

フィリピン共和国
ミルクフィッシュ養殖事業における
太陽光発電利用の普及・実証事業
業務完了報告書

平成28年3月
(2016年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)
株式会社パワーバンクシステム

国内
JR
16-006

フィリピン共和国
農業省漁業水産資源局

フィリピン共和国
ミルクフィッシュ養殖事業における
太陽光発電利用の普及・実証事業
業務完了報告書

平成28年3月
(2016年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)
株式会社パワーバンクシステム

目次

巻頭写真	i
略語表	ii
地図	iii
図表番号	iv
案件概要	vii
要約	i
1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野における開発課題	2
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）及び法制度	5
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	8
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	10
2. 普及・実証事業の概要	13
(1) 事業の目的	13
(2) 期待される成果	13
(3) 事業の実施方法・作業工程	14
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	20
(5) 事業実施体制	24
(6) 相手国政府関係機関の概要	24
3. 普及・実証事業の実績	26
(1) 活動項目毎の結果	26
(2) 事業目的の達成状況	78
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	80
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	80
(5) 環境社会配慮	81
(6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	81
(7) 今後の課題と対応策	82
4. 本事業実施後のビジネス展開計画	84
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	84
① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）	84
② ビジネス展開の仕組み	85
③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール	87
④ ビジネス展開の可能性の評価	87

(2) 想定されるリスクとリスクへの対応	91
(3) 普及・実証において検討した事業化およびその開発効果	91
(4) 本事業から得られた教訓と提言	92

巻頭写真



NIFTDC 内に設置した太陽光パネル



NIFTDC 内の実験用池
(マイクロバブル装置あり)



浮島システム (スアル沖合)



ミルクフィッシュ稚魚の放流 (スアル)



モニタリング風景 (マイクロバブル稼働中)



実験開始直後のキックオフ・セレモニー

略語表

BFAR	Bureau of Fisheries and Aquatic Resources	農業省漁業水産資源局
DA	Department of Agriculture	農業省
DA-BAR	Department of Agriculture –Bureau of Agricultural Research	農業省農業研究局
DO	Dissolved Oxygen	溶存酸素濃度
EMB	Environment Management Bureau	環境管理局
FAO	Fisheries Administrative Order	漁業管理令
FCR	Feed Conversion Rate	餌料係数
FNS	Food and Nutrition Survey	食品栄養調査
GMO	Genetically Modified Organism	遺伝子組み換え作物
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LGU	Local Government Unit	地方自治体
MB	Micro Bubble	マイクロバブル
MILF	Moro Islamic Liberation Front	モロ・イスラム解放戦線
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MP/MZ	Marine culture Park/ Zone	海洋牧場パーク・ゾーン
NIFTDC	National Integrated Fisheries Technology Development Center	国立総合水産技術開発センター
NRI	Nomura Research Institute, Ltd	㈱野村総合研究所
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PBS	Power Bank System Co., Ltd.	㈱パワーバンクシステム
RA	Republic Act	共和国法
SEAFDEC	Southeast Asian Fisheries Development Center	東南アジア漁業開発センター
TCP	Technical Cooperation Program	技術協カプログラム

地図

<パンガシナン州>



出典 : Google Map をベースに受注者にて作成

<パンガシナン州におけるダグパン、スアル>



出典 : Google Map をベースに受注者にて作成

図表番号

図 1	GDP 成長率推移	1
図 2	過去 20 年間のサブセクター別生産高	4
図 3	実際に海上で使用されている UKISHIMA (浮島)	12
図 4	バブリング有、無のサイト運営デザイン	15
図 5	バブリング有、無の場合の酸素濃度変化	16
図 6	フィリピン全図とパンガシナン州の位置	26
図 7	パンガシナン州ダグパン市周辺地図	27
図 8	パンガシナン州におけるミルクフィッシュ生産量推移	29
図 9	ダグパン市魚市場とスアル町沖合及びプラント	30
図 10	陸上用太陽光発電システム	31
図 11	海上用太陽光発電システム	31
図 12	実証実験前水質調査結果	32
図 13	モニタリング体制図	34
図 14	海水域実験ケージ配置図	36
図 15	海水域における生存率の比較	37
図 16	海水域における実験開始 1 ヶ月後の平均体重の比較	38
図 17	海水域における実験開始 4 ヶ月後 (収穫前) の平均体重の比較	38
図 18	海水域における平均体重の推移	39
図 19	実験期間中における平均溶存酸素濃度 (午前)	40
図 20	実験期間中における平均溶存酸素濃度 (午後)	40
図 21	餌料係数 (FCR) 比較	41
図 22	第 1 回汽水域実験イメージ図	42
図 23	汽水域における生存率の比較	43
図 24	汽水域における平均体重の比較	43
図 25	汽水域における溶存酸素濃度比較 (午前)	44
図 26	汽水域における平均溶存酸素濃度比較 (午後)	44
図 27	第 2 回海水域実験イメージ図	47
図 28	海水域における生存率の比較	48
図 29	海水域における平均体重の推移	49
図 30	2 回目実験における平均溶存酸素濃度 (午前)	51
図 31	2 回目実験における平均溶存酸素濃度 (午後)	51
図 32	水温と DO レベルの相関 (午前 6 時、水深 5m)	52
図 33	水温と DO レベルの相関 (午後 3 時、水深 5m)	52
図 34	塩濃度と DO レベル相関 (午前 6 時、水深 5m)	53

図 35	塩濃度と DO レベルの相関（午後 3 時、水深 5m）	53
図 36	餌料係数（FCR）比較	54
図 37	収穫時の平均体重グループ別数量割合比較	55
図 38	売上総利益比較	55
図 39	第 2 回汽水域実験設備配置	57
図 40	第 2 回汽水域実験区とシステムの位置関係	58
図 41	汽水域における生存率の比較	59
図 42	汽水域における平均体重の比較	60
図 43	体重グループ別割合比較	60
図 44	汽水域における溶存酸素濃度比較	61
図 45	海上浮島システムの概略図	66
図 46	第 3 回実験の DO レベル測定箇所	67
図 47	劣化バッテリーが律速となる概念図	71
図 48	第 3 回実験における平均溶存酸素濃度（午前）	73
図 49	第 3 回実験における平均溶存酸素濃度（午後）	73
図 50	Joint annual meeting 2013 “Smart Agriculture through Mechanization” のプレゼン風景	77
表 1	所得階層別 1 人当たりの食品バスケット	3
表 2	産業別 GDP	3
表 3	養殖業におけるその他の開発課題	5
表 4	養殖事業に関連する法制度	6
表 5	養殖事業の課題と開発戦略	6
表 6	過去 10 年間にフィリピンの養殖事業に提供された ODA 事例	8
表 7	UKISHIMA（浮島）仕様	10
表 8	決定した第 1 回実証実験地の概要	27
表 9	決定した第 2・3 回実証実験地の概要	28
表 10	実験区と比較区の成分分析結果（3 個体平均）	49
表 11	収穫後に測定した魚無しの状態での DO レベル	50
表 12	海上域 2 回目実験におけるシステム関連の問題点まとめ	56
表 13	比較区と実験区の使用機材	58
表 14	太陽光パネルによる電力費用の節減効果	62
表 15	海上型浮島システムのパフォーマンス測定項目と測定方法	66
表 16	海上浮島システムの太陽光パネル発電能力モニタリング結果	68
表 17	バッテリー充電時間およびエアレーター稼動時間測定結果	69
表 18	システム A 搭載バッテリーの充電時における電圧測定値	69

表 19	システム C 搭載バッテリーの充電時における電圧測定値.....	70
表 20	システム A 搭載バッテリーのエアレーター稼動時における電圧測定値	70
表 21	システム C 搭載バッテリーのエアレーター稼動時における電圧測定値	70
表 22	実験区と比較区における魚無しの状態の平均溶存酸素濃度	72
表 23	海上浮島システムの各機能ユニットの現状と改良示唆	74
表 24	PBS 製品とフィリピン国内で流通している中国製パネルの比較.....	85

案件概要

フィリピン共和国 ミルクフィッシュ養殖事業における太陽光発電利用の普及・実証事業

企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社パワーバンクシステム
- 提案企業所在地：熊本県八代市
- サイト・C/P機関：a) 汽水域：パンガシナン州ダグバン市 農務省国立総合水産技術開発センター（NIFTDC）内の生簀
b) 海水域：パンガシナン州スアル町 NIFTDCが管理する海域

フィリピン国の開発課題

- 養殖業における水質の悪化
- 魚の天然種魚の減少と価値の高い魚種における野生種魚への依存
- 小規模の養殖場主にとっての市場機会の欠如
- 養殖技術と手法に関する技能と技術的知識の欠如
- 低生産高と維持能力の欠如

中小企業の技術・製品

- 耐塩性太陽光パネルとマイクロバブル発生装置を組み合わせた陸上および洋上エアレーション装置「UKISHIMA(浮島)」を導入する。
- 耐塩性の太陽光パネルを使用することで、これまで困難であった洋上における電源を確保できる。
- 超微細気泡を発生させることができるマイクロバブル発生装置により、水中への酸素供給や攪拌が可能である。

普及・実証事業で提案されているODA事業及び期待される効果

- フィリピンで国民に最もなじみのあるミルクフィッシュの養殖を行う汽水域及び海水域で発生する過密養殖による酸素不足や病気の予防、水質改善、魚の生育の促進などに効果が期待できる。

日本の中小企業のビジネス展開

- 「UKISHIMA(浮島)」を導入利用することによって、養殖魚の生育促進や養殖事業者の所得向上が期待できることから、フィリピンの「UKISHIMA(浮島)」の市場開拓が促進される。



パンガシナン州スアル海上での実験の様子（パワーバンクシステム提供）

要約

I. 提案事業の概要	
案件名	ミルクフィッシュ養殖事業における太陽光発電利用の普及・実証事業 Pilot Survey for Disseminating SME's Technologies for Photovoltaic System (solar panel) as Power Source for Milk Fish Production in the Philippines
事業実施地	フィリピン共和国パンガシナン州
相手国政府関係機関	農業省漁業水産資源局 (BFAR)
事業実施期間	2013年9月～2016年5月
契約金額	99,964,200円(税込)
事業の目的	耐塩性の太陽光パネルを電源としたマイクロバブル発生装置をミルクフィッシュの養殖場に導入し、装置を紹介するとともに、魚の生育促進への効果を検証し、同システムの海外展開の促進を図る。
事業の実施方針	同システムの導入による魚の成長率や水質改善効果に関する十分な実験結果のデータが得られるよう、実験対象や場所、期間等をカウンターパート (BFAR) と協議して決定する。また、養殖事業者やカウンターパート機関職員を対象として、養殖技術及び提案製品の活用方法に関する研修を行うと同時に、養殖事業者や企業を対象に、提案製品の導入促進のための働きかけを行う。
実績	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>(1) 機材設置状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2014年8月に機材設置終了 (陸上：ダグパン市 NIFTDC、海上：スアル市) ・ 2015年1月に海上機材をアング市沖に移設 <p>(2) 相手国政府関係機関との協議状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ BFAR と実証実験地や実験方法等について協議し決定 ・ 進捗につき適宜情報を共有 <p>(3) モニタリング</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1回目実験：2014年8月開始、2014年12月末終了。ミルクフィッシュを対象魚として陸上・海上にて実施。海上実験において、成長促進による平均体重の増(23%)、飼料係数が対標準値47%の効率向上が見られた。

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2 回目実験：2015 年 3 月開始、2015 年 9 月終了。陸上実験では民間業者と組んでエビの養殖事業での実証試験を実施し、生存率についてはアメリカ製のエアレーターを導入した比較区に比べると効果が見られたが、生存率の影響からか成長度合いが鈍り収穫時には比較区との差が見られなかった。海上実験では水質悪化により大量死（33%死亡）の現象が起こったが実験区では被害が半分以下（11%）で収まった。また飼料係数は対標準値 44%の効率向上が見られた。 ・ 3 回目実験：2015 年 10 月開始、2015 年 12 月終了。システムの性能検証を実施。特にバッテリーの動作検証と、エアレーターの動作効果について確認し、長時間、長期間使用するには、信頼性の高いバッテリーの採用が必須であることが確認された。 <p>(4) 養殖技術研修</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実証実験開始前の 2014 年 3 月から BFAR 職員及びモニタリング要員への研修を実施 ・ 2015 年 3 月に、BFAR 職員、民間事業者、工事業業者への当システムに関する技術指導を実施 <p>(5) 普及・広報活動</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2013 年度に作成したプロモーション用 DVD 及びプロジェクト概要資料を用いて、養殖事業家及び日系商社に紹介。また、当地の養殖関係者を対象としたフォーラムで同システムについて講演。 ・ 実証実験開始時のキックオフセレモニーではメディア多数で取り上げられた。 ・ 日本語及び英語の商品概要資料を作成し、養殖関係者への販促として活用。 <p>(6) ビジネスプラン作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2015 年に策定（下記） <p>2. ビジネス展開計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2016 年：業者との個別契約、代理店候補協議、一部部品の現地生産検討 ・ 2017 年：現地代理店との契約、一部部品の現地生産開始 ・ 2018 年：現地代理店への営業・技術支援
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> ・ターゲット市場の整理及び販売代理店候補先のリスト作成及び面談を実施 ・2019年:他国への展開検討
課題	<ol style="list-style-type: none"> 1. 実証・普及活動 <ul style="list-style-type: none"> ・養殖のオペレーション自体に関する専門家アドバイザーの必要性 ・システム周辺設備に関わる技術面の専門性の必要性 2. ビジネス展開 <ul style="list-style-type: none"> ・製品、メンテナンスの問題に対する対応
事業後の展開	<ol style="list-style-type: none"> 1. 製品の展開 下記の3点に分けて展開する。 <ul style="list-style-type: none"> ・浮島システム（海上用、陸上用）のセット販売 ・太陽光パネル単品（照明用等） ・携帯電話充電器（太陽光パネル加工品） 2. 体制づくり 販売体制は、当面個別契約にて契約ごとに対応し、将来的には現地企業と代理店契約を結ぶ。生産体制はコア部品のみ国内で生産し、一部は現地調達にて行っていく。ただし現地生産も引き続き検討していく。

II. 提案企業の概要	
企業名 (株)パワーバンクシステム	所在地：熊本県八代市鏡町内田 1572 -19 設立年月日：2003年4月1日 業種：製造業 主な事業内容：太陽電池製品、FRP製品の開発製造 資本金：87百万円 売上高：30百万円（2014年度） 従業員数：5名

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

国家統計局によると、フィリピンのGDP成長率は2012年から2014年にかけて平均約6.6%と安定している。2013年は7.2%、2014年は6.1%、2015年上期は5.6%とアセアン近隣諸国と比べても高い成長率を達成している。IMFによると2020年までの成長率は6.5%とされている。

現政権における政治情勢は比較的安定しており、政治的透明性の高まりや歳入基盤の安定化、経済収支黒字化の定着を背景に、2012年以降、格付け機関による格上げが続いた。2013年3月にフィリピンは初めて投資適格国となり海外投資家からの注目も増加している。

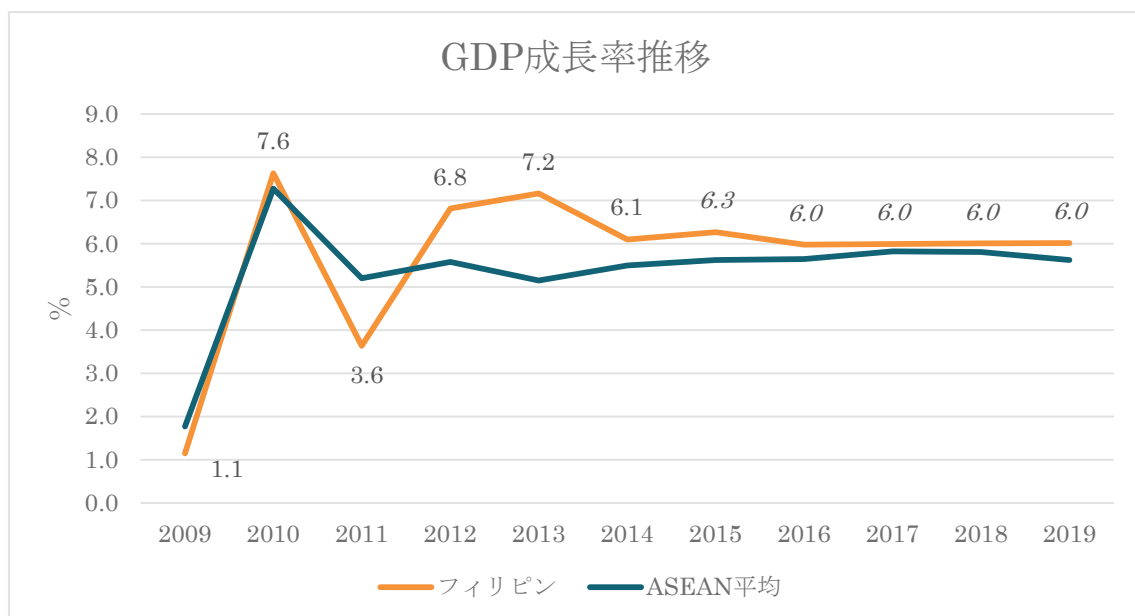


図1 GDP成長率推移

出典：国家統計局及びIMFデータより作成

注：2015年以降はIMFによる予測

一方、政府と民間企業の努力、さらに肯定的なフィリピン経済見通しにもかかわらず、課題の一つは経済状態の向上、つまり、貧困層の生活状況の改善である。貧困率の改善は滞っており2014年上期において25.8%と2015年までの目標16.6%を達成するには更なる改善が必要である。また、フィリピンの失業率は、2015年7月時点で6.5%と依然として高い。

国民の雇用率を高め、持続可能な高い経済成長を達成するという政府措置は、現政権の

¹ 国家統計局

政策の一部である。現フィリピン政権による他の主な政策には以下が含まれる。

1. よりよい教育、基本的な健康管理と栄養、その他の社会福祉による開発機会への平等なアクセスの促進。
2. 基盤、貸付、土地、技術とその他の生産要素への平等なアクセス
3. 優れたガバナンスと強力な機関を通じた競争の促進
4. 能力を持たない人々に配慮し、それらの人々の経済成長プロセスへの参加を可能にする効果的で鋭敏な社会的保護の確立

② 対象分野における開発課題

(a) フィリピンにおける漁業の位置づけ

フィリピンは、7,100の島々からなり、その領土の大半が海に囲まれている。また246,063ヘクタールの沼沢地、14,531ヘクタールの汽水養魚池、239,323ヘクタールの汽水養魚池、20,000ヘクタールの湖、31,000ヘクタールの川、19,000ヘクタールの貯水池がある。このようにフィリピンは、水資源が豊富な国である。

魚がコメに次ぐ主食の一つであることを考慮すれば、漁獲はフィリピンの最も重要な生業の一つにあげられる。魚は、フィリピン人にとって最も主要かつ安価な食品の一つである。2004年の食品栄養調査（Food and Nutrition Survey: FNS）によれば、「全階層」においてフィリピン人は、一日一人当たりの食品バスケット²のうち、平均29.5gの魚及び魚製品を消費している。更に下層30%の貧困層では、魚及び魚製品の1人当たりの摂取量は平均42.2gであり、全階層の平均に比べ約40%も多い。すなわち、貧困層では、日常の食事の中で豚肉以上に魚を摂取しており、貧困層の主要なたんぱく源となっている。

中でもミルクフィッシュは、フィリピンにおいて国民に最もなじみのある魚であり、特に貧困世帯の蛋白源としてなくてはならない食材となっている。ミルクフィッシュはフィリピンの養殖業において海藻に次いで2番目に生産量が高く、全国の溜池等で養殖が行われている。

² 貧困度の理論的算定方法の1つで、生活に必要な食品の標準量を求め、この品目と摂取量を所得階層別に比較するための指標。国民の栄養水準を満足するための食品群を言う。これは国民の消費習慣と国内における食品の調達可能性（物理的な調達可能性と価格面での調達可能性）を考慮して決められる。

表 1 所得階層別 1人当たりの食品バスケット

全階層		下層 30% の所得グループ	
食品群	重量 (g)	食品群	重量 (g)
1. コメ	348.0	1. コメ	407.0*
2. パン	14.0	2. パン	9.7
3. 豚肉	25.4	3. 豚肉	11.1
4. 魚	20.0	4. 魚	28.5
5. 鶏肉	10.5	5. 麺類	3.9
6. 乾燥魚	9.5*	6. 乾燥魚	13.7
7. 麺類	6.6	7. 緑豆他豆類	4.6
8. 緑豆他豆類	5.6	8. 香辛料	13.0**
9. 香辛料	16.1	9. 砂糖	15.9
10. 卵	10.9	10. 果物	58.0
11. 砂糖	20.2	11. 食用油	19.8*
12. 果物	64.7	12. ミルク	8.8
13. 食用油	25.4*	13. 緑黄色野菜	24.0
14. 緑黄色野菜	24.0		

*重量推計に基づいて計算
 出典：the Food and Nutrition Research Institute annual report 2002年より作成

漁業は農業セクター（農林水産業）の GDP では農業に次ぐ 2 番目に大きな貢献を行っており、全体額の約 2 割程度を占める。しかしながら GDP の全体額からみるとその貢献はわずか 2%程度である。

表 2 産業別 GDP

単位：100 万ペソ

	流動価格（基準年2000年）							
	2011	総GDPに対する割合 (%)	2012	総GDPに対する割合 (%)	2013	総GDPに対する割合 (%)	2014	総GDPに対する割合 (%)
1. 農林水産業	1,235,013	10.62	1,249,768	9.82	1,297,151	9.23	1,428,131	9.32
a. 農業漁業	1,231,142	10.59	1,246,530	9.79	1,292,395	9.20	1,423,334	9.29
b. 森林	3,871	0.03	3,238	0.03	4,756	0.03	4,797	0.03
2. 工業セクター	3,043,288	26.17	3,299,948	25.93	3,595,720	25.59	3,968,897	25.89
3. サービスセクター	5,430,031	46.69	6,011,373	47.23	6,649,415	47.33	7,245,708	47.27
総 GDP	11,629,304		12,727,240		14,049,272		15,327,336	

出典：農業統計局データより作成

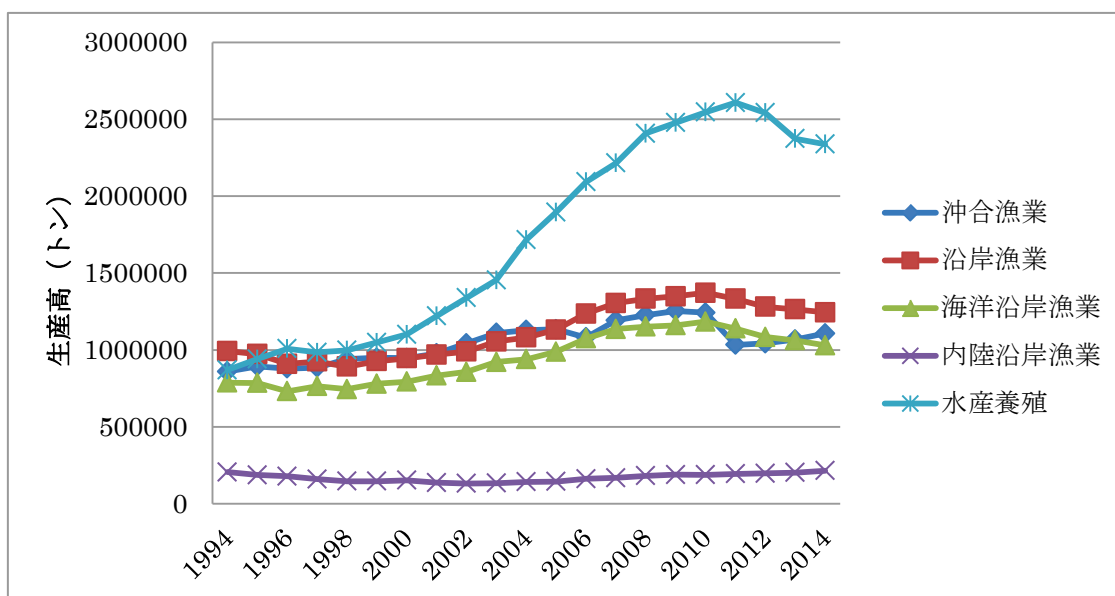


図 2 過去 20 年間のサブセクター別生産高

出典：フィリピン全国統計、農業統計局

農林水産業のうち、漁獲は、農作物に次いで 2 番目に大きなサブセクターである。1994 年から 2014 年において、養殖による生産は、沖合漁業、沿岸漁業、海洋沿岸漁業と比較して、急激な成長を遂げている。過去 20 年間に於いて、内陸沿岸漁業の漁獲量には大きな変化はみられない。

2014 年 2,337,604 トンの養殖生産高のうち、魚類、甲殻類、及びその他の種は、養殖業の 34%で、海藻生産物が 66%を占めている。フィリピンで養殖されている上位五種は、海藻、ミルクフィッシュ、ティラピア、クルマエビ、ムール貝である。³

(b) 養殖業における開発課題

(b)-1 水質

漁民が直面している問題の一つは、養殖魚の継続的かつ効果的な管理と収穫である。しかしながら、不安定な気象⁴、漁民の繁殖技術、魚の生存と生産に影響を及ぼすインフラストラクチャの建設が水質に影響を及ぼしている。

2012 年には、数件の魚の大量死がラグナ湖とパンガシナンで報告されている。同 5 月には、リサル州ハラハラとラグナ州のカランバ、サンタクルスとパキルもまた、魚の大量死に見舞われた。ラグナ湖の場合は水質の悪化による水中の酸素不足が魚の大量死の原因である⁵。ラグナ湖における水質悪化の主な原因としては、多くの漁民が異なる魚種を湖で養殖し、餌を与え、その餌の一部が湖の底に沈殿したことが考えられる。2011 年 5 月と 2012

³ フィリピン全国統計、農業統計局

⁴ 天候の悪化が予測された場合、漁民は水質の変化による損失を防ぐために、魚がまだ小さくても収穫を余儀なくされることがある。そのため天候悪化が続くと漁民の収入は大きく減少する。

⁵ Japan International Cooperation Agency (2011). Capacity Development Project on Water Quality Management (Phase 2). <http://www.jica.go.jp/project/english/philippines/0600814/index.html>

年 12 月にはパンガシナンでも魚の大量死が発生している。

パンガシナンでの養殖は主に海水域で実施されており、通常、海域では閉鎖的な湖や溜池と比べ水中の酸素濃度が高いと信じられているため、この大量死は養殖事業者にとって脅威となった。ダグパン市だけでも、30-50 トン、3,000,000 ペソ相当のミルクフィッシュが犠牲となった。タリサイ、バタンガスでは、おおよそ 355 トン、33,000,000 ペソ相当の魚が犠牲となった。

水温の上昇もまた、湖水中の酸素の枯渇を招き、魚の大量死の原因になり得る。例えば、2011 年 1 月には、南コタバトのレークセブ町で、50 トン（生簀 50 基分）、3,500,000 ペソ相当のティラピアが犠牲となった。これらの魚の数は、フィリピンのおおよそ 400,000 世帯に食料として供給できたであろう数である。2014 年 1 月にもバタンガス州タール湖で 50 トンの養殖ティラピアが犠牲になった。冬の間の湖の水温変化に野生の魚は順応できるが、ケージに入れられた養殖魚は適応できないことが原因である。

当システムは、養殖業による水質の悪化及び過剰養殖による養殖業の大量死防止を念頭に置いているが、同技術を利用しても、養殖業者数が環境許容量を超えた場合には養殖魚の大量死につながる可能性があるため、技術導入によるネガティブな影響がないよう、BFAR 及び地方自治体（Local Government Unit: LGU）と連携を図りつつ技術提供先が環境許容量を越えていないかの確認を行い、環境社会配慮を慎重に行う。

(b)-2 確認されているその他の問題

2013 年の BFAR の国内レポートによると、すでに確認されている問題及び懸案事項は以下のとおりである。

表 3 養殖業におけるその他の開発課題

開発課題	概要
資源の減少	魚の天然種魚の減少と価値の高い魚種における野生種魚への依存に関連している。
貧困	資源の減少の問題の影響でもある。しかし、魚生産の減少は別として、小規模の養殖場主にとっての市場機会が欠けていること、また、養殖技術と手法に関する技能と技術的知識が限られていることが問題である。
低生産高と維持能力の欠如	資源の減少の問題の影響であり得る。養殖者によって実施されている持続不可能な養殖作業、未熟な海洋牧場活動、既存の陸上養殖エリアの低生産性、病気の蔓延、種苗（魚と海藻）の遺伝的劣化、餌や肥料など養殖材料の数が限られていることとその高価格、そして開水域の資源の競合などの問題がある。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）及び法制度

③-1. 水産養殖関連

本事業と関連する水産養殖業関連法規は以下のとおりである。

表 4 養殖事業に関連する法制度

法規	内容	留意すべき事項
漁業管理令 (Fisheries Administrative Order: FAO) 2001 年 FAO 214, s	本条例は、水産養殖業界の環境に優しい開発を促進するために、環境を重視した設計と運営の全般的な指針とガイドラインの骨子を示す。本条例は、立地選定／評価、養殖場の設計と建設、環境への影響の申告、水の使用、排水と汚泥／排出物の管理、薬品、化学物質、有害である可能性のある殺虫剤と飼料の使用、種苗の選択／放流、外来種／GMOs の導入、餌付け、餌の使用と管理、魚の健康管理、水産養殖データ管理、褒賞を含む数々の課題を取り扱っている。	本実験において実験地選定や餌付け等、本ガイドラインに準ずる必要がある。

出典：農業省等政府機関ウェブサイト情報より作成

BFAR の 2013 年報告書によると、前述の確認されている問題の軽減も目指した政府の開発戦略は以下のとおりである。

表 5 養殖事業の課題と開発戦略

課題	開発戦略	PBS の貢献可能性／ビジネスチャンス
1. 強引な養殖開発による生物資源の減少	<p>1. フィリピン・アクアシルヴィカルチャープログラムの導入（アクアシルヴィカルチャーとはマングローブ植林等の森林のケアによる生物資源の再生のことを指す）</p> <p>a. 対象となる沿岸 62 自治体の自然のままの生産性を取り戻すために、マングローブを復旧する。</p> <p>b. リース契約期間にある放棄、未開発、もしくは有効利用されていない養殖池の復帰</p> <p>c. 州立大学とカレッジ及び地方自治体との共同による地域ベースの孵化場の設置 マングローブ生息地域の生物資源の再生</p> <p>3. 水産加工工場の検査</p>	<p>・対象地方自治体及び大学への太陽光パネル活用の紹介（照明用等）</p>
2. 貧困	<p>1. 小規模の魚養殖業者と海藻栽培業者が海洋牧場パーク／ゾーンで事業者となるための生計の援助</p> <p>2. 継続的な養殖者の技能向上</p> <p>3. 養殖業でのテクノデモプロジェクトの導入</p>	<p>・養殖事業者への当システムの紹介及び技術研修（デモへの招聘）</p>

課題	開発戦略	PBS の貢献可能性／ビジネスチャンス
	4. 特定分野の市場への進出（市場整合）と見本市や展示会の参加を可能にするグループの強化 5. 市場整合と見本市、展示会の開催 6. 貧困層の漁業従事者への奨学金制度 7. 女性のエンパワーメントプログラムの導入	
3. 低生産性と持続性の欠如	1. 海藻生産プログラムの強化 a. 資材援助の提供 b. 海藻の苗床の増床と維持 c. 海藻組織養殖研究所の運営維持サポートの強化 d. 苗床の遺伝子改良をはかる研究開発のサポート e. 38 の魚の健康研究所の運営維持のサポート f. 継続的な 344 ヲ所の登録養殖場の定期監視と疾病調査 2. ティラピアとバングスの孵化場の維持 3. 海洋牧場パーク／ゾーン（MP/MZ）の維持 a. 地域条例策定に関する利害関係者の相談に応じるエリアの明確化 b. 海洋牧場パーク／ゾーンにおける投資促進の強化 c. 海洋牧場パーク／ゾーンの幹部経営委員会の強化 d. 政府機関の MP/MZ での信用融資プログラム（フィリピン土地銀行との提携）を通じて生計援助を提供 e. 最良の水産養殖作業実践（エビとティラピア）、水産養殖実施規則、及び有機水産養殖フィリピン全国標準に関する情報の広報と案内、教育とコミュニケーション 研究開発を通じて孵化場と養殖技術を改良	・太陽光パネル活用策の提案

出典：Country Report 2013, BFAR より

③-2. 再生可能エネルギー関連

現在、再生可能エネルギーの発電に関しては FIT (Feed-in-Tariff) が発効・実施されている状況であるが、太陽光パネルの販売（使用者からすると購入・設置）に対する政府補助金等の政策はなく、法案等の動きも見られない。

