

インドネシア国

インドネシア国
アチェ州漁業コミュニティにおける
可搬型ソーラー冷却システムの活用にか
かかる基礎調査

業務完了報告書

2019年6月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

東京太陽光建材株式会社

民連
JR(P)
19-105

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

巻頭参考情報

写真



ジャクアラ大学調査チームとシステムパフォーマンス調査の進捗確認



ジャクアラ大学調査チーム、マグロ漁船オーナーと船上テストに向けた打ち合わせ



ウレチョ漁港にてマグロの水揚げ、品質査定の現場を見学



マグロ漁船への提案製品プロトコルの設置、仮デモンストレーションを実施



BAPPEDA 庁舎にて、市・州行政関係者向けにデモンストレーション・意見交換セッションを実施



Aminullah Usman バンダアチェ市長を表敬、提案製品導入への協力を取り付けた



Arif Fadhillah 市議会議長、Zainal Arifin 副市長を表敬し、提案製品を PR、協力を要請



ジャカルタ大学調査チームとマグロ漁船船長らと保冷容器改良にかかる検討



バンダアチェ市主催イベント「CoMU Fair」における提案製品の展示・デモンストレーション



PT YAKIN PASIFIK TUNA 社へのヒアリング及び意見交換



バンダアチェ市内、ランプロ漁港の地元市場の買取人へのヒアリング



ジャカルタ新魚市場にて鮮魚の流通状況などについて情報収集、ヒアリング



展示会「SolarTech Indonesia 2019」にて輸入ライセンスを持つ地元企業との情報交換

目次

		頁数
巻頭参考情報	写真	i
	目次	iii
	図表リスト	iv
	略語表	iv
要約	要約（和文）	v
	ポンチ絵（和文・英文）	x
はじめに		
	調査名	xii
	調査の背景	xii
	調査の目的	xii
	調査対象国・地域	xii
	調査期間、調査工程	xiii
	調査団員構成	xvi
第1章 対象国・地域の開発課題		
	1-1 対象国・地域の開発課題	1
	1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等	2
	1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針	2
	1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析	3
第2章 提案企業、製品・技術		
	2-1 提案企業の概要	5
	2-2 提案製品・技術の概要	5
	2-3 提案製品・技術の現地適合性	8
	2-4 開発課題解決貢献可能性	11
第3章 ビジネス展開計画		
	3-1 ビジネス展開計画概要	13
	3-2 市場分析	13
	3-3 バリューチェーン	17
	3-4 進出形態とパートナー候補	19
	3-5 収支計画	20
	3-6 想定される課題・リスクと対応策	21
	3-7 期待される開発効果	22
	3-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献	24
第4章 ODA 事業との連携可能性		
	4-1 連携が想定される ODA 事業	25
	4-2 連携により期待される効果	25

図表リスト

図表番号	題名	掲載ページ
図1-4	血抜き技術指導	4
図2-3-2-1	システムパフォーマンス調査時の提案製品のマグロ漁船上セッティングレイアウト	9
図2-3-2-2	航海後の保冷容器内	10
図2-3-2-3	航海後の鮮度査定	10
図2-3-2-4	船上保冷容器	11
図3-2-2	マグロ漁船に搭載された太陽光パネル	17
図3-3-2	想定される提案製品導入にかかるバリューチェーン	18
表1-4	アチェ州における漁業従事者数と漁獲量の推移	3
表2-2-2	提案製品の主要構成要素	6
表2-2-3	提案製品の比較優位性	7
表2-4	提案製品を通じた鮮度保持にかかる課題解決	12
表3-2-1	損益分岐点分析	15
表3-5-1	5年間の販売、原価、人員/組織計画	20
表3-5-2	5年間の事業計画	21
表3-7-3	インドネシア政府の電力開発目標	23

略語表

略語	正式表記	和称
AC	Alternate Current	交流電源
BAPPEDA	Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Development Planning Agency at Sub-National Level)	地方開発企画庁（本報告書においてはバンダアチェ市）
BKPM	Badan Koordinasi Penanaman Modal (Indonesia Investment Coordinating Board)	インドネシア投資調整庁
CoMU	Community-Based Mutual Reconstruction Acceleration Program by Utilization of Local Resources	住民主体での地域資源利活用による相互復興推進プログラム
DC	Direct Current	直接電流、直流電源
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国連食糧農業機関
FIT	Feed-in Tariff	固定買取価格制度
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GW	Gigawatt	ギガワット=10億ワット

HOPE	Higashimatsushima Organization for Progress and Economy, Education, Energy	一般社団法人 東松島みらいとし機構
I-FISH	Indonesian Oceanic Fisheries Development LLC.	インドネシア海洋水産総合開発合同会社
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
JV	Joint Venture	共同・合弁事業
KTP	Kartu Tanda Penduduk (Resident Identity Card)	住民登録証
kW	Kilowatt	キロワット＝千ワット
MG	Megawatt	メガワット＝百万ワット
MP3EI	Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (Masterplan for Acceleration and Expansion of Indonesia's Economic Development)	インドネシア経済開発加速・拡大マスタープラン 2011－2025
PLN	Perusahaan Listrik Negara (State Electricity Company)	国営電力公社
RPJMD	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (Local Government Medium Term (5 year) Development Plan/s)	中期開発計画（本報告書においてはアチェ州）
RUPTL	Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (Power Supply Business Plan)	10 年給電ビジネスプラン
TSBM	Tokyo Solar Building Materials Corporation	東京太陽光建材株式会社
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画

要約

第 1 章 対象国・地域の開発課題

1－1 対象国・地域の開発課題

2004 年のスマトラ沖大地震・インド洋津波がもたらした沿岸部の漁業コミュニティへの影響は甚大であった。アチェ州では、漁業従事者の 1 割に相当する 9 千名強の漁民が犠牲となったほか、2.3 万隻中 1 万隻強の漁船が全半壊し、55%の漁港が被災した。その結果、同州の生産セクターにおける被害総額の半分が漁業セクターに集中し、その規模は 6 億米ドルにもなったといわれる。

10 メートル以上の津波が押し寄せ、被害が集中した州都バンダアチェ市のムラクサ郡では、約 8 割の住民が犠牲となった。沿岸部住民の多くが自営漁業従業者であり、同郡ウレレ漁港の漁民の多くは、モーター駆動の木製小型漁船（4.5～5 トン級）に乗り、手釣糸のみを用いた伝統的な漁法によるマグロの一本釣りを主な収入源としているが、収益性は低迷している。釣果の大部分は、スマトラ島きっての国際輸出の玄関口であるベラワン港を有する北スマトラ州メダン市より買い付けに来る仲買業者へ低価格で一括売却せざるを得ない状況にある。

低価格の原因のひとつが、漁師のマグロ捕獲後の船上処理に関する知識・技術不足により水揚げまでに鮮度・品質を落としてしまうことにある。漁師の技術・設備投資不足を原因に、十分な鮮度保持ができず、捕獲漁業による収益性を最大化できていない状況は、アチェ州の漁業セクター全体が直面している課題である。州内の漁獲物の大半が低価格商材向けに北スマトラ州の州都メダンの商人の手に渡ってしまう。漁獲物の品質確保ができないことに加え、国際市場へのアクセスを有さないアチェ漁民の交渉力は限定的で、売り先を選ばず、バリューチェーン上の弱者の立場からなかなか脱却できない。バリューチェーンの上流は国内有数の国際港湾であるベラワン港と活発な製造業・輸出業を有するメダンのアクターに掌握され、アチェの漁業は従属的な地位を強いられており、漁業の復興は頭打ち状態にある。

1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

世界最大の列島国家であるインドネシアは、領域の3分の2を海が占め、10万km弱の海岸線を有するにも関わらず、漁業セクターの2014年のGDPへの貢献率は3.57%にとどまり、そのポテンシャルを發揮しきれていない。この状況に対し、2014年に発足したジョコウィ政権は、「海洋国家」構想を国家開発政策の柱に据え、水産業の競争力強化に注力している。海洋水産省のStrategic Plan 2015-2019では、2019年までに水産輸出を95億米ドル規模にする（6年間でほぼ倍増）という野心的な政府目標が掲げられた。

アチェ州政府も、経済復興の柱として漁業・水産加工業の振興を図っており、ランプロ国際漁港を中心に、マラッカ海峡に接する地理的位置を最大限に活用した国際海運ハブとしての地位確立、国際輸出の拡大を目指している。2011年に国家開発戦略として発表された15カ年の経済開発加速化・拡大マスタープラン（MP3EI）においても、同州の主要産業として海運が指定されており、MP3EIの指針に沿って地方開発企画庁（BAPPEDA）が策定した州の2012年～2017年の5か年間の中期開発計画

（RPJMD）においても鍵となる政策アジェンダとして貿易拡大が強調され、そのための設備のアップグレードに力を入れる方針が打ち出されている。これらの方針に基づき、アチェ州海事・漁業局による「Strategic Plan 2012-2017」においても、基本ヴィジョンとして「漁業セクターの産業化・高度化」が掲げられている。

1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針

JICA対インドネシア協力は、2016年12月に発足した「日インドネシア海洋フォーラム」を通じた海洋産業発展のための人材育成やインフラ整備に注力している。加えて、アチェ州においてJICAは、2004年のインド洋大津波被害直後から主要ドナーとして長年にわたり復興に寄り添ってきた。本提案事業は、海洋産業振興という二国間の新たなアジェンダに対するJICAの取り組み推進、そしてJICAの同地域における復興支援の協力の成果を更に深化・発展させることに寄与する。インドネシアの地方においてオフグリッド太陽光発電の開発を後押しし、零細漁民の経済的地位の向上や海洋資源の持続可能な活用促進に貢献する本提案事業は、我が国の対インドネシア協力における国別開発協力方針の3つの重点分野全て（「国際競争力の向上に向けた支援」「均衡ある発展を通じた安全で公正な社会の実現に向けた支援」「アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上に向けた支援」）に寄与するものである。

1-4 当該開発課題に関連するODA事業及び他ドナーの先行事例分析

震災後のアチェにおいては、多様なドナーが漁船や漁具の供与、施設のリハビリなどの支援を投入したことから、漁業セクターは徐々に復興を遂げ、同州の漁業従事者数、漁獲量はともに震災前のレベルへ回復している。一方で、支援はハード面の復旧に集中し、技術面は置き去りにされたことから、生産性の向上に結びついてないことが指摘されている。

HOPE は、2013 年から実施している JICA 草の根技術協力を通じたバンダアチェ市への復興支援において漁業を重点分野と位置付け、ムラクサ郡において、被災コミュニティの根幹を成す自営漁業事業者を対象に、漁業の収益性向上を目指した技術協力を展開してきた。そのなかで、漁獲物の鮮度維持技術向上のため、船上での漁獲物の処理スキル（締め、血抜きの手法等）の改善に取り組んできた。

第2章 提案企業、製品・技術

2-1 提案企業の概要

提案企業は、オフグリッド太陽光発電システムの設計・製造・施工・販売を専門とする。国内公共団体、民間事業者向けに年間約 2MW 規模のオーダーメイドの太陽光発電システムの提案・納入を行ってきており、顧客のニーズ、設置環境に応じた経済的なシステムを考案する技術・経験が競争力の中核である。

日本国内の太陽光発電市場は 2015 年以降縮小傾向にあり、今後も大幅な市場拡大は見込まれない一方、途上国地域の市場は今後も拡大していくとみられており、同市場への進出、展開を試みたい。提案企業はこれまで主に独立電源式（オフグリッド）のなかでも特に小型防災用電源等に特化してきたが、国内での需要は伸び悩んでおり、海外市場向けの事業転換が求められる局面を迎えている。本提案事業を足がかりとしてアチェ州内での需要発掘・販売拡大を図るとともに、オフグリッドソーラー応用製品の開発・販売拠点の確立を目指したい。

2-2 提案製品・技術の概要

今回の提案事業においては、提案企業の強みを活かし、ターゲットとして定めた漁業コミュニティのニーズに応じて、太陽光パネルと小型の DC（直接電流）冷却機を直接接続し断熱材にて保冷効果を高めた保冷容器内を冷却する「可搬型ソーラー冷却システム『Solar Cooler』」（総重量 34kg／可搬部 14kg）を設計した。小型木造マグロ漁船に本システムを直接搭載することを想定。航海中に船首甲板上に太陽光パネルを設置し、冷却機によりマグロの鮮度保持に理想とされる 1°C~3°C の冷却水を保冷容器内に生成し、水温を均一に保ちながら鮮度劣化を防ぐ。

比較優位性としては、国内大手メーカーのアウトレット品の太陽光パネルを活用し、システム全体を直流電源（DC）仕様にするすることで、低コスト化を実現した点が挙げられる。また、冷却機と保冷容器は一体型で移動・運搬が可能であり、寄港後はトラックなどの陸上運搬車に積み替え、自動車の 12V シガーソケットに接続しなおすことによって保冷・適温管理を継続できるため、漁場から冷蔵施設までの低温流通をカバーできる。

2-3 提案製品・技術の現地適合性

第 1 回現地調査以降、現地備人（シャクアラ大学工学部調査チーム）を通じて実施しているシステムパフォーマンス調査の陸上テストの成果として、交流電源での接続で、室内では 0°C まで、屋外でも 3~

5°Cまで水温を下げる事ができており、日本で実施した計測とほぼ遜色ない冷却効果が確認できた。他方、冷却機を太陽光パネル（DC（直接電流））に接続し、運転状況・冷却能力を確認する陸上テストにおいて、日中の充電不足により、夜間バッテリーの残量が空になるケースが報告された。この解決策として事前冷却が提案され、2回の船上テストを通じ、その有効性が確認された。また、10日間前後のマグロ漁航海を通じて保冷容器内の水温を適温に保ち、釣果の鮮度を適切に保持できることが確認できた。

2-4 開発課題解決貢献可能性

マグロの適切な鮮度保持を行うためには、捕獲後の迅速な冷却と水揚げまでの保冷が必須となる。しかし現状として、ウレレ漁港の漁船には備え付けの保冷容器と氷柱以外の冷却・保冷設備はなく、氷柱の冷却能力が十分でないために捕獲から水揚げまでに鮮度が劣化し、商品価値が下がっている。この現状に対するソリューションとして提案製品をマグロ漁船に搭載すると、氷柱購入にかかる固定費を抑えたいうえて、追加的な燃料コストなしで船上での漁獲物の適切な温度管理（冷却水の使用）が可能となる。漁師の船上処理スキルの向上と、冷却水による冷却・保冷設備を掛け合わせることによって販売価格の1~3割増と輸出向けの高品質マグロの安定確保が効果として得られることが想定でき、地震・津波被害で大打撃を受けた漁業コミュニティの経済的エンパワメントにつながる。

第3章 ビジネス展開計画

本調査実施期間中には、輸出入取引の相手となりうる現地企業が特定できなかったため、また提案製品もまだプロトタイプ段階であり、更なる改良を要するため、残念ながら調査後の取引開始は叶わないが、海外市場への進出は提案企業にとって必須命題であるため、まずは強みであるアウトレットパネルなどの材料の販売から始めるなどして現地関係者との関係を継続していきたい。

提案製品の販売が実現した場合について現時点では、販売提携契約を中心とした事業モデルを想定している。提案企業の強みであるアウトレット太陽光パネルや保冷機をジャカルタ等の現地企業を通じて日本より輸出し、バンダアチェ市にて現地販売代理店が組み立てたシステムを販売するとともに、現地人材への技術指導を行いながら品質管理やメンテナンスなどのアフターサービスの体制を整備する。また、保冷容器を含む部材の現地調達を段階的に増やし、現時点での想定価格（システム全体で約35万円）に対し、最終的にはセット価格で25万円までの低価格化を目指したい。

顧客としては漁船のオーナーが現時点で最も有力である。ターゲット市場としては、まず本調査の対象であるウレレ漁港の小型マグロ漁船へ試験的導入を実施し、これを呼び水として徐々に州内小型漁船への販売網を構築していきたい。中期的には、州内のカツオ巻き網船やコーラルフィッシュ、エビを獲るコミュニティにもアプローチしうる。提案製品のニーズは州外にも広く存在することから、長期的には全国展開も念頭に入れうる。

初期計画での想定は、バンダアチェ市に所在する企業や団体を販売代理店と見込んでいたが、直接輸入が可能なパートナー候補が見つけれなかったことから、ジャカルタでの調査にて発掘したコンテナ単位での輸入に要する資金、経験を有する輸出先候補企業との関係構築に取り組んでいきたい。

販売協力先としては、現地の水産仲買・輸出業者を検討している。鮮度保持の向上は仲買業者の

収益増加にも直結するため、互恵関係構築が期待できる。また、既存のマグロの取引関係を活用して商流、販売網を構築したい。

提案製品の導入により期待される開発効果としては、アチェ州の①漁業コミュニティの振興、②水産輸出振興の後押しへの貢献が挙げられ、間接的開発効果として③再生可能エネルギーの活用促進が期待できる。①に関し、漁船に冷却水による冷却・保冷設備を追加することによって、販売価格の1～3割増と釣果の品質の安定確保が見込まれ、地震・津波被害で大打撃を受けた漁業コミュニティの経済的エンパワメントにつながる。この鮮度保持革命を広範囲に広げることができれば、州内7万人超の漁業従事者の収益向上に貢献できる。②に関し、州内漁船の約9割を占める小型漁船(5トン以下)、半数を占める釣針・釣糸を使用した漁法の画期的改善をもたらす本提案製品は、国際市場のニーズに叶う漁獲物の品質を州内で確保することを可能にしうることから、アチェ州がメダン市ベラワン港への依存から脱却し、州内ランプロ港からの水産物の国外輸出の本格化を実現するための一助となりうる。③に関し、現地への技術移転や人材育成を見据えている本提案事業を通じて、オフグリッドの太陽光発電のノウハウを現地に根付かせることにより、未電化地域への電力アクセスの向上に貢献できる可能性も見込まれる。

日本国内経済への貢献としては、国内太陽光発電市場において需要の大幅縮小が課題となっているところ、本事業を通じてインドネシア市場における太陽光発電システムの需要を掘り起こすことにより、国内メーカーの新規販売先拡大に寄与できる。更に、盛況に推移した市場の副産物として、太陽光パネルのリユースやリサイクル、リプロダクトが課題となっているところ、インドネシア市場での活用が見込まれれば、国内メーカーの保有する大量の使用可能な在庫の途上国でのリユース/リプロダクト活用例を示すことができ、新規販路の確保・拡大につながる。加え、地域活性化への貢献としては、本事業の推進においてパートナーシップを結んでいるHOPEが実施する東松島市とバンダアチェ市の「相互復興」の取り組みの持続可能性担保や現地アクターの能力強化に貢献する。

