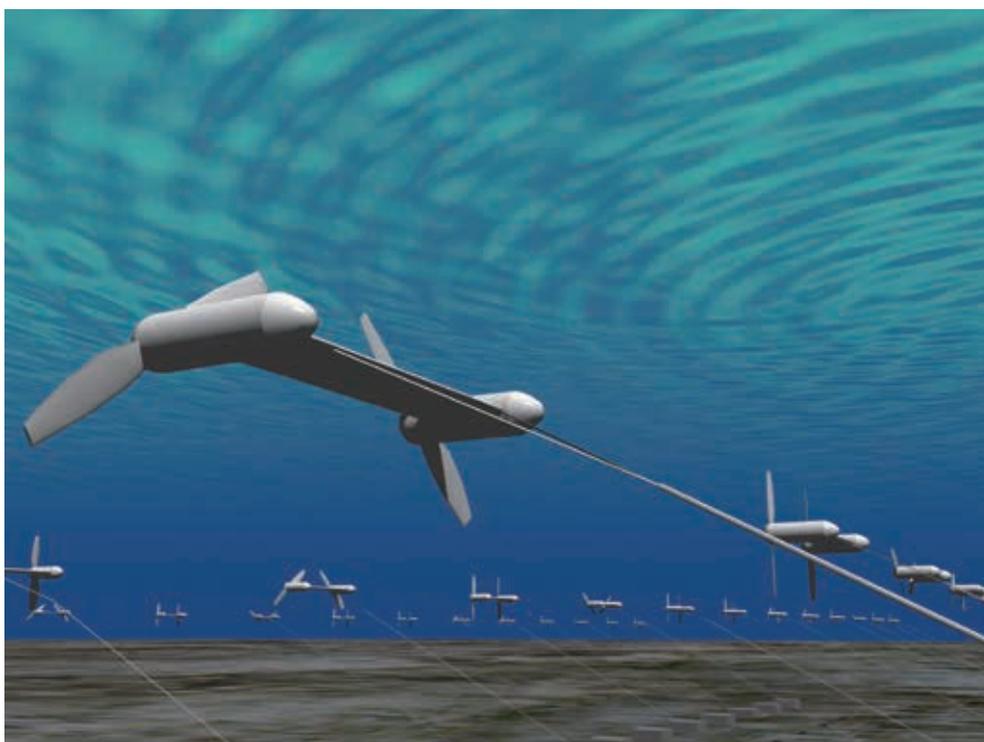


黒潮で発電!?

水中浮遊式海流発電システムの開発

持続可能なエネルギー供給や温室効果ガスの排出削減のために、黒潮などの海流を海洋再生可能エネルギーとして有効に利用することが期待されている。IHI は、この海流からの発電の実現を目指して水中浮遊式海流発電システムの開発に取り組んでいる。



水中浮遊式海流発電システム

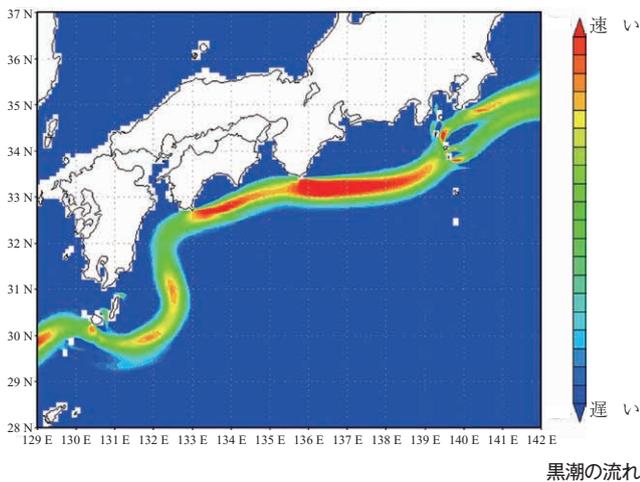
日本の領海・排他的経済水域 (EEZ) は世界第 6 位の広さを誇り、この EEZ における海洋再生可能エネルギーの利用は、温室効果ガスの排出抑制や、エネルギー安全保障の面からも積極的な推進が求められている。なかでも次頁の図に示す黒潮に代表される海流は、日本の沿岸付近を年間を通じて安定して流れているため、この巨大なエネルギーを利用することによって、日本の自然エネルギーを利用したクリーンな安定電源を新たに構築することができると期待される。

