

調査名「スリランカ・ハンバントタにおける国際会議場向け風力発電 CDM 実現可能性調査」

団体名：高砂熱学工業株式会社

1. 調査実施体制：

- 再生可能エネルギー機構 (SLSEA) : 再生可能エネルギー案件認可機関、当該案件の予定地ハンバントタソーラーパークの管轄機関
- 電力エネルギー省 (MPE) : スリランカ全土の電力エネルギー計画・管理機関
- 電力庁 (CEB) : スリランカ全土の送電線網を管理運営する IPP 事業者の電力購買者
- 都市開発局 (UDA) : ハンバントタ地区の開発計画、建設を担当する政府機関、当該案件の再生可能エネルギーを活用したグリーンビルディング認定を検討
- 環境省 DNA 部局 : スリランカの CDM 案件の許認可、申請、二ヶ国間協議などを扱う政府機関
- 投資局 (BOI) : スリランカの外資投資の窓口、タックスホリディの許認可を扱う政府機関
- 三菱 UFJ モルガンスタンレー証券 (MUMSS) : CDM プロジェクト実施に向けた調査全般の当該案件におけるサポート業務を実施。PIN・PDD 作成補助、CO2 削減量の計算作業等の支援
- P.I.CONSULTANS & CO. (PIC) : スリランカ現地側政府機関へのアプローチ、現地調査の段取り、現地インフラ状況の調査等を実施

2. プロジェクトの概要：

(1) プロジェクトについて：

本プロジェクトは、スリランカの都市開発局 (UDA) の管轄区域である同国南部のハンバントタ開発地域で建設中の国際会議場 (ICC) 向けの風力発電事業である。ICC は、4MW の小規模風力発電の導入 (第一フェーズ) により、本来ならばグリッド電力を使用するところを再生可能エネルギーを用いることで CO2 排出削減を図る。また、プロジェクトの実施により最貧困地域における貧困対策、地域振興につながる事が期待される。

本調査により、第一フェーズ実施により見込まれる CO2 削減量は、4,599 tCO2/年となる。

高砂熱学工業株式会社が、風力発電事業主体として、2013 年末のプロジェクト稼働開始を想定している。

実施スケジュールに関しては、本調査終了後、電力庁 (CEB)、再生可能エネルギー機構 (SLSEA) との具体的な検討、調整が必要になる。特にグリッド全体に与える風力発電による遊乱要因を解消する方策の検討が要求される。

(2) 適用方法論について：

小規模方法論 AMS - I.D. “Grid Connected Renewable Electricity Generation” (バージョン 17)

3. 調査の内容

(1) 調査課題:

本プロジェクトは CDM として実施されるため、下記の課題について調査を行った。

- 当該プロジェクトに関する基礎情報や適用可能な CDM 方法論等。
- スリランカに於いて CDM プロジェクトの登録が進まない理由。
- スリランカにおける有効化審査・CDM 承認プロセス、環境影響評価の現状。
- 本プロジェクトの追加性証明方法。
- GHG 排出削減量を計算する為のグリッド排出係数算定のデータ収集。
- 当該プロジェクトに関する事業化調査。

(2) 調査内容:

- 当該プロジェクトに関する基礎情報や適用 CDM 方法論等

文献調査を行い、またスリランカの DNA、UDA 等の協議機関に事前ヒアリングを実施し、方法論の適用可能性に関する検討とプロジェクトに関する基礎情報の収集を行った。

- スリランカに於いて CDM プロジェクトの登録が進まない理由

CDM ルールの複雑さに加え、事業者の経験不足、現地コンサルタントの能力・知識不足、海外事業者・投資家のスリランカ事情への理解不足等が挙げられる。その結果、必要な情報が充足されていない等、CDM 登録基準を満たしている PDD の質が担保されていないため、有効化審査で止まったり、登録が却下されるプロジェクトが多い。過去に7件しか登録されておらず、世銀案件3件、日本企業案件3件があり、現地コンサルタントが独自に案件を登録する能力に欠けている証拠となっている。