第4章 ODA 事業との連携可能性

第一に、JICAとHOPEが2013年以降、草の根技術協力2フェーズにわたって取り組んできた東松島市との相互学習を通じたバンダアチェ市ムラクサ郡の被災コミュニティの復興との相乗効果が期待できる。草の根技術協力で実施している漁業専門家による技術指導がもたらし得る漁獲物の品質向上には限界があるため、提案製品を通じた設備のアップグレードにて補完することにより、開発効果の相乗効果が見込める。

インドネシアにおける既存のODA事業との連携としては、技術協力プロジェクト「官民協力による農産物流通システム改善プロジェクト」、無償資金協力「離島における水産セクター開発計画」が可能性として挙げられる。提案製品の活用がもたらしうる開発効果として、前者については同プロジェクトが目指す生産流通システムの近代化、後者については水産物の高付加価値化や島外への水産物の流通等の整備への貢献が想定できる。

JICA 中小企業海外展開支援「普及・実証・ビジネス化事業」の形成の可能性について模索するため、本調査中にバンダアチェ市役所関係部署や市長、副市長、市議会議長等の上層部に対し積極的な働きかけを行い、好意的な反応を得たが、現時点で市行政側から具体的なアクションは得られていないことから、事業形成は少なくとも短期的には困難であると判断した。

インドネシア国

アチェ州漁業コミュニティにおける可搬型ソーラー冷却システムの活用にかかる基礎調査

企業・サイト概要

- 提案企業：東京太陽光建材株式会社
- 代表企業所在地：東京都多摩市
- サイト：インドネシア国アチェ州バンダ・アチェ市

- 提案製品：
「可搬型ソーラー冷却システム」
- ・構成要素
 - ① 太陽光パネル
 - ② DC(直流電源)冷却機
 - ③ 保冷容器
 - ・特徴
 - 太陽光駆動、可搬型、低コスト



インドネシア国アチェ州の開発課題

- アチェ州では、2004年のスマトラ沖大地震及びインド洋津波により、主要産業である漁業が壊滅的な被害を受けた。漁獲エリアではマグロ・カツオが回遊するが、被災コミュニティの根幹を成す小規模漁業者は、技術・設備不足を原因に、漁獲物の鮮度保持が十分にできないことから釣果を安価に売却せざるを得ず、低収益な漁業から脱却できずにいる。
- また、州としても復興政策の柱として水産輸出の振興を掲げているが、州内捕獲漁業の品質レベルが追いついていない。

中小企業の製品・技術

- 提案企業の「可搬型ソーラー冷却システム」は、捕獲後の船上での冷却・保冷、陸上運送時の適温管理を可能にし、鮮度保持の画期的改善をもたらす。
- 提案企業の強みである「アウトレットパネル」を活用し、低コストでの太陽光発電を可能にすること、また、DC直流電流を利用することで(AC交流電源への変換が不要なため)大幅なコストダウンが実現する。

日本の中小企業の事業戦略

- 提案企業の強みであるアウトレットパネルや保冷機を日本から輸出入ベースで提供し、バンダ・アチェ市にて組み立てたシステムを販売代理店を通じて販売するとともに、現地人材への技術指導を行いながら品質管理を行う。
- 同時に、システムの部材の現地調達を段階的に増やし、30%のコストダウンを目指す。
- 将来的には、現地製造販売拠点の設置と現地ブランド化販売を目指す。

中小企業の事業展開を通じて期待される開発効果

- 対漁業コミュニティ：冷却機使用により、氷柱購入費を大幅に削減できる。また、漁獲後の急速冷却と水揚げまでの保冷を実現することにより、売値の10~30%増が見込まれる。これにより、州内8万人規模の漁業コミュニティの経済的エンパワメントが期待できる。
- 対アチェ州水産業振興：品質基準を満たす輸出商材の劇的な供給量増加が見込まれ、水産輸出業の離陸を後押しすることができる。

Small and Medium-sized Enterprise Partnership Promotion Survey
Survey on Utilizing Solar-Powered Portable Cold Storage System for the Fishing Communities
in Banda Aceh City, Indonesia

SMEs and Counterpart Organization

- Name of SME: Tokyo Solar Building Materials Corporation (TSBM)
- Location of SME: Tokyo, Japan
- Survey Site: Banda Aceh City, Aceh Province, Indonesia

Proposed Product:

“Solar Cooler,”

consisted of:

- Solar panel
- DC powered cooling devise
- Cooling box container



Concerned Development Issues

- Fisheries sector in Aceh Province was devastated by earthquake and tsunami in the Indian Ocean off Sumatra in 2004. Despite the ample supply of tuna, small-scale fisheries remain unprofitable due to lack of skills and facility to preserve freshness of the catch on the fishing boats.
- The province aims to promote export of fish products, but the level of quality of the capture fisheries within the province remains insufficient.

Products and Technologies of SMEs

- TSBM’s “Solar Cooler” brings about substantial improvement in freshness preservation of the catch by enabling rapid cooling and cool-retention on the fishing boats after the capture all the way to any destination.
- The cost of solar power generation is dramatically reduced through utilizing the outlet solar panels, as well as DC powered system (eliminating the expensive AC converter).

Business Sustainability

- Our strengths such as outlet solar panels and DC powered cooling devises will be imported from Japan, and the systems will be assembled locally and sold through local agents. Quality control will be achieved through technical transfer from TSBM directly to local human resources.
- Local procurement of system components will be increased over time, aiming at cost reduction by 30%.
- We aim at establishing local manufacturing and sales base and localizing the product brand in the future.

Expected Impact

- For the fishing communities: Reducing the running cost for fishing and improving the selling price of the fish by 10% to 30%, which can achieve economic empowerment for 80,000 fishermen in Aceh Province.
- For the fisheries sector of Aceh: Increasing the supply in the export-quality fish can boost the province’s export industry

はじめに

1. 調査名

インドネシア国アチェ州漁業コミュニティにおける可搬型ソーラー冷却システムの活用にかかる基礎調査

Survey on Utilizing Solar-Powered Portable Cold Storage System for the Fishing Communities in Banda Aceh City, Indonesia (SME Partnership Promotion)

2. 調査の背景

インドネシア国は世界第2位の長い海岸線及び世界第3位の排他的経済水域を保有し、豊富な海洋水産資源に恵まれている。同国海洋水産省の Strategic Plan (2015-2019) では、2019年までに水産輸出額を95億米ドル規模にするという目標が掲げられており、水産業は今後も高い成長が期待されている。

特にアチェ州では、アチェ州の5か年間中期開発計画(2012~2017)において、政策アジェンダとして貿易拡大が掲げられており、また、アチェ州海事・漁業局による Strategic Plan (2012-2017) においても、基本ビジョンとして「漁業セクターの産業化・高度化」が掲げられている。

一方、アチェ州バンダアチェ市ムラクサ郡では、手釣糸のみを用いた伝統的な漁法によるマグロの一本釣りが行なわれており、その収益性は低迷している。釣果は仲買業者へ売却しているが、漁船に十分な冷却・保冷設備が備わっていないため鮮度が適切に保持されておらず、鮮度査定に基づく価格査定において輸出向け鮮魚商材の高グレードをなかなか獲得できず、缶詰工場あるいは一酸化炭素ガス処理用の低グレードで買い取られることが多い。さらに、鮮度査定で低評価を受けたマグロ、鮮度劣化が目視で確認できる査定対象外のマグロ、サイズ不足のマグロなどは、地元消費用に低価格で売り叩かざるを得ない状況である。また、市場へのアクセスや有効な輸送手段が乏しいアチェ州零細漁民の交渉力は限定的であり、豊富な水産資源が必ずしも地元の漁業者の生計向上に寄与できていない状況である。

零細漁民の生計向上や捕獲漁業の発展のためには、鮮度保持を適切に行い、交渉力を高めることが喫緊の課題である。

本調査においては、受注者が有する「可搬型ソーラー冷却システム」の現地適合可能性の確認を行い、ODA事業との連携可能性及びビジネス展開にかかる検討を行うことを目的としている。

3. 調査の目的

提案製品・技術の導入による開発課題解決の可能性及びODA事業との連携可能性の検討に必要な基礎情報の収集を通じて、ビジネス展開計画が策定される。

4. 調査対象国・地域

インドネシア国アチェ州バンダアチェ市、北スマトラ州メダン市、ジャカルタ等

1 鮮度がすでに落ちている魚に一酸化炭素ガスを魚に注入することで黒くなった身を赤くみせる処理。人体にも有害であるため日本を含め多くの国で禁止されているが、アメリカのみ輸入が可能(ただし第3国経由)。米国は牛肉に同じような処理をしているため認めざるを得ない背景がある)

5. 契約期間、調査工程

・契約期間

2018年6月22日～2019年7月31日

・調査工程

訪問先	調査項目・活動内容
第1回現地調査（2018年7月22日～28日）	
NATURA 電気店	・現地調達可能な部材の性能及び価格帯の確認
BAPPEDA 事務所	・市として計画中の太陽光発電関連の事業について聴取 ・BAPPEDA 庁舎屋上の太陽光発電システム視察 ・州政府、市役所関係者向けのデモンストレーション及び質疑応答・意見交換セッションの実施
UD NAGATA TUNA 社 (マグロ仲買・輸出業者)	・提案製品プロトコルのデモンストレーション実施及びコメント聴取、今後の協力・連携についての議論 ・漁獲物の鮮度保持の現状及び改善のための現地ニーズについての聴取 ・マグロの買取、加工、輸出にかかるバリューチェーンの現状について聴取
ジャクアラ大学工学部研究室	・現地傭人を通じて実施中のパフォーマンステストの進捗確認、課題の特定と解決策模索のためのディスカッション ・保冷容器の現地製造に向けたディスカッション
ウレレ漁港	・マグロ水揚げの見学、漁獲量、メダンの仲買業者との取引状況の確認 ・マグロ漁船への機材の設置、適切なレイアウトの模索 ・船上での仮デモンストレーションの実施
PT YAKIN PASIFIK TUNA 社 (魚加工・輸出業者)	・漁獲物の鮮度保持の現状及び改善のための現地ニーズについての聴取 ・マグロの買取、加工、輸出にかかるバリューチェーンの現状について聴取
ゴミ処理場	・バンダアチェ市役所環境部職員の案内のもと、来期予算にて申請中の太陽光発電システム設置予定敷地を見学
インドネシア海洋水産総合開発合同会社 (I-FISH)	・漁獲物の鮮度保持の現状及び改善のための現地ニーズについての聴取 ・マグロの買取、加工、輸出にかかるバリューチェーンの現状について聴取 ・提案製品の導入にかかるパートナーシップの形成可能性についての議論

訪問先	調査項目・活動内容
第2回現地調査（2018年9月19日～25日）	
シャクアラ大学工学部研究室	・現地備人を通じて実施中のパフォーマンステストの進捗確認、課題の特定と解決策模索のためのディスカッション
BAPPEDA 事務所	・ Gusmeri 長官への提案製品及び現地調査の進捗・予定についてのブリーフィング ・提案製品導入にかかる市としての関与・協力について協議。
ウレレ漁港	・バンダアチェ市役所農水産部の行政官2名（Amir 氏、Zul 氏）、UD. NAGATA TUNA 社アドバイザー（五十嵐氏）の立会いのもと、漁師4名へマグロおよびコーラルフィッシュ漁にまつわる現状について聴取調査を実施 ・マグロ漁船オーナー（Zaidi 氏）とのマグロ航海中の船上パフォーマンステストに向けた打ち合わせ
市内電気屋	・現地調達可能な部材の性能及び価格帯の確認
UD NAGATA TUNA 社	・同社の鮮度保持技術向上のための活動についてヒアリング ・提案製品導入に向けたコメント聴取、連携・協力の可能性について議論
PT YAKIN PASIFIK TUNA 社（魚加工・輸出業者）	・同社ビジネスの近況についてヒアリング ・加工工場の見学
シャクアラ大学	・同学55周年記念イベントへ来賓として参列。Bahagia バンダアチェ市行政長官と昼食をともにし、提案商品の導入及び本調査への協力を要請
バンダアチェ市役所	・ Aminullah Usman バンダアチェ市長、Arif Fadhillah 市議会議長、Zainal Arifin 副市長を表敬し、調査の進捗を報告するとともに、提案製品を PR、協力を要請

訪問先	調査項目・活動内容
第3回現地調査（2018年12月21日～27日）	
Taman Bustanussalatin 広場	・バンダアチェ市役所主催イベント「CoMU Fair」にて現地備人とともに提案製品プロトコルの展示、デモンストレーション、来賓への活動紹介 ・実施中のパフォーマンステストの進捗確認、課題の特定と解決策模索のためのディスカッション、現行契約終了後の調査継続についての現地備人との協議 ・UD NAGATA TUNA 社（マグロ仲買・輸出業者）へのパフォーマンステスト中の鮮度査定結果についてのヒアリング、提案製品の改良、現地での展開等についての議論

ウレレ漁港	<ul style="list-style-type: none"> ・マグロ漁船オーナー、船長、乗組員、フィールド調査員へのパフォーマンステストの進捗、マグロ航海中の使用感などについてのヒアリング ・マグロ漁船オーナーとの今後の展開についての協議 ・現地傭人との保冷容器改良にかかる漁船上での検討 ・同漁師コミュニティへマグロの鮮度保持にかかる技術協力をを行う宮城県東松島市の漁業従事者からの意見聴取
ランプロ漁港	<ul style="list-style-type: none"> ・バンダアチェにおける鮮魚の現地市場調査 ・バンダアチェ現地の仲買人へのヒアリング
PT YAKIN PASIFIK TUNA 社（魚加工・輸出業者）	<ul style="list-style-type: none"> ・新工場の建設現場訪問 ・新工場を通じたビジネスプラン（マグロの需要増、求められる品質、想定される買取価格など）についてのヒアリング

訪問先	調査項目・活動内容
第4回現地調査（2018年3月26日～4月4日）	
バンダアチェ市役所	<ul style="list-style-type: none"> ・調査の成果報告 ・CoMU 協同組合への太陽光パネル引渡し、今後の協力体制についての協議、合意形成
シャクアラ大学調査チーム	<ul style="list-style-type: none"> ・パフォーマンステストの結果分析 ・現行契約終了後の提案製品の改良・実証継続についての協議、合意形成
ウレレ漁港	<ul style="list-style-type: none"> ・マグロ漁船オーナーへの船上パフォーマンステストの結果報告、提案製品に対するフィードバックの聴取 ・マグロ漁船オーナーへの提案製品プロトコルの引渡し ・現行契約終了後の提案製品の改良・実証継続へのマグロ漁船オーナーの協力について協議、合意形成
UD NAGATA TUNA 社 （マグロ仲買・輸出業者）	<ul style="list-style-type: none"> ・提案製品に対するフィードバックの聴取 ・同社のマグロ漁における人材育成への投資状況、ジャカルタ市場への参入状況などについてヒアリング
JICA 事務所	<ul style="list-style-type: none"> ・調査の成果報告、コメント聴取
JETRO 事務所	<ul style="list-style-type: none"> ・提案製品や事業展開計画についてのコメント聴取 ・輸入関税に関する情報収集への協力依頼 ・輸出先候補の現地企業とのマッチング依頼 ・太陽電池関連市場についての情報収集
海洋水産省	<ul style="list-style-type: none"> ・JICA 水産政策アドバイザーより提案製品や事業展開計画についてのコメント聴取 ・インドネシア全体の漁業水産分野の開発、政策などについてヒアリング

太陽電池関連の展示会 「SolarTech Indonesia 2019」	<ul style="list-style-type: none"> ・インドネシア国内市場における太陽光パネルの価格帯についての調査 ・輸出先候補の企業発掘、ネットワーキング
---	--

6. 調査団員構成

企業・団体名	役割	氏名	担当業務
東京太陽光建材株式会社	提案製品の現地適合性を確認し、今後のビジネス展開計画を策定する。	金香 佑典	業務主任/事業計画策定
		塩田 智絵	ビジネス展開計画にかかる情報収集・分析
		木村 浩樹	製品の現地適合性調査/分析
シャープ株式会社 (補強)	提案製品の現地適合性を確認し、システム改良を行う。	出射 三郎	システム改良
東松島みらいとし 機構(外部人材)	現地活動の調整、調査計画詳細の策定、現地ステークホルダーとの調整・関係強化、ODA 案件化検討を行う。	大村 道明	チーフアドバイザー/調査計画策定
個人(外部人材)		伊東 和希子	漁業コミュニティ調査
個人(外部人材)		小熊 千里	先方政府との連携/ODA 案件化検討/開発課題・開発効果の調査・分析

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1 対象国・地域の開発課題²

2004年のスマトラ沖大地震・インド洋津波は人類史上最悪の被害をもたらしたといわれているが、特に人的・物的被害の集中した沿岸部の漁業コミュニティへの影響は甚大であった。アチェ州では、漁業従事者の1割に相当する9千名強の漁民が犠牲となったほか、2.3万隻中1万隻強の漁船が全半壊し、55%の漁港が被災した。その結果、同州の生産セクターにおける被害総額の半分が漁業セクターに集中し、その規模は6億米ドルにもものぼったといわれる。

10メートル以上の津波が押し寄せ、被害が集中したバンダアチェ市ムラクサ郡では、約8割の住民が犠牲となった。半数の住宅や建物が半壊・全壊した沿岸2キロのエリアは一律居住禁止区域に定められ、高台への集団移転が進められたが、災害リスクの高い沿岸部での生活を継続し、かつ定住意思を強く持ち続けている沿岸部住民の多くが自営漁業従業者である。同郡ウレレ漁港の漁民の多くは、モーター駆動の木製小型漁船(4.5~5トン級)に乗り、手釣糸のみを用いた伝統的な漁法によるマグロの一本釣りを主な収入源としているが、収益性は低迷している。釣果の大部分(水揚げ後の品質査定A~Cグレード)は、スマトラ島きつての国際輸出の玄関口であるベラワン港を有する北スマトラ州メダン市より買い付けに来る仲買業者へ低価格で一括売却しており、用途としては主に缶詰工場や米国向けステーキ用(一酸化炭素ガス処理)、バンコク向けシーチキン用、台湾向けペットフード用などの低価格帯の商品用に回されることが多い。鮮度劣化が著しいマグロ(水揚げ後の品質査定でD以下のグレード)は、バンダアチェ市内のランプロ港へ地元消費か加工品用に低価格で売り叩かざるを得ない。

低価格の原因のひとつが、漁師のマグロ捕獲後の船上処理に関する知識・技術不足により水揚げまでに鮮度・品質を落としてしまうことにある。バンダアチェにおけるマグロの漁法は、東部インドネシアのピトゥン、シボルガ、アンボンなどの主要な漁場に比べて10年遅れているといわれている。これらの都市では、バリなどに拠点を構える日本企業が古くから数多く活動し、船上での鮮度保持のための処理の実践や設備投資が徹底されている。バンダアチェの漁師の間でこのような鮮度保持処理の実践が根付かない理由としては、インドネシア国内の他の漁場に比べてまだまだ産業としての規模が小さく、買い手が少ないことが挙げられる。例えばアンボンなどには、ミンチフィッシュボールや魚のえさ用に、マグロの骨やはらわたなどにも買取業者が存在し、マグロの全部位の流通が完成している。よってアンボンの漁師にとって適切な船上処理を行うことは、マグロ本体の品質を高めて高く買い取ってもらうことにつながり、かつマグロの総重量の15%を占めるはらわたや骨にも価格が付くため、メリットが高い。他方、市場がそのような発展を遂げていないバンダアチェの漁師は、少しでも釣果の重量を上げることが収入アップの方法になるため、鮮度保持を行うインセンティブが働かない。もうひとつの理由としては、主要な買取先であるメダンの業者が、全グレード単一価格の全量買取で古くからマグロを安く買い叩き続けていることが挙げられる。バンダアチェ現地には、海外輸出のための高品質マグロ(生食用)を求める仲買業者が存在するが、輸出産業が発展途上であることから、買い取ることのできる量が限られる上に後払いとなる。また、B以上の高いグレードのみの買取りとなるため、常時現金払いにて一括買取が可能なメダンの

² ・NAGA(2006)“Fisheries Rehabilitation in Post-Tsunami Aceh,” World Fish Center Quarterly Vol.29 No. 3&4

・Jansen(2005)“Study on the Post-tsunami Rehabilitation of Fishing Communities and Fisheries-based Livelihoods in Indonesia, ICSF.

