル化及びアクアポニックスへのバイオマス技術の新たな活用のための試行（継続）～アクアポニックス・バイオマス研究開発によって得られた知見の湖沼浄化への発信～

【期間】平成30年5月～平成31年3月

【研究実施者】◎島田敏(島田設備株式会社)、飯島朗(飯島アクアポニックス)、内海真生(筑波大学)、中村真人(農研機構)

【研究概要】

研究目的:つくば市内で開発されたアクアポニックスシステム(飯島式アクアポニックスシステム)に関して、養魚及び栽培の基礎データを採集し、これまで経験知となっていたノウハウを数値データに基づく形式知化させ技術的なマニュアルを作成することを目的に研究を実施している。また、同アクアポニックスシステムに、ウキクサバイオマス、メタン発酵によるバイオマスの液肥化技術(メタン消化液)、細菌を使った肥料製造技術(堆肥化技術)を適用し様々なバイオマス活用技術がアクアポニックスによる養魚、農産物栽培の生産性向上と品質改善に効果的に寄与するよう試行を行い観察と課題の抽出を行う。

本年度の実施内容:これまでの2年間のアクアポニックス・バイオマス研究開発において、湖沼水の利活用・浄化に適用可能な知見並びに技術を検討し本年度、茨城県(つくば国際会議場)で開催された世界湖沼会議において技術提案及び情報発信を実施した。また、これまで進行の遅れていたバイオガスシステムについて、3Eフォーラム内の研究機関との連携協力により研究活動の推進・充実を図った。また、発展的取組として、昨年度開発した教育用アクアポニックスシステムの電力供給に再生可能エネルギーを組み込み、電力自立システムの構築を試みた。

【研究結果】

○小冊子の作成：世界湖沼会議（2018 年 10 月 15 日（月）～19 日、つくば国際会議場にて開催）に向けてアクアポニックス技術について日本語及び英文による小冊子を作成した。