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

開発目標の実現と経済成長の維持を確実に達成するために、政府は、複数のドナーに政府開発援助（ODA）を求めている。

以下は過去 10 年間に於ける水産養殖セクターにおける、ODA／技術協力（TCP）もしくは、経済援助プログラムである。

表 6 過去 10 年間にフィリピンの養殖事業に提供された ODA 事例

ドナー機関	プログラム／プロジェクト	実施機関	概要
ワールドフィッシュ・センター	フィリピン能力強化プロジェクトにおける水産養殖技術の商業化と認知プログラム（AQUATECH）	農業省—農業研究局、漁業水産資源局	2008～2012年、フィリピン国内における維持可能な水産養殖能力の開発と小規模漁業の研究開発。ワールドフィッシュ・センターと漁業水産資源局（BFAR）と DA-BAR との既存パートナーシップを強化し、水産養殖技術と水産養殖商業化に対する地域社会での理解を深める。 実施地は Phase1：Region2（Babuyan Channel）、Region5（San Miguel Bay）、Region 8（Sogod Bay）、Region13（Lanuz Bay）。Phase2：Region1（Lingayen Gulf）、Region4B（San Vicente, Palawan）、Region6（Visayan Sea, Northern Iloilo）、Region11（Davao Gulf）
JICA（TCP）	養殖普及プロジェクト	漁業水産資源局（BFAR）	パンガシナン州、パンパンガ州、オリエンタル・ミンドロ州のパイロット自治体においてミルクフィッシュ種苗生産の改善、養殖技術にかかる普及員、養殖農家の養殖技術を改善することで養殖普及体制を構築し、パイロット自治体における養殖農家の生計向上を図る。
JICA（TCP）	水質管理能力向上プロジェクト	環境管理局、環境天然資源省	2006～2011年。水質浄化法細則により義務付けられた最優先活動事項の実施に向けて、環境管理局（EMB）本部と支部の能力を強化。対象地域は、マニラ首都圏、Region3, 6, 12。
JICA	漁業資源管理事業	農業省	円借款事業（ADB との協調融資）。1998～2006年。漁民の貧困削減と沿岸域の環境保全対策の推進を目的として、全国 18 の湾において、沿岸資源管理・漁民

ドナー機関	プログラム/プロジェクト	実施機関	概要
			の生計向上を支援する。
オーストラリア・国際農業研究センター (Australian Centre for International Agricultural Research)	オーストラリア・フィリピン開発協力プログラム	漁業水産資源局 (BFAR)、UP Marine Science Institute 等	2012～2016 年。より繁栄、安定し回復能力に優れたフィリピンから生じ得る有利な条件を生かして、貧困層と脆弱層を支援。漁業に特定したプログラムは、 (1) 生計と地域社会経営による沿岸ならびに淡水漁業の向上をめざした水産養殖と漁業管理戦略の開発と実地試験、 (2) より維持可能な漁業、増収、及び食料確保を可能とする海洋資源に関する知識の向上。対象地域の一つはパンガシナン Bolinao 町。
オーストラリア・国際農業研究センター (Australian Centre for International Agricultural Research)	ナマコの生産管理システムの拡大と多様化プログラム	WorldFish、JamesCook University、UP 等	2013 年～2017 年。価値の高いナマコ、特にサンドフィッシュの生産向上を目指す取り組み。目標は以下の 4 つ。 (1) ナマコの孵化場の生産効率と適応性の向上。 (2) ナマコの養魚場、その後養殖過程システムの効率と適応性の向上。 (3) 生理物理学の指標を用いて養殖に適した場所を見つける能力の向上。 (4) ナマコの養殖に携わるコミュニティでの能力、機械、技術の向上
オーストラリア・国際農業研究センター (Australian Centre for International Agricultural Research)	タマカイ養殖の技術向上	University of the Sunshine Coast Australia, Southeast Asian Fisheries Development	2014 年～2018 年。アジアで豊富にとれる国が少ないため市場価値が高いタマカイをフィリピンで養殖し市場要求にこたえることを目指す取り組み。 (1) タマカイの生育状況に合わせた環境をつくり確かな飼育下繁殖の技術の向上。 (2) 生殖細胞移植等の卵養殖の

ドナー機関	プログラム/プロジェクト	実施機関	概要
Research		Center Aquaculture Department (SEAFDEC/AQD)	拡大のための代理方法の発見。 (3) タマカイの幼魚養殖技術の向上 (4) タマカイの種親管理の遺伝子操作の適応 (5) タマカイの養殖に関する遺伝子操作、バイオテクノロジー、幼魚養殖技術の知識構築。
東南アジア漁業開発センター／水産養殖開発	持続可能な水産養殖の機関能力開発	BFAR, LGUs	2006年～現在。水産資源の生産性を向上すると同時に水生生態系のもろい均衡を守るために、適切な技術の沿岸住民への移行とその適用を早める。対象地域は Antique, Iloilo, Capiz, Guimaras, Northern Samar, Misamis Occidental, Tawi-Tawi, Ilocos Norte, Cagayan, Aurora, Bulacan。

出典：BFAR、各支援機関のウェブサイト情報を基に作成

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

本事業では、耐塩性太陽光パネルとマイクロバブル発生装置を組み合わせた陸上及び洋上エアレーション装置「UKISHIMA（浮島）」を導入する。

表 7 UKISHIMA（浮島）仕様

名称	UKISHIMA（浮島）
スペック（仕様）	耐塩性太陽光パネルを用いたマイクロバブル発生装置 （陸上用） ・機能：耐塩性太陽光パネルを用いたマイクロバブル発生装置 ・性能：400W の水中ポンプ使用（最大 5 台） ・有効範囲：バブルの噴出口より 20～30m 程度 ・発電量：およそ 10kW（1 枚 80W、120 枚搭載） ・バッテリー容量：12V、100A、12 個（1200Ah） （海上用）3 台※下記スペックは 1 台あたり ・機能：耐塩性太陽光パネルを用いたマイクロバブル発生装置

	<ul style="list-style-type: none"> ・性能：400W の水中ポンプ使用（最大 2 台） ・有効範囲：バブルの噴出口より 20～30m 程度 ・発電量：およそ 3.4kW（1 枚 80W、42 枚搭載） ・バッテリー容量：12V、100A、8 個（800Ah）
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・浮島システム 本システムの最大の特徴は、耐塩性の太陽光パネルを使用することで、これまで困難であった洋上における電源の確保を、自然エネルギー（太陽光発電）により独立電源として賄うことができるという点である。導入に莫大な費用がかかる海底ケーブル敷設や、燃料補給が必要な発電機を使用することなく、長期間少ないランニングコストで、マイクロバブル発生装置等を稼働させることが可能となる。 ・耐塩性太陽光パネル 受託者が独自開発したポリカーボネート製の太陽光パネルは、従来のパネルのように製作に金属を使わず、すべて樹脂等により構成されているため、軽量で錆びないという大きな特長がある。その特長を生かし、これまで困難であった塩害地区（海上等）での長期使用を可能としており、本事業においても海上にて使用した。 ・マイクロバブル発生装置 熊本大学及び熊本県立大学が開発した超微細気泡を発生させることができる装置であり、水中への酸素供給や攪拌が可能である。特に養殖業などで発生する過密養殖による酸素不足や病気の予防、水質改善などに効果が期待できる。
競合他社製品と比べた比較優位性	すべて樹脂等により構成されているため、軽量で錆びない。
国内外の販売実績	<ol style="list-style-type: none"> 1. 産学連携事業（熊本県上天草市）（熊本大学工学部、2010年） 2. 次世代エネルギー技術実証事業（熊本県水俣市）（経産省、2011年～2014年）
サイズ	<p>（海上用）</p> <p>大きさ：10,000 mm×8,000 mm×650 mm</p> <p>重量：およそ 2t（うちパネル重量は 1 枚 4 キロ強、42 枚搭載でおよそ 170kg）</p>
設置場所	<p>（陸上用）ダグパン市 NIFTDC 内池</p> <p>（海上用）スアル町沖合（第 1 回実験）、アンダ町（第 2 回、3 回実験）</p>
今回提案する機材の数量	<p>（陸上用）陸上式 1 式</p> <p>（海上用）浮島 3 台</p>

価格	<p>製造原価 (陸上用) 12 百万円/式 (海上用) 5 百万円/台</p> <p>本事業での機材費総額 (輸送費等含む) 3,300 万円</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今後の 1 台 (1 式) 当たりの販売価格 原価通減を図り、陸上用、海上用とも 300 万円/式で販売予定 ・上記に含むもの ソーラーパネル 42 枚、制御ボックス、輸送費 ※オプション マイクロバブル発生装置、ポンプ ・上記に含まない (現地調達含む) のもの バッテリー、架台 (筏)、固定具、工事費
----	---



図 3 実際に海上で使用されている UKISHIMA (浮島)
※写真はスアル沖での実証試験時 (2014 年) のもの

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

ミルクフィッシュはフィリピン国民の貴重な蛋白源、あるいは将来的なクラスター開発による輸出の振興のため、その効率的な増産が同国の水産セクターの大きな柱となっている。しかしながら未だ養殖家の中では稚魚の高い致死率、過剰な給餌による水質汚染、養殖技術の普及の遅れ等が大きな課題となっており、その生産量も頭打ちとなっている。

こうした背景から、受託者である(株)パワーバンクシステムは独自開発した耐塩性の太陽光パネルをミルクフィッシュ養殖におけるエアレーションの電源として普及させることによる海外展開を志向し、平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による途上国政府への普及事業「ミルクフィッシュ養殖事業における太陽光発電利用の普及」を実施した。同事業において、特に稚魚の生存率（＝投入した個体数÷生存した個体数）が低いとされてきた12月（通常は生存率が約10%）において予想をはるかに上回る生存率（53.25%）を達成した。ただし、2ヶ月間の実証実験ではエアレーションの実施により稚魚の致死率の減少に関する実証実験は可能であっても、魚の成長率への影響やバクテリア繁殖期（乾期）における水質改善効果を実証することができず、未だ十分な実験結果は得られておらず、更なるデータの収集が必要との結論に至った。

さらに平成24年度事業では、十分な実証結果がなかったことに加え、このシステムに関心を示したフィリピン政府機関や民間セクターに対して実需と販売についての十分な説明と協議を重ねる人手がなかったため、普及活動を充実させる時間が不足していた。

本事業では、(株)パワーバンクシステムは、上記事業の結果をもとに、追加的なデータの収集をするための実証事業と同社の太陽光パネルを活用したエアレーションシステムの運用に係る現地人材のトレーニングの実施、及び同システムの普及に向けた活動を行う。具体的には、ミルクフィッシュが汽水域での溜池養殖、そして海上での生簀養殖も盛んであることから、その両方でのシステムの事業展開を見据え、陸上及び海上それぞれでシステムを設置し、実証試験を実施しながら普及活動を行っていく。なお、実験の対象魚種として大衆魚であるミルクフィッシュ以外に高付加価値魚種も視野に入れシステム導入の効果を測る。

(2) 期待される成果

ミルクフィッシュ養殖事業において提案製品の活用が養殖生産性向上につながることで定量的データによって実証されると同時に、同製品を効率的に活用するための人材が育成される。また、養殖事業における同製品活用の有効性が先方政府関係や養殖事業者に広く認識され、同製品の普及に向けたビジネスモデルが確立される。

① 実証実験実施地の選定

カウンターパート機関のBFARと協力しながら、実験の効率性や開発効果を総合的に考慮の上、事業地区を選定する。

② 実証実験の実施

ア) 事前調査（「UKISHIMA（浮島）」の設置前に実施）

溶存酸素濃度の変化の調査：ミルクフィッシュの養殖が行われている生簀の酸素濃度の変化を計測する。

イ) 本調査

イ) -1 第1回目実験

- ・ 下図に示したように、A地区（海水域）とB地区（汽水域）に「バブリング有」と「バブリング無」のサイトを3セットずつ設営する。この理由は、複数のサイトで同一の実験を行うことにより、得られるデータの信頼性を高めることを目的としている。
- ・ 期間：4～5カ月（ミルクフィッシュの成長度合い、出荷サイクルに応じる）
 - ・ 主な調査内容
 - － 稚魚の致死率の確認（放流後2週間程度）
 - － 成長度合いの調査
 - － 酸素濃度の変化

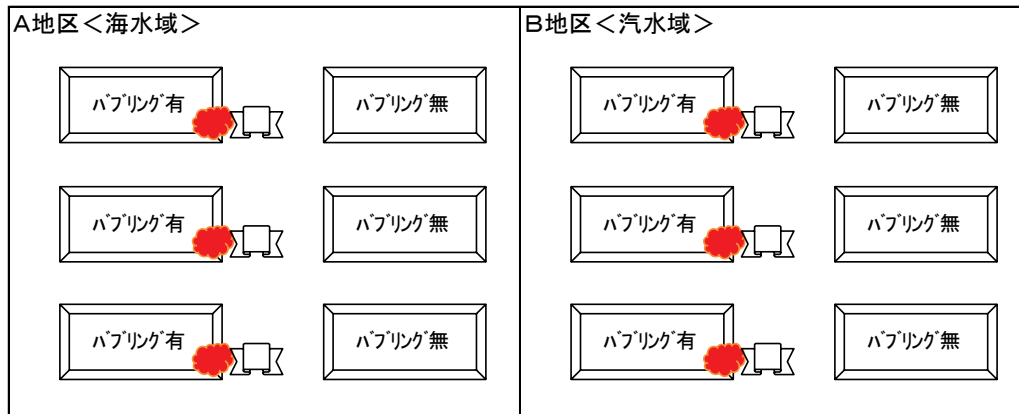


図4 バブリング有、無のサイト運営デザイン

イ) -2 第2回目実験

- ・ 季節を変えて、第1回実験と同じ内容の実験を行う。第1回実験と第2回実験の結果と比較分析することにより、季節の変化によるバブリングの効果の差異を明らかにする。なお、第2回目実験の内容は当初計画から変更があった（「3. 普及・実証事業の実績」をご参照）。
- ・ 期間：4～5カ月（ミルクフィッシュの成長度合い、出荷サイクルに応じる）
 - ・ 主な調査内容
 - － 稚魚の致死率の確認（放流後2週間程度）

- 成長度合いの調査
- 酸素濃度の変化

イ) -3 第3回目実験

・実証場所については原則第2回目に行ったエリアで継続して行うが、主に本システムの性能評価についてデータ測定を行う。

- ・期間：2～3カ月
- ・主な調査内容
 - ・発電能力モニタリング（バッテリーを満充電にするのに必要な時間を評価）
 - ・バッテリー劣化のモニタリング（エアレーター稼働時間を評価）
 - ・エアレーションによる酸素濃度の変化

イ) -4 3回の実験によって期待される結果

・養殖事業において提案製品の活用が養殖生産性向上につながることを定量的データを収集することによって実証する。

定量的データについては、下記のように取りまとめる。

- ・溶存酸素濃度の変化・・・バブリングをする場合としない場合で比較
(下図参照)
- ・稼働状況の確認・・・正常なバッテリーを使用したときの実際の稼働時間の調査と最適な使用方法の調査短縮

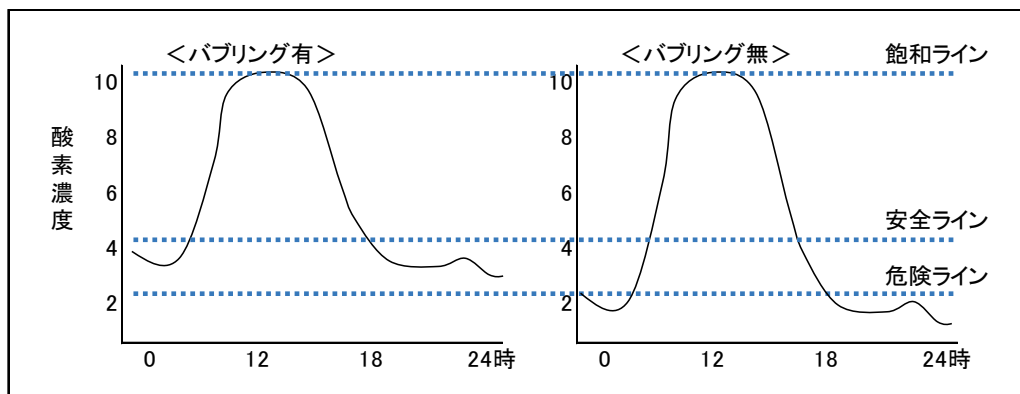


図5 バブリング有、無の場合の酸素濃度変化

③ 養殖技術及び提案製品の活用方法に関する研修

養殖事業者やカウンターパート機関職員を対象として、養殖技術及び提案製品の活用方法に関する研修を行う。これにより、同製品を効率的に活用するための人材が育成される。

④ 普及活動

上記の活動により、養殖事業における同製品活用の有効性が先方政府関係や養殖事業者に広く認識される。

また、平成 24 年度事業で作成したプロモーション・ビデオや本事業で作成するリーフレットの配布及び本件実施期間中の個別企業訪問によって短期的な販売を促進する。活用するメディアも NNA (ニュースネットアジア) やマニラ新聞といった日系メディアのみでなく、フィリピンの主要新聞やテレビ局による広報宣伝を戦略的に活用する。

事業実施の方法

① 国内作業 1 : (2013 年 9 月上旬～10 月中旬)

イ) 実験サイト周辺のミルクフィッシュ養殖にかかる関連資料の情報収集

- ・公開情報データに基づく統計分析
- ・文献調査

ロ) 実証事業システムの設計、製造

- ・現地事情を考慮した実証機材のスペック検討
- ・設計、部材の調達、太陽電池、制御装置 (水中ポンプ、圧縮機)、制御ボックス (函体) 等の製造
- ・現地生産資材、現地調達消耗品の洗い出し

※本件で必要な UKISHIMA (浮島) の台数は 6 台 (海水域 3 台、汽水域 3 台) である (汽水域は陸上型 1 台に変更)。

このうち心臓部であるソーラーパネルを含む UKISHIMA (浮島) は日本からの輸出、浮体構造物はフィリピンの会社に委託し、約 2 カ月でこれを完成させる。

ハ) 輸送手段の検討、梱包、輸出

- ・第 1 回の実験開始までのリードタイムを勘案して、海上貨物輸送又は航空貨物輸送のどちらかを選択。
 - ・梱包、輸送委託
- ※ UKISHIMA (浮島) の輸出については日系運送業者を通じて海外輸送を行う。

② 現地作業 : (2013 年 9 月上旬～2015 年 1 月下旬)

イ) 実証実験実施地の選定

カウンターパート機関と協力しながら事業地区を選定。

ロ) 養殖家との契約

実証実験地が民間所有の場合は、1 回の実験当たり 6 ヶ月間の生簀借用契約を結ぶ。

給餌や日常の生簀の管理についても地元の養殖業者、あるいは専門家と契約する。但し、季節によって稚魚の調達や生育条件が異なるため、実際の育成は地元と協議し、ベスト・エフォートベースでの施行を行う。

ハ) 現地生産

浮島架台（鋼材、フロート、ボックス他）については、フィリピンで現地生産を行う。（株）パワーバンクシステムが技術指導を行い、6 台の架台を生産する（海上 3 台、陸上 1 台の計 4 台に変更）。

ニ) 資材の据え付け

日本及び現地生産した資材を実証実験実施地に搬送し、到着した資材を組立て、6 カ月間のレンタルを行う生簀の中に設置する。

ホ) 稚魚の放流

現地で稚魚を調達し、実験サイトで放流を行う。1 実験サイト当たり 30,000 匹を目安とするが、実験地における経験値をヒアリングしカウンターパートと協議の上、決定する。

ヘ) 飼養管理

日常の魚の飼養管理（給餌や消毒）は、養殖者の経験に基づいたごく一般的なものとし、特別な処置は行わない。また、隣接する生簀と同じサイズの魚を放流することが可能で比較対象として十分機能すると判明した場合については、隣接する生簀同士で同一な飼養管理を行えるよう努力する。

ト) モニタリング

モニタリングについては、以下の項目について調査する。

- ・水質検査
- ・魚の致死率
- ・魚の成長率
- ・機材の稼働調査（どのような消耗品がどのような頻度で必要になるか）
- ・メンテナンスは現地漁民のレベルで実施可能か。
- ・消耗品の交換等にどれほどの時間と労力を要するか。

致死率調査は稚魚放流後 2 週間で結果を得ることができる。成長率調査は、2 週間に 1 度のペースで比較区（UKISHIMA（浮島）を適用しない区画）での稚魚成育を比較する。

水質調査については、BFAR と協議のうえ実施すべき実験テーマを決定することとする。全ての実験テーマでこれを実施することは想定していない。

チ) 養殖技術研修

カウンターパート機関職員、養殖事業者、企業を対象に、UKISHIMA（浮島）の管理、運用、活用方法に関する研修を行う。また、カウンターパート機関職員や養殖事業者、企業を対象に、日本の最先端の養殖技術の導入促進のための研修を行う。

リ) リーフレットの作成

プロモーション用リーフレット（日本語版、英語版）を作成（各 1,000 部作成）する。

ヌ) 普及・広報活動

平成 24 年度事業で作成したプロモーション・ビデオや本事業で作成するリーフレット（日本語版、英語版）を用いて、政府機関、民間団体、民間企業に対する普及活動（訪問調査、マスコミの活用等）を行う。

③ 国内作業：（2014 年 10 月上旬～2015 年 3 月上旬）

イ) ビジネスプラン分析

収集した養殖事業に関わる諸元、流通経費、一般管理費、ミルクフィッシュの需要見通しなどを用いて、フィリピンでの UKISHIMA（浮島）の事業採算分析を行い、事業戦略、販売戦略を取りまとめる。

ロ) 事業結果取りまとめ

比較対象実験結果の取りまとめ（魚の成長率、水質改善効果など）、養殖技術の指導、研修結果の取りまとめ、広告・普及活動結果の取りまとめを行う。

担当業務	氏名	所属先	予実	2013			2014			2015			2016			人・月															
				H25			H26			H27						H25業務		H26業務		H27業務		計									
				6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	現地	国内	現地	国内	現地	国内
総括	平野誠司	PBS	予定	期間中			期間中			期間中																					
			実績																						10	0.50	15	0.75			25
副総括/システムメンテ	木下雅章	PBS	予定							第1回実験			第2回実験			第3回実験															
			実績																						0	0.00	0	0.00			0
ビジネスモデル開発	早川康弘	【外部人材】 野村総合研究所	予定	期間中			期間中			期間中																					
			実績																						20	1.00	20	1.00			40
事業推進	高野正志	【外部人材】 野村総合研究所	予定	期間中			期間中			期間中																					
			実績																						7	0.35	0	0.00	0.45	0.205	7
養殖技術	堤 裕昭	【外部人材】 熊本県立大学	予定	期間中			期間中			期間中																					
			実績																						10	0.50	0	0.00			10
	小森田智大	【外部人材】 熊本県立大学	予定	期間中			期間中			期間中																					
			実績																						5	0.25	0	0.00			5
																								100	10	42	15	24	0	166	25
																								3.83	2.15	0.80	0	6.78	0	6.78	0
																								45	10	83	0	56	0	184	10
																								2.00	2.77	1.87	0	6.63	0	6.63	0
																								299	42	210	20	6	0	515	62
																								12.07	8.00	0.20	0	20.27	0	20.27	0
																								149	24	278	15	328	15	755	54
																								6.17	10.02	11.68	0	27.87	0	27.87	0
																								399	47	252	35	30	0	681	82
																								15.65	10.15	1.00	0	26.80	0	26.80	0
																								194	34	361	15	384	15	939	64
																								8.17	12.78	13.55	0	34.50	0	34.50	0

・資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	塩分濃度計 10m	YK-31SA	1	2014年3月	NIFTDC ダグパン市
2	酸素濃度計 10m	YSIProOD0, OD0-10	1	2014年3月	NIFTDC ダグパン市
3	酸素濃度計 20m	YSIProOD0, OD0-20	1	2014年3月	NIFTDC ダグパン市
4	横型採水器 VR 型	N/A	1	2014年3月	NIFTDC ダグパン市
5	エクマンバーシ 採泥器	S-15	1	2014年3月	NIFTDC ダグパン市
6	浮島システム (陸上)		1	2014年8月	NIFTDC ダグパン市
6	浮島システム (海上)		3	2014年8月	スアル町(第1 回実験) アンダ町(第2 回、3回実験)

・相手国政府関係機関側の投入

- 実験地の提供
- 機材設置及び実験モニタリングにおける現場監督支援 (NIFTDC 職員のアサイン)

①外部人材の投入実績 (M/M) ※国内は 20 日/M、国外は 30 日/M

所属先	契約期間中総 M/M	2016年2月末までの累計投入 M/M
野村総合研究所シンガポール 高岡真紀子	(現地) 3.70	(現地) 4.47
野村総合研究所シンガポール Mia Ortiz	(現地) 3.70	(現地) 6.60
野村総合研究所シンガポール 嶋田絵美	(現地) 0.00	(現地) 1.63
野村総合研究所シンガポール	(現地) 0.00	(現地) 2.07

所属先	契約期間中総 M/M	2016年2月末までの累計投入 M/M
Ria Arceo		
野村総合研究所	(現地) 0.80	(現地) 0.00
早川康弘	(国内) 2.00	(国内) 2.05
野村総合研究所	(現地) 2.00	(現地) 1.23
高野正志	(国内) 0.35	(国内) 0.40
熊本県立大学	(現地) 2.33	(現地) 1.20
堤裕昭	(国内) 0.50	(国内) 0.20
熊本県立大学	(現地) 0.93	(現地) 0.43
小森田智大	(国内) 0.25	(国内) 0.05
入江伸幸(個人)	(現地) 3.70	(現地) 7.53

②施設や機材

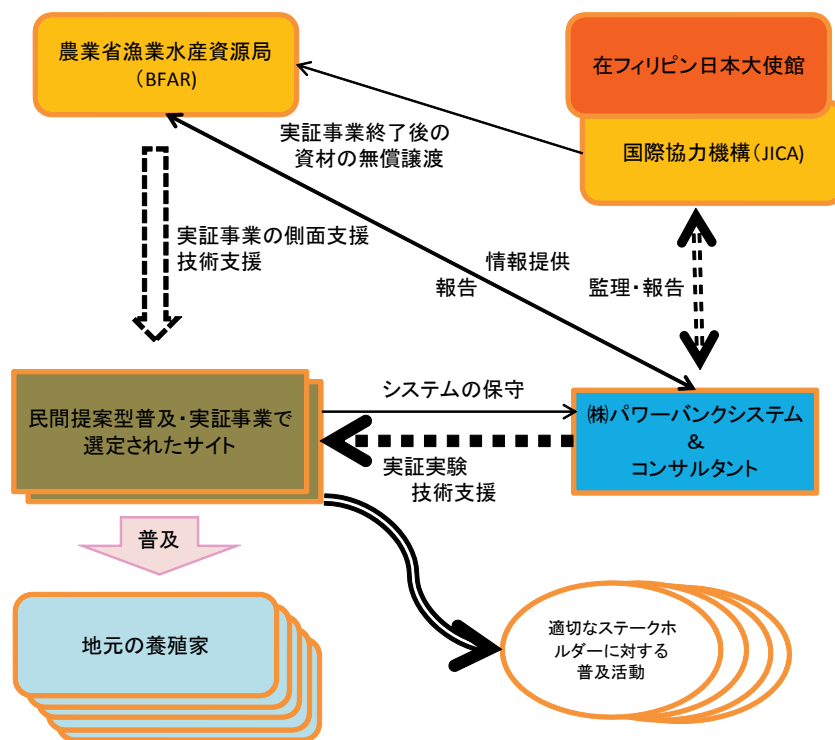
国内/現地	項目	進捗
国内	浮島システム	2014年7月完了
現地	陸上試験用生簀土木工事	2013年12月完了
	陸上試験用太陽光パネル基礎工事	2013年12月完了
	陸上試験用太陽光パネル架台工事	2014年3月完了
	海上試験用生簀作成	2014年8月完了
	浮島浮体部分製作	2014年8月完了
	陸上試験用太陽光パネル設置工事	2014年8月完了
	浮島及び生簀設置工事	2014年8月完了

③資金(2016年3月末予定概算)

項目	費目	予算計	実績(概算)
機材	浮島システムー国内生産分	¥18,372,000	¥21,400,000
	浮島システムー現地生産・調達分	¥8,911,000	¥5,000,000
	稚魚・エサ購入費	¥824,000	¥1,800,000
	海上試験用生簀	—	¥3,000,000
	測定器	—	¥1,000,000
	消耗品・ボート等	—	¥1,300,000
	機材送料	¥3,743,000	¥1,800,000
	小計	¥31,850,000	¥35,300,000
実証活動費	車両関係費	¥502,000	¥1,300,000
	現地傭人費	¥1,458,000	¥1,600,000

項目	費目	予算計	実績（概算）
	交通費	—	¥100,000
	再委託外注費	¥6,093,000	¥5,000,000
	小計	¥8,053,000	¥8,000,000
旅費	航空賃	¥5,220,000	¥3,000,000
	日当・宿泊料等	¥5,541,000	¥4,300,000
	小計	¥10,761,000	¥7,300,000
	直接経費計	¥50,664,000	¥50,600,000

(5) 事業実施体制



(6) 相手国政府関係機関の概要

① 現地カウンターパート機関の機関名

農業省漁業水産資源局 (Bureau of Fisheries & Aquatic Resources: BFAR)

② 機関基礎情報

BFAR はフィリピンの漁業・養殖行政の所轄官庁である。

③ 選定理由

BFARはフィリピンの漁業・養殖行政に関する各種政策決定、許認可権を持つ他、養殖事業については、各種の研究施設を主要養殖地に保有している。

また、BFARは本事業の実施に対する高い関心を示し、実証実験地の選定支援、現在の養殖事業に関する情報の共有、実験方法に関する助言、実験支援（保有機器類の共有、職員による補助等）等の役割を担うことを合意した。BFARから本事業のプロジェクトチームとして2名が選任され、プロジェクトミーティングに参加している。

④ 当該機関が事業を実施していくのに十分な権限、資金、能力を有しているか

株式会社パワーバンクシステムは平成24年度の普及事業の段階からBFARとの協調を進めており、パンガシナン州の視察の際にも様々な便宜供与を受けている。BFARはフィリピンの漁業・養殖行政の管轄機関であることから本事業実施における権限を有している。また、今回の実証実験地であるパンガシナン州、ダグパン市及びスアル町の各行政機関トップ（州知事、市長、町長）及び漁業・養殖担当者をプロジェクト開始直後にBFARが紹介してくれたため、各自治体からの協力も得られ、現在まで良好な関係を構築できている。BFARはこのような地方自治体のみならず漁業・養殖に関する民間事業者・サプライヤー、研究者、業界団体ともネットワークを持っている。さらに農業省傘下にある国立総合水産技術開発センター（National Integrated Fisheries Technology Development center: NIFTDC）（実証実験地であるパンガシナン州ダグパン市にあり）は自ら養殖実験・研究を行ってきたほか、オーストラリアや韓国等、海外援助機関による事業の受け入れも行っており、実証実験に対する適切な助言を与える能力を有している。資金面については今回の実証実験においてBFARのプロジェクトチームがダグパン市へ出張する際の実費（BFARにて確保済）を除き、BFARからの支出は想定されていない。

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

①実証実験候補地の検討

当初、平成 24 年度実証実験の実証結果や課題を踏まえ実証テーマについての実験を継続するにあたり、候補地として国家空間計画においてミルクフィッシュの産業クラスターとして位置づけられているパンガシナン州と、MILF との和平交渉が進展していたミンダナオ島での実施を検討していた。

ただし、本件については「フィリピン国の開発目標の達成」より「実証実験の効率性」に重点を置きたいという点、また、漁家の所得が高く民間ビジネスのポテンシャルが高いだけでなく、養殖事業の魚種の種類も豊富で、民間ビジネスとして狙っていたエビ、カキ、カニ、ガルツパ系の高級魚養殖事業者にも食い込めるチャンスが生まれるパンガシナン州のほうが、MILF との問題も含めたミンダナオ島よりもふさわしいと考えた。



図 6 フィリピン全図とパンガシナン州の位置

a) 第 1 回目実験

本事業が正式に採択された後、カウンターパートである BFAR と当方の意向を踏まえ、実証場所について協議した結果、パンガシナン州ダグパン市にある BFAR の研究施設 NIFTDC より全面的に協力を得られることとなり、第 1 回目実験における汽水域の実験は NIFTDC 施設内において、また海水域の実験は同センターが管理する、パンガシナン州スアル町沖合の海域を使用して行ってはどうかとの提案がなされた。いずれも同センターが 24 時間管理しているため、資材や設備の管理、監視等、安全性、費用的な面で効率的であると判断し、

