

特集 海洋再生可能エネルギーの利用促進について

1. 我が国における再生可能エネルギー開発・利用の取り組みの始まり

再生可能エネルギーとは、化石燃料以外のエネルギー源のうち永続的に利用することができるものを利用したエネルギーです。我が国の再生可能エネルギー開発・利用に係る取り組みは、1973年の第1次石油ショックがきっかけとなり始まりました。このとき石油価格は高騰しましたが、エネルギーの安定供給を確保すべく、エネルギー源を多様化し国産化を進めるために、当初は、太陽、地熱とともに、石炭、水素エネルギーなどにも重点が置かれ、「新エネルギー」と位置づけられました。また、第2次石油ショック後に、省エネルギーを推進するための取り組みも始まりました。

その後、1990年代頃から地球温暖化対策が政策課題として認識されるようになり、二酸化炭素を排出しないエネルギーの必要性が高まりました。現在、政府は、太陽光、太陽熱、風力、中小水力、氷雪や海水の熱、地熱、バイオマスなどの再生可能エネルギーの利用を促進してきたほか、海洋温度差や波力などこれら以外のものも含めて研究開発・技術開発などに取り組んでいるところです。

これらの再生可能エネルギーの開発・利用推進には、環境負荷が小さいことだけでなく、エネルギー源の多様化に資すること、国内で調達可能であること、新たな市場や雇用機会の創出などの効果も期待できることなど重要な意義があります。平成20年3月に、海洋基本法に基づき策定された「海洋基本計画」においては、「管轄海域に賦存し、将来のエネルギー源となる可能性のある自然エネルギーに関し、地球温暖化対策の観点からも、必要な取組や検討を進める。洋上における風力発電については、設置コストの低減、耐久性の向上のための技術的課題とともに、環境への影響を評価する手法の確立に取り組む。また、波力、潮力等による発電については、海外では実用化されている例もあるので、国際的な動向を把握しつつ、我が国の海域特性を踏まえ、その効率性、経済性向上のため基礎的な研究を進める。」として、政府として取り組む方向が示されているところです。

2. 海洋再生可能エネルギー利用の取り組み強化

2-1 東日本大震災と再生可能エネルギーの開発・利用の加速

我が国における発電電力のエネルギー源に占める再生可能エネルギーの割合は、約 10%です。このうち大規模な水力発電を除く新エネルギー等は 1.2%で(図 1 参照)、風力発電はこのうち 0.4%となっています。

こうしたなか、平成 23 年 3 月に、東日本大震災が発生しました。これに起因する東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて現在進められている我が国のエネルギー政策の見直しにおいて、再生可能エネルギーの開発・利用を一層加速させることが求められています。

我が国は、広大な管轄海域を有することから、我が国において利用できそうな再生可能エネルギーのうち、洋上風力、波力、潮力、潮流、海流、海洋温度差等日本周辺海域の再生可能エネルギーについては、陸上以上のポテンシャルがあると言われております。

例えば、洋上風力発電については、概ね 15 億 kW の導入ポテンシャル(自然要因や社会的条件を考慮したエネルギー量)があるとされています(表 1 参照)。ただし、そのうちの導入可能量(現在の技術水準を前提とした経済性を踏まえたエネルギー量)は、2 種類の試算では前提条件の違いにより 14 万~300 万 kW と幅がありますが、我が国の総発電設備容量 2.4 億 kW(出典：資源エネルギー庁エネルギー白書 2012)と比較して現状では低い水準にとどまっています。また、他のエネルギーについても、現在の技術水準等を踏まえた場合、例えば波力については、2 億 kW のエネルギーに対し導入ポテン

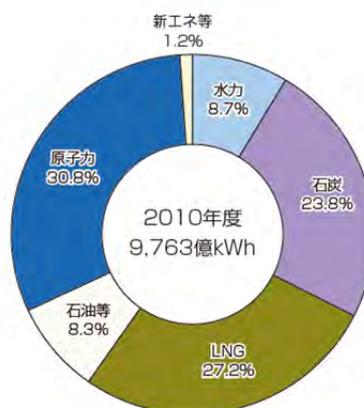


図 1：我が国の年間発電量の構成（2010 年度）

(出典：資源エネルギー庁 エネルギー白書 2011)