上記に加え、仲買業者への聴取調査より。

業者の資金力には対抗できない現状がある。

漁師の技術・設備投資不足を原因に、十分な鮮度保持ができず、捕獲漁業による収益性を最大化できていない状況は、アチェ州の漁業セクター全体が直面している課題である。州内の漁獲物の大半が州内・国内消費に流れるか、北スマトラ州の州都メダンの商人の手に渡ってしまう。漁獲物の品質確保ができないことに加え、国際市場へのアクセスを有さないアチェ漁民の交渉力は限定的で、売り先を選ばず、バリューチェーン上の弱者の立場からなかなか脱却できない。その背景としては、30年以上にわたるアチェでの独立闘争の影響で漁業セクターの開発が阻害され続け、州内の漁業インフラ整備、産業開発が遅れたことが指摘できる。この結果、バリューチェーンの上流は国内有数の国際港湾であるベラワン港と活発な製造業・輸出業を有するメダンのアクターに掌握され、アチェ州の漁業は従属的な地位を強いられており、漁業の復興は頭打ち状態にある。

1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等³

世界最大の列島国家であるインドネシアは、領域の3分の2を海が占め、10万km弱の海岸線を有するが、漁業セクターの2014年のGDPへの貢献率は3.57%にとどまり、そのポテンシャルを發揮しきれていない。この状況に対し、2014年に発足したジョコウィ政権は、「海洋国家」構想を国家開発政策の柱に据えた。女性企業家のスシ海洋水産大臣を起用し、水産業の競争力強化に注力している。海洋水産省のStrategic Plan 2015-2019では、2019年までに水産輸出を95億米ドル規模にする（6年間でほぼ倍増）という野心的な政府目標が掲げられた。同省への予算配分は2015年に前年比80.6%増、2016年に31.4%増となり、主要漁港に頼らず地方から水産輸出を可能にするためのインフラ投資、品質確保のための冷凍設備の整備が急がれている。

アチェ州の復興では、仙台防災枠組の優先行動として採択された「より良い復興」(Build Back Better: BBB)の概念が先駆けて提唱され、現在でもその取り組みは続いている。州政府は、経済復興の柱として漁業・水産加工業の振興を図っており、その一環として2006年に開発開始、2014年に開港となったランプロ国際漁港を中心に、マラッカ海峡に接する地理的位置を最大限に活用した国際海運ハブとしての地位確立、国際輸出の拡大を目指している。

2011年に国家開発戦略として発表された15カ年の経済開発加速化・拡大マスタープラン(MP3EI)においても、同州の主要産業として海運が指定されており、MP3EIの指針に沿って地方開発企画庁(BAPPEDA)が策定した州の2012年～2017年の5カ年の中期開発計画(RPJMD)においても鍵となる政策アジェンダとして貿易拡大が強調され、そのための設備のアップグレードに力を入れる方針が打ち出されている。これらの方針に基づき、アチェ州海事・漁業局による「Strategic Plan 2012-2017」においても、基本ヴィジョンとして「漁業セクターの産業化・高度化」が掲げられている。

1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針

JICAは、水産分野において、「水産バリューチェーン構築」を重点分野のひとつに挙げ、市場が求める水産物のニーズに合致した生産を支援することを通じ、経済成長と雇用・所得の増加への貢献を目指している。対インドネシア協力においても、2016年12月に発足した「日インドネシア海洋フォーラム

³ ・California Environmental Associates (2015) “Indonesia Fisheries: 2015 Review”
・Rencana Strategis Dinas Kelautan dan Perikanan Aceh 2012-2017, Dinas Kelautan dan Perikanan Aceh

ム」を通じて海洋産業発展のための人材育成やインフラ整備に注力しており、これらの方針は、本提案事業の目的及びアプローチに合致している。また、2017年1月に発表された「戦略的パートナーシップの強化に関する日・インドネシア共同声明」においても、岸外務副大臣とスシ海洋水産大臣の会談においても、海洋産業振興の協力の対象としてアチェ州（サバン）が挙げられている⁴。加えて、同州において JICA は、2004 年のインド洋大津波被害直後から UNDP や世界銀行と並ぶ主要ドナーとして長年にわたり多様なスキームを駆使しながら復興に寄り添ってきた。本提案事業は、海洋産業振興という二国間の新たなアジェンダに対する JICA の取り組み推進、そして JICA の同地域における復興支援の協力の成果を更に深化・発展させることに寄与する。なお、JICA はエネルギー分野の課題別指針において、オフグリッドについては民間との連携強化や民間ベースの協力への側面支援を展開していくとの協力方針を示しており、JICA が提案企業との連携を通じてオフグリッド太陽光発電の展開を支援する妥当性は高い。

また、インドネシアの地方においてオフグリッド太陽光発電の開発を後押しし、零細漁民の経済的地位の向上や海洋資源の持続可能な活用促進に貢献する本提案事業は、我が国の対インドネシア協力における国別開発協力量針の3つの重点分野全て（「国際競争力の向上に向けた支援」「均衡ある発展を通じた安全で公正な社会の実現に向けた支援」「アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上に向けた支援」）に寄与するものである。

1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

震災後は、国連食糧農業機関 (FAO) による漁業セクターの被害状況についての多くの調査が実施され、これに基づき、約 3,000 万円を投じたアジア開発銀行を筆頭に、多様なドナーが漁船や漁具の供与、施設のリハビリなどの支援を投入したことから、漁業セクターは徐々に復興を遂げ、同州の漁業従事者数、漁獲量はともに震災前のレベルへ回復している。一方で、支援はハード面の復旧に集中し、技術面は置き去りにされたことから、下表からも見てとれるように、生産性の向上に結びついていないことが指摘されている。

表 1-4：アチェ州における漁業従事者数と漁獲量の推移

年	漁業従事者数	漁獲量	1名あたりの漁獲量
2012年	64,466人	145,834トン	約2.26トン
2013年	73,731人	155,270トン	約2.1トン
2014年	74,719人	159,487トン	約2.13トン

(Aceh Investment and Promotion Board (2016) ACEH INVESTMENT PROFILE 2016
に基づき JICA 調査団作成)

HOPE は、2013 年から実施している JICA 草の根技術協力を通じたバンダアチェ市への復興支援⁵において漁業を重点分野と位置付け、約 8 割の住民が犠牲となった沿岸部のムラクサ郡において、被災コミュニティの根幹を成す自営漁業事業者を対象に、漁業の収益性向上を目指した技術協力を展開してき

⁴ 外務省ホームページ「日・インドネシア首脳会談」より

⁵ フェーズ 1：2013 年 10 月～2016 年 3 月「バンダアチェ市と宮城県東松島市における住民主体での地域資源利活用による相互復興推進プログラム」、フェーズ 2：2016 年 1 月～2019 年 1 月「バンダアチェ市と東松島による相互復興：地域防災のためのコミュニティ経済活性化モデル構築事業」

た。そのなかで、漁獲物の鮮度維持技術向上のため、バンダアチェからの地元漁師の東松島への派遣、東松島の漁師のバンダアチェへの派遣を繰り返すことによって、東松島の捕獲漁業の知見共有、現場指導を通じ、船上での漁獲物の処理スキル（締め、血抜きの手法等）を改善してきた。



図1－4：血抜きの技術指導

第2章 提案企業、製品・技術

2-1 提案企業の概要

- ・法人名 東京太陽光建材株式会社
- ・所在地 東京都多摩市落合 1-15-2 多摩センタートーセイビル 3F
- ・設立年月日 2010年11月10日

提案企業は、オフグリッド太陽光発電システムの設計・製造・施工・販売を専門とする。国内公共団体、民間事業者向けに年間約2MW規模のオーダーメイドの太陽光発電システムの提案・納入を行ってきており、顧客のニーズ、設置環境に応じた経済的なシステムを考案する技術・経験が競争力の中核である。

日本国内の太陽光発電市場は2012年に施行された固定買取価格制度（FIT）を一つの契機として大きな盛況を見せ、2014年には過去最高年間導入量9.4GWを記録したが、その後、買取価格の段階的な引き下げにより、2015年には9.2GW、2016年には7GWと2年連続で減少し、縮小傾向にある。今後も大幅な市場拡大は見込まれず、年間5GW前後の導入量にて推移していくとの予測である。一方で、世界全体の太陽光発電市場は2015年の導入量50GWから着実に拡大するとみられており、2020年には70GW～110GW程度まで拡大するとの予測もある⁷。国内市場においては需要が大幅に縮小しているなか、特に途上国地域の市場は今後も拡大していくとみられており、同市場への進出、展開を試みたい。

提案企業はこれまで主に独立電源式（オフグリッド）のなかでも特に小型防災用電源等に特化してきたが、国内でのニーズは10～20kW程度の一部の避難所等に限られ、そこにある程度の普及がなされたことから需要は伸び悩んでおり、海外市場向けの事業転換が求められる局面を迎えている。本提案事業を足がかりとしてアチェ州内での需要発掘・販売拡大を図るとともに、オフグリッドソーラー応用製品の開発・販売拠点の確立を目指す。将来的にはバンダアチェ市の地理的好条件を活かし、インドネシア市場で販売実績を積んだ製品をアジア・中東地域へ展開することも視野に入れた新たな事業展開を試みたい。

2-2 提案製品・技術の概要

2-2-1 ターゲット市場

電源の確保が困難な場所／場面での可搬型冷蔵システム市場をターゲットとしている。国内の既存市場では電源の確保が難しい緊急停電時の防災用品市場、山林などのアウトドア用品市場、海上でのマリンスポーツ市場、沿海漁業用の冷蔵設備市場、スポーツイベントなどにおける飲料・食品の一時保管用のクーラーボックス市場などが想定される。特にアウトドア、キャンピングカー用品市場においては、車のバッテリーに接続して利用する可搬型のクーラーボックス製品群が存在するが、太陽光パネルを直接セットに組み入れた本提案製品のような製品は数少ない。更に冷蔵温度を0～3度に想定した低温保存が可能な製品も現行既存市場では見つけにくいことから、新しい市場開拓であると見込んでいる。

2-2-2 提案製品・技術の概要

今回の提案事業においては、提案企業の強みを活かし、ターゲットとして定めた漁業コミュニティ

⁷ (株)資源総合システム「太陽光発電情報」より

のニーズに応じて、太陽光パネルと小型の DC（直接電流）冷却機を直接接続し、断熱材等にて保冷効果を高めた保冷容器内を冷却する「可搬型ソーラー冷却システム『Solar Cooler』」（総重量 34kg／可搬部 14kg）を設計した。下表に提案製品の主な構成要素の概要を示した。

表 2-2-2：提案製品の主要構成要素

太陽光パネル(アウトレット品)	DC（直接電流）冷却機	保冷容器
		
出力ワット数 95W	入力電圧 12Vdc	収納力 200L
台数 2台	消費電力 80W	サイズ W860xD490xH590mm
総出力 190W	冷凍温度 -20℃	硬質発泡剤 50 mm t
総重量 20kg	重量 7.2kg	重量 6.8kg

(JICA 調査団作成)

本事業対象地域においては、小型木造マグロ漁船に本システムを直接搭載することを想定。航海中に船首甲板上に太陽光パネルを設置し、冷却機によりマグロの鮮度保持に理想とされる 1℃～3℃の冷却水を保冷容器内で生成し、水温を均一に保ちながら鮮度劣化を防ぐ。水揚げ時には、太陽光パネルを除いたシステムごとトラックなどの陸上運搬車に積み替え、自動車の 12V シガーソケットへ接続しなおすことによって保冷・適温管理を継続できる。

(1) 太陽光駆動、「アウトレットパネル」の活用

本冷却システムは、航海中、エンジンを始動させずにソーラーの電力のみで稼働できる。よって、現時点ですでに 1 回あたりのマグロ漁にかかる固定費の多くを占める燃料の追加を必要としない。

発電には、提案企業の強みである「アウトレットパネル」を活用する。提案企業は、太陽光パネルの主要材料であるシリコン結晶やシリコン基板を国内大手メーカーに納入している。このメーカーから、(A)市場に出荷された型式の交換用品として保有されるパネル、(B)国内ハウスメーカーなどの外観検査基準が厳しい顧客向け製品において製造工程で発生した工程内外観不良品を「アウトレットパネル」として販売用に取り扱っている。これらは、単純に型式遅れ品もしくは、外観上の不良（細かい傷、色の違いなど）によるものであり、電気特性における品質は通常品と全く遜色はない。

途上国の太陽光パネル市場においては、多様な地域・メーカーからの製品が無秩序に流入している一方で、十分な知見のある人材が不足しているため、買い手にとっては、品質確保が困難、品質に見合わない価格設定がされるなどの不利益が生じており、バンダアチェ市でも同様の状況が見られる（3-1にて後述）。昨今の中国メーカーより約 20 年以上も長い製造出荷実績を誇る日本大手メーカーの基準を満たす提案企業のアウトレットパネルは、品質（耐久性、発電効率）の確証があり、同程度の品質の新品を輸入するより低価格で入手でき、初期投資も抑えられることから、ウズ

ベキスタン、アフガニスタン、タイなどで活用されてきている。高品質なアウトレットパネルへのアクセスが提案企業の強みであることから、近年ではこれらを活用した低コスト太陽光発電システムの開発・提案に取り組んでおり、本システムはその一例である。

(2) 可搬型

本システムは、幅が1メートル弱と小型なため、設置場所を選ばない設計となっており、小型漁船へも搭載が可能となる。冷却機と保冷容器は一体型で移動・運搬が可能であり（14kg）、寄港後はトラックなどの陸上運搬車に積み替え、自動車の12Vシガーソケットに接続しなおすことによって冷却機能を停止することなく適温を保つことができるため、漁場から冷蔵施設までの低温流通をカバーできる。

(3) 低コスト

上述の通り、アウトレットパネルの活用により、現地市場に出回っている太陽光パネルと比較して高品質かつ約30～40%も低価格での太陽光発電が実現できる。加えて、システム全体を直流電源（DC）仕様にすることによって、更なるコストカットが実現した。太陽光パネルから発電される電気はDCであり、我々の身の回りにある冷蔵庫を含む主要な電化製品は交流電源（AC）にて稼働する。よって一般的には電化製品を太陽光パネルで稼働させる場合には、発電した電気を一旦インバーターを介してACに変換する必要があるが、本システムは高価なインバーターが不要な設計としている。なお、現時点での想定価格はシステム全体で約35万円（内訳：太陽光パネル：約5万円、冷却機：約20万、保冷容器：約10万円）であるが、保冷容器を含め、可能な限り現地調達可能なシステム部材を採用し、最終的にはセット価格で25万円までの低価格化を見込んでいる。

(4) 12V 直流電源の応用

本システムは上述の通り、12V 直流電源が太陽光パネルより供給され、直接冷却システムを稼働させることができる点が特徴である。今回電圧を12Vシステムに拘った理由は将来的に現地での他部材調達の応用が容易であるという点である。12V電圧はほとんどの車載用バッテリーに採用されている世界共通電圧であり、鉛バッテリーを始め、12Vから電源を供給する照明器具や表示機、モーターなどこれに類する電気製品が豊富に市場に出回っている。特に国内での自動車関連産業が盛んなインドネシアも12V電源に対応する製品が多種揃っており、自国で調達することが容易である。

2-2-3 比較優位性

下表に、競合となり得る他社製品に対する提案製品の比較優位性を整理した。

表 2-2-3：提案製品の比較優位性

	提案製品『Solar Cooler』	競合となり得る他社製品
システム全体	<ul style="list-style-type: none"> ソーラー駆動を前提とした低温冷却システム どこでも使用が可能 	<ul style="list-style-type: none"> カーバッテリーに接続する車載用製品は存在 車があるところのみ使用可能
太陽光パネル	<ul style="list-style-type: none"> 高品質 	<p>【独立電源用12V用太陽光パネル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 中国製の非ブランド品が多く品質の

