

平成22年 6月 1日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19360404

研究課題名（和文）潮流発電用複合材料製タービンブレードの研究

研究課題名（英文）Development of The Composite Blades for Tidal power generation

研究代表者

影山 和郎（KAZURO KAGEYAMA）

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：50214276

研究成果の概要(和文)：本研究は潮流発電用複合材料製タービンブレードの実現を目標に、高せん断強度を持つ複合材料・構造の研究、複合材料ブレードのスマートストラクチャー化の研究、複合材料ブレードの成形技術の研究をすすめ、スケールモデルの評価試験を実施し、その結果から、日本近海への設置が検討されている潮流発電設備に適用可能な大型・実大タービンブレードを複合材料にて製造するための設計技術、製造技術について検討・評価し、その成立性と技術課題を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This research is aimed at the realization of the turbine blade made from a composite material for tidal power generation. In this research, research of a composite material and structure with high shearing strength, research of the formation of smart structure of a composite braid, and research of the process technique of a composite blade were recommended, and the evaluation test of the scale model was carried out.

As a result, the design technique for manufacturing large-sized and a real large turbine blade applicable to the tidal power generation with which the installation to Japanese waters is considered with a composite material, and production technology were inquired and evaluated, and the formation nature and technical subject were clarified.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	7,800,000	2,340,000	10,140,000
2008年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
年度			
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学 ・ 地球・資源システム工学

キーワード：複合材料

1. 研究開始当初の背景

潮流発電とは、海中に設置した発電装置で海流を受けてタービンを回し、海洋エネルギー

ーから直接エネルギーを取り出すもので、装置全体のシステムは風力発電とほぼ同一である。海水密度は空気の800倍であり、流れ

のパワーは密度と流速の3乗に比例するので2ノット(1m/s)の海流は約9m/sの風に相当する。日本沿岸では海峡、海流などの影響で流れが速い海域が多く、鳴門海峡の最大流速10ノットを初めとして各地に強流域があり、そのエネルギー賦存量は膨大である。近年、地球温暖化対策として、自然エネルギーの利用拡大が求められているが、海洋エネルギーについては立ち遅れており、世界的にもまだ潮力発電の実施例は少ない。2003年にHammerfest社がノルウェー海峡に設置した300kWの発電機が電力系統に接続した世界初の潮流発電で、その他、イギリスリンマス沖に設置されたMarin Current Turbines社の300kW装置は2006年中に第一段階の研究が終了し2010年には約300MWの設置を目指すとしているなど、数例の研究しかない。

わが国では、長崎県生月大橋の橋脚を利用した潮流発電装置の試験計画や五島市田ノ浦瀬戸で実験船を用いて行われた予備試験の例があるのみであったが、2006年10月、青森県大間崎で潮流発電の実証試験を行う事を検討する研究委員会が設置された。

潮流発電は風力発電と異なり、タービンブレード面積あたりの荷重が非常に大きく(空気と海水の密度差に比例する)、海中に設置されるため高い信頼性やメンテナンス性が要求される。そのため、従来の風力発電に用いられている複合材料製タービンブレードをそのまま流用することは出来ず、現在僅かに研究されている潮流発電の試験プラントでは船舶のプロペラと同様に金属材料の機械加工によるブレードが適用されている。しかしながら金属材料によるタービンブレードではタービン寸法が直径10~20m以上になる発電装置では製造コストが膨大になり、重量の問題から上記のメンテナンス性に難があるうえに自重を支える為に装置全体の強度も問題となる。

2. 研究の目的

複合材料を用いたタービンブレードにて潮流発電特有の要求を満足する為に、

(1)、高せん断強度を持つ複合材料・構造の研究

(2)、複合材料ブレードの成形技術の研究

(3)、複合材料ブレードのスマートストラクチャー化の研究

を通して、潮流発電用複合材料製タービンブレードの設計技術、成形技術の実用化に要される技術課題を明らかにする。

3. 研究の方法

(1)、風力発電のタービンブレードの多くはGFRP(グラスファイバー強化プラスチック)やCFRP(カーボンファイバー)による殻構造(モノコック構造)であり、ブレード半径が大