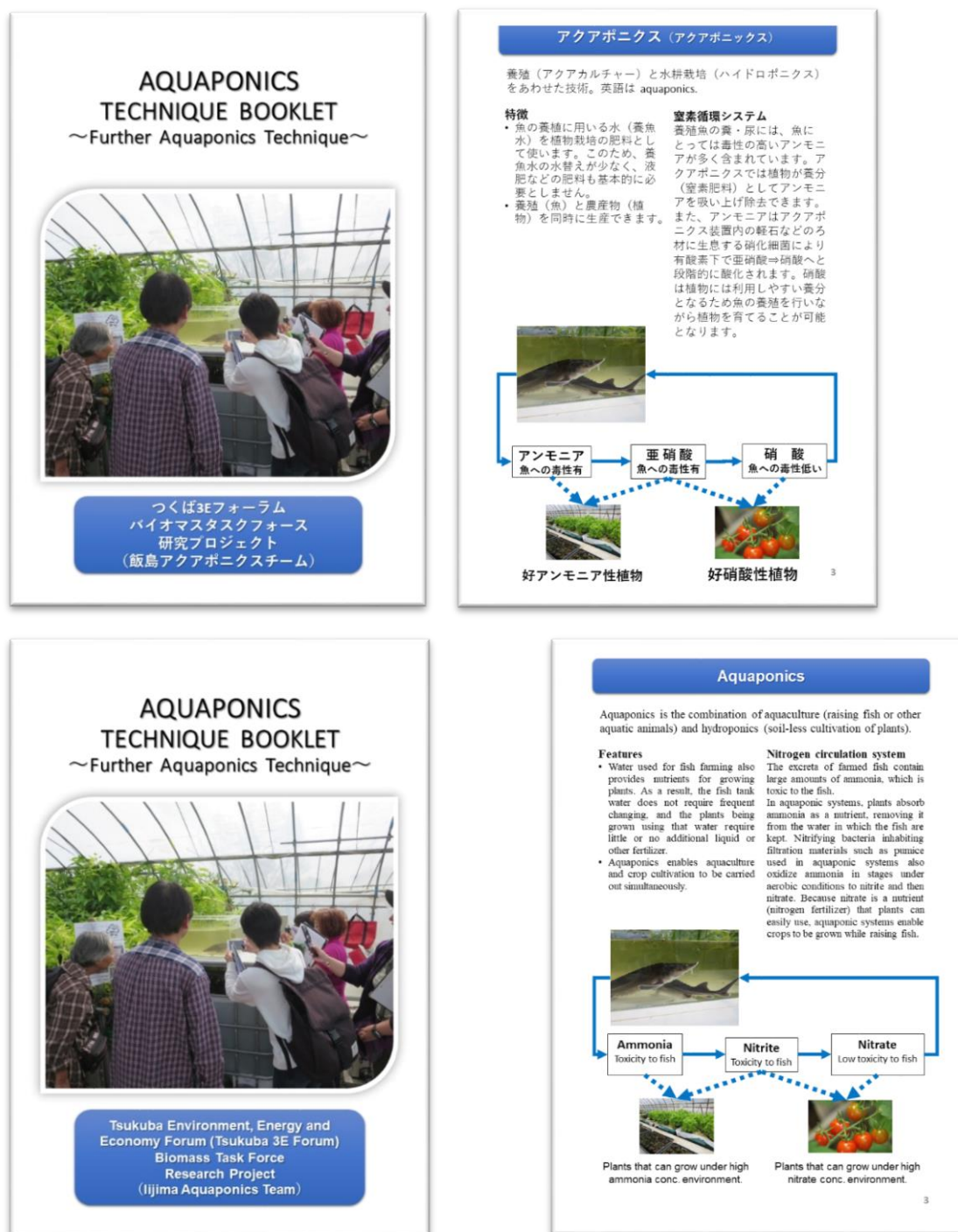


図 1 世界湖沼会議用に作成したアクアポニックス小冊子（ページ数 8 枚）（日本語版（左）、英語版（右））

○教育用アクアポニックスシステムの電力自立化：教育用アクアポニックスシステムの電力自立化に関しては、システムをさらに発展させた。具体的には、太陽光発電とポータブル電源を利用した電力自立システム、太陽電池を併用した無動力自律型換気システム、ビニールハウスに降雨した雨水を蓄積し

補給水として用いる雨水利用システムを、ハウス内温度の安定しやすい高天井型のビニールハウスシステムに組み合わせ、これまで 2 年間で取り組んだ環境制御技術として教育用アクアポニックスシステムに組み込んだ。(図 2)