	<ul style="list-style-type: none"> ・国内製高品質パネルより高出力かつバッテリーへの特性が最適なものを選別 ・最新モデルでないため安価 	<p>担保が不明</p> <ul style="list-style-type: none"> ・比較的low出力（36セル、100W未満）のものが多く、連続運転に適さない
冷却機	<ul style="list-style-type: none"> ・DC接続が可能で太陽光パネルとの相性がよい ・機器が少なく安価を実現（約20万円） 	<p>【可搬型冷却ボックス】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AC電源のものが多くインバーターの介在が必要 ・機器が多く高価 <p>例) 冷却ボックス 200L : 130,000円 + DC/AC インバーター3000W : 185,000円 + コントローラー : 10,000円、計 325,000円（太陽光パネル除く）</p>
蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> ・ディープサイクルバッテリーを前提とするが、システムの切り離しが可能なため大容量への増設や安価なものへの代替が可能 	<p>【蓄電池一体型ソーラーキット】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バッテリーとソーラーが一体型であり、バッテリーの容量に限界がある（小容量のものが多い）

(JICA 調査団作成)

2-3 提案製品・技術の現地適合性

2-3-1 現地適合性確認方法

調査期間中、以下のような方法にて現地適合性の確認を行った。

方法	対象/協力者
提案製品のデモンストレーション及びコメント聴取	<ul style="list-style-type: none"> ・UD NAGATA TUNA 社（マグロ仲買・輸出業者） ・州政府、市役所関係者 ・ウレレ漁港にて長年マグロの鮮度保持の技術協力に携わる宮城県東松島市の漁業従事者
マグロの買取、加工、輸出にかかるバリューチェーンの現状、漁獲物の鮮度保持に関する現地ニーズについての聴取	<ul style="list-style-type: none"> ・UD NAGATA TUNA 社（マグロ仲買・輸出業者） ・バンダアチェ市役所農水産部水産・漁業部門 ・PT YAKIN PASIFIK TUNA 社（マグロ仲買・加工・輸出業者） ・ウレレ漁港の漁師コミュニティ ・ウレレ漁港から鮮魚を買い取りランプロ漁港で販売する地元の仲買人

現地傭人を通じたシステムパフォーマンス調査の実施	<ul style="list-style-type: none"> ・ ジャクアラ大学工学部の調査チーム ・ マグロ漁船オーナー、船長、乗組員 ・ UD NAGATA TUNA 社 (マグロ仲買・輸出業者)
--------------------------	---

2-3-2 現地適合性確認結果 (技術面)

第1回現地調査以降、提案企業の自社負担にて現地へ提案製品のプロトコルを持ち込み、現地傭人(ジャクアラ大学工学部調査チーム)を通じ、バンダアチェでの使用環境における提案製品の冷却能力を確認するため、システムのパフォーマンス調査を実施した。ジャクアラ大学構内にて実施した陸上テストの成果としては、交流電源での接続で、室内では-4℃まで、屋外でも-0.5℃まで塩水の水温を下げることができ、日本で実施した計測とほぼ遜色ない冷却効果が確認できた。

なお、第1回現地調査中に、システムを交流電源につなげたところ、冷却機が故障するトラブルが発生した。後日、メーカーより基盤を取り寄せ現地に送ったところ、無事修理することができ、現地での修理能力を見極める良い機会となった。現時点で日本の製造工場での修理は対応不可であるため、現地で修理ができるような体制構築を今後の検討課題としたい。

漁を行う環境でも同様の効果が得られるかどうかを検証するための船上テストに向け、第1回現地調査において、マグロ漁船のオーナーに協力を得て、現地傭人とともにマグロ漁船へのプロトタイプを設置及び仮デモンストレーションを行ったところ、以下のようなレイアウトにて船上でのシステム稼動が可能であることを確認できた。操舵室前方の屋根上にスペースが十分あり、かつ木製の角材が装備してあり太陽光パネルを固定するのに最適であり、日射も十分確保できると判断できた。保冷容器は船最前方の甲板下に通じる倉庫口①に寸法的に収まった。高さもちょうど甲板下に隠れ、木製蓋を工夫すれば蓋も閉めることができる。普段はオールやロープ、燃料などが収納されているが少し場所を移動すれば利用できる。直射日光による容器内の温度上昇を抑制し、海水や雨水から冷却機を保護することができるため、マグロ漁航海中の船上システムパフォーマンス調査ではこの場所にセッティングすることとした。

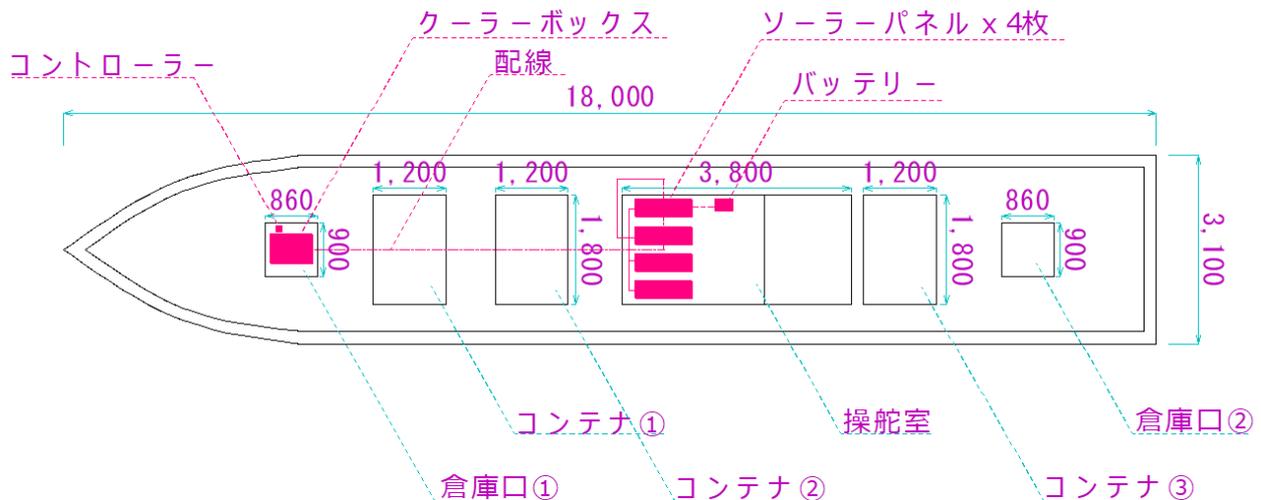


図 2-3-2-1 : システムパフォーマンス調査時の提案製品のマグロ漁船上セッティングレイアウト (JICA 調査団作成)

第2回現地調査において、シャクアラ大学の調査チームより陸上パフォーマンステストの進捗状況の報告を受けたところ、冷却機を太陽光パネル（DC（直接電流））に接続した場合の冷却状況が芳しくないケースが確認された。日中は太陽光パネルの発電で電力を供給し、日没後はバッテリーから電力を供給できていたが、太陽光パネル接続なしのバッテリー稼働時間は8～11時間程度であったところ、日中の充電不足により夜間のバッテリー残量が空になり、システムが停止したことが明らかになった。太陽光パネルからの発電でバッテリーをフル充電するために必要な時間は2時間程度であるが、日中は冷却機への電力供給を行いながらの充電になるため、天候などにより充電が不十分であった場合には、鮮度維持に必要な温度に下げるまでに5日程度かかったケースも報告された。実際のマグロ漁では、出港後少なくとも1日間は漁場への移動に費やすが、早くて2日目には一本釣りを開始するため、冷却水の準備が間に合わない可能性が出てきてしまう。この解決策として、同チームより事前冷却（Pre-Cooling）が提案された。消費電力の実績をもとに計算すると、常温の水から希望水温の3～5℃程度まで冷やすためにはフルパワー（80W）で稼働し続ける必要があるため、現状のシステムでは机上論的にパワーが足りない上に、実用を考えると現実的ではない。他方、いったん希望温度にさえなればこれを保持するためにはフルパワーは必要ないと考えられるため、氷で水のある程度まで冷やしておくべきであるとの主旨であった。



図2-3-2-2：
航海後の保冷容器内

実際に、追加的に陸上テストを実施し、事前冷却を試みたところ、塩水に対して約3割程度の氷を混ぜることで（水温6.9度程度）、1時間強で適温まで冷却でき、電源が切れるまで継続的に適温を保つことができた。なお、バッテリーをフルに充電した状態で太陽光パネルの接続なしでテストを開始したところ、冷却機の電源が切れるまで8時間25分間の稼働が実現した。第1回目の船上テストは、45リットルの海水に25kgの氷を混ぜ、水温4.2℃の状態での航海を開始したところ、7時間程度で0℃に達し、最低-1.8℃まで冷却できた。



図2-3-2-3：
航海後の鮮度査定

9日間の航海後、帰港した際には、写真のように保冷容器内の海水にはまだ氷が溶けずに残っており、容器内温度が6.1度、海水温度が0.5度と良好な保冷状況であった。マグロ買取業者の五十嵐氏によって保冷容器内に保管されたカツオ及びベビーツナによる品質査定が行われ、鮮度は良好であり、鮮魚として消費可能であるとの評価を得た。

第2回目の船上テストも同量の海水と氷にて開始したところ、出発時の水温9℃から1時間15分後には0℃まで下がり、航海中、最低-1.4℃までの冷却が確認できた。7日間の航海後、前回同様に帰港時の保冷容器内には氷が融解せずに残っており、保冷されていた釣果の鮮度も良好であった。以上のように、システムパフォーマンス調査で収集したデータに基づけば、提案製品プロトコルは、釣果の鮮度を保持するために十分な冷却効果を提供できると結論付けられる。



図 2-3-2-4 : 船上保冷容器

他方、調査中にいくつか改良すべき点が明らかになった。まず、プロトタイプの保冷容器はサイズが小さいとの指摘を多くの関係者から受けた。バンダアチェで獲れるマグロ（20～70 kg、70～130 cm）にはサイズが足りず、カツオ及びベビーツナのみ保冷容器内で保冷することとなった。第3回現地調査にてマグロ漁船の船長、乗組員、フィールド調査員とシャクアラ大学の調査チームを交えて意見交換を行った結果、今後の改良方法として、漁船に既に搭載されている船上用保冷容器の蓋に直接冷却機を設置してみるという結論に至った。既存の船上用保冷容器の容量は 800～1,200ℓ、価格帯は 8,000,000～

10,000,000 ルピア（約 60,000～75,000 円）。マグロなど大型魚であれば約 800 kg、小型魚であれば約 1,000 kg 程度を搭載することができる。通常マグロ船はこの保冷容器を 3 槽搭載している。

また、魚が水の中で揺れて痛む弊害の可能性について I-FISH 社より指摘を受けた。これを防ぐ方策としては、例えば日本の養殖で行なっているようなアクリル板の仕切りを保冷容器の中に入れて魚の間に仕切りを設けるというアイデアが挙げられたところ、今後検討していきたい。

2-3-3 現地適合性確認結果（制度面）：

提案製品の漁船搭載にあたって必要な現地法規制、許認可等についてバンダアチェ市農水産部や漁業コミュニティに確認したところ、特段留意すべき点の指摘は受けなかった。

2-4 開発課題解決貢献可能性

適切な鮮度保持を行うためには、捕獲後の迅速な冷却と水揚げまでの保冷が必須となる。しかし現状として、ウレレ漁港の漁船には十分な冷却・保冷設備はなく、捕獲から水揚げまでに商品価値降下の最大の原因である「ヤケ」と呼ばれる蛋白変性が頻発している。ウレレ漁港のマグロ船は、現状として船上の水槽内に氷柱を積み、釣果を水槽内に直接投入している。しかし、その方法では十分な冷却ができないため、捕獲後のマグロの体内血液温度が 70℃程度まで上がってしまい、「ヤケ」を起こす。また、本来は直接氷が魚にあたると冷凍と同じ変化を起こし日本向け輸出商材からは除外されてしまい、かつ傷の原因にもなり、品質劣化につながるため、海水のクッションを入れることが理想的だが、一回の漁は 7～10 日間の長期にわたるため、氷の溶解を恐れ、海水注入はほとんど行われていない。

この現状に対するソリューションとして提案製品をマグロ漁船に搭載すると、氷柱購入にかかる固定費を抑えたいうで、追加的な燃料コストなしで船上での漁獲物の適切な温度管理（冷却水の使用）が可能となる。提案製品を活用することで実現する船上の鮮度保持方法の具体的な改善点を以下に整理した。

日本輸出向けの生食用マグロの品質査定を手がける UD NAGATA TUNA 社アドバイザーの五十嵐氏に協力を仰ぎ、現地傭人を通じて実施した 2 回のマグロ航海中の船上テスト終了時に提案製品によって保冷した釣果の鮮度チェックを実施してもらったうえで意見聴取を行ったところ、提案製品プロトコルの冷却能力は十分であり、これを漁師の船上処理スキルの向上と掛け合わせることで、輸出向けの高品質マグロの安定確保が見込めるとの見解が示された。実際に、2019 年 4 月時点のメダンの買取業者による買取価格（加工品など低価格商品向け）が 47,000 ルピア（約 370 円）であったのに対し、バンダアチェ現地の買取業者 UD NAGATA TUNA 社による日本への空輸対象となる B 以上のグレードの買取価格

は 60,000 ルピア（約 470 円）であり、鮮度向上によって見込める売り上げの増加幅は 3 割近い。

表 2 - 4 : 提案製品を通じた鮮度保持にかかる課題解決

BEFORE (船上での鮮度保持にかかる現状・課題)	AFTER (提案製品がもたらす改善)
氷による冷却のみでは、捕獲後の体内血液温度が上がり、「ヤケ」(蛋白変性)を起こしがち	最も理想的な1~3°Cの冷却水使用による急速冷却と保冷が実現
氷柱購入費の経費がかさむ	冷却機使用により、氷柱購入費を大幅に削減
氷が直接あたると冷凍変化を与えるほか、傷の原因にもなり、品質劣化につながる	冷却水(海水のクッション)による適切な漁獲物の運搬が実現
鮮度劣化により輸出商材対象外に(地元の魚市場・加工品用として安価に売却)	輸出商材としての鮮度を安定確保 売値の約30%増 が見込まれる

(JICA 調査団作成)

加えて、今回の調査中、提案製品がもたらし得るマグロの鮮度向上以外の以下のようなベネフィットが調査協力者より挙げられた。

仲買業者からは、陸上輸送にも利用できる点において利用価値が高いとの評価を得た。バンダアチェ市内の漁港から水揚げされた漁獲はメダンまで約 12 時間かけて陸送されている。気温の下がる夜間を利用し、氷を詰めて輸送するが、適温維持に限界があるため、鮮度はかなり悪く、メダンでは買い叩かれている状態にある。提案製品は、この状況を打開する効果的なソリューションとなりうる。

船上パフォーマンステスト実施後に実施した船主へのヒアリングからは、その他のベネフィットも挙げられた。まず、マグロ漁の餌用に出港時に持参する魚(カツオ、サバなど)は、既存の保冷容器内で氷柱に直接あたるかたちで漁場に運ぶと鮮度が落ち、表面硬化がみられていたが、ためしに提案製品プロトコルの保冷容器内の氷水で保管したところ、鮮度が保たれ、硬化も起きず、ターゲットであるマグロを引き寄せやすくなるとのフィードバックを得た。航海中、氷水のなかで常に釣果を保管することができるため、魚の表面を傷つけない点も高評価であった。また、提案製品を活用すれば、これまでは航海日数が長い鮮度を保てず釣果として持ち帰ることができなかつたマグロ以外の近海の魚(コーラルフィッシュ)についてもターゲットにすることが可能になるとの期待も示された。

提案製品は、上記のような経済的ベネフィットをユーザーに提供することができ、地震・津波被害で大打撃を受けた漁業コミュニティのエンパワメントにつながることを期待できる。

第3章 ビジネス展開計画

3-1 ビジネス展開計画概要

本調査実施期間中には、輸出入取引の相手となりうる現地企業が特定できなかったため、また提案製品もまだプロトタイプ段階であり、更なる改良を要するため、残念ながら調査後の取引開始は叶わないが、海外市場への進出は提案企業にとって必須命題であるため、まずは強みであるアウトレットパネルなどの材料の販売から始めるなどして現地関係者との関係を継続していきたい。

提案製品の販売が実現した場合について現時点では、販売提携契約を中心とした事業モデルを想定している。提案企業が強みであるアウトレット太陽光パネルや保冷機をジャカルタ等の現地企業を通じて日本より輸出し、バンダアチェ市にて現地販売代理店が組み立てたシステムを販売するとともに、現地人材への技術指導を行いながら品質管理やメンテナンスなどのアフターサービスの体制を整備する。初期計画での想定は、提案製品の顧客としては漁船のオーナー、販売代理店としてはバンダアチェ市に所在する企業や団体を想定している。

ターゲット市場としては、まず本調査の対象であるウレレ漁港の小型マグロ漁船へ試験的導入を実施し、これを呼び水として徐々に州内小型漁船への販売網を構築していきたい。中期的には、州内のカツオ巻き網船やコーラルフィッシュ、エビを獲るコミュニティにもアプローチする。提案製品のニーズは州外にも広く存在することから、長期的には全国展開も念頭に入れうる。

3-2 市場分析

3-2-1 市場の定義・規模

バンダアチェ市内に在籍する漁船 512 隻中 377 隻がムラクサ郡ウレレ漁港周辺のマグロ漁船と同規模の 5 トン以下であり⁸、鮮度保持技術・設備不足という同様のニーズが見込めることから、これらの小型漁船を初期ターゲットに定め、現地代理店を介した商流を確立したうえで、徐々にアチェ州内全体の小型漁船（州内の 5 トン以下の漁船数は推定 1 万隻）へ販売網を広げていく。

事業開始の足がかりとしては、HOPE が構築済みの人脈・ネットワークを活用できることから、すでに太陽光パネルを漁船搭載し、初歩的な太陽光発電のスキルを有しているウレレ漁港のマグロ漁船に照準を当て、パイロット的なシステム導入を通じて鮮度保持効果を実証し、ショーケース効果を狙いたい。

国際マグロ市場において、年々増加する消費量に対し漁獲量は減少しており、供給不足であることを背景に、アチェの未開発な漁場を狙う日本の業者を含む海外のアクターが買取合戦を繰り広げつつある状況にある。現時点で、マグロの柵やネギトロなどの加工品をシンガポールやマレーシアへ輸出している業者もあるが、最も高値がつき高品質が求められるのが日本向けの最上級鮮魚用のマグロとなる。

