

海洋深層水の利用高度化に向けた発電利用実証事業 及び
海洋温度差発電における発電後海水の高度複合利用実証事業
委託業務実績報告書

第IV部

本技術の普及・展開の可能性

1. 本事業における広報・普及活動

主要な指標

- 視察受け入れ数： 約 9,500 名(2013.6 発電開始から)
- 視察受け入れ国数： 66 カ国(同上)
- 行政視察件数： 沖縄県内1位 (2017 年度 日経 BP 調べ)
- メディア掲載等(2013 年度～2018 年度)
テレビ・ラジオ 28 回、本・雑誌・冊子等 15 冊、新聞・ネットニュース 約 150 回

1.1 見学・視察受け入れ状況

本事業は、沖縄県における再生可能エネルギーの導入拡大の一環として実施されていることから、再生可能エネルギーの一つとしての海洋温度差発電に対する理解促進のため、視察・見学者を積極的に受け入れた。

2013 年 4 月から運転を開始した沖縄県久米島町の海洋温度差発電(OTEC)実証設備の来場人数および件数は、2013 年度が 1,578 人の 284 件(ただし、2013 年 6 月 16 日に行われたオープニングセレモニー(通電式)の来場者は含まない)、2014 年度が 1,642 人の 295 件、2015 年度が 1,672 人の 283 件、2016 年度が 1,786 人 267 件と年度を重ねる毎に来場人数が増加し、2017 年度は 1,315 人 255 件と初めて減少傾向となったが、2018 年度は 2019 年 3 月末までの予約分も含めて 1,450 人で、人数は再び増加に転じた。

運転開始の 2013 年度か 2018 年度までの約 6 年間で訪れた来場者数は、9,506 人(2019 年 3 月末までの予約分を含む)、1,630 件であった。平均すると年間 1,584 人、272 件となる。

所属別の来場者数では、「個人」「民間企業」「官公庁・政府機関」「学校」がそれぞれほぼ四分の一ずつとなっており、個人的興味からビジネスまで幅広い目的での来場があることがうかがわれる(図 1-1)。特に他施設に比べて官公庁や政府機関による行政視察が特徴であり、日経 BP 社による行政視察ランキングにおける行政視察受け入れ件数は、2016 年度に全国 19 位(県内 2 位)¹、2017 年度に全国 21 位(県内 1 位)²となっている(全国での順位は、人口 10 万人未満の約 1450 市町村を対象として整理されたもの)。

¹ 日経 BP 社、新・公民連携最前線「全国自治体 行政視察ランキング 2017」における「海洋深層水複合利用プロジェクト」(久米島町), <https://project.nikkeibp.co.jp/atclppp/PPP/101100065/> (2019.3 閲覧)

² 日経 BP 社、新・公民連携最前線「全国自治体 行政視察ランキング 2018」における「海洋深層水利用プロジェクト」(久米島町), <https://project.nikkeibp.co.jp/atclppp/091800002/> (2019.3 閲覧)

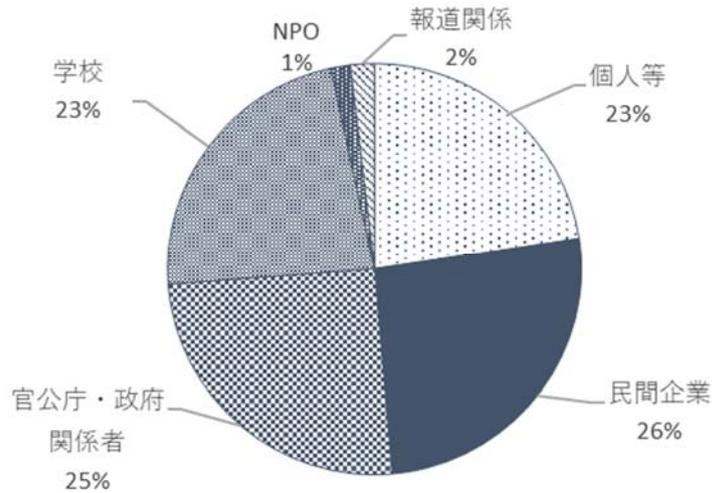


図 1-1 来場者の構成(所属別:2013~2018 年度)

