

氏名	臼井 祐太
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博甲第377号
学位授与の日付	平成27年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	タンデムプロペラ型潮流発電ユニットの研究開発
論文審査委員	主査 准教授 平木 講儒 教授 梅景 俊彦 " 宮崎 康次 " 秋山 壽一郎

学位論文内容の要旨

エネルギー需要の増加や地球温暖化防止を背景に、膨大な潜在エネルギーを有する海洋資源の有効利用が世界規模で注目されており、その中の一つ、潮流発電の研究開発も積極的に進められている。しかし、潮流エネルギーを利用するためには、(a)速度や方向変化に対する追従性、(b)船舶の安全航行の保証、(c)海洋生物との共生、(d)海洋環境や景観の保護が要望される。このような要求に応えるため、本論文では、前後二段のプロペラ（タンデムプロペラ）と二重回転電機子方式発電機からなる新たな潮流発電ユニットを提案し、その有効性を確認している。

本論文では、著者はまず潮流発電に関する従前技術を把握し、実用化に向けて克服すべき課題を抽出した上で、本研究の位置付け、研究遂行の意義と目的を述べている。

次に著者は、前章で抽出した課題が克服できる、前後のタンデムプロペラが内外二重回転電機子を互いに逆向きに駆動する新たな潮流発電ユニットを提案している。(1)磁界を切る相対回転速度の増加による起電圧の増加や発電機径の縮小、(2)プロペラ個々の回転速度の減少によるキャビテーションの抑制、(3)回転トルクが発電ユニット内で相殺され外部に反力が働かないため、ワイヤやチェーン一本で簡単に係留でき、(4)前後段プロペラの回転トルクが等しいためプロペラ下流で旋回成分を持たず自然の潮流を乱さない、などの特筆すべき優位性を明らかにした。

次に著者は、モデル相反転方式潮流発電ユニットを準備し、基本特性や運転状態を把握して上述の着想を実証すると同時に、本ユニットは高回転速度で安定運転され、最適な外部負荷が存在することを示している。

次に著者は、本潮流発電ユニットをモノパイルで設置することを想定し、パイルに働く力や後方水流への影響を調べている。パイルの設計に際しては、流れに垂直な回転の反力を考慮する必要がなく、流れ方向の抗力の他に、カルマン渦、プロペラ個々の回転およびそれらの干渉による変動力を考慮すればよいが、これらの力は抗力に対して1.3%程度であることを明らかにしている。

次に著者は、外部に回転反力が働かない利点を生かすため、発電ユニットの子午面上ピッチングモーメント中心で係留する方法を提案し、一本の索で係留できることを実証している。

次に著者は、前章までの成果を踏まえ、数値シミュレーションを用いてタンデムプロペラの高効率化を図っている。そのブレード設計手法として、翼素のそり線と翼厚を最

適化した後、半径方向の翼負荷分布を好適化（ブレード端渦に発生する糸状キャビテーションの抑制がキーポイント）している。この手法で潮流発電用タンデムプロペラを設計製作して、現状の最高レベル効率の達成を確認している。また、潮流用プロペラはキャビテーション抑制も重要となることから、それと高効率の両者が同時に期待できる翼素形状を新たに提案している。

次に著者は、タンデムプロペラからなる潮流発電ユニットの実用機を構築している。すなわち、海中におけるキャビテーションの発生を抑制しつつ高効率を得られるタンデムプロペラ、二重回転電機子方式同期発電機、没水する発電機を外界から完全に遮断する新しい技術の完全密封型低トルクメカニカルシールを導入した発電ユニットの姿を示している。

最後に著者は、本研究で得られた成果のまとめおよび今後の展望を述べている。

学位論文審査の結果の要旨

本論文は、外部に反力を生じない独創的なタンデムプロペラ型潮流発電ユニットを世界に先駆けて提案し、ブレード負荷分布の好適化を図ることにより、水車効率42%以上を達成するとともにキャビテーション発生の抑制を実証したもので、工学的価値ならびに社会への寄与が極めて大きい

なお、本研究に関して、審査委員および公聴会における出席者から、前後段距離の決め方、水中実験で得られたデータのばらつきの要因、前・後段の回転数の相違、接触面圧で与える負荷トルクの回転数依存性など、種々な質問がなされたが、いずれも著者からの確かな回答がなされ、質問者の理解が得られた。

以上により、論文審査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が博士(工学)の学位に十分値するものであると判断した。