これを受け、この需要にビジネスチャンスを見出しているバンダアチェ現地の買取・輸出業者にとっては、これら顧客のニーズに見合う品質のマグロが十分確保できず供給量が間に合っていない状況が障壁となっており、高品質マグロの確保のために試行錯誤をしている状況にある。PT YAKIN PASIFIK TUNA 社は、ビジネスパートナーであり売り先である宮城県塩釜市の水産加工会社への供給量確保のために現在、ランプロ漁港近辺の敷地にて鮮魚の加工工場を建設中であるが、同工場のマグ

⁸ Statistics of Banda Aceh 2016 より。2015 年時点のデータ。

ロの想定取扱可能量1日あたり10トンに対し、現状のアチェでの水揚げ量は1日約5トンに留まっており、同社はローカルの小型マグロ船がリーチできない200マイル以上の遠方エリアや50~150メートルの深度での漁が可能な延縄船の起用を検討している状況である。現時点で同社がバンダアチェ現地で買付け、加工している商品はまだ日本のパートナーが求める品質に至っていないため、中国及び香港向けに輸出し、現地で餃子用に加工している。今後は、ローカルのマグロ漁船への鮮度保持向上のための技術指導を進め、品質の高い鮮魚にはメダンの仲買業者との競争に勝てるようなグレードに応じた買取価格を提示することによって、高品質のマグロの確保を目指す計画である。加えて、UD NAGATA TUNA 社も、アチェ州の水産高校の学生向けの延縄船での実地研修への資金提供を開始している。以上のように、バンダアチェにおいては、当面は品質の確保と供給の拡大が急ピッチで進められることが予想され、提案製品へのニーズも維持される見込みである。

他方、インドネシア国内ではグレードの高い魚の流通が未発達であるため、バリの日本料理店でも空輸された日本製の刺身を提供しているケースも少なくない状況にある。この背景には、スシ海洋水産大臣がこれまで流通していた魚の提供元であった海外で製造された大規模漁船の延縄、巻き網漁に厳しい規制がかかったこともあるとみられる。自国の海洋資源が豊富であるにも関わらずジャカルタをはじめとする大都市の市場は、拡大する需要に対して鮮魚の不足状態に陥っているとも言え、インドネシア国内の新興市場向けの鮮魚の供給については今後の発展可能性が期待される。

中期的な水平展開のターゲットとしては、インドネシアではマグロと並ぶ主要な輸出向け魚種であり、和食ブームとともに国際的に需要が高まっているカツオにも目を向けたい。州内に200隻規模で操業する20~30トン級のカツオ巻き網船への提案製品の活用が実現すれば、現在、PT YAKIN PASIFIK TUNA 社がランプロ漁港に建設中の新工場を拠点として立ち上げている鰹節の加工業、輸出業の振興にも寄与できる。加えて、バンダアチェに100隻以上存在するコーラルフィッシュ（珊瑚礁にすむ魚）を獲る日帰り漁船にも活用しうる。アジ類はkgあたり20,000ルピア（約150円）程度だが、ガルーパ（クエの一種）は小型ながらkgあたり60,000~70,000ルピア（約450~530円）で取引される高級魚である。そのほか、イトヨリやイカなども小型だが鮮度が良ければkgあたり60,000ルピア（約450円）級の高値で取引される。また、バンダアチェから300km離れたアチェ州ムラボーでは、エビ（ブラックタイガーの一種）が獲れるが、水揚げまでの海上輸送中に鮮度が落ち、価値が下がってしまっている。サイズによって価格は異なるが、鮮度が良ければkgあたり30,000~120,000ルピア（約230円~900円）の値がつくため、ニーズは高いといえる。ジャカルタの和食専門店では、マグロより高額な刺身材料も日本から取り寄せている現状がある。バンダアチェで水揚げされるアジ、サバ、タイ類は現地での取引価格はkgあたり25,000~30,000ルピア（約195円~235円）程度であるが、鮮度を保ったままジャカルタに輸送することができれば80,000ルピア（約630円）程度の取引価格が期待でき、実際にUD NAGATA TUNA 社は冷凍コンテナトラックでの陸送にてカツオやアジ類をジャカルタのスーパーの冷凍商材、レストランなどへ向けた業務用商材として取引を開始している。なお、マグロ以外の鮮魚については、提案製品プロトコルの小型保冷容器がそのまま採用でき、可搬性がより役に立つといえる。水産局の発表ではバンダアチェ周辺の漁業資源はまだ40%程度しか活用されていないと言われており、上述のように、同地域の漁業・水産業はまだ成長の可能性が見込める。

インドネシア全体を見ると、エルニーニョの影響で周辺の海域における魚の生息個体数は増えるといわれているにも関わらず、220万人の漁業従事者のうち、実に95%が伝統的な漁法に頼り、技術・

設備不足を原因にそのポテンシャルを享受できていない状況があり⁹、提案製品のニーズは州外にも広く存在することから、長期的には全国展開も念頭に入れうる。

提案製品のエンドユーザーは漁師たちであるが、彼らは漁船を所有しておらず、日雇いに近い形態で漁業に従事しているため、顧客とはなり得ない。仮に彼らが個人で銀行から融資を受ける場合、自宅が担保になり、金利は12%程度にもなるため、現実的ではない。また、これまでの現地調査内で市長や地方開発企画庁長官など要職についている行政官と協議を重ねたが、予算の規模や裁量が限られているため、地方政府を顧客としたビジネスモデルの構築は困難であると判断した。

よって提案製品の顧客としては漁船のオーナーが現時点で最も有力である。一般的な木造マグロ漁船（8×18メートルの4.5トン～5トン級、GPS各機器フル装備）は、新品で約400百万ルピア（約300万円）、中古で約320百万ルピア（約240万円）であるが、オーナーたちはこれを現金で購入している。このような購買力を有していれば、漁船の装備費として25～35万円を提案製品に充てることは、それほど大きな設備投資ではないと考えられる。この購買層にとっての提案製品を通じた設備投資の採算性について、ウレレ漁港の小型木造マグロ漁船（4.5～5トン級）のオーナーからのヒアリングからマグロ漁の収支を分析し、検証した。同船主が2018年12月末に実施した2回のマグロ漁の収支の平均を以下の表に整理した。

表3-2-1：損益分岐点分析

	現状 (2018年12月サンプル)	提案製品導入後 (想定)	差額
氷柱購入費	1,000,000	350,000	-650,000
燃料	6,000,000	6,000,000	0
人件費	2,084,125	2,084,125	0
その他経費	10,304,950	10,304,950	0
経費合計	19,389,075	18,739,075	-650,000
売り上げ	26,099,000	33,317,872	+7,218,872
船主利益	6,709,925	14,578,797	+7,868,872

(JICA 調査団作成)

1回の航海（10日前後）に費やした経費は、約19百万ルピア（約15万円）であり、主に氷柱購入費、燃料費、人件費（船長、乗組員への賃金）から成り、この金額には船の清掃費用や修理代などのメンテナンス費用も含まれている。提案製品導入により太陽光発電を利用した保冷が可能になれば、固定費のうち釣果の保冷に使用する氷柱（サイズ200cm×800cm×250cm）のための約100万ルピア（単価23,000～30,000ルピア×20～40本、約8千円）の大幅な削減が可能となる。具体的には、船上パフォーマンステストで適用した塩水と氷の割合に基づけば、これまで氷柱として持参していた量のうち、65パーセントを海水に替えられることが想定できる。なお、出港時に必要な氷柱のみを持参し、一本釣りを開始する漁場までの移動中は海水を保冷容器に投入する必要がないと判断される場合、その期間中は船の重量を抑えることができるため、固定費の大部分を占める燃料（自動車用エン

⁹ Global Business Guide Indonesia (2016) “Indonesia’s Fisheries Sector: Under a New Paradigm”

ジン搭載の漁船の場合 6,000 ルピア/ℓ×1,000ℓ、約 45,000 円) の削減に繋がる可能性もあるが、今回の調査では実証できなかったため、計算には含めなかった。

他方、漁船オーナーが 1 回の航海あたりにマグロの釣果から得る純利益については、赤字になる場合もあれば、60 百万ルピア (約 47 万円) の儲けが上がる場合もあり、季節や天候によって大きくばらつきがあるが、平均は 20 百万ルピア程度 (単価 40,000 ルピア前後/kg×500 kg前後、約 148,000 円) である¹⁰。バンダアチェで行われている査定では、マグロの鮮度に応じて大きく分けて 4 つのグレードが設けられており、価格の相場は 35,000~60,000 ルピア (約 260~470 円) /kg とグレードによって大きな差がある。加工品や一酸化炭素ガス処理用にまわされる C グレードを求めるメダンの仲買業者 (2019 年 4 月に確認した買取価格: 47,000 ルピア=約 370 円/kg) から、鮮魚用の B 以上のグレードを求め、日本をはじめバンダアチェから直接空輸している現地の仲買業者 (2019 年 4 月に確認した買取価格=60,000 ルピア=約 470 円/kg) へと売り先を切り替えることができれば、2 割から 3 割増しの買取価格を得ることができる。

上述のようなコスト削減と収入増が実現すると仮定すると、表 3-2-1 に示した通り、1 回の航海あたり約 8 百万ルピア (約 6 万 3 千円) の純利益の増加を見込むことができる。更に、提案製品を改良し、上述したようにマグロ漁船に搭載されている既存の保冷容器での保冷が実現したと仮定し、3 槽の保冷容器に提案製品を 1 セットずつ、合計 3 セット搭載することを想定した場合の損益分岐点を計算してみた。マグロ漁船の航海数は 1 ヶ月あたり平均 2~3 回であるところ、目標価格 (25 万円/セット) であれば約 12 回の漁 (約 5 ヶ月) で投資分を回収でき、現状価格 (35 万円/セット) であっても約 17 回の漁 (約 7 ヶ月) で回収でき、かつ、損益分岐点を越えれば、1 回の航海あたり約 8 百万ルピア (約 6 万 8 千円) ずつ純利益の増加が見込めると暫定的に結論付けることができる。

このような金銭的メリットを実証することができれば、漁船オーナーたちに設備投資を仰ぐことは十分可能であると考え。本調査実施期間中の具体的なアクションとしては、12 月 23 日~24 日にバンダアチェ市役所主催にて開催された JICA 草の根技術協力成果発表のための市民向けイベントにおいて、提案製品のデモンストレーション及びマグロ航海中の船上パフォーマンステストの成果のアピールを行い、ウレレ漁港の漁師コミュニティを招待した。

現地調査中のヒアリングからは、現地ではバッテリーの寿命に対する不信感が大きいことが浮き彫りとなった。現地に流通するバッテリーは中古品や粗悪品が多いため、一般的に寿命は 1~2 年であるという認識が定着している。本システムにて使用するバッテリー (現地調達の新品を想定) は 2.3 百万ルピア (約 17,000 円) /個であるが、投資回収後に生まれる約 8 百万ルピア (約 6 万 8 千円) /航海の増加利益分から 3~5 年おきの交換のために捻出するのはそれほど難しくないと言える。他方、冷却機の期待寿命は約 5~10 年程度とみており、現時点で日本の製造工場での修理は対応不可であるため、現地で修理ができるような体制構築を今後の検討課題としたい。

3-2-2 競合分析

¹⁰ 表に示したサンプル以外に現地調査中に立ち会った帰港後の価格査定の結果は以下の通り。

- ①釣果：マグロ 16 本、総重量 784kg。買取価格：34,496,000 ルピア (44,000 ルピア/kg)。
- ②釣果：マグロ 4 本、総重量 217kg。買取価格：9,548,000 ルピア (同上)。
- ③釣果：マグロ 11 本、総重量 539kg。買取価格：25,333,000 ルピア (47,000 ルピア/kg)。
- ④釣果：マグロ 3 本、総重量 150kg。買取価格：7,050,000 ルピア (同上)

現時点でバンダアチェに電気を使用して冷却・保冷装置を持ち合わせたマグロ漁船は存在せず、釣果の鮮度保持は漁船に搭載されている保冷容器の中で港から持参した氷柱とともに保管している。

ムラクサ郡の漁業コミュニティは、太陽光パネルを州外から取り寄せ写真のように船上で使用し始めているが、その用途は釣果の鮮度保持には活用されていない。小型マグロ漁船は、通常1週間以上漁に出るためバッテリー（車のエンジン）を搭載し、夜間の電力需要に対応している。また、燃料消費削減のため、漁場ではエンジンを切ることが多いため、日中の需要（主に照明、通信機器の充電）を太陽光でまかなう。

パネルは魚の仲買業者を通じて180万～200万ルピア（約1万5千円）でメダンより取り寄せる。セットアップは船のエンジニアが業者の指示に基づいて行うが、不具合が頻発する。

バンダアチェ市内に太陽光パネルの輸入、販売、設置、メンテナンスを行う十分な能力のある先行業者は存在せず、エンドユーザーはノウハウを持ち合わせていないため、適切な活用がなされていない。

バンダアチェ市内での調査や、ジャカルタでの太陽電池関連の展示会での調査を通じ、インドネシア国内で流通する太陽光パネルの取引価格を確認した。セルを中国から輸入し、インドネシア国内で組み立てている国内製も2010年以降市場参入しているが、中国製のシェアが圧倒的に多い。いずれも場合によっては日本市場における中国製パネルの卸売流通価格の2～3倍で取引されていることもあり、品質に対してコストパフォーマンスが悪い。



図3-2-2：

マグロ漁船に搭載された太陽光パネル

3-3 バリューチェーン

3-3-1 製品・サービス

導入予定の製品『Solar Cooler』については2-2にて詳述した通り。

本システムを夜間も稼働させたい場合のバッテリーのシステムへの追加は容易に現地で手配が可能であるほか、日本から資材を供給する必要なく現地での調達を低コストで行うことによって、本ソーラー電源をその他照明などの負荷に接続応用利用することも可能になると考えている。加え、保冷容器を含め、可能な限り現地調達可能なシステム部材を採用することにより、現時点での想定価格（システム全体で約35万円）に対し、最終的にはセット価格で25万円までの低価格化を見込んでいる。ただし、上記価格は日本からのコンテナ輸送を想定した価格であり、単体で輸送する場合にはセットあたり5万円程度の輸送費がかかるため、一定程度の規模の輸入が可能なパートナーの発掘が必須となる。

当初バンダアチェ市に所在する企業や団体を輸出先兼販売代理店として見込んでいたが、バンダアチェでは直接輸入を行えるパートナー候補が見つけれなかったことから、ジャカルタ等大都市に所在する企業と事業展開を行うことにより、コンテナ単位での輸送を行いセット価格での販売を25万円までの低価格化を行いたい。

製品には主に冷却機の不具合への対応、電気系統の確認、メンテナンスといったアフターサービスを付与する。保証期間は1年間とし、その後は有料にて対応することを想定している。なお、耐久年数は太陽光パネルが20年以上、保冷容器が10年以上、冷却装置が約5～10年程度、バッテリーは3

～5年が見込まれる。第1回現地調査時に冷却機の故障トラブルを経験したが、提案法人による指導の下、現地スタッフによる修理が可能であったため、メンテナンスサービスの現地化は実現できると見込んでいる。製品の寿命や故障に伴う部品交換体制、販売代理店を通じたメンテナンスサービスについては今後選定していく販売代理店との契約時に具体化していきたい。またユーザーへの製品の償却期間シミュレーションの説明時には、この予測される将来の交換や修理の費用を含めた長期的なシミュレーションも別途説明内容に含めていきたい。

3-3-2 バリューチェーン

現時点で想定できる本システムのバリューチェーンを以下の通り略図化した。

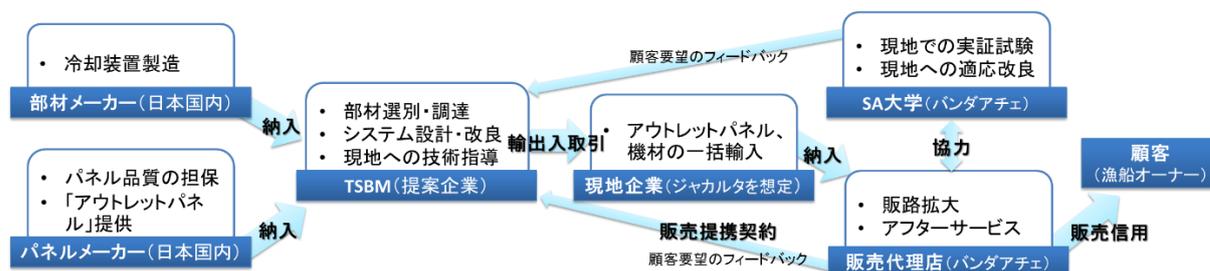


図3-3-2：想定される提案製品導入にかかるバリューチェーン
(JICA 調査団作成)

当システムに利用する太陽光パネルは日本国内でも歴史の長い製造実績を誇るメーカーより高品質なパネルを選定し調達をおこなう。且つ、既述の通りアウトレット品となったモデルを選定し、市場価格より割安での入手をおこなう。割安ではあるが電気特性や耐久性などは本メーカー出荷時に厳格な検査をおこない、パネル品質の担保を行う事が出来る。また冷却機、保冷容器については提案企業のシステムに適合する特殊規格を製造するメーカーを選別し調達をおこなう。

提案企業は本システムの目標コスト、品質に適合した太陽光パネル、冷却機等の必要部材についてこの日本国内メーカーのラインナップから最適な部材を選別し、システム全体の設計をおこなう。システムの現地環境への適合を考慮し適宜システムの改良をおこなう。

このシステムを、コンテナ単位での輸入に要する資金及び経験を有するインドネシア国内の企業を通じて輸出し、販売代理店を通じて顧客への販売を行う。システムの現地でのモニタリング、実証の一部をジャクアラ大学機械工学部の協力を得て、実証を継続しながらシステムの現地最適化をおこなう。特に、将来的に検討している保冷容器の現地調達／製造における技術的サポートも得る。本調査終了時点では、ジャクアラ大学調査チームより、マグロ漁船の既存の船上保冷容器の蓋を改造し、冷却機を直接はめ込むデザインの試作を独自に研究予算を確保しながら引き続き継続したい旨の強い意志が表明された。

最終的な顧客となる漁船オーナーが漁船の設備として提案製品を所有することが想定され、投資回収のイメージは表3-2-1にて詳述した通り。顧客への販売窓口、システムの販路拡大、アフターサービスはバンダアチェの現地販売代理店が担う。

本システムの市場競争力を担う付加価値は、日本国内の高品質なパネル、特殊部材を極力低コストで調達可能な独自購買ルートと、最適なシステム設計を提案企業で行う事で現地でも普及しうる価格

