

【海洋・地熱エネルギー特集】

エネルギー科学技術の指標と基準 海洋エネルギー（EU）

- 欧州委員会「エネルギー科学技術の指標と基準」より -

1. 技術

概 論

私たちの惑星の3分の2を覆っている海洋は、理論上では地球全体での1次エネルギー消費量よりも3桁以上大きな量となるエネルギー資源である。しかし、このエネルギー資源の大部分は、今日の技術では利用できない。沖合風力は別として、潮・海流、波力、水面と深海の温度差、潮汐（潮汐バラージ）によるエネルギー、そして河川からの淡水と海水の塩分濃度差を利用するエネルギー技術に関しては開発中である。さらに、海洋バイオマス燃料が海洋エネルギー・ファームとして検討されている。これは、海洋フード・ファーム（水産養殖）と似たもので、燃料としてメタンを生産する。これらの海洋エネルギー技術は一つも商業化段階に達していない。最も重要な海洋エネルギー発電所 - 欧州では唯一の産業規模のもの - は、1966年に建設されたフランスの大西洋岸サン・マロ近郊ラ・ランス川にある240MW規模の潮力発電所である。利用可能な海洋エネルギー資源について、技術的・経済的可能性に関して研究されたものはほんのわずかにすぎない。

以下の技術を同セクションで検討する：

- ・ 潮汐バラージ
- ・ 波力変換技術
- ・ 潮・海流エネルギー変換
- ・ 塩分濃度差エネルギー
- ・ 温度差エネルギー

潮流エネルギーはこの部門では今もなお最も重要な技術であるため、ここに含まれているが、将来的に開発される可能性は非常に限定的である。

塩分濃度差エネルギーは、検討する技術の中で、今でも基礎的な材料科学研究が必要とされる唯一の技術である。現在利用できる膜は高額であり、信頼性も低いため、塩分濃度差発電はまだ実証段階ではない。しかし、欧州ではいくつかの研究開発活動が進行中であり、欧州委員会（EC）によって一部資金支援されている。

温度差を利用する技術は欧州では実現可能となる見込みはない。唯一の適用可能なアプローチは、陸上で水を熱し、海を冷却ヒート・シンクとして使用する、海岸線で

の海洋温度差発電（OTEC システム）を使用することである。現在、このような欧州のプロジェクトの調査は行われていない。

海洋バイオマスも、欧州に関連する問題ではない。海藻などの水生植物は、欧州の水産養殖部門全体の約 3% に貢献し、世界全体での生産量の 5% 以下と小さな割合となっている。表 1 にあるシステムとプロジェクトがその実現可能性を実証しているにもかかわらず、どれ一つとして、現在の実証プロジェクトにおいて本格的な商業化を達成したものはない。

	商業化	実証	R&D
技術	潮汐バラージ*	潮力タービン（SEAFLOW, Blue Concept, Kobold） 波浪エネルギー技術（Limpet, Pelamis, Tapchan, AWS, Wavedragon）	塩分濃度差エネルギー（Saltgratf, PRO） さまざまな波浪エネルギーと潮力タービン概念

*潮汐バラージは、現在商業規模で運転されている唯一の関連技術である。しかし、エネルギー・コストはまだ自由市場における競争力を持ってはいない。

2. 技術的・社会経済的ボトルネック

この技術の主要な技術的・社会経済的ボトルネックは、次の主要なクラスに分類することができる。

海洋環境の制約

海洋環境に設置・運転するいかなる構造物も、沿岸、沿岸近く、沖合にかかわらず、常に風、波、海流、潮流から強い影響を受ける。さまざまなエネルギー技術の潜在的可能性の高い特別なサイトは、一般に海面状態は厳しい。これが、ポートやバラージ（堰）の使用、構造物の輸送、大型装置の運転、保守要員の接近可能性等に影響する。このような問題の多くは、この困難を克服するために特別な安全手順が必要となるが、どの場合であろうとも、強風によって構造物への接近が一時的に不可能となることがある。もう一つの重要な側面は、極限的な負荷状態に対応しなくてはならない構造物自体の信頼性である。

