

【再生可能エネルギー特集】**海洋エネルギー利用**

欧州におけるエネルギー研究の現状と展望 海洋エネルギー

欧州委員会(EC)は2006年12月に「欧州におけるエネルギー研究の現状と展望 - 欧州委員会、加盟国および非加盟国の研究開発ポートフォリオの比較検討¹」と題する報告書を発表した。この報告書では、原子力を除く全てのエネルギー研究領域(10領域)における、EC、EU加盟諸国の公的資金を受けた研究のマップ作りや、米国や日本との比較分析を行っている。

NEDO 海外レポートでは、これまでに「水素・燃料電池」(993号)、「バイオエネルギー」(994号)、「風力エネルギー」「太陽光発電」「集光型太陽熱利用」(以上995号)、「CO₂回収・貯蔵」(998号)を紹介してきたが、本稿では「海洋エネルギー」を取り上げその全文を紹介する。

このレポートでは、海洋エネルギー利用は将来の重要な選択肢の一つであること、米国や日本では現在は政府レベルでの取組がほとんど行われておらず、欧州が今後も引き続き世界をリードしていくことなどの分析がなされている。

目次

1. 概要：主な研究領域と主要国
2. EC、加盟諸国およびその他の国の研究目的
3. 海洋エネルギーの研究資金
4. 評価と結論

1. 概要：主な研究領域と主要国

	海洋システム
研究開発領域	波力(wave)、潮力(tidal)、海水濃度差(salinity)
商業化	海洋エネルギーシステムは前商業化段階にある。既存の成熟した従来型 / 再生可能発電技術に拮抗するほどの競争力はまだない。
主要国	日本 ² 、デンマーク、イギリス
期待される EU エネルギー政策目標への貢献	2010年までに推定 1GW 未満。貢献度はわずか。

¹ “The State and Prospects of European Energy Research Comparison of Commission, Member and Non-Member States R&D Portfolios”

² 編集部注 ここで日本が「主要国」として挙げられているのは、(独)海洋研究開発機構(旧海洋科学技術センター)が1998年~2002年に「マイティ・ホエール・プロジェクト」を実施したためである。しかし、本文中にも記述されているように、このプロジェクト終了後は、日本では大規模な海洋エネルギー関連のプロジェクトは実施されておらず、ここで「主要国」として掲載されるのは適切ではないと思われるが、原文の記載内容をそのまま掲載した。

EU の政策による後押し	再生可能エネルギー指令(2001/77/EC)、各国の固定価格買取制度(Feed-in tariffs) ³
主要加盟国	デンマーク、イギリス、ポルトガル (加盟国の海洋への研究開発(RTD)への資金拠出額のうち推定 95%までを占める)

欧州委員会(EC)の「未来のエネルギー(Energy for the Future)」と題する白書では、少数派の再生可能エネルギー技術(太陽熱、高温岩体など)と同様に、海流や潮力、波力などの技術の利用可能性についての試算も行われたが、2010年までに多くても1GW未満との試算結果であった。

海洋エネルギーは理論上では世界の電力消費量の半分に相当する。しかし実際には海洋システムはごく少数稼働しているだけで、まだその大半は未熟な形態である。このため、商業的に成り立つためには、厳しい学習段階を経ることが必要である。二つの主要課題 エネルギー変換のポテンシャルがあることを証明することと、厳しい環境⁴における大変高い技術的リスクを克服すること が同時に解決されなければならない。

現在、波力、潮力、海流、海水濃度差及び海水温度差システム⁵ の様々な研究が行われている。システムの種類によって研究の進み具合には差があり、まだ研究開発(RTD)段階のシステムもあれば、前商業化実証段階にあるシステムもある。どのシステムが成功する技術として台頭してくるかは定かではない。波力変換技術のパフォーマンスを向上させ、世界のエネルギー市場における競争力を確立するためには、基礎段階と実用段階の両方において、大規模な研究開発(RTD)活動を持続的に行っていくことが必要である。