表 1：我が国の洋上風力発電のポテンシャル

	賦存量 (万kW)	導入ポテンシャル (万kW)	導入可能量 (万kW)
経済産業省試算	174,497	150,076	300
環境省試算		157,262	14

賦存量：設置可能面積、風速、河川流量等のみを考慮して算出されるエネルギー量
 導入ポテンシャル：自然要因、法規制(自然公園等)などの制約条件を考慮して算出したエネルギー量
 導入可能量：経済性を考慮して絞り込んだエネルギー量
 (経済産業省、環境省資料を基に作成)

とどまっています。また、他のエネルギーについても、現在の技術水準等を踏まえた場合、例えば波力については、2 億 kW のエネルギーに対し導入ポテン

シャルが 500 万 kW あまりと現状では経済性を考慮しなくても限られた量しか導入できないとされています（表 2 参照）。

いずれにせよ海上に賦存する膨大なエネルギーを実際に生かすために、今後の技術開発による一層の効率化や低コスト化が必要となっています。

表 2：波力発電等のポテンシャル（現状の技術を前提）

	波力発電	海洋温度差	海流	潮流	潮汐
海洋エネルギーポテンシャル (万kW)	19,510	90,423 (※)	20,514	2,213	29
導入ポテンシャル (万kW)	539	595	128	187	17
発電ポテンシャル (TWh/年)	19	47	10	6	0

(※) 万kWth

海洋エネルギーポテンシャル：海水のもつ物理的な位置エネルギー・運動エネルギー・熱エネルギー（海洋温度差は熱エネルギー）

導入ポテンシャル：地理的条件を考慮し、発電デバイスを理想的に海上または陸上に敷設した場合に得られる設備容量[kW]

発電ポテンシャル：地理的条件を考慮し、発電デバイスを理想的に海上または陸上に敷設した場合に得られる年間を通じた総発電量[kWh/年]

（出典：新エネルギー・産業技術総合研究開発機構、平成 22 年度「海洋エネルギーポテンシャル把握のための業務」報告書）

2-2 海洋再生可能エネルギーの導入の現状と技術開発の取り組み

ここで、海洋再生可能エネルギーを種類ごとに見ていきましょう。

2-2-1 波力

波の力をエネルギー源とする取り組みについては、我が国では、第 1 次石油ショック後から世界に先駆けた波力発電の取り組みが行われてきましたが、エネルギー変動が大きいことやコストが高いことなどから実用化には至っていません。

「マイティーホエール」（図 2 参照）は、（独）海洋研究開発機構（海洋科学技術センター（当時））によって、平成 10 年から 14 年にかけて三重県南勢町沖実海域実験を行った沖合浮体式波力発電装置で、長さ 50m、幅 30m、深さ 12m の装置に寄せる波の振動を、空気室で空気の振動に変換しタービンを回して発電する「振動水柱型空気タービン（ウエルズタービン）」を用いて

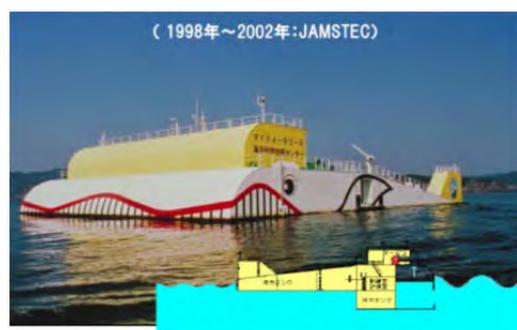


図 2：マイティーホエールの外観
（出典：海洋研究開発機構）

います。打ち寄せた波はこの装置に吸収され装置の向こう側では海面が穏やかになることから、そのような場所は波の弱い海面に適したレジャーなどに使える可能性もあるそうです。同じような「振動水中型」には、（独）港湾技術研究所が山形県酒田市において平成元年から 4 年に実証試験を行ったような、空気室を防波堤に設けるものなどいくつかの装置が考案されています。

別の方式として、海に浮かべた構造物の波による動きを回転エネルギーに変換して発電する方式もいくつか考案されています（図 3 は、海へびのような形の構造物が海面上でうねるような動きや、巨大な板状の構造物の波による動きを使って発電機を回す装置）。



