

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「生物資源」

研究課題名「持続的食料生産のための乾燥地に適応した

露地栽培結合型アクアポニックスの開発」

採択年度：平成 26 年度/研究期間：5 年/相手国名：メキシコ合衆国

平成 29 年度実施報告書

国際共同研究期間*1

平成 27 年 5 月 5 日から平成 32 年 5 月 6 日まで

JST 側研究期間*2

平成 26 年 5 月 1 日から平成 32 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 26 年 5 月 1 日)

*1 R/D に基づいた協力期間 (JICA ナレッジサイト等参照)

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた年度末

研究代表者： 山田 智

鳥取大学農学部・教授

5-3 養殖・農業結合システムにおける水利用効率評価法の開発		←			→	*2
5-4 露地栽培土壌の塩類化防止技術の開発		←			→	*3
5-5 暫定版養殖・農業結合システムの構築・展示			←		→	*4
6. 実証サイトでの技術的検証結果のモデルシステムへの反映と普及可能要件の把握（社会実装グループ）						
6-1 南バハカリフォルニア州におけるシステムの導入可能な普及対象者・普及対象地域把握のためのベースライン調査	←				→	
6-2 実証試験のための実証サイトの選定		←	→			*5
6-3 塩分を含む水の塩分濃度および普及対象農家等のニーズに合わせた養殖・農業結合システムの検討		←			→	*6
6-4 実証サイトでの実証試験			←		→	*7
6-5 実証試験の結果を元にした養殖・農業結合システムの技術マニュアルの策定				←	→	*7
6-6 普及対象者がシステム導入のために必要となる要件の把握					←	

- *1; 最終年度の日本での栽培実験で制御不能な事態のため当初計画していた実験が実施できなかったこと、ならびに現地サイトでの養殖・水耕栽培との連結した実証実験が遅延した。加えて、本検討は実証実験サイトのデータも必要とするため、その建設が遅れたため、
- *2; 養殖・水耕栽培・露地栽培が連結した実証実験が遅延したため。
- *3; 最終年度の日本での栽培実験で制御不能な事態のため当初計画していた実験が実施できなかったこと、ならびに現地サイトでの養殖・水耕栽培との連結した実証実験が遅延したため。
- *4; 農家実証試験モデルシステムの建設が遅延し、平成30年7月に完成する予定であるため。
- *5; 農家実証試験サイト選定について、より詳細な経営分析のための調査が必要となったため。
- *6; 本検討は農家実証試験モデルシステムの建設後も実施する必要があるが、農家実証試験モデルシステムの建設が遅延し、平成30年7月に完成する予定であるため。
- *7; 農家実証試験モデルシステムの建設が遅延し、平成30年7月に完成する予定であるため。
- *8; 実生産試験の対象となる養殖適種の選定は終了したが、養殖適種の今後の動向を見極め、社会実装の際の参考データを得るため、期間を延長し、実生産種以外の対象種の調査を行うこととため。

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

農家実証試験のための実証サイトを少なくとも2カ所としていたところ、1カ所に変更した。

【平成29年度実施報告書】【180531】

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(1) プロジェクト全体

・成果目標の達成状況とインパクト等

養殖グループとして、ナイルティラピア、バナメイエビ、スヌークを選定した。実際にホワイトスヌーク *Centropomus viridis* の種苗をメキシコ北西部生物学研究センター (CIBNOR) に導入し、モデルシステムにて飼育を開始した。数理モデルの構築、農家実証試験モデルシステムにおける閉鎖型循環式養殖システムの設計を行なった。作物グループとして、赤茎フダンソウ (すでに選定してるフダンソウは白茎フダンソウ) も水耕栽培適種になり得ることを示した。またフダンソウに加えてスベリヒユおよびスアエダも微量元素無添加の養殖廃液で栽培できることがわかった。電力供給グループとして、CIBNOR モデルシステムにおける 1 日積算平均消費電力量が 62 kWh/day 程度であり、そのうち養殖用電力消費量が約 90% を占めることを示した。また、ラパス市の日射エネルギー量の季節間格差を検証し、太陽光発電の発電量予測と実用的な詳細設計に極めて重要な知見を得た。ロス・プラネスに導入される農家実証試験モデルシステムにおける電源システムの詳細設計を実施し、設計手法の技術移転が着実に行われた。安全性評価グループとして、リアルタイムで PCR 法およびマイクロコロニー法等の方法が微生物の迅速検出法として有用であることを明らかにした。さらに、出荷前の餌抜き処理により微生物学的安全性を向上できる可能性を示唆した。また、CIBNOR モデルシステムでの微生物モニタリングを行い、現在、網羅的な微生物群集構造解析を進めている。結合技術グループとして、塩濃度の高い灌漑水を用いてトウガラシを栽培する場合には適度な時期にリーチングを行わなければ所定の収量は期待できないこと、水耕栽培からの廃液と除湿機による回収水との混合で露地栽培での栽培が可能であることを明らかにした。また、農家実証試験サイトの土壌の理化学特性を明らかにした。社会実装グループとして、ラパス市内における魚類・野菜類の継続した価格調査により、モデル農家の収益性評価の一環として、売上高の計算が可能となった。さらに現地調査結果を基に農家実証試験のためのモデル農家一戸を選定した。

・プロジェクト全体のねらい

急激な人口増加による食料危機と水の争奪戦が起こるとされる 21 世紀において、水利用効率向上と環境保全型持続的食料生産を実現する技術開発は、人類最優先の課題である。プロジェクト全体のねらいは、乾燥地において塩分濃度の高い水を効率的に使用し、環境保全型持続的食料生産を行なうことである。そのために、1) 養殖と農業の組み合わせたアクアポニックスシステムの構築と、それにとりまう 2) 水利用効率の向上、3) 好塩性作物による塩水からの除塩、4) 土壌塩類化の防止、5) 太陽光発電を含む電力利用、6) 生産物の安全性評価を実現するとともに、7) 構築した技術の普及要件の洗い出しを行なう。

・地球規模課題解決に資する重要性、科学技術・学術上の独創性・新規性

世界の乾燥地域では、水資源の減少や枯渇、そして水質の悪化、土壌塩類化が急速に進行している。乾燥地域は世界の陸地の約 40 パーセントを占めており、そこには世界人口の約 35 パーセントが暮らしていることを考えると、乾燥地域における水資源の保全や土壌塩類化の防止は、まさに地球規模課題であろう。本研究の取り組みでは、養殖と農業を結合させた食料生産システム (アクアポニックス) を用いて、水の効率的な利用と作物による塩除去を行うことにより、水資源の保全と土壌塩類化の防止を狙

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

う。本システムの生産工程には、水産養殖、作物水耕栽培および作物露地栽培の3つの要素が含まれる。同一の塩分を含む水を、これら要素の用水とする技術は学術上高い独創性と新規性を有していると考えている。この生産システムで必要となる電力は、僻地でも稼働可能となるように太陽光発電システムにより賄う。また、同じ水を長期使用するために懸念される有害性微生物の発生の有無をモニタリングする技術により、安全性を保証している。乾燥地域における水の保全と土壌塩類化防止を実現させるという革新的な生産システムを自然エネルギー利用により駆動した上で、安全な農水産物を提供する本研究は、科学技術・学術上の独創性・新規性を有していると言える。

・ 研究運営体制、日本人人材の育成(若手、グローバル化対応)、人的支援の構築(留学生、研修、若手の育成)

本プロジェクトは、養殖グループ、作物グループ、電力供給グループ、安全性評価グループ、結合技術グループおよび社会実装グループの6グループにより行なわれている。研究運営については、情報交換・資料提供をグループ間で行なっている。CIBNORにおける実施研究についても渡航時の交流やTV会議・メールによる意見交換を行なっている。

日本人若手研究員3名および研究従事者としての学部・大学院生合計7名は、CIBNORにおいて研究活動を行なうとともに、CIBNOR研究員・技官・学生との研究交流を通してグローバル人材となりつつある。また鳥取大学および東京海洋大学において、本研究に関連する卒論・修論課題に取り組む学生の育成も進めている。

平成27、28、29年7-8月には、JICA短期研究員受入においてCIBNOR研究員合計15名に研修を行った。

(2) 研究題目1:「塩分を含む水を利用した養殖技術の確立」(リーダー: 遠藤雅人)

①研究題目1の当初の計画(全体計画)に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

1) 養殖適種の選定

養殖適種の選定にあたってはこれまでに淡水魚としてナイルティラピア *Oreochromis niloticus*、広塩性のエビとしてバナメイエビ *Litopenaeus vannamei*、同じく広塩性のスヌーク *Centropomus sp.* の選択に至っている。本年度はスヌークに関して実際に飼育を行う種について選定を行った。その経緯を下記に示す。

第3種目の海水魚の選定に関しては、平成27年度に養殖適種の抽出と各魚種の生産特性、ラパス近郊の種苗生産施設からの種苗入手可能性などの基礎資料を作成した結果、抽出された養殖魚は11属20種であった。平成28年度はその中から低塩分耐性、飼育・繁殖の難易度、市場価格等からスズキ目セントロポマス属のブラックスヌーク *Centropomus nigrescens* を選択した。ブラックスヌークはカルフォルニア半島南端、カルフォルニア湾口からエクアドルに至る沿岸地域に生息し、水産上高級魚として扱われる種である。広塩性の魚類で淡水から海水まで飼育が可能であり、成長率、飼料効率ともに飼育水塩分に大きな影響を受けないと報告されている。また、30℃の高水温にも十分に対応可能な種である。最大サイズは1mを超える。種苗生産は比較的難しいがCIBNORおよびメキシコ食品研究開発センターCIADにおいて技術開発を行っている。また、魚食傾向が高いため、共食いの影響調査および防除法の検討も併せて必要となる。ただし、本種は日本に導入されていない種であるため、CIBNORにおける飼育実

【平成29年度実施報告書】【180531】

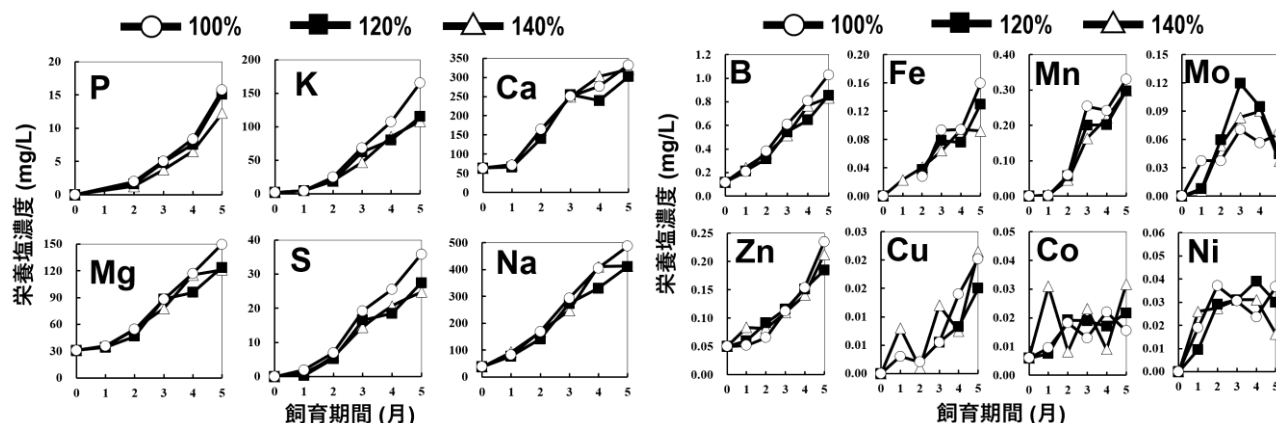
験が必須となる。平成 28 年 12 月に CIAD にてブラックスヌークと同属であるホワイトスヌーク *Centropomus viridis* の採卵・種苗生産に成功した。そこで CIBNOR においても新規の魚種であるホワイトスヌークが注目され、本プロジェクトでも本種を対象種として用いることとした。ホワイトスヌークはカリフォルニア半島からガラパゴス諸島を含むペルー沿岸まで生息しており、最大サイズも 1m 強とブラックスヌークと類似している。平成 29 年 10 月に CIBNOR モデルシステムの閉鎖型循環式養殖システムへ本種が導入され、現在、給餌量(率)の決定に向けた飼育実験を行っている。今後、生産試験を考慮して給餌飼料の質、水質環境の設定、飼育水温、および飼育密度について精査を行うとともに物質フローの調査を行う計画である。スヌークの種苗生産を含む養殖研究については比較的新規の魚種であり、これまでの研究では、主に大西洋側に生息するコモンズヌーク *C. undecimalis*、ソードスパインズヌーク *C. ensiferus*、ファットスヌーク *C. parallelus*、ターポンスヌーク *C. pectinatus*、太平洋岸に生息するブラックスヌーク *C. nigrescens* に関するものが多いが、ホワイトスヌーク *C. viridis* はほとんど研究事例がない種であり、多くの研究要素を有している。

当初の計画であった 3 種の養殖種について十分な検討を行った結果、上記のように選定することができた。今後は 2) 養殖適種の最適飼育環境の決定を各々の種で検討していく。

2) 養殖適種の最適飼育環境の決定

2.1) CIBNOR モデルシステムにおけるティラピア養殖廃液の元素組成の把握

閉鎖型循環式養殖システム 1 基は、飼育槽(容量: 1000L)、沈殿槽(145L)、泡沫分離装置、円筒形の濾過槽(容量: 360L)、水流ポンプ(消費電力 60W)、紫外線殺菌装置(20W)から構成され、酸素供給用にコンプレッサー(1 馬力 12 基分)を設置している。濾過槽は担体流動生物濾過方式(Moving Bed Biofilm Reactor, MBBR)を採用し、プラスチックの濾材を通気によって流動させながら生物濾過を行う方式である。なお、本システムは将来的に海水魚が飼育可能な仕様となっている。平成 28 年度はこの閉鎖型循環式養殖システムを整備し、CIBNOR のナヤリットユニットから Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) を導入して成長特性を把握するとともに異なる給餌量、すなわち、基本給餌率の 100%、120%および 140%での飼育実験を試みた。この生産により 300mgN/L 以上の硝酸塩を含む飼育廃水が水耕栽培に提供可能であることもわかり、飼育廃水を水耕栽培モジュールに必要な分供給することが



CIBNOR モデルシステムでのティラピア飼育試験における飼育水中多量元素の経時的変化

CIBNOR モデルシステムでのティラピア飼育試験における飼育水中微量元素の経時的変化

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

できた。平成 29 年度は個々の元素フローについても把握することが可能となり、廃水におけるさらに詳細な元素蓄積傾向が明らかとなった。ほとんど元素が飼育期間の経過に伴い、濃度の上昇がみられたが、微量元素のコバルト、モリブデンおよびニッケルは実験期間の後半で濃度の停滞および低下が生じた。これは飼育水中の物質の溶解沈殿平衡に起因しており、その他の元素の濃度上昇によってこれらの微量元素における飼育水中での溶解度が下がったことで沈殿を起こしたと考えられる。

今後は餌、魚体および沈殿物の元素組成を総合的に解析するとともに実データを数値モデルに応用することで農家実証試験モデルシステムにおける生物バランス、すなわち、養殖魚や栽培作物の重量比や種苗の導入・出荷時期、廃水の移動時期や成育方法といった運用方法の検討に利用する。

2.2) CIBNOR モデルシステムにおけるホワイトスヌーク種苗の成長試験

平成 29 年 10 月に CIBNOR モデルシステムの閉鎖型循環式養殖システム 8 基を用いてホワイトスヌークの飼育を開始した。1 水槽につき、24.4g の稚魚を 90 尾収容し、現在、CIBNOR の地下水(塩分 6psu)を用水に用いて適正給餌量(率)の試験を行っている。飼育期間は 133 日で飼育水温は 24.6 ± 2.2 ($21.0 \sim 30.3$) $^{\circ}\text{C}$ 、塩分は 4.39 ± 0.48 ($3.38 \sim 7.81$) psu、溶存酸素は 7.83 ± 1.14 ($3.09 \sim 9.33$) mg/L、pH は 6.86 ± 0.58 ($4.72 \sim 8.44$) で推移した。稚魚の摂餌率は設定した給餌率(2.40~4.40%)を概ね下回り、1.23~1.67%で推移した。成長率は 0.65~0.94%であり、飼料効率は 64.9~83.1%となった。ティラピアと比較すると摂餌率および成長率は約 1/2、飼料効率も若干低い値となった。これは飼育環境や飼育者への慣れが不十分であり、この点に関しては魚を安心させる目隠し等の飼育装置の改良や給餌方法の検討が必要であると考えられる。



ホワイトスヌーク *Centropomus viridis*



CIBNOR モデルシステムの養殖水槽に
移送されたホワイトスヌーク



ホワイトスヌークの測定



魚体重測定

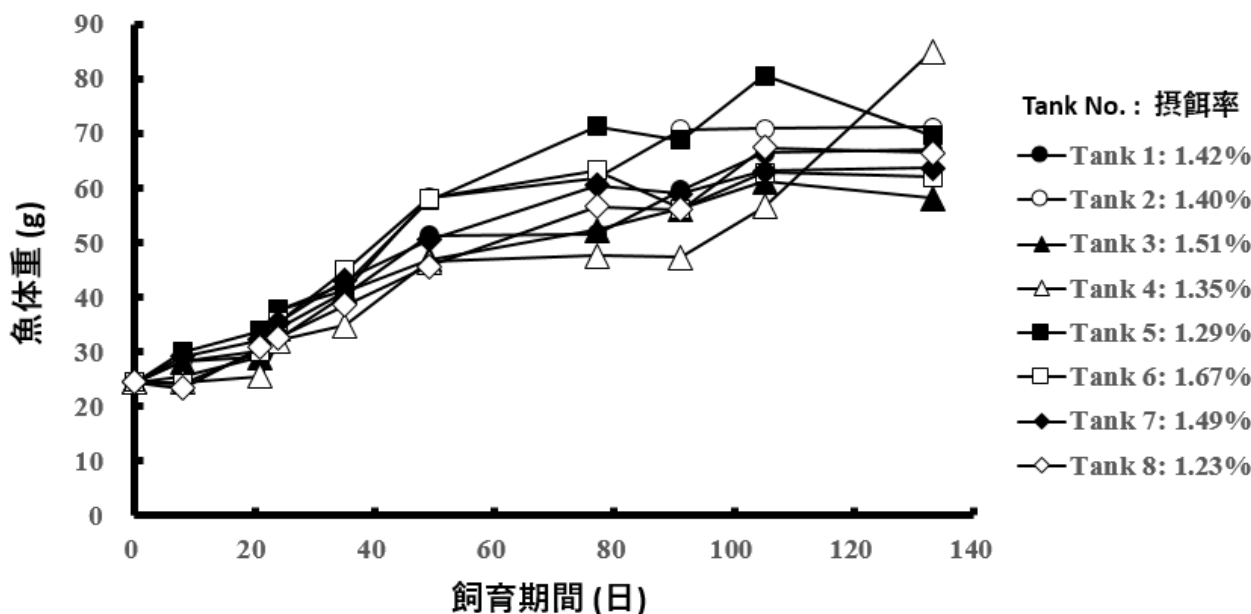


全長・体長測定

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

本飼育試験の結果から成長率はティラピアには及ばないが、スヌークは 4psu 程度の低塩分でも飼育が可能であり、順調に成長することが明らかになった。

平成 30 年度は飼育廃水中の元素組成分析を行い、後段の水耕栽培の液肥として利用するための生物バランスや不足元素の特定を行うとともに出荷サイズまでの飼育についても試みる。