- スリランカにおける有効化審査・CDM 承認プロセスについて

スリランカ DNA はすでに多くの案件に承認をだしており承認プロセスに特に問題はみられない。

- 環境影響評価の現状

本プロジェクトの予定地となったソーラーパークの近傍では、既存の風力発電設備が稼動しており、環境影響評価は完了している。ソーラーパークは、居住区ではないため、周辺住民への影響は極めて少ないと考える。ソーラーパークに対する環境影響評価は既に行っており、この点については、特段の懸念はないことが明らかにされている。事業化の際には、正式に事業主として申請を行い、再確認をしていく予定である。

- 本プロジェクトの追加性証明方法

EB63 で承認された2つのガイドラインの適用可否について検討を行った。

「小規模 CDM 案件に関する追加性証明ガイドライン」については、太陽光・太陽熱発電技術/沖合いの風力エネルギー/海洋技術のみが自動的に追加性を持つため、本プロジェクトは対象外となる。

「マイクロスケール・プロジェクトの追加性証明のためのガイドライン」の適用については、本プロジェクトはオフグリッド発電ではなく、容量は 1.5MW 以上なので、スリランカDNA推進技術に当てはまらない限り、適用できない。スリランカDNAと協議を行い、スリランカに於ける 5MW 以下の風力発電を『追加的な技術』であると 2011 年 10 月にCDM理事会へ推奨を依頼したが、承認は未だ降りていない。事業体として正式な申請を行えば、承認され、追加性証明が不要になるとの可能性が高い。

- GHG 排出削減量を計算する為のグリッド排出係数算定のデータ収集

CEB にヒアリングし、正式に過去 3 年間(2008 年～2010 年)のグリッドデータを入力し、排出係数の算定を実施した。

- 当該プロジェクトに関する事業化調査。

事業化のプロセスとして、以下の手順で行うことが現地調査により確認できた。

- 1) 計画案提出 — SLSEA (スリランカ再生エネルギー機構) への基本計画・事業規模の FS 報告書などの提案書を提出する。
- 2) Proposed Previous Site Allocation — SLSEA (スリランカ再生エネルギー機構) に事前敷地収容要望書を提出する。ソーラーパークで検討するようにとの指示を SLSEA から得た。
- 3) 環境アセスメント調査 — スリランカ環境省に提出する。ソーラーパーク近傍に既設風力発電設備が稼動しており、調査不要になる可能性が高い。
- 4) LOI (Letter of Intent) — CEB (電力庁) に IPP 事業者として参入する意思がある旨の LOI を提出、グリーンビルディング (LEED 認証) を受けるための ICC への再生可能エネルギーによる電力供給を行う旨を明記する。
- 5) SLSEA の認可を取得する。
- 6) CEB との Letter of Intent Agreement・Power Purchase Agreement、ICC との Letter of Intent Agreement を締結する。
- 7) 以上を PUCSL (Public Utilities Commission of Sri Lanka) に提出し、承認を取得する。
- 8) Approval of Site Allocation (用地収容承認書) を取得する。
- 9) 環境省に CDM 案件として提出し、環境アセスメントの承認を取得し、UNFCCC へ提出する。
- 10) BOI (投資庁) への登録、会社設立、事業を開始する。

4. CDM プロジェクト実施に向けた調査結果

(1) ベースライン・モニタリング方法論

当該プロジェクトは、小規模方法論 AMS - I.D. “Grid Connected Renewable Electricity Generation” (バージョン 17) とその関連ツールの適用条件を充足することを下記の通り、確認した。

- 本プロジェクトは、セイロン電力庁 (Ceylon Electricity Board, CEB) のグリッ

ドに電気を供給する。

- 本プロジェクトは、新規再生可能エネルギー発電事業である。
- 本プロジェクトの発電容量は 4.0 MW であるため、小規模プロジェクトの発電容量 15 MW の上限以下である。
- 本プロジェクトは熱電併給設備ではない。

また、本プロジェクトは、系統電源排出係数の算定のため、「Tool to calculate the grid emission factor for an electricity system」（バージョン 2.2.1）を適用する。

(2) ベースラインシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定:

本プロジェクトがなければ、同量の電力を系統電源から供給しなければならないので、系統電源がベースラインシナリオである。

AMS-I.D.では、プロジェクトバウンダリーに本プロジェクト発電設備と全ての系統電源が含まれる。また、プロジェクトバウンダリー内における温室効果ガスの排出源は主に CEB 系統に接続されている火力発電所である。