帯で製品を提案できる事であり、また現地での実証、販路獲得の過程で得られる改良点を、大学、販売代理店からフィードバックを受けることにより、より顧客の求めるニーズに近い製品に改良、改善していけるという点である。

3-4 進出形態とパートナー候補

3-4-1 進出形態

現時点で想定している当面の事業モデルは図3-3-2の通り。提案企業は、強みであるアウトレットパネルや保冷機を日本から提供し、販売代理店が現地で組み立てたシステムを販売するとともに、現地人材への技術指導を行いながら品質管理を行う。インドネシアでは、月賦や少額分割払い制度がかなり一般消費者向けに浸透しているため、漁船オーナーへの販売は、割賦販売や金融機関を介したローン提携販売¹¹も検討したい。当面は、ジャカルタ等に所在する直接大量輸入が可能な現地企業を通じてシステム部材を輸出し、バンドアチェ現地の企業や団体を販売代理店として契約することを想定している。この進出形態に至った経緯としては、当初、バンドアチェ市に所在する企業や団体と販売提携契約を結び、かつ輸出入取引を行うことを検討していたが、空路・海路のアクセスの問題やコンテナ単位での輸入を行えるだけの資金力のある企業や団体が市内で見つからなかったため。第4回現地調査にてJETRO ジャカルタを訪問し、ジャカルタ市内企業などパートナー候補として2社紹介を頂くとともに、ジャカルタで開催された太陽光発電関連の展示会「SolarTech Indonesia 2019」では、太陽光パネルや関連機材を直接輸入している企業とのネットワークが実現したので、今後ビジネスを展開していくにあたり、まずは輸出先候補としてそれらの企業とコンタクトを取り業務内容・輸送手続き・コストなどをつめていきたい。

インドネシアにおいては、業態に関わらず外資参入には資本金100億ルピア（土地・建物を除く）が必要となる。JETRO ジャカルタ事務所によれば、これがハードルとなり、信頼できる現地パートナーを通じて事業を展開する方法が中小企業にとっては主流となっている現状がある。よって、当面は販売提携契約を中心とした事業モデルを想定している。

3-4-2 パートナー候補

現時点で、本調査の現地カウンターパートとしてCoMU 協同組合（Koperasi CoMU）に協力を得ている。同組合は、JICA と HOPE が実施中の草の根技術協力の現地実施主体であり、プロジェクト終了後も独自活動を継続していくための財政的自立を目指して市役所の行政官が出資し立ち上げた。提案企業と連携して太陽光発電の収益事業を実施していく旨の組織的合意形成がとれている。

現地での製品組み立てやメンテナンス、顧客との窓口、販路拡大のための営業を担うパートナーとしては、販売代理店ないしは電気工事が可能な協力店を想定している。バンドアチェ市内に存在する太陽光パネルや蓄電池を扱う小売店は、本社がメダンにあり、海外からの直接輸入を自ら手がけてはいない。何度か商談開始を試みたが、積極性が感じられなかったため、CoMU 協同組合がその役割を担っていく可能性について引き続き検討していきたい。同組合には、コンテナ規模で輸入を行う資金力と経験

¹¹車、バイクはもとより、携帯や家電なども月賦（基本的にはB to C）。KTPと言われる住民登録証を提出するとローンが組める仕組みも浸透している。販売店とローン会社がかっついており、外資も進出している。公定歩合は4~5%、銀行借り入れ金利は13%。個人ローンは15~20%程度が相場（2017年4月JETRO ジャカルタ事務所でのヒアリングより）。バンドアチェでの聴取調査によれば、車・オートバイ購入にかかる一般的な個人ローンは、15~30%を頭金で支払い、1年~7年で約金利13~14%であった。

が不足しているが、すでに太陽光発電についてある程度の知識を持つスタッフが在籍しているところ、既に提案企業よりアウトレットパネルを複数枚供与しており、まずは組合にてこれを活用した現地ニーズにあわせたシステムの設計に挑戦してもらい、経験を積んでもらうこととしたい。

輸出先としてのパートナー発掘を第3回現地調査までバンダアチェで取り組んだが、輸入経験のある地元企業が見つからなかったため、第4回現地調査では、ジャカルタでのパートナー発掘の可能性に目を向けた。ジャカルタで開催された太陽電池関連の展示会「SolarTech Indonesia 2019」に参加したところ、既に輸入ライセンスを保有して海外から太陽光パネルやその他機材を独自に輸入し、小売業や国内顧客向けに太陽電池を用いたシステム構築を実施している現地企業と何社か情報交換を行うことができたほか、JETRO ジャカルタ事務所では、再生可能エネルギー分野で輸入経験が豊富な貿易商とのマッチングを提案していただいたところ、これら企業と今後商談を進めていきたい。

なお、現地のマグロ仲買・輸出業者に販路拡大にあたっての協力が得られる可能性がある。具体的には、これら業者が所有する専属漁船へ搭載してもらうことによって、鮮度改革への効果の実証・ショーケースに協力してもらう可能性を模索したい。鮮度保持の向上は仲買業者の収益増加にも直結し、互惠関係構築が期待できるため、彼らが取引をしている鮮度向上に高いモチベーションを示しているウレレ漁港以外の漁港を母港とする漁業コミュニティにも口利きをしてもらう、あるいは買取元の漁船オーナーたちへの提案製品のリース業を担ってもらうなどの連携も考えられる。システム開発段階から技術的インプットを得てきたUD NAGATA TUNA社からは、提案製品の試験導入への関心が示されている。加え、上述の通り、ランプロ港での新工場を拠点に今後、日本向けの高品質マグロの大量確保を目指すPT YAKIN PASIFIK TUNA社との関係強化にも試みたい。現在、バンダアチェにおけるマグロ仲買の三大勢力図は、同2社に加え、メダンの1社であるが、同社の関心は前述の通り、低価格帯のマグロの大量確保であるため、提案製品への関心は低いと思われる。

3-5 収支計画

非公開

非公開

3-6 想定される課題・リスクと対応策

提案製品の輸入にあたって輸入承認を得る必要があるが、留意点としては、インドネシアでは中古資

本財の輸入が制限されているため、当事業において活用するアウトレットパネルがこれには該当しない旨の承認を得る必要がある（本件に関し、JETRO 本部担当者及びジャカルタ事務所担当者、ナショナルスタッフへ相談済み）。なお、外資製造業社による自社製品の卸売りについては 1996 年以降許可されたことを確認済み。

環境面のリスクとして、廃棄物処理の課題が挙げられる。当事業では長期使用（パネルの期待寿命約 25 年）が可能な品質を確保した製品を供給する事を方針としているため、短期的には問題化しないと考ええるが、現地での検査結果・不具合等により利用不可と判断されたパネル等を処分する際はインドネシア国内の法規制に沿う必要がある。同国政府は、Act on Waste Management No. 18（Act 18/2008）にて廃棄物の定義・規定等を定めているが、本事業の関連資材の分類如何では、安全性認証の取得、廃棄物の処理方法及び処分方法の申告を義務付けられる可能性がある。HOPE はバンダアチエ市役所環境部と長年に渡り廃棄物の分別・再利用の推進に取り組んできており、この協力関係を活用し、行政側の助言・支援を仰ぎながら適切な処理方法を模索していく。太陽光パネルに関する処分、リサイクル方法が確立されていない場合、提案企業が依頼しているほぼ 100% の材料をリサイクルする技術設備を有する日本国内のパネルリサイクル機器メーカーからの特定設備の紹介、手法の現地指導も視野に入れたい。

ビジネス展開のリスクとして後発企業参入等が予測されるが、提案企業は太陽光事業を長期に渡り携わってきたため、今後更に増加すると予測される日本製のアウトレットパネルの調達が可能なこと、それに加え現地国立大学であるジャクアラ大学機械工学課の漁船搭載冷却システム研究チームと組むことにより、現地での部品調達や冷却システムの開発を進める事が可能となるため、コストダウンを図ることが可能となり、高品質で低価格な製品の提供を実現させることにより後発企業との差別化が出来る。

また、インドネシアは新興国であり、法令間の不統合性・不明瞭、未規程の部分があり脆弱なガバナンス態勢であることは否めない。そのような状況下において、キックバックや使途不明金が懸念されるが、ジャカルタ等大都市の輸入経験豊富な企業を販売代理店に選定し、また提案企業も現地スタッフ（兼任）を配置することにより、常に情報収集を行いリスク管理を行いながらビジネス展開を行っていく。

3-7 期待される開発効果

3-7-1 漁業コミュニティの振興

被災コミュニティが被災前より豊かな生活を享受するためには、戦略的な設備投資を行い、地域漁業の収益性の底上げを図ることが求められている。対象地域の漁師は、すでに太陽光パネルを漁船に積載しているが、通信機器の充電のみにしか利用されておらず、漁獲物の鮮度保持などの付加価値付けのための活用はない。2-4 にて上述したとおり、提案製品の導入によってマグロ漁船に冷却水による冷却・保冷設備を追加することによって、販売価格の 3 割増と釣果の品質の安定確保が見込まれ、地震・津波被害で大打撃を受けた漁業コミュニティの経済的エンパワメントにつながる。

漁業は、アチエ州の主要産品であるガス、石油、ゴム、コーヒーなどの大規模資本参入が伴う産業とは異なり、小規模生産者が大半を占める。上述の鮮度保持革命を広範囲に広げることができれば、同州の 7 万人超の漁業従事者の収益向上に貢献できる。また、インドネシア全体を見ても 220 万人の漁業従事者のうち、実に 95% が 5 トン以下の小型漁船による伝統的な漁法に頼っており、アチエの漁業コ

コミュニティと同様に技術・設備不足が足かせとなっている状況にある¹²ことから、本提案製品が提供するソリューションは、全国規模で零細漁民へ同様の開発効果をもたらす可能性を有している。

3-7-2 アチェ州の水産輸出振興の後押し

上述の通り、アチェ州海事・漁業局「Strategic Plan 2012-2017」においては、「漁業セクターの産業化・高度化」が掲げられ、それを阻害する最大の「弱み」として、漁民のキャパシティ不足が挙げられている。州内漁船の約9割を占める小型漁船(5トン以下)、半数を占める釣針・釣糸を使用した漁法の画期的改善をもたらす本提案製品は、その解決のための一助となる。また、アチェ州が、メダン市ベラワン港への依存から脱却し、州内ランプロ港からの水産物の国外輸出の本格化を実現するためには、国際市場のニーズに叶う漁獲物の品質を州内で確保する必要があり、本事業はそのための有効なアプローチとなりうる。

3-7-3 間接的開発効果：再生可能エネルギーの活用促進

インドネシア大統領は、2009年のG20首脳会合において2020年までに温室効果ガスを26%削減するとの自発的目標を公約しており、脱化石燃料依存に取り組む義務を背負っている。これを受けて、同国国会が2014年1月、The National Energy Policyを可決、2016年にエネルギー鉱物資源大臣が国営電力公社(PLN)の2016年から2025年までの10カ年給電ビジネスプラン(RUPTL)を発表し、以下の表の通り、10年間で再生可能エネルギーの発電源への貢献率を23%まで上げる目標を定めた。

表3-7-3：インドネシア政府の電力開発目標

	2013年(ベースライン)	2025年	2050年
電化率	80.4	100%近く	100%
発電所設備容量	45.3GW	115GW	430GW
一人あたりの電力消費	764 kWh	2,500 kWh	7,000 kWh
電源構成	石油:36% 石炭:34% ガス:22% 再生可能:8%	石油:25% 石炭:30% ガス:22% 再生可能:23%	石油:20% 石炭:25% ガス:24% 再生可能:31%

(RUPTLに基づき JICA 調査団作成)

同時に、未電化地域への電力アクセスを拡充し、2025年までに目標通り電化率100%を達成するためには、平行してオフグリッド発電を急ピッチで拡大していく必要があると指摘されている。同国において再生可能エネルギーのなかで最もポテンシャルが高いと言われつつも看過されてきたのが太陽光である。太陽光発電の未開発の要因として、同分野への国内外の民間投資の遅れに加え、適切なスキルを有する人材の不足が指摘されてきたことに鑑みると、現地への技術移転や人材育成を見据えている本提案を通じて、オフグリッドの太陽光発電のノウハウを現地に根付かせることにより、未電化地域への電力アクセスの向上に貢献できる可能性も見込める。

¹² Global Business Guide Indonesia (2016) “Indonesia’s Fisheries Sector: Under a New Paradigm”

3-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

2-1にて詳述した通り、日本国内の太陽光発電市場においては需要の大幅縮小が課題となっているところ、本事業を通じてインドネシア市場における太陽光発電システムの需要を掘り起こすことにより、国内メーカーの新規販売先拡大に寄与できる。

更に、国内太陽光市場においては、盛況に推移した市場の副産物として、太陽光パネルのリユースやリサイクル、リプロダクトが課題となっている。具体的には、発電特性自体には問題がない型落ちモデルや、外観不良などの理由で在庫保有される未使用品が大量に発生しており、今後もその規模は拡大していくとみられている。本事業を通じ、インドネシア市場での活用が見込まれれば、国内メーカーの保有する大量の使用可能な在庫の途上国でのリユース/リプロダクト活用例を示すことができ、新規販路の確保・拡大につながる。

加え、本事業は東松島市とバンダアチェ市の「相互復興」の取り組みの持続可能性担保や現地アクターの能力強化に貢献する。その詳細については以下第4章にて述べる。

第4章 ODA 事業との連携可能性

4-1 連携が想定される ODA 事業

4-1-1 草の根技術協力との連携・相乗効果

JICA と HOPE は、2013 年以降、草の根技術協力 2 フェーズにわたって東松島市との相互学習を通じたバンダアチェ市ムラクサ郡の被災コミュニティの復興に取り組んできた。そのなかで、最も成果が発現しているのが漁業コミュニティの収益性向上の取り組みである。

4-1-2 既存の技術協力プロジェクトとの連携

インドネシアにて実施中の技術協力プロジェクト「官民協力による農産物流通システム改善プロジェクト」は、コールドチェーン未発達という本事業と同様の課題に取り組んでいる。また、2018 年 7 月には新規無償資金協力「離島における水産セクター開発計画」が事業開始となり、アチェ州のサバン島が対象地域となった。

4-1-3 普及・実証・ビジネス化事業の形成

本調査を通じ、バンダアチェ市農業海洋水産局海洋水産部門（中央：海洋水産省）あるいはシャクアラ大学をカウンターパートとした JICA の普及・実証・ビジネス化事業(中小企業支援型)の形成の可能性を探ってみたが、民間と政府と両方のアクターと意見交換をするなかでは圧倒的に前者の方が太陽電池の活用への投資意欲が高く、ビジネスモデルとしては B to G よりは B to B の形態の方が可能性が高いと判断した。

4-2 連携により期待される効果

4-2-1 草の根技術協力との連携・相乗効果

草の根技術協力のスキームにおいて実施可能な東松島市の漁業専門家による技術指導がもたらし得る成果には限界がある。適切な鮮度保持を行うためには、捕獲後の適切な処理だけでなく、迅速な冷却と水揚げまでの保冷が必須となるからである。技術協力を通じた漁法のスキルアップを、本提案事業を通じた設備のアップグレードにて補完することにより、開発効果の相乗効果が期待でき、具体的には 2-4. に詳述したような効果を醸成しうる。なお、草の根技術協力の現地実施主体である CoMU 協同組合は、プロジェクト終了後も独自活動を継続していくための財政的自立を目指して市役所の行政官が出資し立ち上げた協同組合であり、提案企業と連携して太陽光発電の収益事業を実施していく旨の組織的合意形成がとれている。よって、本提案事業は、CoMU 協同組合の持続可能性を担保するための「自走」の一步としても意義がある。

4-2-2 既存の技術協力プロジェクトとの連携

「官民協力による農産物流通システム改善プロジェクト」においては、民間企業の製品・技術の活用が期待される開発課題のひとつに「低温流通」が挙げられている。提案製品は、トラック運送時に車の電源をそのまま利用可能であり、農産物の品質確保や市場へのアクセス向上にも応用しうる技術・アイデアである。また、提案企業は応用製品として太陽光駆動の冷蔵・冷凍コンテナの開発も進めており、同プロジェクトが目指す生産流通システムの近代化に貢献しうる。

「離島における水産セクター開発計画」は、水産物の流通の促進を通じて零細漁民を含む沿岸コミュ

ニティの生計向上を目的としており、水産物の高付加価値化や島外への水産物の流通等を整備するものであり、漁獲物の鮮度向上をもたらす提案製品及び技術がその取り組みに寄与しうる。

4-2-3 普及・実証・ビジネス化事業の形成

捕獲後のマグロの鮮度保持への効果を実証し、収益上のメリットをアピールするために、相手国政府のカウンターパートへ提案製品を供与し、小型マグロ漁船の船主へのレンタルを広く実施することを検討すべく、本調査ではバンダアチェ市上層部に対し、以下のような働きかけを行った。

- ・ Gusmeri BAPPEDA (バンダアチェ市地方開発企画庁) 長官を表敬し、提案製品及び現地調査の進捗・予定などについて報告。提案製品を市の予算で購入してもらうよう市長に要請するよう助言をいただき、アポ取り付けへの協力を得た。
- ・ Bahagia バンダアチェ市行政長官と昼食をともにし、提案商品の導入及び本調査への協力を仰いだ。
- ・ Aminullah Usman バンダアチェ市長、Arif Fadhillah 市議会議長、Zainal Arifin 副市長を表敬し、調査の進捗を報告するとともに、提案製品を PR。市長より、システムパフォーマンス調査の結果、提案製品の有効性を示すデータが提示でき、漁業コミュニティもその活用を望む状況が整えば、市の予算での提案製品数セットの購入、漁業コミュニティへの提供を検討する旨のコミットを得た。

しかしながら、現時点で市行政側から具体的なアクションは得られていないことから、事業形成は少なくとも短期的には困難であると判断した。

別添資料

1. 現地傭人によるシステムパフォーマンス調査の最終報告書

以上

FINAL REPORT

PERFORMANCE TEST OF THE COLD STORAGE FOR TSBM TOKYO



Provided by: Dr. Ir. Mohd. Iqbal, MT

**Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering
Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia**

2019

CHAPTER 1

INTRODUCTION

This technical report discusses the current result of performance test of cold storage from Tokyo Solar Building Materials (TSBM). The cold storage will be used as a fish storage on Tuna fishing boat in Banda Aceh, Indonesia. The cold storage components consist of a 200 liters cooler boxes that made of stereo foam covered by aluminium foil, a cooling machine and a solar panel system, as shown in Figure 1.1. The system is run by a 12 volt and 80 watt cooling machine made by Twinbird, as shown in Figure 1.2.a. The solar panel system consists of 4 units of 37 watt 8.66 volt solar panels (Sharp NT37KWD), one 12 volt 100 Ah battery (Liberty, MPS12-100R) and one solar charge controller, as shown in Figure 1.2.b, 1.2.c and 1.2.d respectively.