また、県外や海外からの来場者も多く、全来場者の約 50%が県外・海外である(図 1-2)。とりわけ海外から 65 もの国もの視察があったことは特筆に値する。

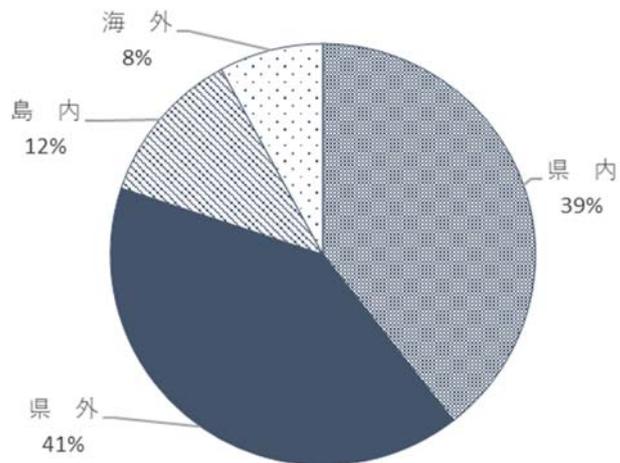


図 1-2 来場者の構成(地域別:2013~2018 年度)

見学者の各種データ分析については、別添資料 -1 に示す。

また、見学対応のために作成した主なポスター図案を別添資料 -2 に、OTEC 実証試験設備のパンフレットを別添資料 -3 に、それぞれ示す。

1.2 イベント等への出展

本技術の普及・展開のため、2016年に沖縄の産業まつり「海洋産業特別展」、2018年に同「新エネルギー産業展」に、OTECのミニモデル(本事業外で製作)や説明パネルを展示し、技術の紹介を実施した(2017年は台風のため中止)。同様に、設備の立地自治体である久米島においても「久米島の産業まつり」や「海洋深層水の日イベント」への出展を行い、技術の普及に努めた(図1-3)。



図1-3 イベント出展の様子(2018年 沖縄の産業まつり)

1.3 メディア掲載等

第II部 1章等で述べたとおり、本事業は国内外からの注目を集め、メディアへの登場も多い。本事業関連がメディアで取り上げられた回数は、テレビ・ラジオが21回、本・雑誌・冊子等が12冊、新聞・ネットニュース等が約150回である。別添資料4-4にそのリストを示す。

2. 今後の普及・展開に関する考察

2.1 本技術のメリットのまとめ

今後の普及・展開を考察するにあたり、まず、本技術のメリットを以下に整理する。

2.1.1 持続可能性向上への貢献

第 部 3.3 節で検討したとおり、本技術は再生可能エネルギーとして持続可能性向上に貢献するだけでなく、発電後の海水を利用した水産業等も、通常の産業よりエネルギー効率が高く環境負荷が小さいと算定された。

現在、SDGs(2015年9月に国連サミットで採択された Sustainable Development Goals(持続可能な開発目標：図 2-1 参照))に代表されるとおり、持続可能性を高めることは世界的な課題となっている。本技術は SDGs の 17 の目標の中の、次の項目に関連が深いと思われる。

7. エネルギーをみんなに そしてクリーンに ~すべての人々に手ごろで近代的なエネルギーへのアクセスを確保する~

次節に述べるとおり、本技術の適地は、エネルギー自給率が低く電化も比較的遅れている、島嶼・沿岸地域が中心となる。このような地域にクリーンなエネルギーの提供が可能となる。