図 3 : Plamis 社と Aquamarine 社の波力発電装置

2-2-2 洋上風力

風力発電は、発電機を風車でまわすという単純な原理によるものであることから、比較的発電コストが低く、事業採算性が高いため、陸上においては既に実用化の段階に入っています。全世界での導入量（陸および洋上の合計）は、2011 年にかけて前年比で毎年 2~3 割以上ずつ伸びるなど急増しており、2011 年末の発電設備容量（発電できる最大能力）

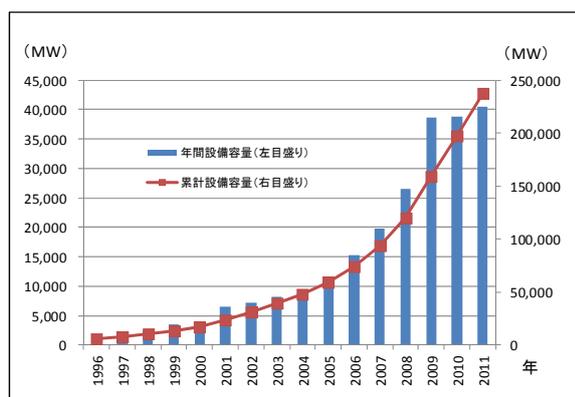


図 4 : 世界の風力発電の導入状況

は累計で 238GW に達しています（図 4 参照）。

このうち洋上風力発電は、4.096GW で全体の 1.7% を占めています。

国別では、2011 年末において、中国、米国およびドイツの累計設備容量は、それぞれ 62、47、29GW となっています（表 3 参照）。日本の風力発電の導入量は、残念ながら 2.5GW と世界で 13 位にとどまっています。これは、複雑で山が多いため風況が必ずしもよくないこと、台風の直撃を受けたり落雷が多かったりするなど気象条件が厳しいこと、導入可能な場所が限られていることなどによるものと思われます。このうち洋上風力発電は、北海道瀬棚港、山形県酒田港および茨城県鹿島港の 3 カ所において商業的に実用化されており、設備容量は合計 2.5 万 kW です（図 5 参照）。いずれも港湾区域内で、洋上といって

も海岸に近く浅い海底に建設された着床式のものです。

なお、海外の洋上風力発電については、英国の累計設備容量が209.4万kWと世界の半分を占めているほか、デンマーク、中国、デンマーク、オランダ、ドイツがそれぞれ85.7、25.8、24.7、20.0万kWなどと続いています。

表3：風力発電の国別導入状況（2011年）

		新規設備(MW)	累計設備容量(MW) (年末)
1	中国	17,631	62,364
2	米国	6,810	46,919
3	ドイツ	2,086	29,060
4	スペイン	1,050	21,674
5	インド	3,019	16,084
6	フランス	830	6,800
7	イタリア	950	6,737
8	英国	1,293	6,540
9	カナダ	1,267	5,265
10	ポルトガル	377	4,083
11	デンマーク	178	3,871
12	スウェーデン	763	2,970
13	日本	168	2,501
	上記以外の国	4,142	22,801
	世界合計	40,564	237,669

出典：Global Wind Energy Council

我が国の洋上風力発電の現状(現在稼働中及び実証実験予定のもの)