尚、本プロジェクトでの夜間の余剰電力はグリッドへ売電せずに、ハンバントタ港近傍の UDA 所有用地周辺の漁村向けとして設置が検討されている冷凍冷蔵庫（荷揚げされた魚の保存用）への直接電力供給を検討していたが、CEB との面談では、スリランカ法律上では、電気グリッドを介して、特定の消費者に電気を供給することが認められていないことが明確になったため、全量を CEB グリッドに供給するためプロジェクトバウンダリーは変わらない。

風力発電の場合、コンバインド・マージン排出係数 CM は 0.6564tCO₂/MWh と算定。

(3) モニタリング計画:

本プロジェクトは、小規模方法論 AMS-I.D. “Grid Connected Renewable Electricity Generation”（バージョン 17）に基づき、モニタリング計画を作成する。主なモニタリング項目は、グリッドに供給された電力量とグリッドから輸入された電力量であり、それを使用し、排出削減量の算定に必要な純電力供給量を求める。

尚、自動的に純電力供給量を算定できる測定器があるが、スリランカではフィード・イン・タリフは純供給量に対してではなく、総供給量に対して支払われるので、このような電力量計の導入が望ましくないため、総供給量と総輸入量の測定器がそれぞれ設置される。データを随時観測して、毎月合計する。

本モニタリング計画は、インド、スリランカを中心に登録された CDM プロジェクトのモニタリング実績とその結果、また現地調査で得られた情報に基づき、作成する。電力供給量と電力輸入量の計測器設置場所、測定頻度、機器の較正方法、売電量をクロスチェックするための QA/QC 手法の検討等を行う。

(4) 温室効果ガス排出削減量:

ベースライン排出量:

小規模方法論 AMS-I.D.により、ベースラインは電力の純供給量 (EG_{BLy}) とグリッド

の排出係数（ $EF_{CO_2,grid,y}$ ）の積である。

プロジェクト排出量: 無し

リーケージ: 無し

排出削減量: $ER_y = BE_y$

年別の予想削減量を、下記の表にまとめている。

	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
風力発電 (tCO ₂)	4,599	4,599	4,599	4,599	4,599	4,599	4,599
合計 (tCO ₂)	4,599	4,599	4,599	4,599	4,599	4,599	4,599

(5) プロジェクト実施期間・クレジット獲得期間:

風力発電設備の平均寿命は20年間を超えるのは一般的であるため、7年間の2回更新可能なクレジット取得期間に設定し、プロジェクト寿命が終わるまで CER の売却より追加収入が得られるようにする。本プロジェクトでは、20年間定額据え置き価格で検討を進めている。本調査終了後、プロジェクト実施して、2013年中のプロジェクト完了を目指している。

(6) 環境影響・その他の間接影響:

風力発電所の建設は、建設される地域に対して概して環境面、生態系の両面において極めて限定的な影響しか与えない。当該案件予定地となったソーラーパークの近傍では、既存の風力発電設備が稼働している。モロトゥワ大学等による風力発電調査報告、及び近傍のハンバントタ国際空港の航空機離着陸と風力発電所立地の関連調査では、渡り鳥・近隣騒音等の問題はないとされているが、両調査とも既に終了後3~7年が経過している為、現状に適用可能かをスリランカ環境省にプロジェクト実施時に確認を行う。ソーラーパーク内は、居住区ではないため、周辺住民への影響は極めて少ない。

(7) 利害関係者のコメント:

本調査では主に、①政府機関へのヒアリング（第1~4回現地調査）、②近隣住民へのステークホルダーミーティングを行い利害関係者のコメントを収集した。

①について、風力発電計画発案者の都市開発局は、本プロジェクトに関して極めて協力的である。CEBとSLSEAは、ICC近傍は風力発電機と隣接しすぎるため、ソーラーパークへ代替敷地の提供を口頭で合意した。しかしながら、風力発電単体の設置は、グリッドへの遊乱要因となるので好ましくないとの意見があった。グリッドへの悪影響が頻発する現状では、新規の認可は困難とのコメントとなった。電力平準化を促す蓄熱システム併用の太陽熱発電とのハイブリッド化ができるのであれば、是