9. 産業と技術革新の基盤をつくろう ~強靱なインフラを整備し、包摂的で持続可能な産業化を推進するとともに、技術革新の拡大を図る~

本技術は、海洋深層水取水を持続可能な地域インフラとし、その上に低エネルギー・低炭素型の持続可能な新しい産業創出を図るものであり、本目標と合致する。

10. 人や国の不平等をなくそう ~国内および国家間の格差を是正する~

前述のとおり、本技術は天然のエネルギー資源に恵まれない地域が適地となる。この点で、国家間の格差是正に貢献しうる。

14. 海の豊かさを守ろう ~海洋と海洋資源を持続可能な開発に向けて保全し、持続可能な形で利用する~

海洋資源のひとつである海洋深層水は、再生可能な資源である。第 部 3.3 節で検討したとおり、持続可能性をふまえたエネルギー資源としてのポテンシャルも大きい。くわえて、発電後の海水を水産業に利用することで漁業資源管理にも寄与することができる。



図 2-1 SDGs における 17 の目標目標

出典: 国際連合広報センター(https://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/sdgs_logo/)

2.1.2 経済的自立性への貢献

沖縄県を含む天然エネルギー資源に乏しい地域では、一次エネルギーのほとんどを輸入に頼っているため、その経済的損失は大きい。再生可能エネルギーの導入は、一次エネルギーの域外からの購入費用を削減することで域内の経済の循環性を高め、地域の自立を促進する効果があると指摘されている³。

くわえて、本技術では発電後海水の利用により産業創出・拡大が可能となることから、直接的に地域経済の活性化に寄与できる。この点が、他の再生可能エネルギーに対して本技術が優位な点である。また、第 部で述べた沖縄県での海洋深層水利用の現状を振り返れば、夏季の海ぶどう安定供給やウィルスフリーの車えび種苗の県内養殖場への提供等、単に取水地点近傍のみならず、周辺地域の産業への波及効果も大きいと想定される。

このような複合的な経済活性化の効果が、本技術にはあると考えられる。

³ 参考文献として資源エネルギー庁「エネルギー白書 2016」第 3 章第 3 部第 3 節「分散型エネルギーシステムにおける再生可能エネルギーの利用促進」(2017)、環境省「平成 30 年版 環境・循環型社会・生物多様性白書」第 1 部第 2 章第 2 節 1「再生可能エネルギーの導入による地域の活性化」等

2.1.3 研究・教育・人材育成への貢献

本事業の実証設備の来場者のうち、約 1/4 が学生・生徒・教員等の学校関係者であることは、前章で述べた。下は地元小学校から、上は大学教員まで、幅広い見学を受け入れている。これらの見学対応の経験から、本技術には次の研究・教育素材として有用であると考えられる。

- ・ 地域資源を活用した産業（一次産業から三次産業まで）
- ・ 再生可能エネルギー技術の一つとしての海洋エネルギー
- ・ 持続可能な海洋の利用
- ・ 高度利用に関する研究

本事業の検討評価委員会も、エネルギー関係の研究者を中心に、環境分野や水産分野の専門家も参画しており、研究・教育面で学際的なテーマとなっていることが分かる。

また、来場した海外 65 カ国は、本技術の適地となる熱帯・亜熱帯の島嶼国が多く、久米島で本技術の研修を受けたいとの人材育成面での希望も複数聞かれた。

2.1.4 将来の再生可能エネルギー最大導入・主力電源化に向けて

沖縄県の掲げる「再生可能エネルギーの最大導入」、また、2018年7月に発表となったエネルギー基本計画にて打ち出された「再生可能エネルギーの主力電源化」の視点から見た、海洋温度差発電のメリットについては、次のとおり整理できる。

（1）設置面積の小ささ

近年、日本国内における急速な再生可能エネルギーの普及に伴い、景観保護や地域環境影響、災害時への安全対策等が再生可能エネルギーでも課題となっている。OTEC は他の再生可能エネルギーと比較して陸上の所要面積が小さく陸域環境への影響が非常に小さい。例えば、出力 1MW 級の OTEC の所要スペースは 25m 四方であり⁴、設備利用率の差も考慮に入れると発電量あたりの所要面積は太陽光発電の約 100 分の 1 である。このため、前述のような課題が発生しにくい。