研究開発の包括的目標は、国際エネルギー機関(IEA)の「海洋エネルギーシステムに係る実施協定⁶」に基づき、以下のように述べられる：

- ・ 様々なシステムの実現可能性についての研究と、各システムの比較方法についての研究。
- ・ 既に有望な結果が出ている、多数の装置を設置する「農場(farm)」的プロジェクトについて、実規模の試作機開発を促進する。
- ・ 波力技術が商業的に実現可能であることを示すために、長期的なパフォーマンス、信

³ 編集部注 FIT (feed-in tariffs): 電力会社(もしくは系統管理者)に自然エネルギー由来の電力を、法で定める一定の価格で買い取ることを義務づけた制度。

⁴ IEA (2005)、p. 29。

⁵ 詳細については、AEAの技術やWaveNet参照。"European Thematic Network on Wave Energy, Brussels 2003"の研究結果。

⁶ "Implementing Agreement on Ocean Energy Systems"。

頼性、機能性、アクセシビリティと受容性、及びコスト削減についての実証を行う。

石油産業、ガス産業及び洋上風力産業で用いられている既存の手法で得られている知識を共有して応用することは、プロセスを加速させコストを削減する上での重要な要素の一つであると考えられる。

2 . EC、加盟国およびその他の国の研究目的

ECの研究戦略は、様々な利用法の開発・テストを行うことと、成功した場合に、コストの大幅な削減を実現させるために、その利用法の機能を高める（=資金を増額すること）ことである。ECの研究の中でいくつかの研究分野（単独利用など）は環境上の問題を有すると判断されたため終了となった。また、期待されたコスト削減目標を達成できないと評価された研究分野も打ち切られた。

この分野でECが実施している戦略的アプローチの良い例はWave Dragonプロジェクトである。

Wave Dragonは海洋分野の代表的な支援計画プロジェクトである。様々な段階において期待の持てる成果が出たことに基づき、ベンチャー・キャピタルの投資などを含めて資金拠出も増えた。Wave Dragonプロジェクトは、EUの支援が240万ユーロ、総資金拠出額1,470万ユーロで、4年にわたって実施される予定である。

以前の1/50スケールモデル⁷の研究開発プログラムの計画はEUの助成金(Exploratory Award)を受けた。Wave Dragonチームは実質この時に設立された。欧州委員会は、JOULE IIIプログラム⁸の枠組み内で、1/50スケールのテスト装置と1/3.5スケールモデルのタービンの大規模なテスト計画を支援した。そして再びEC(FP5⁹)の支援を受け、これらの成果が現在の1/4.5スケールの試作機の設計に反映された。

このプログラムでは、1/3.5スケールのタービンがテスト装置に使用された。さらに2003年5月、Wave Dragonは地域送配電網へ送る電力を生産する、世界で初の沖合波力エネルギー変換機となった。この時の変換機には、以前EUのCraftプロジェクトで

⁷ スケールモデル: 実物を忠実に縮小して再現した、より正確な模型の意。

⁸ 編集部注 EU の非核エネルギーの研究開発計画(Joint Opportunities for Unconventional or Long-term Energy Supply): 1995-1998年。エネルギー・環境に関するモデル、エネルギーの合理的な使用、化石燃料の高効率利用及び再生可能エネルギーの研究分野のプロジェクト費用の通常50%を支援するもの。

⁹ 編集部注 FP5: 第5次欧州研究開発フレームワーク計画(期間:1998~2002年)。その次がFP6(期間:2002~2006年)で、FP7が2007年1月より始まっている。

用いられたテストタービンが使用された。

主要な目標は波力エネルギーの利用率を16%まで引き上げることと、システムを更に開発して運用効率を改善することである。商業用に開発されたプラントのパフォーマンスの目標値は0.04 ユーロ/kWhである。