各水槽におけるホワイトスヌーク *Centropomus viridis* の魚体重の経時的変化

2.3) バナメイエビの飼育実験

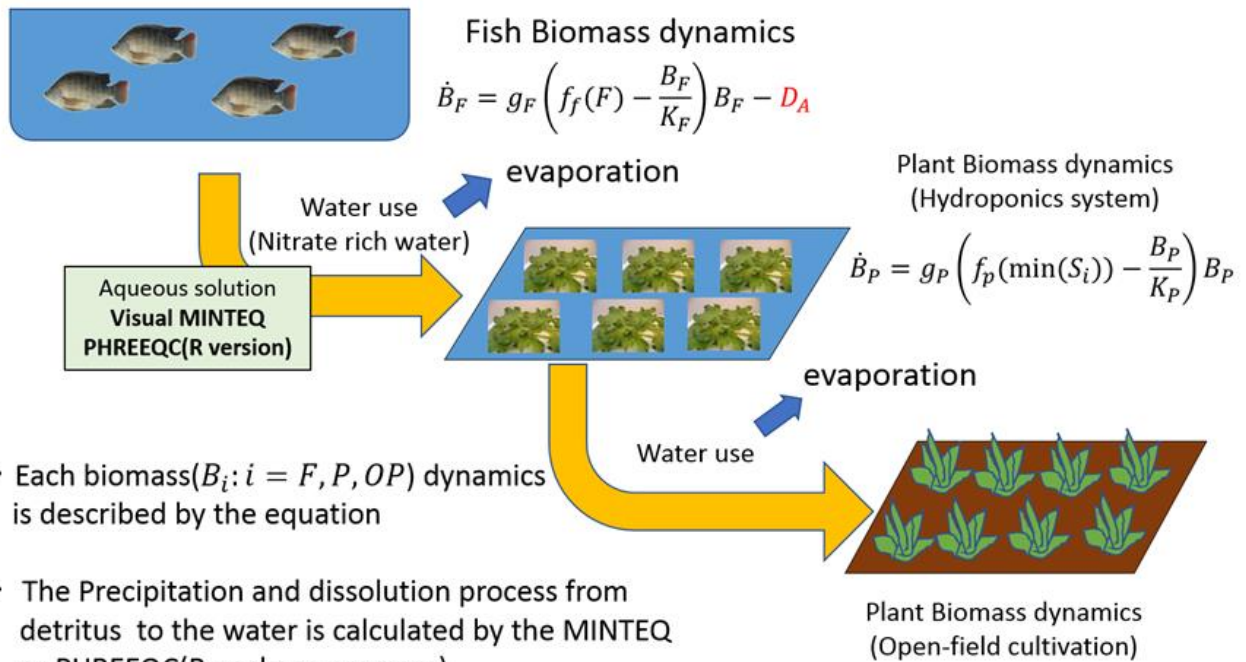
平成 29 年度から東京海洋大学にてバナメイ *L. vannamei* の小型循環式飼育システム (水量 50L/システム) を構築し、異なる塩分環境下 (3psu、16psu および 34psu) でのバナメイの飼育を試み、生産性の確認と各種元素の物質挙動を把握している。平成 30 年度には鳥取大学モデルシステムにおいても 4psu の地下水を用いて閉鎖型循環式飼育システムでのバナメイの飼育を行い、飼育水を後段の水耕栽培に使用する計画である。

2.4) 数理モデルの構築

平成 29 年度はこれまで各モジュールで得られたデータを集約し、物質フローの最適化と可視化を目的として数値モデルを構築する準備を行った。魚、植物 (水耕栽培、露地栽培) のバイオマス動態は方程式で記述することとし、魚は餌 (F)、水耕栽培、露地栽培の植物のバイオマスは制限栄養塩の量によって増加量が決定するが、バイオマスの量が環境収容力 K_i ($i=F, P, OP$) よりも多くなるとバイオマスの増加速度が遅くなる。最終的にはある一定量に到達する。沈殿物から水への沈殿溶解に関しては MINTEQC または PHREEQC (R のパッケージ) を用いて計算する。水耕栽培で利用された用水は露地栽培へ利用される。最終的に、他グループとの連携により、それぞれのバイオマス動態を記述する方程式に必要なパラメータを推定し、(収量を最大化する意味で) 最適な収穫量と魚と植物の収穫時期を推定する。

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

物質フローにおける数理モデルの構築



• Each biomass(B_i ; $i = F, P, OP$) dynamics is described by the equation

• The Precipitation and dissolution process from detritus to the water is calculated by the MINTEQ or PHREEQC(R package program).

• From help from every team, to predict the optimal yield (maximize total yield) and best timing of the harvest of plant or fish by estimate the parameters for equations.

$$\dot{B}_{OP} = g_{OP} \left(f_{op}(\min(S_{i,hydro}, S_{i,outside})) - \frac{B_{OP}}{K_{OP}} \right) B_{OP}$$

②研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

平成29年度短期研修の際には、ティラピアの系統保存を目的としてエクトル・アコスタ・サーモン博士とティラピア精子の凍結保存と精子の運動能に関する実験を行った。具体的には液体窒素によるティラピア精液の凍結と解凍を行う際の凍結剤の評価を CCD カメラ付属の生物顕微鏡で撮影し、画像処理ソフト Image-J にて動画解析を行って運動能の数値化を行った。結果として凍結剤としてはメタノールが



ティラピア精液の採取



液体窒素からのサンプル取り出し



凍結精液の解凍

【平成29年度実施報告書】【180531】

DMSO やグルコースと比較して優れていることが分かった。

③研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

平成 28 年度の CIBNOR モデルシステムの運用に際して 280mgN/L 程度の硝酸塩濃度でティラピア養殖廃液を水耕栽培システムへ供給して欲しいとの要請が作物グループからあり、検討を進めたところ、カウンターパートであるフランシスコ・マガジョン博士より、魚体への硝酸蓄積が懸念されるとの指摘があった。そこで平成 28 年度から 29 年度にかけて日本において高濃度硝酸塩を含む飼育水で飼育したティラピアについて魚肉中の硝酸濃度について検討を行うこととした。1995 年、FAO/WHO 合同食品添加物専門家委員会 (JECFA) は、食品添加物としての硝酸塩 (硝酸ナトリウム) について、一日許容摂取量 (ADI) を、体重 1kg 当たり 5 mg (硝酸イオンとして 3.7 mg) と設定している。これは食品添加物のみならず食品に含まれる硝酸塩についても総量として考慮すべき値である。平成 29 年の実験の結果、循環式養殖によって 300mgN/L 程度の硝酸塩を含む飼育水中で生産されたティラピアでは約 $30 \mu\text{gNO}_3^-/\text{g}$ 魚肉への硝酸蓄積が認められた。さらに硝酸塩をほとんど含まない飼育水中で 5 日間の出荷前処理を行うことで約 $10 \mu\text{gNO}_3^-/\text{g}$ まで低減することが可能となり、流水飼育と同等の結果が得られた。体重 60kg 成人の硝酸イオン許容摂取量 $222\text{mgNO}_3^-/\text{g}/\text{日}$ となり、ティラピア魚肉だけで換算すれば、1 日に出荷前処理より以前の魚肉で 4.4kg、出荷前後では 22.2kg 程度まで摂取できる計算となる。

同様にティラピアにおいては、300~400mgN/L 程度の高濃度硝酸塩を含む飼育水中で 120 日程度飼育を行うと腸内に排泄物が残留することが新たに分かった。また、一部の個体では排泄物が液状であったことから、消化不良や水分の排出不良を起していることが考えられた。さらに肝臓体重比および肝臓の水分含量について調査したところ、有意差は認められなかったが、肝臓体重比、肝臓中水分含量は流水式飼育と比べ、高濃度硝酸塩を含む飼育水中で飼育を行った方が若干高くなった。これも腹水および腸内残留物と同様に水分の排出異常が関与していると推察された。肝臓の組織切片の観察では、流水式飼育の魚でわずかな類脂肪が散在していたが、高濃度硝酸塩を含む飼育水で飼育した魚で肝臓内に多くの類脂肪が一様に観察された。以上の結果から、成長に影響をほとんど及ぼさない 300~400mgN/L の硝酸塩を含む飼育水がティラピアの内臓に影響を及ぼすことが明らかとなった。今後はこの詳細な原因を明らかにし、閉鎖型循環式養殖における養殖魚の健全性を保持するための適切な水質維持に資するデータを得る必要があり、本プロジェクトにおける水管理についても硝酸塩濃度にこれまでの設定よりも低濃度で管理する方が望ましいという結論に至った。

④ 研究題目 1 の研究のねらい (参考)

1) 養殖適種の選定

本養殖・農業結合システムにおける養殖適種として、様々な塩分条件 (特に低塩分) 下での閉鎖型循環式養殖が可能であり、かつ付加価値の高い種を選定する。そこで、プロジェクトサイトにおける市場調査等の情報収集を行い、付加価値の高い魚種を選定するとともに、種苗生産や配布状況についても調査を行う。また、プロジェクトサイトで取引されている魚介類の情報収集および南バハカリフォルニア州における種苗生産や配布状況について調査を行う。

2) 養殖適種の最適飼育環境の決定

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

本養殖・農業結合システムにおける養殖適種として、ティラピア、バナメイエビおよび広塩性の海水魚をモデル種とする。まず、ティラピアについて、様々な塩分濃度の水を用いて生産性および物質収支を把握する。本システムにおいては水産生物から排泄される物質を栄養塩として作物栽培に利用するため、閉鎖型循環式養殖システムから排出される物質の形態(溶存態、懸濁態、固形沈殿物)の把握が重要になることから、その物質の形態について明らかにする。さらに作物水耕栽培に好適な培養液作製のための餌に対する添加剤の検討を行う。バナメイエビについては基本的な元素レベルでの物質フローを明らかにするとともに様々な塩分で排水成分の比較を行い、水耕栽培の培地元素としての有効性、すなわち、元素の過不足を把握し、不足元素の特定を目的に飼育実験を行う。海水魚に関しても概ね同様の物質フローの把握が必要となる。

⑤ 研究題目1の研究実施方法(参考)

1) 養殖適種の選定

適種の選定に関しては南バハカリフォルニア州における気候、用水量および成分、養殖の難易度や実現性を考量し、アクアポニックス全体の物質移動や経済性の試算も重要な要素となる。養殖種の選定では、価格の精査および既存データの検索による飼育環境の把握と地域気候、用水との適合性を見極め、実生産に近い形で生産実験を行い、養殖適種の最適飼育環境の決定および物質フローに関して検討を進める。

2) 養殖適種の最適飼育環境の決定

養殖環境および飼育方式の最適化は採算性に直接つながる生産効率を上げるために極めて重要な項目である。飼育環境の設定は養殖魚と直接物質の出入りのある飼育水の設定のみならず、給餌する餌、光環境についても大きな影響を受けるとともに、養殖魚それぞれに生理・生態の特性が異なるため、これまでに選定種を用いて様々な手法で行われた飼育実験結果を基に生産性の高い飼育方式を模索し、更なる効率化のアイデアも導入しながら、実生産実験を進めることが重要である。特にそれぞれの国で生産種の販売価格、種苗や飼育施設、餌、水、エネルギーのコスト、気候や用水の温度・水質が異なるため、経済性の観点からどの要素に対して重点を置いて検討を行うかについて、また、どの要素が経済性を大きく左右するのかを見極める必要がある。本研究においては野菜から水産物までの様々な生産カテゴリーの種に関してこの課題に取り組む必要があり、複雑化しているが、社会実装の検討でこれらを可視化していく。

(3) 研究題目2:「塩分を含む水を利用した栽培技術(水耕・露地)の確立」(リーダー: 山田 智)

① 研究題目2の当初の計画(全体計画)に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

1) 栽培適種の選定

これまでの研究結果から、サリコルニア、フダンソウ、テーブルビート、コキア、スベリヒユ、キヌア、オカヒジキ、スアエダが高い塩濃度下(40 mmol L⁻¹~200 mmol L⁻¹)においても良好な生育を示すことが明らかとなった。本研究の水耕栽培適種の選定には、各植物種が好塩性および高塩吸収能があることに加え、メキシコの市場に出回っており換金価値があることも重要である。そこで、社会実装グループによる市場調査の結果から、塩吸収能および市場価値のあるフダンソウ、テーブルビート、スベリヒ

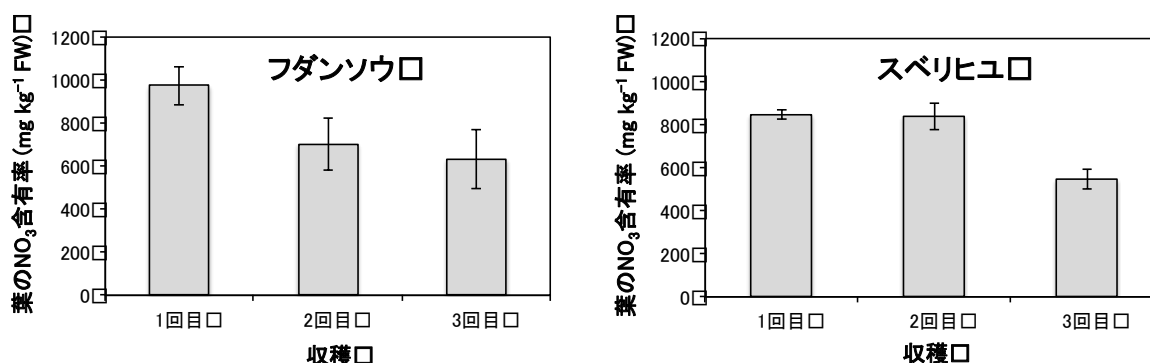
ユ、スアエダの4種を栽培適種として選定した。

フダンソウにおいては白茎の種よりも赤や黄茎の品種がより換金価値が高い。そこで、フダンソウ4種の塩に対する生育応答を調査した。その結果、50 mmol L⁻¹程度の塩濃度下では普段栽培している白茎フダンソウに加え、赤茎種の生存率が約64%と比較的高い値を示し、赤茎フダンソウも栽培適種として妥当であることが分かった。

2) 栽培適種の最適栽培法の決定

本年度は、CIBNOR モデルシステムにおいてティラピア養殖廃液を用いて候補植物種の栽培を行った。CIBNOR 養殖廃液中には、植物の生育に必要な元素のうち特に微量元素の鉄 (Fe) およびマンガン (Mn) が非常に不足しており、Fe においては水耕栽培で一般的に用いられる基本培養液の4%ほどしか含まれていない。そこで、微量元素添加区と、養殖廃液のみの区を設けてフダンソウを栽培した結果、収量およびクロロフィル含量とも2処理間に有意差はなかった。このことから、養殖廃液のみを用いてフダンソウの栽培を行えることが分かった。同様にスアエダとスベリヒユを養殖廃液のみで栽培した結果、微量元素欠乏を呈することなく1~1.5ヶ月間の栽培および一定の収量を得ることができた。

CIBNOR 養殖廃液から水耕栽培に供給される水のNO₃-N濃度は約200~280 ppmとなっており、これは普段水耕栽培で用いる値の3~5倍である。人間の体内にNO₃が過剰に取り込まれると、血液中のヘモグロビンの鉄分を酸化させ酸素の運搬を妨げるため、食品の安全性を確保することは重要である。EUの葉物野菜に含まれるNO₃濃度の安全基準値は3,500mg/kg FWであり、フダンソウとスベリヒユの葉のNO₃濃度を調べたところ基準値よりも低い値を示したことから、人体への影響はないことが分かった(図)。



CIBNOR モデルシステム内において、トウガラシ (品種 ; アバネロ・オレンジ) およびトウガラシ (品種 ; ポプラノ) の露地栽培を行なった。水耕栽培を経て排出された水に、除湿機によって回収された水を混合して灌漑を行った。混合比は水耕廃水 1 に対し、除湿機の水が 5~6 であることが明らかとなった。2 種ともに生育は旺盛であったが、栄養生長期におけるコナジラミやハモグリバエなどの害虫の被害が多かった。本システム内では魚を養殖していることから、一般的な農薬の使用は控えたい。病虫害対策は今後の課題である。

② 研究題目2のカウンターパートへの技術移転の状況

本年度の短期研修員受入において、CIBNOR の作物グループに属するマルガリート・ロドリゲス研究員

【平成29年度実施報告書】【180531】

に対して、鳥取大学で技術研修を行なった。水耕および露地栽培法全般について教授した。マルガリート研究員は、化学系実験室を管理しており、本研究において主に水耕・露地栽培で収穫した作物中の元素分析などを補佐している。鳥取大学では、水耕栽培のための培養液調製法、育苗法および移植法について教授した。

③ 研究題目2の当初計画では想定されていなかった新たな展開

水耕栽培では、植物種が生育の過程で養殖廃液から塩を吸収し除去することが最も重要な課題となっている。日本で行なった実験ではフダンソウは培地から50%強の塩を除去できることが明らかとなっている。しかし、本年度のCIBNORにおける栽培実験結果からフダンソウによって除去された塩分は10～50%であり、栽培時期や生育度合いによって異なっていた。これは、メキシコの気温が非常に高く蒸発散量も多くなったことが、一つ大きな原因として挙げられる。このことから、できるだけ蒸発散量を抑えるために、より栽培期間の短い種であることも重要な栽培適種の選定基準となった。また定量的な塩除去率を算定するために、今後は培養液の深さを可能な限り一定とした上で、Na (g) /時間 (day) /面積 (m²) として示すようにする。

④ 研究題目2の研究のねらい (参考)

本養殖・農業結合システムにおいて、塩分を含む養殖廃液を用いて、塩分を吸収することにより生育を促進させる好塩性作物を水耕栽培する。水耕栽培において好塩性作物により低塩化された培養液を養殖・水耕栽培室内大気から回収した真水で希釈した水を利用して、高付加価値作物を露地栽培する。塩類濃度を低下させた水を節水農業に利用することにより、土壤の塩類化リスクを大幅に低減し、持続的農業が可能となる。そのために本年度は、栽培適種の最適栽培法の決定のために、好塩性作物における水耕培養液の塩分濃度応答性を調査した。また、露地栽培適種として、換金価値の高いトウガラシ類およびハーブ類の土耕栽培試験を実施した。

⑤ 研究題目2の研究実施方法 (参考)

水耕栽培における“栽培適種の最適栽培法の決定”のために、CIBNORモデルシステムにおいて実際にティラピア養殖廃水を用いて候補植物種の栽培を行った。栽培中には蒸発散量の測定および電気伝導度の変化を、栽培後には作物の成長量および栄養塩吸収量を調査した。また、調製塩性土壌を用いてトウガラシ類およびハーブ類を土耕栽培し、栽培後に作物の成長量および品質を調査した。また、CIBNORモデルシステム内の土壌および廃水を用いてトウガラシ2品種を栽培し、栽培方法の抽出を行った。

(4) 研究題目3:「養殖・農業結合システムに適した電源の最適化」(リーダー:田川公太郎)

①研究題目1の当初の計画(全体計画)に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

1) 養殖・農業結合システム稼働に必要となる電力消費量の把握

太陽光発電システムの電力供給能とシステムの運用適性を長期的に評価するために、平成28年12月から、CIBNORモデルシステムの実証試験サイトにおける水平面および傾斜面(傾斜角25°)の日射強度を測定している。現地の日射エネルギー量の蓄積が15ヶ月間で着実に進み、まずは1年を通じた日射特性が明らかとなった。代表例として、図1に平成28年12月～平成29年12月における水平面および