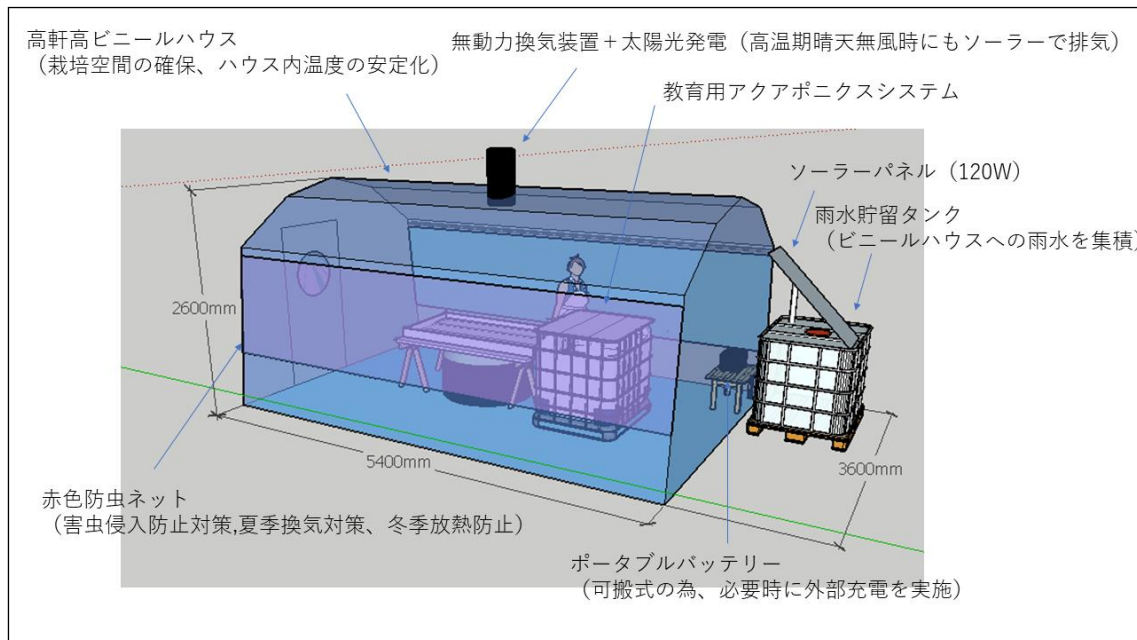


図 2 教育用アクアポニックスハウスシステムの概要



図 3 ソーラー蓄電によるポータブルバッテリー省電力装置の実験状況

○教育用アクアポニックスハウスシステムの特徴：電力エネルギー、雨水利用を組み合わせることで電源及び水源のない場所にシステムを設置することが可能となり教育用アクアポニックスシステムの設置場所の選択肢が大きく広がった。また、これまでの経験から、単に養殖と栽培部を中心とした生産部のみのシステムでは、気温や水温などの環境変化が大きく栽培・生育環境が不安定なためアクアポニックスでの安定した生産を確保することが容易ではないことから、教育用アクアポニックスシステムにおいてもこれまで開発された環境制御技術を導入した。また、自然エ

エネルギーや雨水による自立的なシステム、動力を用いない自律的な環境制御技術の導入も行ったが、自然の仕組みを理解し応用する視点で、持続可能な開発目標（SDGs 7：『エネルギーをみんなに、そしてクリーンに』）達成に向けた効果的な教育教材ともなりうる為、アクアポニックスを用いた教育システムとしての利用価値を高めることができた。（図4）

