

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

(生物資源分野「生物資源」領域)

「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」

(メキシコ合衆国)

国際共同研究期間*1

平成 27 年 5 月 7 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 27 年 4 月 1 日)

平成 26 年度実施報告書

代表者： 山田 智・国立大学法人鳥取大学農学部・准教授

<平成 26 年度採択>

I. 国際共同研究の内容（公開）

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

研究題目・活動	H26年度 (11ヶ月)	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度	H31年度 (12ヶ月)
1. 塩分を含む水を利用した養殖技術の確立（養殖グループ） 1-1 養殖適種の選定 1-2 養殖適種の最適飼育環境の決定		←→		←→		
2. 塩分を含む水を利用した栽培技術（水耕・露地）の確立（作物グループ） 2-1 栽培適種の選定 2-2 栽培適種の最適栽培法の決定	←→		←→			
3. 養殖・農業結合システムに適した電源の最適化（電力供給グループ） 3-1 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 3-2 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	←→					
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（安全性評価グループ） 4-1 迅速・高精度な微生物モニタリング法の開発 4-2 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	←→					
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（結合技術グループ） 5-1 塩分を含む水および露地栽培土壌の理化学性の分析・評価 5-2 養殖・作物栽培における水収支の把握 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						
5-4 露地栽培土壌の塩類化防止技術の開発		←			→	
5-5 暫定版養殖・農業結合システムの構築・展示			←		→	
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		←		→		
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				←		→
6-4 実証サイトでの実証試験				←		→
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					←	→
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					←	→

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト

(1) プロジェクト全体

- ・ 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、それにとまなう 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。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。

- ・ 当該年度の成果の達成状況とインパクト等

平成 26 年度は、鳥取大学農学部附属施設フィールドサイエンスセンター試験圃場内に露地栽培結合型アクアポニックスのモデルシステム（以下本モデルシステムとする）を構築した（図 1）。本モデルシステムにおいて、人工的に塩分を添加した水を用いて、好塩性植物（フダンソウ）を用いた栽培実験を開始し、フダンソウの成長および塩除去能を評価した。また、露地栽培としてメキシコで広く栽培され

ているトウガラシを用い、キャピラリーバリアの有無による土壌水分・塩分の動態に関する試験も開始し、キャピラリーバリアによるトウガラシの成長および土壌水分・塩分動態に及ぼす影響を検証した。また、養殖については東京海洋大学にて稚魚（ティラピア）の種苗生産を開始し、本モデルシステム内で養殖設備を設置した。

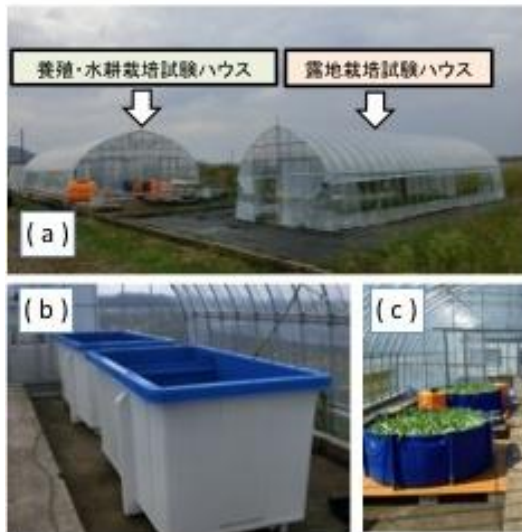


図1 鳥取大学モデルシステムの様子

- (a) 全景、鳥取大学農学部附属フィールドサイエンスセンター敷地内。
- (b) 養殖・水耕栽培試験ハウス内、養殖試験室。
- (c) 同ハウス内、水耕栽培室。フダンソウ栽培の様子。
- (d) 露地栽培試験ハウス。トウガラシ栽培の様子。