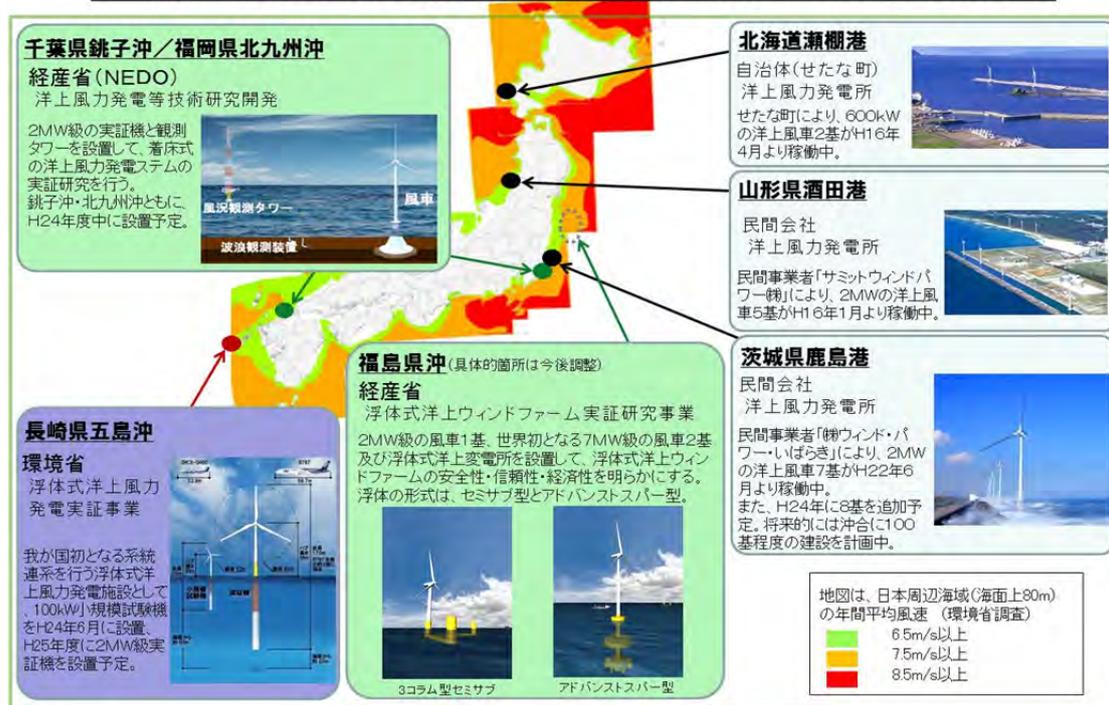


図5：我が国の洋上風力発電の現状

風力発電の問題点としては、発電量が不安定なこと、騒音・低周波音があること、景観上好まれない場合があること、鳥類が風車に衝突することなどが挙げられています。洋上で風力発電を行う場合、山や建物などの障害物がないた

め相対的に風が安定していること、人が居住していないため騒音や景観などの観点での障害が比較的小さいこと、また、広大な海域に極めて大きな量のエネルギーが賦存していることなど、陸上との比較において大きな可能性を秘めています。我が国における課題としては、急峻で深い海底の地形への対応、航行の安全性確保や漁業に対する影響などが挙げられます。本格的に洋上風力発電を導入するためには、経済性に優れた大型の風車を、より深い海に対応した浮体式で設置する必要があります。

政府においては、経済産業省、環境省および国土交通省が、発電システムの実証研究や浮体構造物の安全性に関する研究開発を実施しています。

2-2-3 潮汐

海面は、潮汐力により一日概ね 2 回上下します。これを利用し満潮時に堤防を閉め、貯めた海水の力で発電を行うことができます。フランス、カナダ、中国では実用化されていますが、潮位差が小さい我が国では不利な条件を克服していく技術が必要でしょう。

2-2-4 潮流・海流

潮汐によって引き起こされる潮流や黒潮のように定常な流れである海流のエネルギーでプロペラやタービンを回すことにより、発電することができます（図 6 参照）。黒潮は世界有数の海流で膨大なエネルギー量をもっており、大きな可能性を有していますが、現在では主に海外で様々な方式の装置の研究が行われています。



図 6 : OpenHydro 社の潮流発電

2-2-5 海洋温度差

海水の温度は水深 1,500m で摂氏 2~4 度程度ですが、表面では暖かいことから、アンモニアなどの気化しやすい物質を表面海水で蒸発させタービンを回して発電し、深層部の冷たい海水で液体に戻すサイクルを利用する技術があります。理論的には地球上のほとんどの海域に安定して賦存する膨大なエネルギーであり、極めて安定していることが特徴ですが、深海から海水をくみ上げるのに動力を必要とすることなどから、再生可能エネルギーの中でも規模の経済性

が強くはたらく方式とされています。日本でも沖縄などの海の表面水温度は高いので、効率的に発電できる可能性があります。

我が国では、佐賀大学の海洋エネルギー研究センターが取り組んでおり、技術的には世界トップクラスの水準に達しているといわれています。

3. 政府による技術開発を巡る取り組み

上述の通り、現在、我が国における海洋再生可能エネルギーとして実用化されているのは、海岸に近い浅い洋上に立地した 3 カ所の洋上風力発電のみですが、今後は、広大な面積を確保することができる沖合に発電施設を展開していく必要があります。その際、台風や落雷など我が国の厳しい気象・海象に適したシステムを開発していく必要があります。