BFAR からの提案を受諾することとした。

表 8 決定した第 1 回実証実験地の概要

	a) 汽水域	b) 海水域
所在地	パンガシナン州ダグパン市	パンガシナン州スアル町
実験地管轄者	農業省国立総合水産技術開発センター (NIFTDC)	NIFTDC
設置システム	陸上型太陽光パネルシステム	浮島システム
対象魚種	ミルクフィッシュ	ミルクフィッシュ



図 7 パンガシナン州ダグパン市周辺地図

b) 第 2 回目実験

2 回目の実験地では高付加価値魚種を対象とする方針からエビが選択肢として挙げられた。しかしながら第 1 回目実験で使った NIFTDC 内の池は大きさが小さく、エビの養殖には適さないため、NIFTDC 内で NIFTDC と民間事業者が合同で実施しているエビ養殖の研修事業 (Shrimp School) に参加させてもらうこととなった。また 1 回目実験では養殖のオペレーション自体に関する知識や助言を得ることに手間を取ったことから 2 回目実験ではモニタリングに、より集中できるよう、オペレーション自体は経験のある民間事業者に委託することで BFAR、NIFTDC 及び民間事業者と合意した。

海水域も汽水域同様、養殖のオペレーションは経験のある民間事業者に委託するという方針から、BFAR による紹介を受け、実証実験に賛同した大手事業者の生簀で実証実験を行うこととした。場所はパンガシナン州のダグパン市から約 90km 離れたアンダ町であり、対

対象魚種は1回目実験同様のミルクフィッシュとした。実験前のヒアリングによると水質状態はアンダがスアルに比べ良いとのことであった。ただ、アンダでは毎年フィッシュキルによる被害を受けており、民間養殖事業者は浮島システムによる効果を期待しており、実験に快諾をいただいた。なお、アンダには観光地として有名な Hundred Islands という島があり、環境保護の観点から商業用養殖を行う場所が自治体によって規制されている。今回の実験地は環境保護区から 10km 以上離れており、環境保護上特に問題はない。

c) 第3回実験

第3回目実験は、システムの性能に焦点を当てた検証を行った。汽水域は陸上型太陽光パネルが設置されているダグパン市 NIFTDC、海水域は2回目実験同様、アンダ町で行った。

表 9 決定した第2・3回実証実験地の概要

	a) 汽水域	b) 海水域
所在地	パンガシナン州ダグパン市	パンガシナン州アンダ町
実験地管轄者	農業省国立総合水産技術開発センター (NIFTDC) と民間養殖関連事業者 Bio Solutions との合同事業「Shrimp School」	民間養殖事業者
設置システム	陸上型太陽光パネルシステム	浮島システム
対象魚種 (第2回目のみ)	バナメイ (White Shrimp)	ミルクフィッシュ

【実証実験地の社会・経済状況について】

実証実験地であるパンガシナン州、ダグパン市及びスアル町について統計データ及び現地ヒアリングから得られた社会・経済状況は以下のとおりである。

(ア) パンガシナン州

パンガシナン州はルソン島中部イロコス地方の西部海岸沿いに位置し、「塩で作られた場所(panag asinan)」というパンガシナンの名前の由来からも、質の良い塩が豊富に採れることで有名な地域である。パンガシナン州は 47 の市・町で構成されており、人口は約 2,800,000 人 (2010 年国勢調査、フィリピン全人口の約 2.5%、82 州の内 12 位)、人口増加率は年平均 1.3% (2000~2010 年)、世帯数は約 550,000、平均世帯数は 4.5 人である。面積は約 570,000 ヘクタールであり、フィリピン全土の約 2%、イロコス地方の約 42% を占める。

パンガシナン州における主要な経済活動は農業・漁業であり、労働人口の過半数が農業・漁業に従事している。主要な農作物は米、トウモロコシ、オクラやカボチャ、ナス、トマト、苦瓜等の野菜、そしてミルクフィッシュやエビ等である。

パンガシナンはフィリピンにおいてミルクフィッシュ生産量第1位の州であり、年間生産量は約 11 万 4,000 トン (2014 年) である (全国の 29.3%)。一方、年間生産額は約 115.4

億ペソであり、フィリピン全体の約 46.8%を占める。他の生産地に比べ、臭みがなく質がよいことで知られており、それは単価の高さにも表れている。

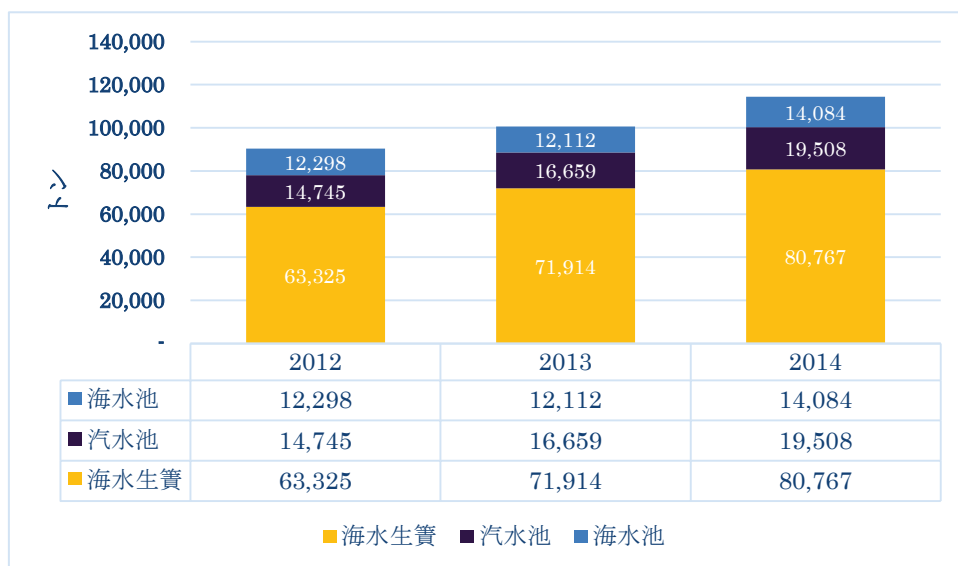


図 8 パンガシナン州におけるミルクフィッシュ生産量推移

出典：国家統計局データより作成

(イ) ダグパン市

ダグパン市は人口約 160,000 人（パンガシナン州全体の約 6%）、面積約 4,000 ヘクタールの市である。世帯数は約 37,000、平均世帯人数は 4.5 人とパンガシナン州平均と同じレベルである。主要な経済活動は農業、漁業・養殖、畜産であり、ミルクフィッシュの養殖で知られている。

(ウ) スアル町

スアル町は人口約 30,000 人、面積約 13,000 ヘクタール、世帯数は約 6,500、平均世帯人数は 3.8 人である。主要な経済活動は漁業、農業である。また、スアルにはフィリピン最大の石炭プラント（1,200 メガワット）が存在する。

(エ) アンダ町

アンダ町は人口約 37,000 人、面積約 7,455 ヘクタールである。また、世帯数は 8,296、平均世帯人数は 4.45 人である。主要な経済活動は農業と遠洋漁業である。



図 9 ダグパン市魚市場とスアル町沖合及びプラント

②実証実験の準備

a) 実証実験の国内における準備

太陽光パネル、陸上太陽光システム、及び浮島の制御装置を国内で製作し、2014年8月に実験地に輸送した。平成24年度事業で使用した浮島システムとは異なる大型の浮島であり、大幅な設計変更が必要であったこと、制御装置の部品手配及び納期が大きくずれ込んだことから当初1ヶ月で製作予定であったが、大幅に遅延する結果となった。

b) 現地における実証実験インフラ準備

当初、実証区画は既存の漁家から借りる予定であったが、BFAR及びNIFTDCの協力により、実施区画についてはスムーズに決定した。しかしながら、実験区画における生簀等の試験機材については当方で準備することとなったため、想定外の費用が発生した。

現地で生産・手配できるものについてはできるだけ現地で対応すべく、日系の建設会社及び現地業者との相見積りにて価格の検討を行い、土木工事の経験があり価格が最も低かった地元パンガシナンの建設会社、AHYOK CONSTRUCTION SUPPLYへの生産委託を行った。陸上用太陽光発電システム及び浮島の設置は2014年8月に完了した。

【主な追加費用項目】

- ・陸上試験用太陽光パネル架台制作費
- ・陸上試験用生簀（溜池）制作費
- ・海上試験用生簀（ケージ）制作費



図 10 陸上用太陽光発電システム



図 11 海上用太陽光発電システム

c) 事前水質調査

2013年9月中旬に、NIFTDC 及び民間養殖事業者の2つの生簀において水質調査を行った。NIFTDC の生簀では水面下2m以深から海底直上層(水深7m)まで、溶存酸素濃度(Dissolved Oxygen: DO)が2.88~4.23mg/Lの範囲にあり、日本の水産庁が提示する水産用水基準、底層におけるD04.3mg/Lから判断すると、養殖に適した状況にはなく、飼育されている多くの魚は低酸素状態に置かれていると考えられた。表層でのDOは約7~8mg/Lと高いものの、それが亜表層や底層には供給されていない状態であることが分かった。亜表層及び底層におけるDOの低下の原因は、飼育されている魚類、排出された糞、及び水中から海底方向へゆっくりと沈殿する残餌の有機物がバクテリアによって分解されることによるものと推測される。一方、民間養殖事業者所有の生簀ではさらに水質状態が悪く、表層でもDOは4.07mg/Lに止まり、水面下2mを除き、測定可能な水面下7mまでの値は2.28~3.19mg/Lと低かった。この地点の水深は約20mであり、水面下7m以深から海底直上までは今回測定できなかったが、酸素濃度はさらに低下していると考えられる。

また、今回、表層で採取した海水を容器に入れ、翌朝まで光の当たらない状態で放置し、酸素濃度の低下を測定した。これは水質を改善する役割を果たす水中の植物プランクトンが夜間は酸素を消費し二酸化炭素を放出するため、酸素濃度が低下するとの仮説からであった。しかしながら、酸素濃度の低下はわずかであった。つまり、調査した水域では水中の植物プランクトンが少ないと推定できる。すなわち、水質を改善する自然の機能が果たされていない環境にあり、太陽光発電システムの活用によって水質を改善させる意義がありそうだ、という示唆が得られた。

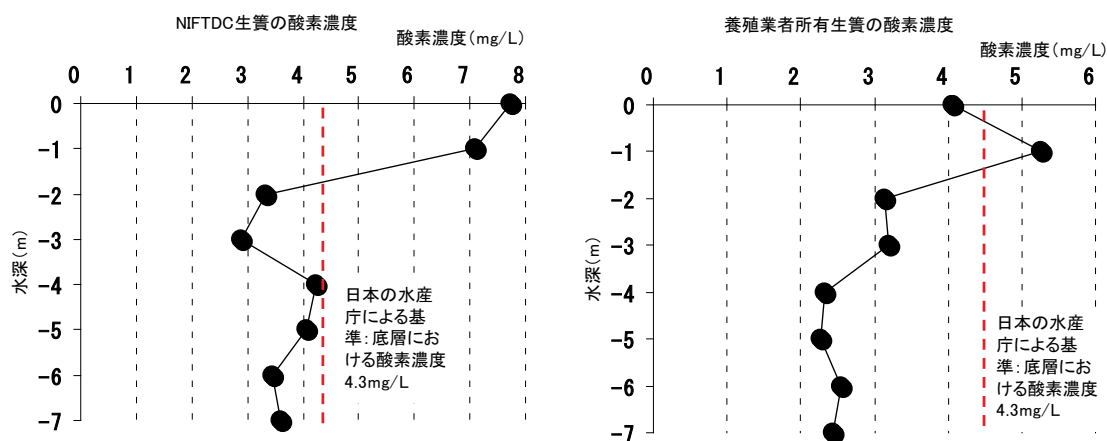


図 12 実証実験前水質調査結果

出典：2013 年 9 月 14 日プロジェクトチームによる水質調査より

d) 実証実験内容・手法の検討

実験開始前にプロジェクトチーム（BFAR, NIFTDC, JICA チーム）でプロジェクトミーティングを 4 回実施し、実証実験の内容や手法等の検討及び準備を進めた。

実証実験は当初計画のとおり、3 期に分けて行った。測定内容は計画通り、「魚の成長率、致死率、溶存酸素濃度（DO）レベルの改善」を主目的としてデータ収集を実施し分析を行った。稚魚の投入数量については、プロジェクトチーム及びカウンターパートと議論し、実験の効果を最大限に測るために、フィッシュキルが起こりうる限界量を目安に決定し放流した。以下については当初計画から変更した。

・設置するシステム

当初、浮島を 6 台（海水域 3 台、汽水域 3 台）設置する計画だったが、決定した汽水域の実証実験地の状況は浮島システムでの設置に適していないため、汽水域の 3 台に関してのみ陸上式 1 式に変更した。海水域については当初予定どおり浮島を 3 台設置した。

・実証開始時期

計画時は契約締結時期を 2013 年 6 月、事業開始を 2013 年 7 月、また実験期間を 1 期約 6 ヶ月、3 期計 18 ヶ月と計画し、2015 年 3 月の終了を計画していた。しかし、契約交渉に時間を要したことによる契約締結時期の遅れ（6 月から 9 月に変更）、現地調整（MOU 締結、実験地決定）の遅れ、システムの設計及び製造の遅れ等もあり、1 期実証のスタートは 2014

年8月中旬となった。第1回実験期間は4ヵ月半で2014年12月末に終了した。第2回実験は汽水域が2015年5月中旬から約3ヶ月間(8月中旬終了)、海水域が2015年3月中旬から約6ヶ月半(9月末終了)で行った。第3回実験はシステムの機能性について2015年10月から約2ヶ月間実施した(12月末終了)。

・全3期で行う主な実験内容

計画時は平成24年度事業の実証試験結果を元に、ミルクフィッシュの致死率に着目し、致死率の高い時期と低い時期で2期、システムの機能性実験の1期、計3期で計画していた。しかし、実験エリアでのカウンターパート及び専門家へのヒアリングによるとパンガシナン州では平成24年度実証実験地ラグナのように致死率の高低が月によってそれほど顕著でないとのことであった。また、システムの普及を考慮した際に、ミルクフィッシュ以外で付加価値がより高い種類の実験を行う必要があるとの議論も出てきた。それを踏まえ、下記のとおり計画を変更した。

第1回目 ミルクフィッシュに関する実証データの分析

第2回目 汽水域ではバナメイエビ、海水域ではミルクフィッシュに関する実証データの分析

第3回目 システムの機能性に関する実証データの分析

・水質調査等のデータ取得方法

当初、水質調査等のデータ取得については、平成24年度事業時の実験同様、外部専門家による実証データを取得する計画であったが、取得データの多様化と収集回数の増加に伴い、単価の高い外部専門家ではなく、試験機材(酸素濃度計、塩分濃度計、採泥器、採水器他)を購入し、モニタリング人材にトレーニングを実施した。これら試験機材が追加費用として発生した。

d) モニタリング体制の検討

実証実験開始後は、各データ取得が1日2回、また餌やりが1日3回必要となることから、汽水域と海水域でそれぞれ2人ずつモニタリング人材を配置した。モニタリング人材はNIFTDCとの話し合いの結果、水産養殖学科を卒業したフィリピン人とし、NIFTDCに人選をサポートしてもらった。2014年3月中旬までに採用を行い、3月下旬にプロジェクトチームが渡比するタイミングで、各機器の説明やデータ取得・記録の方法について研修を行った。

本プロジェクトにおけるBFAR側の体制は下図に示す通りである。NIFTDCには、試験施設や総務の責任者がおり、NIFTDCのトップであるDr. Rosarioが本プロジェクトの総体的な窓口となった。またBFARの本部ではDr. Lopezが本プロジェクト全体を統括した。

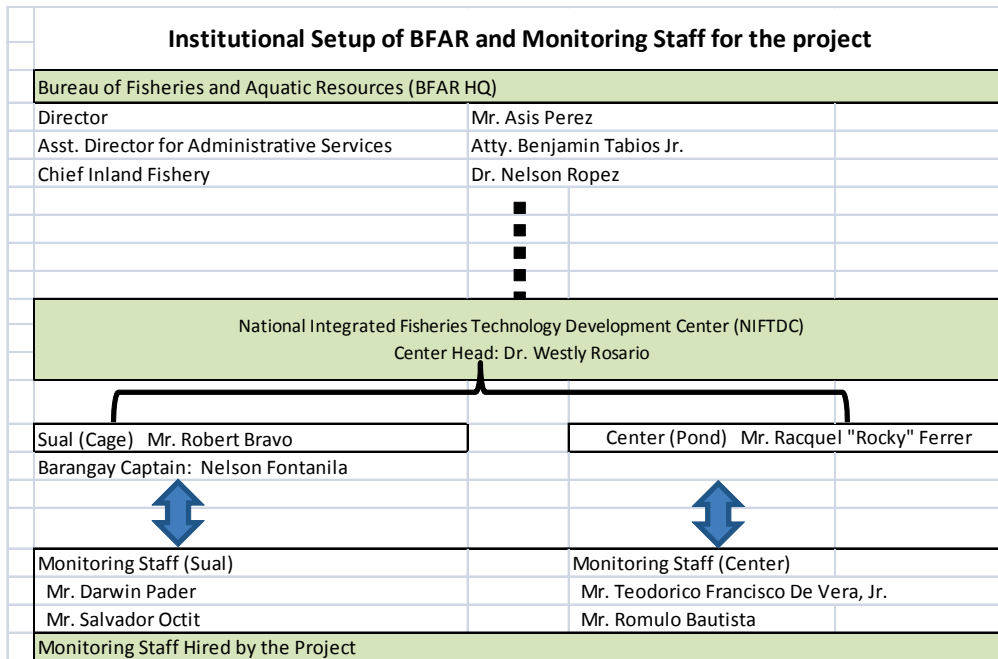


図 13 モニタリング体制図

③実証実験の実施及び結果

第 1 回実験

2014 年 8 月中旬に機材の設置を終え、稚魚を放流し実証実験が開始された。モニタリングスタッフが日次でデータ取得を行い、週次で調査チーム内で結果の共有を行った。なお、台風の影響で実験地の天候が悪い日は安全面を考慮し、モニタリングは中止した。

また、魚の成長率は海水域では月次、汽水域では隔月でモニタリングを行った（本来は汽水域でも月次のモニタリングを行うのが理想だが汽水域は放流稚魚数が少なく月次でサンプリングすると母数が減るため隔月とした）。

汽水域、海水域につき、以下の内容で測定を行った。

	汽水域（陸上試験）	海水域（海上試験）
毎日 (8 時、16 時の 2 回)	・ 天気、気温、水深、死亡数、死亡体重・死亡理由	
	・ 水温	水面、水中、水底の 3 箇所
	・ 酸素濃度－酸素濃度計を使用	水面より 1m おき～水底まで 5 箇所
	・ 塩分濃度－塩分濃度計を使用	水面より 1m おき～水底まで 5 箇所
隔週 (15 日周期)	・ クロロフィル検査	
	・ 栄養塩検査	水面から 1m
		水面、水中（水面から 2m）、水底から 1m 上の

		汽水域（陸上試験）	海水域（海上試験）
			3箇所
	・低質検査（硫化物検査、キノン分析）		
1ヶ月、汽水域は2ヶ月に1回	・個体の体長及び体重（平均重と平均長）（測定後、魚は生簀に戻さず）	・2ヶ月目、4ヶ月目に測定（投入個体数が少ないため） ・各測定時に5個体ずつ	・毎月測定 ・各測定時に10個体ずつ
実験終了後	各20～30個体ずつ		

投入した個体数及び大きさは以下の通りである。

	汽水域（陸上試験）	海水域（海上試験）
対象魚種	ミルクフィッシュ	ミルクフィッシュ
投入個体数	<ul style="list-style-type: none"> ・175匹/池（池5個分 計875匹） 【根拠】 ・現状の民間事業者による投入量：0.5～1匹/m² ・限界量：1.5匹/m²（現状の1.5～3倍） ・100m²/池×1.5=150匹/池＋稚魚致死率分上乗せ <p>汽水域においては、稚魚の放流後、密度をより高め実験効果を得るために、BFAR及びNIFTDC専門家の助言を得て、最大限の5匹/m²に追加した。結果、500匹/池となった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・17,262匹/生簀（4生簀分 計69,048匹） 【根拠】 ・現状の民間事業者による投入量：25匹/m³ ・限界量：40匹/m³（現状の1.6倍） ・392.5m³/生簀×40匹=15,700匹/生簀＋稚魚致死率分上乗せ
投入する稚魚大きさ	約20gの稚魚	約30gの稚魚
成長期間	3～4ヶ月（海水より1ヶ月早い） ・2014年8月16日に放流	4～5ヶ月 ・2014年8月15日に放流
成魚の想定重量	350～500g/匹（2～3匹/kg）	

【海水域における区分け】

全4区（A～D区）（直径10mの円形生簀、深さ5m）を設置した。うち、2区を熊大MB放出（浮島システム1台につきMB装置2台、MB装置計6台）、2区をコントロール用とした。マイクロバブル発生装置は、浮島システム1台につき2台（50Hz400W）を使用した。

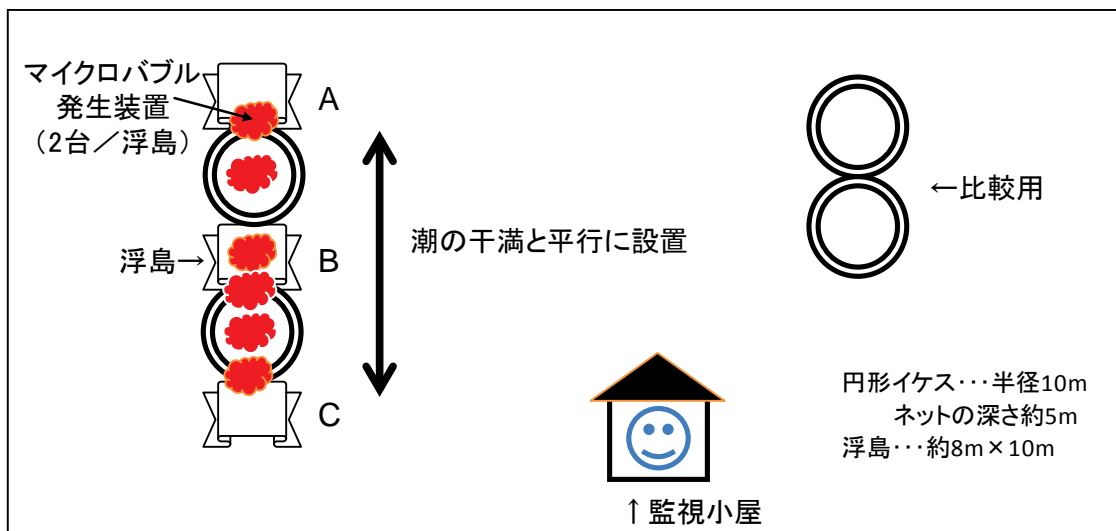


図 14 海水域実験ケージ配置図

【海水域における実験結果】

(i) 稚魚の生存率

稚魚放流から1ヶ月毎の生存率を比較すると、実験用生簀では比較用生簀に比べ約1%ポイント生存率が高い結果となった。実験開始から1ヶ月目における生存率は実験用生簀で97.5%だったのに対し比較用生簀では96.6%、4ヶ月目（収穫前）時点では実験用生簀で95.6%に対し比較用生簀では94.9%だった。1%ポイントの差異を金額換算すると、第1回目実験を行った生簀1つ分（今回実験の密度40匹/m³の場合）で約172匹分、収穫時の重量に換算すると約57キロ分（生産者からの販売価格を70ペソ/キロとした場合、約4,000ペソ分）ということになる。本実験地における水流条件が良好だったこともあり致死率における顕著な差は見られない結果となった。なお2ヶ月目から4ヶ月目までの間、生存率に変化がないのは、日々のモニタリングで死んだ魚は確認されなかったためである。

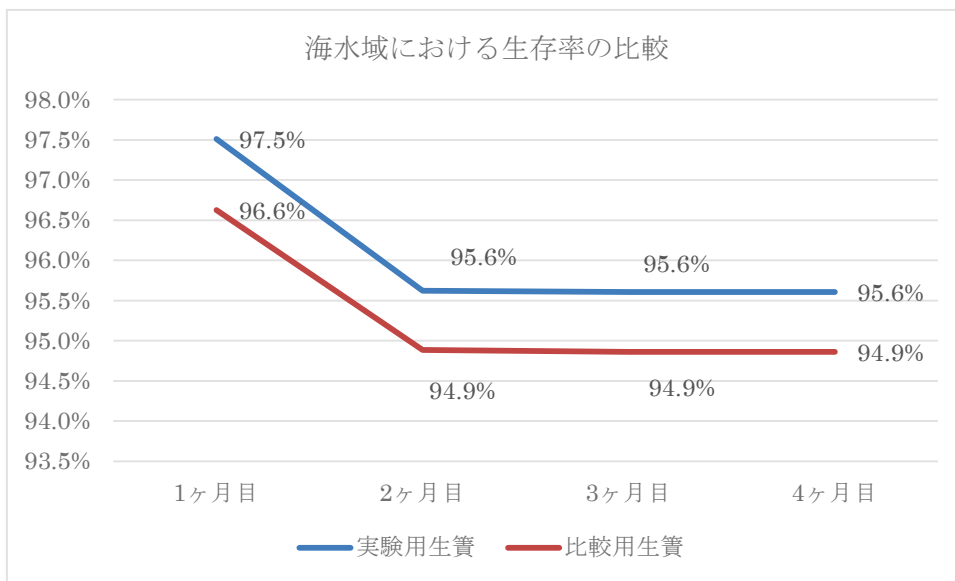


図 15 海水域における生存率の比較

(ii) 成長度合い

海水域では稚魚放流後（8月中旬）から約1ヵ月後に魚の成長率の測定を行った。実験開始から約1ヶ月ですでに浮島システムを導入した実験用生簀では魚の成長に顕著な効果が表れた。実験開始時点における平均体重25g（サンプル数36個体）から、浮島システム「なし」の比較用生簀では体重増加率が8%（平均体重27g）に留まるのに対し、浮島システム「あり」の実験用生簀では体重増加率が65%（平均体重41g）であった。稚魚放流から約1ヶ月後の体重を比べると、実験用生簀の魚は比較用池の魚に比べ、1.5倍以上であった。4ヶ月目（収穫前）時点では平均体重が比較用池で183gに対し、実験用生簀では225gと23%重かった。個体の成長率は1ヶ月の計測であったため正確なデータはないものの、実験用生簀では比較用生簀に比べて2～3週間早く成長し出荷できるということになる。なお、出荷の目安は1匹あたり300グラム以上である。

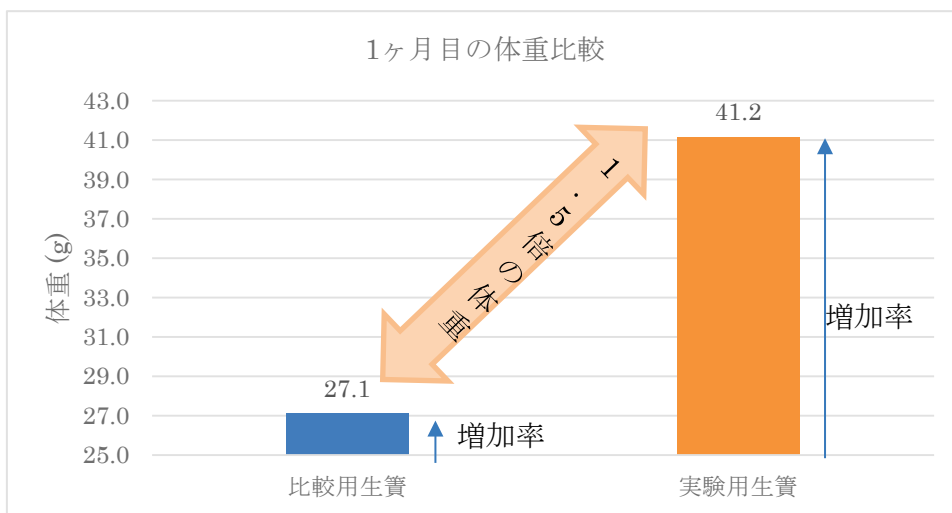


図 16 海水域における実験開始1ヵ月後の平均体重の比較

注：稚魚放流時の平均体重は25g

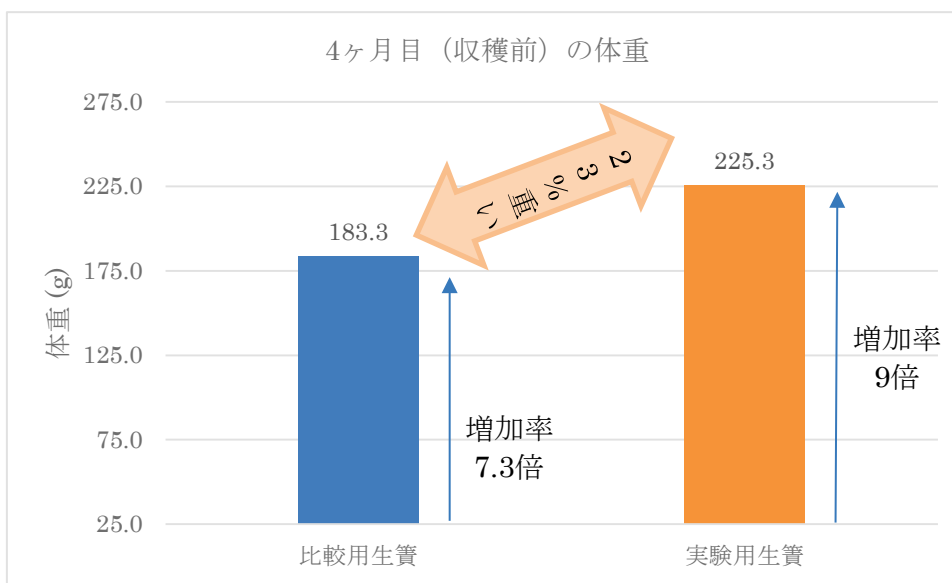


図 17 海水域における実験開始4ヵ月後 (収穫前) の平均体重の比較

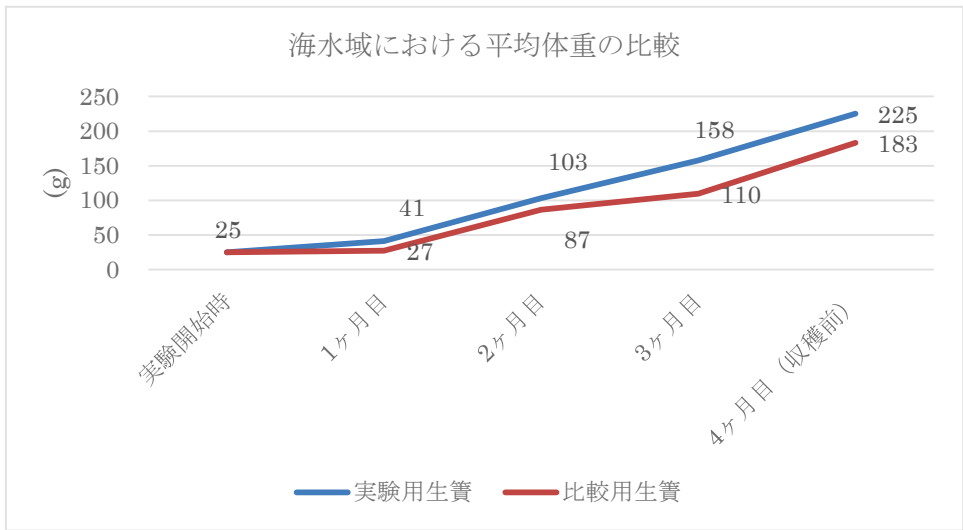


図 18 海水域における平均体重の推移

(iii) 溶存酸素濃度 (D0)

実験用生簀と比較用生簀における D0 は、表層から水深 4m までは顕著な違いは見られなかったが、水深 5m から 10m にかけては実験用生簀における平均 D0 が数%から最大 24%多いという結果が見られた。特に水深 9m 域では比較用生簀ではミルクフィッシュ生産の適正溶存酸素濃度である 3mg/l を下回っていたが、実験用生簀では 3mg/l 以上であった。なお、エアレーターは表層から約 3m の場所に設置されていたことから、水深 4m 以下における D0 の差異が見てとれたと言える。