(2) 研究題目1 「塩分を含む水を利用した養殖技術の確立」

①研究のねらい

本養殖・農業結合システムにおいては、第一段階として塩分を含む飼育水を用いてティラピアやバナメイエビ等の育成を行う。そこでは、塩分を含む飼育水を利用した水産物の閉鎖循環式養殖における物質挙動の調査が必要となる。特に塩分は、魚の成長および排泄される物質の溶解・沈殿平衡に影響を与える。排泄物質については飼育水中に含まれる溶存態および懸濁態物質のみが、作物水耕栽培に利用可能となる。本年度は、これまでに行ったティラピア飼育のデータを用いて、排泄物質の溶解・沈殿平衡を基に物質の挙動を把握するために、ソフトウェア Visual MINTEQ を用いて実データと計算値との比較検討を行った。また、本モデルシステムにおける養殖設備の設置準備を行なうとともに供試するティラピア (*Oreochromis niloticus*) 稚魚の生産を開始した。

②研究実施方法

物質損出の少ない密閉式魚類飼育装置を用いたティラピア無換水飼育（189日間）の際のデータを基本として、窒素、リン、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム、カリウム、鉄、銅、マンガンおよび亜鉛の10元素について検証を行った。塩素および硫黄のデータは不足していたため、推定値を用いた。用水は日本の水道水を用い、不足分を補った。各物質の化学平衡の解析は、アメリカ環境保護局の MINTEQA2 を基に、スウェーデン王立工科大学で汎用性を高めるために構築された溶解・沈殿平衡ソフト Visual MINTEQ ver3.0 を用いることにより実施した。各元素の溶解度等の解析は、Visual MINTEQ 搭載の初期値を利用して行った。ティラピア飼育で排泄された全測定元素および推定した塩素および硫黄総量をデータ群として、1L 飼育水あたりの元素量を算出した。また、水道水に含まれる元素量に算出した元素量を加えて溶解・沈殿平衡を調査した。なお、溶解・沈殿平衡を調査する際の最終的な可変環境は飼育水 pH として結果を算出した。

また、本モデルシステム内に、養殖装置として濾過室付水槽 (KFL-2000S-2) 2台を設置した。さらに、本モデルシステムで供試するティラピア稚魚の生産を東京海洋大学水族養殖学研究室で開始した。

③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

pH を変化させて溶解・沈殿平衡を検証した結果、pH7.5 におけるデータが実測値と最も類似した。鉄と亜鉛の値は実測値と比較して沈殿の割合が半分程度であったが、概ね実測値の傾向を反映する結果となった。このことからティラピア閉鎖循環における物質挙動を化学平衡の観点から把握できる可能性が示唆された。今後は塩分を含んだ飼育水を用いて同様にティラピア飼育を行い、物質収支を把握するとともに溶解・沈殿シミュレーションを進め、液肥としての飼育水の作製方法について検討を進める。

本モデルシステム内に、養殖用水槽、電磁式ダイヤフラムブロワー、濾材、飼料等を設置し、養殖装置構築の準備を整えた。

ティラピア稚魚生産は、順調に進んでいる（平成 27 年 2 月現在体重 1g）。

④カウンターパートへの技術移転の状況

特になし

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

(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」

①研究のねらい

本養殖・農業結合システムにおいて、塩分を含む養殖排水を用いて、塩分を吸収することにより成育を促進させる好塩性作物を水耕栽培する。好塩性作物としては、アッケシソウ、スアエダ・サルサ、フダンソウなど食用作物を栽培する。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。高付加価値作物としては、トウガラシ、チェリートマト、ハーブなど現地でもニーズの高い食用作物を用いる。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、本モデルシステムを構築してフダンソウを水耕栽培し、フダンソウの成長・塩除去能を評価した。また、栽培適種（水耕・露地）の選抜試験を鳥取大学農学部ガラス室で開始した。