Wave Dragonの概念を発展させる構想は、1987年に始まった後、ECとデンマークの支援を受けて継続的な段階を経て発展した。Wave Dragonの原理は次のとおりである：二つの水路を通して波を傾斜面にそって遡上させる。波が斜面に打ち寄せると、広い貯水池が海水で満たされる。この貯水池の水面は海面よりも高い位置にあり、この高さの違いによって、発電機に動力を供給するタービンに水が誘導される¹⁰。

2003年から送配電網に電力を供給する1/4.5スケールモデル（57m幅、7タービン）がデンマークの北海沿岸でテストが続けられている。次の段階では沖合でフルスケールの装置が開始される予定である。

参加加盟国は多数である（デンマーク、イギリス、オーストリア、ドイツ、イタリア、スペイン）。研究所だけでなく、海洋の強い伝統を持った、様々な国の小規模なエンジニアリング企業や製造業者も参加している。

ECの研究の重点は以下のとおりである。

- ・実験室段階を越えた波力エネルギー変換器の開発を行う。FP6では異なる3つのシステムが研究されている：(1) 沖合点集中型吸収装置(SEEWEC)、(2) 沖合越波利用式(WAVE DRAGON)、(3) 防波堤併設型越波利用式(WAVESSG)。
- ・実現可能で送配電網に接続できる資源の評価を行うとともに、しっかりと海洋資源（手法とモデル）の評価を行う。

後者は、海洋環境で生じる負荷の大きさの研究だけではなく、波の作用や資源の特徴付けの方法についてもさらに研究を重ねることを意味する。このため第5次研究開発フレームワーク計画(FP5)と第6次研究開発フレームワーク計画(FP6)では、情報の共有促進と、調整と協力の可能な分野の特定を目的としたプロジェクトが創られた。

ECはこれまでのプログラム¹¹との一貫性を持つように、欧州内における研究開発の調整を行った。FP6では、波力/潮力に関する調整活動¹²として、情報の交換と、将来

¹⁰ 編集部注 Wave Dragon（ウェイブドラゴン）の基本原理解（概念図）については、本号の別記事「欧米における潮力・波力発電技術の最新状況」を参照。

¹¹ FP5のWaveNet。

¹² “RAMBOLL DANMARK A/S”による調整が行われた。

の研究の必要性や調整・協力の可能性を推測するために必要な共通の知識基盤を築くことを目的として、研究界と主に中小のベンチャー企業から約40のパートナーが一同に会した。ここでは、主要な装置の技術的な面から、全分野が直面している経済や環境の問題に至るまでの議論が行われた。様々な国の多数の企業が、日々の運用レベルでの、焦点が大変絞り込まれた特定の専門的知識についての協力と共有を行っている。

FP6では、競争力のある海の波力エネルギーシステムに重点を置いた訓練ネットワークであるWAVETRAN¹³(マリー・キュリー活動)が設立された。これには、海洋の研究開発を支援している全ての主要国の研究所が参加している。

基本的に、ギリシャやイタリアのように地中海に面した国々や、北海や大西洋に面する欧州の大半の国々は、この分野の技術開発を支援している。しかし加盟国の海洋エネルギーシステムの研究が非原子力エネルギー(NNE)研究開発ポートフォリオで占める割合は、EU加盟国以外の国々と同様に大変小さい。また、**デンマーク**と**イギリス**など少数の国々で取り組まれているが、海洋エネルギーシステムに的を絞った政策や目標は作られていない。海洋エネルギーシステムの研究開発の大部分は、新エネルギー技術を支援することを目的とした共通のフレームワーク内で資金拠出されている¹⁴。ある国が技術の選択や優先順位付けを行う際には、これまでのその地域での研究の伝統や、学界と産業界がもたらした経験が、非常に大きな判断要素となっていると考えられる。

顕著な例は**スコットランド**(イギリスの北部)である。スコットランドの産業界と学界が集い、「海洋エネルギーコンソーシアム¹⁵」を結成した。このコンソーシアムは、「持続可能な発電と供給(SuperGen)¹⁶」に関するイギリスの多技術研究プログラム内の9つのコンソーシアムの1つである。

