

世界最大級の海流発電システムを 世界で初めて実証

水中浮遊式海流発電システム 100 kW 級実証機「かいりゅう」

海洋再生可能エネルギーの一つである海流発電は、黒潮を有効に活用することを目指した日本に適した再生可能エネルギー技術である。2017年8月、世界初の100kW級海流発電システムの実証試験を鹿児島県口之島沖で行い、実用化に向けたデータを取得した。



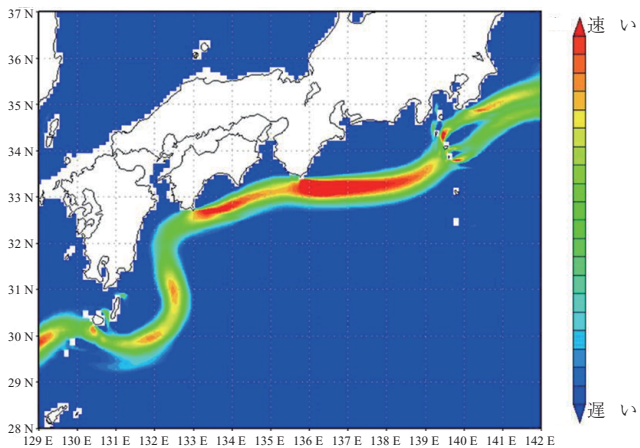
水中浮遊式海流発電システム 100 kW 級実証機「かいりゅう」

海に眠る巨大なエネルギーを有効活用する

再生可能エネルギーでは、太陽光発電と風力発電の導入が進んでいるが、世界第6位の領海と排他的経済水域を保有する日本にとって、海洋再生可能エネルギーの実現が求められている。

海洋再生可能エネルギーには、黒潮などの外洋を流れる大きな海流で水車を回して発電する海流発電、海峡などでの潮の干満による流れで水車を回して発電する潮流発電、波の上下動を利用する波力発電、海水の温度差を利用する海洋温度差発電などのほか、潮汐（潮位差）発電や海水濃度差発電などさまざまな方法が提案されている。

欧州ではすでに潮流発電の開発が実用化レベルにまで進んでいる。一方、日本の沿岸には世界有数の強い海流である黒潮が存在し、黒潮がもつエネルギー賦存量は日本の総発電量に匹敵する約205GWという試算もある。また、太陽光発電や風力発電、潮流発電などの設備利用率が10～40%程度であるのに対し、海流発電では40～70%という高い設備利用率が見込まれ、ベース電源となり得る安定した発電が行える。また、最大で100kmもの幅をもつ黒潮は、多数の海流発電装置の設置による大規模な発電ファームの実現も可能であり、海流発電システムは日本の将来の再生可能エネルギー源として極めて有望であると期待されている。IHIと国立研究開発法人新エネルギー・産業技



黒潮の平均エネルギー分布の解析例

術総合開発機構 (NEDO) は、2011 年から独自のコンセプトの海流発電システム開発を進めてきた。

世界初の水中浮遊式海流発電システム 100 kW 級実証機「かいりゅう」

黒潮の流速は平均で 1 ~ 2 m/s (約 2 ~ 4 ノット) といわれ、水深によってその速度が異なり、海面近くがより速く流れていることから、海流発電装置は海面に近い位置に設置した方が効率的に発電できることになる。しかし、台風により引き起こされる波浪は高さが 20 m 以上になる場合があり、海面近くに海流発電装置を設置するには、高い安全性が要求されることになる。そこで採用したのが、水深 50 m 前後の水中に

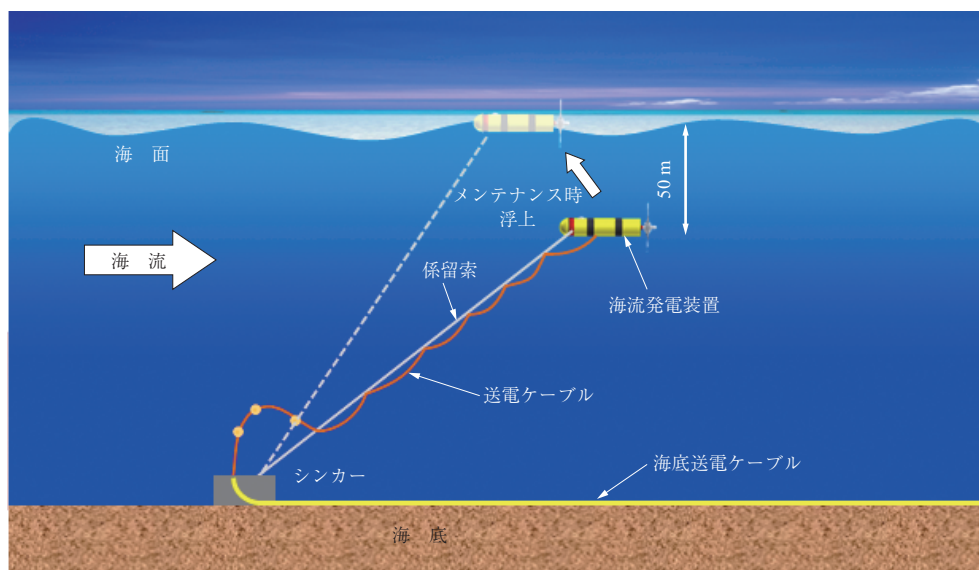
海流発電装置を係留する水中浮遊式である。海底から係留された浮体式の発電装置は、自身の浮力と海流から受ける抵抗とのバランスにより、任意の水深に浮いた状態で発電を行う。また、左右 2 基のタービン水車を互いに逆方向に回転させることでタービン水車の回転に伴う回転トルクを相殺し、水中で安定した姿勢を維持している。海流発電装置のメンテナンス作業時には、装置自身で海面に浮上させることも可能なので、海上で作業などを簡便に行うことができる。