②研究実施方法

フダンソウ苗を、4 基の水槽（直径；150cm, 1000L 容）に移植した。全ての培養液は標準培養液とし、 $50\text{mol m}^{-3}\text{NaCl}$ を含有させ、pH を 5.5 に調整し、通気を行なった。水耕栽培法の検討として、静置区および流動区（培養液をポンプにより流動させることにより、塩分と根の接触頻度を高める）を用いた。また、栽培中の養分添加の判断法の検討として、SPAD 区（葉緑素計 SPAD 値が低下した時に養分添加を行なう）および養分濃度区（培養液 N、P あるいは K 濃度が半減した時に養分添加を行なう）を設け、静置-SPAD 区、静置-養分濃度区、流動-SPAD 区、流動-養分濃度区の計 4 区とした。移植後 38 日間栽培を行ない、培養液成分および植物体成長量を測定した。

水耕栽培適種の選定のために、フダンソウ、ツルナおよびウィンターパースレーンについて培地塩分濃度に対する応答試験を開始した。基本培養液に塩分として NaCl を 0、3、30、60、120、180 および 240mol m^{-3} （海水の約 2 分の 1 程度の濃度まで）を添加し、20 日間水耕栽培を行い、成育応答を調べた。

露地栽培適種の選定のために、トウガラシ 5 品種（アバネロ、タバスコ、タカノツメ、ジョロギアおよびハラペーニョ）およびハーブ 2 種（カモミールおよびオレガノ）を調製塩性土壌（無処理、 $\text{ECe} = 3\text{dS m}^{-1}$ 、 $\text{ECe} = 6\text{dS m}^{-1}$ ）でポット土耕栽培を行ない、成長応答を調べた。

③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

フダンソウ収量は、いずれの処理でも露地標準収量（62-65t ha⁻¹）を上回り、栽培中1回の養分添加により1割程度増収した。また静置法が減収させることはなかった。さらに蒸散により放出された水を回収し栽培後培養液に還元すれば、約14%低塩化することが可能であることが試算できた。

栽培適種フダンソウの成長および塩除去能を評価するとともに、最適栽培法の検討を始めることができた。

水耕栽培適種の選抜試験を開始した（図2）。今後、他の作物種を供試するとともに、成長量および主な塩分であるナトリウムの吸収量との関連性を調査する。



図2 0~240 mol m⁻³NaCl 条件下で20日間栽培したウィンターパースレーンの様子

図中の数値はNaCl濃度を示している。

露地栽培適種の選抜試験を開始した（図4、5）。今後、他の作物種を供試するとともに、成長量および主な塩分であるナトリウムの吸収量との関連性を調査する。トウガラシでは5品種ともに、ECe = 3dS m⁻¹で無処理に対して成長が大きく減少することはなかったが、ECe = 6dS m⁻¹では無処理に対して成長がいずれも減少した。今後、果実収量や耐塩性について検証していく。ハーブではカモミールおよびオレガノは ECe = 3dS m⁻¹で無処理に対して成長が大きく減少することはなかったが、ECe = 6dS m⁻¹では無処理に対して成長がいずれも減少した。今後イネ科やシソ科に属するハーブについても同試験を行ない、耐塩性の強い種を選定する。



図3 無処理、ECe = 3 あるいは 6 dS m⁻¹条件下で栽培したトウガラシの様子

図中の数値は電気伝導率 ECe (dS m⁻¹) を示している。



図4 無処理、ECe = 3 あるいは 6 dS m⁻¹条件下で栽培したハーブの様子

図中の数値は電気伝導率 ECe (dS m⁻¹) を示している。

④カウンターパートへの技術移転の状況

特になし。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし。

(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」

①研究のねらい

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導入する。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、効率的および経済的に養殖・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と電力供給手法を確立することを目指す。そのために本年度は、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) 太陽光発電による電力供給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針および維持管理法の開発に着手した。