IHI ではこの海流からの発電を目指して、水中浮遊式海流発電システムの開発を行っている。その技術的特徴について紹介する。

水中浮遊式海流発電システムの概要

水中浮遊式海流発電システムの開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が公募した「風力等自然エネルギー技術研究開発/海洋エネルギー技術研究開発/次世代海洋エネルギー発電技術研究開発」の委託先として、株式会社東芝、東京大学大学院新領域創成科学研究科、株式会社三井物産戦略研究所と共同研究コンソーシアムを組んで実施している。

本事業は、この海流エネルギーを有効かつ経済的に利用するべく、水中浮遊方式の海流発電システムの要



素技術を開発するとともに、事業性評価などを実施して将来の海流発電の実用化を目指すもので、本システムは以下の優れた特長を有する。

- (1) 昼夜や季節による流れの速さ・向きの変動が少ない安定した海流エネルギーを、長期かつ連続的に利用できることで、高い設備利用率での発電が可能であり、ベース電源として大きな発電電力量も期待できる。
- (2) 発電装置を海底から係留し、海中に浮遊させることで、大水深域での設置にも対応できるため、設置可能海域を広く取ることができ、多数の発電装置を設置する大規模発電ファームの展開が可能である。このことは陸域への送電に伴うコストを相対的に低下させることに有効である。
また、すべて海中にあるため波浪の影響を受けずに安定した水深での運用が可能となり、船舶の航行にも支障を及ぼさない。さらに簡便な係留が可能となることから設置が容易であることも、コスト低減に寄与する。
- (3) 互いに逆回転する水中タービンを連結することで、タービンの回転に伴う回転トルクを相殺でき、海中で安定した姿勢を保持して、効率的な発電が可能である。
- (4) 保守整備時には、タービンの向きと浮力を調整することで、必要に応じて海上に浮上させることができるため、メンテナンスや修理が容易である。

これらの特長を活かして、本公募事業の設定目標である、発電単価 20 円/kWh を達成し、ほかの発電

方式とも発電コストで比肩し得る発電システムの実現を目指している。

以下にこの発電システムの実現のために必要な要素技術の開発について述べる。

タービンの開発

平均流速が約 3 ノットと、比較的ゆっくりとした流速である海流から大きな電力を生み出すには、発電効率の高い水中タービンの開発が必要である。本システムでは、定格出力 1 MW の大型風力発電のような水平軸揚力型タービンを想定している。

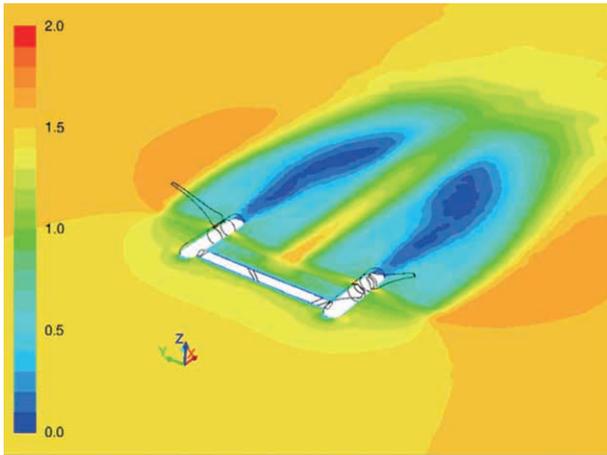
タービンが発電を開始する低い流速から、最大流速までの幅広い運転状態において発電効率の高い水中タービンの開発は、タービン翼が発生するトルクや反力などの流体性能を、数値流体力学 (CFD) による解析と模型翼を用いた水槽試験によって検証して進めている。下図に IHI 船型試験水槽で実施した、1/30 スケールの模型タービン翼を用いた単体性能試験の様子を示す。