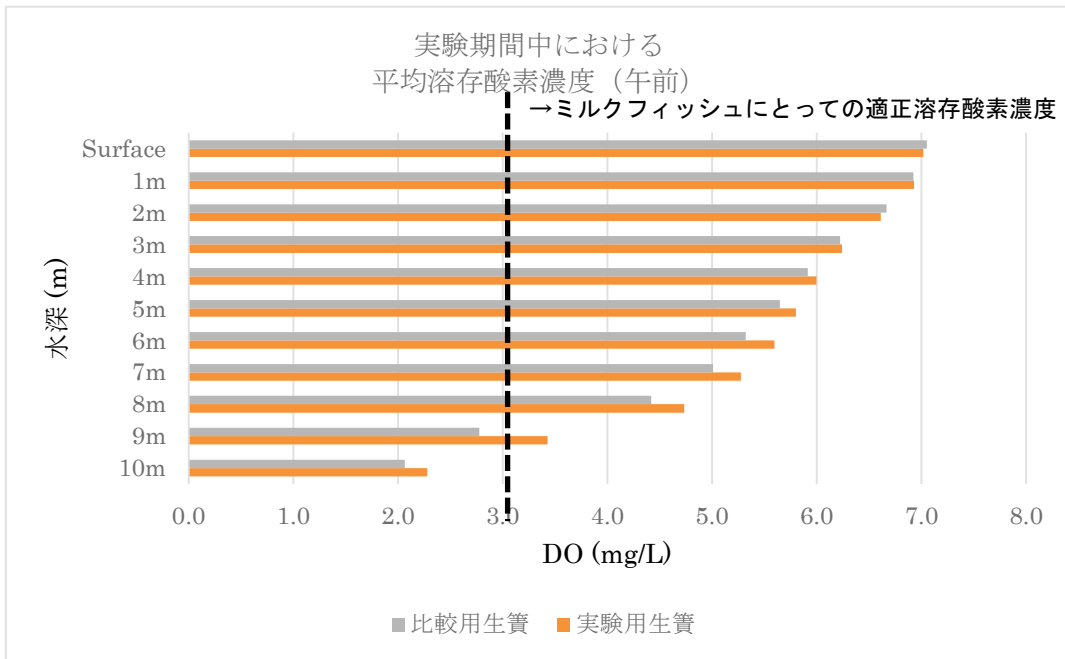


図 19 実験期間中における平均溶存酸素濃度（午前）

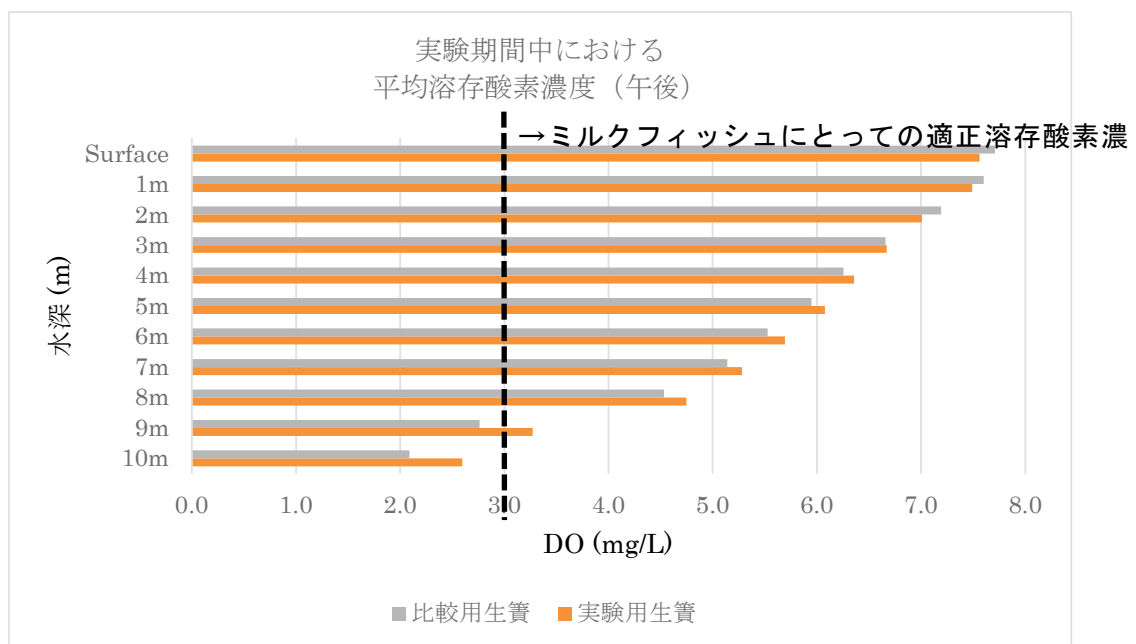


図 20 実験期間中における平均溶存酸素濃度（午後）

(iv) 餌料係数 (Feed Conversion Rate)

実験では、餌の投入量に対してどれだけのアウトプット量を生産することができたかを測る餌料係数 (Feed Conversion Rate: FCR) についても計算をした。この値は小さい方が効率的だということになる。養殖用の餌を販売する事業者によるとミルクフィッシュの FCR は 2.0~2.5、Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC)によるとミルクフィッシュの標準 FCR は 2.5 とのことであったが、実験用生簀は 1.7、比較用生簀は 2.1 と実験用生簀では比較用生簀に比べて約 24%高い効率が得られた。また、実験用生簀における FCR は SEAFDEC の標準値に比べ、47%効率が良いことになる。生産において餌の費用は約 6 割を占めることから FCR の改善は生産者にとってのメリットとなる。今回の実験用生簀一つ分の生産コストに換算すると、1 回の養殖あたり約 5 万ペソ、4 ヶ月サイクルで年間 3 回の収穫の場合 15 万ペソ/年のコスト削減ができるということになる。

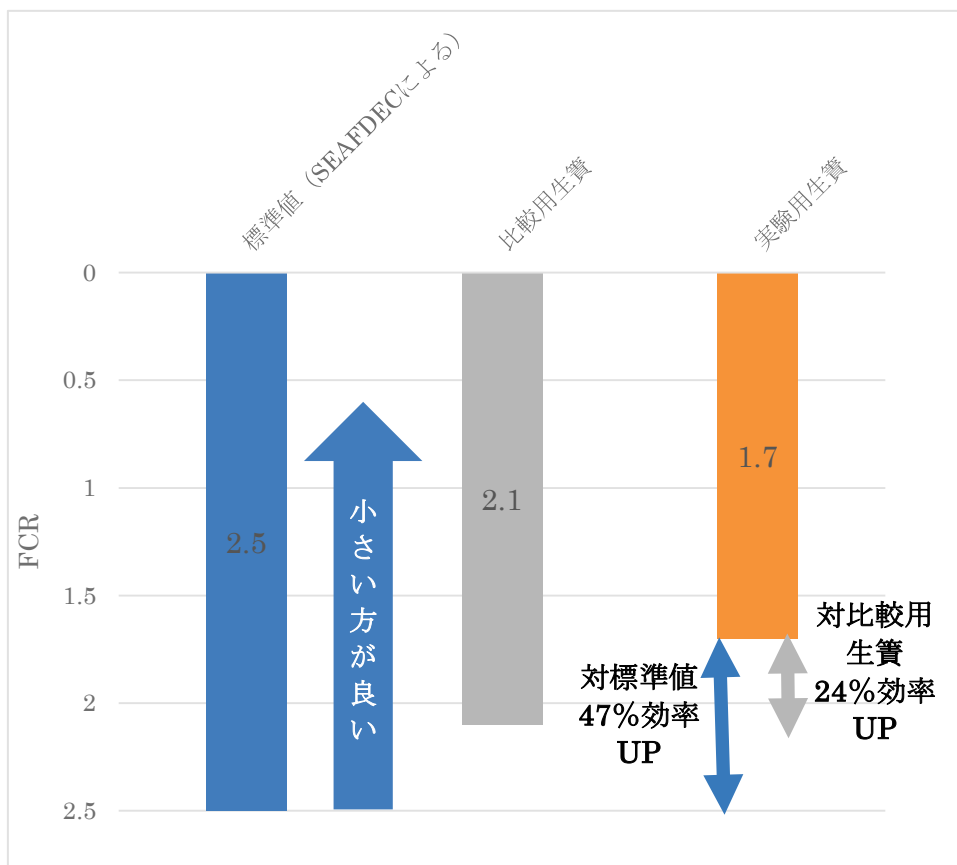


図 21 餌料係数 (FCR) 比較

【汽水域における区分け】

汽水域における第1回実験は、全5区（A～E区）で行った（各10m×10m×深さ約1m）。うち、1区を熊大マイクロバブル（MB）（1台）放出、1区を県立大MB（1台）放出、2区をコントロール（比較対象用にエアレーションを施さないグループ）用とした。1区は水質浄化調査用とした。第1回目実験では、マイクロバブル発生装置はいずれも1区につき1台（50Hz400W）を使用した。

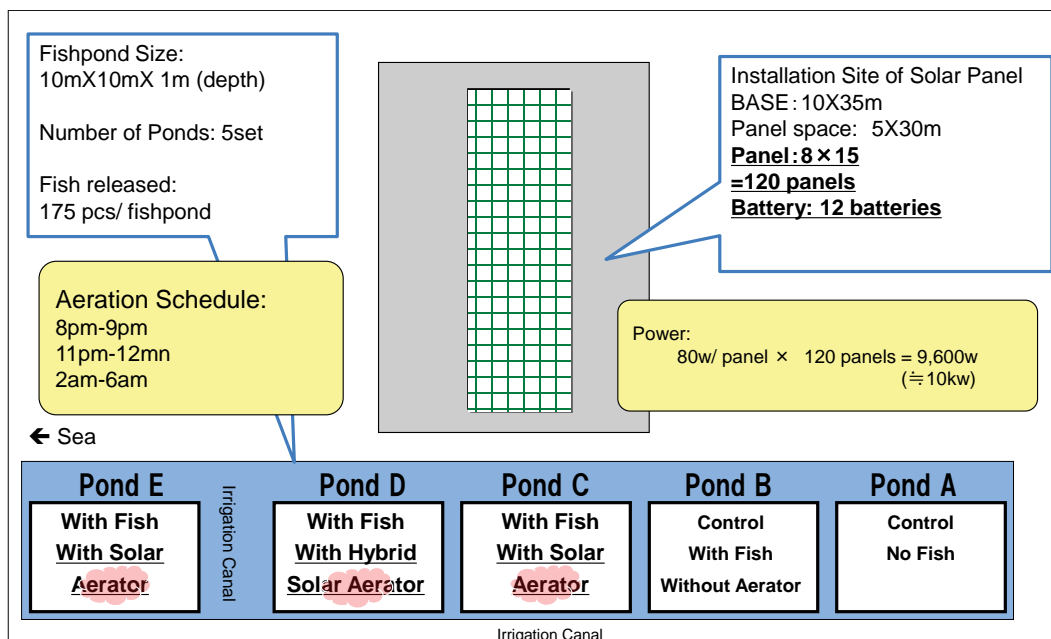


図 22 第1回汽水域実験イメージ図

【汽水域における実験結果】

(i) 稚魚の生存率

汽水域では2ヶ月目までは実験用池での効果が見られなかった。これはエアレーターからの空気のプレッシャーが強すぎたためと考えられる。2ヶ月目における観測時点でエアレーターのプレッシャーは弱めに調整を行った。3ヶ月目では実験用池と比較用池で効果が観測された。2ヶ月目を少し過ぎた2014年10月23日及び28日にパンガシナンのビンマレーで魚の大量死（Fish kill）が発生し、この際にエアレーターのなかった比較池では魚が全滅した。ところが、実験用池ではFish kill現象にも関わらず魚が生存し続けた。（Pond C, D, Eにおける生存率はそれぞれ7.6%, 8.7%, 69.3%）。4ヶ月目には池の水の交換がなかったこと、また人的ミス（計算間違い）による過剰餌食によりミルクフィッシュの生息環境が悪化したため、生存が見られた池は実験用池3つの内2つのみ（Pond C, Pond D）となり、その2つの生存率もそれぞれ7.2%, 8.2%という低さであった。Fish kill時における効果は見られたものの、最終的な実験結果としては期待通りには行かなかった。

2回目以降の実験の教訓としては、次の2点が挙げられる。一点目は池における水の交換の必要性の事前再確認である（今回の場合、「水の交換は不要」とのNIFTDCの助言に従ったが、3ヶ月目頃にBFARから現地視察に行った職員から「水の交換をしたほうが良い」と

の助言を得た。しかしながら、水交換に必要なポンプを手当てできず（NIFTDC 内ポンプは全て使っているとのことから）、また実験期間終了まで約1ヶ月だったことから最終的には水の交換はしなかった。二点目はモニタリングスタッフの現場監督強化である。

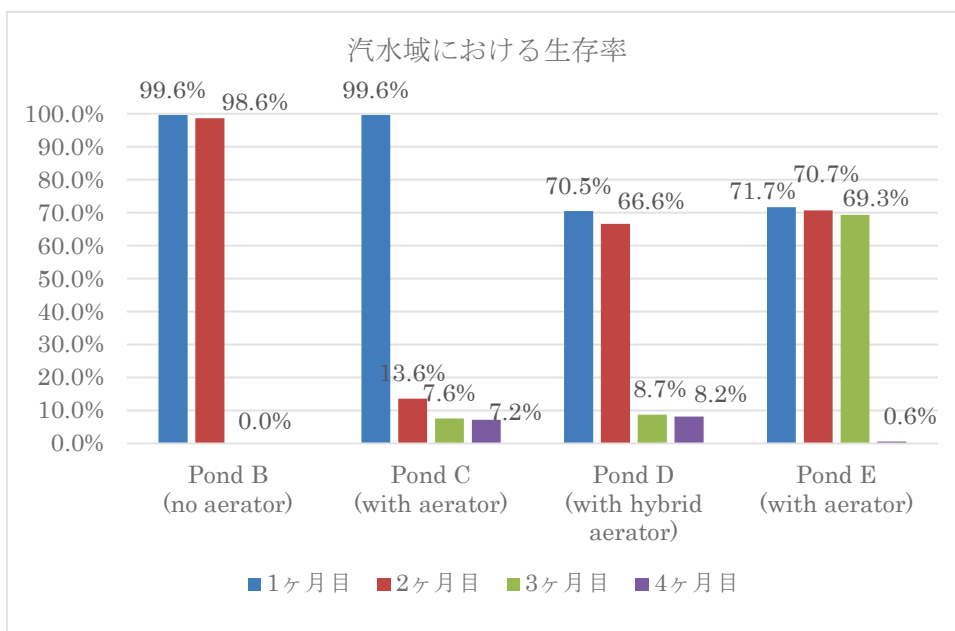


図 23 汽水域における生存率の比較

(ii) 成長度合い

比較用池の魚が2ヶ月目以降に全滅したため比較はできなかった。

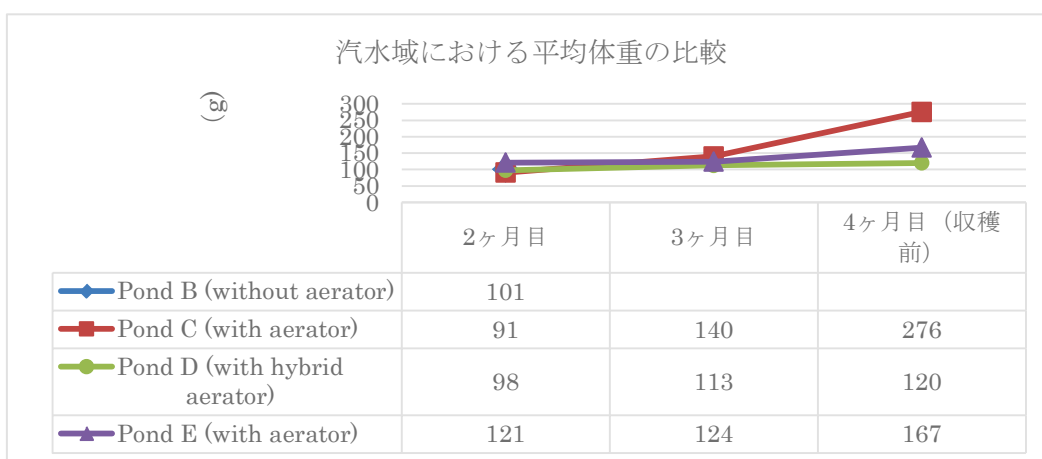


図 24 汽水域における平均体重の比較

(iii) 溶存酸素濃度 (D0)

汽水域では魚の成長率効果は残念ながら見ることはできなかったが、水中における D0 の違いは日次のモニタリングデータから観察された。4 ヶ月の実験期間全体の平均で見ると、実験用池では比較用池に比べ D0 が高い結果となった。

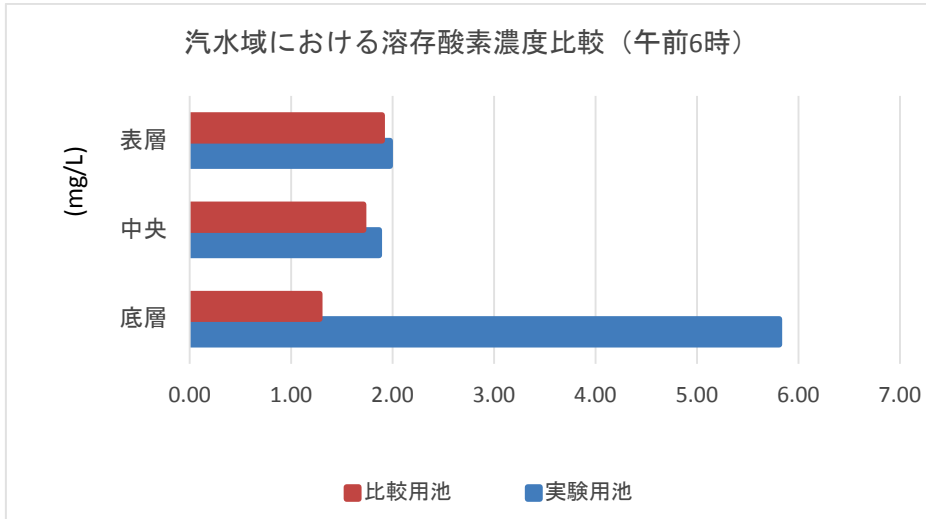


図 25 汽水域における溶存酸素濃度比較 (午前)

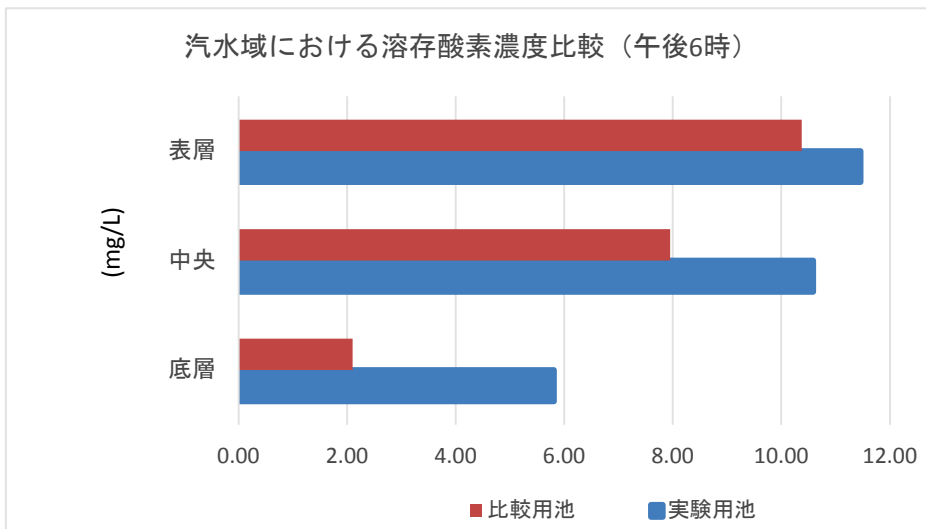


図 26 汽水域における平均溶存酸素濃度比較 (午後)

第2回実験

第2回目は、以下の内容で測定を行った。

	陸上試験 (汽水域)	海上試験	
毎日	・天気、気温、水深、死亡数、死亡体重・死亡理由		
陸上試験 (9時、15時、22時の3回)	・水温	水底の1箇所	水面より1mおき～水底まで11箇所
	・酸素濃度－酸素濃度計を使用	水底の1箇所	水面より1mおき～水底まで11箇所
	・塩分濃度－塩分濃度計を使用	水底の1箇所	水面より1mおき～水底まで11箇所
隔週 (15日周期)、汽水域は週1回	・栄養塩検査	水底の1箇所	水面、水中 (水面から2m)、水底から1m上の3箇所
1ヶ月に1回、汽水域は10日に1回	・個体の体長及び体重 (平均重と平均長) (測定後、魚は生簀に戻さず)	・1ヶ月後から測定、10日ごと ・各測定時に20個体ずつ	・毎月測定 ・各測定時に10個体ずつ
実験終了後	各30個体ずつ		

投入した個体数及び大きさは以下の通りである。

	陸上試験 (汽水域)	海上試験 (アングダ町)
対象魚種	バナメイエビ	ミルクフィッシュ
投入個体数	・120,000匹/池 【根拠】 ・現状の民間事業者による投入量：60匹/池 ・本実験での投入量 (限界値)：100匹/m ² ・1,200 m ² /池	・55,000匹/生簀 【根拠】 ・現状の民間事業者による投入量：30-32匹/m ³ ・本実験での投入量 (限界値)：39匹/m ³ ・1,272.4 m ³ /生簀×39匹=49,500匹/生簀+稚魚致死率分 (10%) 上乗せ
投入する稚魚大きさ	PL15	実験区：11.71g 比較区1：13.70g 比較区2：10.25g
成長期間	75～90日 (2.5～3ヵ月) 放流日は2015年5月13日	6ヶ月間。放流日は以下。 実験区：2015年3月18日 比較区1：2015年3月18日 比較区2：2015年3月27日
成魚の想定重量	10～15g/個	350～500g/個 (キロあたり2～3匹)

【海水域における区分け】

全4区（直径18mの円形生簀、深さ5m）、2区が実験区（1回目実験同様）、2区が比較区。1回目実験同様、マイクロバブル発生装置は浮島システム1台につき2台（60Hz400Wポンプ）を使用した。

当初、比較区は生簀一つ（比較区1）のみの予定であった。しかし、稚魚放流時に生簀を保有・運営するオーナーが生簀一つあたり55,000匹を投入する予定であったのに対し、2倍の110,000匹を投入するという問題が発生した。オーナーは稚魚の間はD0レベルにそれほど影響を与えないので数量を増やしても問題はないと判断し、プロジェクトチームには事前の相談・連絡なしに放流を実施した。事後に事実を把握したプロジェクトチームはすぐに実験の意味合いを説明し、実験区と比較区は数量を同じにすべきであることを理解してもらい、2倍投入した生簀の半数を他の生簀に移してもらうよう依頼した。しかしながら、稚魚への影響を考慮し、投入から1ヶ月後の4月28日に半数が他の生簀へ移された。一方、すぐに稚魚の移動ができないことが判明した時点で（投入後数日後）、他に空いている生簀を比較区にできないかを打診し、3月27日（実験区への投入から約10日後）に比較区2として2つ目の生簀に稚魚を放流した。実験区と比較区2では放流日が異なる。また放流した稚魚のサイズも異なるため、実験データはこれらの差異係数を使用し調整したもので比較することとした。

	実験区	比較区1	比較区2
生簀の数	2区	2区	2区
エアレーター	2台/区	なし	なし
稚魚放流日	2015年3月18日	2015年3月18日	2015年3月27日
稚魚投入数	55,000匹	110,000匹 (その後、4/28に半数を別の生簀に移動)	55,000匹
投入した稚魚の平均体重	11.71g	13.70g	10.25g

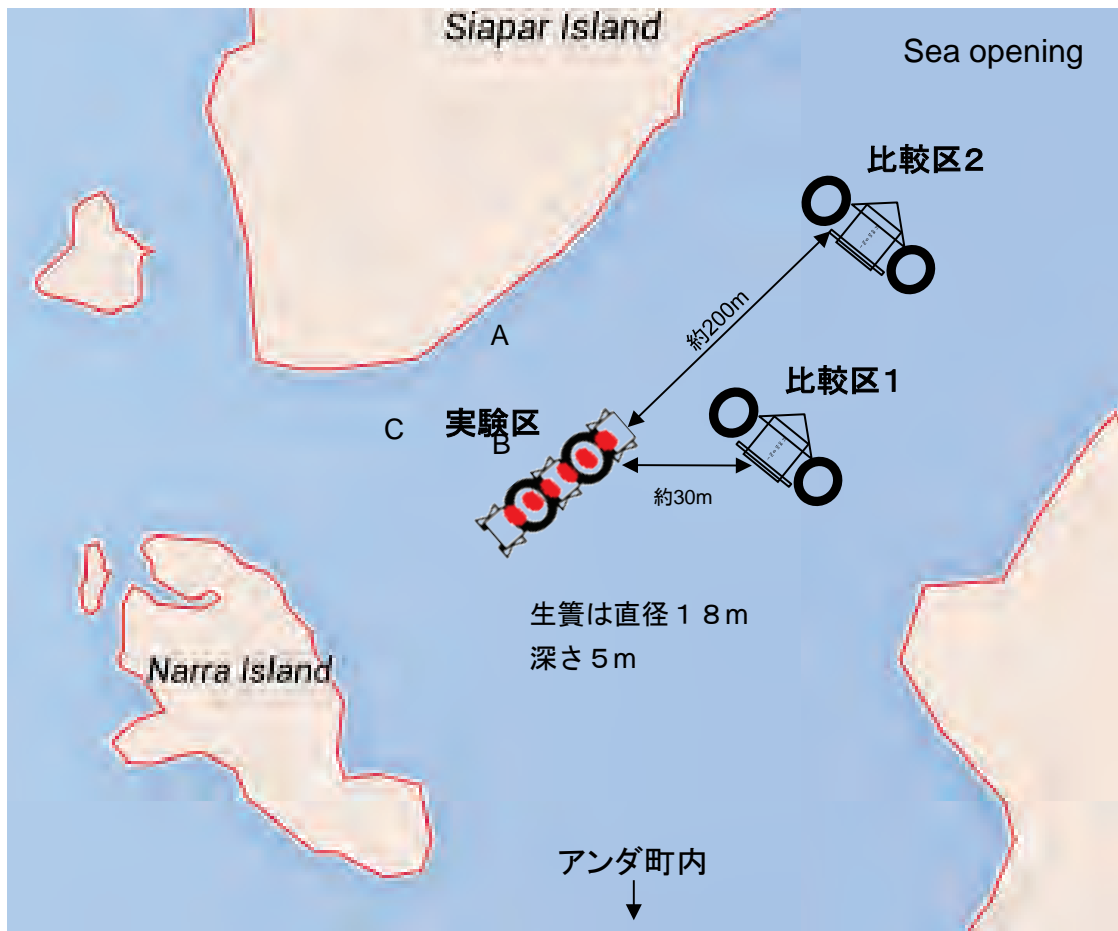


図 27 第2回海水域実験イメージ図

【海水域における実験結果】

実験区と比較区は本来同条件を前提に、比較実験を行うべきであるが、民間養殖事業者の生簀における実験であったことから、実験区と比較区の前条件を全く同じにすることが難しかった。そのため、信頼性の高いデータを取得することができなかった。

実験区は比較区2つに比べ、「生存率」及び「餌料効率」が高いという結果となった。しかしながら、太陽光パネルを活用したエアレーターの直接的効果として期待していた「D0レベル」は実験区が両比較区より低い結果であった。また、「成長度合い」も実験区が低い結果に終わった。主な原因としては、実験期間中のエアレーターの稼動がバッテリーの性能及びメンテナンスの問題から、想定していたよりも短くなったことが挙げられる（半分～4分の1の稼動）。そのため、D0レベルを改善することができず成長度合いへの効果がなく、密度が比較区よりも高くならなかったため生存率は高くなったと考えられる。

①稚魚の生存率

生存率は、実験区が88.4%と比較区1に比べ6.6%ポイント、比較区2と比べ21.5%ポイント高い結果となった。差異の大きな要因としては、実験開始後4ヶ月目にあたる2015年7月中旬に実験地が台風に伴う大雨にさらされ、土砂崩れの影響から水質が悪化し、比較区1及び2ではそれぞれ4,000匹以上が大量死するという被害が出た。一方、実験区ではその半数の2,000匹で被害が収まった。ただし、この期間中におけるDOレベルは実験区が比較区よりも低く（低い日には3mg/L以下）、DOレベルとの相関は見られない。つまり、実験区における生存率の高さは、必ずしもエアレーションによるDOレベルの改善によるものとは言えない。

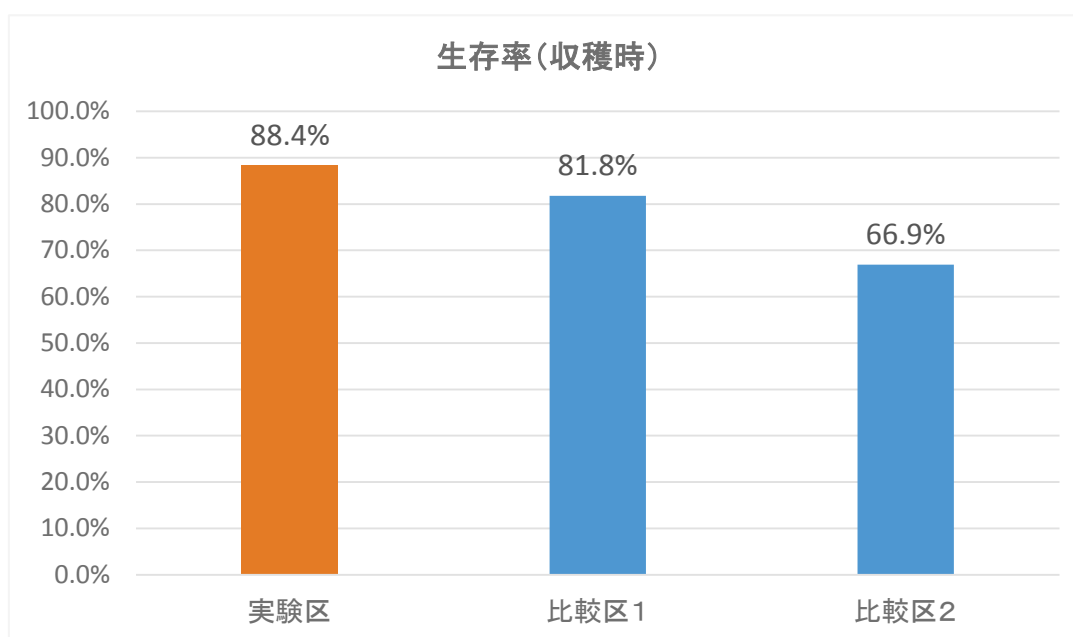
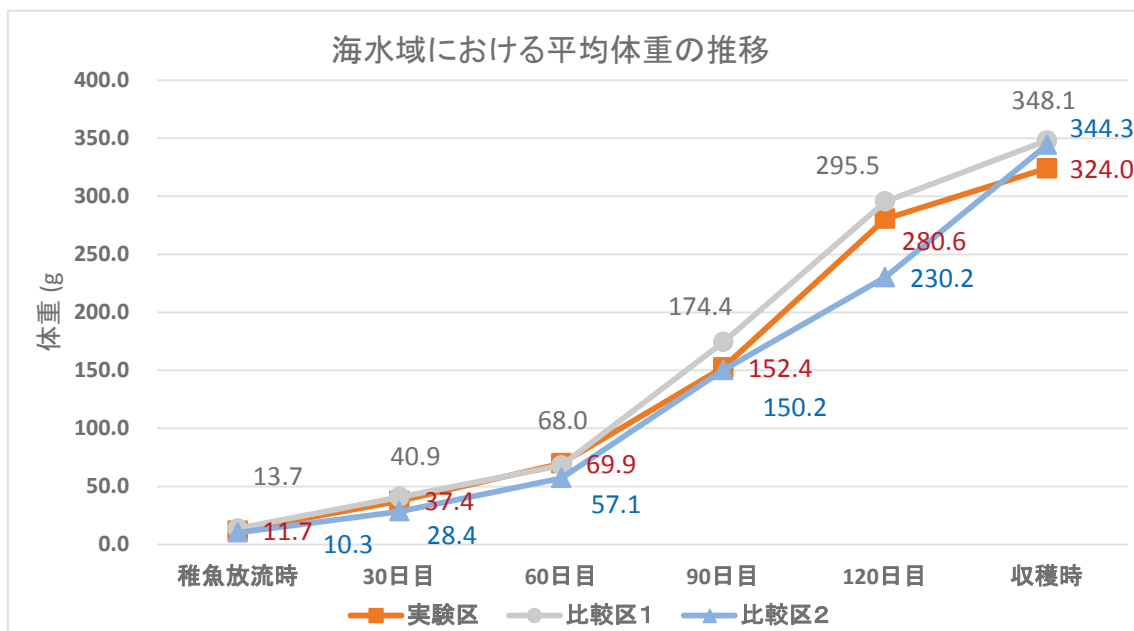