【平成29年度実施報告書】【180531】

傾斜面の月積算日射エネルギー量を示す。月積算日射エネルギー量は、10分間隔で測定した日射強度から1時間毎の日射エネルギー量を算出し積算することで算出した。水平面で受ける日射エネルギー量は、夏期と冬期における太陽高度の差があり、夏期（5月や6月）の日射エネルギー量は、冬期（11月や12月）に比べて約1.5倍となることを確認した。傾斜面で受ける日射エネルギー量は、太陽高度が低い秋・冬・春期（9月～4月）において水平面より傾斜面に入射する日射強度が増加するため、日射エネルギー量は増加する。一方で、太陽高度が高い夏期（5月～8月）では、傾斜面に入射する日射強度が水平面より減少するため、日射エネルギー量は減少するものの、その変化割合は冬期に比べて小さいことがわかった。日射エネルギー量の増減が太陽光発電の発電電力量の変動に直接的に関係するので、晴天日が続く乾燥地であっても、日射エネルギー量の季節間格差と、最小となる12月の日射エネルギー量の変動割合を検証できたことは、太陽光発電の発電量予測と実用的な詳細設計に極めて重要である。

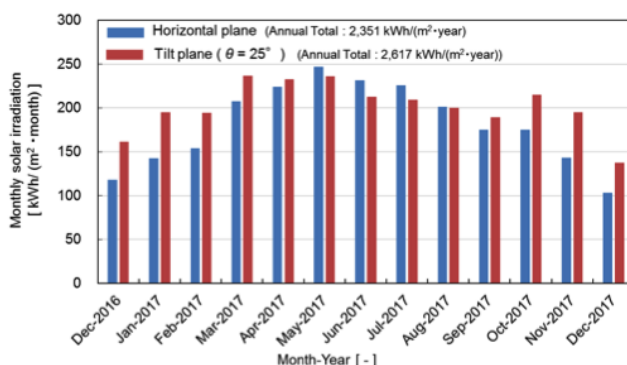


図1 La Pazの日射エネルギー量の年間変化

平成29年度のCIBNORモデルシステムの実証試験において、陸上養殖と水耕栽培利用されたポンプおよびブロワーの消費電力、台数および運転時間を表1に示す。平成29年においては、陸上養殖の飼育水循環では、交換機器の購入の簡易さから4種類のポンプが利用され、AC電源コンセントに接続して利用されていた。各機器の消費電力を計測すると、いずれの機器も消費電力は仕様表示出力の±10%以内で変動することを確認した。

そこでCIBNORモデルシステム（養殖水槽12ユニット）について、1年間を通じて表1に示した機器をベースとして養殖および水耕栽培を連続的に実施した場合を想定して、表1に示した使用機器の稼働状況から1日積算平均消費電力量を算定した。また、前述した日射エネルギー量のデータを用いてCIBNORモデルシステムで増設した10.9kW太陽光発電システムの1日積算平均発電電力量を新たに算定した。それらの結果の比較を図2に示す。使用機器および稼働時間を固定しているため、1日積算平均消費電力量は年間を通じて62 kWh/day程度と試算した。電力消費量の内訳は、図中の中央に示したように、養殖用ポンプ群41%、酸素供給用ブロワー31%、蒸散水回収用除湿機17%および水耕栽培用ポンプ11%となり、養殖の電力消費量が約90%を占めることが見込まれる。養殖水槽1ユニットにつき、ポンプ2台を必要とするため、12ユニットでの消費電力量が大きくなった。一方、太陽光発電システムの発電電力量は、図1

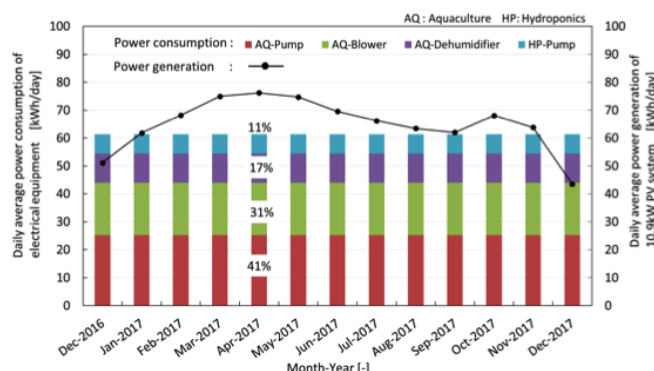


図2 CIBNORモデルにおける太陽光発電の発電電力量と消費電力量の算定値の比較

	Pump 1	6U	12	24
Aquaculture	Pump 2	18	5	24
	Pump 3	30	6	24
	Pump 4	60	1	24
	Air Brower	780	1	24
	Dehumidifier	750	1	14
	Hydroponics	Pump	24	12

図1

【平成29年度実施報告書】【180531】

に示した傾斜面日射エネルギー量の変化に応じて変動している。夏期には余剰電力量が発生し、曇天日が多くなった 12 月には発電電力量が消費電力量を下回ることが予測される。このような課題を考慮した電源システムの最適設計を行う上で、確率論的手法を取り入れて、複数の食料生産を組み合わせた設備における電源システムの電力供給信頼度を評価する新規手法の提案につなげたい。

2) 養殖・農業結合システムに適した電源システムの設計方針および維持管理法の開発

当初の計画どおり、CIBNOR 側のカウンターパートが中心となり、CIBNOR モデルシステムに導入した太陽光発電システムの増設設計と工事を実施した（図 3）。具体的には、太陽光発電システムの出力を 5.2kW（出力 260W 太陽電池 20 枚）から 10.9kW（同 42 枚）へ増設し、バッテリー（12V、200Ah、10 個）のシステム容量 20kWh をシステム容量 40kWh（バッテリー総数 20 個）に増量した。また、使用するポンプ類について、養殖グループからの研究者からは、DC 電源で稼動するポンプ（消費電力 20W 程度）は電気配線の接続作業が自前で煩雑になるため、AC 電源で稼動するポンプ（消費電力 60W 程度）の方が購入の容易さや利便性が高いとの改善案が出されていたこともあり、太陽光発電システムで発生する DC 電力をインバーターで AC 電力に変換する電力変換機器と配線系統も同時に改良した。平成 30 年 2 月末に工事は完了し、今後の実証試験では AC 電力仕様のポンプ機器を陸上養殖および水耕栽培で一括して稼動することができた。

また、同じく CIBNOR 研究者らにより、ロス・プラネスに導入される農家実証試験モデルシステムの電源システムの詳細設計が実施された。その要点および経緯について、次に述べる。まず、水産養殖、水耕栽培および露地栽培で使用する機器の消費電力、台数、および使用時間から 1 日あたりの消費電力量を解析した。この解析結果と導入予定の農地に送電線が未整備であることから、本モデルシステムでは、太陽電池パネル、充放電用バッテリーおよびディーゼル発電機で構成される電源システムを採用した。1 日の消費電力量を曇天日が 2 日連続しても供給できるように、定格出力 325W の太陽電池パネル 96 枚を接続して、太陽光発電システム全体の定格出力を 31.2kW に決定し、その電力容量を十分に充放電できるバッテリー容量（供給電圧は 48V）を設計した。パネルの設置傾斜角は 22° とし、ハリケーン対策として太陽電池を架台から脱着できる構造とした。また、砂塵汚れ対策として、作業者が簡易に清掃できるように、傾斜したパネルを接続したときの高さが 1.5m 程度となるように配列を調整した。一方で、電気機器の操作や交換を簡易に行えるように、各生産パートでの使用機器を交流電源用機器としたので、太陽電池およびバッテリーから供給される直流電気をインバーターにて交流電気へ変換して供給する。さらに曇天連続日による充電不足の補助電源として、あるいは太陽電池・バッテリーの不具合による緊急電源として出力 17kW のディーゼル発電機を組み込んだ。曇天日



図3 CIBNORモデルにおける太陽光発電システムの機能改善（上）新たに設置した架台に搭載された太陽電池、（中）発電性能に適したインバーター機器、（下）増量されたバッテリー群

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

が3日以上続く場合、ディーゼル発電機で発電した電気をバッテリーに供給し、満充電状態に回復させるように自動制御する仕組みを採用し、充電不足に陥らないように工夫した。

②研究題目1のカウンターパートへの技術移転の状況

平成29年7月10日から8月25日まで、短期研修員としてカウンターパートであるホアキン・グティエレス博士およびホアン・マンドゥハノー技官を鳥取大学にて受け入れ、日射データから太陽光発電システムの規模設計やシステムへの配電計画の立案など養殖・農業結合システムに関する電源構成の設計と電源の運用に関する技術手法を教授した。また、鳥取大学モデルに導入した太陽光発電システムを用いて、観測機器や電源関連機器の取り扱い方法や配線経路の設計方法について教授した。これらの知識と経験をもとに、両者がCIBNORモデルシステムに導入した太陽光発電システムの増設設計と、ロス・プラネスに導入される農家実証モデルの電源システムの詳細設計を担当することができた。太陽光発電を組み込んだ電源設計手法についての技術移転が着実に進んだ。

③研究題目2の当初計画では想定されていなかった新たな展開

年間を通じた日射エネルギー量の分析から、晴天日（日射エネルギー量 約6 kWh/(m²・day)）から著しく低下する曇天日（日射エネルギー量 約4 kWh/(m²・day) 以下）が、年間を通して20日程度あり、特に、12月の曇天日が6日間（うち連続日は3日）および9日間（うち連続日2日）と多いことに起因して、両年の傾斜面日射エネルギー量を比較すると、2017年の傾斜面日射エネルギー量が約15%低下したことが確認された。また、9月にはハリケーンの影響で5日間の曇天日が観測された。これら曇天日の発生状況は、La Paz周辺の特徴であり、今後も継続して日射エネルギー量の計測を行うことで、日射エネルギー量の変動による影響を考慮した太陽光発電システムの発電量予測、ならびに適切な規模と導入コストを踏まえた太陽光発電システムの設計に役立てることができる。

3つのモデルシステムの建設費用の見積もりを参考にして、各モデルシステムにおける電源設備コストと、全体費用に占める割合についての調査を進めている。これまでに、メキシコにおける電気料金体系を調査し、住宅用、農業用および工業用における電力料金契約の分類とその制度についての知見を得ることができた。

④研究題目3の研究のねらい（参考）

養殖・農業結合システムの生産規模や導入地域の電力供給状況に応じて、効率かつ経済的に養殖・農業結合システムに電力を安定供給できる電源の最適化および電力供給手法の確立を目的とする。特に、養殖・農業結合システムの稼動に必要な電力を供給する基盤電源として、乾燥地の豊富な日射を利用した太陽光発電を組み込んだ電源システムを構築する。そこで、複数の規模における養殖・農業結合システムにおいて、1) システム稼動に必要な電力消費量の把握、2) 太陽光発電を組み込んだ複数の電力供給システムの実証試験と運用性評価、および3) 電源システムの設計方法および維持管理法の開発に関する検討課題を設定し、これらの検討結果から、養殖・農業結合システムにおける電力需給特性を把握するとともに、太陽光発電システム、商用電力、蓄電設備、発電機などから構成される電源システムの組み合わせ条件を確立し、電源システムにおける太陽光発電システムの導入有用性を明らかにする。また、農家実証試験モデルシステムの運転試験を通じて、電源システムの運用・維持管理の問題点を抽

【平成29年度実施報告書】【180531】

出し、その解決策を提案する。

⑤研究題目3の研究実施方法（参考）

鳥取大学モデルシステムおよび CIBNOR モデルシステムにおいて、各モデルシステムの水産養殖・水耕栽培に必要な電力機器の消費電力をもとに消費電力量を試算し、太陽光発電、充放電設備、商用電力、発電機などからなる電源システムを設計した。また、いずれの導入地点においても、太陽光発電システムの電力供給能とシステムの運用適性を評価するために、日射強度を長期的に測定し、日射エネルギーの賦存量評価と、太陽光発電システムの発電電力量の予測ならびにその計算モデルを検討した。各モデルシステムの実証試験では、電力供給量の測定とシステム稼動に必要な各電気機器の電力消費量の測定を実施し、1日、1ヶ月など定期期間内の電力供給量と電力消費量を比較した。

各年度を通して、本システムの電力需給を予測する計算モデルを作成し、シミュレーションを行いながら、計算モデルの改良・精度向上を図っている。実証システムの運転を通して、問題点の抽出と対策の考案を継続して行っている。

(5)研究題目4：「養殖・農業結合システムにおける衛生微生物学的安全性評価技術の確立」（リーダー：鳥取大学・馬場貴志）

①研究題目4の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

微生物に関しては、アクアポニックスのみならず、養殖および水耕栽培単独でも詳細なデータはほとんど存在せず、したがって規制も存在しない状況になる。したがって、本研究における微生物に関する解析結果は非常に重要な意味をもつ。本年度に行った CIBNOR モデルシステム全体における微生物モニタリングにより、安全管理マニュアル作成に必要な第一段階のデータが得られる予定である（現在解析中）。現在得られている鳥取大学モデルシステムデータについては、学会発表においても高い関心が寄せられた。より高度な管理を必要とする養殖システムや植物工場システムにおける微生物管理への応用も考えられることから、論文として準備を進めている。

さらに、小規模なモデル実験として、海水に *V. cholerae* 株を添加した養殖モデルおよび湛水式耕栽培に非病原性大腸菌 0157 を添加した水耕栽培モデルについて、添加細菌の経時的な変化をモニタリングした結果、従来の培養法よりも遺伝子を標的とすることで、高感度に微生物をモニタリングできることがわかった。また、増殖する可能性のある生きている微生物を捉える場合には、マイクロコロニー法などの新たな手法が有効であることがわかった。加えて、システム内で生残する可能性も示され、より安全なシステム管理法の作成に役立つデータが得られた。

②研究題目4のカウンターパートへの技術移転の状況

遺伝子を標的とした方法論について情報交換を行うとともに、プライマー配列、実験方法のシェアを進めている。また、実際に試料採取から DNA 抽出を担当者とともに実施し、技術移転を完了している。微生物群集構造解析法の外注サービスも決定しており、CIBNOR モデルシステムにおけるモニタリングはカウンターパートが現在実施中である。

③研究題目4の当初計画では想定されていなかった新たな展開

【平成29年度実施報告書】【180531】

CIBNOR 側から本システムの安全管理方法として、メキシコにおける微生物管理基準として HACCP に類似した方法としての確立提案があり、すでに養殖 G 等と担当研究者を決定し、その適応について検討を開始している。本研究においては、安全管理マニュアルの作成を目標としているが、結果によっては規格基準として確立できる可能性がある。

④研究題目 2 の研究のねらい（参考）

本研究における水の循環使用により、システム内において微生物が増殖しやすい環境となる。特に本研究で構築する閉鎖型のシステムにおいて、養殖魚種や栽培作物種に対する病原微生物のアウトブレイクが起これば、大きな被害を引き起こす。ここでは、食中毒起因菌のみならず、養殖魚・エビ・栽培作物に対する危害微生物も対象として、迅速・高精度な微生物モニタリング法を確立し、CIBNOR モデルシステムおよび農家実証試験モデルシステムにおける、稼働中のシステム内の微生物モニタリングを実施する。2011 年には、欧米を中心として、大腸菌 0104（ドイツ）、リステリアやサルモネラ（米国）による食中毒が発生しており、サルモネラについては、メキシコから輸入されたトウガラシ（ハラペーニョ）やトマトが原因とされている。ここで確立する微生物モニタリング法は、生産物の安全性確保につながることから、販売などを考えた場合、非常に大きな利点となる。さらに、継続的微生物モニタリングを行うことにより、本システムのリスク・ファクターが明らかとでき、その結果をもとに、本システムを安全に継続的に安全に管理するための管理方法の確立につながる。

⑤ 研究題目 2 の研究実施方法（参考）

1) 迅速・高精度な微生物モニタリング法の開発

小規模なモデル実験として、海水に *V. cholerae* non-01 (RIMD 2214034) 株を添加した養殖モデルおよび湛水式耕栽培に非病原性大腸菌 0157 (ATCC43888) を添加した水耕栽培モデルについて、デザインしたプライマーセットを用いて添加細菌の経時的な変化をモニタリングした。その結果、どちらのモデルにおいても、混入した *V. cholerae* および非病原性大腸菌 0157 は速やかに水中から減少することが明らかになった。その一方で、水中には存在しないものの、*V. cholerae* は堆積物中に残存し、非病原性大腸菌 0157 は植物根に付着して残存する可能性が高いことがわかった。したがって、2) でのモニタリングではそれらの点も考慮して実施することで、より安全なシステム管理法の作成に役立つと考えられた。さらに、従来の培養法よりも遺伝子を標的とすることで、高感度に微生物をモニタリングできることがわかった。また、増殖する可能性がある生きている微生物を捉える場合には、マイクロコロニー法などの新たな手法が有効であることがわかった。

さらに、ティラピア表面の微生物についても解析を行った。当初はティラピアの品質向上の観点から、養殖グループが出荷前の餌抜き処理の提案であったが、微生物学的安全性の向上が図れる可能性が示唆されたため、東京海洋大において、餌抜き処理について行った検討について、微生物学的な解析を進めている。

2) モデルシステムおよび実証サイトでの実証試験における、稼働中のシステム内の微生物モニタリングの実施

CIBNOR モデルシステムにおいて、平成 29 年 10 月～平成 30 年 1 月において、システムのうち 2 系統を
【平成 29 年度実施報告書】【180531】

用い、農家実証試験モデルシステムを想定し、ティラピア飼育-スベリヒユ水耕栽培を5ヶ月間実施した（ティラピアの出荷サイズまでの育成）。2週間に一度の割合で養殖3ヶ所（飼育槽、ろ過槽、沈殿槽）、水耕栽培2ヶ所（培養液タンク、栽培槽）、露地栽培1ヶ所（灌漑用タンク）において採水を行い、微生物DNAを抽出した。抽出DNAを用い、細菌、真菌およびウイルスについて、次世代シーケンサーによる網羅的解析を進めている。同時に、*E. coli*（病原性大腸菌を含む）、*Salmonella* 属菌および *Vibrio* 属菌について、選択培地を用い、増殖活性をもつ病原微生物の検出・定量を行った。各データについては、現在解析中である。また、2018年3月より、ティラピア飼育-フダンソウ水耕栽培で同様の微生物モニタリングを実施している。

さらに、1)において日本側で検証したティラピア表面の微生物についても、追加して解析を実施している。

(6) 研究題目5：「塩分を含む水を利用した養殖と農業の結合技術の確立」（リーダー：猪迫耕二）

①研究題目5の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

水産養殖-作物水耕栽培-作物露地栽培を連結させた実験を CIBNOR モデルシステムで開始した。水耕栽培区の廃水濃度は当初予定より大きかったが、想定以上に除湿機で回収された水量が大きく、廃液濃度そのものは当初予定を下回り、露地栽培のために窒素肥料を別途付加する必要があることが明らかとなった。移植直後にトウガラシの害虫の大発生に見舞われたため、当初予定の灌漑処理の実施をあきらめ、水産養殖-作物水耕栽培の廃水を用いた作物露地栽培の評価に目標を切り替えた。これによって、全体計画に対する成果目標（結合システムにおける水収支の把握、水利用効率評価方法の確定）の達成は不可能となった。

塩類集積防止技術の開発は主として日本で行っているが、最終年度と位置付けられた本年度の実験において、塩類集積防止と水利用効率の最大化を両立させる灌漑計画の実証を行う予定であったが、栽培作物の生育異状が生じたため、当初目的を達成できなかった。

上記の状況から、メキシコ・日本における当初の実験計画を変更し、次年度までの継続実験が必要となった（平成30年度実施計画書にて研究題目・活動の5-2、5-3、5-4、5-5の実施期間を変更）。