デンマークの波力エネルギープログラムの目標は、集中して長期的な開発に取り組む候補として、一つ以上の波力エネルギー変換機概念を確立することである。点集中型吸収装置や“Wave Dragon”などの様々な概念に、このエネルギープログラム内で資金提供が行われてきた。ポルトガルの主な注目分野は振動水柱型(OWC: Oscillating Water Column)である。アソーレス諸島のピコ島では実環境下で本格的規模の試作機がテストされている。

¹³ 編集部注 The Research Training Network (RTN) WAVETRAN: 海の波力エネルギー利用の前商業段階における科学的・技術的課題を克服するために設立。研究機関、大学、企業などが、波力エネルギー装置を開発している。このプロジェクトの中核として、他の国から来た経験豊かな研究者達のアーリーステージの研究に、研究助成金などを提供している。

¹⁴ 「International Energy Agency (2003), pp 29-38」と比較されたい。

¹⁵ Forum for Renewable Energy Development in Scotland, Report 2004

¹⁶ SuperGen: Sustainable Power Generation and Supply

EU加盟国が波力技術や潮力技術に重点を置いていることに加えて、**ノルウェー**は2003年から海水濃度差プロジェクトを支援している。ノルウェーのフィヨルドは水力発電と海水濃度差発電の複合的な利用のポテンシャルが高いため、このプロジェクトは大変高い将来性が見込まれている。

1970年代から**日本**では、特に試作機(最初の振動水柱型)の構築、開発に重点を置いた幅広い研究が行われてきた。その代表例に「マイティ・ホエール(Mighty Whale)」がある。これは長さ50m、幅30m、奥行12mの試作機であり、1998年代半ばに三重県の五ヶ所湾沖合に係留されて運転された¹⁷。日本の研究開発で注目度が低い分野は海洋温度差システムである。しかし海洋エネルギーシステム研究は、もう日本の新エネルギー資源に係る促進計画のもとでは支援されていない。

カナダには主に潮流技術に取り組んでいる技術開発者が10以上いる。さらにカナダは、過去20年間にわたり稼働を続けている世界最大規模の潮力プラント(20MW)を保有している。

3. 海洋エネルギーシステムの研究資金

ECが資金拠出する研究

再生可能エネルギーの総予算のうちの3%の中で、ごくわずかな数のプロジェクトがFP5内での資金提供を受けた。FP6では多くのプロジェクト数は現状維持であったが、予算は倍額以上になった。プロジェクトの平均予算がこのように増額されたのは、これまでのフレームワーク計画で資金提供を受けて成功した優良技術をグレードアップ(=予算を増加)していくという段階的アプローチの直接的な結果である。たとえば、SEEWEC(持続可能で経済的且つ効率的な波力エネルギー変換装置)がある。SEEWECは、1/3スケールの実験装置と第一世代の実物大装置のモニタリングを行うことによって、実際の海洋でのパフォーマンスの知識を得ることを目標としたものである。Wave Dragon(前述)は沖合において実規模でテストされる予定である。次期フレームワーク計画(FP7)では全体の予算が大幅に増額されるため、海洋システムへの次期予算も増額されることが期待される。

様々なエネルギー資源の選択肢があることと、海洋システムの貢献度への期待の低さの反映から、海洋の研究開発への大幅な経済支援を行ってきたのは欧州のわずかな国だけであった。

¹⁷ 編集部注 2002年に終了。

EU加盟国レベルの研究

EUの加盟国のうち、**イギリス、デンマーク及びポルトガル**の3カ国の研究開発予算は、EU15カ国の海洋エネルギーシステム研究開発の総資金拠出額の95%近くを占める。**イギリス**は2000年～2004年間に毎年240万ユーロの支援を海洋システムに対して行った。さらにここ数年で予算は除々に増額されてきている。政府のこのような支援レベルや、大変精力的な海洋関連企業との連携のおかげで、イギリスは技術開発の点で世界のリーダーとして台頭している。2004年にオークニー州で最初の「Pelamis¹⁸」の海上試運転が行われ、試験的に全国的な送配電網に接続された¹⁹。