②研究実施方法

本年度は、鳥取大学乾燥地研究センターにおいて、太陽光発電システムと取水ポンプを組み合わせた予備的な揚水運転試験を実施した。日射による太陽電池の発電電圧および発生電流、ポンプを稼動したときに生じるポンプの電圧および電流を計測した。また、鳥取における日射強度の変化を測定し、太陽エネルギー賦存量を試算した。

③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

揚水運転時における各電圧電流特性、太陽電池の発電電力に対するポンプの消費電力の割合を把握することができた。本年度の予備試験データおよび太陽エネルギー賦存量の試算ならびに本モデルシステムの設備仕様などを検討し、本モデルシステムに導入する太陽光発電システムの規模設計の基礎資料を得ることができた。

④カウンターパートへの技術移転の状況

特になし

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

(4) 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」

①研究のねらい

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、エビおよび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を実施する。2011年には、欧米を中心として、大腸菌 O104（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。

本年度は、養殖魚、エビ、栽培作物およびヒトへの危害微生物についてリストアップした。

②研究実施方法

養殖魚、エビ、栽培作物およびヒトへの危害微生物についてリストアップするとともに、培養法および遺伝子を標的とした定量法の有無についても文献等を中心に調査した。事前調査（平成 26 年 5 月）の際に採取した試料中の微生物数を、蛍光染色法により測定した。

③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

文献調査を中心として、養殖・農業結合システムにおける微生物をリストアップするとともに、一部ではあるが、現地の地下水および養殖用水中の微生物数を測定するための条件検討に着手できたことから、当初の暫定研究の目的は達成している。

④カウンターパートへの技術移転の状況

特になし

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

(5) 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」

①研究のねらい

本研究では、養殖用水および作物水耕栽培用培養液として利用された排水を作物路地栽培用灌漑水に利用し、食料生産における水利用効率を高めることを目的としている。養殖および作物水耕栽培を行なう室内で生まれる高湿度環境を除湿することで水を回収し、これを排水に還元することにより低い塩分濃度の灌漑用水を確保する。これを利用して塩類集積等を生じさせない露地栽培形態を確立する。対象が乾燥地であることから、節水的な圃場水管理を可能とする農地構造を明確化する必要がある。そのため本年度は、鳥取大学の地下水位の高い圃場にて、下層からの毛管上昇を阻止する方法としてキャピラリーバリア（以下 CB とする）を導入した試験区を設け、その性能評価を試みた。

②研究実施方法

節水栽培と塩類集積の防止を同時に達成する方法の一つに粗粒土層を用いた CB の利用がある。本年度は CB を設けた圃場で栽培実験を行い、作土層内の土壌水分が受ける影響を評価するためのモニタリング手法の精度評価を行った。

本モデルシステムと一部として雨除けビニールハウス（4×11m）を建設し、CB 層を有する区（CB 区）と CB 層を持たない対照区を設置した。供試作物は、メキシコで付加価値の高いトウガラシ（品種アバネロ）とした。圃場の土壌は軽埴土である。CB 層には 2～53 mm の礫を用いた。区画の大きさは、それぞれ 2.4×3.6 m であり、CB 層は地表面から 40～50cm の深さに敷設した。また、側面からの浸水を防ぐため、両区の側面を 50 cm の深さまで遮水シートで覆った。深さ 10、20、30、40、60、100 cm における体積含水率 θ （PR2/6、 Δ T 社）、蒸発量（小型蒸発計、池田製作所）は毎朝 7～10 時の間に 1 日 1 回マニュアル測定を行った。気温および相対湿度（Hobo pro logger、Onset 社）、地下水位（Water level logger、Onset 社）、雨量（Rain Collector2、Davis 社）は、自記測定した。トウガラシは 9 月 16 日に移植し 12 月 9 日に収穫した。実験期間中のハウス内における平均蒸発量は 1.31 mm であり、平均気温は 12.5 °C、最高気温および最低気温はそれぞれ 38.5 °C および - 0.79 °C であった。