非進めてほしいとの意見があった。

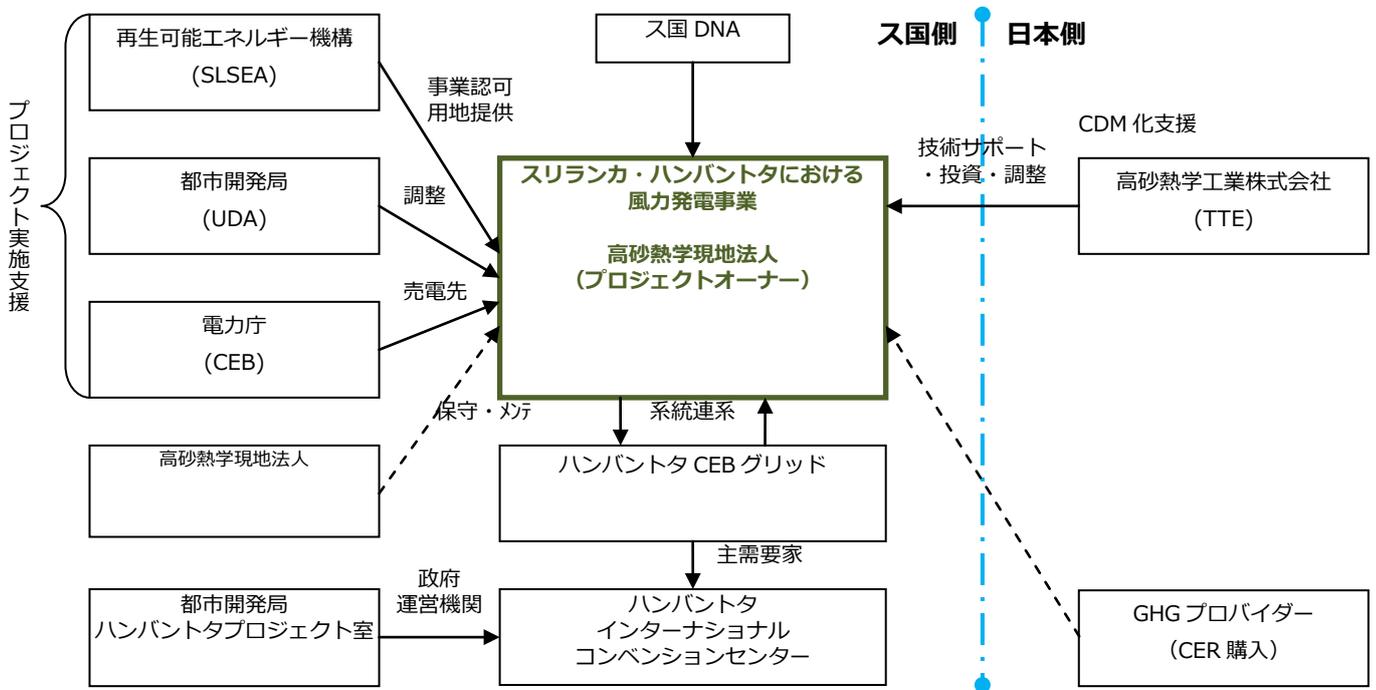
②について、ソーラーパーク（600 エーカー）は政府機関敷地であり、居住区ではないので、周辺住民は特に関心がない。1999 年から稼動している既設風力発電機を見慣れているので、景観上の問題はない。

(8)プロジェクトの実施体制：

高砂熱学工業株式会社が主たる事業者、プロジェクトファイナンスによる現地 IPP 事業者のスポンサーとなる。現時点において、エクイティ出資／金融機関借入の比率は決定していないが、高砂熱学工業株式会社が投資金全額拠出する前提で計画之中である。

UDA ハンバントタプロジェクト事務局は、本プロジェクト実施機関の1つ。本 FS 調査の現地調査を支援。風力発電のグリッド接続後の設置地域主需要家である ICC の設計・建築・運営を担当する政府部局。

プロジェクトの実施体制は、以下に示す通り。



(9)資金計画：

現時点の計画では、2基の2MW 級風力発電装置および送電線を設置する予定である。初期投資額の 100%は、高砂熱学工業株式会社によるエクイティ投資を検討している。また、初期投資額以外に、O&M コストとして年間 66 万ドル(機器メーカーにより金額は変動する)必要であることが想定されている。

現在、風力発電機の低風速高効率対応の最新鋭機は2MW が主流であることが判明した。敷地検討を待って、フェーズ分けを行い、第1フェーズ2MW×2基、第2フェーズ2MW×2基の最終出力2MW ×4基=8MW とすることも本調査で検討した。