（2）秒単位変動に対するガバナフリー運転

OTEC は原理的に一般的な汽力発電と同じくタービン発電機を用いることから、一般的な汽力発電と同様に、システムの周波数調整を自律的に行ういわゆるガバナフリー運転が可能である（ただし若干平均出力は低下する）。この点は、特に OTEC がシステムの中で大きな割合を占める場合に重要なメリットとなる。

⁴ 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（委託先 株式会社 神戸製鋼所 国立大学法人 佐賀大学）：平成 23 年度～平成 26 年度成果報告書 次世代海洋エネルギー発電技術研究開発（海洋温度差発電）

(3) 日間変動の小ささ

OTEC は、昼夜の出力差がほとんど無い。日間変動がある再エネの場合、発電を行えない間は蓄電池や火力発電のバックアップが必要となり、いずれもコストアップ要因となる。このような日間変動対策コストを抑えることが出来ることも OTEC のメリットである。

(4) 年間変動の小ささ

前項と同様に年間変動の面でも、OTEC の出力は季節変動はあれど出力ゼロが何日も続くことはない。特に沖縄では冬季に日射、風とも弱い日が一週間以上続くことがあることから、冬季の電力需要を再生可能エネルギーでどうまかなうかが将来的な課題となる。OTEC はその点で、冬季のバックアップ電源等のコスト削減が可能である。

(5) 設備利用率の高さ

OTEC の設備利用率は沖縄海域でも年間 80%以上(第 部 3.4 節参照)であり、他の再生可能エネルギーと比べて高い。OTEC のプラント本体だけでなく、系統の設備利用率も高くなることから、導入による系統整備のコストも割安になると考えられる。特に、再生可能エネルギーの大量導入時には系統の空き容量問題が顕在化してくるのが一部地域で確認されていることから、OTEC の設備利用率の高さは将来的にメリットが増大していくと思われる。

(6) 慣性力の提供

タービン発電機を用いることから、最近ホットなトピックとなっている慣性力が提供でき、系統の安定化に寄与できる。OTEC が系統の中で大きな割合を占めても、慣性力提供のための追加設備を設ける必要がない。

(7) 太陽光発電大量導入による出力抑制(冬季昼間)の経済性への影響の小ささ

当面の再生可能エネルギー導入拡大のボトルネックの主な要因として「火力発電の下げ代」問題が挙げられる。沖縄県内でも、火力発電運転継続のための最低負荷を確保するために、主に冬季の昼間に再生可能エネルギー出力の抑制制御が、系統連系の条件として求められている。

OTEC の場合、技術上、遠隔での出力抑制が容易である。これは、運転圧力およびタービン前後の圧力差が小さいため、火力発電等に比べて安全な出力制御が可能であることによる。さらに、経済性の観点では、OTEC の冬季の昼間の発電量は、年間の発電量に対して比率が小さいため、出力抑制による悪影響が小さい。このように OTEC には、出力抑制要求に対応しやすい、というメリットもある。

2.2 本技術の普及・展開の可能性のある地域

(1) 国内

NEDO「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務」(第部1.2.2項参照)によれば、海洋温度差発電が経済的に成立するのは、現状技術で表層・深層の水温差が20以上、将来技術で同15以上ある海域である。これに基づき、同業務では国内の電力会社管区ごとの発電ポテンシャルを算定している(表2-1)

表 2-1 海洋温度差発電の導入ポテンシャル(国内)【再掲】

単位：メガワット(MW)

電力管区	シナリオ 1		シナリオ 2a		シナリオ 2b	
	15 以上	20 以上	15 以上	20 以上	15 以上	20 以上
北海道電力	11	0	31	0	44	0
東北電力	609	0	1,692	0	8,072	0
東京電力	2,450	880	6,806	2,444	139,625	83,294
北陸電力	232	0	644	0	4,475	0
中部電力	239	0	664	0	4,475	644
関西電力	178	30	494	83	8,558	1,139
中国電力	203	0	564	0	7,981	0
四国電力	215	23	597	64	6,583	1,928
九州電力	1,351	203	3,753	564	26,225	15,572
沖縄電力	1,628	1,007	4,522	2,797	74,453	70,992
合計	7,116	2,143	19,767	5,952	280,491	173,569

