

着床式潮流発電システムの1MW機実用化に関する総合的研究

清瀬, 弘晃

<https://doi.org/10.15017/1807098>

出版情報：九州大学, 2016, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 清瀬 弘晃

論 文 名 : 着床式潮流発電システムの1MW機実用化に関する総合的研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

近年、地球温暖化などの環境問題あるいは資源の枯渇問題などが地球規模での課題とされる中、再生可能な自然エネルギーの活用が期待されている。その中でも潮流エネルギーは安定的で発電量を予測しやすく、発電装置を小型化できるなどのメリットがあることから、特に注目されている。現在、スコットランドの Inner Sound で建設中の世界最大級の 398MW 潮流発電所 (MeyGen Project) をはじめ世界各地において潮流発電のプロジェクトが進められている。

潮流発電装置は風車にて培ったパワーエレクトロニクス技術を適用することにより、従来よりも、発電効率やコスト面が大幅に改善しているが、他の自然エネルギーや従来の発電方法と比較して依然高コストであり、一層の低コスト化が求められている。そのため、発電機を海底に設置するタイプ、海底より立てた支柱に固定するタイプ、浮体タイプなど、さまざまな形式のシステムの開発が進められている。これらの方式の中、設置コストと送電コストなどから、沿岸からの距離が近く水深の浅い海底に設置する方式が最も有利と考えられており、世界で現在進行中のプロジェクトの多くではこの方式が採用されている。しかし、海底設置方式ではまだ多くの課題があり、特に以下の項目に対する研究が必要である。

- 発電コスト低減の課題

設備費・設置工事費・メンテナンス工事費に関するコスト低減対策。将来機器大型化や大規模ファームによるコスト低減予測。発電量の増加による対策。

- 信頼性の課題

耐用年数内で想定される設置海域の極限海象条件（潮流、波など）に耐える設計。機器の経年劣化や海洋生物付着などによる影響。

潮流発電の実用化には、発電コスト低減と信頼性確保を両立する必要がある。本研究では、潮流発電装置として日本初の商用機の開発を目指して、1MW 潮流発電装置に対する総合的研究を行った。特に、1MW クラス潮流発電装置の開発に関わる要素技術（ブレードの性能確認、発電装置の遠隔操作システムの有効性評価、海洋生物付着による熱交換器の性能評価、水密シールの寿命評価、基礎部の軽量化方法の効果確認、浮体式ナセルの昇降制御・曳航方法、水中コネクタの自動着脱装置の効果確認）に対する研究開発を実施し、実現性を確認した。また、コスト低減対策としてブレードの長大化と出力の最適化により発電量向上の研究を行い、この大型機を商用化された時の発電コストが 56.2 円/kWh になることが示された。さらに、遠隔点検の適用に対する検討を行い、発電コストが 46.9 円/kWh まで下がる可能性が示された。

本論文は5章から構成されており、以下に各章の内容を記す。

第1章では、研究目的、潮流海流発電の背景、課題及び将来性について説明する。

第2章では、開発を目指す1MW潮流発電装置の装置形式、施工方法などを説明する。

第3章では、装置の重要部品について発電コスト低減や信頼性向上のための要素技術研究を行った結果を示す。

ブレードの開発では、ブレードの形状は翼素運動量複合理論や、CFD、FEM解析を用いて設計し、1/10 模型試験によるブレード性能確認試験、実機サイズでのブレード強度確認試験により性能を確認した。また、長大ブレード開発では10mブレードの設計を行い、ブレード先端たわみ量の計算と強度検証を行って、ブレードは想定した環境条件で1MWを達成できる性能があることと、十分な強度があることを確認した。

発電装置の遠隔操作システムでは、電気機器の構成を変更し、遠隔操作による発電制御システムの構築、成立性の検証を行った。本システムで発電機制御に関する動的シミュレーションを行い、潮流変動によるトルク変動を受けた場合でも、その変動に追従できることを確認した。また、本システムを用いたナセルの機器配置を見直し、長さ 11.9m、質量 176×103kg まで縮小・軽量化が可能であることを確認した。

海洋生物付着による熱交換器に係る技術開発では、海洋生物付着によるナセル内各機器からの発熱用熱交換器の冷却能力の低下について評価した。その結果 10 ヶ月浸漬後の熱交換器では、総括伝熱係数は 63.2% にまで低下することが判明した。また、高圧洗浄機による水流洗浄による付着物の除去は効果があり、約 90% まで回復することが分かった。その結果、付着した生物による総括伝熱係数への影響は大きく、付着生物防止のために微弱電流を流すなどの対策が必要であることがわかった。

基礎部の軽量化のために、潮流速によりダウンフォースが働く BOX ガーダーの開発に取り組んだ。CFD 解析により BOX ガーダー形状を設計し、1/10 モデルに対して効果を確認した。その結果、2 4 5 kN のダウンフォースが期待できることが分かった。また、BOX ガーダーによる発電効率への影響も合わせて試験し、発電効率に悪影響を及ぼすことはなく、約 2% 向上することが分かった。

メンテナンス時にナセルを吊り上げる起重機船を使わずに済むように、浮体式ナセルの開発のために、自動昇降と、曳航による回収システムの 1/10 模型要素試験を行った。その結果、自動昇降ではナセルのロール角とピッチ角はいずれの場合も非常に安定しているが、ナセル部が水深 5m より浅い位置ではナセルのヨー角が不安定となり、ヨー角の制御が困難となることが分かった。浮上させたナセル部を海上曳航試験では、曳航状態時のブレード位置により、安定性が異なるが、ナセルが傾かないブレード角度があることが分かった。工夫すれば、曳航を実施するナセルの動揺角（ロール角・ピッチ角・ヨー角）や変位量（スウェイ）は小さく、海上曳航することが可能であることが確認できた。

第4章では将来の商用化時を想定した 10MW 発電ファーム用の発電装置の想定コストの試算を行い、現状コストの試算、将来コストの試算を行っている。将来発電コストの試算はブレード長や発電出力の大型化も考慮に入れた試算を行った。設備費のコストは各部品レベルでコスト見積もりを行い、施工では長崎県五島市奈留瀬戸に設置する場合を想定した工事見積もりで CAPEX、OPEX を計算している。10MW（1MW 機 10 台）での潮流発電ファームの発電コストは 117.3 円/kWh であった。ブレード長、出力の最適化を検討し、2MW、33m 直径が最適であり、発電コストは 56.2 円/kWh まで下がることが分かった。さらなるコストダウンのために、遠隔点検の適用に取り組み、ナセル回収頻度を 2 年から 5 年に延長ことにより発電コストが 46.9 円/kWh まで下がることが分かった。

第5章では、全体をとおして本研究の結論を示している。