日本で別途実施したポット栽培の結果から、灌漑水の塩濃度がトウガラシ（品種；アバネロ・オレンジ）の生育に及ぼす影響について、2dS/mの塩水でも頻繁に灌漑することで収量が減少することが明らかになった。また、3カ月間の栽培で土壤に蓄積した塩濃度（1:5抽出法）は1ヶ月目、2ヶ月目および3ヶ月目でそれぞれ0.2、0.8、1.2dS/mとなり、収量を確保するためには適度なタイミングでリーチングする必要のあることが示された。

土壤の物理化学性の評価については、農家の実証実験候補地の土壤について物理・化学性を評価し、 1.0×10^{-4} cm/sの現場透水係数であること、地表面から0~10cmの土層のECが1.5~5 dS/mとやや高く、10~20cmでは0.5 dS/mであること、pHに問題はないことが示された。本課題については当初計画通りに進行している。

②研究題目5のカウンターパートへの技術移転の状況

圃場の水分状態を適正に保つためのモニタリング技術としてTDTセンサーの利用法についてはカウンターパートに技術移転されており、現地スタッフが独自に測定を実施し、定期的にデータを日本に送信【平成29年度実施報告書】【180531】

している。しかし、カウンターパートの使用しているデータ回収用の PC と TDT センサーシステムとの相性が悪く、原因不明の不具合より、回収したデータの利用に問題が生じたことがあったので、これを改善した。

③研究題目 5 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

水産養殖-作物水耕栽培-作物露地栽培を連結させた栽培実験を CIBNOR モデルシステムで開始したが、露地栽培区においてトウガラシの害虫が大量発生した。その防除には農薬の使用が最も効率的で有効と思われるが、養殖魚に悪影響を及ぼす危険性が指摘されている。この問題は農家の実証試験でも発生し得るものであり、最適な防除法の確立が急がれる。

また、作物水耕栽培の廃水の水質成分が当初計画とは異なることが明らかとなり、除湿水による希釈効果が大きすぎることから窒素成分添加が必要となった。これは生産コストの増大につながるため、今後の対策を検討する必要がある。ただし、農家実証試験サイトでは有機栽培を行っている圃場も多いので、水耕廃液の窒素濃度が低かったとしても化学肥料の投入は不要である可能性がある。

④研究題目 5 の研究のねらい

本プロジェクトでは、養殖用水および水耕栽培用培養液として利用された最終的な排水を露地栽培の灌漑水として再利用し、乾燥地における食料生産の水利用効率を高めることを目的としている。養殖区および水耕栽培区で生じる高湿度状態における大気中の水蒸気を除湿機によって回収し、これを廃水に加えることにより灌漑用水の塩濃度を含む水質の改善と水量の確保を計る。

本研究では、このような灌漑用水を利用しながらも塩類集積を生じさせない持続可能な節水的圃場水管理法の確立を目的としている。

また、あわせて、水産養殖-作物水耕栽培-作物露地栽培を通じての総利用水量に対する生産可能な総エネルギー量（カロリー）を用いた新たな水利用効率を算定し、システム全体としての節水レベルを評価する指標の提案を試みる。

⑤研究題目 5 の研究実施方法

乾燥地で露地栽培を行う場合、塩類集積の問題を避けることはできない。そのためには2つの技術的な課題を解決する必要がある。1つは、浅い地下水位が存在する場合の毛管上昇による塩類集積の防止であり、もう1つは、高い塩濃度の灌漑水を利用せざるを得ない場合の除塩対策である。本研究では、前者の方法として、下層からの毛管上昇を阻止しうるキャピラリーバリア（CB）層を用いる農地の多層化工法に着目し、鳥取大学モデルシステムで試験研究を行い、後者については、ベッドを用いた節水栽培に着目してメキシコで試験研究を行っている。

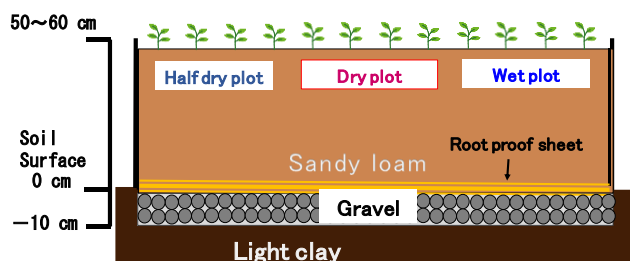


Fig. 1 試験区断面（全面CB区，平成29年度～）

多層化工法の研究は、地下水位の高い鳥取大学附属農場において実施している。4×11m の雨除けハウスを建設して乾燥地の降雨環境を再現し、このハウス内に高さ 0.9m（地上部 0.6m，地下部 0.3m）、厚さ 0.01m の合板で 2.8×8m の試験区全体を囲う壁をハウス内に作成した。地表面を 10 cm 掘り下げ、粒径 2～53 mm の礫を 0.1m の厚さになるよう敷き詰めた (Fig. 1)。その上にメキシコの現地土壌の物理性に近い砂質壤土を客土した栽培試験区を設置し、CB 層による毛管上昇の阻害効果ならびに節水的な水管理法の実証実験を行っている。栽培実験では、農家の栽培意欲を考慮し、メキシコでの商品価値が高い (70 ペソ/kg) トウガラシ (品種 ; アバネロ・オレンジ) を供試作物としている。

本年度はこれまでの研究成果をもとに、試験区全面に礫層を設けるように再整備して下層からの毛管上昇を完全に遮断した場合の節水的な圃場水管理法の確立に向けた実験を開始した。灌漑処理として、作物が利用可能な全水量の 10% を消費した段階で消費量と同量を灌水する湿潤区と 50% を消費した段階で消費量と同量を灌水する半乾燥区、80% を消費した段階で消費量と同量を灌水する乾燥区の 3 区を設けた (Fig. 2)。

しかし、試験圃場の中央を境に左右で明確な生育差が発生した (Fig. 3)。そこで、処理区を Fig. 4 のように変更した。生育の良い区内で湿潤管理と乾燥管理の 2 つの灌漑処理を行い、生育不良区でも同様の灌漑処理を実施した。これによって、灌漑処理が収量に及ぼす影響を評価しようと試みた。

しかしながら、9 月 17 日以降の台風によって地下水位が CB を越えてトウガラシの作土層に侵入するほどの異常上昇を示したため (Fig. 5)、その後の灌水が行えなかった。これによって処理変更後の実験目的も達成できなくなった。収量についても Fig. 6 に示したとおり生育不良区と正常区では明らかな相違があるものの、灌漑処理はほとんど実施されていないので、有意な差が生じているとは言い難い。当初計画にはなかったが、CIBNOR モデルシステムでの平成 28 年度における水耕栽培の実験結果から想定以上に高い塩濃度の灌漑水となる可能性が示唆されたため、本年度は塩水灌漑の影響を評価するためのポット栽培実験も鳥取大学モデルシステムで実施した。

実験は鳥取大学農学部附属農場内のビニールハウス内で 1/5000a のワグネルポットを用いて行った。処理区の設定は Table1 の通りである。

実験は鳥取大学農学部附属農場内のビニールハウス内で 1/5000a のワグネルポットを用いて行った。処理区の設定は Table1 の通りである。

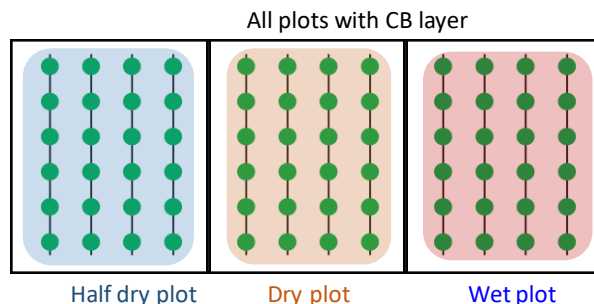


Fig.2 試験区の灌漑処理 (平成 29 年度)



Fig.3 試験区の栽培状況 (手前が生育不良区, 奥が正常区)

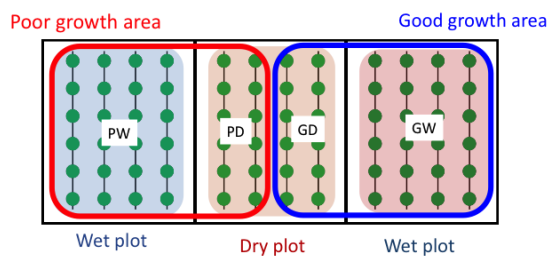


Fig.4 新しい処理区 (9月17日以降)

ポット内の土壌中の体積含水率、温度、バルク EC は 5TE センサー (METER 社) を用いて測定した。Fig. 7 に A1・B1・C1 区の土壌水分、間隙水の EC、積算蒸発散量の経日変化を示した。実験開始時から 9 月 24 日までで間隙水の EC にはすでに明確な差異が認められたが、各処理区の体積含水率に大きな差はなく、積算蒸発散量もほぼ一致していた。このことから、この段階では作物に塩ストレスは発生していないと判断できる。しかし、9 月 24 日以降では 4dS/m の灌漑水を用いている C1 区の積算蒸発散量が他の 2 処理区より小さくなりはじめ、それと同時に C1 区の体積含水率が他の 2 処理区よりも大きくなってきている。このことから、トウガラシに塩ストレスが発生し始めたと判断できる。その後、B1 区の積算蒸発散量も A1 区と乖離し始めた。B1・C1 区の蒸発散量が低下し始めたときの間隙水の EC は約 3dS/m であった。

Fig. 8 に各処理区の総蒸発散量と実験終了後に採取した土壌 EC との関係を示した。土壌の EC は 1:5 抽出法で求めた。総蒸発散量 (ET_g) と最終残留塩濃度 (EC_f) との間には線形関係が成立する。蒸発散量と乾物量には密接な関係があることから、 EC_f が 0dS/m で最大乾物量が得られると仮定すると、トウガラシの場合、 EC_f 1 dS/m で乾物量は 50%程度まで低下すると予測される。

Fig. 9 に茎葉の乾物重を示した (Duncan 法, $p < 0.05$)。これによると塩水灌漑区間では有意差はなく、淡水区と塩水区との間に有意差が認められた。このことから、2dS/m の塩水でも塩が集積することで植物体の生長に影響が顕れ、収量減をもたらすと考えられる。すなわち、塩濃度の高い灌漑水を用いてトウガラシを栽培する場合、適度な時期にリーチングを行わなければ、所定の収量は期待できない。

ポット実験の結果から 2dS/m の灌漑水でも頻繁な灌漑で塩が集積し、乾物量が減少することが明らかとなった。このことから、実際にアクアポニクスで塩濃度の高い水に灌漑水でトウガラシを栽培する場合、乾物量を確保するために適度な時期のリーチングが必要不可欠であるといえる。

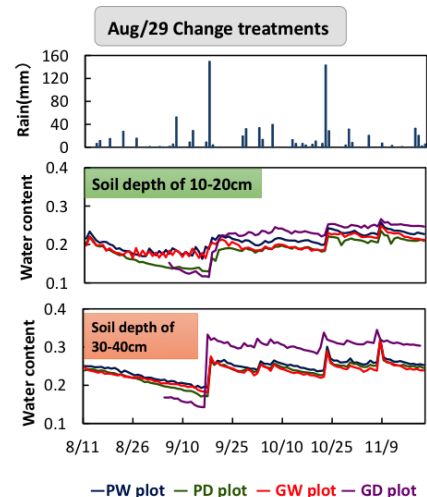


Fig. 5 試験圃場の土壌水分の変動と降水量

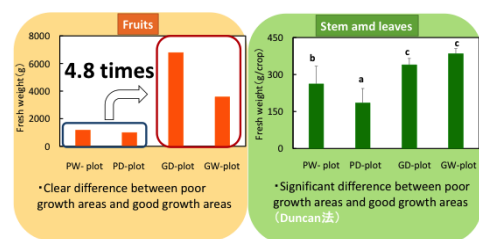


Fig. 6 トウガラシの収量

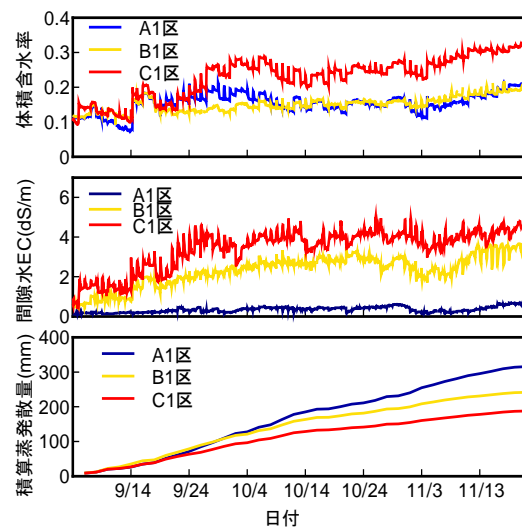


Fig. 7 土壌水分・塩分・蒸発散量の経日変化 (A1・B1・C1区)

CIBNOR モデルシステムにおいてベッド栽培の調査研究を実施するとともに、農家による実証試験のための施設建設予定地の土壌の物理・化学特性の同定を行った。水耕栽培の廃水の塩濃度が高くなる可能性が示唆されたため、簡易な塩類集積防止法としてベッド栽培を導入することとなった。CIBNOR モデルシステムは Fig. 10 に示したシステムとなっており、露地栽培区のプロットはすべてベッドとなっている。Figs. 11~13 にベッドの概要、断面、外観を示す。ベッドはプラスチック板で現地土壌と隔離されており、ベッド内に排水設備を有している。これによって過度に塩類集積をした場合に周辺農地に影響を及ぼす恐れはなくなり、ベッド内をリーチングすることで集積塩の除去が可能となる。あるいは、健全土壌と入れ替えることで持続的に栽培できる。ただし、リーチングでは多量の用水が必要となるため、塩害対策の選択においてはコスト面での検討が必要となる。実験の第1段階として4基のベッドを設置し、供試作物はトウガラシ（品種；アバネロ・オレンジ）で2基、トウガラシ（品種；ベルデ）で2基とした。灌漑システムは点滴灌漑とした。土壌の水分状態は TDT センサーとテンシオメータでモニタリングした。なお、TDT センサーの設置位置は Fig. 14 の通りであり、テンシオメータは受感部が TDT センサーと同じ深さに来るよう各基に2本設置した。栽培開始当初に害虫が大発生したため、当初予定の灌漑処理を行わずに、本システムでの生育の可否を確認することとした。その結果、Fig. 15 に示したとおりにほぼ正常に生育した。

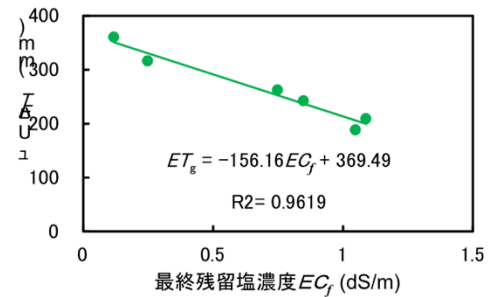


Fig. 8 総蒸発散量と最終残留塩濃度の関係

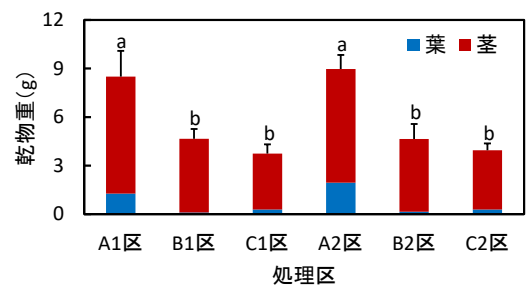


Fig. 9 茎葉乾物重

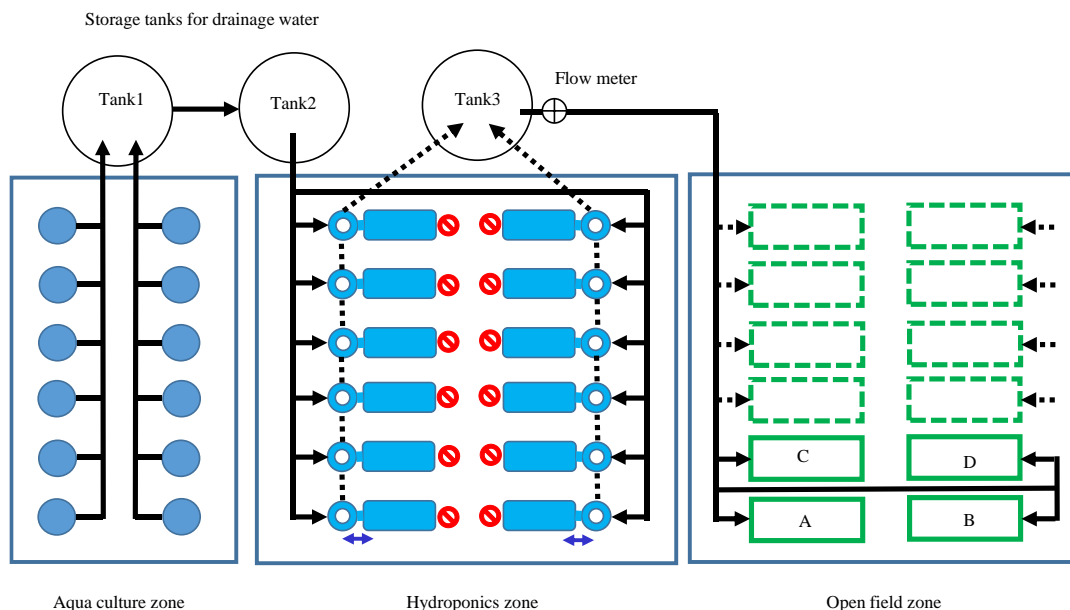


Fig. 10 CIBNOR システムの排水・灌漑水の流れ

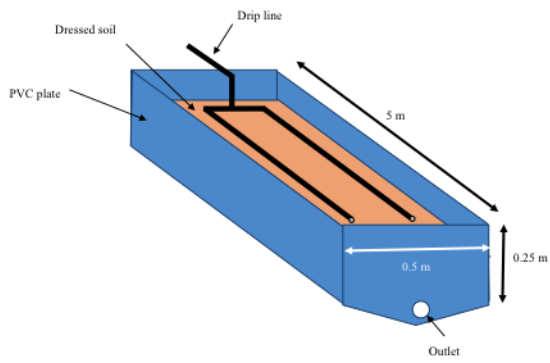


Fig.11 ベッドの概要図

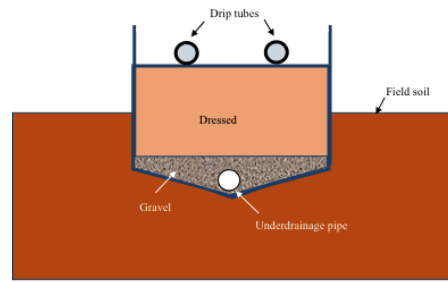


Fig.12 ベッドの断面図



Fig.13 ベッドの様子

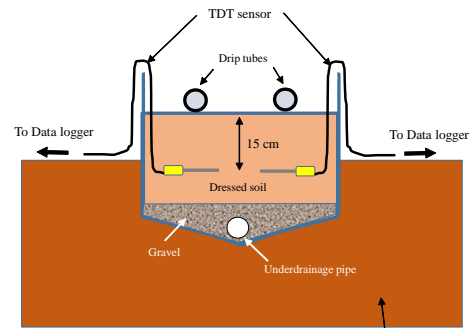


Fig.14 TDT センサーの挿入位置



Fig.15 収穫前の作物の様子

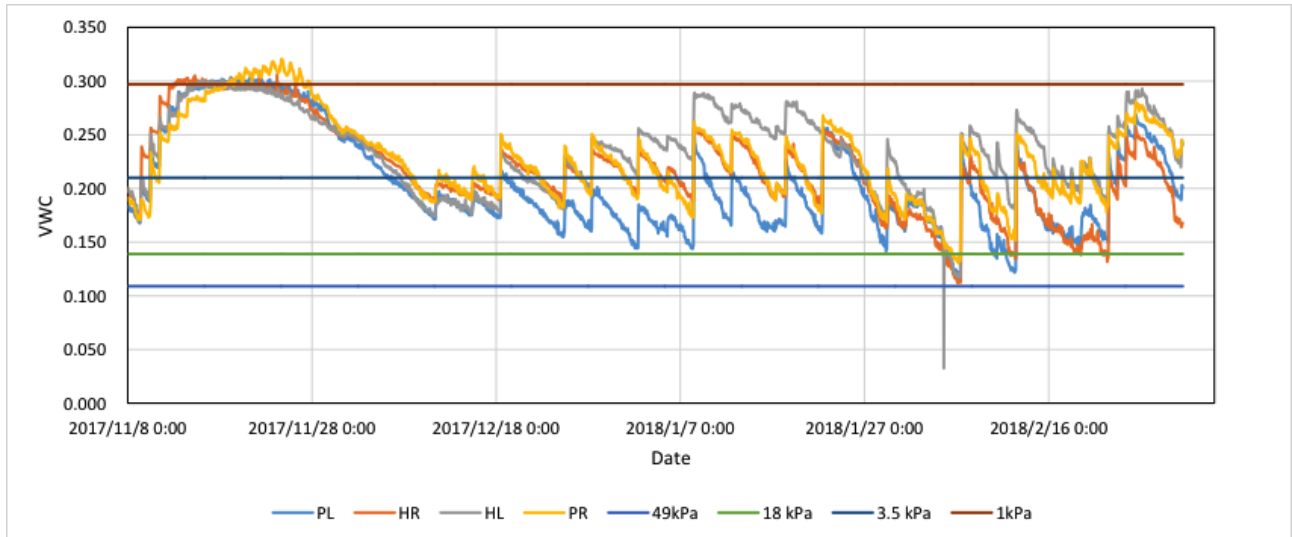


Fig. 16 各基の平均体積含水率（深さ15cm地点）の変動



Fig. 17 Mini disk infiltrometer 試験



Fig. 18 One step outflow 試験

害虫駆除は化学薬品なしで実施した。活着後には害虫被害が軽減したため、全基ともテンシオメータが-18kPa となったときに灌水を開始し、-10kPa のときに灌水を終了させることとした。Fig. 16 に各基の平均体積含水率の変化を示したが、計画通りには灌水されていない。灌漑管理方法を再検討する必要があることがわかった。