③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

平均相対湿度は 87.0 % であり、28.7~100%の間で変動した。実験期間中深さ 60cm まで体積含水率 0.55 で飽和状態が維持されたが、CB 区では下層からの毛管上昇を阻害したため、作土層の水分状態は作物にとって好適な状態（pF2.0 程度）を維持した。対照区では毛管上昇による水分補給によって作土層はやや過湿状態で推移した。その結果、葉身の乾燥重は CB により 1.38 倍となり、作土層水分状態および収量に及ぼす CB による改善効果を評価することができた。

④カウンターパートへの技術移転の状況

特になし

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

(6) 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」

① 研究のねらい

本プロジェクトでは、養殖、作物栽培、電力供給および安全性評価技術の各分野で達成される個々の成果を統合して暫定版養殖・農業結合システムを構築する。この暫定版養殖・農業結合システムを社会環境条件の異なる 2 か所の実証サイトにおいて稼働することにより得られる技術的検証結果を基に、CIBNOR モデルシステムを最終的に完成させる。完成版の養殖・農業結合システムは、プロジェクト終了後に CIBNOR により普及されるが、そのために必要な普及要件を把握することを目的とする。本年度は、メキシコの農漁村および南バハカリフォルニア州における関連資料を収集した。

② 研究実施方法

ベースライン調査に先立って、プロジェクト実施に関係する資料収集を行なった。

③ 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

メキシコの農漁村および南バハカリフォルニア州における関連資料を収集した。収集した資料は次のとおりである。

- ・メキシコの農漁村の現状分析
(FAO およびメキシコ連邦政府（メキシコ農牧農村開発漁業食糧省：SAGARPA）)
- 1) メキシコ農漁村セクターの診断 2012 (Diagnóstico del sector rural y pesquero de México)
- 2) 農漁村セクターの戦略的指標の概要 (Compendio de indicadores estratégicos del sector rural y pesquero)
- ・南バハカリフォルニア州関連資料
- 1) 南バハカリフォルニア州開発計画 (Baja California Sur Plan Estatal de Desarrollo)
- 2) 南バハカリフォルニアの農産食品および漁業 2011 (Baja California Sur Panorama agroalimentario y pesquero 2011) (南バハカリフォルニア州政府および SAGARPA)
- ・水産関連資料
- 1) メキシコにおける水産養殖の持続的発展 (Desarrollo Sustentable de la Acuicultura en Mexico)
- 2) メキシコにおける水産および水産養殖の診断と地域計画 (Diagnóstico y Planificación Regional de la Pesca y Acuicultura en México)

・水資源関連資料

- 1) BCS の帯水層(Acuiferos BCS-CONAGUA(国家水委員会)
- 2) CONAGUA (国家水委員会) 作成の水利用、排水とうに関する手続きおよび規制関係資料 18 種類
- 3) メキシコの農業における水利用政策 (CONAGUA (国家水委員会) BCS 支所)
- 4) 南バハカリフォルニアにおける持続的水資源の利用に係る課題と見通し (国家水委員会) BCS 支所)

・農業関連資料

- 1) SAGARPA (メキシコ農牧農村開発漁業食糧省) 南バハカリフォルニア支所の主要成果

・FAO の ADR (Agencia de Desarrollo Rural ; 地域開発エージェンシー)

- 1) ADR オペレーションマニュアル (Manual Operativo de Agencia de Desarrollo Rural)

④カウンターパートへの技術移転の状況

特になし

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

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)

(1) 今後のプロジェクトの進め方 ;