また、タービン翼に作用する流体力は、2 基のタービン発電機を連結する構造物の後流や、海流の深さ方向流速分布などの影響によって回転中に変動が生じる。それを推定するために、タービンの回転を再現した CFD 解析を実施して、タービン翼に作用する変動流体力を把握している。

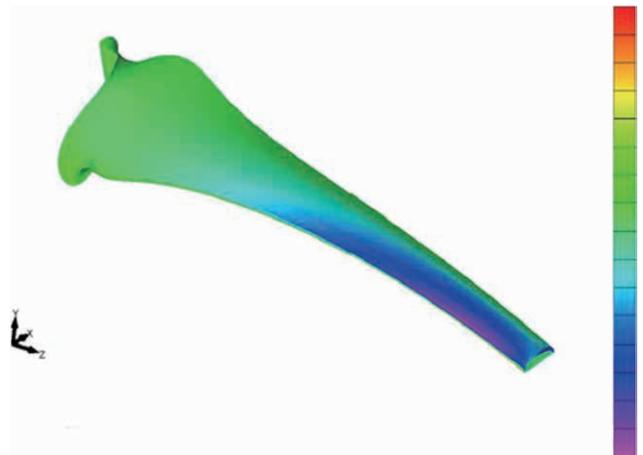
タービン翼の直径は約 40 m に達することが想定されることから、翼に作用する荷重を精度よく推定し、それに耐え得る構造・材料の選定が重要となる。



タービン翼単独性能試験



タービンの回転を再現した CFD 解析



タービン翼に作用する荷重分布の解析例

上図にタービン翼に作用する荷重分布の解析例を示す。この荷重を用いて構造寸法・材料をパラメータとした構造解析を行い、変形、応力を求めた。さらに、変動荷重の設定と疲労強度評価、海水腐食環境下での耐久性を確保した高信頼性・低コストの大型翼構造・製造プロセス技術の開発と設計基準の作成を行っている。