この水中浮遊式発電コンセプトの有効性を実際の黒潮で確かめるために開発した海流発電実証機が「かいりゅう」である。「かいりゅう」はポッドと呼ばれる三つの筒状の浮体を組み合わせた形状で、全長約 20 m、幅約 20 m で、タービン水車の直径は約 11 m である。定格流速 1.5 m/s (約 3 ノット) で定格出力約 100 kW (50 kW × 2 基) の発電能力を有している。

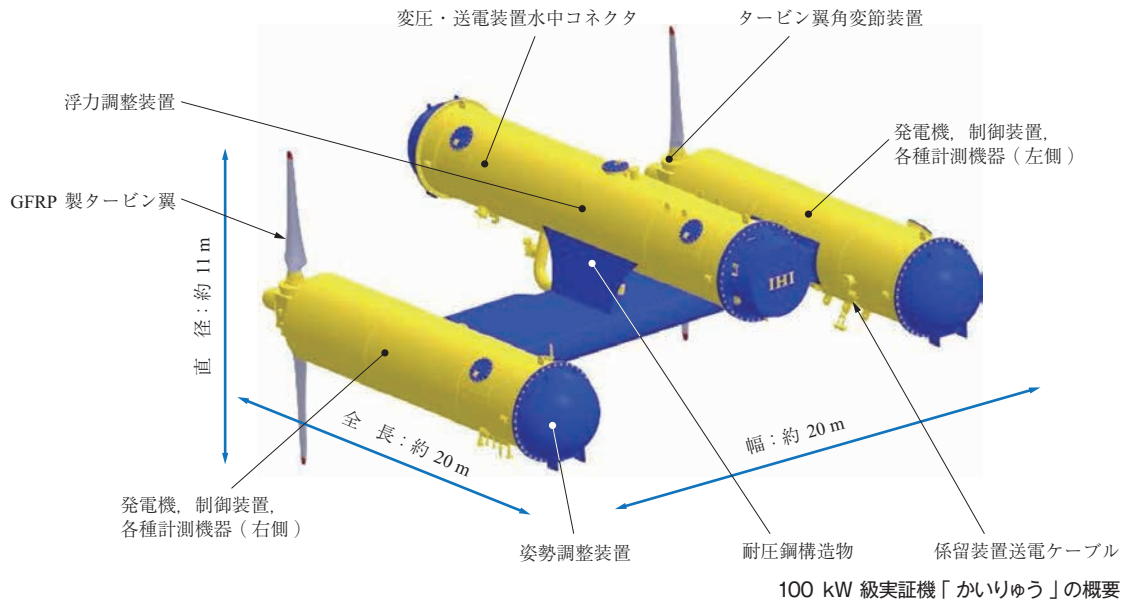
「かいりゅう」には水中で安定して発電を行うためのさまざまな工夫が施されている。

効率的な発電を行うために、水深 30 ~ 50 m の水中で運転する設計で、水圧センサーによる深度測定と中央のポッドに組み込まれた浮力調整装置によって、自動的に最適な深度を保つ仕組みになっている。

さらに、左右のポッドの先端には姿勢制御装置が組み込まれており、海流に対して適切な姿勢で浮遊し発電できるようになっている。加えて、タービン水車の翼の角度を海流の流速に合わせて変化させることで、