きい為、主に曲げ荷重が加わる。一方、潮流発電ではブレード半径に比して大荷重や強いねじり荷重が働くことからせん断荷重が支配的になり、その結果、中実構造(ソリッド積層)の複合材料ブレードとなる。しかし通常の複合材料はせん断強度が低い(引張り強度の1/10程度)ため、従来の積層材では層間剥離などの破損が生じてしまう。本研究ではせん断強度を向上させる繊維配向・Z方向(層間方向)繊維配置、多方向織物などの組み合わせにより金属材料並みのせん断強度を持った厚肉ソリッド積層板の開発を目標とする

(2)、長繊維を用いた中実ソリッド積層構造の成形はプレス成形法かRTM(樹脂注入成形法)成形法が主に用いられている。しかし、これらの成形法では高いプレス力や樹脂注入圧で使用するため金型など強固な型治具が必要となり、少数成形のブレードには適さない。本研究では簡易な型治具でRTM成形を可能にする成形技術を研究する。具体的には真空・低圧樹脂注入技術と樹脂流動解析の組み合わせである。真空・低圧樹脂注入技術はすで実績もある技術だが、低圧で樹脂の可使時間内に注入できる大きさは限られ、厚い積層材には適用できなかった。本研究では後述する樹脂流動モニタリングを用いて注入樹脂をコントロールし大型厚肉積層材の成形を可能にするものである。

(3)、本項目で目指すブレードのスマートストラクチャー化は、同じ光ファイバセンサを用いて、樹脂流動モニタリングによる成形管理とブレード完成後のヘルスマニタリングを行うものである。すなわち、ブレード成形時に光ファイバを強化繊維と同設し、その光ファイバをセンサーとして樹脂注入時には樹脂が存在している位置を検出し、ブレード成形後はそのままブレード内部に埋設された光ファイバセンサによってブレードの変形や超音波領域の振動、さらにAE波までを計測・モニタリングするものである。

4. 研究成果

(1)、高せん断強度を持つ複合材料・構造の研究として

①タービンブレードへの適用を想定したGFRP厚肉積層材をVaRTM成形法にて試作し、機械物性を確認した。一方向に並行するように引き揃えた強化繊維糸条群によって構成されるノンクリンプ織物と流動経路・含浸管理を工夫したVaRTM成形技術により、樹脂充填品質の優れたFRP材が成形でき、大幅な静強度・疲労特性の向上が得られた。

②厚肉積層材への樹脂流動・含浸管理のために、光ファイバを用いたFBGセンサによる樹脂流動モニタリング計測技術を研究し、十分な精度で流動する樹脂の位置測定が可能となった。

③潮流発電のタービンブレードに要求される荷重、剛性から積層材料に要される物性値を明らかにするために、発電量 300 k Wクラスの検証試験に用いるタービンブレードを想定して、ブレードまわりの流れ解析による流体力を用いてブレードの FEM 解析を行い、既存の金属材料による設計例と比較検討を行った。その結果、本研究で試作した GFRP 厚肉積層材料の機械物性においてはブレード根部のせん断強度が不足するが、断面積をより大きくするか中空モノコック構造のブレード形状とすることで、FRP 材の潮流発電用タービンブレードへの実用性が確認できた。

(2)、複合材料ブレードの成形技術の研究として

1/40 のブレードスケールモデルを試作した。複雑なブレード形状にて複合材料の要求物性が発現できるか、またその物性によるブレードが十分な強度成立性を確保しているか、はもっとも重要な課題である。そこで、

①詳細な 3 次元形状をしたスケールモデルを設計し、3 次元モデル形状をもとに、3 次元流体解析によりブレードに働く流体力をもとめ、構造解析により詳細なブレードの変形・強度の検討を行った。