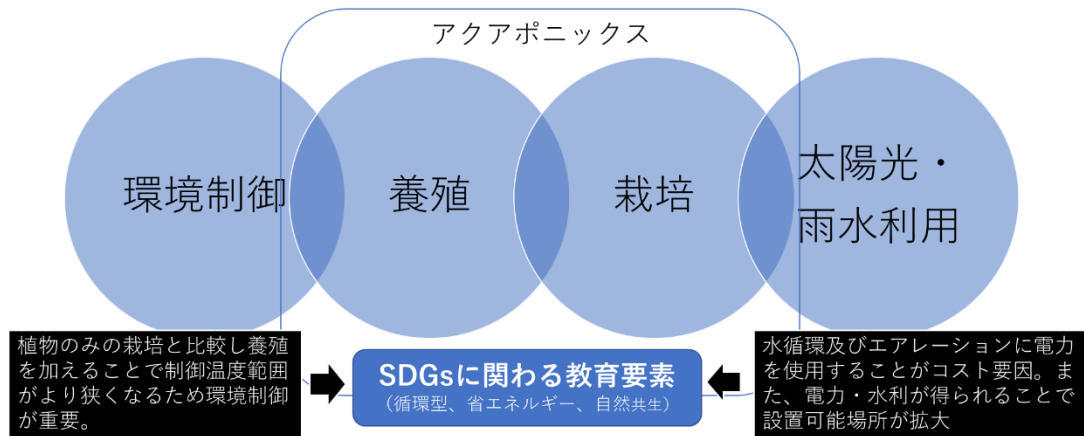


図4 教育用アクアポニックスハウスシステムの基本的な考え方

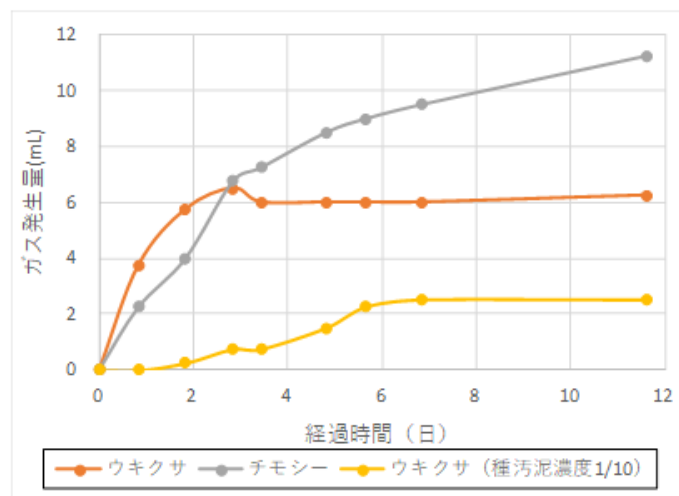
○生産性向上へむけての検討

自律的な環境制御技術は、簡易で安定性の高い養殖システム構築に向けての重要な要素である。また、太陽光発電及び雨水利用については、養殖システムのランニングコスト低減につながる技術である。養殖魚のへい死による養殖失敗は、事業にとっては大きな痛手となるが、無動力で自律的な環境制御はヒューマンエラーを含めこのリスクを大幅に低減する。また、陸上養殖でもっとも高いコスト要素の一つが電力料金であるため。このため、これら二つの要素を損益分岐点以下に低減することは教育用のみならず実生産においても事業性向上に寄与する。

○ウキクサバイオマスのバイオガス化

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 地域資源工学研究領域 地域エネルギーユニットとの連携で、アクアポニックス施設で発生したウキクサバイオマスのバイオガス化に関して実験室での基礎的な実験が行われた。一方2019年度は夏季異常高温が続いたため、ビニールハウス内での日々の原料回収及び投入が困難であったため、現地でのパイロットスケールでの研究は進まなかった。メタン発酵用の種汚泥の入手には、つくば市に隣接する筑西市水処理センターから譲渡頂いた。

結果



- ウキクサ投入後，速やかにガスが発生する。
- ウキクサは，チモシーと比較して，初期のガス発生速度が大きいですが，ガス発生量は少ない。
- 種汚泥を10倍希釈すると初期のガス発生速度も小さく，ガス量も少ない。

図 5 ウキクサバイオマスとチモシーの回分式実験によるによるガス発生量の比較（中村氏資料より転載）

【研究情報の社会へ発信】

○世界湖沼会議の展示会：5 日間に渡って、昨年度開発された教育用アクアポニックスシステムの実演展示及び 3 年間の研究成果についてのポスター展示を行った。実演展示においては、炭素繊維水質浄化材及びスジエビ・テナガエビ（霞ヶ浦で採取）を用いた簡易浄化システム、生きたチョウザメの観察、アクアポニックスシステムの水循環機構の観察、栽培用ベッドとミニトマトつくば八ツ房トウガラシ等栽培状況の展示、籾殻を使った培土の展示等を行った。



図 6 世界湖沼会議での教育用アクアポニックスシステムの実演展示



図 7 世界湖沼会議での教育用アクアポニックスシステム展示の様子（学生ボランティアによる通訳・展示内容の説明（左） 配布用アクアポニックス小冊子の展示状況（右））



図 8 世界湖沼会議での教育用アクアポニックスシステム展示の様子（生きたチョウザメの観察展示（左） 炭素繊維水質浄化材及びスジエビ・テナガエビによる簡易型浄化槽システムの展示（右））