第2フェーズの実施は、第1フェーズでの機器が稼動後、実際の稼動状況等を確認してから再度検討することとなる。

高砂熱学工業株式会社のプロジェクトファイナンスによる PFI 事業会社（特別目的会社、SPECIAL PURPOSE COMPANY）がスリランカ投資庁の Section 17 規程の会社に該当する。

第1フェーズ資金計画

2基の2MW（第1フェーズ）級風力発電装置の場合			
風力発電プラント建設初期投資額	:	風力発電機（2基）	USD 3,900,000
		土木工事	410,000
		エンジニアリング、管理	890,000
合計	:		USD 5,200,000

(10) 経済性分析:

現状の段階では、初期投資額520万ドル、O&M コストとして年間66万ドルを必要資金として経済性分析を行う。CER 売却からの収入は、現状の市場価格 7 USD を想定し、ベンチマークとしては、2011年9月30日に発表されたスリランカ商業銀行加重平均貸出金利13.62%を設定している。Feed In Tariff LKR 19.7/KWh のフラットベースでの最長適用を申請予定である。風力発電機につき、現在開発されている高効率発電機 2MW 2基での合計4MWにて計画中である。

CER 売却収益無しの場合 IRR 9.77% < ベンチマーク 13.62%

CER 売却収益有りの場合 IRR 10.54% < ベンチマーク 13.62%

電力販売収入が15%増加した場合、

CER 売却収益有りの場合 IRR 14.83% > ベンチマーク 13.62%

現状の CER 市場価格をベースにしても、IRRは改善するが、未だベンチマークを上回っていない。電力販売収入が15%増加した場合に、ベンチマークを上回る。

BOOのみならず、BOT方式でスリランカ政府に20年後の譲渡の提案、Feed In Tariff の変動オプション、投資庁規程の Tax Holiday の適用（払込資本金の金額による Tax Holiday の年数）など、事業認可実現に向けてのアプローチを継続して検討していく。

政治リスク、為替リスク並びにインフレーションリスクも調査中である。また、収容敷地の譲渡条件、グリッド延長工事などコストの不明点の調査を今後進めていく。政治経済状況の変化に応じて、ベンチマークの修正が必要になることが予想される。

最新の風力発電機の大型化、コスト増並びにグリッド接続、土地取得費用等は初期投資額の増加要因であるが、他方で、高効率発電機による発電量並びに CO2 削減量の増加が見込まれる。風況、風速の優れた場所を特定できており、更に CO2 削減量増加を伴う IRR 向上に寄与できる。

(11) 追加性の証明:

本プロジェクトは小規模 CDM プロジェクトであるため、小規模 CDM プロジェクトの追加性証明ガイドライン（投資障壁による追加性の立証）若しくは「マイクロスケール・プロジェクトの追加性証明のためのガイドライン」が適用可能である。

小規模 CDM プロジェクトの追加性証明ガイドラインを適用する場合は、投資障壁を

立証する必要がある。そのための投資データを確認し、正確なプロジェクト IRR を算定する。

一方、マイクロスケール・ガイドラインを適用する場合、当該プロジェクトが「マイクロスケール・プロジェクトの追加性証明のためのガイドライン」の適用条件を満たすためには、対象事業が DNA の推奨する技術や方策であることが必要である。

マイクロスケールの適用については、スリランカ DNA と協議を行い、DNA は 2011 年 10 月に CDM 理事会へ推奨を依頼したが、2011 年 11 月末現在、CDM 理事会からの承認は未だ下りていない。従って、本プロジェクトに対して、小規模 CDM プロジェクトの追加性証明ガイドラインを適用し、投資障壁を証明する。

まず、本プロジェクトが実施されない場合は、二つの代替シナリオが考えられる。

シナリオ 1: CEB グリッドよりの電力供給（現在慣行の継続）

シナリオ 2: 本プロジェクトの CDM 無しの実施

以下に示すように代替シナリオ 1 の場合は、投資障壁のため、実現不可能である。それに対し、シナリオ 2 である CEB グリッドからの電力供給は、追加投資が要求されていないため、投資障壁が存在しない。従って、CDM がなければ、シナリオ 1 しか実行可能ではない。