全体研究計画書の 3.国際共同研究の実施計画 (1)国際共同研究の研究項目および主なスケジュール通りに、今後のプロジェクトを進める。初年度である現在においては、軌道修正の必要性等留意点はない。本プロジェクトでは、塩分を含む水を利用した養殖技術の確立 (養殖グループ)、塩分を含む水を利用した栽培技術 (水耕・露地) の確立 (作物グループ)、養殖・農業結合システムに適した電源の最適化 (電力供給グループ)、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 (安全性評価グループ)、塩分を含む水を利用した養殖と農業の結合技術の確立 (結合技術グループ)、および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 つの課題について研究を進める。各年度終了時に進捗状況の確認と課題の分析、次年度計画策定のための全体会議を開催するとともに、3 年目終了時に総合的な技術評価を行い、プロジェクト終了時までの研究内容を再検討する。5 年目に終了時評価を行い、プロジェクト終了後に向けて、メキシコ側関係機関に対する提言を取りまとめる。その成果について、メキシコおよび日本において CIBNOR と合同で公開シンポジウムを開催する。

(2) 成果達成の見通し ;

プロジェクト目標「塩分を含む水を利用した養殖・農業結合システムが構築される」を達成するために、各研究題目を計画的に進めることから、成果達成の見通しはついている。当該プロジェクトが最終的に目指すもの (プロジェクト終了後 5-10 年で実現することを想定) として、「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」ことを挙げることができる。そのためにプロジェクト期間中に、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、2) 実証試験のための実証サイトの選定、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、4) 実証サイトでの実証試験、5) 実証試験の結果を基にした養殖・農業結合システムの技術マニュアルの策定、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を行ない、普及体制の構築および普及プロジェクトの実施の準備

を行なう。

CIBNORには、新たな開発技術の現場への応用のために、民間セクターへの技術支援および技術普及を行なう窓口（テクノパーク）がある。また、開発された本システムのメキシコ国内での普及を、ADR（地域開発エージェンシー）により実施することをFAOメキシコ事務所代表（ヌリア・フェルナンデス博士）に提案し、内諾を得ている（平成26年5月）。さらにメキシコ農牧漁業食糧省（SAGARPA）、SAGARPA傘下の国立漁業研究所（INAPESCA）および国立養殖委員会（CONAPESCA）には太陽光発電導入のための資金援助・融資制度があり、本システムを農漁民が導入する際にこれらを適応できる可能性についての説明を受けている（詳細計画策定調査；平成26年8月）。

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）

本年度は暫定研究期間であり、研究活動は主に鳥取大学で行なったため、共同研究実施における問題点は抽出されていない。ここではプロジェクト全体の現況と課題について記述する。

(1) プロジェクト全体

・プロジェクト全体の現状と課題

本年度は、本モデルシステムにおいて水耕栽培試験および露地栽培試験を行なった以外は、CIBNORおよびFAOメキシコ事務所での研究打ち合わせ（平成26年5月）にとどまる。本モデルシステムでの養殖技術、安全性評価技術および太陽光発電技術に関する研究は、H27年度より実施する。個々の技術に関する研究は重要であるが、最終的な養殖・農業結合システムを開発するためには、各研究の結合が極めて重要である。1) 全システムを通して利用する用水の水利用効率向上、2) 全システムで必要となる電力量の試算・供給、3) 生産物およびシステム自身の安全性評価に関する技術開発を養殖技術および栽培技術開発の進捗と照らし合わせながら進めることが重要である。

・プロジェクトの自立発展性向上のために、今後相手国（研究機関・研究者）が取り組む必要のある事項

日本側の技術・知見を摂取し、また日本側と頻繁に情報交換を行なうことにより、自身で研究を推進させ自立発展性を向上させることができると考える。そのためには以下の事項に取り組む必要がある。

プロジェクトサイトでの情報収集・提供；本養殖・農業結合システムの開発のためには、現地における各種情報の収集が必要不可欠である。養殖種、養殖管理法、作物種、作物栽培管理法、太陽光発電法、気象データ、危害微生物種・発生状況、地下水水質・水量、土壌の塩類化、農漁民の生活実態、農水産物の市場価格等の現地情報を常に収集・整理する必要がある。これらのことは、日本側カウンター・パート（以下C.P.とする）が現地滞在し研究を円滑に進める上で極めて重要である。