資源データの利用可能性

海洋エネルギー技術の資源は、どれもあまり知られていない。多くの研究が全体的な技術的資源を概算・算出するが、特定のサイトでの特定技術の応用に関しては、これらのどちらかといえばおおざっぱなデータは十分ではないが多かった。一般的

に、利用可能なデータの時空間分解能は、サイト特有の経済的実現可能性を算出するのに十分な高さではない。海流と波に関しては、資源データを生成する方法論がまだ十分に確立されていない。特に波に関しては、エネルギー含量を算出するさまざまな定義が数多く存在している。最も利用できる可能性が高い資源データは、エネルギー利用を目的として生成されていない。この点があらゆるプロジェクトにとって経済的およびある程度の技術的リスクにつながる。

運搬と系統連系コスト

沖合エネルギー・システムへのあらゆる系統連系のコストは、陸上技術よりも著しく高い。これは、相対的に小型のパイロットあるいは実証試験システム特有の問題である。このため、大部分のパイロット・システムが系統連系を備えていないという状況となり、信頼性のある運転や実証を行うための問題を生じることになる。数メガワットの設備が可能な段階に技術が到達すれば、このようなコストは少しだけ縮小されるだろう。非常に大きな設備をグリッドに連結する場合に、需要の高い過密地域への特別な送電線などのグリッドの強化が必要となるだろう。ファーム全体でのバラージ、クレーンなどのあらゆる大型装置の運搬コストは、ひとつのパイロット・プラントのコストとほぼ同じである。浮遊装置の特別な問題は、流れる水の中、および海底に係る構造物への信頼性の高いケーブル連結を管理することである。

ライセンス供与と環境的制約

大型パイロット・システムの限定的な運転であっても、通常は計画・建設許可が必要となる。責任のある当局が不明な場合は、これ自体が複雑な行政手続きとなる。さらに環境影響評価（EIA）の範囲はまったく明らかになっていない。水生生物への影響が予測されたとしても、その関連性は明確でないことが多く、そのような影響を克服あるいは回避する対策を実証し、理解するのも難しいだろう。最悪の場合は、環境への局所的な影響は受け入れられない。潮汐バラージ・プロジェクトに関しては、これが主要な障害である。

エネルギー・コスト

その他の多くの再生可能エネルギー・システムで見られるように、高い資本コストと維持管理コストの原因となる高い投資コストは、結果として市場価格よりも高い電力コストとなる。これは、海洋エネルギー技術でも同じである。このような技術の長期間の運転の経験が不足しているため、結果として特定の不確定性となる。例えば風力エネルギーのような陸上の技術と比較してより高い投資額の原因となるのは、メンテナンスを抑える必要があるためである。このため、部品に関して新たな設計と耐久性の高さが要求されることになる。クレーンなどの利用可能性が低下するため、クレーンの代わりとなる船上クレーンなどの対応策や、交換が簡単な小型の装置が必要となる。

供給安定性

海洋エネルギーは、供給安定性の 3 つの異なるカテゴリーに分類される。波力エネルギーは、波の主要な発生源である風のようにランダムな性質があるため、供給安定性はない。将来的には、短期的な予測が可能にならなくてはならない。第二のカテゴリーは、大部分の場所での潮汐バレッジや海流などの潮流を使用する技術である。これらのシステムは、局所的な潮流の状態と相関して断続的に稼働し、通常、さまざまな出力によって数時間継続的に稼働した後に 1~2 時間の非稼働時間が続く。最後のカテゴリーは、塩分濃度差発電や海洋温度差発電などのようにほぼ持続的な出力を行うシステムであり、非常に高い供給安定性を有する。