なお、除湿機による回収水で水耕栽培区の排水を希釈したが、回収水量が想定以上に多かったため、露地栽培の用水の EC はかなり低くなり、逆に窒素成分不足が懸念された。そのため、本年度は窒素肥料を別途添加して灌漑した。

農家実証試験実施の準備として、施設建設予定地（ロス・プラネス）において Mini disk infiltrometer 試験を行い、現地飽和透水係数の同定を行った（Fig. 17）。また、現地土壌のサンプリングを行い、実験室内において One step outflow 試験（Fig. 18）を実施し、数値シミュレーションによる逆解析法によって土壌水分保持曲線の同定を行った（Fig. 19）。

また、サンプリング土壌の理化学性の分析はカウンターパートの Troyo 博士が実施した (Table 2)。

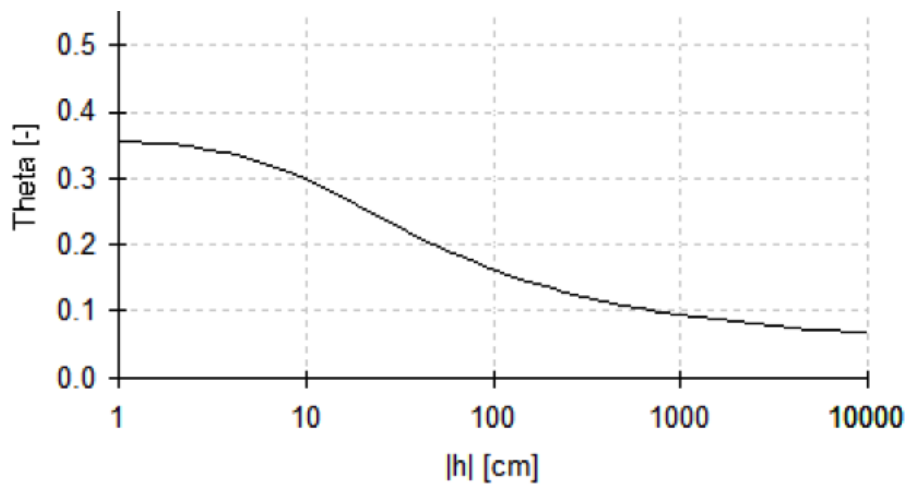


Fig. 19 数値シミュレーションによる逆解析で同定した土壌水分保持曲線

Table 2 農家実証実験圃場の理化学性線

Clave muestras	pH	EC dS/m	% OM	Mg mg/Kg	Ca mg/Kg	Bicarbonatos mg/Kg	% FC	Bulk d gr/cm3	PMP %	Textura			CO ₃ mg/Kg
										Arenas %	Limos %	Arcillas %	
Todos santos 0-10 cm (1)	6.69	0.176	0.74	7.3	40.1	610.2	13.0	1.63	7.1	47.4	51.9	0.7	N.D
Todos santos 0-10 cm (2)	6.51	0.199	0.74	7.3	28.1	366.1	12.2	1.60	7.1	48.2	50.9	0.9	N.D
Todos santos 10-20 cm (1)	6.73	0.140	0.81	7.3	32.1	732.2	12.8	1.54	7.8	41.6	57.5	0.9	N.D
Todos santos 10-20 cm (2)	6.38	0.116	0.80	9.7	16.0	488.2	12.5	1.47	10.8	22.5	74.7	2.8	N.D
Los planes 0-10 cm (1)	6.47	5.03	0.94	267.4	761.5	732.2	21.4	1.33	6.2	53.8	45.8	0.4	N.D
Los planes 0-10 cm (2)	6.76	1.589	1.21	76.3	178.8	610.2	27.0	1.29	10.6	16.4	82.6	1.0	N.D
Los planes 10-20 cm (1)	7.78	0.570	1.27	9.7	24.0	1952.6	26.6	1.20	8.6	36.9	61.5	1.6	N.D
Los planes 10-20 cm (2)	7.60	0.470	1.14	14.6	20.0	1952.6	28.2	1.20	7.2	46.3	53.1	0.6	N.D

(7) 研究題目 6: 「実証サイトでの技術的検証結果のモデルシステムへの反映と普及可能要件の把握」(リーダー: 安藤孝之)

① 研究題目 6 の当初の計画 (全体計画) に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

6-1) 南バハカリフォルニア州におけるシステムの導入可能な普及対象者・普及対象地域把握のためのベースライン調査

ラパス市内の市場およびスーパーマーケットにおける魚類・野菜類の市場調査に関しては、対象魚種及び野菜を選定し、英語、スペイン語、日本語による記入用フォーマットを作成した。この様式を用いた CIBNOR 側カウンターパートによる価格調査が開始され、年間の価格変動が明らかにされた。この結果、農家実証試験モデルシステム導入時に農家を得ることのできる売上高の計算が可能となった。

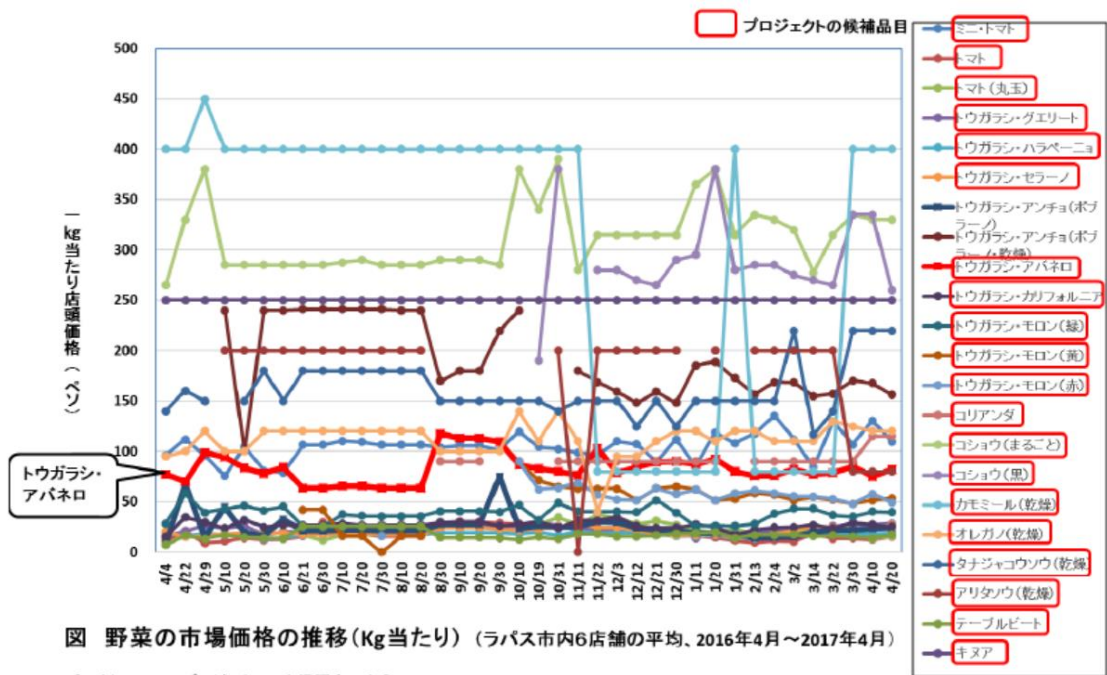


図 野菜の市場価格の推移 (kg 当たり) (ラパス市内6店舗の平均、2016年4月～2017年4月)

データ) SATREPSプロジェクトの市場調査による

農家実証試験モデルシステムの導入可能な普及対象者把握調査の一環として、ラパス市近郊において平成 27 年 9 月に 8 農家及び 1 グループ、平成 28 年 2 月に 4 農家および 3 グループに対して訪問調査を行い、農家実証試験モデル農家候補を 2 戸選定した。農家実証試験モデル農家の農業経営実態調査のための営農記帳（農作業日誌および農業簿記）の様式（スペイン語）を策定した。農業経営実態調査は、CIBNOR カウンターパートの指導により農家実証試験モデル農家が記帳する農業簿記、農作業日誌を回収・分析して行う。

（アクアポニックス・システムの経営資産に基づく経営分析結果）

農家実証試験モデルサイトとして選定された、アンヘル・クリストバル・ロドリゲス・ペレス氏（場所：ロス・プラネス）およびミゲル・アンヘル・レオン氏（場所：トドス・サントス）の農地に導入予定のアクアポニックス・システムに関する経営試算分析結果の概要を次に示す。なお、ミゲル・アンヘル・レオン氏の農地にはシステムを導入しないこととなった（平成 29 年 11 月）。

○アクアポニックスによる生産活動は、農場の生産規模を一気に倍増させるような経営革新に挑戦することを意味する。経営者にはその覚悟と能力が求められる。

○アクアポニックスによる生産活動において、現状の庭先販売価格で生産物を販売する場合には、プロ

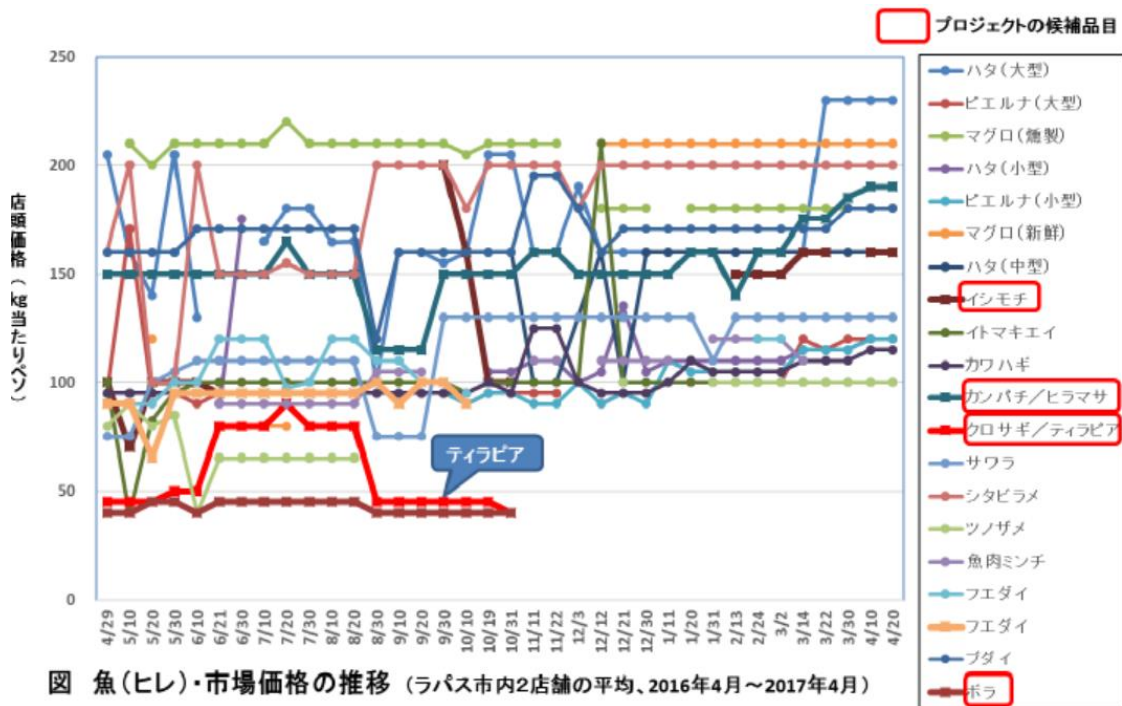
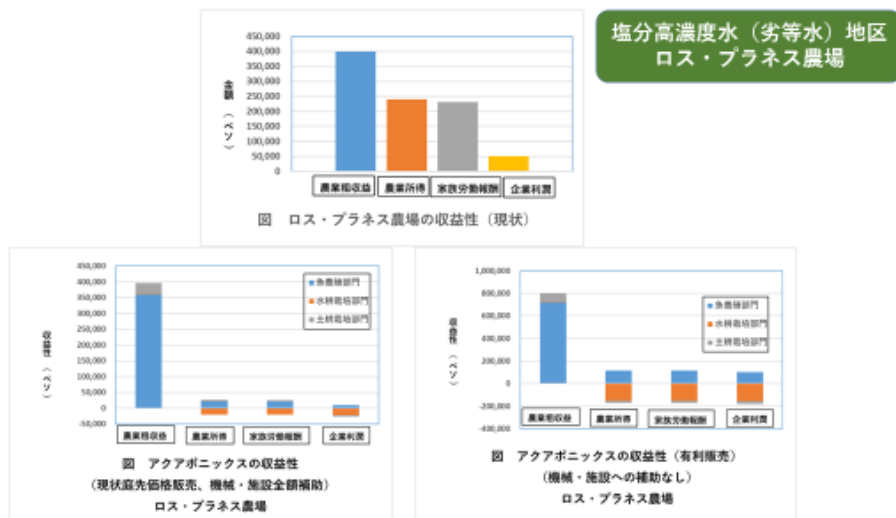


図 魚(ヒレ)・市場価格の推移 (ラパス市内2店舗の平均、2016年4月～2017年4月)

データ) SATREPSプロジェクトの市場調査による
 注) エビの店頭価格は、ティラピアの4～5倍

アクアポニックス・システムの収益性分析 (経営試算)



プロジェクト予算による機械・施設費用への補助がなければ、農業所得さえ生じない状態に陥ることが予想される。

○アクアポニックス・システムを構成する3部門の中では、水耕栽培部門での収益性の確保が大きな課題になると推察される。

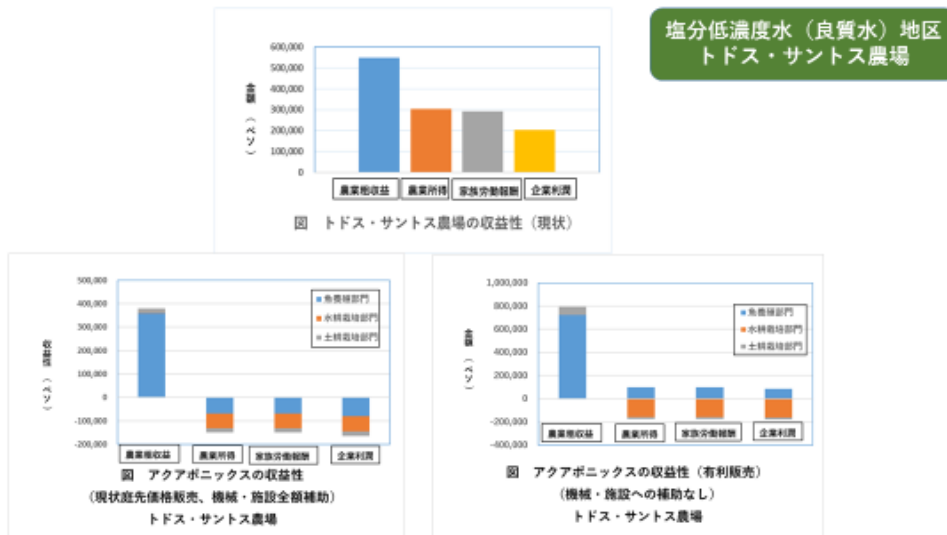
○アクアポニックスの生産活動を安定的に定着させるためには、農産物の有利販売が可能になるようマーケティング活動に精力を注ぐことが不可欠である。

○塩分高濃度水を利用するロス・プラネス、塩分低濃度水を利用するトドス・サントスの両地区の間に

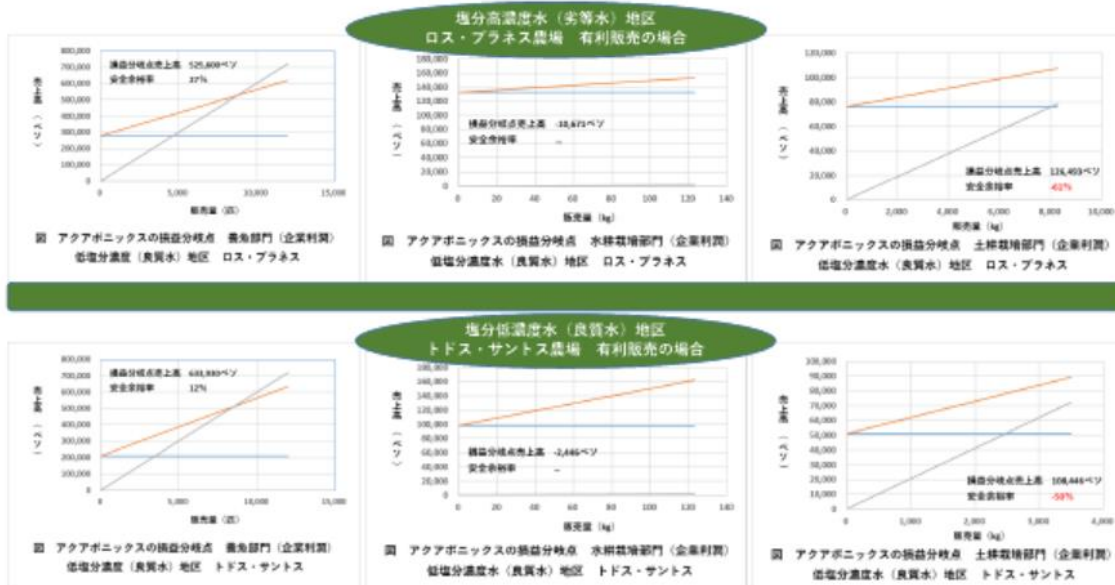
【平成29年度実施報告書】【180531】

は、導入するアクアポニックス・システムの違いに起因する経営間格差は大きくは生じないことが予想される。経営試算に基づく収益性分析や損益分岐点分析の結果は、両農場ともにほぼ同様の特徴を示している。