出典：NEDO「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務」表4-3-2-1(107頁), 2011.3

シナリオ 1 : 沿岸固定、離岸距離 30km 以内

シナリオ 2a : 沖合浮体、離岸距離 30km 以内

シナリオ 2b : 沖合浮体、離岸距離制限なし

日本の EEZ 内で温度差 20 以上を超える水域は、沖縄周辺および鹿児島奄美諸島、南伊豆・小笠原諸島、沖ノ島島、南鳥島等の島々、黒潮の流域となる奄美大島から宮崎、高知、和歌山を経て八丈島に至る海域が相当する。この海域に存在する主な島嶼を図 2-2 に示す。人口規模から判断すれば、日本国内では沖縄本島が最大の普及先候補である(第部3.3節も参照)。

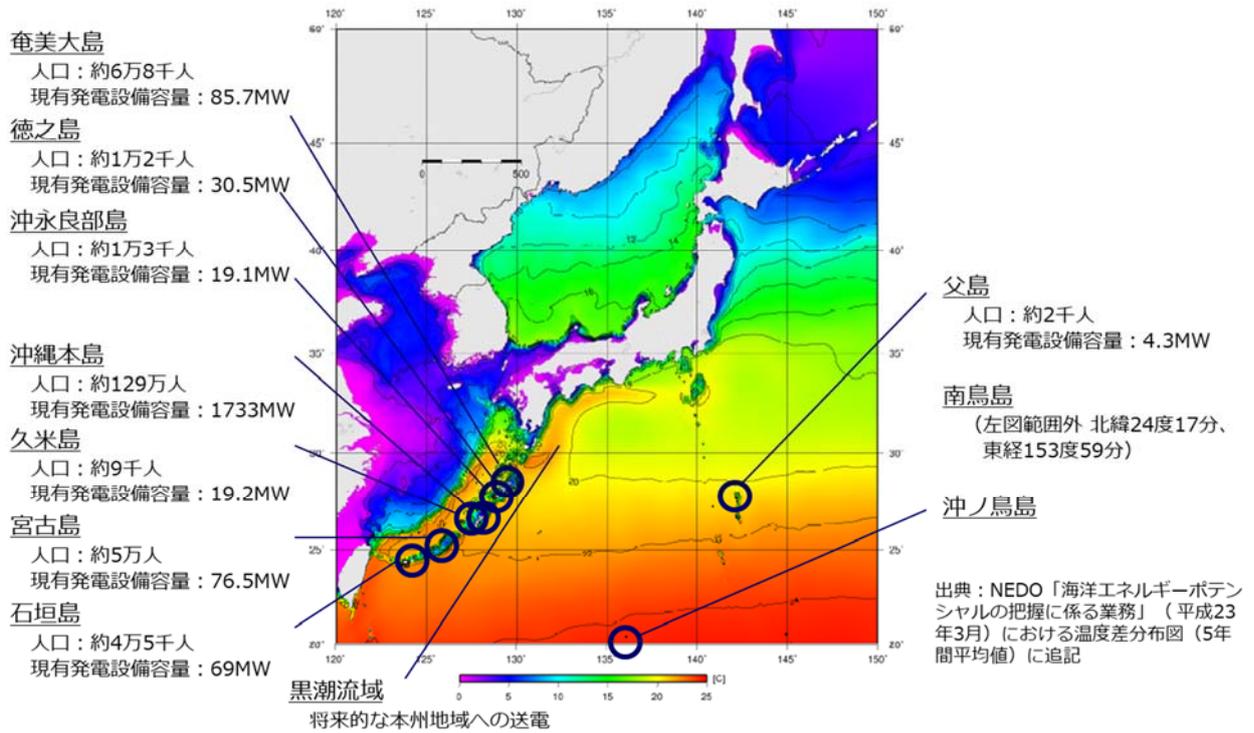