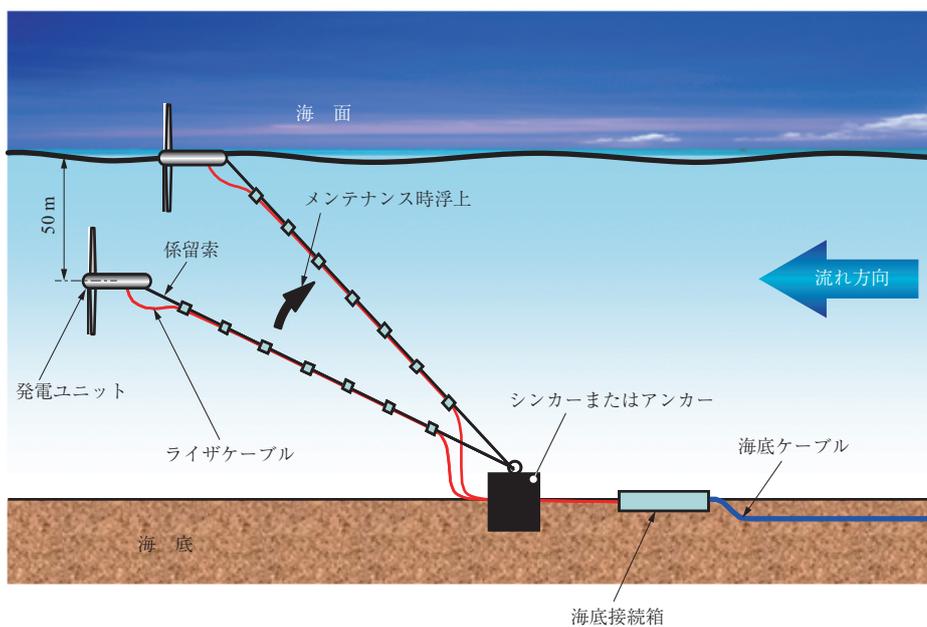
浮体・係留システムの開発

水中浮遊式海流発電システムは、黒潮が流れるような外洋の大水深域でも設置が可能となるように、海底から係留索を伸ばし、その先にタービン発電装置を取

り付けて、あたかも海中で^{たこ}凧のように浮遊させて運用することを特徴とする。

その運用時には、海面 → 水中に潜行 → 浮遊・発電 → 停止 → 浮上という状態変化が発生し、それぞれの状態に必要な安定性を確保する必要がある。そのためには、浮体安定性への影響を考慮した搭載機器の最適配置・形状の選定や、タービン翼が発生するスラスト力や浮力、係留索の張力も含めたバランスの制御が非常に重要となる。

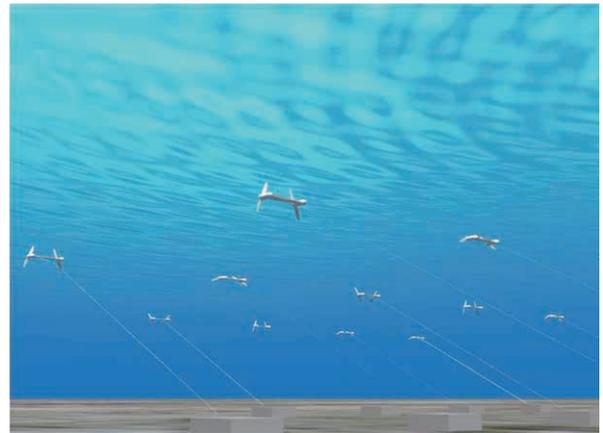
これらの要素が浮体運動へ及ぼす影響を評価するための浮体運動シミュレーションや模型水槽試験によって、深度および姿勢安定性の確保のための制御性検



水中浮遊式海流発電システム 概念図



模型水槽試験



大規模発電ファーム

討、スケールの異なる渦が海域を通過することによる浮体安定性への影響評価、非常時の安全性確保の検討を行っている。

また、水深の変化に対応可能な耐圧構造の検討や、大きな張力に耐える高強度係留索、海底に設置するアンカー（^{いかり}錨）についても、本システムに適したものの選定が重要である。

発電装置の開発

水中浮遊式海流発電システムは、海流速がゆっくりとしているため、タービンは大型風車と比較してもさらに低回転で動作することになるため、発電装置もそれに対応した低回転作動型の発電機を開発する必要がある。その際、コスト低減と、発電機効率や重量・寸法の両面で最適な発電機とすることが重要である。

さらに、本システムは海水中で長期間にわたって無人で運転する発電プラントとなるため、長期メンテナンスフリー性を確立するための技術や、送変電関連機器の絶縁寿命評価手法の開発を行っている。また、水深が深く、離岸距離も長い黒潮域に対応可能な送変電システムの開発も行っている。

海流の特性把握と事業性評価の実施

本システムは、初期段階から海流発電事業による成立性を考慮して技術開発を行っている。

海流発電の事業性は、エネルギー源となる海流の流れの特性に大きく左右されるため、流れの把握が非常

に重要となる。流れの特性把握は、海流の数値予測や音響式流速分布計測計（ADCP）などを用いた海流実測によって実施している。これらの情報から発電量や浮体安定性の推定を行い、それに基づいて発電装置の設計仕様やコスト試算を行うことで事業性の評価を行っている。水中浮遊式海流発電システムは、その特長を活かして大規模発電ファーム（上図参照）を展開することで、目標発電単価を十分に達成可能と試算している。

水中浮遊式海流発電システムは、① 設置海域を選ばない低コストの浮体係留方法、② 高い設備利用率をもたらす海流エネルギーと高効率の水中タービン発電装置によって、基幹電源の役割を担うことが可能な新しい発電技術である。今後は2015年までに本稿に挙げた要素技術の開発を行った後、実証機による発電実証実験を目指す。

IHIは、海洋における再生可能エネルギー利用による持続可能なエネルギー社会の実現を目指して、水中浮遊式海流発電システムの研究開発を進めていく。

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

URL：www.ihico.jp/