The performance tests have been conducted from July 2018 until December 2018. The first part of the test was conducted at Laboratory of Design and Manufacture, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia. The performance parameters that have been measured were temperature (inside the cooler box) and the working time of the system. Several improvement have been made based on the result of the test in order to improve the performance of the cold storage system.

The second part of test aims to investigate the performance of the cold storage in the real environment. It was conducted on the Tuna fishing boat during their fishing trip. The performance parameters that have been measured were temperatures (inside the cooler box) and the quality of the fish that stored inside the cooler box.



Figure 1.1. The cold storage system



Figure 1.2. The components of the cold storage system, (a) the cooling machine, (b) the solar panels, (c) the battery and (d) the solar charge controller

Five persons have been directly involved in the performance test, as follow:

1. Dr. Ir. Mohd. Iqbal, MT (team leader, researcher)
Lecturer of Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Syiah Kuala University, Banda Aceh.
2. Muhammad Tadjuddin, ST. M.EngSc (team member, researcher)
Lecturer of Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Syiah Kuala University, Banda Aceh.
3. Kaysfil Azis (team member, research assistant)
Student of Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Syiah Kuala University, Banda Aceh.
4. Fauzan Idris (general worker)
Worker of the Tuna fishing boat
5. Yusuke Kaneko (TSBM Tokyo)

The result of the testing shows a good performance of the cold storage, as well as the good quality of the fish that stored in the cooler box. Based on the test result, it could be concluded that the cold storage is feasible to be used to store the fish on the Tuna fishing boat in Banda Aceh, Indonesia. The detail information regarding the test activities and their result, will be discussed in the following section.

CHAPTER 2 COOLING RATE OF AIR INSIDE THE BUILDING USING BATTERY POWER

Table 2.1. The testing conditions

Particular	Condition
Object of the testing	Air
Energy source of the cooler system	Battery
Location of the testing	inside the building
Starting time	Date: 7 September 2018. Time: 06.34 pm
Ending time	Date: 8 September 2018. Time: 06.18 am

The testing condition is shown in Table 2.1. The test investigated the cooling rate of the air inside the box of the cold storage. The objectives were to find out how much time was required to cool the air from room temperature to 5°C, and to find out how long the battery will be able to supply the power to the cold storage without the solar panels. The information could be used to predict the capability of the cold storage to work at night or under rain/ cloudy whether without proper sunlight.

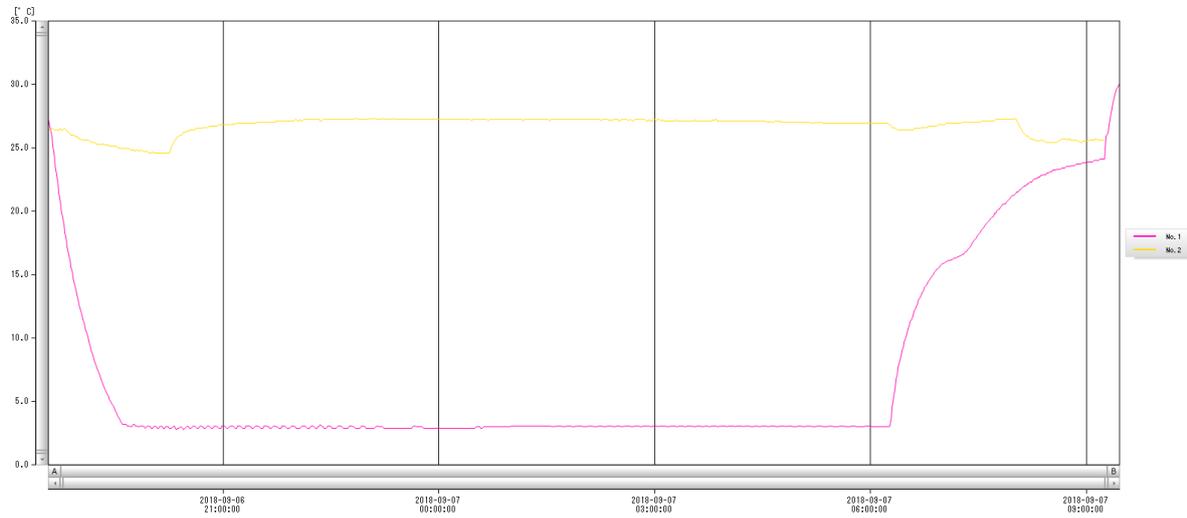
The test was conducted on 7 September until 8 September 2018. The cold storage was put inside the room. The system was powered by the battery that has been fully charged before the test started. The temperature sensor 1 was put inside the cooler box and the temperature sensor 2 was put outside the cooler box. Both of the sensors continuously read and record the temperature during the test. The cooler box was close at the starting and never be opened until the test finished. The setup configuration of the test is shown in Figure 2.1.

The result of the temperature monitoring is shown in Figure 2.2. The conclusions of the testing result are as follow:

1. The starting temperature (at 18.34 pm) was 26.9°C, inside the cooler box and outside the cooler box. The temperature inside the cooler box decreased immediately and reached 3°C after 69 minutes (18.34 pm to 19.43 pm).
2. The temperature remained approximately at 3°C until the test finish.
3. The system down after 11 hours and 45 minutes (at 6.19 am the following day). It means without any supply from solar panels, the battery able to work only for 11 hours and 45 minutes.



Figure 2.1. The configuration of the test (air, inside the building, using battery power)



No 1 = temperature sensor 1, was put inside the cooler box
No2 = temperature sensor 2, was put outside the cooler box

Figure 2.2. The temperature of the test (air, inside the building, using battery power)

CHAPTER 3
COOLING RATE OF SALT WATER
INSIDE THE BUILDING USING ELECTRIC (AC) POWER

Table 3.1. The testing conditions

Particular	Condition
Object of the testing	70 liters salt water
Energy source of the cooler system	Electric (AC)
Location of the testing	inside the building
Starting time	Date: 29 September 2018. Time: 01.31 pm
Ending time	Date: 3 October 2018. Time: 03.16 pm

The testing condition is shown in Table 3.1. The test investigated the cooling rate of the salt water inside the box of the cold storage. The objective was to find out how much time was required to cool the salt water from normal temperature to 5°C or below.

The salt water was used as to represent the sea water that will be used latter in the real application on the boat. The salt water was prepared by using 70 liters plain water and 2.5 kg of salt that approximately represents the 4% of salt in the sea water, as shown in Figure 3.1. The salt water was put in a bucket, and the bucket was stored into the cooler box.

The test was conducted on 29 September until 3 October 2018. The cold storage was put inside the room. The system was powered by the normal electric through the DC adaptor. The temperature sensor 1 was put inside the cooler box and the temperature sensor 2 was put outside the cooler box. Both of the sensors continuously read and record the temperature during the test. The cooler box was close at the starting and never be opened until the test finished. The setup configuration of the test is shown in Figure 3.2.

The result of the temperature monitoring is shown in Figure 3.3. The conclusions of the testing result are as follow:

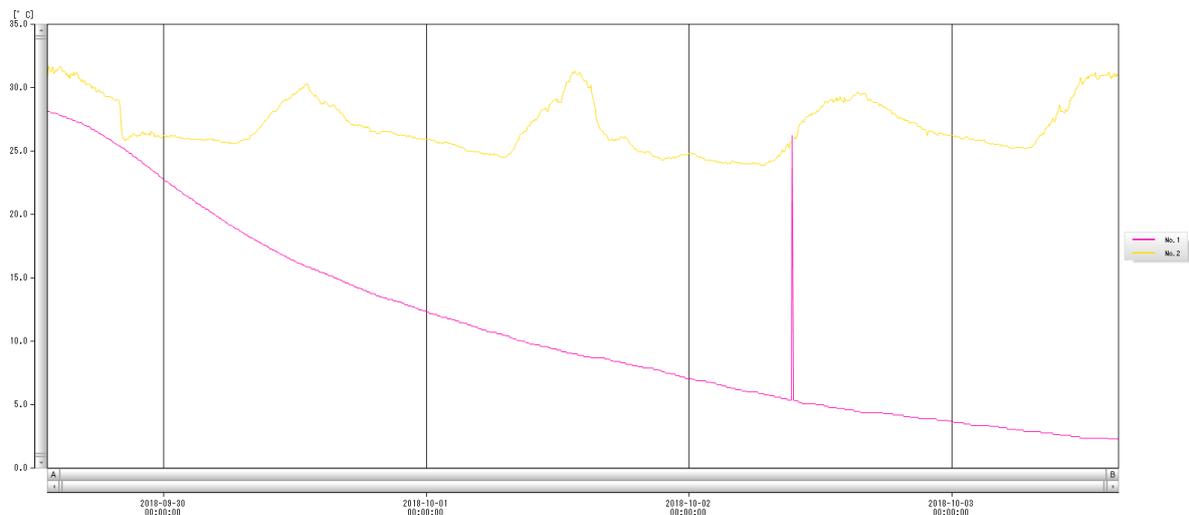
1. The testing started on 29 Sept 2018, at 1.31 pm. The starting temperature of the water was 28.1°C and room temperature outside the cooler box was 30.8°C
2. The temperature of the water decreased slowly and reach 2.3°C after 5 days or 120 hours (on 3 October at 3.16 pm).
3. Meanwhile, the temperature of the air outside the cooler box remained the same, approximately at 31°C.
4. We changed the switch from cold to freeze (on 3 October at 3.16 pm) and the temperature of the water continued to decrease until -4°C with the same cooling rate. The top of the water become ice form with the thickness of approximately 2 cm. We stopped the testing at this point since the temperature of the water did not decrease any more.
5. It took almost 6 days (140 hours) to decrease the temperature of the water from normal temperature (28°C to) to -4°C. The setting of the switch was cold mode on the first 120 hours, continue with freeze mode on the last 20 hours.



Figure 3.1. The preparation of the salt water



Figure 3.2. The configuration of the test (salt water, inside the building, using electric power)



No 1 = temperature sensor 1, was put in the salt water
 No2 = temperature sensor 2, was put outside the cooler box

Figure 3.3. The temperature of the test (salt water, inside the building, using electric power)

CHAPTER 4
COOLING RATE OF SALT WATER
OUTSIDE THE BUILDING USING ELECTRIC (AC) POWER

Table 4.1. The testing conditions

Particular	Condition
Object of the testing	70 liters salt water
Energy source of the cooler system	Electric (AC)
Location of the testing	outside the building
Starting time	Date: 5 October 2018. Time: 09.37 am
Ending time	Date: 9 October 2018. Time: 05.17 pm

The testing condition is shown in Table 4.1. The test investigated the cooling rate of the salt water outside the building. The objective was to find out how much time was required to cool the salt water from normal temperature to 5°C or below under the effect of the hot environment temperature outside the building. The environment was believed as the same environment when the cold storage is used latter on the boat.

The salt water was prepared using the same procedure as in the previous test. The cooler box was put outside the building and fully exposed to the sun light. However, the cooling machine was covered by plastic to protect it from possible damage because of high temperature from the sunlight. The system was powered by the normal electric through the DC adaptor to ensure the continuous and constant power supply to the system.

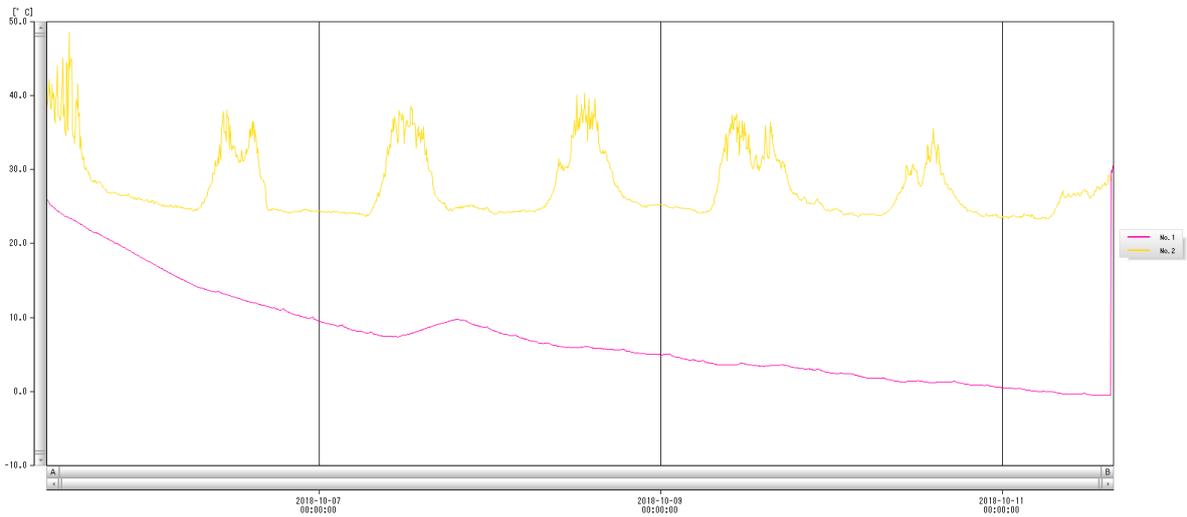
The test was conducted on 5 until 9 October 2018. The temperature sensor 1 was put inside the cooler box and the temperature sensor 2 was put outside the cooler box. Both of the sensors continuously read and record the temperature during the test. The cooler box was close at the starting and never be opened until the test finished. The setup configuration of the test is shown in Figure 4.1.

The result of the temperature monitoring is shown in Figure 4.2. The conclusions of the testing result are as follow:

1. The testing started on 5 October 2018, at 9.37 am. The starting temperature of the water was 25.9°C and air temperature outside the cooler box was 36.0°C
2. The temperature of the water decreased fast and reach 7.5°C after 2 days or 48 hours and 20 minutes (on 7 October at 9.57 am).
3. The temperature of the water continued to increase until 9°C and decrease slowly and reach -0.5°C on 11 October at 12.37 pm, or more than 6 days or 147 hours after the starting time of the testing.
4. The setting of the switch was cold mode at the starting time, and was changed to freeze mode when the temperature of the water was 3.6°C on 9 October at 5.17 pm until the test finish.
5. The temperature of the air outside the cooler box changed periodically according to the daily time as shown in the Figure 2. The minimum one was 24°C that occurred from midnight until early morning. The maximum one was 44.8°C that occurred at the middle of the day.



Figure 4.1. The configuration of the test (salt water, outside the building, using electric power)



No 1 = temperature sensor 1, was put in the salt water
No2 = temperature sensor 2, was put outside the cooler box

Figure 4.2. The temperature of the test (salt water, outside the building, using electric power)

CHAPTER 5
COOLING RATE OF SALT WATER WITH PRECOOLING
INSIDE THE BUILDING USING BATTERY POWER

Table 5.1. The testing conditions

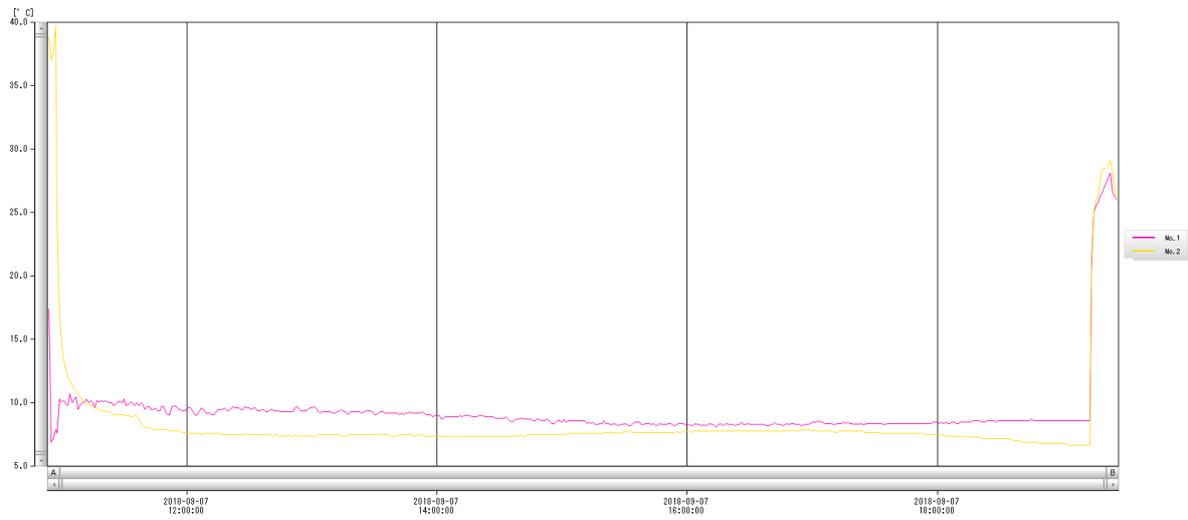
Particular	Condition
Object of the testing	50 liters salt water + 20 kg ice
Energy source of the cooler system	battery
Location of the testing	Inside the building
Starting time	Date: 7 September 2018. Time: 10.54 am
Ending time	Date: 7 September 2018. Time: 07.19 pm

The testing condition is shown in Table 5.1. The test investigated the capability of the cold storage to maintain the low temperature of the salt water inside the cooler box. In this test, the precooling process was provided by putting 20 kg of ice inside the 50 liters of salt water. By calculation, it was predicted that the mixing will result with 70 liters of salt water with the temperature of 5°C. The system was powered by the battery that has been fully charged before the test started. The objective is to find out how long the battery will be able to supply the power to the cold storage without the solar panels under the precooling condition.

The test was conducted on 7 September 2018. The cold storage was put inside the room. The temperature sensor 1 was put inside the salt water. The temperature sensor 2 was put outside the cooler box but outside the salt water. Both of the sensors continuously read and record the temperature during the test. The cooler box was close at the starting and never be opened until the test finished.