3-1 経済産業省

風車を海底に固定する着床式の 2MW 級洋上風力発電設備を千葉県銚子沖および福岡県北九州沖に設置し、耐久性や環境への影響など今後の導入に向けての課題について研究を進めるとともに、海域における風況等海象観測システムの研究・開発、また、低コスト化を図る上で不可欠な超大型風力発電システムの開発等多面的な取り組みを行っています。平成 24 年 9 月頃までに銚子沖に設備が建設される予定です。

さらに、東日本大震災後、エネルギー政策見直しが行われている中、平成 23 年度補正予算により、将来、発電設備容量 1,000MW 級の大規模浮体式洋上ウインドファーム（多数の風力発電装置が立地する場所）を建設するために必要となる安全性、信頼性や経済性を検証し、要素技術の研究開発を進め、世界最大級の 7MW 級のものを含む 3 基の浮体式洋上風力発電装置からなる発電所を建設・運用するプロジェクトが始まっています。着床式が設置可能な遠浅の海域（水深 50m 程度まで）が少ない日本における、「実用規模の洋上風車を用いた複数の浮体式」という世界初の試みとして注目を集めています。

また、平成 23 年度から波力発電や潮流発電等洋上風力発電以外の海洋再生可能エネルギーについて、装置の発電効率や耐久性の向上を目指して実証研究や要素技術開発を支援する制度をスタートさせたところであり、平成 23 年度案件としては波力発電 3 件（実証研究）、潮流発電 1 件（実証研究）、海流発電 1 件（要素技術開発）、海洋温度差発電 1 件（要素技術開発）の計 6 件のプロジェクトが採択されています。

3-2 環境省

環境省では、平成 22 年度から、我が国初となるフルスケール（2MW）の浮体式洋上風力発電実証機 1 基を設置・運転する事業を開始しています。平成 22 年 12 月には、地元漁業関係者及び住民の同意等を得た上で長崎県五島市椛島沖約 1km の地点を実施候補海域として選定し、風車・浮体等の設計・建造、環境影響評価手法の検討・調査実施・方法書の作成等を進めてきました。平成 24 年 6 月には、フルスケール実証機に先立って、地域の安心感を醸成するとともに、実証機の建造・制御等に反映させるデータを取得することを目的に、100kW 風車を搭載した小規模試験機の設置を行い、7 月末にも運転を開始する予定です。また、平成 25 年度には、2MW 実証機を設置・運転し、環境影響や安全性に関する情報を収集し、事業性の検証を行うこととしています。

3-3 国土交通省

我が国の気象・海象条件に適合した浮体式洋上風力発電システムの安全性の確保が重要な課題であることから、船舶・海洋構造物の安全性に関するノウハウを有する国土交通省においてその研究が進められており、それを踏まえ、平成 24 年 4 月に「浮体式洋上風力発電施設技術基準」が制定されました。その成果は経済産業省・環境省のプロジェクトにも活かされることとなっているとともに、浮体式洋上風力発電システムの導入促進に向けた安全性に係る国際標準策定の動きが出ている中で、我が国の海洋産業の競争力確保が期待されています。

また、風力発電等海洋再生可能エネルギーの導入促進の観点からは、沿岸域の港湾区域では管理者が明確であることから、関係者との海域の利用を調整する仕組みの構築が相対的に容易であり、先導的な取り組みを進めていくことが必要です。このようなこともあり「港湾における風力発電導入マニュアル」が平成 24 年 6 月に策定されましたが、今後の港湾区域における風力発電の普及が期待されるところです。

4. 海洋再生可能エネルギー利用促進に向けた制度面での支援

4-1 海外の状況

既に述べましたとおり、洋上風力発電の導入量は世界的にみても限られていますが、2011年の累計設備容量伸び率は前年比31%となっており、本格的な導入期に入りつつあるようです。先行している欧州では、2020年までに10年間で累計設備容量が10倍になり、合計でEUの電力需要の4%を賄う40GWとなる見込みとのことです。

例えば、英国では、政府が海洋再生可能エネルギーの実証試験場「欧州海洋エネルギーセンター」(EMEC: European Marine Energy Centre) (図7参照)を整備したり、指定した海域において入札を通じて企業が風車を設置する制度を設けたりすることなどを通じ、導入を後押ししています。