図 28 海水域における生存率の比較

(ii) 成長度合い

実験区は60日目時点では比較区に比べ平均体重が重く、成長度が高かったものの、その後、収穫時の平均体重は比較区に比べ6~7%低い結果で終わった。これは実験区における生存率の高さ（90日目時点で比較区が80%台なのに対し、実験区は約95%）から密度が高くなり成長度合いに負の影響を与えてしまったことが考えられる。



比較区に対する差(%)	稚魚放流時	30日目	60日目	90日目	120日目	収穫時
対 比較区1	-16.95%	-9.15%	2.68%	-14.44%	-5.32%	-7.43%
対 比較区2	12.50%	24.02%	18.28%	1.43%	17.97%	-6.28%

図 29 海水域における平均体重の推移

注：稚魚放流時における実験区と比較区 1, 2 における平均体重の差分を係数とし、30 日目以降の絶対体重に調整をかけた数値

(iii) ミルクフィッシュの身における栄養価

収穫時における試験区のミルクフィッシュの平均体重は比較区より軽かったものの、エアレーター稼動により供給される溶存酸素の個体への影響を調べるため、実験区と比較区 1 から各 3 個体を採取し、身の部分におけるタンパク質と脂質の含有量を測定した。100g あたりの含有量で見ると、実験区のタンパク質量は比較区よりも 0.4g 少なかったものの、脂質量では 0.6g 多かった。また、同時期に実施した食味試験（アンダ地区の住人 20 人で実施）においては、試験区のミルクフィッシュは甘く、身がやわらかくて美味しいのに対し、比較区は水っぽく、身が固いという評価を得ている。成分分析結果と官能試験の結果から、実験区のミルクフィッシュの方が柔らかく、美味しいと感じたのは脂質量の多さが寄与していると考えられ、エアレーターによる酸素供給がミルクフィッシュの身の品質を向上させた可能性がある。

表 10 実験区と比較区の成分分析結果 (3 個体平均)

	実験区	比較区 1
タンパク質(g/100g)	20.1	20.5
脂質(g/100g)	14.4	13.8

(iv) 溶存酸素濃度 (DO)

D0 レベルが低下するとされている午前 6 時における実験期間中の平均 D0 レベルは、実験区が比較区よりも低い結果となった。これは比較区の方が外海に近く水質環境が元々良かったことが要因として考えられる。水深 10m（最低層）における D0 レベルはミルクフィッシュにとっての適性レベルと言われている 3.0mg/L を実験区においても上回っていた。一方、午後 3 時における D0 レベルは比較区 1 と比べると高かったが、より外海に近い比較区 2 よりも低かった。ただし、水深 10m では実験区が最高値（約 3.5mg/L）となり、比較区 2 をも上回る結果であった。なお、2 回目実験の 1 週間前に稚魚放流前における実験区及び比較区の D0 レベルを測定する予定にしていたが、稚魚放流の予定日が急遽オーナーによって早められたため、ベースラインの測定は実施することができなかった。その代案として、収穫後のケージそれぞれにおいて、魚のいない状態で D0 レベルの測定を行った。この結果から、比較区 2 の D0 レベルは最も高く、実験区よりも水質環境がいいことを示している。

2 回目実験における D0 レベルの結果は、水深 10m のみで実験区における効果が見られたものの、水中では、午後のみ比較区 1 より高い結果が得られた。実験が行われた時期はフィリピンで最も気温が高くなる夏季（5～6 月）を挟んでおり、日中の水温は 30 度を超え 35 度近くに上る日も観測された。通常、水温と溶存酸素には負の相関関係があるが、実験期間の温度測定値はおおよそ 28℃から 35℃の間にあり、この温度帯における 1 気圧下での温度による溶存酸素濃度（D0）変化は 0.71mg/L と小さく、そのため今回の実験期間では水温の変化による D0 レベルの変化に強い相関関係は見られなかった。塩濃度と D0 レベルの関係においても、通常は負の相関があるが、本実験では連続的な雨による海面の塩濃度低下では D0 レベルの上昇が見られたものの、水面下の D0 レベルには強い相関がなかった。D0 レベルの変化は、水温、塩濃度以外の要因、つまり魚の密度、栄養塩、海水中のプランクトン量などが総合的に関係していると考えられ、環境が刻々と変化する海洋試験において、試験区における D0 レベルの低さの原因を結論づけることはできなかった。当初は夜中から明け方にかけて D0 レベルが低下するとの想定だったが、稚魚放流 4 ヶ月目以降は、午前よりも午後において、D0 レベルが実験区、比較区とも低いことが分かった。実験区、比較区とも、午前に比べ、午後の方がミルクフィッシュの D0 適性レベル値である 3.0mg/L を下回る日数が多かった。

表 11 収穫後に測定した魚無しの状態での D0 レベル

	塩濃度 (ppt)	試験区		比較区 1		比較区 2	
		水温 (°C)	D0 (mg/L)	水温 (°C)	D0 (mg/L)	水温 (°C)	D0 (mg/L)
午前	31	30	5.6	30	5.5	31	6.0
午後	31	31	5.5	31	5.5	31	5.7

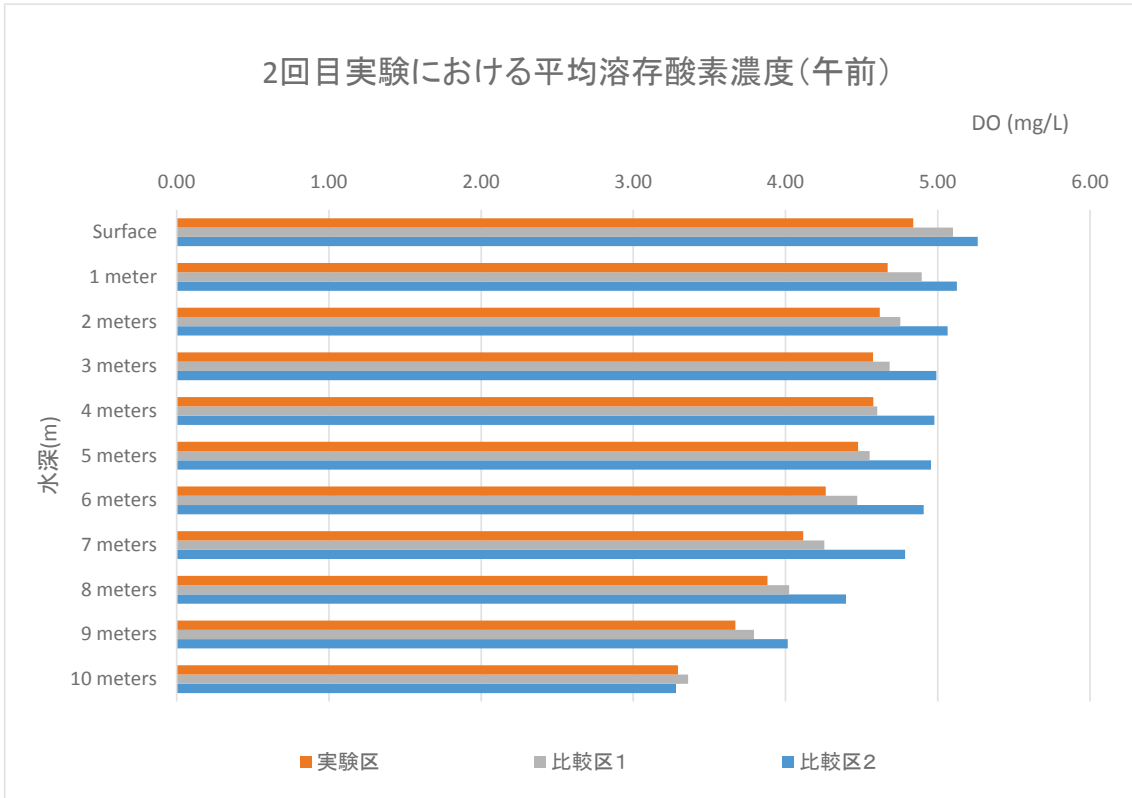


図 30 2 回目実験における平均溶存酸素濃度 (午前)

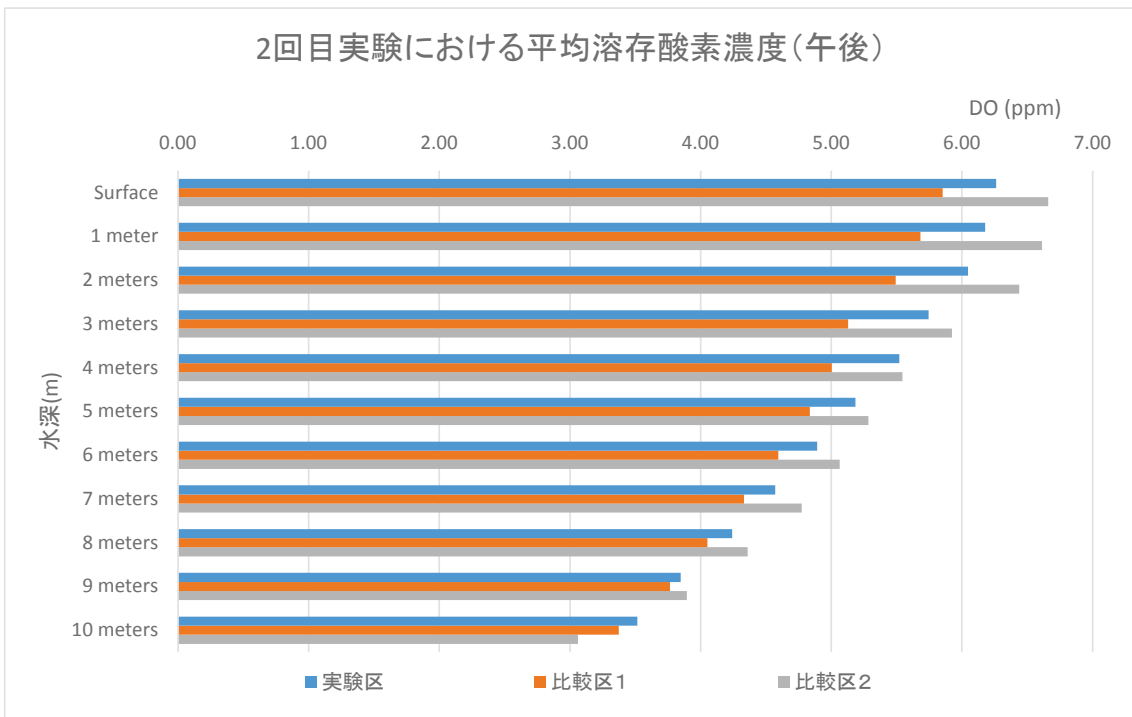


図 31 2 回目実験における平均溶存酸素濃度 (午後)

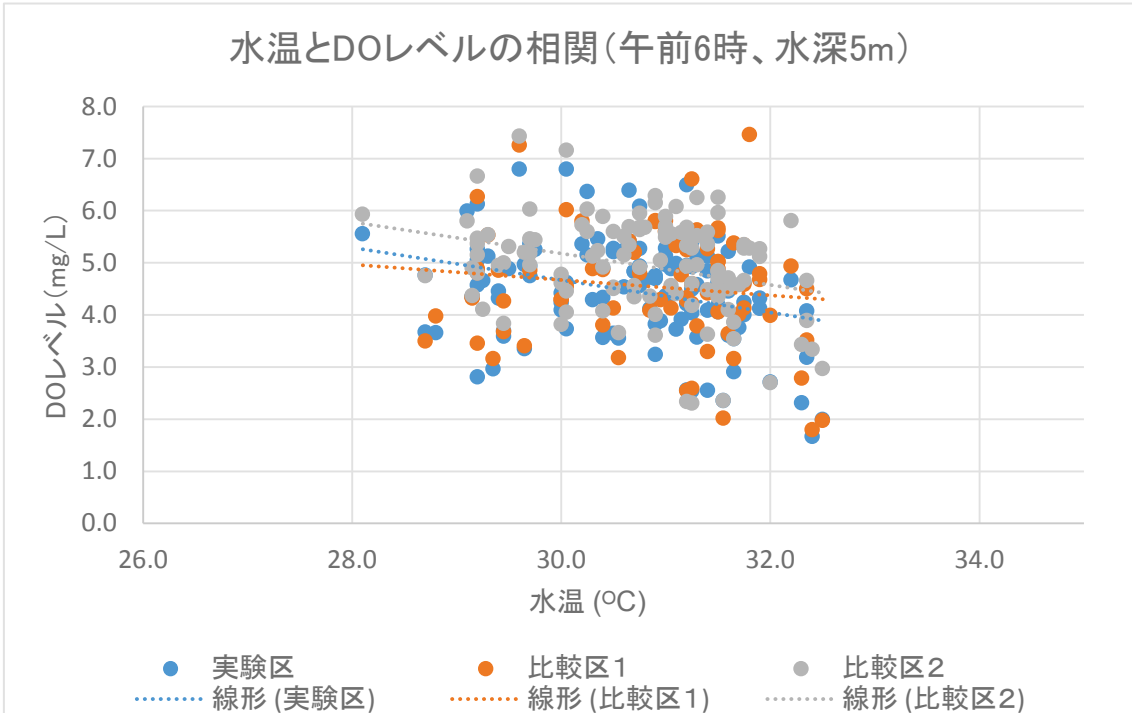


図 32 水温と DO レベルの相関 (午前 6 時、水深 5m)

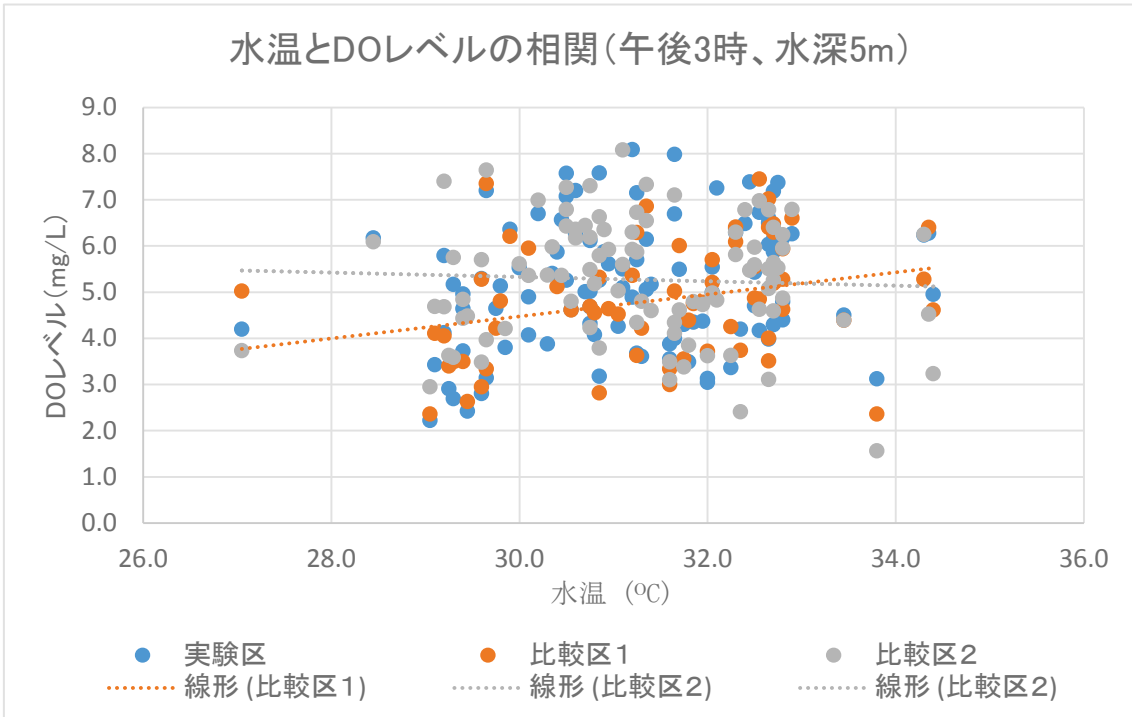


図 33 水温と DO レベルの相関 (午後 3 時、水深 5m)

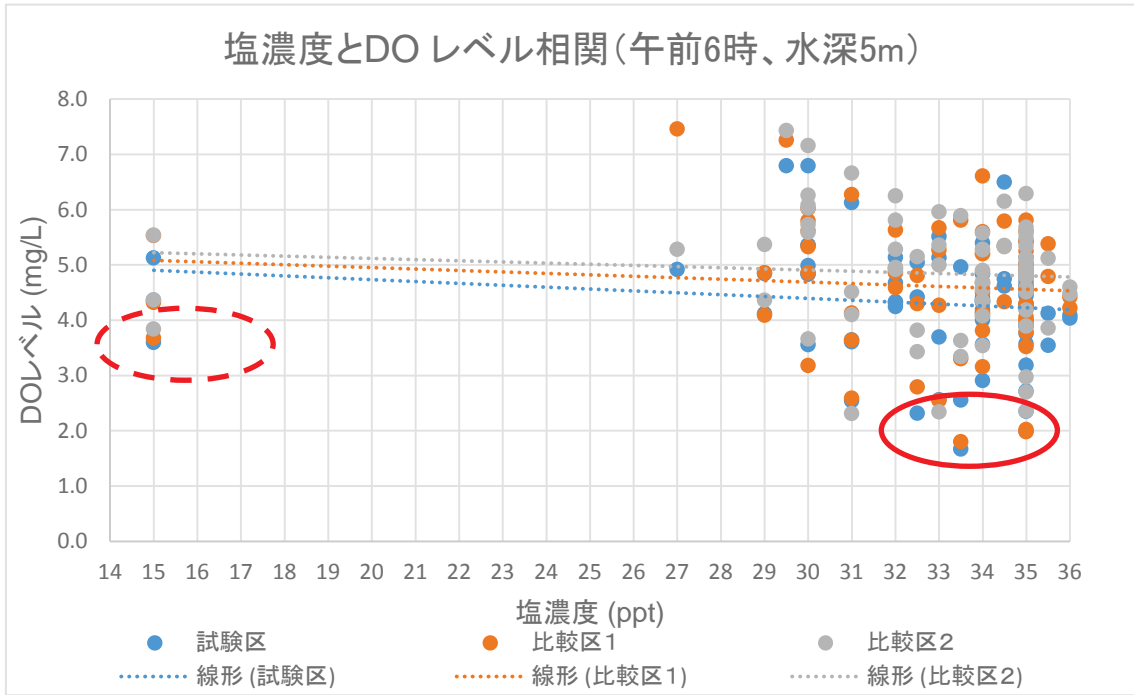


図 34 塩濃度と DO レベル相関 (午前 6 時、水深 5m)

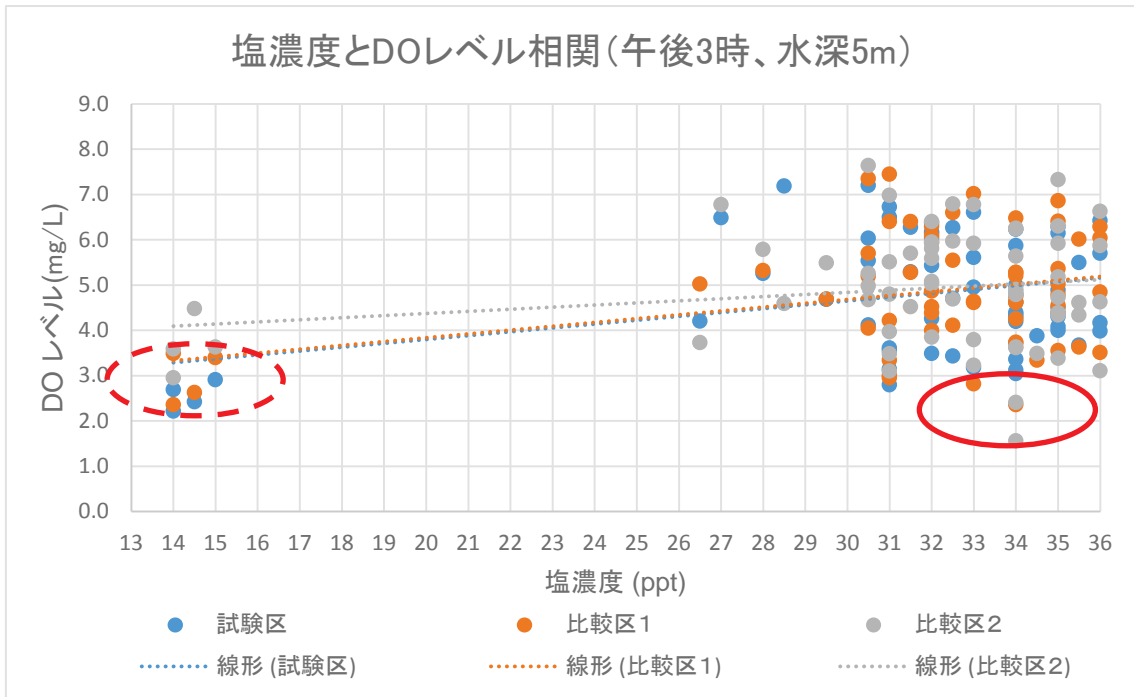


図 35 塩濃度と DO レベルの相関 (午後 3 時、水深 5m)

(iv) 餌料係数 (Feed Conversion Rate)

餌料係数は、実験区が 1.74 と標準値及び比較区 1、2 いずれよりも効率性の高い結果となった。

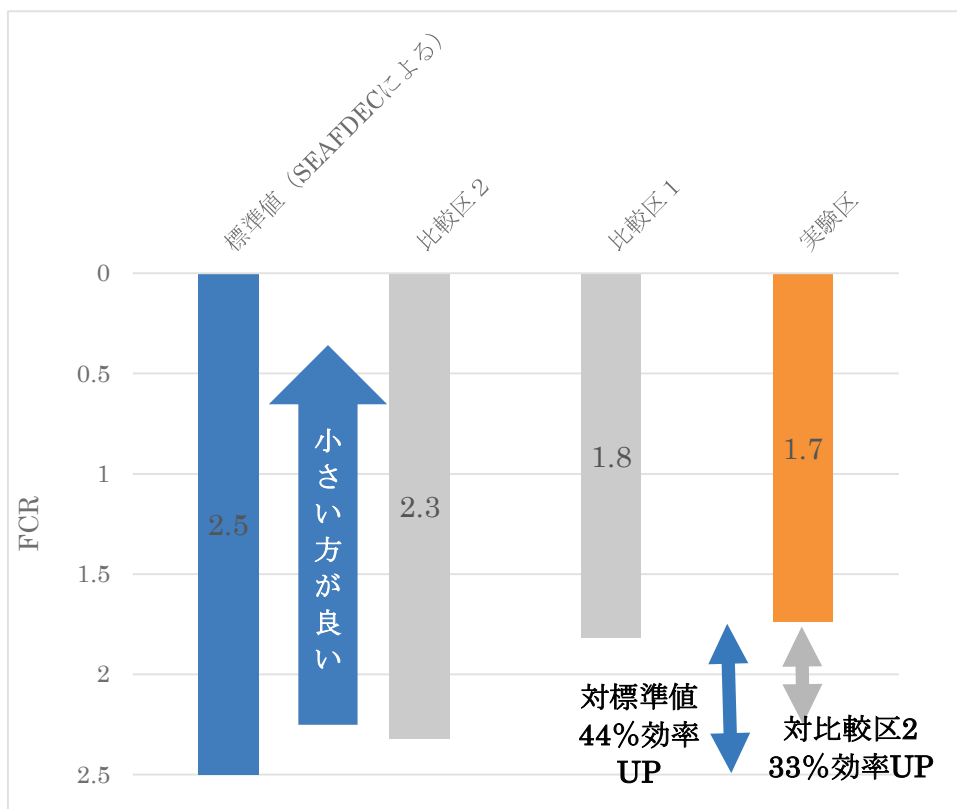


図 36 餌料係数 (FCR) 比較

(v) 経済効果

実験開始前に目標としていた収穫時の平均体重は 350~500g であった。収穫時における実際の数量割合を見ると、体重が 350~550g の実験区における収穫魚の数量割合は全体の約 47% であり、過半数 (約 53%) が 300g 以下、0.04% が 600g 以上であった。目標値グループの割合は比較区 2 と比べると多いが、比較区 1 と比べると約 14% ポイント低い。結果として、収穫時の生産者売上は比較区 1 が最も高く (約 319 万ペソ)、次いで実験区 (約 310 万ペソ)、そして比較区 2 (約 262 万ペソ) となった。売上総利益も同じく、比較区 1 が最も高く (約 132 万ペソ)、次いで実験区 (約 129 万ペソ)、比較区 2 (61 万ペソ) であった。

結論として、実験区は比較区 2 に対しては有意な経済効果が見られたものの、比較区 1 に対しては見られなかった。しかしながら、今回の実証実験では太陽光パネルによるエアレーションによる DO レベルの改善が成長度合いや生存率、餌料効率につながり、結果として経済効果を生み出すという前提だったものの、DO レベルそのものは実験区が最も低く、これらの相関関係が見られなかった。よって、比較区 2 に対して実験区の経済効果が高く表れたものの、これが本実験に直接起因するものとは断定できない結果となった。

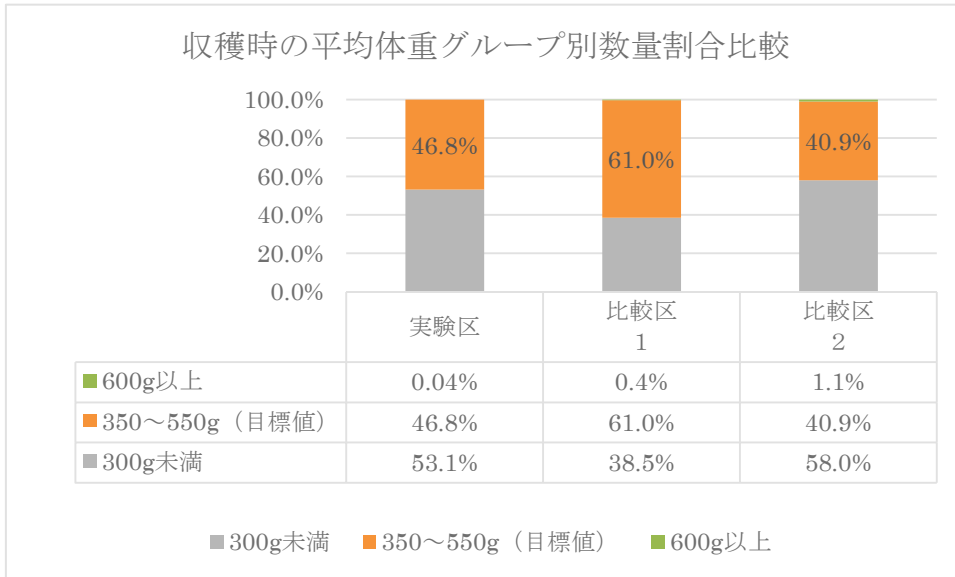


図 37 収穫時の平均体重グループ別数量割合比較

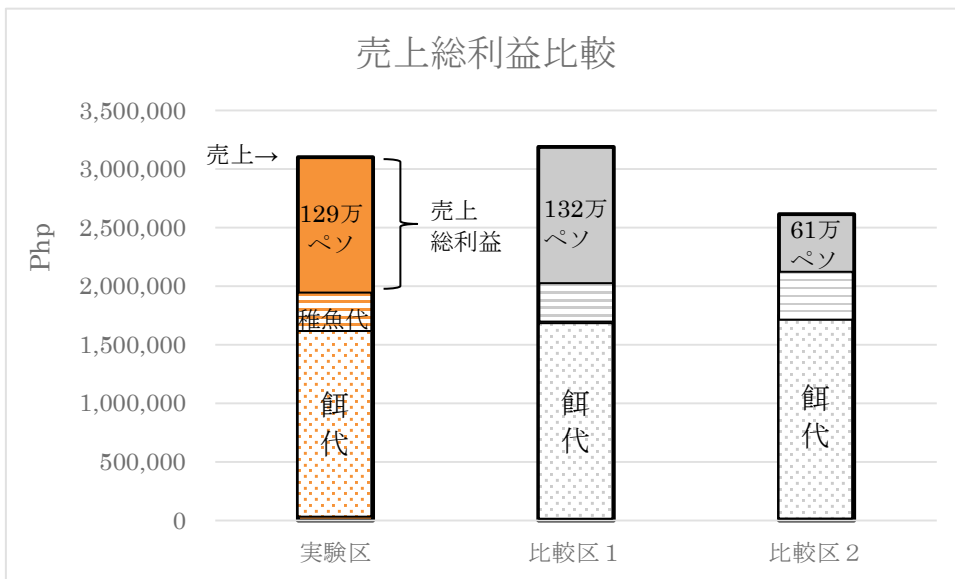


図 38 売上総利益比較

(vi) システム性能

2 回目の実験期間中、システムに関連する問題として主に挙げられたのは、(a) 豪雨対策、(b) バッテリー、(c) メンテナンスである。特にバッテリーの性能及びメンテナンスの問題により、想定していたエアレーターの稼動時間を確保することができず、その為、D0 レベルを改善させることができなかつたと言える。

他に実証実験として、カウンターパートであった民間養殖事業者がプロジェクトチームに事前連絡なしに稚魚放流や収穫日、稚魚放流数量を変更するなどコミュニケーション上

の問題があった。また当民間養殖事業者はBFARからの推薦により決定した相手であったものの、餌のやり方についてBFARの提示するガイドラインを徹底していない、との指摘がBFARからあった。

表 12 海上域2回目実験におけるシステム関連の問題点まとめ

分類	問題点	取った対応策	今後への示唆
(a) 豪雨対策	2015年7月中旬の台風に伴う豪雨により、雨水が制御盤及びバッテリー収納箱に入り込んだ。	問題発生を認知した時点でシステムの電源を切り、11日間豪雨の影響が及ばない場所へシステムを移動した。進入した水を取り乾燥させた上で浮島システム2つ(A、C)は元に戻したが、中央に位置する浮島システムBは衝突ダメージによる生簀を配慮し避難場所に保管した。その後、全浮島システムの浸水を防ぐための密閉を強化した。	・雨水の浸水を防ぐための制御盤及びバッテリー収納箱の設計
(b) バッテリー	2015年5月24日以降、浮島システム1台に対しエアレーター2基の内、1基のみしか電力を賄えない状態となった(システムA&C: 4.5時間、システムB: 5時間)	<ul style="list-style-type: none"> ・DOレベルが最も低くなりエアレーションが必要とされる時間帯に設定を切り替えた。 ・効率の低下したバッテリーを交換した(陸上のバッテリーを移管) ・バッテリー購入元のサプライヤー(フィリピン産 Motelite)との協議を持ち、原因追求を行った。また購入済バッテリーの充電をサプライヤーにて実施したが、バッテリー効率は上がらず。なお保証期間内の交換はサプライヤーが認めた場合のみであり、今回は充電のみで交換は行われなかった。 ・太陽光パネルでよく利用されている他ブランドのバッテリー(Ritar)を新規購入し検証したところ、エアレーション1基で15時間稼働させることができた(Moteliteバッテリーでは最大3時間の稼働) 	太陽光パネルに適したバッテリーの精査
(c) メンテナンス	稚魚放流後1ヵ月でエアレーター全体に貝が全体にわたって付	エアレーターの清掃を週に1回行うことをモニタリングスタッフに徹底した。	エアレーターの清掃に関するマニュアル

分類	問題点	取った対応策	今後への示唆
	着しており、マイクロバブルが発生していないエアレーターがあった。		ル、指導
	太陽光パネルの上に餌のかすや雨水の汚れなどが付着。発電効率への影響。	モニタリングスタッフに水道水で太陽光パネルの表面を洗い流すよう徹底した。	太陽光パネルのメンテナンスに関するマニュアル、指導

【汽水域における区分け】

汽水域は実験区と比較区、各一区とした。一区あたりの広さは1,200 m²、深さ約1.5m。

比較区では米国製エアレーター2台が使用された(1.5kW、2台、計3,000W)。実験区ではタイで同様の実験を行ったケースを基に当初2台のマイクロ/ナノバブルエアレーター(マイクロ/ナノバブル発生ノズル+400W 水中ポンプ、計800W)を導入予定だったが、実験開始後にDOレベルの改善が見られずカウンターパートからエアレーター追加の要請があったため、ナノバブルエアレーター1台とマイクロバブルエアレーターを1台追加し、計4台を稼動することになった(計1.6kW)。