図 9 世界湖沼会議展示会での活動紹介ポスターの展示状況



農業用資材を活用した

低コスト水槽システムの開発

Making a low-cost water tank system
utilized agricultural materials



- 材料 (Materials)
- ・ビニールハウス用パイプ (Greenhouse pipe)
 - ・水田畦畔シート (Paddy ridge sheet)
 - ・ビニールハウス用パッカー (Greenhouse pipe packer)
 - ・結束バンド (Banding band)
 - ・耐水シート (要溶接) (Water-resistant sheet)



やってみよう“エビすくい” Let's try shrimp scooping



家へ持ち帰って水槽で飼育
Take it home and keep it
in home aquarium



イベントで“エビすくい”・・・1回100円！！
Shrimp scooping (100 yen/one time)



霞ヶ浦で淡水スズエビ・テナガエビを採取
collect freshwater shrimps in Lake Kasumigaura



アクアポニックスでエビを飼育
Breeding shrimps in Aquaponics



生きたまま持ち帰り
Take it home

低コストで高い効果

もみ殻堆肥の作り方

How to make low cost and effective
rice husk compost



もみ殻
Rice husk

光合成細菌培養液
Photosynthetic bacteria
culture solution



培養希釈液にもみ殻を一晩浸漬
Immersed rice husk in the diluted
culture solution overnight



水を切って、米ぬかを加え堆肥化
Drain water, then add rice bran and
make it compost



切り返しを数回し、1ヶ月後堆肥完成
Carry out airing several times,
compost is completed after one month

作物の病気が少なくなり果実等の甘みがのるケイ酸質のリッチな土壌改良材が完成！
The disease of the crop decreased, and the sweetness of the fruit increased.
We have created a siliceous rich soil conditioner!

太陽の恵みと養魚水を使って7次産業化
Development of seventh-order industry using
the grace of the sun and aquaponics fishery water



トウガラシを
育てて種を採る
We cultivated yatsuhusa
pepper and collected the
seeds.



種から育て養魚水で育った
“筑波八ツ房トウガラシ”
“Tsukuba Yatsuhusa Pepper”
grown with aquaponics fishery water



筑波山特産品“福来みかん”と調合
アクアポニックスから
“七福来”（しちふくれ）の誕生！
“Shichifukure”, combined with
Mount Tsukuba local special
agricultural products



おひさまドライヤーで天日乾燥
Sun-drying by using “Oshima dryer”



平成29年度いばらきデザインセレクションに選定
Selected as 2017 Ibaraki Design Selection



図 10 世界湖沼会議において展示したポスター (7 枚)

○世界湖沼会議での情報発信状況：

配布用の小冊子に関しては、日本語 300 部のうち 241 部、英語版は 300 部のうち 128 部を合計は 369 部個別に配布した。50 か国・地域から来場した約 4000 人の研究者や市民の 1 割に資料を配布することができた。また、会場では展示物を見ながら、大勢の人とじっくりとお話しができた。

○世界湖沼会議後の情報発信予定

平成 31 年 3 月 26 日 平成 31 年度日本水産学会春季大会 (東京海洋大学) 水産増殖懇話会 平成 31 年度第 1 回講演会 「陸上養殖への応用技術と最近の動向」 (飯島朗氏)

平成 31 年 9 月 4 日～ 6 日 農業農村工学会平成 31 年度大会 (東京農工大学) 農業農村工学会資源循環研究部会 講演会企画セッション 「持続可能な社会の構築に向けての資源循環の施策、事例及び技術」 (島田敏氏)

【3 年間の研究の成果】

(技術開発)