実証試験サイトEMECの概要

- 2003年よりEMECを整備し、2004年に最初の波力発電(Pelamis)、2006年に潮流発電(OpenHydro)の試験が開始された。その後も数多くのユーザーが活用している。
- EMECの建設費用は3,200万ポンド(38億円)。UK政府、スコットランド政府、EU等から全額の公的資金援助を受けた。海底ケーブル、ワイヤー敷設等に使われた。
- 運営費用は300~350万ポンド(3.6~4.2億円/年)。ケーブルの保守、スタッフ人件費等に使われる。現在スタッフは21名。
- EMECが選定された理由は、波力・潮流資源が豊富なこと、系統連系が可能なこと、地元住民が協力的だったこと、発電デバイスの保守・保管等に適した静穏海域(SCAPA FLOW湾)が近くにあること。

図 EMECの位置と主要サイト

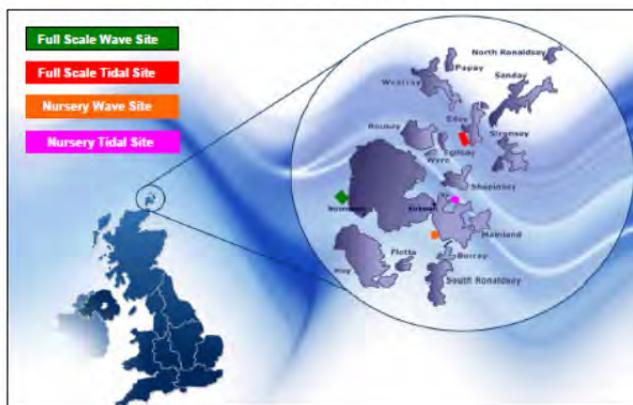


図7: 実証試験サイトEMECの概要

4-2 我が国における支援制度

4-2-1 「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」の導入

従来は、風力発電等の再生可能エネルギーの商業レベルでの導入支援について、次の2つの制度によって進められてきました。

○ 補助金(「新エネルギー事業者支援対策事業」等)による設備補助(補助率:

自治体 1/2, 事業者 1/3)

- 「電気事業者による新エネルギーなどの利用に関する特別措置法」(通称 RPS 法) による電気事業者への一定割合の新エネルギー購入の義務づけ

平成 24 年 7 月 1 日からは、公平な費用負担のもとに一層の導入量の拡大を目指すため、ドイツ等欧州で制度化されている固定価格買取制度を導入することとなりました。発電方式、規模ごとに価格が設定されておりますが、海洋再生可能エネルギーに関連するものについては、風力のみが含まれ、発電電力容量 20kW 以上の設備の場合 kW 時当たり 23.1 円(税込み)、20kW 未満の設備の場合 kW 時当たり 57.75 円(税込み)で、20 年間にわたって電力会社が買い取ることとなりました。価格は毎年見直されますが、既に導入されているものについては変更されないことになっています。また、今回買取制度の対象となっていない海洋再生可能エネルギーについては技術開発が進展し、実用化段階になったところで検討対象になります。

5. 海洋再生可能エネルギーに関する今後の取り組みについて

既に述べたように、現在進められている我が国のエネルギー政策の見直しにおいても、再生可能エネルギーの開発・利用を一層加速させることが求められています。特に、海洋再生可能エネルギーを利用した発電技術を早期に実用化し、我が国におけるエネルギー供給源の一つとして活用していくことができる環境を整備するため、平成 23 年 10 月より、政府全体で検討を進めてきたところですが、平成 24 年 5 月 25 日の総合海洋政策本部(本部長：内閣総理大臣)の本部会合において、「海洋再生可能エネルギーの利用促進に関する今後の取組方針」が、決定されました(付録「第 9 回総合海洋政策本部会合」資料参照)。

この内容は、大きく分けて(1)事業化前の技術開発に関連する施策と、(2)事業化を促進する施策の二つからなっています。

5-1 技術開発の関連について

我が国の海洋再生可能エネルギーの利用は、先行する欧米と比べて極めて限られており、我が国産業の技術レベルも遅れています。我が国においては、企業が研究開発や実証実験を行うことができる海域がないことが、大きな課題となっていることから、既に述べた EMEC のような実証フィールドの整備に取り組むこととしました。このような場を整備することによって、コスト低減、ベ