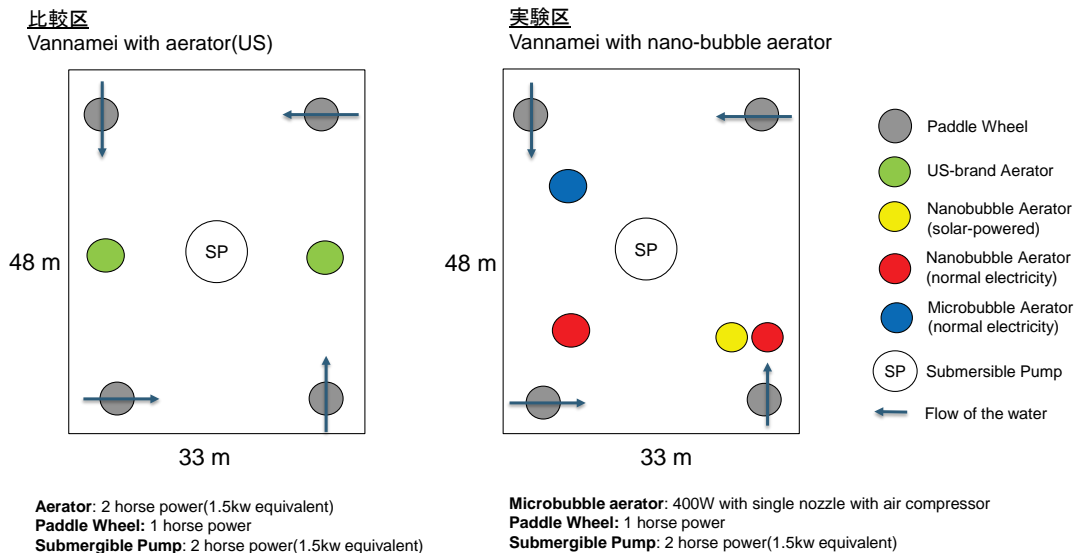


図 39 第2回汽水域実験設備配置

表 13 比較区と実験区の使用機材

実験計画時の設計		
機材	比較区	実験区
エアレーター	・ 1,500W 米国製 : 2 台	・ マイクロ/ナノバブルノズル+400W ポンプ : 2 台 ・ コンプレッサー120W : 1 台
パドルウィール	・ 750W : 3 台 ・ 1,500W : 1 台	・ 750W : 2 台
実験終了時の設計		
機材	比較区	実験区
エアレーター	・ 1,500W 米国製 : 2 台	・ マイクロ/ナノバブルノズル+400W ポンプ : 3 台 ・ ナノバブル+400W ポンプ : 1 台 ・ コンプレッサー120W : 3 台
パドルウィール	・ 750W : 3 台 ・ 1,500W : 1 台	・ 750W : 4 台



図 40 第 2 回汽水域実験区とシステムの位置関係

【汽水域における実験結果】

(i) 稚魚の生存率

汽水域における生存率のモニタリングは、稚魚放流直後、致死率が高くクリティカルであるとされる放流後3日目、7日目、10日目に実施された。モニタリングは初めに区分けされた3箇所におけるサンプリングで行われた。その結果、3箇所の平均生存率は実験区において93.3%と比較区の89.7%に比べ、3.7%ポイント高かったがこれは誤差の範囲であり有意な差とは言えない。

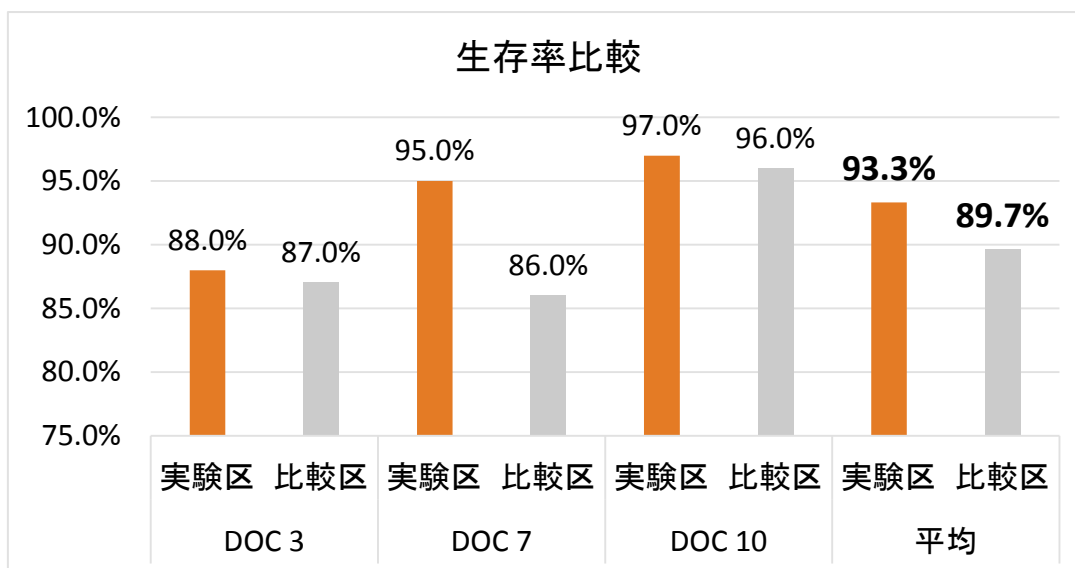


図 41 汽水域における生存率の比較

(ii) 成長度合い

平均体重は稚魚放流から70日目頃までは実験区が僅かながらも重かったが、最終的には実験区が15.3g、比較区が15.4gとほぼ同じ結果であり、有意な差は見られなかった。収穫直前のサンプリングにおける重量グループ別割合を見ると、実験区では約83.3%が目標値である10g以上であったのに対し、比較区では約93.3%とより多い数量が目標値以上に成長していた。ただし実験区では40g以上の割合が40%と比較区の23.3%に比べ高い結果であった。

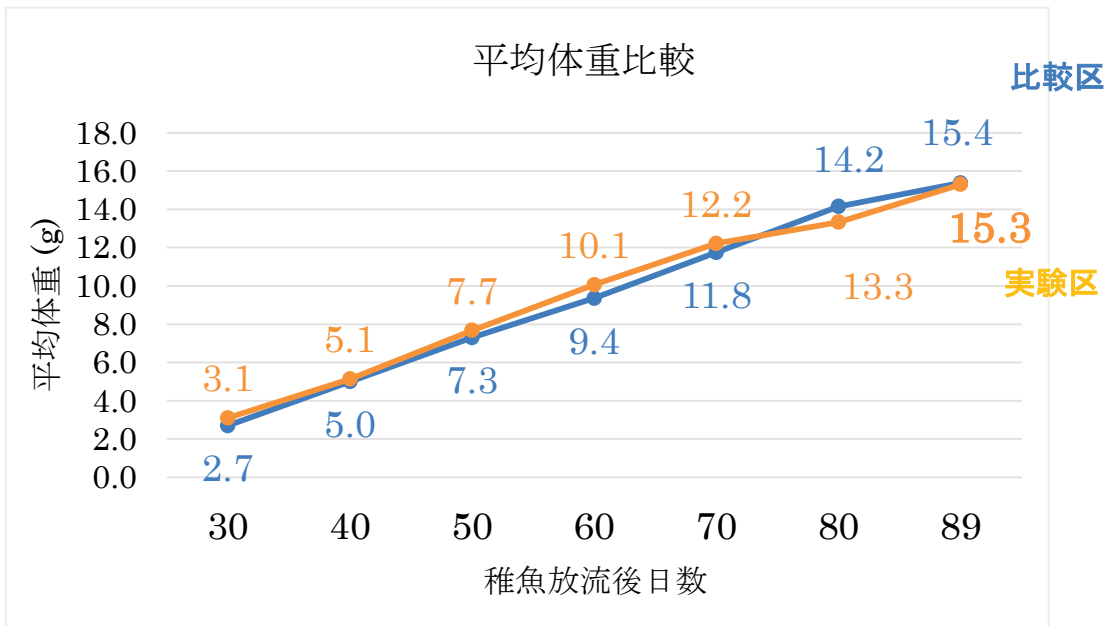


図 42 汽水域における平均体重の比較

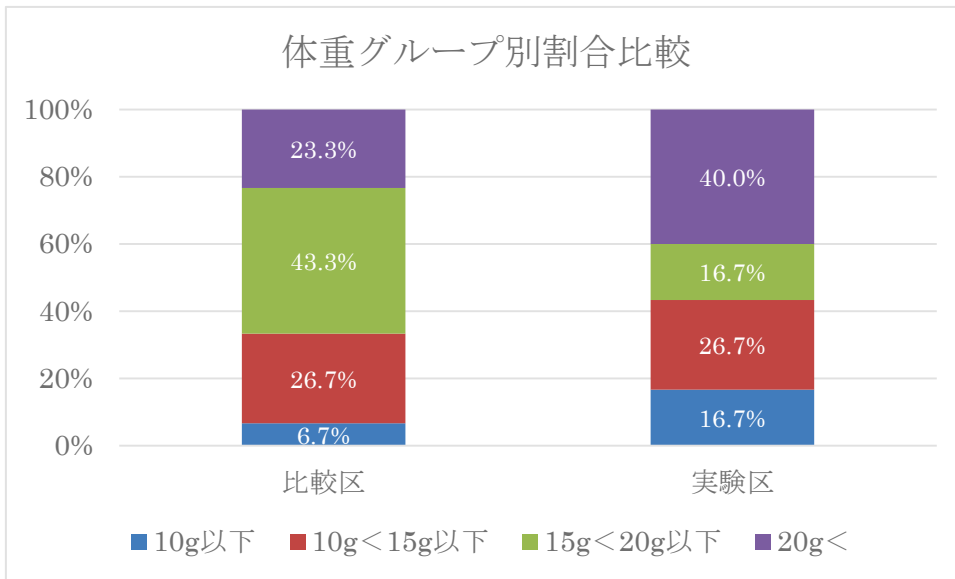


図 43 体重グループ別割合比較

(iii) 溶存酸素濃度 (D0)

汽水域における実験期間中の平均 D0 値は、午後 3 時は実験区が高かったものの、午前 9 時及び午後 10 時においては実験区の方が低い結果となった。実験開始後は D0 レベルに関する問題は特になく、実験区はナノマイクロバブル装置 2 基を稼働させていた。しかしながら放流後 2 ヶ月目から実験区における D0 レベルの低下が観察され、カウンターパートとの当初の合意に基づき、ナノマイクロバブル装置を 1 基、マイクロバブル装置を 1 基、計 2 基を追加し、さらにパドルウィールも 2 基から 4 基に追加した(比較区はエアレーター 2 基、パドルウィール 4 基)。実験区におけるナノマイクロバブル装置はコンプレッサーに起因

する問題によって期待される酸素の送りこみができていなかった期間があり、比較区を上回る成果が上げられなかったと考えられる。

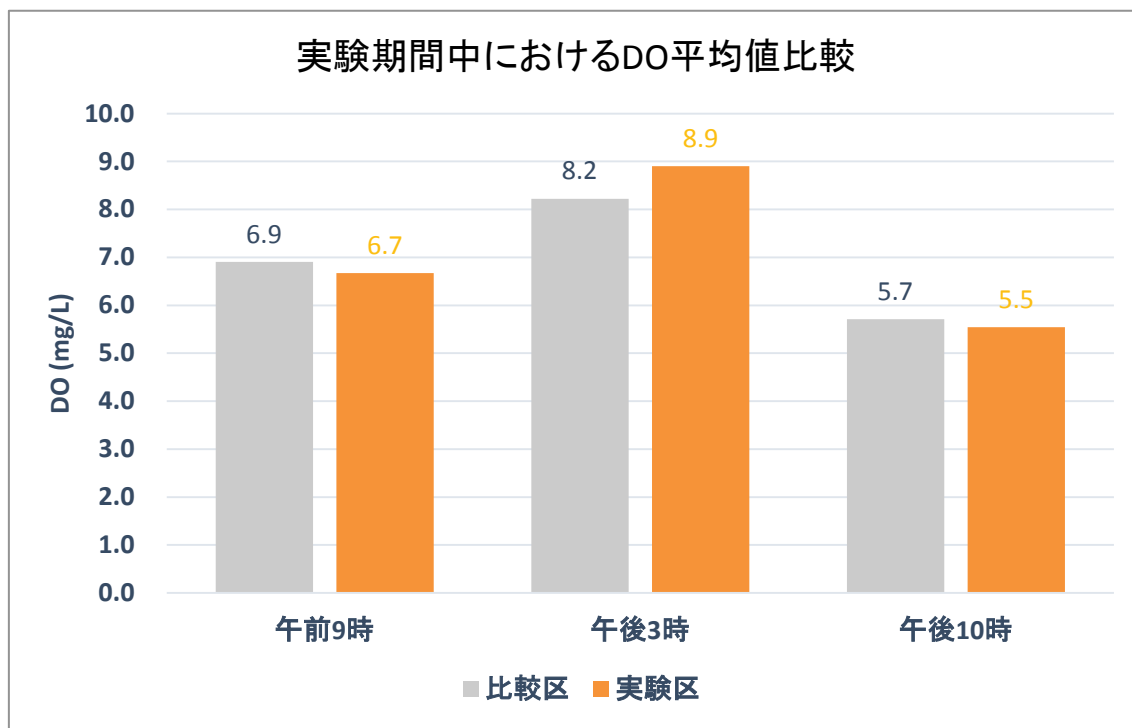


図 44 汽水域における溶存酸素濃度比較

(iv) FCR

餌料効率は、実験区が 1.08、比較区が 1.10 と実験区が若干高いものの、大差はない結果となった。

(v) 経済効果

収穫に伴う売上は実験区が 57 万 7,800 ペソと、比較区の 60 万 3,000 ペソに対し低い結果となった。一方、太陽光パネルによる電力代の効果としては、実験区においてエアレーター1基の消費電力分にあたる計 7,400 ペソ分が節約されたという結果であった。当初の計画では実験区に設置するエアレーターは全て太陽光パネルを活用する予定であったが、後述するシステム上の問題により最終的には当システムにより稼動したのは、エアレーター1基のみとなった。仮にシステム上の問題がなく全エアレーターを太陽光で稼動できていた場合の理論値上の節電効果は約 2 万 700 ペソとなる。また、比較区で使用していた米国製エアレーターは実験区で使用した日本製のものに比べ消費電力が高く、当システムを活用できた場合、4 万 5,680 ペソの費用を削減することができる。ただし、現在のシステム設計では電源ラインあたりの出力が 400W に設定されており、消費電力が 400W を超えるものは使用できない。今回比較区で使用された米国製エアレーターは 1500W とそれを大きく上回ることから、当システムの電源を使用することは出来ず、当システムを活用する場合は、設計変更が必要となる。

表 14 太陽光パネルによる電力費用の節減効果

	比較区	実験区
実験期間中のエアレーターによる消費電力合計	5,076kW	2,300kW
(使用エアレーター)	1.4kWh/基×2基=2.8kWh	0.4kWh/基×4基=1.6kWh (6/25に一基追加、7/4に一基追加)
太陽光パネルによる節電分(電力量)	0	822kW (エアレーター一基分)
太陽光パネルによる節電分(コスト)	0	約 Php7,400 (エアレーター一基分)
エアレーター全てを太陽光パネルで賄えた場合の節電分(理論値コスト)	Php45,680 (総費用の9%)	約 Php20,700 (総費用の4%)

注：電気料金は約 Php9/kWh

(vi) システム性能

制御ボックスについては、本実験開始前と実験途中でエアレーター（ナノ/マイクロバブルノズル+ポンプ）への電源供給ライン5本のうち、4本が故障した。本実証実験開始前にヤモリの進入により電源ライン3本の上流に位置するDC/ACインバーターが故障し5本中3本が使用不可となり、第2回目実証実験の準備中に電源ラインへの過負荷によりさらに1本が故障した。そのため、実験後半は、エアレーター1基分のみしか太陽光パネルからの電源供給ができず、他のエアレーターは通常電源で稼働させた。また、現地でシステムの設置やメンテナンスを委託したエンジニア及びテクニシャンも制御盤については専門外であり対策を打つことが難しかったため、実験終了後の2015年10月上旬に制御盤の設計者を日本から派遣し点検及び復旧作業を行った。

その結果、第2回実験中に発生した故障の原因は、電気消費量を測定するために設置した電力メーターからの過負荷であることが判明した。これは現地の電力事業者と相談して取り付けたものであったが、日本人技術者によると、「本来電力メーターが大きな負荷（実際に300Wの負荷が計測された）がかかること自体おかしなことであり、電力メーターそのものが問題なのか接続がおかしいのかは判断できないが、少なくとも想定外の機材の使用という外的要因により故障したものである。」と見解であった。また、制御盤内にヤモリや昆虫などの小動物が入り込むという問題も再度発生しており、これについては改めて隙間を防ぎ、粘着シートを設置するなどの処置を取った。いずれの事象も通常の使用環境で使われていれば起こりえなかった想定外のトラブルであった。

なお、電力メーターのトラブル発生時にエラーメッセージが出ていたものの、メッセージの意味や対応策に関するマニュアルがなく現地での対応が困難であった。これについては、今回のエラーメッセージが発生した原因の解明を制御盤の設計者の来比時に行い、今後、英語での操作マニュアルを作成する予定である。

しかしながら、今回のような、トカゲの侵入による部品の故障や、追加配線工事時の現地規格の機器取付けによるトラブル、現地調達したバッテリーの性能に関する信頼性など、外的要因によるトラブルも発生しており、これらの不具合の原因調査については、システムのみならず、幅広い専門的な知識が必要であり、修理部品の多くはフィリピン国内での調達は可能と推測されるものの、状況を見極め適切な対処を行うことはマニュアルの整備だけでは困難であると考えられる。

次に酸素を供給するマイクロバブル発生装置（以下「エアレーター」）について、空気圧を送るためのコンプレッサーが能力不足の可能性があることが実験期間途中（2015年7月中旬）に認識された。実験開始直後はエビも小さく、D0レベルに問題はみられなかったが、エビの成長に伴い必要酸素量が上昇し、初期のエアレーターとコンプレッサーの設定ではコンプレッサーから十分な空気量が送られていないためにエアレーターが満足に稼働せずD0レベルが想定より低くなった可能性が考えられる。なお、コンプレッサーを追加で新規購入し増設し、エアレーターを正常稼働させることができた。そこで、コンプレッサー追加前2週間と追加後2週間における比較区と実験区の夜間におけるD0レベル平均を算出し、その2つの期間におけるD0レベルの減少率を比較区と実験区で比較しコンプレッサー追加の効果をみることにした。D0レベルの絶対値はその日の水質環境、エビの成長による酸素消費によって変化するため、一定期間における減少率をみることにした。夜間を選んだ理由は、バナメイエビの活動が夜間に活発になるためである。実験区にコンプレッサーを追加導入した日（7月29日）を境に前後2週間での比較区の夜間D0レベル平均は、追加導入後のD0レベルが0.6mg/L（11%）減少していたのに対し、実験区では0.3mg/L（7%）の低下に抑えられていた。エビの成長に伴い酸素消費量が増加していくため、コンプレッサー追加導入による著しいD0レベルの増加は見られなかったが、比較区と比べて減少率が小さかったことから、夜間のD0レベルの低下を抑制することが出来たと考える。

汽水域第2回目実験の総括

本実験における成果としては、①D0レベルの向上による生存率や成長率の増加、そして②エアレーターへの電力源として当システムを活用することによる電力コストの削減、の2点が期待されていた。

①については、実験区におけるD0レベルが比較区よりも全体的に低い結果となった。その原因としては、エアレーターそのものの性能差によるもの、エアレーターが正しく設定されていなかった可能性、前提条件（実験区と比較区の水質、水温等）の差異、などが挙げられる。D0レベルの数値だけを見れば、今回比較区で使用していた米国製のエアレーターの方が出力および能力が高く、より多くの酸素が送り込まれていたと考えられる。しかし、専門家によると測定されたD0レベルの変化の推移を見た限り、およそ一般的に想定されるような傾向（昼間は飽和状態になり夜は次第に下降する）がほぼ見受けられなかったことから、測定方法に関する測定者のスキルや測定器の取扱いが十分であったのかが疑わしいこと、またエアレーターが本当に正しくセッティングされ本来の性能を發揮できていたのかなど、今回の実証については環境保全の意味合いから機材や測定には当方では一切手を出せなかったという背景もあり、提供されたデータの信憑性が低いといわざるを得な

い、とのコメントがあった。

今後の商品化については、現在タイの実験で成果を上げているエアレーターと陸上設置型ポンプをセットとし、太陽電池システムと併せてパッケージ化する予定である。日本製のナノ/マイクロバブルエアレーターが適正な規格と位置で正常稼動した場合、仮にエアレーターを使用していない池と比べると、DO レベルの向上により、成長率及び生存率が確実に高くなると想定される。今回実験区で使用したものは別の規格の日本製のマイクロ/ナノバブルエアレーター（ナノ/マイクロバブル 3 連ノズル+1500W ポンプ）を用いたタイでのエビ養殖実験において、パドルウィールだけの比較区とパドルウィールとエアレーターを導入した実験区を比較すると、生存率は実験区の方が 47%ポイント高く、収穫結果は実験区の方が 2.4 倍多かった。つまり、実験区の売上が 2.4 倍であったことになり、エアレーターを使用せずパドルウィールのみで養殖を行っている事業者にはエアレーターの導入効果が高い。

②については、今回の実験ではシステム制御盤の不具合によりエアレーター一基分のみの電力コスト削減しかできなかった。システムが正常稼動していたとして、削減できたコストは 2 万 700 ペソであり、年に 3 回の養殖を行うとすると、年間 6 万 2,100 ペソの削減効果ということになる。システム投資及びメンテナンスの総額を 150 万ペソとし、電気代の年間上昇率を平均 3%とした場合、投資回収には約 20 年かかることになる。これは、今回の実験で使用した日本製のエアレーター（400W）の場合である。一方、比較区で使用されていた米国製エアレーターの電力源を当システムとする場合、1 回の養殖あたりで 4 万 5,680 ペソの電力代削減、年 3 回の養殖とすると年間で 13 万 7,040 ペソ削減の効果となり、投資回収期間は 11 年となる。比較区で使用されている米国製エアレーターのような出力容量の大きい（2 馬力、約 1500W）エアレーターはエビ養殖事業において一般的に用いられている規格である。しかしながら、本実証実験で使用しているシステムの設計では電源ライン容量の問題から 2 馬力のエアレーターを接続して使用することができないため、エビ養殖向けの事業展開においてはシステムの設計変更が必要である。

これらの要素を踏まえ、エビ養殖向けの事業展開としては、現在エアレーターをまだ使用しておらず、パドルウィールのみで養殖を行っている事業者向けに、能力の高いエアレーターと太陽光パネルのパッケージを販売できるよう、システム自体の設計を 2015 年度下期に見直した。

第 3 回実験

第 3 回は主にシステムの性能に関する検証を行った。海上は第 2 回実験で委託したアンダ地区の民間事業者の生簀にシステムを継続して設置し、システムの性能評価を行った。第 2 回実験ではバッテリーの劣化によりエアレーターが期待通りの時間に十分に稼動することができず、そのため DO レベルの改善にもつながらなかったと考えられる。そのため、バッテリーのパフォーマンスの検証を行った。陸上はまずシステムの復旧を最優先させ、その後、2 回目実験結果から得られた示唆を元に規格の見直しを行った。

【海上】

海上のシステムについては、以下の確認及び修理を行った。

- ・システム A

バッテリーの劣化が問題であるものの、システム自体には問題がないことを確認した。

- ・システム B

制御盤が雨水の浸透により水没していたため、DC/AC インバーターの動作確認を行った。インバーターが故障しており、制御盤の復旧は不可と判断した。

- ・システム C

バッテリーケーブル及びエアレーター電源ケーブルが鼠により噛み切られ損傷し、エアレーターが稼動していないことが判明した。そのためケーブルを交換した。また、コンプレッサーの基盤部に損傷があったため、コンプレッサーの交換を行い、システム C は復旧した。

今後の予防策として全システムについて、鼠除けの薬剤散布を行った。

浮島システムのパフォーマンスについては、以下を測定した。

(i) 太陽光パネルの発電能力 (月 1 回)

- ・発電時の太陽光パネル側からバッテリーに送られる電気の電圧測定

(ii) バッテリーのパフォーマンス (月 1 回)

- ・バッテリーの充電時間
- ・劣化度 (新規導入 Ritar バッテリーの電圧測定、エアレーター連続稼動時間測定)

(iii) システム稼動状態での D0 レベル (1 日 2 回、週 3 日)

なお、第 2 回実験中の豪雨・高波により水が浸水したシステム B は、技術者による確認・検討の結果、制御版の復旧は不可能との判断に至った。そのため、システム A 及び C の 2 台のみの使用となった。

海上型浮島システムのパフォーマンス測定項目と方法

海上型浮島システムは、図 45 の概略図にあるように、①太陽光パネル、②制御盤、③バッテリー、④エアレーションの 4 つの機能別ユニットに分けられる。

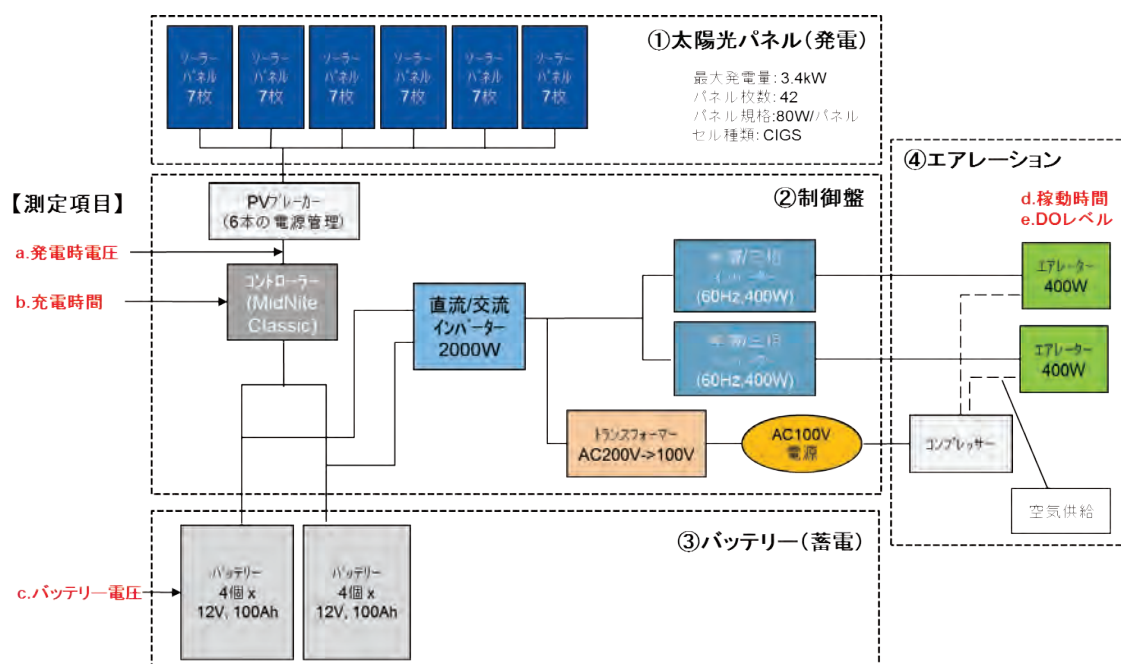


図 45 海上浮島システムの概略図

アンダ町の海上に設置した浮島システム 3 基 (A、B、C) のうち、稼働可能な 2 基 (A、C) について以下の項目を測定し、浮島システム全体のパフォーマンス測定とした。

表 15 海上型浮島システムのパフォーマンス測定項目と測定方法

機能別ユニット	測定項目	測定方法
①太陽光パネル	発電時のシステムへの入力電圧 (図 45 中の a 参照)	バッテリーの電力が無くなっていることを確認後、エアレーター、コンプレッサーの電源を切り、太陽光発電を稼働させた時のシステムへの入力電圧を測定。
②制御盤 (システム充電能力)	<ul style="list-style-type: none"> バッテリーの充電時間 充電時のバッテリー電圧 	発電開始後、電力がバッテリーに送電され満充電になるまでの時間を測定。満充電の指標として制御盤に「FLOAT」が表示されているかを目視で確認、かつバッテリーの電圧を測定し電圧値が高くなっていることを確認。
③バッテリー	放電時 (エアレーター稼働時) の電圧値	エアレーター稼働時の個々のバッテリー電圧を経時的に測定
④エアレーション	<ul style="list-style-type: none"> 稼働時間 エアレーターの稼働状況目視 DO レベル 	<ul style="list-style-type: none"> バッテリーが満充電となったことを確認後、ソーラーパネルの電源を切りエアレーターおよびコンプレッサーを連続運転させ、電力不足により稼働が止まるまでの時間をエアレーター稼働時間と

機能別ユニット	測定項目	測定方法
		する。 ・目視によりエアレーターの正しい稼動を確認する。 ・エアレーター稼動時の海水 DO レベルを測定する (DO レベル測定区域と測定方法参照)

DO レベル測定区域と測定方法

DO レベル測定は、正常稼動しているシステム C に隣接する区画を実験区とし、もう一方の生簀から約 10 メートル以上離れた区画を比較区とした (図 46)。第 2 回実験から、生簀が離れれば海水の水質も変わることから、第 3 回実験では、海水の水質を近づけるため、同じ生簀の箇所においてエアレーターの有無で比較することにした。エアレーターによる DO レベルの効果測定は稚魚放流から 100 日後の 2015 年 11 月 13 日から 12 月 30 日にかけて午前 7 時と午後 2 時の 2 回を週に 3 回行った。実験区にはエアレーター 2 基を使用した。エアレーターの稼動時間は次の通りである。

- ・エアレーター 1：午前 0 時～午前 3 時、午前 4 時～午前 7 時 (合計 6 時間)
- ・エアレーター 2：午前 0 時～午前 3 時、午前 5 時～午前 8 時、午前 10 時～午後 3 時 (合計 11 時間)

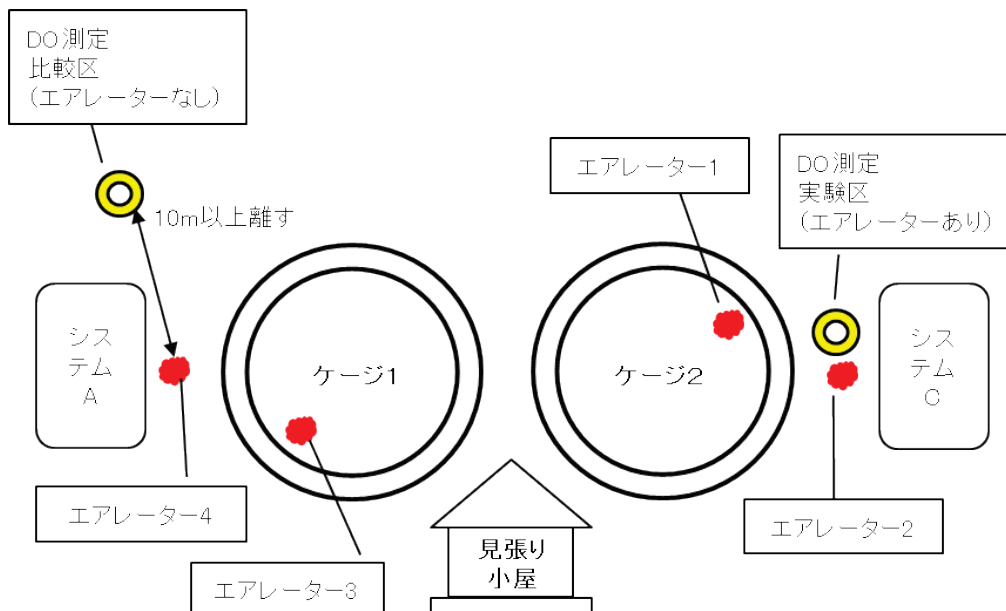


図 46 第 3 回実験の DO レベル測定箇所

モニタリング期間

モニタリング期間と頻度は 2015 年 9 月から 12 月の 4 ヶ月間、毎月 1 回測定。しかしながら、モニタリング期間中の 10 月中旬に台風が現地を通過し、システムに被害が出たため、10 月の測定は実施不可であった。

結果と考察

(i) 太陽光パネルの発電およびシステム充電能力（太陽光パネルおよび制御盤の性能評価）
発電時の入力電圧およびバッテリー充電時間の結果を表 16 に示す。

表 16 海上浮島システムの太陽光パネル発電能力モニタリング結果

	測定月	9 月	10 月	11 月	12 月
	天候 測定項目	晴れ のち曇り		晴れ	晴れ
システム A	パネル発電 時電圧*1	112.2V	測定なし*2	測定なし*3	115.9V
	充電時間*2	5 時間			2.4 時間
システム C	パネル発電 時電圧*1	82.4V	測定なし*3	101.9V	91.1V
	充電時間	7 時間後も満充 電表示にならず		7 時間後も満充電 表示にならず	6 時間後も満充電 表示にならず