1年目に構築した培土設計及び施肥、病虫害防除技術（もみ殻堆肥・ケイ酸利用、光合成細菌・5-ALA利用、海藻肥料によるミネラル供給、バッドグアノによるリン酸供給、バイオガス液肥等）、2年目で構築された環境制御技術（透視度向上システム、夏季温度制御システム）、3年目に構築した自立化システム（エネルギー自立システム、雨水利用システム）の構築を行った。アクアポニクスシステムは、養殖可能な温度領域が、通常の施設園芸による植物栽培に必要な温度領域と比べて狭く、環境制御をより強く求められる。また、電力消費は、システムのランニングコストの増加に影響する。さらに、植物への農薬等薬剤の使用は、養殖生物の斃死をもたらす可能性も高く、こうした生産上の課題に関して、気が付いた課題から順に課題解決型の技術開発を実施してきた。これらの開発について体系化して整理してみると、図11に示すように

○1年目に構築した培土設計及び施肥、病虫害防除技術（もみ殻堆肥・ケイ酸利用、光合成細菌・5-ALA利用、海藻肥料によるミネラル供給、バッドグアノによるリン酸供給、バイオガス液肥等）、
○2年目で構築された環境制御技術（透視度向上システム、夏季温度制御システム）、
○3年目に構築した自立化システム（エネルギー自立システム、雨水利用システム）の構築を行った。

という手順で開発を進めてきたことがわかった。おおまかな整理を行った結果1年目は栽培における品質確保の技術開発を行い、2年目には養殖、栽培を両立できる環境制御の技術開発を行い、3年目においてコスト要因となるエネルギー、水資源の削減に関する取組を実施してきたことがわかった。コスト要素に関しては他に、イニシャルコストの低減、飼料コストの低減という2つの要素が課題として残されたが、概ねアクアポニクスシステムの安定化に関して技術開発が進んだ。

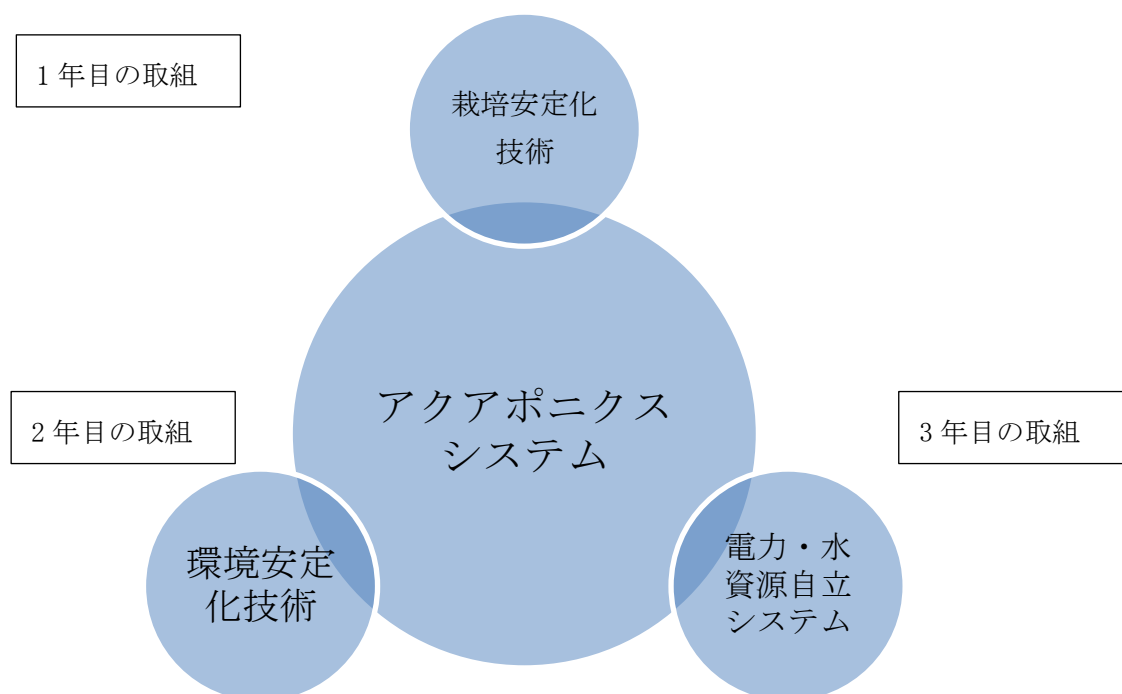


図 11 3年間の成果（アクアポニクス技術開発に関する取組の整理）

(社会技術 技術の応用・発展)