投資の障壁を実証するために、ベンチマーク分析が適用される。税引前のエクイティ IRR は 20 年間プロジェクト寿命に亘り、計算される。2011 年 9 月 30 日に発表されたスリランカ商業銀行加重平均貸出金利（13.62%）をベンチマークとし、IRR と比較する。「投資分析評価ガイドライン」により、それは相応しいベンチマークである。

IRR(CER 無し)の場合は、9.77%となる。

IRR はベンチマークより低いため、通常の投資プロジェクトとしては魅力的ではなく、CDM がなければ、CO₂ 排出量が高いシナリオ 1 が行くと証明される。

投資分析の有効性を確認するため、感度分析を行う。結果、下記の通りとなる。

感度分析の結果

ケース		10% 増加	10% 減少
ケース 1	投資コスト	8.43 %	11.35 %
ケース 2	電力販売による収入	12.71 %	6.59 %

感度分析の結果、どのケースも IRR はベンチマークより下回るため、プロジェクトは投資対象としては魅力的ではなく、追加性があると判断する。

(12) 事業化の見込み:

本プログラム CDM 事業検討に参画している高砂熱学工業株式会社（調査提出元兼務）は、早期の事業化に向けて検討を進めている。高砂熱学工業株式会社は、CDM 案件として当該風力発電事業を実施することが、同社の企業イメージの向上と、将来的なエネルギー分野への進出に繋がることから、提案事業の実施に向けて強い意欲を示している。

現行のスリランカ再生可能エネルギー向け Feed in Tariff（LKR 19.7/kWh）20 年フラ

ットベースで、高効率風力発電機を採用して CDM 売却収益有りの場合、IRR14%前後が見込まれる。(現行のベンチマークは 13.62%) スリランカ政府機関各所の協力状況や市場環境を考慮した場合、事業化の見込みは非常に高いと考えられた。

しかしながら、第4回現地調査にて、CEBではグリッドへの遊乱の問題が深刻となっており、新規の風力発電単体の設置は、認可されない方向となることが確認された。電力平準化を促す蓄熱システム併用の太陽熱発電とのハイブリッド化ができるのであれば、前向きに検討してほしい旨のコメントを得た。

現段階においては、高砂熱学工業株式会社及び現地事業会社（高砂熱学工業株式会社のプロジェクトファイナンスによる現地 FPI 会社）の風力・太陽熱併用のハイブリッド発電の技術的な課題の解決並びに 2012 年以降の投資スタンスが未確定であり、最終的な事業化については、スリランカ政府の新規設定のハイブリッド FIT の適用が不可欠となる。

2012 年内への CDM 登録を目指した取り組みを引き続き行っていく。

5. コベネフィットに関する調査結果

定量評価に向けての調査は、「コベネフィット定量評価マニュアル第 1.0 版」を参考に行った。評価分野の選択は、AMS-I.D.では、プロジェクトバウンダリーに本プロジェクト発電設備と全ての系統電源が含まれる。当該案件は、全量をグリッドに供給する。評価分野、は「大気質改善」分野とする。二酸化炭素を主な排出源とし、風力による発電は温室効果ガスの排出につながらない。

6. 持続可能な開発への貢献に関する調査結果

本プロジェクトは、再生可能エネルギー発電となるため、スリランカの輸入化石燃料への依存度を緩和し、エネルギー自給率の向上と貿易収支の改善に繋がる。また、電力不足に直面しているスリランカ南部の発電容量の増加に寄与し、地域経済、およびスリランカの経済の活性化に繋がるものとする。

また、漁業用冷凍冷蔵倉庫を設置した場合、漁業開発・地域間格差の是正が期待できる。冷凍冷蔵施設が十分に設置されていないハンバントタ周辺地区では、漁獲の大きな部分が腐敗などで遺棄されている。大量消費地のコロombo・ゴールなどへも漁獲が移送できないでいる。

将来的に、オフグリッド供給が認められれば、当該風力発電プロジェクトの夜間電力により、漁業用冷凍冷蔵倉庫のスーパークーリング（ -50°C 以下）を行うことにより、昼間の電力消費をせず、ピーク負荷を増大させることなく冷凍冷蔵施設の運用が行われる。これにより、漁獲の遺棄の減少、漁業商品の販路の拡大が期待でき、夜間の風力発電の調整力のバッファとしても活用できる予定である。