

付加物による増速効果を利用した潮流発電用ダリウス形水車の開発研究

上野, 正樹

<https://doi.org/10.15017/1398414>

出版情報：九州大学, 2013, 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・(本籍・国籍)	うえ の まさ き 上 野 正 樹 (神奈川県)		
学 位 の 種 類	博士 (工学)		
学 位 記 番 号	総理工博甲第882号		
学位授与の日付	平成25年9月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 総合理工学府 大気海洋環境システム学専攻		
学 位 論 文 題 目	付加物による増速効果を利用した潮流発電用ダリウス形水車の開発研究		
論 文 調 査 委 員	(主 査) 教 授	経 塚 雄 策	
	(副 査) 教 授	吉 田 茂 雄	准教授 胡 長 洪
		准教授 烏 谷 隆	

論 文 内 容 の 要 旨

潮流発電は、月と太陽と地球の天体運動による潮汐力によって発生する潮流の運動エネルギーを電気エネルギーに変換して取り出すものである。そのため、エネルギー変動が周期的、かつ予測可能であり、自然エネルギーの中では安定した出力が得られる発電方法である。また、潮流発電の適地は瀬戸や海峡などの強流域であるので、必然的に沿岸域にあり、陸上への送電が容易である。そのため、潮流発電は自然エネルギーの中でも魅力的なエネルギーのひとつである。

この潮流発電については、海外、特にスコットランドではいくつかの装置が実海域において実績を上げ、実用化も間近に迫っているが、我が国については未解決の問題も多く、今後の研究開発が必要である。スコットランドにおける潮流速と比較すると我が国の潮流速は小さいため、我が国における潮流発電を実用化するためには、現在よりも効率的な発電法を考える必要がある。潮流発電において、発電出力を高める手段の一つとして考えられるのは、流入流速を増加させることが挙げられる。発電出力は、流速の3乗に比例するので、潮流発電用水車付近に付加物を追加することによって流入流速を増加させることができれば、水車出力を大幅に増加させることが期待できる。本研究ではこの流速を増加させる付加物のことを増速器と呼ぶことにする。

鉛直軸水車用の増速器の例として、ブエノスアイレス大学の F. L. Ponta 教授らによるディフューザと九州大学の高橋らによる曲面風レンズが挙げられる。前者は、ダリウス形水車用の増速器で、流速 1 m/s を 1.3 m/s 以上に増加させることが可能であることを示した。後者は、九州大学応用力学研究所の大屋裕二教授らが開発した水平軸型水車用の風レンズの断面形状を直線状にした増速器であり、これをダリウス形風車に応用したもので発電効率を約 1.8 倍にすることに成功している。これらの増速器はいずれも一方向に対応したものであるが、本研究では、往復流である潮流に対して有効とするため前後対称の形状の増速器を提案し、それをダリウス形水車に適用して水車出力の増大を図った。このときの水車の性能を評価することを本研究の主な目的としている。

本論文の概要を各章に分けて以下に記述する。

第一章では、研究背景や研究目的について説明している。

第二章では、本研究を遂行するにあたって用いた研究手法について説明している。研究を遂行するにあたって、水車性能を評価する必要があるため、そのために本研究での各パ

ラメータの定義や水車のトルク係数、水車効率などの算出方法を示す。トルク係数、水車効率の算出法については、模型実験、単一流管翼素理論、CFD 計算の三つの方法を試みた。これらのうち、単一流管翼素理論、CFD 計算については、コンピュータを用いて実行できるため、比較的成本と労力のかからない方法であるが、それらの結果については精度検証が不可欠である。既存の実験値との比較によって精度の検証を行った結果、単一流管翼素理論は本研究で用いるソリディティの大きなダリウス形水車への適用は無理があり、CFD 計算についてはかなり良好な一致が見られることが分かった。よって、本研究の計算手法としては、CFD 計算を採用した。

第三章では、ダリウス形水車単体の水車性能について実験値と CFD 計算結果を示した。増速器つきダリウス形水車の性能を示す前に、ダリウス形水車単体の基本的な流力特性と性能を理解するためである。4 枚翼ダリウス形水車の翼弦長を変化させて、ソリディティ σ の変化による水車効率を模型実験によって求めたところ、最も良いパフォーマンスを示した水車は $\sigma=0.25$ であった。また、取り付け角度 β を変化させて模型実験と CFD 計算を行ったところ、 $\beta=7.5$ deg が最も水車効率が大きくなることが分かった。

第四章では、増速器をつけたダリウス形水車の性能を調べた結果を示している。まず、付加物の平面形状を決定するために、いくつかの平面形状の増速器をダリウス形水車に付加した状態で CFD 計算により水車効率を求め、それらを比較した。その結果、ダリウス形水車に付加する増速器の側面形状を円弧形状にしたとき、わずかながら水車効率が大きくなった。よって、円弧形状をダリウス形水車の増速器の側面形状とすることにした。円弧形状の増速器を付加し、取り付け角度を最適化したダリウス形水車の水車効率は、増速器なしの水車単体の水車効率の最大値の約 1.8 倍増加することが分かった。

第五章では、実海域における円弧形状の増速器つきダリウス・サボニウス形発電装置の発電結果について記述している。2012 年 8 月に、直径 1.7 m、スパン長 3 m の増速器つきダリウス形水車を長崎県生月大橋橋脚横の実海域に設置し、約 3 ヶ月間の計測を行った。ダリウス形水車の低起動トルクを補うため、サボニウス形水車を同軸に取り付けたため、発電機とあわせて発電装置全体では約 8 m となり、設置位置の水深 7 m よりも大きくなったため、横置きに設置した。約 3 か月間の発電実験を行い、最大発電出力は約 800 ワット、カットイン流速 0.4~0.7 m/s であった。最大発電出力は期待値の半分程度であったが、小潮時でも発電可能であったことから潮流発電の規則性、安定性については実証できた。発電出力が期待通りとならなかった原因については、模型実験におけるブロックage影響、発電機の負荷をゼロにしても回転数が期待通り上がらなかったことからタービン軸の摩擦トルクが大きすぎたことが考えられ、今後の問題点が指摘された。

第六章では、全体をまとめて本研究の結論を示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、付加物による増速効果を利用してダリウス水車を高効率化し、潮流発電に応用するため、回流水槽において模型実験を行い、円弧状付加物が優れた増速装置になっていることを確かめるとともに、CFD 計算によって増速効果のメカニズムを明らかにしたものであり、価値ある業績と認める。