ンチャー企業も含めた民間企業の参入意欲の向上、産業競争力強化、地域経済活性化などの効果が期待できます。

具体的には、洋上風力、波力、潮流、海流、海洋温度差などの発電に関する研究や技術開発を行うために、風や波など気象・海象、水深や海底地形といった自然的条件に加え、漁業者との調整、航行の安全、環境や景観など社会的条件についても適切な場所を、研究開発を行う企業に対して提供するものです。場所の選定を公募によって行うことを検討していますが、地域の状況を熟知している地方公共団体から申請が上がってくることを念頭に置いています。スケジュールとしては、平成 24 年秋頃に公募条件を公表し、平成 25 年度以降に適切な場所の最初の選定を行うことを予定しております。具体的な制度設計は今後の課題ですが、実証試験海域の運営に際しては、適正な額の利用料を徴収することとし、専門的知見を有する非営利の組織が管理する方向です。また、当然のことながら、政府の既存の技術開発支援策を一層充実させ、連携を図ることなども必要です。

5-2 実用化・事業化促進

海洋再生可能エネルギーの利用を促進するためには、技術開発と併せて、制度やインフラなどの面での取り組みも必要です。

海は公共のものであり、航海、漁業、レジャー、観光などを含めて様々な活動の場となっています。実験や事業のために占有するためには、状況に応じて利用者の間で調整を行う必要があります。漁業者との間では一般的には利害を巡る調整が行われておりましたが、これからは漁業の発展を支える協力・協調を促進するためのメニューとして、漁業者の発電事業への参加、電力の漁業関連施設などでの利用、海洋構造物の魚礁効果の活用、養殖場としての利用、洋上作業における関係者の協力などを含めて、各種の協力・協調事業を整理・公表することを通じてこれらを促進し、海洋再生可能エネルギーの利用が漁業者にとってもむしろメリットになることを目指す必要があります。また、観光資源としての活用など地域振興のメニューも必要でしょう。これらの総合的な観点からの調整には、地方公共団体の役割が重要になってきます。海域管理者が明確な港湾区域などでの先導的な取組を促進することも重要です。

国としては、海の利用を巡り必要となる各種情報を一元的に管理するとともに容易に提供・閲覧できるようにするために、いわゆる「海洋台帳」を整備することとしております。平成 24 年 5 月に、海上保安庁は、「海洋政策支援情報ツール」(<http://www5.kaiho.mlit.go.jp/kaiyo/>) を公開し、これにより漁業権や国立公園の区域など社会情報、電子海図に記載がある海底ケーブルなどインフ

ラ情報、生物の生息地など環境情報や船舶通行量などの情報を、地図に重ね合わせて自由に閲覧できるようになりました。これを「海洋台帳」のプラットフォームとして活用し、今後、海洋再生可能エネルギー関連の情報も含めてデータを拡充していくこととしています。

制度面については、いくつかの観点がありますが、まず、再生可能エネルギー利用のために海域を占有する形で使用する場合のための、事業者と関係者との間で海域利用を巡る調整を行う何らかの仕組みを、法制度整備の必要性を含めて検討し、早急に結論を得ることとしています。これは、陸上においては土地の所有権がありますが、公共のものである海域においては、海域の管理者や海域を利用するための調整を行う制度が明確になっていないからです。安全性確保の観点からは、海洋に設置する構造物や発電機器の安全に関連する基準などの明確化や、許認可手続きを円滑化するためのワンストップ化などの取り組みを進めていく必要があります。また、産業競争力強化の観点からは、国際標準の制定を我が国が主導して行うことも重要です。さらに、環境を巡っては、経済産業省や環境省がこれまでに行っている洋上風力発電の実証事業の成果を活用するなどし、環境アセスメントの技術的手法を検討し、早急に結論を得るとともに、洋上風力以外の方式についても検討を進めることが必要です。

最後に、海洋再生可能エネルギー普及のためのコスト低減に向けた取り組みとしては、海底送電ケーブルについては、海洋再生可能エネルギーの大規模な導入を念頭に敷設のあり方を、また、大型化する設備を効率的かつ安全に設置・メンテナンスするためのインフラや作業船等については、整備方策をそれぞれ検討する必要があります。これは、海域において再生可能エネルギーの利用を行う場合、施設の整備やメンテナンスに、陸上と比較してより多くの費用を要するからです。

以上のように、本年度以降、国の大型海洋再生可能エネルギープロジェクトが始動する中で、その本格的な導入に向けて、政府一丸となって取り組みを強化していきませんが、産業界や地域の幅広い関係者の積極的な参画や連携も必要不可欠です。いわば国民一体となつての取り組みとなつていくことを期待したいものです。