水中浮遊式海流発電システムの概念図



100 kW 級実証機「かいりゅう」の概要

どのような流速でも常に効率的に発電できる仕組みが用意されている。これらの制御は通常、浮体内の制御システムによって自律的に行われる。

このような発電装置を水中で運用できるようにするには、浮体構造物や回転機械の水密・耐水圧技術が重要になるが、ここに IHI の造船技術が十二分に発揮された。

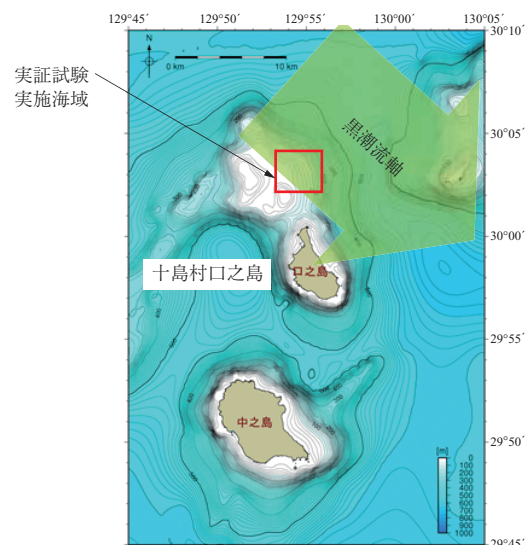
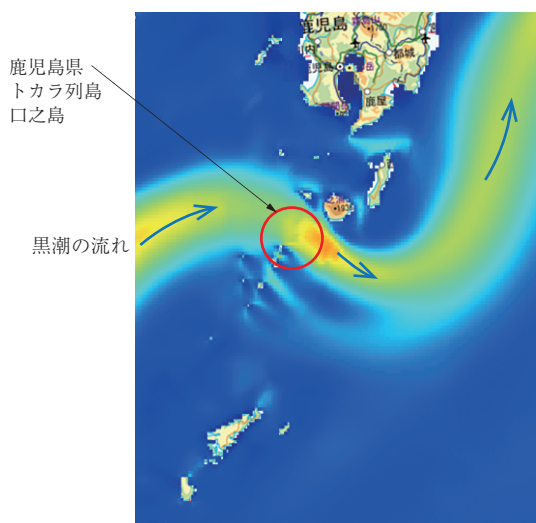
鹿児島県口之島沖での実証試験に成功

2017 年 7 月に完成した「かいりゅう」を用いた実海域発電実証試験を、2017 年 8 月に鹿児島県十島村

口之島沖の黒潮海域で行った。実証試験では、実際の黒潮環境下での発電性能や姿勢制御システムの検証に加えて、水中浮遊式海流発電システムの施工性なども同時に検証した。

黒潮での実証試験に先立ち、発電性能や海中での挙動を確認するための曳航試験を野間岬（鹿児島県南さつま市）沖の甌（こしき）海峡にて実施した。「かいりゅう」を曳航することで黒潮を模した水流を発生させて発電するこの試験では、定格流速 1.5 m/s で、定格出力 100 kW の発電を達成した。

続いて実施した実証試験では、水深 100 m の試験海域の海底に質量約 280 t のシンカー（おもり）を設置



実証試験の場所（出典：NEDO 海洋エネルギーポータルサイト）



口之島沖での実証試験に向けた準備作業の様子



口之島沖での設置作業の様子

し、シンカーから高強度繊維ロープ製の係留索で「かいりゅう」を係留した。

8月12日から7日間にわたって行われた実証試験では、自律制御システムや発電性能、浮体の安定性などを検証した。試験中の黒潮は約1.0 m/sの流速があり、その流れから最大30 kWの発電を確認した。

今回の実証試験では、「かいりゅう」から約1.5 km離れた海域に停泊させた作業船を陸地に見立てて、「かいりゅう」の遠隔操作・監視や発電した電力の受電などの運用を行い、それらの有効性も確認できた。

また、黒潮海域での設置・撤去工事についても、水中浮遊式システムと簡便な設置工法により、計画どおり安全に工事を完了した。

この実証試験によって、「かいりゅう」が設計どおりの性能を発揮し、水中浮遊式海流発電システムが実際の黒潮で運用・発電可能なことが実証され、今後の実用化に向けて多くの貴重なデータとノウハウを蓄積することができた。

長期的な信頼性確認試験に向けて

海流発電装置に限らないが、発電コストを低減するには、発電規模の大型化が有効である。将来的には、定格出力2 MW（1 MW×2基）、タービン水車直径約40 mのフルスケール実機による海流発電ファームの実現を目指して開発を継続する。そのためには、水中浮遊式海流発電システムの長期的な信頼性や安全性の確認が次の課題になる。

また、現在は不明な点が多い海流の特性についても詳細な調査・研究を進めていく必要がある。

今回の実証試験により、海流発電の実現に向けた展望が大きく開けたといえる。この技術の実用化への取り組みとして、本土から電力ケーブルによる送電が難しく、内燃発電機に頼らざるを得ない離島では、安定した発電が可能な水中浮遊式海流発電システムが、低コストのエネルギー源になると大いに期待されている。

IHIは今後も、社会環境の変化に対応し、地球温暖化防止を目指し、温室効果ガスを減らし持続可能な低炭素社会を実現するため、新たなエネルギーの研究開発に取り組んでいく。

問い合わせ先

株式会社 IHI

技術開発本部 総合開発センター

機械技術開発部

電話（045）759-2828

<https://www.ihi.co.jp/>