本研究では、

- ① アクアポニクスを実用化に導く生産の技術開発、
- ② アクアポニクス活用のアプリケーション開発、
さらに
- ③ 持続可能な技術システムの開発手法を、アクアポニクスを題材として、開発した。

① は前項に示した生産に関する技術開発であり、それらを体系的に実現してきた。②は図 11 に示すように、地域活性化や 6 次産業化あるいは 7 次産業化、教育システムとしての利活用、SDG s 教育への活用などのようにシステムの利活用あるいは実用化の課題への挑戦をおこなってきた。また、③は、これらの開発の取組の流れを振り返って再認知していく過程で導き出されたコデザインによる開発とそれをさらに推し進めた課題解決型コデザインによる開発手法が本研究から創造できたことがわかった。課題解決型コデザインでは、コデザイン（協調設計）により、目下の課題を累積的に解決し続けていくことでシステム開発のみならずアプリケーション開発が相互に干渉しながら行われることで、その行為を何段階にも累積していくことで、多くの課題を解決された独自の手法が誕生してくことになる。この独自性の創出を「make unique」と名付けた。持続可能な社会とは持続不可能な課題を超克していくことで実現されていくと考えられるため、持続性上の課題を、技術及びハードウェアとアプリケーション（実用）と協調して解決し、最終的には従来とは全く異なる領域(unique)まで深化させ開花させることが持続可能な社会において新たな活力・健全な競争力を生み出す古くて新しいメカニズムとなってくるのではないかと考えられる。