アクアポニックス・システムの収益性分析（経営試算）



アクアポニックス・システムの損益分岐点分析（経営試算）



6-2) 実証試験のための実証サイトの選定

平成 28 年度末に、1) で実施した調査結果等を基に日本側プロジェクト関係者及び CIBNOR 側カウンターパートと協議の上、農家実証試験サイト 2 か所を選定した（1 実証サイトごとに 1 戸のモデル農家候補を選定）。

(1) アンヘル・クリストバル・ロドリゲス・ペレス氏

場所：ロス・プラネス

地下水：高塩分濃度

太陽光パネル搭載型モデル

(2) ミゲル・アンヘル・レオン氏

場所：トドス・サントス

地下水：低塩分濃度

太陽光パネル非搭載型モデル

モデル農業経営選出のための訪問調査



場所：エル・チャメトラ
氏名：アントニオ・ラミネス氏



場所：エル・センテナリオ
氏名：アベル・ゴンザレス・フローレス氏



場所：ロス・プラネス
氏名：アンヘル・クリストバル・ロドリゲス・ペレス氏



場所：ロス・プラネス
氏名：アントニオ・フェラルデ・イラリス氏



場所：トドス・サントス
氏名：ミゲル・アンヘル・レオン氏
フランシスコ・コタ・アマドーラ氏



場所：エル・ベスカデロ
団体名：UAIM



場所：ロス・プラネス
氏名：ホセ・アントニオ・マルケス・
* Bofish社アクアポニクス(建設中)



場所：ロス・カボス
有機栽培グループ(デル・カボ)

しかしながら、平成 29 年度に執行予算の制約やモデル仕様作成に時間を要したこと等の理由から、当初計画を変更して現地実証試験の実施場所を 1 箇所絞る必要性が生じた。これまで本プロジェクトにおいて CIBNOR モデルシステムで実験のために供試した地下水は、塩分濃度からみるとモデルサイトとして選定したロス・プラネス（高塩分濃度水地区）とトドス・サントス（低塩分濃度水地区）との中間水準にある。また、同施設内の実験により、水耕栽培と土耕栽培に供給する水については、塩分濃度を除いた水質成分要素に対し大部分を養魚工程において調整が可能であることが明らかになった。このような実験結果に基づき、アクアポニクス・システムのキー・テクノロジーとなる水質制御については、より高額な設備投資と高水準の水質制御技術を必要とするロス・プラネス及び CIBNOR モデルシステムから得られるデータを組み合わせて考察することにより、トドス・サントスでの農家実証試験をカバーすることが可能であると判断された。これらの考察から、農家実証試験モデルサイトとしてはロス・プラネスのアンヘル・クリストバル・ロドリゲス・ペレス氏をモデル農家として選定することを提案し

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

た。

②研究題目 6 のカウンターパートへの技術移転の状況

6-1) 南バハカリフォルニア州におけるシステムの導入可能な普及対象者・普及対象地域把握のためのベースライン調査

・カウンターパートによって魚類及び野菜の市場価格調査を定期的に行うことにより、データ収集を着実に進めるようになった。

・農業経営実態調査のための営農記帳（農作業日誌および農業簿記）の家実証試験モデル農家に対する指導をカウンターパートができるようになった。

6-2) 実証試験のための実証サイトの選定

平成 29 年度に終了した。

③研究題目 6 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

6-1) 南バハカリフォルニア州におけるシステムの導入可能な普及対象者・普及対象地域把握のためのベースライン調査

特になし。

6-2) 実証試験のための実証サイトの選定

当初計画では、現地実証試験のための家実証試験モデルサイトを高塩分濃度の「高塩分濃度水地区」と低塩分濃度の「良質水地区」の 2 箇所にアクアポニックス・システムを設置し、両地区の比較検証を通じて現地に適合した高水準の開発後術の確立を想定していた。しかしながら、執行予算の制約や家実証試験モデル仕様作成に時間を要したこと等の理由から、当初計画を変更して現地実証試験の実施を 1 箇所に絞ることとなり、検討の結果ロス・プラネスのアンヘル・クリストバル・ロドリゲス・ペレス氏を農家実証試験モデル農家として選定することとなった。

平成 28 年度に行ったロス・プラネスとトドス・サントスの農家の経営試算に基づく収益性分析や損益分岐点分析等の経営分析結果によれば、両地区における水質、並びに導入するアクアポニックス・システムの違いに起因する収益性の側面からの経営間格差は大きく生じないことが見込まれた。以上の結果、ロス・プラネスでの現地実証試験を通じて現地適応性の高いアクアポニックス・システムが開発され、さらに経営経済的側面から当該システムが安定的な再生産条件を有することが実証されれば、「高塩分濃度水地区」に対比して相対的に要素投入量が少ない「低塩分濃度水地区」トドス・サントスにおける現地実証試験を不要にすることが可能であると判断した。

④研究題目 6 の研究のねらい（参考）

6-1) 南バハカリフォルニア州におけるシステムの導入可能な普及対象者・普及対象地域把握のためのベースライン調査

野菜類、魚類の市場価格、農業経営実態等の基礎データの収集により、農家実証試験モデルシステムの導入による収益性の評価を行うこと、実証試験農家圃場の土壌及び灌漑用水の分析、農業経営実態調査及びインタビュー等の結果からモデル農家を選定すること、農家実証試験モデルシステムの導入による

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

経営改善効果を高めるための検討を行うことを可能にする。

⑤研究題目6の研究実施方法（参考）

6-1) 南バハカリフォルニア州におけるシステムの導入可能な普及対象者・普及対象地域把握のためのベースライン調査

野菜類、魚類の価格調査は、ラパス市内の卸売市場、スーパーマーケット等のうち、価格調査に協力的な店舗（6箇所）を選定し、10日おきに店頭の販売価格を調査する。土壌及び灌漑用水の分析は、モデル候補農家について、地下水のpHはその場でpHメーターを用いて測定し、ECはCIBNORの研究室で測定する。土壌のpHとECはCIBNOR研究室において土壌試料を風乾後、蒸留水を加え(1:5)、ECメーターで測定する。農業経営実態調査は、CIBNORカウンターパートの指導によりモデル農家が記帳する農業簿記、農作業日誌を回収・分析して行う。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

2017年11月に開催された第4回合同調整委員会（JCC）で、農家実証試験モデルの数を2戸から1戸に削減することが合意された。1戸に削減しても、プロジェクト目標「塩分を含む水を利用した露地栽培結合型アクアポニックスの構築」（PDMプロジェクト目標；「塩分を含む水を利用した養殖・農業結合システムの構築」）は、達成できるところを説明し、それが認められた。しかし平成30年4月末完工予定であった農家実証試験モデルシステム建設は、CIBNORによる機材調達の遅れ等により、平成30年7月完工、8月からの農家実証試験開始と大きく計画を変更した。

今後のプロジェクトの進め方について大きく4つの重要な事項がある。はじめに重要なことは**着実に実証試験を開始**することである。7-9月における短期研究員派遣計画を見直した。また、いくつかの活動の実施期間を変更した。すなわち、「6-3 塩分を含む水の塩分濃度および普及対象農家等のニーズに合わせた養殖・農業結合システムの検討」を平成27-28年度から平成27-30年度とした。「6-4 実証サイトでの実証試験」を平成28-29年度から平成30-31年度とした。「6-5 実証試験の結果を元にした養殖・農業結合システムの技術マニュアルの策定」を平成29-30年度から平成30-31年度とした。「5-5 暫定版養殖・農業結合システムの構築・展示」を平成28-29年度から平成28-30年度とした。また、農家実証試験をモデル農家が主体的に実施することができるように、**モデル農家に対して十分な指導**を行うことが重要である。農家実証試験開始前に、農家に対する講習を行うこととしている。実証試験開始後は、段階的に農家が主体的に実証試験を進められるようにする。初めは日本側およびメキシコ側研究者が指導することが多くなるが、徐々に農家との協働実施に移し、最終的には農家主導で実施できるように計画している。また、日々の技術指導体制も構築する。

次に重要なことは、**モジュールの取り扱いを明確にする**ことである。平成31年11月には農家実証試験モデルシステムを原則撤去することとなっているが、CIBNORがプロジェクト後の継続使用を強く希望した。これが実現するためには、公的機関へのモジュールの合法的譲渡、農家実証試験モデルシステム管理運営に係る詳細計画の策定が必要である。前者はCIBNORが合法的に農家実証試験モデルシステム所有者となり得ることが判明した。詳細計画を8月までに策定し、その妥当性がJICAおよびJSTに認められるよう鳥取大学と東京海洋大学は、CIBNORに働きかける。その妥当性が認められない場合は、4年目後半と最終年度である5年目にはCIBNORモデルシステムにおける実証試験の実施・展示、普及要

【平成29年度実施報告書】【180531】

件洗い出しに関する活動を充実させることになる。

また 1) 技術マニュアルの作成、2) CIBNOR モデルシステムの実証・展示、3) 実証試験サイトにおける養殖・農業結合システムの稼働、というプロジェクト目標の指標となる活動実施を加速させる必要がある。

これらを計画的に進めることで、プロジェクト目標「塩分を含む水を含む養殖・農業結合システムの確立」を達成できる見通しである。

プロジェクト期間終了後の普及の担い手として、メキシコ国家乾燥地委員会 (CONAZA) および南バハカリフォルニア州政府を考えている。CONAZA はすでに複数のアクアポニックスモジュールを民有地に建設した実績を有している。CONAZA との協力関係をより強固にする。具体的には、1) 農家実証モデルでの実証試験の進捗説明、2) プロジェクト期間終了後の普及プロセスの協議、3) CONAZA に対するアクアポニックスシステム技術の提案を行なう計画である。

本システムが普及される場合の社会的なインパクトとして、1) 貴重な水資源の量・質的保全、2) 土壌塩類化の軽減、3) 持続的な食料生産の実現、4) 地球温暖化防止につながる自然エネルギーの利用、5) 安全性を保証した農水産物生産、6) 農・漁民の所得向上、などを挙げることができる。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など (公開)

(1) プロジェクト全体

日墨両国機関間における情報の共有が最も重要である。本プロジェクトでは、養殖と農業を結合させた生産システムを構築するが、これに参画する構成員は、水産学、作物学、微生物学、水利用学、気象学、電子工学、経営学、経済学等広範な研究分野に所属する。参画研究分野 (グループ) 内はもとより、グループ間における活発な情報交換なくしては、ひとつのまとまった生産システムの構築および普及要件の洗い出しをすることはできない。

このために、1) 渡航時に行なうグループ内ミーティング・グループ間ミーティング、2) 日本国内でのグループ内ミーティング・グループ間ミーティングを活発化させることとした。そのために、メールや電話だけではなく、TV 会議システムの利用頻度を高めている。平成 29 年 11 月には、現地 (ラパス市) にて、日墨両国機関のメンバーが一同に集い、研究進捗報告を行なうとともに、今後の展開について協議した。平成 30 年 11 月にも同様に全体ミーティングを現地にて開催し、プロジェクト後半期の計画を改めて確認する。

(2) 研究題目 1 : 研究題目 1 「塩分を含む水を利用した養殖技術の確立」(リーダー: 遠藤雅人)

カウンターパートのフランシスコ・マガジョン博士を中心としたメキシコ側の養殖グループは、全体のプロジェクト目標を正確に見極め、積極的に現場での研究を進めている。さらに本研究グループにおける研究データの蓄積にはメキシコ側、日本側の研究者は基より、大学院の学生が大きな役割を果たしている。メキシコ側、日本側の大学院学生が双方の友好関係を深め、学術交流の中で研究発表を行い、ディスカッションをすることは本プロジェクトにおける若手育成のみならず、メキシコ側、日本側双方の教育・研究機関としての教育方針、すなわち、グローバル人材育成の観点から非常に有効であると考えている。特に食料生産、消費に関してはプロジェクトを遂行するメキシコの文化・風習を理解しつつ、日本が適用可能な技術や新たなアイデアによる新規技術の実践が必要となる。この

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

点においてはこれまでのプロジェクト実施の感想として双方の研究者が両国を行き来することでお互いの食文化や食料生産技術を実際に体感することで理解が深まっているように思える。これも国や世代を超えた人と人との交流があってこそだということを実感しており、今後は他のグループとの更なる連携も推進しつつ、プロジェクトの最終目標に向けて研究・実践を進めていく。

(3) 研究題目3：「養殖・農業結合システムに適した電源の最適化」（リーダー：田川公太郎）

これまでの実証試験で判明したリスクや故障を考慮して、ロス・プラネスの農家実証試験モデルシステムについて、30.7kW出力の太陽光発電（太陽電池 320W/枚×96枚）と48V出力電圧のバッテリー設備を組み合わせた独立型電源システムを早期に準備し、平成30年1月末に詳細設計を終えて、建設工事の段階へ移行した。平成30年4月末に完了予定であったが、CIBNORによる太陽電池パネルの調達が遅れ、建設完了が平成30年7月末に延期となった。平成30年1月末にアメリカにおいて輸入する太陽電池パネルに関税を賦課することが決まり、太陽電池パネルの価格が変動し、当初見積を受けていた太陽電池の価格が上昇し、当初予定の経費で調達することが困難となったことも延期の一因であると考えられる。経費で導入可能な太陽電池パネルが調達され、その範囲で農家モデルの実証試験を行う場合、その電力供給能と養殖・水耕栽培の稼働機器の消費電力量のバランスを確認した上で実施することを想定している。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

該当なし。

(2) 社会実装に向けた取り組み

該当なし。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

2017 生態工学会念年次大会オーガナイズドセッション開催（平成29年6月24日）

生態工学会におけるオーガナイズドセッション「乾燥地に適応した水産養殖と農業の結合システムの開発-メキシコ南バハカリフォルニア州における持続的食料生産のために-」において、本研究における現状と今後の展開について講演を行った。質疑も活発に行われ、有意義な意見交換がなされた。

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

VIII. その他（非公開）

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2014	Masako Hishida, F. Ascencio-Valle, Hideyasu Fujiyama, A. Ortuño-Crus, Tsuneyoshi Endo and JA. Larrinaga-Mayoral, "Antioxidant enzyme responses to salinity stress of <i>Jatropha curcus</i> and <i>J. cinerea</i> at seedling stage", <i>Russian Journal of Plant Physiology</i> , 2014, vol.61 No.1. pp53-62	10.1134/S1021443714010063	国際誌	発表済	
2016	Satoshi Yamada, Taketo Yamaguchi, Raúl David López Aguilar, Juan Ángel Larrinaga Mayoral and Hideyasu Fujiyama, "Characteristics of Na, K, Ca, Mg and P absorptions of kochia plant (<i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrad.) under salinity condition", <i>Sand Dune Research</i> , 2016, Vol. 63, pp.1-8		国内誌	発表済	

論文数 2 件
うち国内誌 1 件
うち国際誌 1 件
公開すべきでない論文 0 件

② 原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2014	N. Yamaguchi*, J. Park, M. Kodama, T. Ichijo, T. Baba*, and M. Nasu (*equally contributed), "Change in airborne bacterial community in outdoor environments following Asian dust event", <i>Microbes and Environments</i> , 2014, Vol. 29, No.1, pp. 82-88	10.1264/jsme2.ME13080	国際誌	発表済	
2014	北川誠子・藤山英保, "好塩性植物の硝酸イオン吸収と移行におけるナトリウムの役割", <i>日本砂丘学会誌</i> , 2014, vol. 61 No.1, pp. 11-16		国内誌	発表済	
2014	Emi Kaburagi and Hideyasu Fujiyama, "Growth and physiological responses of plants to osmotic and sodium stress", <i>Sand Dune Research</i> , 2014, Vol. 61 No. 2, pp. 47-53		国内誌	発表済	
2014	Emi Kaburagi, Yumi Morikawa, Mina Yamada, and Hideyasu Fujiyama, "Sodium enhances nitrate uptake in Swiss chard (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> L.)", <i>Soil Science and Plant Nutrition</i> , 2014, Vol. 60 No. 5, pp.651-658	10.1080/00380768.2014.938595	国際誌	発表済	
2014	猪迫耕二, 齊藤忠臣, 西中董, 藤巻晴行, "粗粒層の毛管障壁機能が作土層の水分と塩分の移動に与える影響", <i>応用水文</i> , 2015, Vol. 27, pp.1-7		国内誌	発表済	
2015	Emi Kaburagi, Mina Yamada, and Hideyasu Fujiyama, "Sodium, but not potassium, enhances root to leaf nitrate translocation in Swiss chard (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> L.)", <i>Environmental and Experimental Botany</i> , 2015, Vol. 112, pp.27-32	10.1016/j.envexbot.2014.11.007	国際誌	発表済	農学・生物学の分野でQ1 (highest value) に分類されている雑誌
2015	鶴田 博人, 山田 智, 田辺 ひろ子, 嘉本 早織, 益崎 望, 梁 銀麗, 猪迫 耕二, 増永 二之, 藤山 英保, "乾燥ストレス条件下のキュウリにおけるアスコルビン酸輸送と抗酸化応答の関係", <i>日本砂丘学会誌</i> , 2015, Vol. 62 No.1, pp.11-20		国内誌	発表済	
2015	鶴田 博人, 山田 智, 梁 銀麗, 猪迫 耕二, 増永 二之, 藤山 英保, "ハウスキュウリ栽培における灌水量削減が成長, 栄養吸収および果実品質に及ぼす影響", <i>日本砂丘学会誌</i> , 2015, Vol. 62 No.2, pp.55-66		国内誌	発表済	
2015	Noriko Matsumoto and Hideyasu Fujiyama, "Germination and water absorption responses of seeds of four vegetables under salt stress", <i>Sand Dune Research</i> , 2015, Vol. 61 No. 3, pp.111-118		国内誌	発表済	
2015	Noriko Matsumoto and Hideyasu Fujiyama, "Salt tolerance of zucchini at different growth stages", <i>Sand Dune Research</i> , 2015, Vol. 62 No. 1, pp.3-10		国内誌	発表済	
2015	Nobuyasu Yamaguchi, Takashi Baba, Tomoaki Ichijo, Yuka Himezawa, Kanami Enoki, Makoto Saraya, Pin-Fang Li, and Masao Nasu, "Abundance and community structure of bacteria on Asian dust particles transported to Beijing, China, during the Asian dust season", <i>Biological and Pharmaceutical Bulletin</i> , 2016, Vol. 39 No. 1, pp.68-77	10.1248/bpb.b15-00573	国際誌	発表済	
2015	Takashi Baba*, Yuko Makino*, Mina Yamada* and Hideyasu Fujiyama (*equally contributed), "Evaluation of the Cs- and Sr-absorption ability of plant species for phytoremediation", <i>Eco-Engineering</i> , 2016, Vol. 28 No. 1, pp.1-5	10.11450/seitaikogaku.28.1	国内誌	発表済	