図 2-2 国内における主な適地

(2) 海外

沖縄からさらに低緯度地域に南下すると、表層水の年間平均水温は上昇するため、得られる温度差は大きくなる。図 2-3 に表層と水深 1000m の平均温度差を示す。温度差 20 を超える海域は、亜熱帯・熱帯に属する海域とほぼ一致し、膨大なポテンシャルを持つことがうかがえる。特に沖縄に近い東南アジア・大洋州地域には、世界的に見て最も温度差が大きい海域が広がる。海底地形の面でも、大洋州の島嶼はもちろん、電力の大需要地であるジャワ島、ニューギニア島、ルソン島、台湾島など適地は数多い(図 2-4 ~ 図 2-6)。

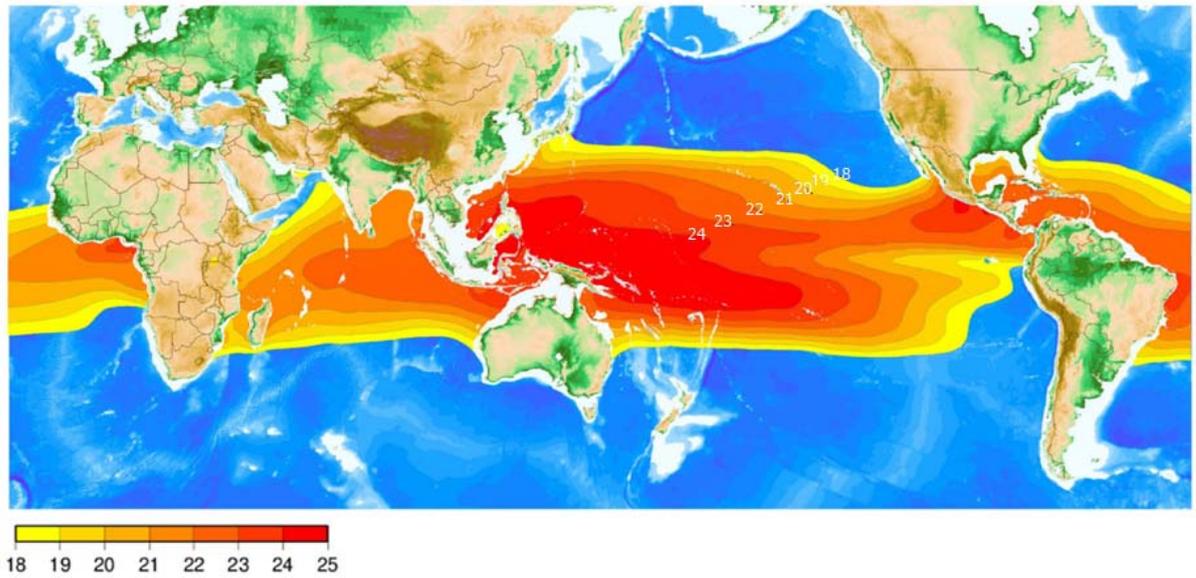


図 2-3 熱帯・亜熱帯海域の表層と深層(水深 1000m)の温度差分布
(佐賀大学海洋エネルギー研究センター・(株)ゼネシス作成)