FP5の期間中の**デンマーク**の資金拠出平均額は年間120万ユーロであった。ECの支援も受けているWave Dragonプロジェクトは、1980年代後半に開始されて以降デンマークから760万ユーロの資金を提供されており、これは、この分野のプロジェクトへの単独の資金拠出額としては最大のものである²⁰。このプロジェクトの目的は国際的に第一線の能力を築くことである。ポルトガルには海洋エネルギーシステムを対象とする特定の資金拠出の枠組みはなく、再生可能エネルギーのプログラムとして扱うことが一般的である。また、PRIMEプログラム²¹の予算を、海洋エネルギーの研究開発支援に使用することが可能である。このため、海洋エネルギーシステムへの年間拠出額はばらつきがある。

日本、カナダおよび米国の研究

日本では、海洋エネルギーは新エネルギーもしくは再生可能エネルギーとして位置づけられてないため、新エネルギー資源の利用促進に係る計画下での海洋エネルギーへの支援は、もはやなされていない。日本の資金拠出額は激減してきた²²。

カナダでの海洋エネルギーの資金拠出は、技術への関心の増加につれて高まると予測される。4つの州が海洋エネルギーに興味を表明しており、次年以降の資金拠出額の増加につながるはずである。オーシャン・リニューアブル・エナジー・グループ(OREG)が海洋技術の開発に取り組むために設立された。OREGは50～60の組織から構成されており、その中には海洋技術の卓越した研究拠点(CEO)もある。他にもプロジェクト

¹⁸ 編集部注 Pelamis のより詳しい情報は、本号の別記事「欧米における潮力・波力発電技術の最新状況」を参照。

¹⁹ 2005年、ポルトガルのコンソーシアムは、海の波力から再生可能エネルギーを生産することを目的として、世界で初となる商業的な波力ファームの第一段階のためにスコットランドのオーシャン・パワー・デリバリー社に3基のPelamis P-750装置を発注した。もし最初の装置が期待に沿うものであれば、沖合海洋ファームは20MWまで拡大される予定である。このプロジェクトはポルトガル政府から特別の固定価格制度の取り計らいを受けた。

²⁰ Danish Energy Authority (2003)

²¹ 編集部注 ポルトガルの経済近代化支援プログラム((PRIME) Incentive Programme for the Modernisation of the Economy) : PPCE(生産および経済の成長プログラム)の範囲で2003年に欧州委員会により承認される。ポルトガルの企業の生産性と競争力を促進することをその主な目的としている。

²² IEA/OES 2003, p. 30.

があり、例えばブリティッシュコロンビア州での実証プロジェクトでは、プロジェクトのコストの80%までが産業界からの出資でまかなわれている。

米国での波力エネルギーへの関心は低い²³。現行の米国エネルギープログラムの中では、海洋システムは重要事項として挙がっていない。

海洋エネルギーの技術開発への年間平均拠出額 (2000 ~ 2004 年)