運転の信頼性

大部分のシステムの技術的状況により、商業的運転ができる負荷率は、いまだに達成されていない。また、唯一の例外は 40 年以上も確実に稼働しているラ・ランス潮流発電所である。実証あるいはパイロット・システムは、特別な試験運転、運転状況の変動性、高いメンテナンスと監視の要件、故障や嵐などの損害による偶発的な運転中断の多さのため、通常継続的には運転されない。満足する運転期間を持った検証済みの技術しか、商業利用のために必要な投資を集めることができないため、この観点は重要である。

3. 重要なボトルネックを特徴づける要因

表 2 重要なボトルネックを特徴づける数量的要因

	単位	現在	5 年	10 年	15 年以上
OWS/IPS のコスト					
発電コスト	euro cent/kWh	10 ~ 40	-	6 ~ 14	-
投資コスト	euro/kW	1,680 ~ 3,000	-	1,600	-
年間出力	kWh/kW	4,000	-	5,000	-
潮流タービンのコスト					
発電コスト	euro cent/kWh	30	15	6	-
供給安定性：負荷率					
潮汐バレッジ	%	20 ~ 30	-	-	-
OWC	%	20 ~ 35	-	-	-
潮流タービン	%	25 ~ 35	-	-	-

4. 今後の改善に向けた重要指標の分析

表 3 今後の改善に向けた重要な指標 - 海洋エネルギー

技術要素	ボトルネック要因	改善への重要な指標	コメント
全 般	海洋環境特有の設計	<ul style="list-style-type: none"> ・信頼性のある全体・詳細設計 ・腐食防止技術の改善 ・無人海洋構造物の設計と運用基準の開発 	
	資源データ	<ul style="list-style-type: none"> ・利用可能性、精度、空間分解能、監視の継続期間 	エネルギー使用に関連した資源データのより詳細な知識を与えるための資源アセスメント方法
	運搬と系統連系コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・低コストの系統連系を開発。特にケーブル敷設・固定や崩壊に備えたその他の対策 	
	ライセンス供与と環境的制約	<ul style="list-style-type: none"> ・一致した計画許可と EIA 手続きの実施 ・構造物や騒音への海洋哺乳類の反応などの EIA の方法論や必要な補償措置の改善 	
	エネルギー・コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・トラフ実験及び理論的研究を通しての工学的ノウハウの改善 ・エネルギー変換システムの技術的最適化とコスト削減 ・掘削や固定装置のための杭打ち、浮揚装置の係留などの低コストの設置方法 	
	運転の信頼性	<ul style="list-style-type: none"> ・数年間の長期運転を行うフィールド実験データの生成 	
波力エネルギー	海洋環境	<ul style="list-style-type: none"> ・慎重な材料選びとコーティング 	
	資源データ	<ul style="list-style-type: none"> ・数学・物理モデルの流体力学の理解を深める 	
	運搬と系統連系コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・可撓ケーブルと連結装置を使用する低コストの係留と系統連系 	
	エネルギー・コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・低コスト・高効率・信頼性のある空気タービン、電気機器、水圧機器、補助機械設備、大型ベアリングとシールなどの改良型構成部品（設計や建設方法の改善） 	
	運転の信頼性	<ul style="list-style-type: none"> ・実証に成功した海岸あるいは海岸線近くでの小規模な浮揚装置から本格的な沖合での長期間の運転での実証に移行する 	

潮力 タービン	海洋環境	・水面下構成要素のシーリングと監視の改善	
	資源データ	・特に、流れの中での乱流や形状の数学・物理モデル化のための流体力学の理解を深める。	
	エネルギー・ コスト	・よりコスト効率のよい設置方法の開発 ・設計・建設方法の改善	
塩 分	膜	・低コストで浸透性の高い改良型膜の開発	
	エネルギー・ コスト	・最低限の土木工事要件でのシステム設計 ・パワー・テイクオフに適合したタービン技術の開発	

以 上

翻訳：NEDO 情報・システム部

(出典： EUROPEAN COMMISSION: Energy Scientific and Technological Indicators and References,
http://europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/estirbd_en.pdf、 pp.47-51.
 この報告書の完全版は以下で利用可能である：
http://www.eu.fraunhofer.de/estir/ESTIR_summary.pdf)