2015	Mina Yamada, Chika Kuroda, and Hideyasu Fujiyama, "Function of sodium and potassium in growth of sodium-loving Amaranthaceae species", <i>Soil Science and Plant Nutrition</i> , 2016, Vol. 62 No. 1, pp.20-26	10.1080/00380768.2015.10753	国際誌	発表済	
2015	井上光弘, 齊藤忠臣, 猪迫耕二, 藤巻晴行, "高塩分濃度の砂に対するWETマルチセンサーの測定精度の評価", <i>日本砂丘学会誌</i> , 2016, Vol. 63 No. 1, pp.1-10		国内誌	発表済	
2016	Mina Yamada, Chika Kuroda and Hideyasu Fujiyama, "Growth promotion by Sodium in Amaranthaceae plants", <i>Journal of Plant Nutrition</i> , 2016, Vol. 39, pp1186-1193		国際誌	発表済	
2016	Takashi Baba, "Differences in short-term responses of ion transport related to salt-tolerance of rice and tomato species", <i>Sand Dune Research</i> , 2016, Vol. 63, pp.103-111		国内誌	発表済	
2016	Takashi Baba*, Hiroko Aome*, Saki Shirai* and Mina Yamada (*equally contributed), "Evaluation of Na-absorption ability of halophilic and salt-loving plant species. <i>Sand Dune Research</i> ", 2016, Vol. 63, pp.121-126		国内誌	発表済	
2016	T. Baba, Y. Sato, Y. Katsube, T. Kuroda, and H. Fujiyama: Relationship between plant responses to high Na and ameliorative effects of supplemental K and Ca. <i>Journal of Plant Nutrition</i> , 2017, Vol. 40, pp33-39		国際誌	発表済	
2016	Malik Selek, Masato Endo, Murat Yigit, Toshio Takeuchi, The integration of fish and plant production: Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) and basil (<i>Ocimum basilicum</i>) culture in recirculating aquaponics systems, <i>Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research</i> , 2017, Vol. 3, pp28-43	10.3153/JAEFR17005	国際誌	発表済	
2017	Xuanchen Zhang, Masato Endo, Takashi Sakamoto, Reiko Fuseya, Goro Yoshizaki, Toshio Takeuchi, Studies on kuruma shrimp culture in recirculating aquaculture system with artificial ecosystem, <i>Aquaculture</i> 484, 191-196.	10.1016/j.aquaculture.2017.11.033	国際誌	発表済	
2017	Tagawa Kotaro and Li Yan : A wind tunnel experiment of self-starting capability for straight-bladed vertical axis wind turbine, <i>Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering</i> , 36(2):136-140,153	10.3969/j.issn.1674-8530.17.30	国際誌	発表済	
2017	Yamada, M., Malambane, G., Yamada, S., Suharsono, S., Tsujimoto, H., Mpeki, B. and Akashi, K.: Differential physiological responses and tolerance to potentially toxic elements in biodiesel tree <i>Jatropha curcas</i> . <i>Scientific Reports</i> , 8:1635	10.1038/s41598-018-20188-5	国際誌	発表済	
2018	Takuya Nakagawa*, Takashi Baba*, Emi Kaburagi and Hideyasu Fujiyama (*equal contribution): Fe absorption of dwarf glasswort under high pH condition. <i>Sand Dune Research</i> . 64, 2018		国内誌	in press	

著作物数 22 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2014	Nobuyasu Yamaguchi, Tomoaki Ichijo, Takashi Baba, Masao Nasu, "Long-range transportation of bacteria cells by Asian dust", <i>Genes Environ.</i> , 2014, Vol. 36 No. 3, pp.145-151	総説	発表済	
2014	馬場貴志, 王曉丹, 山口進康, 那須正夫, "植物水耕栽培における微生物動態解析", 2014生態工学会年次大会発表論文集, 2014, pp.85-86	Proceeding	発表済	
2015	馬場貴志, 青目皓子, 白井早紀, 山田美奈, 藤山英保, "好塩性植物を利用した高塩濃度灌漑水中のNa ⁺ のファイトレメディエーション", 2015生態工学会年次大会発表論文集, 2015, pp.97-98	Proceeding	発表済	
2015	遠藤雅人, "国内外のアクアポニクス 現状と今後の可能性. 期待で終わらせない循環式陸上養殖", <i>月刊養殖ビジネス</i> , 2015, Vol. 52 No. 13, pp.9-12	雑誌	発表済	
2015	遠藤雅人, "宇宙環境下における閉鎖居住施設における食料生産用養殖技術の開発", <i>生物工学会誌</i> , 2016, Vol. 94 No. 1, pp.36~37	雑誌	発表済	
2015	遠藤雅人, "第6章 事業化の前に把握すべき主なアグリビジネス事業の現状と課題 第3節 陸上養殖, アグリビジネス新規参入の判断と引き~異業種からの参入事例集/ビジネス性の考察と将来展望", 2016, 情報機構, 東京, pp.138-154	書籍	発表済	
2015	遠藤雅人, "1-8 宇宙養殖. 第1章—宇宙と閉鎖生態系・生態工学", <i>生態工学ハンドブック(生態工学会出版企画委員会編)</i> , 2015, アドスリー, 東京, pp.80-85	書籍	発表済	
2015	竹内俊郎, 遠藤雅人, "7-5 光と魚介類. 第7章—光と生物", <i>生態工学ハンドブック(生態工学会出版企画委員会編)</i> , 2015, アドスリー, 東京, pp.435-440	書籍	発表済	
2016	馬場貴志・白井早紀・藤山英保:ファイトレメディエーションによる沿岸域の富栄養化防止—Na・N・P濃度が好塩性植物の生育に及ぼす影響—, 2016生態工学会年次大会発表論文集, 2016, pp67-68	Proceeding	発表済	
2016	田川公太郎, 沙漠における風力発電の現状, <i>日本エネルギー学会誌</i> , 2016, 第95巻11号, 1034-1039	総説論文	発表済	
2016	猪迫 耕二, "マイクロ灌漑の基礎と応用", <i>日本砂丘学会誌</i> , 2016, Vol. 63 No.2, pp.83-91	国内誌	発表済	
2016	遠藤雅人, 第1章 世界と日本の養殖業 世界で盛り上がる陸上養殖産業の現状と課題, 2017年版 世界の養殖業, 養殖ビジネス臨時増刊号, 2017, Vol. 54, pp.14-18	雑誌	発表済	世界のティラピア循環式養殖およびCIBNOR(相手国側研究機関)の紹介を含む。
2017	遠藤雅人, 未来の食料担う陸上循環型養殖の展望, AFCフォーラム 2017年9月号, pp. 11-14.	一般紙	発表済	
2017	遠藤雅人, NEW WAVE No.94 物質循環型水産養殖システムの開発. 楽水 859, 9-12.	会報	発表済	
2017	馬場貴志, オルギン・ペニア R. ハイメ, "露地栽培結合型アクアポニクスシステムにおける微生物動態解析", 2017生態工学会年次大会発表論文集, pp63-64	Proceeding	発表済	

2017	Takeuchi, T. and Endo, M., Aquaponics. In: Application of Recirculating Aquaculture Systems in Japan, Fisheries Science Series, Takeuchi, T. (ed.), 2017, Springer, Tokyo, pp. 257-266.		書籍	発表済	
2017	Endo, M., Mouri, K., and Takeuchi, T., Local survey and consideration of land-based facility for closed recirculating aquaculture using waste heat discharged from biomass power plants, In: Application of Recirculating Aquaculture Systems in Japan, Fisheries Science Series, Takeuchi, T. (ed.), 2017, Springer, Tokyo, pp. 299-328.		書籍	発表済	

著作物数 17 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
2016	JICAモルディブ国持続的漁業のためのマスタープラン策定調査本邦研修(クエの閉鎖循環式養殖について学習する、モルディブ共和国研究者5名、修了者5名)	Technology of Closed Recirculating Aquaculture System	
2017	JICA国別研修(ミャンマー「養殖基礎技術」、ミャンマー研究者)、2名		

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2015	国際学会	<u>Emi Kaburagi</u> (Tottori University), Development of Aquaponics Combined with Open Culture Adapting to Arid Regions for Sustainable Food Production, Congreso Internacional de Acuaponia, La Paz (Mexico), November, 10-12	招待講演
2015	国際学会	<u>Satoshi Yamada</u> (Tottori University), Development of Aquaponics Combined with Open Culture Adapting to Arid Regions for Sustainable Food Production, International Symposium of SATREPS-programs on Sustainable Aquatic Bioresources, Shinagawa (Japan), December, 19~20	口頭発表
2015	国際学会	<u>Francisco Javier Magallón Barajas</u> (Northwest Biological Research Center), <u>Masato Endo</u> (Tokyo University of Marine Science and Technology) and <u>Satoshi Yamada</u> (Tottori University), Fish and shrimp Species Selection for Aquaponics Combined with Open Culture Adapting to Arid Regions for Sustainable Food Production, International Symposium of SATREPS-programs on Sustainable Aquatic Bioresources, Shinagawa (Japan), December, 19~20	口頭発表
2015	国際学会	<u>Juan Larrinaga-Mayoral</u> (Northwest Biological Research Center), <u>Satoshi Yamada</u> (Tottori University) and <u>Bernardo Murillo Amado</u> (Northwest Biological Research Center), Hydroponics and aquaponics technology in B.C.S. Development of Aquaponics Combined with Open Culture Adapting to Arid Regions for Sustainable Food Production. JICA-SATREPS-CONACYT Project Japan-México, International Symposium of SATREPS-programs on Sustainable Aquatic Bioresources, Shinagawa (Japan), December, 19~20	口頭発表
2016	国内学会	田中秀樹、 <u>山田 智</u> (鳥取大学)、 <u>Bernardo Murillo A.</u> (メキシコ北西部生物学研究センター)、塩ストレス条件下におけるバジル3品種の光合成能および抗酸化応答、日本土壌肥料学会、佐賀、9月22日	口頭発表
2016	国際学会	<u>Hideki Tanaka</u> , <u>Satoshi Yamada</u> (Tottori University), and <u>Bernardo Murillo Amador</u> (Northwest Biological Research Center), Effect of salinity stress on photosynthesis and anti-oxidative response in 3 basill species, International Symposium on Agricultural, Food, Environmental and Life Sciences in Asia, 2017, Daejeon (Korea), November, 8-11	口頭発表
2017	国際学会	<u>Yenitze Fimbres</u> , <u>Rosalía Servín</u> , <u>Rodolfo Garza</u> , <u>Masato Endo</u> , <u>Kevin Fitzsimmons</u> , <u>Maurício Emerenciano</u> , <u>Francisco Magallón</u> , Modelación y Flujo de Macro y Micro Nutrientes en un Sistema Integrado Por Acuicultura de Recirculación y Horticultura Hidroponica. Latin American & Caribbean Aquaculture, Mazatlán, Mexico, 2017 Nov. 7th.	口頭発表

2017	国際学会	Yenitze Fimbres, Paola Magallón, Rosalía Servín, Rodolfo Garza, <u>Masato Endo</u> , Kevin Fitzsimmons, Maurício Emerenciano, <u>Francisco Magallón</u> , Proceso de Recuperación de nitrógeno y Fósforo Para Sistemas Hidropónicos en un Sistema Híbrido (RAS-TBF) de Producción Hiperintensiva de Tilapia. Latin American & Caribbean Aquaculture, Mazatlán, Mexico, 2017 Nov. 7th.	口頭発表
2017	国内学会	<u>遠藤雅人</u> , SATREPS養殖チーム, <u>マガジョン-バラハス J. フランシスコ</u> , 乾燥地における複合型食料生産のための塩水の多段利用を目的とした水産養殖システムの構築に関する研究. 2017生態工学会 年次大会, 東京海洋大学楽水会館, 平成29年6月24日.	口頭発表
2017	国内学会	<u>蕪木絵実</u> , <u>藤山英保</u> , <u>山田智</u> (鳥取大学), SATREPS作物栽培チーム(メキシコ北西部生物学研究センター), <u>ムリージョ-アマドール ベルナルド</u> (メキシコ北西部生物学研究センター), 乾燥地における複合型食料生産のための塩水の多段利用を目的とした作物生産システムの構築に関する研究. 2017生態工学会 年次大会, 東京海洋大学楽水会館, 平成29年6月24日.	口頭発表
2017	国内学会	<u>猪迫耕二</u> (鳥取大学), <u>宮川卓</u> (静岡大学大学院), <u>齊藤忠臣</u> (鳥取大学), <u>トロヨエンリケ</u> (CIBNOR), 土層構造の異なる農地における灌水処理とアバネロの水利用効率との関係, 2017年度生態工学会年次大会, 東京海洋大学(東京都品川区), 2017年(6月)	口頭発表
2017	国内学会	<u>田川公太郎</u> , <u>Baiyin Bateer</u> (鳥取大学), <u>ホアキングティエレス</u> , <u>ホアン マンドウハーノ</u> (メキシコ北西部生物学研究センター), 乾燥地における露地栽培結合型アクアポニックスの電力供給システムに関する研究, 生態工学会, 東京, 6月23日~24日	口頭発表
2017	国内学会	<u>馬場貴志</u> (鳥取大学), <u>オルギン-ペニア R. ハイメ</u> (メキシコ北西部生物学研究センター), 露地栽培結合型アクアポニックスシステムにおける微生物動態解析, 2017生態工学会年次大会, 東京, 6月24日	口頭発表
2017	国際学会	<u>Emi Kaburagi</u> , <u>Takashi Baba</u> (Tottori University), <u>Masato Endo</u> (Tokyo University of Marine Science and Technology), <u>Bernardo Murillo Amador</u> (Northwest Biological Research Center), <u>Hideyasu Fuiiyama</u> , <u>Satoshi Yamada</u> (Tottori University), Developing an Aquaponics System Using Saline Underground Water: The Effect of Adding Micro-elements to Fish Wastewater on the Growth of Swiss chard, 14th International Phytotechnologies Conference, Montreal (Canada), 26-28 September	口頭発表
2017	国内学会	<u>猪迫耕二</u> (鳥取大学)・ <u>宮川卓</u> (静岡大学大学院)・ <u>齊藤忠臣</u> (鳥取大学)・ <u>トロヨエンリケ</u> (CIBNOR), キャピラリーバリアの敷設がアバネロの水利用効率に及ぼす影響, 平成29年度農業農村工学会大会講演会, 日本大学(神奈川県藤沢市), 2017(9月)	ポスター発表
2017	国内学会	<u>メルカド カルメン</u> , <u>山田 智</u> (鳥取大学), Na and K content and selective transport in rosemary and thyme plants, 日本土壌肥料学会, 宮城, 9月5日	口頭発表

招待講演	1 件
口頭発表	14 件
ポスター発表	1 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
----	-------------	-------------------------	----------------------------

2014	国内学会	鶴田博人、益崎望、藤山英保、山田 智(鳥取大学)、塩ストレスがキュウリの ¹⁴ C-AsA輸送および抗酸化応答におよぼす影響、日本砂丘学会、鳥取、7月3~4日	ポスター発表
2014	国内学会	鈴木洋平、山田 智(鳥取大学)、塩生植物における塩およびアルカリストレス応答、日本土壌肥料学会、東京、9月9~11日	口頭発表
2014	国内学会	與座朝成、山田 智(鳥取大学)、乾燥ストレス条件下におけるキュウリ葉身のアスコルビン酸輸送とシグナル物質の関連性、日本土壌肥料学会、東京、9月9~11日	口頭発表
2014	国内学会	丹 裕志(鳥取大学)、石森 有(日本原子力研究開発機構)、山田 智(鳥取大学)、三朝温泉水を用いた野菜の水耕栽培、日本土壌肥料学会、東京、9月9~11日	口頭発表
2014	国内学会	山田 智(鳥取大学)、研究紹介 持続的食料生産のための乾燥地に適応した露地栽培結合型アクアポニックスの開発 - 地球規模課題対応国際科学技術協カプログラム【SATREPS】-、鳥取県土壌肥料研究会、鳥取、10月4日	招待講演
2015	国内学会	馬場貴志、青目皓子、白井早紀、山田美奈、藤山英保(鳥取大学)、好塩性植物を利用した高塩濃度灌漑水中のNa ⁺ のファイトレメディエーション、2015生態工学会年次大会、神奈川、6月27~28日	ポスター発表
2015	国内学会	遠藤雅人、松本直樹、岡田涼汰、竹内俊郎(東京海洋大学)、塩分の異なる飼育水を用いたクエの閉鎖循環飼育および飼育排水再生方法の検討、2015生態工学会年次大会、神奈川、2015年6月27~28日	口頭発表
2015	国内学会	岡田涼汰、遠藤雅人、栗原紋子、竹内俊郎(東京海洋大学)、クエ飼育排水を用いたクビレズタの培養と物質吸収の推定、2015生態工学会年次大会、神奈川、2015年6月27~28日	口頭発表
2015	国内学会	猪迫耕二(鳥取大学)・阿部晴奈(サンスイコンサルタンツ)・齊藤忠臣(鳥取大学)、低透水性土壌におけるリーチング水の浸透促進法の開発、第61回日本砂丘学会全国大会、弘前市、2015年8月20日	口頭発表
2015	国内学会	包清徳子、馬場貴志、藤山英保(鳥取大学)、好Na性植物におけるNa ⁺ とK ⁺ の役割、日本砂丘学会、青森、8月20~21日	口頭発表
2015	国内学会	遠藤雅人(東京海洋大学)、アクアポニックスにおける物質循環、陸上養殖勉強会セミナー、東京、8月20日	招待講演
2015	国内学会	丹 裕志、山田 智(鳥取大学)、塩生植物の塩吸収と体内 ²² Na ⁺ 分布、日本土壌肥料学会、京都、9月9~11日	口頭発表
2015	国内学会	田中秀樹、山田 智、塩条件下におけるPあるいはK欠乏がフダンソウの成長および抗酸化応答に及ぼす影響、日本土壌肥料学会、京都、9月9~11日	口頭発表
2015	国内学会	包清徳子、馬場貴志、藤山英保(鳥取大学)、好塩性植物におけるNa ⁺ とK ⁺ の必要性、日本土壌肥料学会、京都、9月9~11日	ポスター発表
2015	国内学会	馬場貴志、森川祐実、藤山英保(鳥取大学)、好塩性植物におけるNaの役割、日本土壌肥料学会、京都、9月9~11日	ポスター発表

2015	国内学会	遠藤雅人、中村一貴、古谷 泉、原田 享、川名優孝、伊藤雅則、竹内俊郎(東京海洋大学)、クリーンエネルギーを利用した閉鎖循環式陸上養殖におけるエネルギー所要量の検討、平成27年度日本水産学会秋季大会、仙台、2015年9月24日	口頭発表
2015	国内学会	遠藤雅人(東京海洋大学)、アクアポニックスによる宇宙での食料生産 宇宙で生きる！～閉鎖生態系技術で有人宇宙活動を支える～、第59回宇宙科学技術連合講演会、鹿児島、10月8日	招待講演
2015	国内学会	五百井拓哉、田川公太朗(鳥取大学)、三保谷拓史(シャープ)、砂丘地に設置した太陽電池の表面に付着する砂塵汚れの分析、第63回応用物理学会春季学術講演会、東京、2016年3月19日～22日	口頭発表
2016	国内学会	馬場貴志・白井早紀・藤山英保:ファイトレメディエーションによる沿岸域の富栄養化防止 - Na・N・P濃度が好塩性植物の生育に及ぼす影響 -、2016生態工学会年次大会、宮崎、6月25日	ポスター発表
2016	国内学会	包清徳子・馬場貴志・蕪木絵美・藤山英保: ヒユ科植物における好塩性の種間差、日本土壌肥料学会2016年度佐賀大会、佐賀、9月21日	ポスター発表
2016	国内学会	加藤大樹・馬場貴志・藤山英保: 好塩性植物の発芽時における塩応答の種間差、日本土壌肥料学会2016年度佐賀大会、佐賀、9月21日	ポスター発表
2016	国内学会	馬場貴志・白井早紀・藤山英保: 好塩性植物における低N・低P耐性、日本土壌肥料学会2016年度佐賀大会、佐賀、9月21日	ポスター発表
2016	国際学会	Kotaro TAGAWA, Mitsuhiro Inoue, Reiji Kimura, Ryo Nishimura and Koji Inosako (Tottori University), Feasibility study on photovoltaic water pumping system for crop cultivation, Twelfth International Dryland Development Conference "Sustainable Development of Drylands in the Post 2015 World", Alexandria Egypt, 21-24 August, 2016	ポスター発表
2016	国内学会	猪迫耕二, マイクロ灌漑の基礎と応用, 日本砂丘学会, 島根, 8月25, 26日	招待講演
2016	国内学会	池内令香, 猪迫耕二, 齊藤忠臣, 低透水性土壌の迅速排水法における細粒-粗粒境界での水分移動特性について, 第71回農業農村工学会中国四国支部講演会, 愛媛県, 10月27, 28日	口頭発表
2016	国内学会	岡田 涼汰, 遠藤 雅人, 栗原 紋子(東京海洋大学), クエ飼育排水を用いたクビレズタの培養と物質吸収の推定, 閉鎖生態系における生物のシステムを介した物質循環, 日本地球惑星科学連合2016年大会, 幕張メッセ, 5月22日	ポスター発表
2016	国内学会	遠藤雅人, 鈴木千寛, 杉浦康太(東京海洋大学), 田村直司(岩手大学), 竹内俊郎(東京海洋大学), クエの閉鎖循環式養殖における飼育水中の濁度および色度成分の除去, 2016生態工学会 年次大会, 宮崎グリーンシアター壱番館(KITEN)コンベンションホール, 6月25日	口頭発表