メキシコ側研究進捗の報告；CIBNORモデルシステムおよび実証サイトでは、養殖・農業結合システムを構築し、各研究題目について研究が進められる。日本側C.P.が現地に滞在している期間はもとより、個別の日本側C.P.が日本にいる期間においても、研究進捗を頻繁に日本側に報告し、問題点が抽出された場合は、その解決方法について、メールやT.V.会議システムを利用して協議する必要がある。

日本側研究進捗の把握；日本側が提供する研究の進捗情報について常に検討し、メールやTV会議システム等を利用して、頻繁に意見交換をするべきである。招へい期間には日本側カウンター・パートと2

か月間の時間を共有する。鳥取大学および東京海洋大学で行なっている、各研究題目に関する技術・知見の摂取を精力的に行なう必要がある。

CIBNOR 研究員間でのミーティング；本養殖・農業結合システムの開発には、各研究題目に関する研究の他に、それらの結合が重要である。日本側と同様、メキシコ側も各研究題目を専門とする主担当者を配置している。これら担当者全てが頻繁にミーティングを開き、各研究題目に関する研究の進捗報告をするとともに、各研究を結合するために必要となる、いわゆる結合研究を進める必要がある。

プロジェクト期間終了後の見通し；プロジェクト期間中に、本養殖・農業結合システムを日本側と共同で開発した後には、CIBNOR が主体的にシステムの普及を行なわなくてはならない。開発の技術面では、プロジェクト期間中に培ったノウハウを基に応用を加える必要がある。また普及技術では、プロジェクト期間中に洗い出した普及要件を基に、独自あるいは州政府や FAO メキシコ事務所と連携して、普及体制を構築し普及を実践する必要がある。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

本年度は、本モデルシステムにおいて水耕栽培試験および露地栽培試験を行なった以外は、CIBNOR および FAO メキシコ事務所での研究打ち合わせ（平成 26 年 5 月）にとどまり、相手国側との国際共同研究が開始されていない。従って、本年度における研究成果の技術移転や実用化に向けた展開等については記載しない。

(2) 社会実装に向けた取り組み

1) FAO メキシコ事務所による普及活動

開発された本システムのメキシコ国内での普及を、ADR（地域開発エージェンシー）により実施することを FAO メキシコ事務所代表（ヌリア・フェルナンデス博士）に提案し、内諾を得た（平成 26 年 5 月）。

V. 日本のプレゼンスの向上（公開）

日本のプレゼンス向上に寄与する事例として、いくつかの日本のメディアに取り上げられた記事を以下に記載する。

(1) 日本海新聞（平成 26 年 5 月 27 日）

日本海新聞に、本プロジェクトの概要が掲載された。掲載内容を以下のように要約した。

【要約】鳥取大学が CIBNOR 等と共同で、乾燥地における地下水を用いた農水産物生産システムの開発を始める。塩分を含む地下水を用いて養殖を行ない、その排水を用いて塩分を吸収して成長する特徴をもつ作物の水耕栽培を行なう。水耕栽培で浄化された水を露地栽培に生かすという画期的な手法である。

(2) 鳥取大学広報誌 風紋 42（平成 26 年 8 月号）

鳥取大学広報誌「風紋」に、本プロジェクトの概要が掲載された（<http://www.tottori-u.ac.jp/fumon/fumon42/index.html>）。掲載記事は以下である。

(3) 鳥取大学公式ホームページ (平成 26 年 5 月 8 日)

鳥取大学公式ホームページに、本プロジェクトの概要が掲載された (<http://www.tottori-u.ac.jp/fumon/fumon42/index.html>)。掲載記事は以下である。



鳥取大学広報誌 風紋 42



鳥取大学公式ホームページ 大学紹介 広報

(4) NHK テレビ番組 (平成 26 年 5 月)