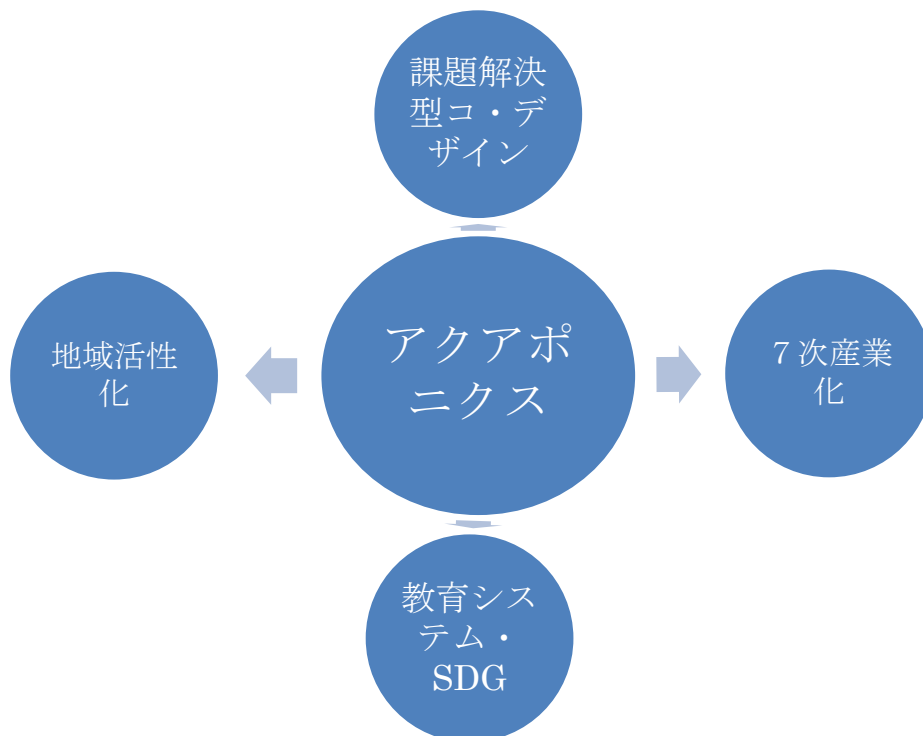


図 12 3 年間の成果（研究から生み出された社会技術 技術の応用・発展）

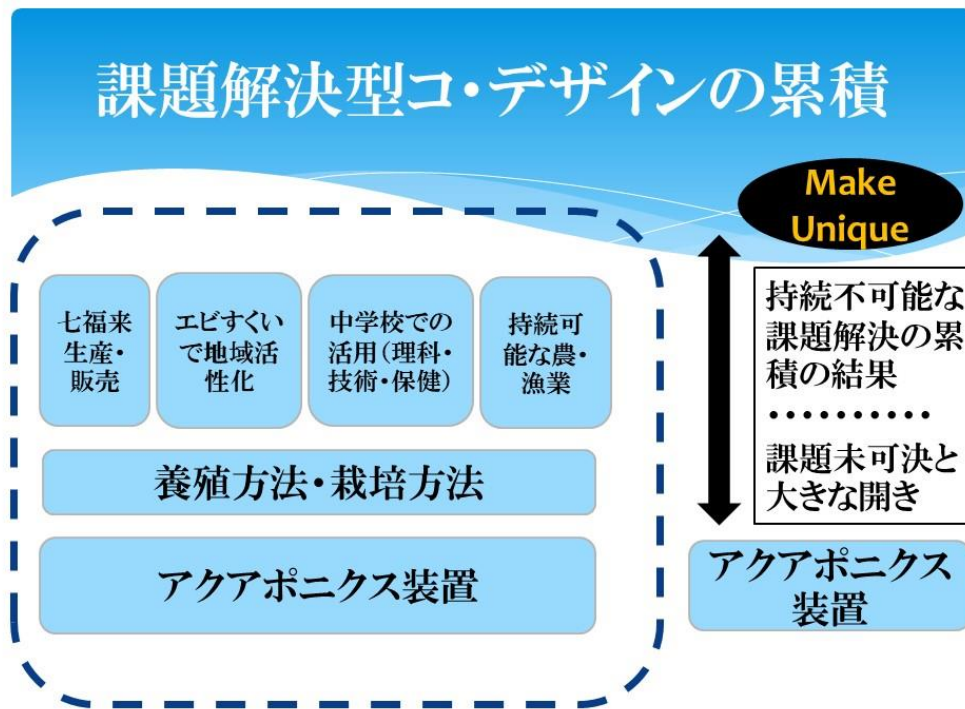


図 13 アクアポニクス開発から創出された課題解決型コデザインの発想とその累積効果によって到達される Make Unique な技術の深化

【まとめ】

- 教育用アクアポニクスシステムをベースに環境自律制御型及び再生可能エネルギーと雨水による自立型システムが構築できた。
- アクアポニクス技術をまとめた小冊子を作成した。
- 世界湖沼会議において、約 40 か国 400 人の市民、水環境の専門家に対して研究成果の提供、情報発信ができた。
- 3 年間の研究活動で、アクアポニクス技術に関して本技術開発が体系化された。
- 持続可能な社会における活力と競争力を生み出す開発メカニズム（課題解決型コデザインの累積⇒Make Unique）を発見した。

【今後の展開】

- 日本水産学会、農業農村工学会での講演等を通して、研究成果の学術分野への発信を進めていく。
- 本年度作成されたアクアポニクス技術小冊子を増補し内容を向上させる。
- 教育用アクアポニクスハウスシステムを実際に活用し栽培・飼育を行い、実使用時の環境制御、水質制御、エネルギー自立、水資源の自立に関して計測を実施する。さらに教育用アクアポニクスハウスシステムで得られた知見を実生産施設へ応用する道筋を検討する。
- 課題解決型コデザインの累積⇒Make Unique のコンセプトをさらに検討し、持続可能な社会における活力と競争力を生み出す開発メカニズムとして検討をすすめる。