2016	国内学会	岡田涼汰, 金澤佳子, 遠藤雅人(東京海洋大学), クエ飼育廃棄物を用いたクビレズタの培養と生産量の推定, 2016生態工学会 年次大会, 宮崎グリーンズフィア壱番館(KITEN)コンベンションホール, 6月25日	口頭発表
2016	国内学会	眞壁 宙史, 遠藤雅人(東京海洋大学), 中村謙治(エスペックミック), 竹内俊郎(東京海洋大学), アイスプラント水耕栽培におけるpHの影響およびアイスプラントークエのRASポニックスにおける塩分の影響, 2016生態工学会 年次大会, 宮崎グリーンズフィア壱番館(KITEN)コンベンションホール, 6月25日	口頭発表
2016	国内学会	遠藤雅人, 田辺優希(東京海洋大学), ナイルティラピアの脊椎骨形成に及ぼす無酸素水の影響, 平成28年度日本水産学会秋季大会近畿大学農学部, 9月10日	口頭発表
2016	国内学会	岡田涼汰, 遠藤雅人(東京海洋大学)クエの養殖排水、沈殿物および泡沫分離物を用いたクビレズタ栽培における光周期の影響, 平成29年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学 品川キャンパス, 3月29日	口頭発表
2016	国内学会	杉山正明、山田 智、トウガラシ2品種における耐塩性機構、日本土壌肥料学会、佐賀、9月20日	口頭発表
2016	国内学会	伊東行蔵、山田 智、フダンソウの成長および塩吸収に及ぼす流動水耕栽培の影響、日本土壌肥料学会、佐賀、9月20日	口頭発表
2017	国内学会	Baiyin Bateer, 田川公太郎, 山田 智(鳥取大学)、乾燥地に適した露地栽培結合型アクアポニックスシステムの開発—太陽光発電による電力供給実証試験—、エネルギー・資源学会、東京、6月11,12日	口頭発表
2017	国際学会	Masato Endo, Hiroshi Makabe, Shun-Ichiro Kawasaki, Kenji Nakamura, Toshio Takeuchi, Effect of Fish-Plant Ratio and Water Salinity on Water Quality and Plant Production in Kelp Grouper-Ice Plant Aquaponics System. Eco-Engineering Symposium 2017: Application of Technology for Sustainability of Natural Resources, Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 2017, July 12th.	口頭発表
2017	国際学会	Masato Endo, Xuanchen Zhang, Reiko Fuseya, Takashi Sakamoto, Goro Yoshizaki and Toshio Takeuchi, Effect of manganese supplementation to aquacultural wastewater discharged from the recirculating aquaculture system with kuruma shrimp as the culture media of Chaetoceros gracilis and Tetraselmis tetraele and their values for initial feeds of kuruma shrimp larvae. The JSFS 85th Anniversary-Commemorative International Symposium "Fisheries Science for Future Generations", Tokyo University of Marine Science and Technology Shinagawa Campus, Tokyo, Japan, 2017 Sept. 24th.	ポスター発表
2017	国内学会	岩田繁英, アクアポニックスにおける収量予測のための数理モデル構築とその解析. 第27回日本数理生物学会年会, 北海道大学工学部フロンティア応用科学研究棟, 2017年10月8日.	口頭発表
2017	国内学会	遠藤雅人, 物質循環型水産養殖システムの開発. 平成29年度 マリンバイオテクノロジー学会「若手の会シンポジウム」, 東京海洋大学品川キャンパス2号館1階100A室, 平成29年11月21日.	招待講演

2017	国内学会	岩田繁英, 物質循環を考慮したアクアポニックスに関する数理モデルの構築と収量予測, 第65回日本生態学会年会, 札幌コンベンションセンター特別会議場, 2018年3月14-18日.(予定)	口頭発表
2017	国内学会	加藤大樹、馬場貴志、藤山英保、好塩性植物の発芽時及び幼期における塩応答、日本土壌肥料学会、仙台、9月5日	ポスター発表
2017	国内学会	馬場貴志、包清徳子、藤山英保、好塩性植物のNO ₃ 吸収・同化におけるNaとKの必要性、日本土壌肥料学会、仙台、9月5日	ポスター発表
2017	国際学会	Hidevasu Fujiyama, Emi Kaburagi, Yumi Morikawa, Noriko Kanekiyo and Takashi Baba (Tottori University), Differences in sodium dependence in sodium-loving plants. Global Conference on Plant Science and Molecular Biology, Valencia (Spain), September, 11~13	口頭発表
2017	国内学会	馬場貴志、包清徳子、蕪木絵実、藤山英保(鳥取大学)、ヒユ科植物における好塩性の種間差、日本砂丘学会第63回大会、新潟、8月22日	口頭発表
2017	国内学会	加藤大樹、馬場貴志、藤山英保(鳥取大学)、好塩性植物の発芽時における塩応答の種間差、日本砂丘学会第63回大会、新潟、8月22日	口頭発表
2017	国内学会	馬場貴志、包清徳子、藤山英保(鳥取大学)、好塩性植物のNO ₃ 吸収・同化におけるNaとKの必要性、日本土壌肥料学会2017年度仙台大会、宮城、9月5日	ポスター発表
2017	国内学会	加藤大樹、馬場貴志、藤山英保(鳥取大学)、好塩性植物の発芽時および幼苗期における塩応答、日本土壌肥料学会2017年度仙台大会、宮城、9月5日	ポスター発表
2017	国内学会	田中秀樹、山田 智(鳥取大学)、塩条件下におけるバジルの光合成能と抗酸化応答、日本土壌肥料学会2017年度仙台大会、宮城、9月5日	口頭発表
2017	国内学会	高木えみり、山田 智(鳥取大学)、ハーブ類5種における耐塩性の種間差、日本土壌肥料学会2017年度仙台大会、宮城、9月5日	口頭発表
2017	国内学会	伊東行蔵、山田 智(鳥取大学)、耐塩性を異にする野菜作物8種における塩吸収および体内 ²² Na ⁺ 分布、日本土壌肥料学会2017年度仙台大会、宮城、9月5日	口頭発表
2017	国内学会	杉山正明、山田 智(鳥取大学)、トウガラシの抗酸化応答及び品質に及ぼす塩ストレスの影響、日本土壌肥料学会2017年度仙台大会、宮城、9月5日	口頭発表
2017	国内学会	山田 智(鳥取大学)、塩からい水で魚と野菜を育てる-乾燥地での持続的な食料生産をめざして-、平成29年度日本農学会シンポジウム、東京、10月14日	招待講演

招待講演	6 件
口頭発表	30 件
ポスター発表	15 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願 ※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願 ※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2015	6月28日	講演論文賞	クエ飼育排水を用いたクビレズタの培養と物質吸収の推定	岡田涼汰、 遠藤雅人、 栗原紋子、 竹内俊郎	生態工学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2015	8月20日	最優秀発表賞	好塩性植物におけるNa ⁺ とK ⁺ の役割	包清徳子、 馬場貴志、 藤山英保	日本砂丘学会	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2015	9月10日	日本土壌肥料学会賞	塩ストレス、特にソーダ質土壌障害に対する植物の応答に関する栄養生理学的研究	藤山英保	日本土壌肥料学会	2.主要部分が当課題研究の成果である	
2017	8月22日	優秀発表賞	好塩性植物の発芽時における塩応答の種間差	加藤大樹、 馬場貴志、 藤山英保	日本砂丘学会	1.当課題研究の成果である	
2017	10月26日	奨励賞	低透水性土壌の迅速排水法における細粒-粗粒境界での水分移動特性について	池内令香、 猪迫耕二、 齊藤忠臣	農業農村工学会中国四国支部	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2017	11月9日	優秀ポスター発表賞	Different salt stress responses between salt-sensitive and salt-tolerant basil varieties	Hideki Tanaka, Satoshi Yamada	International Symposium on Agricultural, Food, Environmental and Life Sciences in Asia, 2017	1.当課題研究の成果である	

6件

② マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2014	5月7日	NHKテレビ番組「いちおしNEWSとっとり」	とっとり発		1.当課題研究の成果である	本プロジェクト概要が紹介された。
2014	5月8日	鳥取大学公式ホームページ	科学技術振興機構(JST)平成26年度国際科学技術共同研究推進事業「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)」研究課題に採択されました		1.当課題研究の成果である	本プロジェクト概要が紹介された。
2014	5月27日	日本海新聞	メキシコで地下水使い農産物塩害克服に生産法着手		1.当課題研究の成果である	本プロジェクト概要が紹介された。
2014	8月1日	鳥取大学広報誌 風紋42	科学技術振興機構(JST)平成26年度国際科学技術共同研究推進事業「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)」研究課題に採択		1.当課題研究の成果である	本プロジェクト概要が紹介された。
2015	12月24日	日刊水産経済新聞	海洋大でシンポジウム 途上国と養殖技術開発 SATREPSの研究報告		3.一部当課題研究の成果が含まれる	本プロジェクトの取り組みが掲載された。
2016	6月10日	日経産業新聞	水を得た陸上養殖		その他	
2016	11月8日	Agrio(時事通信社)	海面から陸上にシフトする養殖業	巻頭記事, p2-4	その他	
2016	12月5日	TELSTAR(宇宙広報団体)	東京海洋大学 海洋生物資源学科 水族養殖学研究室	うちゅうけん号(増刊号), p. 16-17	その他	
2016	2月23日	読売新聞	陸で育む海の幸 広がる	夕刊関西版2面	その他	

9 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2015	12月19日	International Symposium of SATREPS-programs on Sustainable Aquatic Bioresources	東京海洋大学 (日本)	150名 (2名)	公開	「水産養殖技術開発研究プロジェクトネットワーク」と題してSATREPSにおける5研究チームによる研究概要・成果発表が行なわれた。
2016	5月19日	第13回「陸上養殖勉強会」セミナー 「アクアポニックスの現状と 新たな試み」 (講演者: 遠藤雅人)	沖縄コンベンションセンター (日本)	25名 (0名)	公開	第1回農水産業支援技術展沖縄で同時された陸上養殖勉強会セミナーにて本SATREPS研究について紹介を行った。
2016	7月13日	JICAモルディブ研修 「Technology of Closed Recirculating Aquaculture System」 (講演者: 遠藤雅人)	東京海洋大学 (日本)	7名 (0名)	非公開	モルディブ国持続的漁業のためのマスタープラン策定調査本邦研修においてモルディブ共和国研修生に対してアクアポニックスを含む閉鎖循環式養殖システムの解説を行った。
2016	8月26日	福島12市町村を対象とした 復興交流研修 「陸上養殖の動向、取り組み事例」 (講演者: 遠藤雅人)	電源地域振興センター会議室 (日本)	10名 (0名)	非公開	(一財)電源地域振興センターが主催する研修においてアクアポニックスを含む閉鎖循環式養殖システムの講義を行った。
2016	9月7日	第304回 クリーンテクノロジー研究会 「閉鎖循環式陸上養殖システム」 (講演者: 遠藤雅人)	連合会館502会議室 (日本)	20名 (0名)	非公開	公益社団法人 日本空気清浄協会が主催する第304回 クリーンテクノロジー研究会においてアクアポニックスを含む閉鎖循環式養殖システムの解説を行った。
2016	9月20日	情報機構セミナー 「陸上養殖技術入門 ～現状・市場・使用設備・養殖品種・参入の際の計画・コスト・採算性等」 (講演者: 遠藤雅人)	東京・大井町 きゅりあん (日本)	15名 (0名)	公開	情報機構が主催するセミナーにおいてアクアポニックスを含む閉鎖循環式養殖システムの講義を行った。

2016	10月14日	技術情報センターセミナー 陸上養殖の実際 (要素技術・事例・取組み)と 事業化への展開 「IV. 閉鎖循環式養殖における 物質循環による飼育水再生と産業」 (講演者: 遠藤雅人)	東京・ 新お茶の水・ 連合会館 4F 会議室	15名 (0名)	公開	(株)技術情報センターが主催するセミナー においてアクアポニックスを中心とする飼育水 再生技術や産業化についての講演を行った。
2016	10月22日	平成28年度 東京海洋大学 公開講座 「震災復興を支える水産技術開発等へ の取り組み」 東北における閉鎖循環式養殖の 可能性とエネルギー利用 (講演者: 遠藤雅人)	東京海洋大学 (日本)	17名 (0名)	公開	東京海洋大学が主催する平成28年度公開講 座において閉鎖循環式養殖のエネルギーと海 藻のアクアポニックスを中心とする講演を 行った。
2017	3月2日	第218回産学交流サロン 陸上養殖ビジネスの最新動向「陸上養 殖の最新動向と課題、取組事例など」 (講演者: 遠藤雅人)	横浜企業経営 支援財団 大会議室	20名 (0名)	公開	横浜企業経営支援財団主催する産学交流サ ロンにおいて陸上養殖の動向を太陽光等のエ ネルギー利用も含めて講演を行った。
2017	3月9日	China-Japan Workshop on Wind and Solar Energy Utilization in Cold and Arid Land	黒竜江省ハルビ ン市・東北農業 大学工程学院 (中国)	30名 (0名)	公開	学術交流協定大学校である東北農業大学に おいて、自然エネルギー利用分野の研究者ら とワークショップを開催し、本プロジェクト研究 のアクアポニックスにおける自然エネルギー利 用および太陽光発電に及ぼす砂塵衝突の影 響について発表した。
2017	6月24日	2017生態工学会 年次大会オーガナイ ズドセッション、「乾燥地に適応した水 産養殖と農業の結合システムの開発- メキシコ南バハカリフォルニア州にお ける持続的食料生産のために-」 オーガナイザー: 山田 智、馬場貴志 、遠藤雅人	東京海洋大学楽 水会館 (日本)	90(0)	公開	生態工学会において、オーガナイズドセッシ ョンとして、本研究における現状と今後の展開 について講演を行った。質疑も活発に行われ、 有意義な意見交換がなされた。
2017	8月24日	アクアポニックスの現状と課題. 第17 回陸上養殖勉強会セミナー (講演者: 遠藤雅人)	東京国際展示場 東京ビッグサイ ト東5・6ホール (日本)	30(0)	公開	陸上養殖勉強会セミナー参加者へ本 SATREPSプロジェクトの内容も含めたアクアポ ニックスにおける現状と課題について講演を 行った。
2017	8月28日	陸上養殖の動向と課題、成功事例. 平 成29年度 第1回やまなし陸上養殖協 議会	山梨県庁 防災 新館4階 401会 議室(日本)	20(0)	公開	やまなし陸上養殖協議会にて陸上養殖の解 説および最近の動向について研究内容も含め て報告した。

2017	11月15日	陸上養殖技術入門～現状・市場・使用設備・養殖品種・参入の際の計画・コスト・採算性等～. 情報機構セミナー (講演者: 遠藤雅人)	中央大学駿河台記念館4階430 (日本)	40(0)	公開	一般向けに陸上養殖の技術や物質循環型の養殖について解説を行った。
------	--------	--	----------------------	-------	----	----------------------------------

14 件

②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2015	5月11日	プロジェクトメンバー紹介/PO説明/研究計画確認/供与機材確認/次回JCC開催時期協議	50名	研究開始初年度であった。RD締結後にプロジェクトメンバーの追加要請が日墨双方からあり、これを承認した。PO、研究計画および供与機材について説明・確認を行なった。
2015	11月6日	研究成果報告/PO変更内容協議/モニタリングシート確認/次回JCC開催時期協議/機材調達進捗報告/	60名	研究成果報告があった。PO変更内容(機材調達時期の後ろ倒し他)について協議・確認した。モニタリングシートについて説明・確認を行なった。
2016	2月17日	研究成果報告/PO変更内容協議/モニタリングシート確認/次回JCC開催時期協議/機材調達進捗報告/農家モデル建設計画	60名	研究成果報告があった。PO変更内容(機材調達時期の後ろ倒し他)について協議・確認した。モニタリングシートについて説明・確認を行なった。農家に導入するモジュールの建設計画を確認した。
2017	11月28日	実証試験モジュール削減協議/モジュール建設のリスク対策協議/モジュールの取扱協議/次回JCC開催時期協議	18名	モジュール削減案が承認された。モジュール建設のリスク対策が検討された。プロジェクト期間内および後のモジュールの取扱計画が合意された。

4 件

JST成果目標シート

研究課題名	持続的食料生産のための乾燥地に適応した露地栽培結合型アクアポニックスの開発
研究代表者名 (所属機関)	山田 智 (国立大学法人 鳥取大学 農学部)
研究期間	H26採択(平成26年5月1日～平成32年3月31日)
相手国名/主要 相手国研究機関	メキシコ合衆国/メキシコ北西部生物学研究センター

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 東日本大震災被災地での津波による塩類化土壌の修復技術への応用 湖沼の富栄養化防止技術への応用 新産業「高付加価値水産物・農産物生産工場」への技術支援 新産業「自然エネルギーによる植物工場」への技術支援
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> メキシコ乾燥地における水資源の保全・有効利用および土壌保全 水利用効率の高い農水産物生産システムに関する研究 塩類化土壌のファイトレメデーション
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 乾燥地に適応した露地栽培結合型アクアポニックス 閉鎖型食料生産システムにおける衛生微生物学的安全性評価技術 農地土壌の塩類化防止技術 高塩条件下で生育可能な作物種
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 乾燥地における環境保全型生物生産法に精通し、国際的に活躍可能な日本側若手研究者の育成(国際誌への論文掲載や国際共同研究の実施など)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> 新規技術である乾燥地に適応した露地栽培結合型アクアポニックスの構築 乾燥地の持続的食料生産技術に関する世界的ネットワークの構築
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> 技術マニュアル:「乾燥地に適応した露地栽培結合型アクアポニックス」の出版 論文:「塩水を利用した養殖技術開発」、「塩水を利用した作物栽培技術開発」、「衛生微生物学的安全性評価技術開発」、「土壌塩類化防止技術開発」、「自然エネルギー利用技術開発」に関する論文投稿

上位目標

メキシコ乾燥地に露地栽培結合型アクアポニックスが普及される。

普及体制の構築・普及プロジェクトの実施

プロジェクト目標

塩分を含む水を利用した露地栽培結合型アクアポニックスが構築される。