本プロジェクトの概要が NHK テレビ番組「いちおし NEWS とっとり」で紹介された (18:10~19:00)。

VI. 成果発表等 (公開)

VII. 投入実績 (非公開)

VIII. その他 (公開)

特になし

VI(1)(公開)論文発表等

	国内	国際
原著論文 本プロジェクト期間累積件数	5	5

①原著論文(相手側研究チームとの共著論文)

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	発表日 ・出版日	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 おさい)
M. Hishida, F. Ascencio-Valle, H. Fujiyama, A. Ortuño-Crus, T. Endo and J.A. Larrinaga-Mayoral, "Antioxidant enzyme responses to salinity stress of <i>Jatropha curcus</i> and <i>J. cinerea</i> at seedling stage", Russian Journal of Plant Physiology, 2014, vol.61, No.1, pp53-62	10.1134/S1021443714010063	国際誌	出版済み	

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

②原著論文(相手側研究チームとの共著でない論文)

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	発表日 ・出版日	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 おさい)
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", Microbes and Environments, 2014, Vol. 29, No.1, pp. 82-88	10.1264/jsme2.ME13080	国際誌	出版済み	
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", 日本砂丘学会誌, 2014, vol. 61, No.1, pp. 11-16		国内誌	出版済み	
Emi Kaburagi and Hideyasu Fujiyama, "Growth and physiological responses of plants to osmotic and sodium stress", Sand Dune Research, 2014, vol. 61 No. 2, pp. 47-53		国内誌	出版済み	
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.)", Soil Science and Plant Nutrition, 2014, vol. 60 No. 5, pp.651-658	10.1080/00380768.2014.938595	国際誌	出版済み	
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.)", Environmental and Experimental Botany, 2014, vol. 112, pp.27-32	10.1016/j.envexpbot.2014.11.007	国際誌	出版済み	農学・生物学の分野でQ1 (highest value)に分類されている雑誌
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", 応用水文, 2014, vol. 27, pp.1-7		国内誌	in press	
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", 日本砂丘学会誌, 2015, vol. 62, No.1		国内誌	accept	
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", 日本砂丘学会誌, 2015, vol. 62, No.2		国内誌	accept	
Mina Yamada, Chika Kuroda, and Heideyasu Fujiyama, "Growth Promotion by Sodium in Amaranthaceae Plants", Journal of Plant Nutrition, "accepted on 26 Jul 2014		国際誌	accept	

論文数 9 件
うち国内誌 5 件
うち国際誌 4 件
公開すべきでない論文 1 件

	国内	国際
その他の著作物 本プロジェクト期間累積件数		

③その他の著作物(相手側研究チームとの共著のみ)(総説, 書籍など)

著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁年	出版物の 種類	発表日 ・出版日	特記事項

著作物数 公開すべきでない著作物	0 件		
---------------------	--------	--	--

④その他の著作物(相手側研究チームとの共著でないもの)(総説、書籍など)

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	発表日・出版日	特記事項

著作物数
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

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

VI(3) (特許出願した発明件数のみを公開し、他は非公開) 特許出願

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への参加の有無	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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※
記載例	2012-123456	2012/4/1	○○○○						戦略太郎	○○大学◎◎ 研究科△△専	PCT/JP2012/123456
No.1											
No.2											
No.3											
No.4											
No.5											
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する外国出願があれば、その出願番号を記入ください。

国内特許出願数
公開すべきでない特許出願数

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	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	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※
記載例	PCT/JP2012/123456	2012/9/20	○○○○						戦略太郎	○○大学◎◎ 研究科△△専	特願2010-123456
No.1											
No.2											
No.3											
No.4											
No.5											
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する国内出願があれば、その出願番号を記入ください。

外国特許出願数
公開すべきでない特許出願数

VI(5) (公開)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

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

年月日	名称	場所	参加人数	概要
		(開催国)	(相手国からの招聘者数)	

②合同調整委員会開催記録(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年月日	出席者	議題	概要

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および土壌の保全 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。