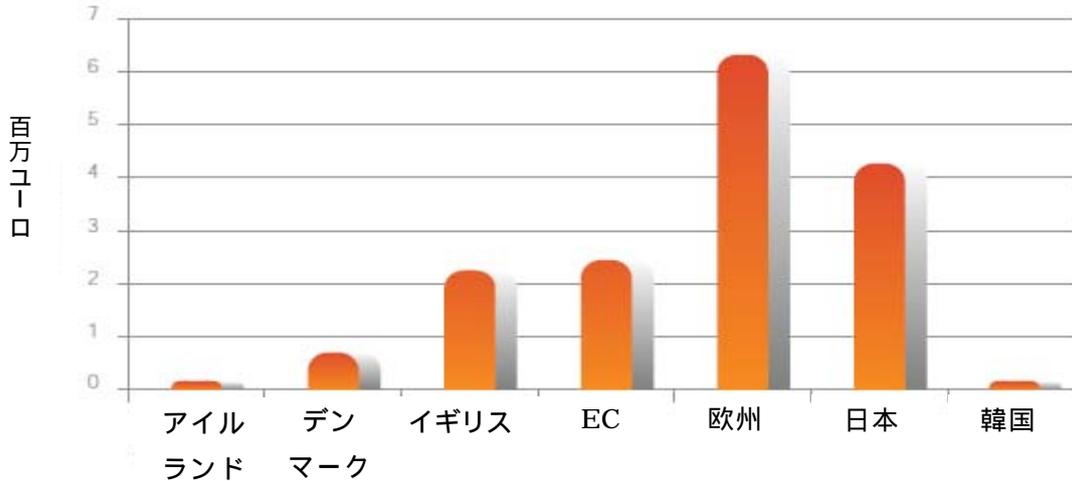


図2: EC、加盟国および欧州以外の主要国における海洋エネルギー技術開発への年間資金投資額(2000年 ~ 2004年 単位百万ユーロ)

データ出典：IEA データベース。カナダのデータは入手不可能であった。

(注)日本の資金拠出の平均は、2000-2001 年のみを使用したもの²⁴。

4. 評価と結論

中心的技術

下記の表は EC、日本、カナダ、及び資金拠出額が多い EU 加盟国 (イギリス、デンマーク、ポルトガル) の、海洋システムエネルギー研究開発ポートフォリオにおける特定の技術パスについての重要度を、予算の優先事項の観点から相対的に表したものである。また、高額 of 資金提供を受けているプロジェクトについても表記した。

²³ Compare Clément, Alain et. al. (2003) 「Clément, Alain (2003)」等と比較。

²⁴ 編集部注 本文中で記述されているように、2002 年以降はマイティ・ホエール・プロジェクト終了のため大幅に予算が減っており、この図で日本が EC に次いで大きな金額になっているように見えるのは問題があるが、原本の図をそのまま転載した。

重要領域	EC	日本	カナダ	イギリス	デンマーク	ポルトガル
波力と潮力	Wave Dragon	マイティ・ホエール	Tidal	Pelamis	Wave Dragon	Pico
その他（海水濃度差）						
関連する研究開発（送配電網、係留）						
支援活動						

高比率(風力エネルギーへの資金拠出額の30%以上) 中比率(15%以上) 限定的(15%以下)

- 1 ECのポートフォリオは、第3次募集までのFP6に基づく。
- 2 2002年以降、学術研究への資金提供はそのほとんどが小額であった。

ECは一部の加盟国とともに、世界的なレベルで海洋システム研究のリーダー的役割を果たしている。同分野は多くの技術的パス(波力、潮力、海洋温度差、海水濃度差)が実現可能であるが、ECレベルの研究開発の技術的な重点は、少数の有望な波力エネルギーシステム技術に集中している。資金提供を受けた技術はこれまでの研究期間の中で、信頼性、メンテナンス、そしてコスト削減の点において、期待の持てる結果を残し、さらに欧州の大西洋岸の自然の海洋地形に最も適しているとの推定がなされた。また、欧州では優先度が低い、長期的な観点での研究開発の見通しがある海水濃度差システムや海洋温度差システムなどのその他の技術的パスについての研究も行われている。例えばノルウェーでは、水力と海水濃度差の複合的な利用を目標にした研究が進められている。