The result of the temperature monitoring is shown in Figure 5.1. The conclusions of the testing result are as follow:

1. The testing started on 7 September 2018, at 10.54 am. The starting temperature of the water was 6.9°C
2. The temperature varied from 8.3°C to 10.3°C during the testing for 8 hours.
3. More ice needs to be added in order to achieve -5°C of the water.
4. The system turn off by itself on 7 Sept at 7.19 pm. It means that without solar panel, the battery able to supply the system for 8 hours and 25 minutes.



No 1 = temperature sensor 1, was put in the salt water
 No2 = temperature sensor 2, was put inside the cooler box but outside the water

Figure 5.1. The temperature of the test (salt water with precooling, inside the building, using battery power)

CHAPTER 6
COOLING CAPACITY OF THE COLD STORAGE
ON THE BOAT – FIRST TEST

6.1. Testing Setup

Table 6.1. The testing conditions

Particular	Condition
Object of the testing	45 liters sea water + 25 kg ice
Energy source of the cooler system	Solar panel + battery
Location of the testing	on the tuna fishing boat
Starting time	Date: 10 October 2018. Time: 7.17 am
Ending time	Date: 18 October 2018. Time: 5.37 pm

The testing was conducted on the 20 tons tuna fishing boat, as shown in Figure 6.1.a. The testing condition is shown in Table 6.1. Forty five liters of sea water and 25 kg of ice were put in the bucket inside the cooler box (Figure 6.1.b). The cooler box was put in the palka of the boat (Figure 6.1.c). The solar panels were put inside the steel plate frame and were installed on the boat roof (Figure 6.1.d). The temperature sensor 1 was put inside the water in the cooler box and temperature sensor 2 was put outside the cooler box. The crew of the boat were briefed how to switch on/ off the system, how to monitor the temperature and power sensor and how to handle some unexpected event like loose of power, broke of cables, etc (Figure 6.1.e).

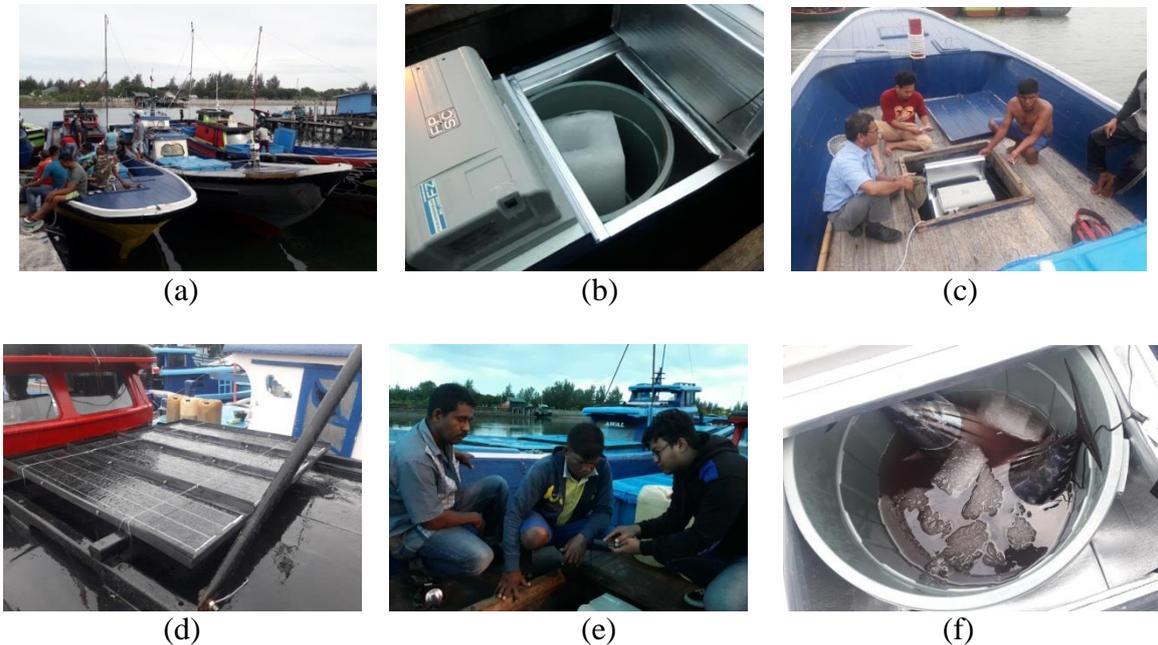
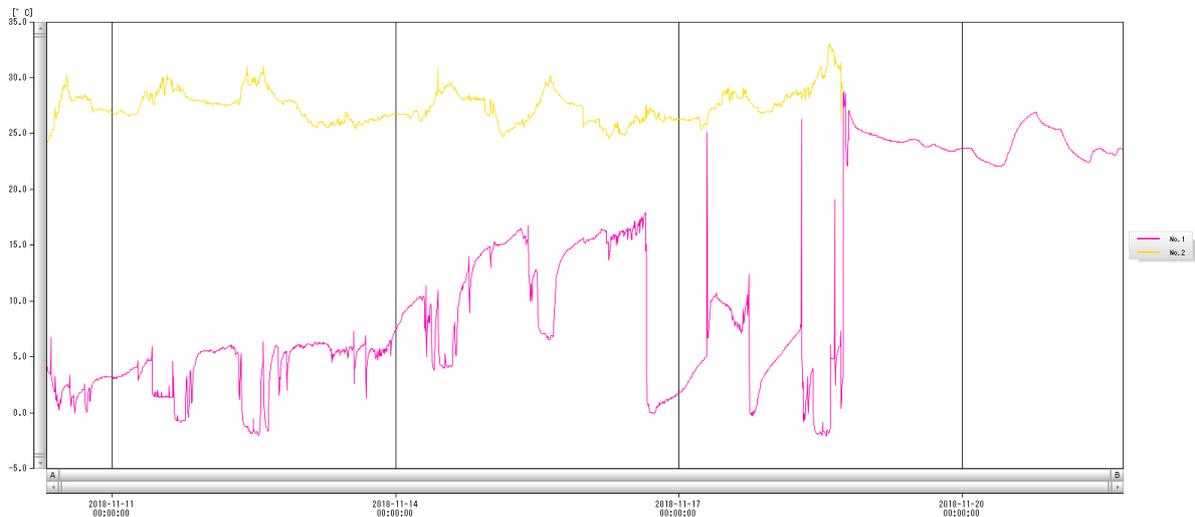


Figure 6.1. The preparation of the test (on the boat – first test), (a) the 20 tons tuna fishing boat, (b) Forty five liters of sea water and 25 kg of ice, (c) location of the cooler box, (d) location of the solar panels, (e) briefing to the boat crew, (f) the fish inside the bucket



No 1 = temperature sensor 1, was put in the water inside the bucket
 No2 = temperature sensor 2, was put outside the cooler box

Figure 6.2. Temperature of test (on the boat – first trip)

6.2. Result of the Temperature

The result of the temperature monitoring is shown in Figure 6.2. The conclusions of the testing result are as follow:

1. The testing started on 10 October 2018, at 7.17 am and the switch was set to freeze mode.
2. The starting temperature of the water was 4.2°C and air temperature outside the cooler box was 24.4°C
3. The temperature of the water decreased as the ice melted into the water, reach 0°C after 7 hours and 15 minutes (on the same day at 2.32 pm).
4. When the boat return to the port at 17 October, it was found that the water was still mixed with some pieces of ice (as shown in Figure 6.1.f). The minimum temperature of the water was -1.8°C.
5. The temperature of the air outside the cooler box changed periodically according to the daily time as shown in the Figure 6.2. The minimum temperature was 24.2°C that occurred from midnight until early morning. The maximum temperature was 30.1°C that occurred at the middle of the day.

6.3. The Quality of The Fish

The quality of the fishes that have been stored in the cold storage have been investigated by Mr. Igarashi, a fish expert regarding after catch handling process. Mr. Igarashi investigated the outer shape and the inner meat of the fishes and he concluded that the fishes looked fresh and the high quality of the fish meat could be maintained. Figure 6.3 shows the investigation process of the fish quality.



(a)

(b)

Figure 6.3. The investigation process of the fish quality (on the boat – first test),
(a) investigation of the outer shape, (b) investigation of the inner meat

CHAPTER 7
COOLING CAPACITY OF THE COLD STORAGE
ON THE BOAT – SECOND TEST

7.1. Testing Setup

Table 7.1. The testing conditions

Particular	Condition
Object of the testing	45 liters sea water + 25 kg ice
Energy source of the cooler system	Solar panel + battery
Location of the testing	on the tuna fishing boat
Starting time	Date: 6 December 2018. Time: 6.46 am
Ending time	Date: 12 December 2018. Time: 11.26 am

In order to get more accurate data, the testing was conducted more time on the 20 tons tuna fishing boat, as shown in Figure 7.1.a. The testing condition was shown in Table 7.1. The setup of the equipment and sensors were the same as the first trip, as shown in Figure 7.1. The temperature sensor 1 was put inside the water in the cooler box and temperature sensor 2 was put outside the cooler box. The crew of the boat were briefed how to switch on/ off the system, how to monitor the temperature and power sensor and how to handle some unexpected event like loose of power, broke of cables, etc (Figure 7.1.e).

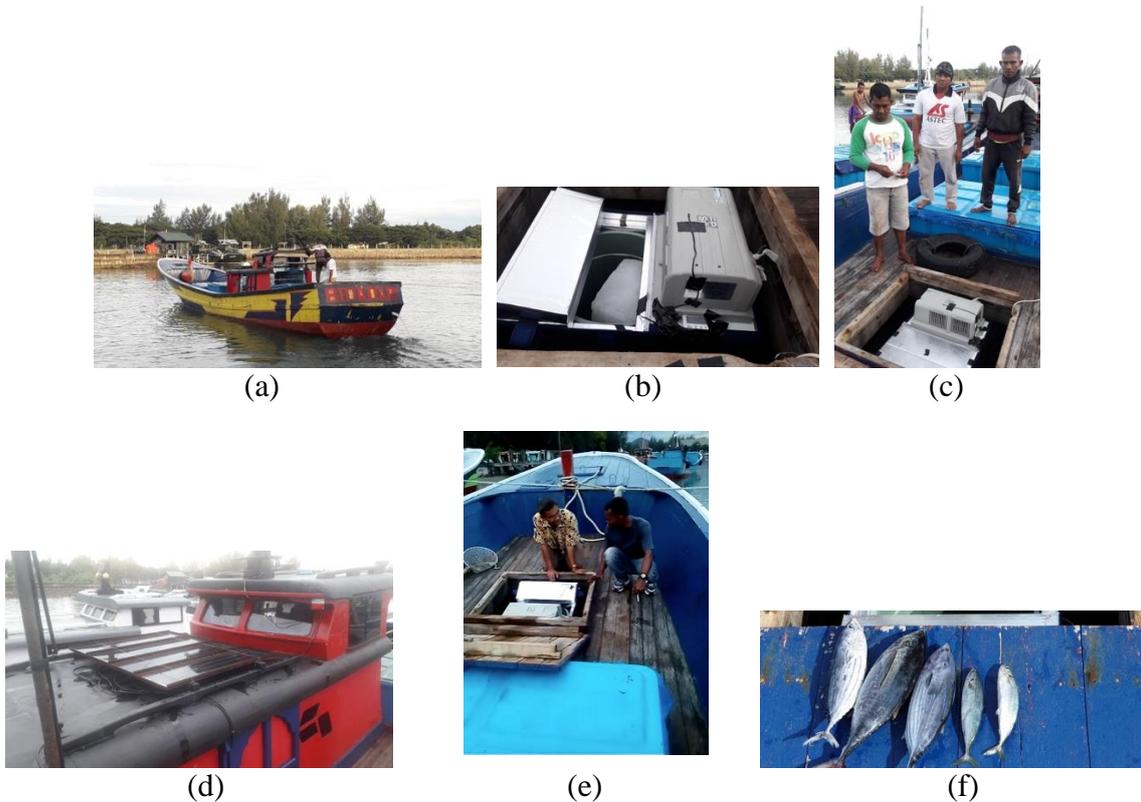
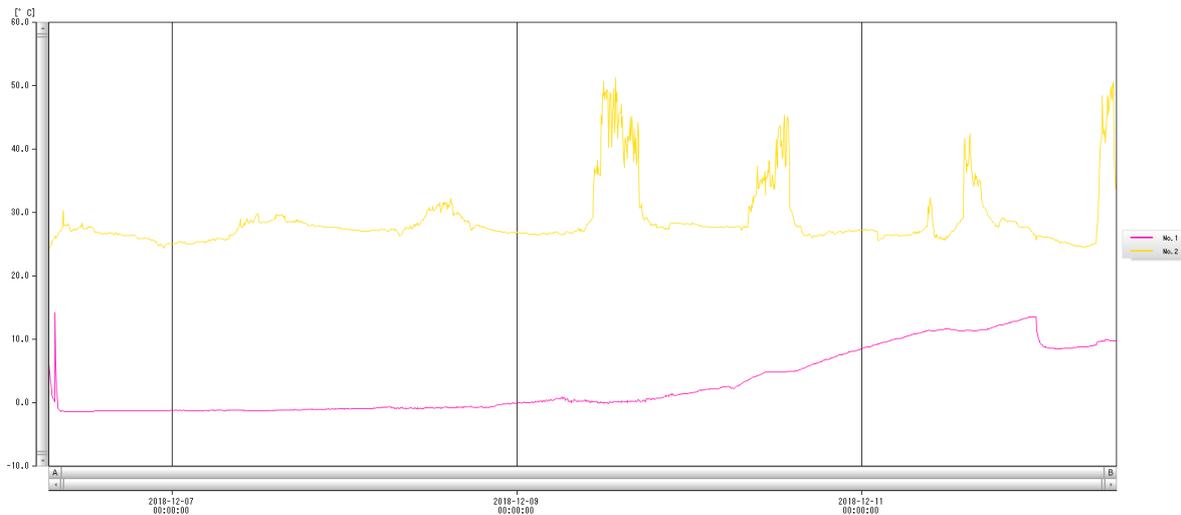


Figure 7.1. (a) the 20 tons tuna fishing boat (b) Forty-five liters of sea water and 25 kg of ice (c) Location of the cooler box (d) Location of the solar panels (e) Briefing to the boat crew (f) The fish inside the bucket



No 1 = temperature sensor 1, was put in the water inside the bucket
 No2 = temperature sensor 2, was put outside the cooler box

Figure 7.2. Temperature of test (on the boat – second trip)

7.2. Result of the Temperature

The result of the temperature monitoring is shown in Figure 7.2. The conclusion of the testing results are as follow:

1. The testing started on 6 December 2018, at 6.46 am and the switch was set to freeze mode.
2. The starting temperature of the water was 9°C and air temperature outside the cooler box was 24.5°C.
3. The temperature of the water decreased as the ice melted into the water, reach 0°C after 1 hours and 15 minutes (on the same day at 8.01 am).
4. When the boat return to the port on 12 December at 11.26 am, it was found that the water was still mixed with some pieces of ice. The minimum temperature of the water was -1.4°C.
5. The temperature of the air outside the cooler box changed periodically according to the daily time as shown in the Figure 7.2. The minimum temperature was 24.4°C that occurred from midnight until early morning. The maximum temperature was 34.8°C that occurred at the middle of the day.

7.3. The Quality of The Fish

The quality of the fishes were investigated by Mr. Igarashi, as shown in Figure 7.3.a. This time he investigated more detail regarding the meat and the eyes. According to Mr Igarashi, the fishes looked fresh and the meat quality could be maintained. The meat was soft and showed a good color (Figure 7.3 b). The fish's eyes has bright color and transparent (Figure 7.3.c), indicated a good quality of the fish and free of any contamination.

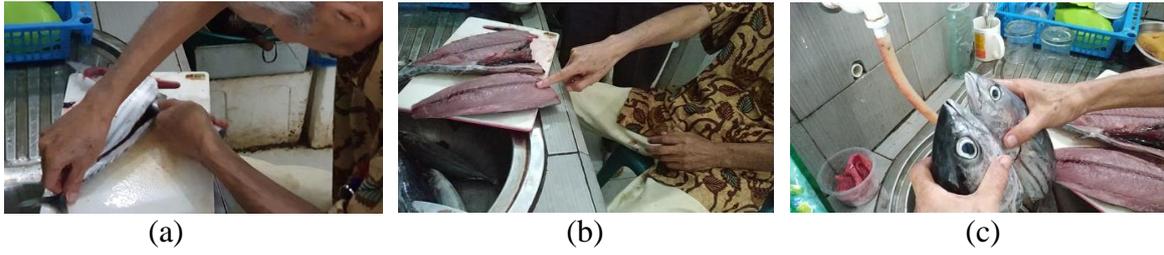


Figure 7.3. The investigation process of the fish quality, (a) cutting, (b) investigation of the meat, (c) investigation of the eyes

CHAPTER 8 CONCLUSIONS

Based on the result of the testing, several points have been taken as the conclusions, as follow.

1. According to Mr. Igarashi (Tuna Expert), after the catch the Tuna fish need to be stored in cool water with the temperature between 0°C and 5 °C during the return trip from the sea to the port.
2. The cold storage was able to cool-down 70 liters of seawater from normal temperature (26°C) to 5°C after 120 hours or 5 days of continuous working. However, 5 days of the cooling time was too long since there is a possibility that the boat will catch the first Tuna on the second day of the trip. In order to shorten the cooling time and to save energy, the pre-cooling method was suggested.
3. The pre-cooling was conducted by mixing 50 kg of sea water and 20 kg of ice. The result of the mixing was the cool water with the temperature of 6.9°C. The energy of the cold storage will be used to decrease the water temperature from 6.9°C to 5°C (which took only 1 hour and 15 minutes) and to maintain the water temperature below 5°C. Therefore under the pre-cooling condition, less energy is required by the cold storage.
4. The solar panel system is able to supply energy to run cold storage system and to charge the battery. It takes 2 hours for the solar panel system to fully charge the empty battery.
5. Without any supply from the solar panels, the fully charged battery is able to runs the cold storage system for minimum 8 hours and 25 minutes and maximum 11 hours and 45 minutes. It shows the capability of the system to keep running during the night or during the rainy/ cloudy day without proper sunlight.
6. The cold storage able to maintain the quality of the fish. It is based on the investigation of the Tuna expert on the color of the outer skin, the color of the meat, the softness of the meat and the color of the eyes.
7. By referring to the performance of the cooling machine, the performance of the solar panel system, the temperature of the water inside the cooler box and the quality of the fish, we are very confidence to conclude that the cold storage system is feasible to be used by Tuna fishing boat in Banda Aceh.