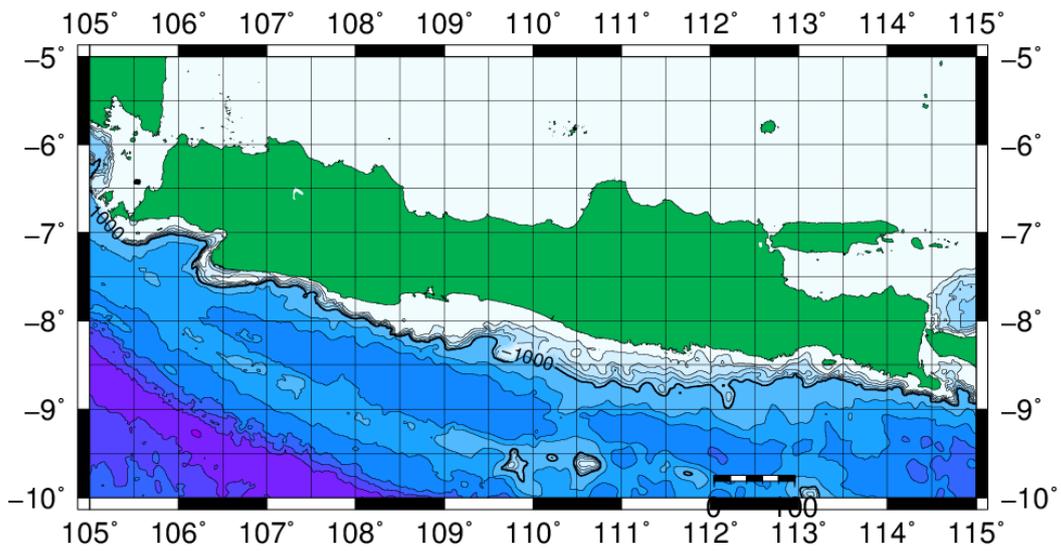


図 2-4 ジャワ島南岸

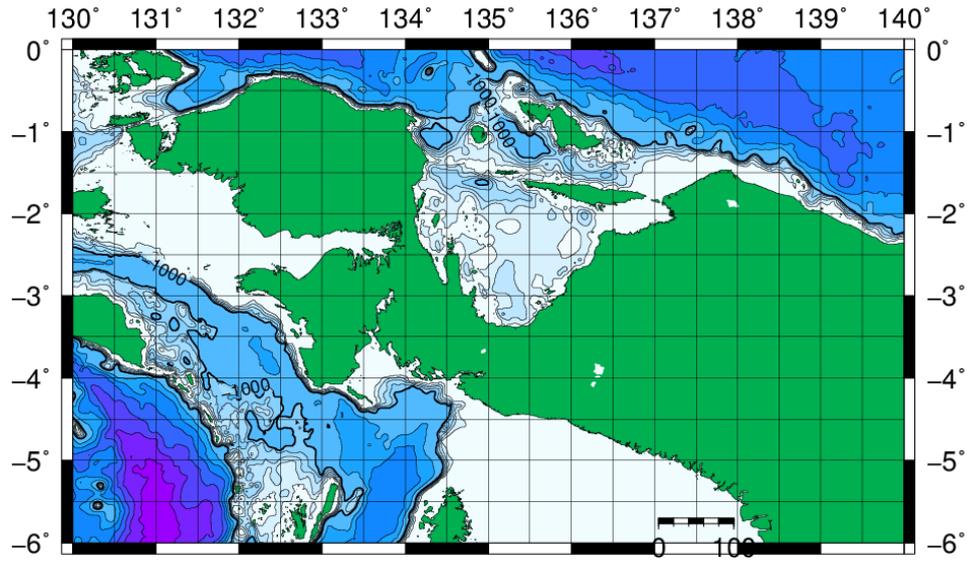


図 2-5 ニューギニア島西部および周辺島嶼

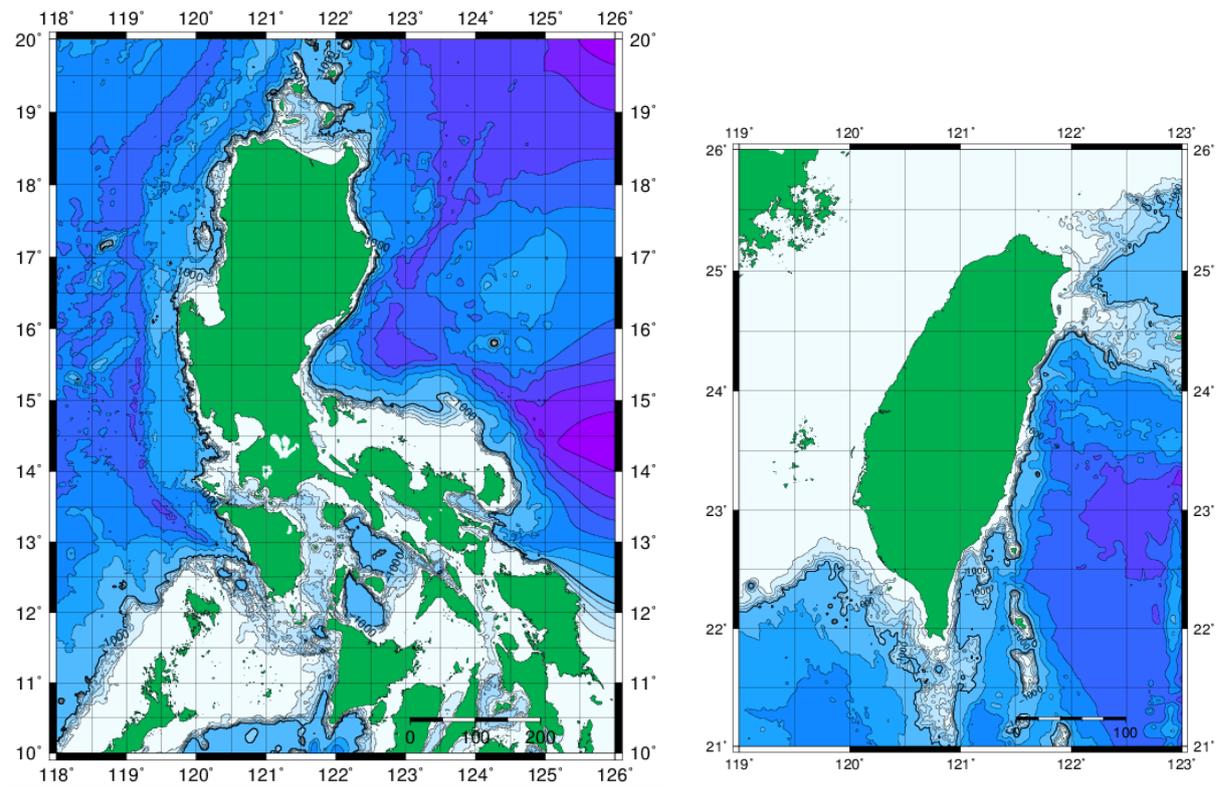


図 2-6 ルソン島全域・台湾島東岸

3. おわりに

2013年から6年間に及ぶ海洋温度差発電（OTEC）の実証運転は、これまで世界で行われたことのない画期的な事業であった。

「海洋深層水の利用高度化に向けた発電利用実証事業」では、実証運転データをシミュレーション値と比較検証することにより、6年間にわたるプラント性能の検証を行うことができた。沖縄周辺海域においては海水由来の汚れが小さく、最終年度においてもシミュレーション以上の発電性能を維持した。さらに、このデータを用いて商用規模である出力1MW級、10MW級プラントの性能設計の妥当性およびコスト削減の可能性（特に維持管理・運用コスト）も検証することができた。

2016年からは「海洋温度差発電における発電後海水の高度複合利用実証事業」がスタートし、陸上設置式 OTEC の採算性向上のキーポイントである海洋深層水および表層水の高度複合利用の実証も行うことができた。実際の水産養殖において発電後海水を利用して問題がないことを確認するとともに、エネルギー面やコスト面で有利になることも示した。さらに、この実証データを基にした規模拡大ケースの検討では、エネルギー収支だけでなく、ライフサイクルアセスメントや包括的環境影響評価手法を用いて、高度複合利用の定量的な効果を多面的に評価できた。

本事業が開始された2012年から今日に至るまでの社会環境の変化を見ても、世界の持続可能性向上のための再生可能エネルギー利用の推進が、今後も重要性を増していくことは明らかである。本事業で得られた成果が、大きな可能性を持つ本技術の普及・展開に有効に生かされることを期待したい。