*1：パネル発電時のシステムへの入力電圧（8時から14時までの平均。14時以降は日照条件により電圧が下がるため、14時までとした。）

*2：制御盤内のコントローラーがバッテリーの満充電を感知して“FLOAT”の表示が示されるまでの時間

*3：台風による被害復旧作業優先につき測定なし

システム A、C における発電時の電圧を比べると、システム A の発電時電圧が 110V を超えているのに対し、システム C は 82V～101V と低かった。通常晴天時の発電電圧は 115V 程度（PBS 社提供データ）であることを考えると、システム C の発電電圧が、システム A の数値と比較しても全体的に低くなっている。システムそのものは正常に稼働していると考えられることから、充電に時間がかかっている原因は、何らかの状況により、十分に発電されているはずの電力がシステム内に流入していないと考えられる。

調査した結果、太陽光パネルのうち、一部が断線等の不具合により発電しておらず、それらが足を引っ張って発電量を妨げていることが判ったため正常なパネルと交換し正常動作が確認できた。

(ii) バッテリーのパフォーマンス
 モニタリング結果を下図に示す。

表 17 バッテリー充電時間およびエアレーター稼動時間測定結果

		9月	10月	11月	12月
システム A	充電時間	5 時間	測定なし*1	測定なし*1	2.4 時間
	エアレーター稼動時間	3.7 時間			1 時間 (15 分ごとに停止)
	機器稼動数	エアレーター 1 基 コンプレッサ 1 基			エアレーター1 基 コンプレッサ 1 基
システム C	充電時間	7 時間以上	測定なし*1	7 時間以上	6 時間以上
	エアレーター稼動時間	13 時間		8 時間 (4.5 時間 x1 基、 3.5 時間 x1 基)	7.7 時間
	機器稼動数	エアレーター 1 基 コンプレッサ 1 基		エアレーター2 基 コンプレッサ 1 基	エアレーター1 基 コンプレッサ 1 基

システム A : 第 1 回実験から利用のバッテリー (Motolite 社製)

システム C : 第 3 回実験前に交換した新品バッテリー (Ritar 社製)

*1: 台風による被害復旧作業優先につき測定なし

表 18 システム A 搭載バッテリーの充電時における電圧測定値

月	バッテリー No. エアレーター 稼動	システム A バッテリーサーキット 1						システム A バッテリーサーキット 2					
		1	2	3	4	電圧 標準 偏差	合計 電圧	5	6	7	8	電圧 標準 偏差	合計 電圧
9	開始	12.6	10.5	10.5	10.5	1.07	44.2	6.3	12.6	12.7	12.7	3.16	44.4
	停止	13.4	13.4	13.4	13.4	0.02	53.7	13.3	13.3	13.5	13.5	0.10	53.7
12	開始	13.0	10.8	10.8	12.9	1.26	46.9	12.4	12.4	12.5	12.4	0.04	49.8
	停止	13.5	13.4	13.4	13.4	0.05	53.7	12.5	12.5	12.6	12.6	0.05	50.2

注 1) 10 月、11 月は台風被害により測定なし

注 2) バッテリー No. 4、5 バッテリーは 10 月訪問時にシステム C で利用していたものと交換

表 19 システム C 搭載バッテリーの充電時における電圧測定値

月	バッテリー No. エアレーター 稼動	システム C バッテリーサーキット 1						システム C バッテリーサーキット 2					
		1	2	3	4	電圧 標準 偏差	合計 電圧	5	6	7	8	電圧 標準 偏差	合計 電圧
9	開始	12.3	12.3	12.3	12.2	0.05	49.2	12.2	12.3	12.3	12.2	0.06	49.3
	停止	13.3	13.3	13.2	13.2	0.05	53.0	13.2	13.3	13.3	13.2	0.05	53.0
11	開始	12.4	12.3	12.3	12.3	0.05	49.3	12.3	12.3	12.4	12.2	0.05	49.3
	停止	13.4	13.4	13.4	13.3	0.03	53.5	13.3	13.4	13.4	13.3	0.05	53.5
12	開始	12.5	12.7	12.7	12.6	0.10	50.9	12.6	12.7	12.7	12.6	0.04	50.7
	停止	12.9	12.9	12.8	12.8	0.03	51.4	12.8	12.9	12.9	12.9	0.03	51.3

表 20 システム A 搭載バッテリーのエアレーター稼動時における電圧測定値

月	バッテリー No. エアレーター 稼動	システム A バッテリーサーキット 1						システム A バッテリーサーキット 2					
		1	2	3	4	電圧 標準 偏差	合計 電圧	5	6	7	8	電圧 標準 偏差	合計 電圧
9	開始	12.6	12.7	12.7	12.7	0.04	50.6	12.6	12.7	12.8	12.8	0.07	50.8
	停止	12.6	10.5	10.5	10.5	1.06	44.1	5.9	12.6	12.7	12.7	3.38	44.3
12	開始	12.9	11.7	12.4	12.9	0.56	49.8	12.5	12.4	12.5	12.5	0.04	49.9
	停止	12.6	10.5	10.6	12.6	1.16	45.3	12.2	12.1	12.0	10.1	1.02	45.2

注 1) 10 月、11 月は台風被害により測定なし

注 2) バッテリー No. 4、5 バッテリーは 10 月訪問時にシステム C で利用していたものと交換

表 21 システム C 搭載バッテリーのエアレーター稼動時における電圧測定値

月	バッテリー No. エアレーター 稼動	システム C バッテリーサーキット 1						システム C バッテリーサーキット 2					
		1	2	3	4	電圧 標準 偏差	合計 電圧	5	6	7	8	電圧 標準 偏差	合計 電圧
9	開始	12.7	12.7	12.7	12.6	0.03	50.7	12.7	12.7	12.7	12.6	0.04	50.7
	停止	11.8	11.7	11.7	11.6	0.07	46.8	11.7	11.8	11.7	11.6	0.07	46.8
11	開始	12.5	12.4	12.4	12.4	0.05	49.7	12.4	12.4	12.5	12.3	0.05	49.7
	停止	11.7	11.6	11.6	11.4	0.11	46.3	11.6	11.7	11.7	11.5	0.10	46.4
12	開始	12.7	12.7	12.6	12.6	0.04	50.6	12.6	12.7	12.7	12.6	0.05	50.6
	停止	11.6	11.6	11.6	11.0	0.30	45.9	11.6	11.7	11.7	11.4	0.12	46.3

第 2 回実験ではバッテリーの問題によりエアレーターを予定通りに稼動することができな
 かった。第 3 回実験では、実験開始前にシステム C のバッテリーを交換し、実験開始直後
 にシステム及びエアレーターともに正常稼動することを確認した。システム A に搭載され

ているバッテリーは、第 1 回実験から使用しているバッテリーであり、夜間のエアレーター稼働時間が短いことがわかっている。モニタリングの結果、システム C の新しいバッテリーに比べ、充電完了までの時間の短さ、エアレーター稼働時の電圧値の低下に違いが見られた。実験最終月の 12 月におけるシステム A の充電時間はシステム C に比べて短く、これは劣化したバッテリーにより見かけ上充電が完了したように表示されてしまうことが原因であると考えられる。システム A のバッテリーのうち、エアレーター稼働時または電力消費後の電圧が特に低くなっているものが劣化したバッテリーである (表 20)。これらの劣化したバッテリーは充電容量も小さくなっており、電力供給量も少ない。浮島システムにはバッテリーは 4 個を 1 組としたセットが 2 つ搭載されているが、劣化したバッテリーがひとつでもあると、それが律速となり他のバッテリーに電力が残っていてもシステム上は電力がないと判断され、短時間でエアレーターが停止してしまう。システム A のバッテリーにはこの現象が起こっており、充電時間、電源供給時間が短くなってしまっていた。

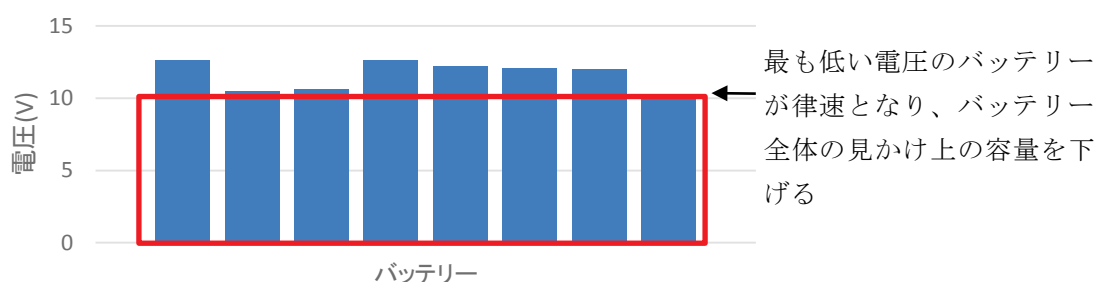


図 47 劣化バッテリーが律速となる概念図

一方、新しいバッテリーに交換したシステム C では実験開始直後の 9 月時点でのエアレーター1 基の連続稼働時間が 13 時間であった (表 17)。エアレーターは D0 レベルが低くなる深夜から早朝にかけて必要とされるため、これは満足の行く結果だと言える。バッテリーの性能が正常であれば、当初想定していた夜間のエアレーター稼働時間が達成できることが証明できた。しかしながら、(i) 太陽光パネルの発電能力・システム充電能力で述べたように、実験最終月の 2015 年 12 月における連続稼働時間は 7.7 時間に減少した。これはバッテリーが満充電にならなかったか、もしくはバッテリーが劣化している可能性がある。このうち、バッテリーの劣化については、エアレーター稼働時の電圧測定結果からバッテリーには原因がないことが分かった (表 21)。つまり、エアレーター稼働時の各バッテリーの電圧測定において、異常に低い電圧値を示すバッテリーはなく、また、9 月時と 12 月時の各バッテリーの電圧値に大差はなかったことから、第 3 回実験期間におけるバッテリーの劣化はないと考えられる。

(iii) D0 レベル

エアレーターによる D0 レベルの測定は稚魚放流から 100 日後の 2015 年 11 月 13 日から 12 月 30 日にかけて午前 7 時と午後 2 時の 2 回を週に 3 回行った。なお、稚魚放流前の D0 レベルは午前が実験区で 5.52mg/L、比較区で 5.56 mg/L、午後が実験区で 5.35 mg/L、比較

区で 5.29 mg/L とほぼ同じ水質条件であった。モニタリング期間全体で実験区を比較区の DO レベル平均を比べると、水深 10m の DO レベルは実験区の方が高かった。午前と午後で比較すると、実験区の DO レベルが比較区よりも高かったのは、午前における水深 2m 以上および水深 10m、午後における水深 10m であり、それ以外については実験区の DO レベルに優位性はみられなかった。エアレーターを設置している水域である水深 3m~5m における DO レベルを比較すると、11 月においては、実験区の方が比較区よりも高かったが、12 月においては大差なかった。第 3 回実験においては、エアレーションによる DO レベルの向上確認を目的とし、エアレーターが稼動している時間帯にサンプリングを行ったにもかかわらず期待した結果が得られなかったことは、おそらく、今回投入したエアレーターの個数もしくはコンプレッサーで送った空気量ではアンダ町の実験区域の水中酸素濃度を全体的に向上させるまでに至らなかったものと考えられる。実験に協力してくれた事業者は養殖魚に終日断続的に餌を与えており、食べ残された餌や魚の糞により海中の酸素が大量に消費されている可能性があること、また現場の潮通りがあまり良くないなど、実験水域の酸素要求度が高かったことが示唆される。これらのことより、浮島システムを海上、特に酸素要求度が高い水域で利用する際は、設置する生簀のサイズ、魚が放流されている状態での生簀の酸素濃度を把握し、導入するエアレーターの数、もしくはコンプレッサーの容量を検討する必要がある。

表 22 実験区と比較区における魚無しの状態の平均溶存酸素濃度

		実験区 (ppm)	比較区 (ppm)
8 月 (魚なし)	午前平均	5.5	5.6
	午後平均	5.3	5.3

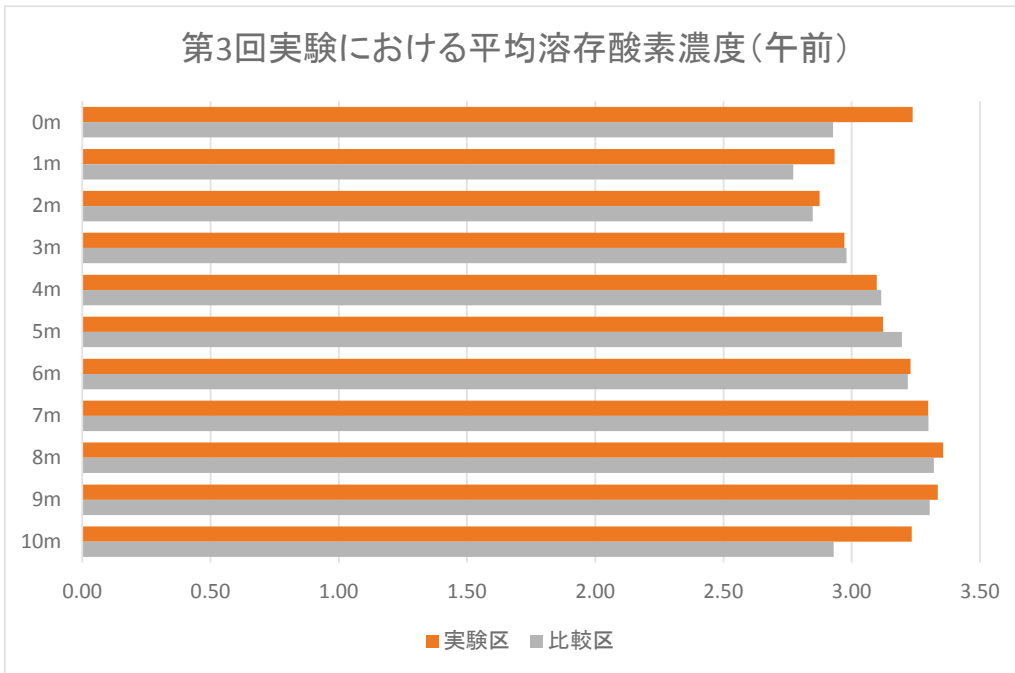


図 48 第3回実験における平均溶存酸素濃度 (午前)

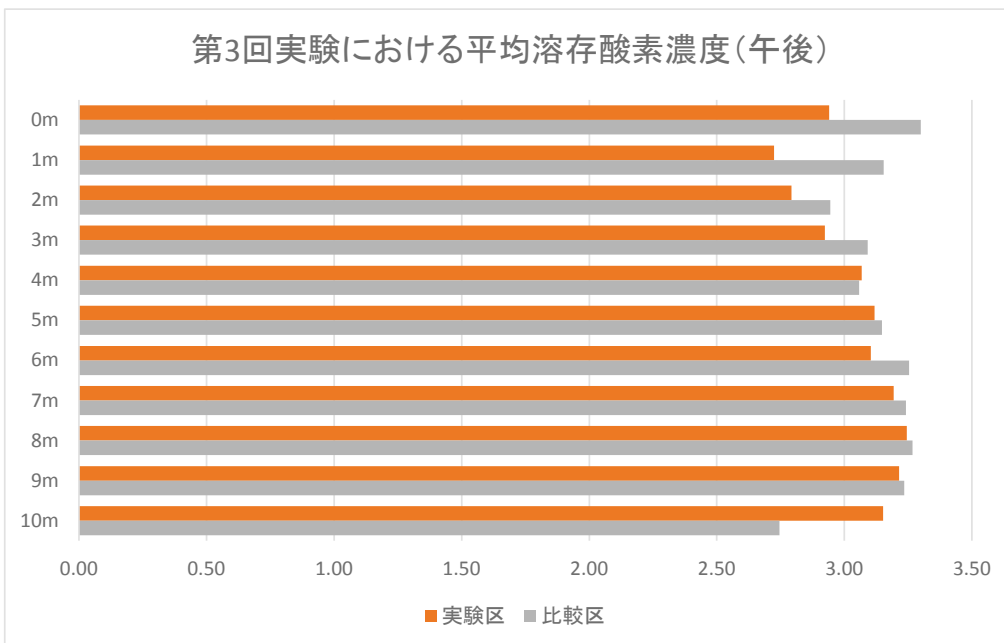


図 49 第3回実験における平均溶存酸素濃度 (午後)

第3回実験の総括

【海上実験まとめ】

以上の結果より第3回実験において、海上型浮島システムのパフォーマンス測定において表23に示すことが考えられる。システムA、Cにおいて、発電時の電圧値より太陽光パネルにおける問題は見られなかった。しかしながら、システムCについてはバッテリー充電に時間がかかっており、送電ケーブルのなんらかの不具合の影響が考えられる。バッテリーにおいては、システムCのバッテリーには問題はないが、システムAのバッテリーの中には劣化したものがあり、それが律速となってエアレーターの稼働時間が短くなっている。④エアレーションについては、機器自体には問題は見られなかったものの、実験区の溶存酸素を全体的に向上させるには、投入するエアレーターの数、コンプレッサーからの空気供給量を検討する必要がある。

表 23 海上浮島システムの各機能ユニットの現状と改良示唆

(2015年12月末時点)

	システムA	システムC	フィリピン環境下におけるシステム全体評価
①太陽光パネル	問題なし。 第1回実験から使用していることを考慮しても、経年劣化は小さい	問題なし。 ただし、送電ケーブルにおいて、断線、接続ミスの可能性あり。	台風時のパネル飛散対策が必要
②制御盤	問題なし。	問題なし。	高波による浸水で内部部品が損傷を受けたことから、制御盤の防水強化、部品の耐水化が期待される。
③バッテリー	バッテリー劣化	問題なし	海上使用に強いバッテリーの選択が必要
④エアレーション	エアレーターに問題はないが、稼働時間はバッテリーの劣化状態に依存する	エアレーターに問題はないが、稼働時間はバッテリーの充電状態に依存する	酸素要求度の高い水域での使用は、エアレーター数およびコンプレッサー容量の検討が必要

【陸上実験まとめ】

前述したシステムの復旧に加え、以下の改善を行った。

- バッテリーの追加。バッテリーを12個から20個に増量。これにより、エアレーター4基使用時の夜間電力供給時間が延長。理論上エアレーター4基使用時、夜間10時間電力供給可能。(現状ではバッテリーが劣化していると考えられるため、実際は10時間より短い)
- LEDライトの設置。セキュリティ目的で20W LEDライトをパネル横に設置

なお、陸上システムのパフォーマンス測定については、第 2 回目実験において夜間の電気供給可能時間を測定している。400W エアレーター2 基を稼動した場合、24 時間のエアレーター稼動時間のうち午前3時から午前7時までの4時間のみ通常電源を使用する以外は、太陽光パネルおよびバッテリーからの電源供給が可能であったことを確認した。バッテリー容量とポンプ出力容量から算出した稼働時間理論値はエアレーター1 基あたり夜間電源供給 12 時間であり、この時期の日照時間を考えると、午後 5 時頃にはバッテリーからの電源供給が開始しており、午前 3 時までの稼動時間は想定から 2 時間ほど少ないが、バッテリーの状態、個体差を考えると、想定内のパフォーマンスであると考えられる。第 3 回目実験では、定期的にバッテリーの電圧を測り、バッテリーが正常に充電されていること、バッテリーが極端に劣化していないことを確認した。

続いて、陸上型浮島システムの規格見直しを行った。続いて、陸上型浮島システムの規格の見直しの検討を行った。現浮島システムの電源供給ラインは比較実証試験用に設計されたため 5 本あるが、1 本あたりの上限は 400W のため、エビの養殖場で使用されている機器（パドルウィール 750W (1HP)、エアレーター1, 500W (2HP)）の動力としては応用できないのが現状であった。そこで、フィリピンの養殖事業者の利用環境に併せた浮島システムの規格の見直しを検討し、特にパドルウィールの使用を視野に、80W 太陽光パネル 40 枚搭載、合計発電量が 3.2 キロワット、3 相 200V、最大 1, 500W までの電源 1 本と 3 相 200V、最大 400W までの電源 1 本、計 2 本を備えた、既設のものよりコンパクト化した陸上浮島システムを提案していく。このシステムは、現状設置している陸上型システムの 3 分の 1 の規模であり、設置スペースの狭い養殖池近くでも設置可能なように配慮した。この小型化システムは、集約型養殖における昼間の空気供給、および深夜 1 時から 5 時のクリティカルタイムと呼ばれる、酸素が最も低くなる時間帯のみ集中して稼動するなど、24 時間稼働型というよりは、昼間のみ使用、もしくは、夜間短時間集中稼働をする使い方に向いている。夜間の電源供給はバッテリーの数に依存するので、使用する機器の消費電力容量と稼働させたい時間数によって、バッテリーの数を増やせば長時間の夜間運転も可能である。（その場合、昼間に機器の稼働とバッテリーの充電を並行させると、バッテリーが十分に充電されない可能性があるため、バッテリー数が多い場合は、昼間は充電のみに専念する方がよい。）

④養殖技術及び提案製品の活用方法に関する研修

第1回目の実験では外部委託した現地建設会社のエンジニア及びテクニシャンに提案製品に関する知識やメンテナンス方法の指導を行った。続いて、第2回目実験開始前に、NIFTDC担当者及び実験地のカウンターパート（民間事業者）現場担当者に対し、システムの使用及びメンテナンス方法に関するオリエンテーションを行った。

実施日：2015年3月13日

場 所：NIFDC

参加者：10名

カウンターパート（NIFTDCスタッフ）：2名

民間事業者（Biosolutions International Corp.）：6名（監督者、スタッフ、技術者）

設置業者（Ahyok construction Supply）：2名

研修内容：

(1) 陸上システム（浮島システム）の機材の構成について

太陽電池パネル、バッテリー、負荷（使用機器）の役割と関連性について説明

(2) 陸上システムの制御盤の操作方法について

制御ボックスを見ながら、電源のON/OFF、表示板の見方、タイマーの設定方法などについて説明を行った。

(3) 陸上システムの電氣的な使用方法について

システムの制御方法、負荷（ポンプ）の接続方法、電気系統の流れ、接続する場合の注意点などについて説明を行った。

⑤普及活動

⑤-1. シンポジウム等でのプレゼンテーション

カウンターパートであるBFARの依頼を受け、本実証に関するプロモーション活動を実施した。以下2件のシンポジウムにて当プロジェクト及び製品の紹介を行った。

- 50th Fish Conservation Week Technical Symposium

- ・開催日：2013. 10. 17

- ・開催場所：SMメガモール イベントホール（マニラ市）

- ・発表者：平野（PBS）、堤教授（熊本県立大）

- ・概要：当シンポジウムは3日行われており、BFAR、大学教授、金融機関等、関連するセクターが講演を行い、参加は自由。参加者は約70名。参加者は興味深く講演を聴講した様子で、発表後は、「水族館でも活用できるのか」、「投資回収は何年か」、「機器はいくらするのか」といった実用的な質問が挙がり、関心の高さが伺えた。

- Joint annual meeting 2013 “Smart Agriculture through Mechanization”

- ・開催日：2013. 11. 29

- ・開催場所：NIFTDC（ダグパン市）

- ・発表者：平野（PBS）

- ・概要: Society of Aquaculture Engineers of the Philippines と Philippine Aquaculture Society, Inc. 共催による 2 日間のカンフェレンス。当発表は初日に行われた。発表者及び参加者は水産養殖に携わる研究者、技術者、民間事業者等。参加者は約 70 名。太陽光パネルやマイクロバブル装置のスペックや性能等、参加者からは技術的な質問があった。また、当プロジェクトに対する大きな期待や励ましの声も多数聞かれた。



図 50 Joint annual meeting 2013 “Smart Agriculture through Mechanization”
でのプレゼン風景

⑤-2. メディア掲載

2014年8月20日に実施した本プロジェクトのキックオフセレモニーの前後にかけて、全国版の新聞、テレビやラジオ等、多数のメディアで本プロジェクト及びシステムが紹介された。

【掲載されたメディア】

Solar Aerator to boost milkfish production, avoid fish kills - Manila Bulletin, August 11, 2014

<https://ph.news.yahoo.com/solar-aerator-boost-milkfish-production-avoid-fish-kills-161524468.html>

<http://www.highbeam.com/doc/1G1-377905719.html>

<http://www.mb.com.ph/solar-aerator-to-boost-milkfish-production-avoid-fish-kills/>

MANILA BULLETIN: BUREAU OF FISHERIES AND AQUATIC RESOURCES (BFAR) SCIENTISTS MAY HAVE THE ANSWER... August 11, 2014

<http://philippinenewscentral.wordpress.com/2014/08/11/manila-bulletin-bureau-of-fisheries-and-aquatic-resources-bfar-scientists-may-have-the-answer/>

Japanese-invented solar-powered aerator to be tested in Dagupan City

<http://positivenewsmedia.com/blog/2013/11/japanese-invented-solar-powered-aerator-to-be-tested-in-dagupan-city/>

SOLAR PANEL TECHNOLOGY TO IMPROVE BANGUS PRODUCTION IN DAGUPAN CITY - From the website of Dagupan City, August 23, 2014

<http://dagupan.gov.ph/2014/08/solar-panel-technology-to-improve-bangus-production-in-dagupan-city/>

Radio recording of interview with Dr. Rosario re Solar powered aerator
Solar Powered Aerator, solusyon sa problema ng fishkill sa Pangasinan - August 18, 2014

<http://dzrd981.sonshineradio.com/2014/08/solar-powered-aerator-solusyon-sa-probl-ema-ng-fishkill-sa-pangasinan/>

The video of the interviews by ABS-CBN News in Dagupan:

<https://www.youtube.com/watch?v=RFxYVGj5ygc&feature=youtu.be>

<https://www.youtube.com/watch?v=uv9sxA00zYc&feature=youtu.be>

⑤-3. リーフレット作成

日本語及び英語の商品概要リーフレットを作成し、プロモーション活動時に配布した。

⑤-4. マーケティング活動

現地パートナーとして、1) 代理店（マーケティング・営業）と2) 製造機能のそれぞれにつき、可能性のある企業のリストアップ及び面談を行った。11社に商品及び実証実験の紹介を行うとともに先方ニーズや協業可能性に関するディスカッションを行った。2016年1月末時点で4社と協業の可能性を確認することができた。内、1社とは地域限定（Region I, II, III）の代理店候補としてMOUを締結中である。そこは地方自治体向けの救命用ボートの設計、生産及び導入を行っており、ボートに太陽光パネルを設置し、照明や携帯電話用の電源として活用できる可能性が高いとの見込みから、協議を進めている。また生産機能も持っているため、現地生産委託先としての可能性も見込める。

最終的な選定は本事業後のビジネス展開の中で行っていく予定であり、選定基準としては以下を考えている。

【パートナー選定基準案】

	評価基準	代理店	製造委託
①	類似製品に関する知識・技術力	○	○
②	販売網	○	
③	コスト		
④	実績	○	○
⑤	経営方針・体制	○	○
⑥	財務体質	○	○

(2) 事業目的の達成状況

本事業では当システムを養殖事業に活用することによる効果が定量的データによって実

証されると同時に、今後の運用に向けた現地人材が育成され、同システムが現地関係者に広く認識され、普及に向けたビジネスモデルが確立されることを目的としていた。

今回の事業では全ての目的を十分に達成することはできなかったものの、今後の普及に向けた課題が明確になり、現地の実情に合ったビジネスモデルを計画することができたのは一つの成果であったと言える。

①当システムの効果を示す定量的データの収集

3回実施した実験の内、1回目は比較的有用なデータを収集することができたが、2回目及び3回目は期待していたような信憑性のあるデータを十分に確保することはできなかった。その原因として、そもそも今回の対象は自然環境、そして生き物であったため、実験区と比較区の前提条件を揃えることが難しかったこと、また実験中もシステムの有無以外の様々な要因（水質、水温等）が影響していたこと、さらにエアレーターのセッティングや測定等のスキル不足が挙げられる。上記はシステムが全て正常稼動していた場合におけるデータ確保の困難さであるが、実験ではシステム自体に関する問題が発生したため期待通りにエアレーターを稼動することができないという状態も続いた。これは主に制御盤やバッテリー、コンプレッサーといった太陽光パネルそのものではなく、それを取り巻く他の製品技術に関するものであるが、パッケージとして販売する際には自社の太陽光パネル以外にも含めた製品に関する高い知識や対応技術が必要とされ、それらの課題が実験中に浮き彫りとなった。

1回目実験で得られたデータに基づくと、当システムを活用した生簀では成長率が20%高くなり、さらに餌量効率が24%改善されるという効果が見られたものの、投資回収には約7年かかる。投資に時間がかかる理由としては、①ミルクフィッシュはキロあたりの生産者販売価格が低いこと、②特に海水域で、水流の条件が良い場所では生存率に顕著な差異が出にくいことが挙げられる。そのため、第2回実験では、①高付加価値魚種（バナメイ）を対象とし（汽水域）、②フィッシュキルが起こりやすく、水中の溶存酸素濃度が低い環境（海水域）で実験を行った。汽水域における高付加価値魚種の実験では、太陽光パネルを活用した電力費用の削減効果はあったものの、エアレーション自体は比較区（通常のオペレーション）でも使用しており、エアレーション有無の比較ではなかったことから、投資を上回るだけの経済効果は見込めないという結果となった。また、海水域ではバッテリー性能等に伴う問題からエアレーターが十分に稼動せず、溶存酸素濃度は実験区の方が低い結果で終わった。第3回実験ではバッテリー性能や発電効率に関する検証を行い、バッテリーの充電が問題なければエアレーターが計画通りに稼動することを確認した。その結果として、DOレベルの改善、そして成長率の増加につながるものが想定される。

②今後の運用に向けた現地人材の育成

本事業において政府カウンターパートであるBFAR及びNIFTDC担当者に対し、当システムの構成や利用方法やメンテナンス方法に関するオリエンテーションを実施した。システムに関する知識やオペレーションに関する能力育成については目標を達成できたと言える。しかしながら、本事業ではシステム制御盤に関する問題が生じた際に対応可能な人材の育成まではできなかった。これは電気及び電子回路の専門性が必要であり、政府カウンター

パートへのノウハウ移転は困難である。今後これらの専門性を有する代理店候補を選定していく。

③同システムの現地関係者への認知

本事業について全国メディアで記事として取り上げられたり、BFAR 主催のシンポジウムでシステムの紹介を行ったりする活動を通して、関係する政府機関や業界団体、大手養殖関連事業者への認知度を上げることができた。また訪問した代理店候補数社が既存ネットワークを活用し当システムのマーケティングを開始したことは一定の成果であると言える。

④普及に向けたビジネスモデルの確立

実証実験の結果及び養殖関連事業者への訪問ヒアリング等を通し、当システムに対するニーズを確認できたこと、また現地の環境で利用してもらうためにはいくつかの改良点が必要なことが明らかになったことは意義があったと評価できる。市場は限定的であるが、養殖事業向けのシステムパッケージ、そして沿岸の照明や携帯充電用など他への応用を想定したパネルの販売について代理店候補先とも議論を行い、今後のビジネス展開計画を作成した。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

本事業開始時に想定されていた当システムが貢献しうる開発課題は、①養殖業における水質の改善、②養殖事業者の生産性向上による所得の向上であった。①については、閉鎖的な環境において当システムを導入することで溶存酸素濃度が上がることが第1回目の実験で検証された。特に魚の大量死（フィッシュキル）発生時には効果が見られた。②については、①で挙げた閉鎖的で水質環境が悪い状況下で当システムを利用することで、魚の成長率および餌料の効率性に差が見られ、養殖事業者の収益改善に貢献できると言える。逆に本実験では海上沖合ではシステムの効果が見られないことが明確となった。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

本事業を通じて、①機材の原材料・部品仕入れによる貢献、②海外展開を検討している他社への情報提供による貢献、③地方自治体等国内機関との連携強化による貢献が実現できた。

①機材の原材料・部品仕入れによる貢献

当システム及び周辺製品の調達において、国内事業者から原材料や部品を調達した。

②海外展開を検討している他社への情報提供による貢献

日本国内メディアや講演会等でPBS社の活動を紹介し、同じように海外展開を検討している中小企業に何らかの情報提供を行うことができたものとする。具体的なメディアへの掲載及び講演の詳細は以下。

- ・ 2014年9月12日 熊本大学エコ・エネ研究会講演会
- ・ 2014年10月8日～10日 エコテクノ2014 展示会出品(JICA様ブース、北九州市)
- ・ 2014年10月9日 再生可能エネルギー先端技術展2014セミナー(北九州市)