実証活動は民間の投資に強く支えられており、この技術の有望性への信頼が高まっていることを示している。国際エネルギー機関(IEA)の実施協定(Implementing Agreement)を通じた海洋エネルギーシステムへの協力に、カナダや日本などの国々が関心を表明していることは、海洋エネルギーの技術を中期的な将来におけるエネルギーの重要な選択肢にすること²⁵が広く認められていることの指標であるだけでなく、欧州の波力技術の成果が世界的に受け入れられていることの証とも考えられる。海洋の研究開発は主に中長期的効果があるプロジェクトに照準が合わせられている。構想から商業段階までプロセスに時間と費用がかかるために、この分野の研究は難しい。装置、係留、そして送配電網へ接続するためには、かなりの投資が必要である。いくつかのシステムは実験段階で有望な見通しを見せているが、堅固な結果と広範囲にわたる経験は、実規模での運用を通してのみ得ることができる。したがって、実現可能性

²⁵ International Energy Agency (2003)

調査や海洋環境下での小規模な試作機での試験による実験室の研究から、実規模での導入に至るまでの、段階を経たアプローチによって革新プロセスの特徴が決められていく。全段階において、次段階に進む前に所定の基準を満たさなければならない。この戦略には継続的な研究支援が必要である。

海洋システムはいまだ新興分野であり、研究コミュニティは他の研究分野に比べて限られてはいるが、知識の共有が必要である。海洋システムエネルギーへの予算配分においては、欧州は研究者達の交流支援だけでなく、調整行動についても大変力を入れている。海洋エネルギーシステムには、洋上風力部門と類似する課題（特に、送配電網への接続と統合、掘削、メンテナンス及び環境問題）があることが多い。さらに、これらの共通する研究開発課題は、適切に調整された研究と同様に、知識の共有が必要である。

資金拠出

欧州とそれ以外の国々とは、公的資金の拠出に大きな違いが二つある。

一つ目は資金提供のレベルである。欧州は海洋エネルギーシステムの研究のために多額の公的資金の拠出が行われている唯一の地域である。海洋エネルギーシステムへの総予算額は他の再生可能エネルギーへの資金拠出額と比較して小額ではあるが、ECは2000年～2004年間に平均年間650万ユーロの資金拠出を行った。これは再生可能エネルギーの総予算の2%に当たる。

二つ目は、おそらくより大きな違いであるが、欧州で海洋システムエネルギー研究が受け取っている資金拠出の継続性である。日本は2001年までは欧州に匹敵する資金拠出レベルであったが、その後大規模に減額され、この分野の公的な研究活動は次第に減ってきている。一方米国では、海洋システムエネルギーの研究開発への公的な資金拠出について、これまで重要事項に挙げたことがない。

研究と技術開発

海洋エネルギーシステムは、継続的な研究と開発が必要な技術的課題に今なお直面している。いくつかの構想では既にその実現可能性が示されてきたが、これらの技術は商業的に成立しうるかを示すために、長期的に存続できるパフォーマンス、信頼性、コスト削減を実証する必要がある。ごく限られた技術開発プロジェクトに集中することは高リスクである。その一方、欧州の少数精鋭の国々や企業と連携して、分野の整備を行い、成功する技術を明確に選び出すという戦略は、風力エネルギー部門に匹敵するようなサクセスストーリーが始まる可能性を開く。

次期実施計画内での商業化に関する分野の重大な進展を期待する専門家もいる。この理由は以下のとおりである：

- ・ 信頼性、メンテナンス、コスト削減の点での目覚ましい進歩。
- ・ この分野の限られた数のステークホルダー(中小企業、研究界、国)が、協調活動(Coordinated Action)と研究者同士の交流を通してプールされてきていること。
- ・ 産業界や運営者達の参画が過去数年の間に増えてきていること。ならびに投資家達が技術により高い信頼を示していること。
- ・ 各国政府がエネルギー政策目標に関する分野のみへの支援だけでなく、海洋領域での経験を持つ既存企業の強化についても支援していること。

これらの特色により、欧州がこの分野での主導的な位置を維持する堅固な基盤を形成している。風力分野と同じような地位を得るかどうかは、関係する国や産業からの支援の継続に加え、技術開発の成果にもかかっている。

出典：The State and Prospects of European Energy Research

http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/portfolios_report_en.pdf (p58-p64)

編集：NEDO 情報・システム部、翻訳：大釜 みどり