- ・ 2014年10月24日 JICA研修受入「アフリカ地域 起業家育成・中小零細企業活性化(B)」
- ・ 2015年6月5日 JICA研修受入「アフリカ地域 起業家育成・中小零細企業活性化(A)」
- ・ 2015年8月21日 ODAを活用した海外展開支援セミナー（JICA九州、熊本市）

③地方自治体等国内機関との連携強化

熊本県とは、商工観光労働部エネルギー政策課、及び国際課との連携を密にしており、関連する事業者への情報提供や、県内事業者の紹介をいただいている。

また JETRO より、販路拡大に向けて輸出に関するアドバイス等をいただいている。

(5) 環境社会配慮

当システムは、養殖業による水質の悪化及び過剰養殖による養殖業の大量死防止を念頭に置いているが、同技術を利用しても、養殖業者数が環境許容量を超えた場合には養殖魚の大量死につながる可能性があるため、技術導入によるネガティブな影響がないよう、BFAR 及び LGU と連携を図りつつ技術提供先が環境許容量を越えていないかの確認を行い、環境社会配慮を慎重に行った。

(6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

カウンターパートである BFAR と協議を行い、本事業後も養殖関連事業者向けのデモ地(ショーケース)として浮島システムを活用することで合意した。所有は BFAR となり、次のような条件が揃った民間事業者もしくは BFAR 自身を含む政府機関によって活用される予定である。

【浮島システム利用者の条件】

- ・ 浮島システム活用の目的を理解し、活用に意欲を持っている
- ・ 浮島システムの今後の普及にも協力的である
- ・ ミルクフィッシュやエビ等の養殖を常時（通常の活動として）行っている
- ・ メンテナンス費用を払う財務能力がある（主にバッテリー交換費用）
- ・ 日々のメンテナンスを行える体制、能力がある（主に清掃、確認・点検）

活用方策として、下記の選択肢について BFAR と協議を行い、海上浮島システムは、アンダから移設し、他の場所にある BFAR 管轄の生簀で活用（選択肢 2）、陸上システムは現在のまま NIFTDC 内の「Shrimp School」で継続利用する（選択肢 1）方針となった。

【海上浮島システムの活用案】

	活用案	利点	留意点
選択肢 1	本実験で委託したアンダ地区の民間事業者が継続利用	<ul style="list-style-type: none"> 追加費用の発生なし メンテナンス能力、財務余力あり 	<ul style="list-style-type: none"> 水質環境がよいためシステム利用の効果が限定的
選択肢 2	BFAR 管轄の生簀で活用 (Sual, Panglao 等)	<ul style="list-style-type: none"> 管理面が容易 	<ul style="list-style-type: none"> 移設の費用発生 メンテ予算の必要
選択肢 3	他民間事業者もしくは LGU (Dagupan City 等) で活用	<ul style="list-style-type: none"> 相手によっては、より効果的な活用が望める 	<ul style="list-style-type: none"> 移設の費用発生 アレンジ必要

【陸上システムの活用案】

	活用案	利点	留意点
選択肢 1	NIFTDC 内の「Shrimp School」で継続利用 (120 枚全て)	<ul style="list-style-type: none"> 場所としてデモ地に相応しい 将来養殖に携わる学生への認知の場となる 	<ul style="list-style-type: none"> パドルウィールや非日本製のエアレーター使用の場合、システムの再設計が必要 (約 60 万円)
選択肢 2	半分～1/3 を NIFTDC 内の「Shrimp School」で利用し、残りのパネルは他に活用 (小型システム、養殖場照明用等)	<ul style="list-style-type: none"> 同上 デモ地の場所が増える 	<ul style="list-style-type: none"> 同上

(7) 今後の課題と対応策

今後の PBS 社のビジネス展開に向けて本事業で明確になった課題と対応策を①製品、②メンテナンスの観点からまとめる。

①製品

フィリピンの環境に合わせたシステムの改善は以下である。

	海上型	陸上型
1) 太陽光パネル	台風時のパネル飛散対策	台風時のパネル飛散対策
2) 制御盤	機械の構造または機能 <ul style="list-style-type: none"> 高波による浸水で内部部品が損傷を受けたことから、制御盤の防水強化、部品の耐水化 フィリピン国内で入手可能な部品への交換 メンテナンス <ul style="list-style-type: none"> フィリピン国内でのメンテナン 	機械の構造または機能 <ul style="list-style-type: none"> 陸上養殖現場に即したシステムの規模および電源供給規格 (第 3 回実験で検討済み) メンテナンス <ul style="list-style-type: none"> フィリピン国内でのメンテナンス実施体制の構築 (販売代理店への技術指導など)

	海上型	陸上型
	ス実施体制の構築（販売代理店への技術指導など） ・故障箇所の特が日本人でなくとも容易にできるようなトラブルシューティングガイド付きマニュアル作成	・故障箇所の特が日本人でなくとも容易にできるようなトラブルシューティングガイド付きマニュアル作成
3) バッテリー	海上使用に強いバッテリーの選択が必要	毎日の充電・放電に耐久性のあるバッテリーメーカーを事前情報として顧客に提案すること
4) エアレーション	酸素要求度の高い水域での使用は、エアレーター数およびコンプレッサー容量の検討が必要	マイクロバブル使用の場合は、養殖池の広さ、魚（またはエビ）の密度に応じてエアレーターの個数を検討が必要

②メンテナンス

第1回から3回の実験を通して、陸上・海上浮島システムの素人でのメンテナンスの難しさが課題となった。特に、制御盤はシステム設計者でないと問題の切り分け、異常箇所の判別、部品交換ができない部分が多く、販売に際しては故障の度に日本から技術者を呼ぶのか、またはフィリピン国内の販売代理店に機械の構造、修理方法を教えるのか等を決定しておく必要がある。また、バッテリーの劣化がエアレーターの稼動時間に影響を及ぼすことから、陸上・海上浮島システムを一般消費者が使用する場合は、バッテリーの電圧値を使用開始から半年、1年後など定期的に測定し、バッテリーの劣化状態を把握することが望ましい。しかし、知識を持たない一般消費者がこれらのメンテナンス活動を行うことは難しく、こちらもメンテナンスサービスおよびメンテナンス方法を詳しく決定しておく必要がある。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

①マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

潜在市場としては、PBS 社の太陽光パネルの差別化要因である「錆びない、軽い」という特性から「海上及び沿岸での利用」が主なターゲットとなる。具体的な顧客層・業界と主な用途（太陽光電力の供給先）は以下である。

【主なターゲット層及び用途】

- a) 養殖事業者：エアレーション用
- b) ボート所有者（漁業、地方自治体救命用等）：照明用
- c) 電化率の低い沿岸コミュニティ、監視小屋：照明用
- d) リゾート業界：照明・携帯充電用

これらを前提に、まず営業先リストを作成し、訪問ヒアリングを行いニーズの把握を行った。上記の中でも特にニーズが高いと思われる a) 養殖事業者について規模の大きい事業者を優先的に訪問した。大手養殖事業者及び業界団体（漁業関連、再生可能エネルギー関連）へのヒアリングによると、養殖事業における 2 大コストの一つが電力であり、電力削減ニーズは大きい。大手養殖事業者は通常、水の循環をよくするためにパドルウィールを使っているが、電線を引くか小型ジェネレーターを電力源としており高コストとなっている。そのため投資余力のある大手事業者では太陽光パネル導入への関心が高い。養殖事業者向けには、エアレーターと太陽光パネルシステムをセットとしたパッケージを想定している。しかし、投資余力のあるユーザーの数は限られていると言える。

また、養殖事業者以外のターゲットとして市場規模が大きいと想定される照明用及び携帯充電用についても本事業後のビジネス展開について検討を進めた。商談では、軽い、塩害に強い（錆びない）という特徴に興味を示す企業も多く、沿岸部の照明用、又はポータブルの太陽光発電キットとしてニーズがあることを確認できた。フィリピンでは電気の通っていない地域が多く、台風などの自然災害後は電気が不通となる場合が多いため、地方や自然災害の頻発エリアの自治体でのニーズがあると考えられる。しかしながら、欧米メーカーの中国工場で製造している中国製の単結晶パネルは 1 ワットあたりの価格が PBS 製品に比べて 5 分の 1 から 10 分の 1 と安く、沿岸部に設置可能でかつ 10 年保障付きの製品も販売されている。本調査で得た現地で流通している中国製パネルの情報を下表に示している。ただし、それらの製品とは価格では競争できないため、軽くて持ち運びが簡単、海水が直接掛かっても錆びない、曲げられる、という特徴で新たな市場を開拓していく。

表 24 PBS 製品とフィリピン国内で流通している中国製パネルの比較

	PBS 製品	PBS 製品	中国製品 (沿岸部、農場、砂漠 地帯に設置可)
太陽光発電セル種類	CIGS	アモルファス	単結晶
モジュール変換効率(%)	12	8	16.5
最大出力(W)	80	40	270
サイズ(mm)	2000x480x3.5	1720x500x3	1650x992x40
重さ(kg)	4	1.5	18.2
パネル材質	マルチレイヤー プラスチック	ETFE フィルム	強化ガラス+ アルミ枠
面積(m ²)	0.96	0.86	1.64
価格 (USD) (参考値)	290	290	189
ワットあたりの価格 (USD)	3.6	7.3	0.7
1m ² あたりのワット数	83.3	46.5	165.0
1kW あたりのコスト(USD)	3,625	7,250	700
1kW あたりのコスト比較 (中国製品に対して何倍か)	5	10	-

②ビジネス展開の仕組み

2013 年来の実験やデモンストレーションを踏まえ、PBS 社のフィリピンでの事業展開において、その主要製品である浮島システム、及びソーラーパネルについては、以下のマーケット特性があることが判明している。

a)耐塩性+劣悪環境耐性がある

ソーラーパネルに耐塩性があることは元々の長所であったが、その腐食しにくいという特性は、他のメーカーのソーラーパネルと比べて、どのような悪条件の場所にでも設置が可能な環境適応性にも優れていることを意味する。例えばフィリピンではよく見かける竹を使った簡易な浮体施設等への設置も簡単で、それが通常のソーラーパネルでは設置が難しい海上や湿地等にも適用が可能である。



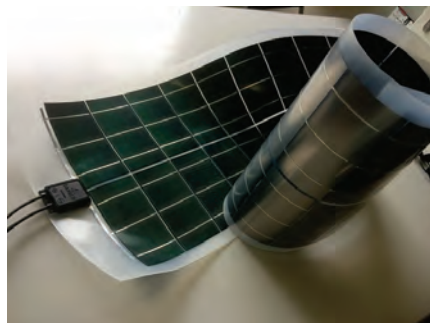
写真： 竹で作った浮体型施設

逆に環境変化の少ない平地や、整備された施設内、非塩害地区など、いわゆる「設置条件が厳しくない」場所に設置する場合は、中国製を中心とした、一般的なソーラーパネルが、価格面、性能面で大きく上回っており、PBS 社のソーラーパネルは競争優位性が低い。そのため、ターゲット市場は、限定された悪条件下での使用に特化したものとする。

b) 軽量+柔軟性がある

ソーラーパネル自体が軽くて柔軟性があることから、複雑な地形や様々な場所への設置に対応が可能で、災害発生時の退避についても容易である。

この特性は公共用の用途のほかに、民生用の用途についても多くの可能性を有していることを示している。現におよそ A4 サイズのパネルは、携帯電話の充電器として市場があるのではないかという日系商社の提案により現段階でテスト品を提供し現場で検証中である。



写真：超軽量フレキシブル
ソーラーパネル

c) 価格競争における非優位性

上記のとおり、PBS 社の浮島システム及びソーラーパネルはその軽量性や柔軟性など、従来のソーラーパネルにはない特徴を備えている反面、その特殊性のため原材料そのもののコストが割高であること、また発電性能が低いことなどから、単純に同じような環境で従来品と比較するとその価格競争力は低い。今後、現地生産などに移行し生産コストを下げたとしても価格競争での不利を補うことは難しく、あくまでその特徴を活かしたマーケットを見つけていく必要がある。なお、フィリピンにおける一般的なソーラーパネル市場は世界中のメーカーが参入しているが、中国製の製品が圧倒的な価格攻勢でマーケットを支配しており、日本製はほとんど市場に食い込めていないのが現状である。

d) 今後のビジネス展開の仕組み作り

	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
重点施策	市場調査、 現地代理店探 索	個別契約、 現地代理店候 補との協議	現地代理店と の契約	現地代理店へ の営業支援、 技術支援	他国への展開 の検討
販売面	初期コンタク ト、ニーズ把 握	営業先、販売 先、現地代理 店候補先のフ ォロー	現地代理店の フォロー	現地代理店の フォロー、新 規契約先の開 拓	他国への展開 の検討
生産及び 調達面	コア部品は日 本、一部のみ 現地調達	コア部品を含 めた現地生産 検討、パート ナー候補先の 選定	現地生産の開 始(②、③)、 パートナー候 補先の選定	現地生産の開 始(①)	他国への展開 の検討

③想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

今後の商品計画および販売目標を下記のとおりとする。

<商品計画>

品目	販売形態	目的	生産（当面）
(1) 浮島システム (陸上/海上)	太陽光発電システム	エアレーション、 パドル、照明他	一部日本 一部現地調達
(2) ソーラーパネル	ソーラーパネル（単体）	照明他に応用	日本
(3) 携帯電話充電器	商品	携帯電話充電	日本

<販売目標>

製品	単価(千円)	単位	2016	2017	2018	2019
(1)海上浮島	3,000	数量(式)	1	3	5	10
		金額(千円)	3,000	9,000	15,000	30,000
(2)陸上浮島	3,000	数量(式)	1	3	5	10
		金額(千円)	3,000	9,000	15,000	30,000
(3)パネル	30	数量(枚)	50	200	500	1,000
		金額(千円)	1,500	6,000	15,000	30,000
(4)携帯電話 充電用パネル	10	数量(式)	50	300	1,000	2,000
		金額(千円)	500	3,000	10,000	20,000
合計		(千円)	8,000	27,000	55,000	110,000

注:単価は2019年まで据え置き予定。

④ビジネス展開の可能性の評価

a)浮島システムのビジネス展開の可能性

陸上や海上における、再生可能エネルギーを電源とするシステムとして継続した訴求を実施する。海上のシステムについては、実証試験で取り扱った規模のものと合わせて、小規模のものや、純粋な売電用の発電システムとしても提案を行っていく。また陸上のシステムについては、独立電源という観点だけでなく、昼間はソーラーパネルでエアレーターやパドルを運転しながらバッテリーにも充電し、夜はバッテリーと常用電源（フィリピンはAC200V）との併用で効率的な運転を行うモデルを訴求していく。

本事業で実験を行ったミルクフィッシュ養殖事業者向けのエアレーターを用いた海上発電システムの提案は、現時点では難易度が非常に高いと考える。現時点では出荷価格が安価なミルクフィッシュにおいては費用対効果が望めないこと、特にマイクロバブル発生装置のエアレーションについては、海洋は開放されているため海流や水温などの自然環境による影響が大きく、常に効率的なセッティングを行うことが難しいこと、また独立電源であるがため必ずしも必要なときに使えるとは限らないことなど、導入効果を証明しにくい上、不確定要素も多く、購入意欲を刺激するだけのデータを得ることが困難であるというのが現状である。また海上は台風などのトラブルも多く、システムメンテナンス体制の準備も必要と考える。

一方、エビなど海水や汽水域の田圃や池（閉鎖的な空間）で行う養殖事業においては事業性が見込める。まずエビは単価が高く事業規模も大きく事業者の購買力もあること、また人工的な閉鎖域での養殖であることから自然環境による影響がほとんどなく、陸上であることから常用電源との併用による効率的な電気の使用が可能となることが理由として挙げられる。またシステムの保全という面でも海上に比べると安定した設置が可能でメンテナンスも容易なため、これらへの導入は今後十分に期待できるところである。

近年では装置型施設を用いて、モンゴルでのエビの養殖⁶や JICA の 2014 年度補正予算分と 2015 年度第 1 回分の中小企業海外展開支援事業の普及・実証事業で養殖エビの普及⁷が行われており、今後このような事業と提携することで事業機会は増加すると思料される。



(写真) 海上の浮島システム



(写真) 陸上の浮島システム

b) ソーラーパネルのビジネス展開の可能性

PBS 社製品を通常のソーラーパネルの販売価格と比較した場合の訴求は難しいため、軽量で長期保証（10 年）であることを訴求ポイントとする。海上や沿岸部を中心としたエリアで、簡易なパーツと組み合わせることで、照明や携帯電話などの充電装置として活用することを提案する。これは、一般的な専用部品を組上げた精度の高い接続でなく、素人が手作業で接続して十分な高価を発揮できるもので、かつパネルの出力保証 10 年をベースに「1 日あたり 3 ペソ（約 10 円）」であることをキャッチフレーズに、業者やエンドユーザへの PR を行う。またパネルに特化し、現地でのトラブル対応のリスクを限りなく減らすことで、ソーラーパネルのみに販売責任を負うビジネスモデルの構築が可能となる。



写真：屋根にパネルが乗っている



写真：夜間1つだけ明りがついている

⁶ <https://www.addedvalue.co.jp/business/bluewolf.html>

⁷ <https://newswitch.jp/p/1630>

2015年3月に実施した評価モニタリング調査では、監視小屋の監視人、周辺住民がこの簡易システムをどう評価しているかを聞き取りしたが、今まで暗闇だった監視小屋の集中地域で本システムを設置したBFARの小屋だけが照明を持っているため、監視人は非常に快適であり、「このままパネルを据え付けたままにしてほしい」とコメントした⁸。当プロジェクトのコンサルタントが現場視察を行った際もそのボートの船頭が、地域でもこの夜間照明が非常に有名である、ということを確認した。

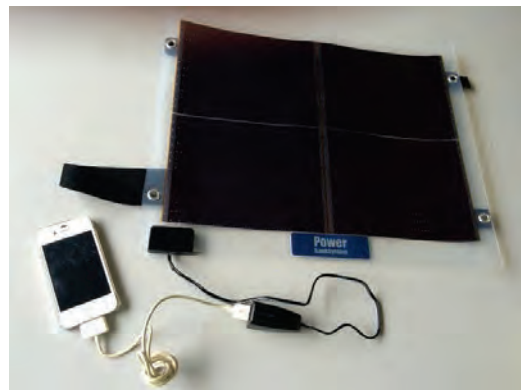
本システムはダグパン市やスアル町の養殖業全体の課題⁹である、監視小屋に関与する人材の福利厚生に資するものである。スアル町の養殖池だけで約200以上のケージを監視するための監視小屋が約30あり、総勢100名以上の常駐者がいると思われる。行政を通して本システムを提供するルートが開ければ、それをモデルとして、フィリピン全土への拡散が期待できる。

c) 携帯電話充電器のビジネス展開の可能性

携帯電話充電器は、小型のソーラーパネルの先にUSB端子が付いており、簡単に携帯電話やタブレットが充電できるというものである。日本国内で既に販売しており、一つの完成した商品として、現地の業者やエンドユーザ向けにPRを行っていく。

本事業のマーケティング活動でも、建設機械の付加価値機能としての利用の可能性が上がり、現在テスト品を評価中である。また、リゾートホテルにてお客様サービスの一環としてビーチやプールサイドでの貸し出し用としての利用を訴求し、現在セブ島の高級リゾートホテルから試験利用として注文をうけるに至った。

他の用途として、設定価格にもよるが、日中屋外にいることの多い公共交通（タクシー、トライシクル等）の運転手や小型漁船主、農業従事者、計画停電が多いミンダナオの生活者等のセグメントには需要があるため、今後試作品に対する評価を受けながら価格設定を行っていく。ただし、品質は粗悪ながら中国製の類似品も既に出回っており、今後は類似品対策も必要となる。



真：携帯電話充電器

d) フィリピン以外の国での Ukishima（浮島）システムのビジネス展開の可能性

株式会社 InterAct の WEB でも紹介されているとおり¹⁰、現在 Ukishima（浮島）システム

⁸現に現在のBFARの監視小屋は当プロジェクトでリハビリしたもので、それ以前には別の監視小屋に設置されていたが、BFAR自らがこのシステムを新しい小屋に移設し、使い続けている。

⁹ DagupanのMayorは、本実験施設の開所式においても監視小屋の電化がDagupanにとって非常に重要な整備の方向性であり、雇用者の福利厚生に貢献することを強調していた。

¹⁰ <http://www.interact-hq.com/topics.html>

とエアレーターを世界一のエビの養殖業者タイの CP グループの試験池で実証する計画がある。CP としては二酸化炭素 (CO₂) を排出せずに、エビの大量生産を可能にすることに興味を抱いており、CP が採用を決めれば PBS 社製パネルは一気に注目を集めることとなる。

また、Ukishima (浮島) システムに用いられているエアレーターはタイのある大学の水産学部との共同研究で特にエビ養殖に対して有効な実験成果を出しているため、CP に依頼する実務的実験の結果にも期待ができる。

このように、ある程度の寡占の進んだ企業については、Ukishima (浮島) システムを 1 つのシステムではなく、それを構成するパネルとエアレーターそれぞれで販売チャンスがあると言える。特に優位な実験成果が得られた稚魚生産については、①致死率の低減 (エアレーター)、②エコ商品としての訴求レベルの高さ (太陽光パネル)、③製品寿命の長さ (太陽光パネル) といった個別の強さを訴求した販売戦略を立てることができる。近年特にエコ養殖は消費者からの関心も出てきており、これに注目しているノルウェーやチリにおけるサーモンの稚魚生産の現場¹¹などで需要が増えると目論んでいる。

フィリピンを初めとする東南アジア諸国で盛んに行われているエビ養殖事業は、非常に多くの電力を消費するため、養殖業者は電力代に多額の費用を支払っている。一方、これらの国々では停電が頻繁に生じるため、養殖業者はエアレーションを安定的に行うことに頭を悩ませている。電力供給が比較的安定しているタイにおいても状況は同様であり、大規模養殖業者は停電に備えて自家発電設備を所有しているところもある。また比較的中小規模の事業者でもディーゼルで稼働するエアレーターを所有している。このような状況を踏まえると、Ukishima (浮島) システムはフィリピン以外のエビ養殖が盛んな国、例えばタイにおいて十分販売が可能と推測される。特に、自家発電設備やディーゼル発電エアレーターのメンテナンス費用や燃料代と比較して、Ukishima (浮島) システムがある程度の価格競争力を有するようになれば、タイのみならずベトナム、インドネシア、ミャンマー等エビ養殖が盛んであるが電力供給が不安定な国において普及する可能性を有している。

さらに、ソーラーパネル単体の場合マーケットは幅広い。パネルについては PBS 社の本業部分であり、新たなノウハウや人材をほとんど必要とせずこれを実施することができる。照明電源など簡易的な電源としての活用を念頭に置いた場合、インドネシア、ベトナムなどの東南アジアをはじめ、アフリカ、カリブ海諸国等に需要が見込め、特に島嶼国は耐塩性を強調できるためマーケットとして有望である。

また、防災用電源としては、一昨年バヌアツのサイクロンで経験したように、災害時の緊急電源としての活用のポテンシャルは非常に高い。特に耐塩性、超軽量、柔軟性があることから通常の保管や管理のしやすさを訴求でき、南太平洋諸国などに需要が見込める。

¹¹世界の養殖事業においては内水面養殖では、Ukishima (浮島) システムの出番はさほどない。コイ、ティラピア、ナマズで養殖量の 8 割を示すが淡水魚は病気に強くエアリングを必要としないからである。一方海水養殖では藻類・貝類とサーモンを合わせると全養殖量の 9 割を超えている。サーモンの場合、ノルウェーとチリの大手 15 社で世界マーケットの 8 割を生産する寡占状態にある。またエビについては中国、タイ、ベトナム、インドネシアが世界の養殖エビの約 8 割を寡占していると言われている。CP はタイではエビ養殖事業の最大手であり、タイでこのような既参入企業にとっては競争優位性が高い産業であるため、他より少しでも進んだ技術が登場すれば誰より早くこれを導入したいとするニーズが高い。

(2) 想定されるリスクとリスクへの対応

想定されるリスク	リスクへの対応
<ul style="list-style-type: none"> ・各メーカーとの価格競争 ・原価の上昇 ・輸送や通関による納期遅延 ・他社類似品の普及 ・メンテナンス対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・特長を活かした市場に特化し価格競争を避ける ・原価上昇については市場価格を踏まえ対応、現地での生産・材料調達検討 ・輸送時間を考慮したて納期管理と現地生産の検討 ・商品の認知度向上を進め早期のスタンダード化を図る ・現地企業の代理店化を進めメンテナンス体制を構築する

(3) 普及・実証において検討した事業化およびその開発効果

今回の普及・実証において、当該国であるフィリピンを含めた海外での事業化を視野に、海外へのシステム導入にあたって、実証を通して資材や部品、及び組立作業を現地調達を行いながら検討を行った。

海上の浮島システムについては、バッテリーや架台を現地で調達したことで、一定のコストダウンは図れたものの、独立電源のシステム自体が特殊なこともあり、導入時の組み立て・設定作業や、運用後の不具合発生時の対応やメンテナンスについて、そのすべてを現地業者で実施することは難しい状況であった。事業化にあたっては、販売だけでなく、メンテナンスや保証の面を考慮すると、太陽電池をはじめとする電氣的な技術を持っている事業者と提携し、システム全体が管理できる体制を構築する必要があると考える。

陸上に設置した浮島システムについては、今回の実証において、常用電源と併用したシステムモデルが確立されたことが開発効果として挙げられる。またこれらが一般的な太陽光発電システムとほぼ同様のものであることから、現地業者も取り組みやすくなる。事業化にあたっては、現在のモデルよりもさらにコンパクト化したパッケージによる提案を行い、用途もエアレーションに限らず、パドルホイールや通信機器といった、様々な機器でも対応できる仕様にする事で、ターゲットを広げて行きたいと考えている。取り組みやすさは海上よりも上と考えるが、いずれにしても体制の構築がまずは必要である。

なお、浮島システムの事業化という点では上記のとおり課題が残っており、今後体制の構築には時間を要するものと考えられるが、今回の実証において、軽くて柔かい太陽光パネルそのものは高く評価されており、これら単体商品での事業化の優先を検討している。

実際にテストサイトの監視小屋の照明等でも検証を行ったが、これらはシステムではなく単体の商品として確立していることから、販売はもちろんメンテナンスや保証等もシステムに比べると手離れがよく、まずは太陽光パネル単体、及び携帯電話充電器などの事業化を検討していきたい。できれば、これらの取引先を足がかりに、取引先との連携を強め浮島システム全体の事業化を進めていきたい。

(4) 本事業から得られた教訓と提言

本事業より得られた教訓としては、以下の4点が挙げられる。

①自然環境下における比較試験の困難さ

今回の実証試験実施について、データを取得するために比較区と実証区に分けてデータ収集を行ったが、前提条件として比較区と実証区を同条件に設定し、比較する必要があったもののそれが非常に困難であった。例えば同じ場所に隣り合わせで池を造成したが水質は類似せず、また同じ海域でほんの数メートル離れているだけでも酸素濃度や温度に差異があるなど、実験室で行うような「同じ条件」を再現することが非常に困難であった。

②民間企業との連携における障害

今回の実証試験について、2回目以降の実証試験についてはカウンターパートと協議の結果、民間事業者の協力により実施となった。しかしながら、比較したデータを求める私たちに対し、民間事業者はビジネスとして養殖事業に取り組んでおり、より効率的に、またはよりリスクを減らすために、えさの量を変える、稚魚を追加するなど、利益を優先とした対処を行ったため、データの信ぴょう性を確保するのが困難であった。カウンターパートの意向ではあったが、商業ベースで考える民間事業者との連携にはカウンターパートを巻き込んだ協議がもっと必要であったと考える。

③スタッフの専門性の確保

今回の実証試験について、専門家の大学教授から「データ取りするためにはスタッフはしかるべき教育や知識を備えた質の高い人間である必要がある」との指導をいただき、カウンターパートに人選をお願いし、事前の研修を行い準備したものの、そのスタッフが計測機器の使い方やメンテナンスが正しい加減であったり、せっかく教育してもすぐに離職したり、えさの量を大幅に間違えるなど、様々な問題が発生した。これらの問題を解決するためには、実証の内容や目的を理解し、基礎知識を備え、かつ状況判断もできる人材が必要であるが、そのような人材を長期間確保することは現実的には難しいと考えられ、しかるべき研究機関や大学の研究室などとの連携が重要ではないかと感じた。

④資材やサービスの現地調達のリスク

今回の実証試験について、将来的な現地での販売展開を見込んで、部材等をできるだけ現地調達すべく実施した。実際日本で購入し輸出することから考えると、コストダウンできた部分も大きいものの、システム等に組み込む場合、その品質に対するリスク、サービスの質等が必ずしもこちらの期待通りではなかった点が挙げられる。具体的には現地調達したバッテリーが短期間で劣化してしまい、稼働時間が期待値よりもはるかに短い時間しか稼働せず、それがそのまま実証データに影響してしまったと考えられる（その後、アメリカ製のバッテリーを採用したところほぼ期待どおり稼働を続けている）こと。また電気工事にともなう計器の取付けが不適切であったことか

ら、一部の部品が故障した可能性が高く、電気工事のスキルや関連部品の調達の知識やスキルも明らかに不足していることが感じられた。

また、今後の提言としては以下の3点が挙げられる。

①特徴ある製品を ODA で活用するための手続の改善

本件のような特長ある製品を ODA で活用する際、最初に考えられるのは、海上での発電の場面、例えば災害時の緊急電源や漁業関連プロジェクトへの適用、あるいはパネル接地面が湾曲しているような設置場所に制約条件がある事業等、事業自体にも緊急性や特殊性が求められるものである。その意味では単に「太陽光パネルを使って電気を作る」といった汎用性のあるプロジェクトでの適用、例えば日本の無償資金協力事業への適用のような、複数の同等機能をもつ競合製品の中から最も低価格の製品が選ばれるようなスキームには適用が困難といえる。そのため、PBS 社製パネルの ODA への活用は、有償資金事業海外展開協力事業や、まれに案件形成調査（情報収集・確認調査）やプロジェクト技術協力の中で形成される「パイロット事業」としての適用以外にないのが実情である。

一方、本件中小企業海外展開支援事業は、これまでになかった極めてニッチな技術革新がなされた製品が採用されやすいことも確かであり、その意味では現行の ODA スキームとの間にミスマッチがある。例えば、最近良く登場する案件形成調査（情報収集・確認調査）やプロジェクト技術協力の中で形成される「パイロット事業」の中でも、コンサルタント調達の指示書の段階で、「パイロット事業には中小企業支援事業で提案された日本の中小企業の技術を十分活用すること」という記載があるだけで、このような特殊機能がある製品が ODA の中で活用される機会は大きく向上すると考えられる。

②第三国研修の活用

第三国研修を使った技術の普及は、日本の中小企業の技術を世界に広げ、ODA プロジェクトのシーズを作るために非常に効果的な手法である。しかしながら、第三国研修案件形成のノウハウは未だコンサルタントにはなく、JICA 自身が持ちうるノウハウとなっている。本件でも第三国研修を使った養殖技術のデファクト形成を当初の段階から想定していたが、機械の故障や実験結果が芳しいものではなかったこともあり、途中からこの構想を断念せざるをえなくなった。

JICA フィリピン事務所は、普及・実証事業の当初から第三国研修による市場圏拡大の可能性を常に念頭に置き、これが適用できる優れた製品には同事務所の支援による第三国研修を企画・実行支援し、周辺国への普及の支援を行う可能性を検討して頂きたい。

③中小企業海外展開支援事業への応募企業・製品のデータベース化

本件のように浮島システムがプラットフォーム、太陽光パネル、コントロールボックス、エアリングの4つの独立可能なユニットとして個別にそのビジネスチャンスを検討することができる場合、それぞれ個別でみれば更に今回の浮島システムより優れた先進性のある製品を提案しているところがあるかもしれない。これらの情報を得ることができれば、製品を実験国の環境に合わせて改善していく場合も大きなヒントになる。例えば本件でもコントロ

ールボックスに子トカゲが入りこんだことでコントロールボックスの一部が機能不全に陥った苦い経験があるが、例えばこれを防ぐ塗装技術やより進んだ生物の侵入を防ぐための技術は（想定ではあるが）世の中に存在するものと考えられる。

その意味で本件の太陽光パネルの技術を始めとして、もし JICA の中小企業海外展開支援事業へ応募した企業の製品や技術がデータベース化されていれば、上述したパイロット事業への活用の他、各中小企業が自社の製品をより改良していく際の足がかりにもなり得るものとする。JICA はこれまで国内の中小企業によって提案されてきた製品やノウハウをデータベースにし（事業が採択されたか否かに関わらず）、これを可視化、公開することで ODA への活用に資する情報のプラットフォームを形成することも一案である。

以上