② 3 次元スケールモデルデータから試作ブレード成形用の型ジグを製作し、積層構造の異なる 2 種類のブレードを試作した。試作ブレードの成形には、従来から航空機構造に利用されているプリプレグ成形法に加え、低コスト・一体ソリッド構造の成形を目差して、樹脂注入成形技術による成形も行った。

以上の研究により、実大潮流発電用ブレードの詳細設計、スマートストラクチャー化研究の指針を得る事が出来た。

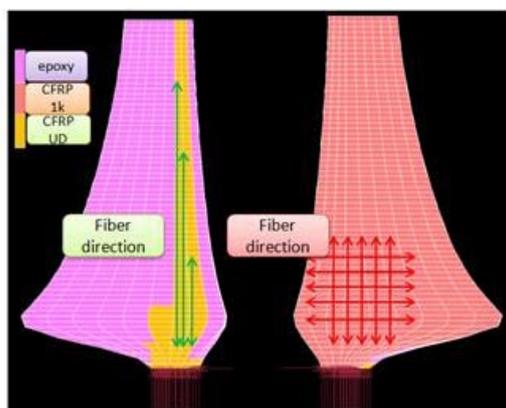


図 1. スケールモデル(左：弾性タイプ、右：剛性タイプ)

(3)、複合材料ブレードのスマートストラクチャー化の研究として

①スケールモデルの評価試験を実施し、その

結果から、大間崎潮流発電実証試験機や黒潮海流発電システムなど、日本近海への設置が検討されている潮流発電設備に適用可能な大型・実大タービンブレードを複合材料にて製造するための設計技術、製造技術について検討・評価し、その成立性と技術課題を明らかにした。

②大型曳航水槽をもちいたスケールモデルの剛性試験により、本複合材料製ブレードの評価を行った。構造解析結果と水槽試験とは良い一致を示した。

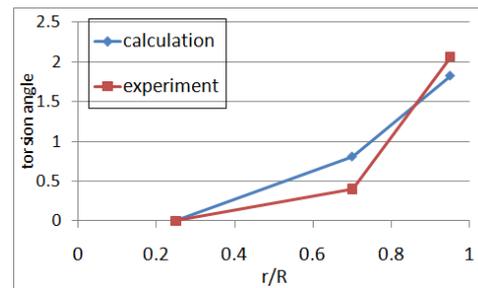


図 2. 水槽試験におけるスケールモデル(弾性タイプ)のブレードねじり変形比較

以上、本研究により、潮流発電用複合材料製タービンブレードの設計技術、成形技術について有用な知見が得られ、実用化に要される技術課題が明らかになった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Eum, S, Structural Health Monitoring Using Fiber Optic Distributed Sensors for Vacuum-Assisted Resin Transfer Molding, Smart Materials and Structures, 査読有, 16 巻, 2007, p2627-2635

〔学会発表〕(計 13 件)

①和田博紀, 流体-構造連成解析による潮流発電用弾性タービンの設計に関する基礎的研究, 第 1 回 日本複合材料合同会議, 2010/3/10, 京都

②K Kageyama, Dynamic failure monitoring of Composite Laminates By Using DEFEW Fiber-optic Strain Rate Sensor, 17th International Conference on Composite Materials, 2009/7/31, Edinburgh

③T Ymatogi, Study on Cavitation Erosion of Composite Materials for Marine Propeller, 17th International Conference on Composite Materials, 2009/7/30, Edinburgh

④南佳成, 潮流発電用弾性タービンに関する

性能評価, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2009/5/28, 神戸

⑤原悠介, 複合材料を利用した潮流発電用パッシブピッチコントロールブレードの検討, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2009/5/28, 神戸

⑥鶴沢潔, 低コスト潮流発電用弾性ブレードの基礎検討, 日本複合材料学会第 33 回複合材料シンポジウム, 2008/10/28, 札幌

⑦秋山学朗, 複合材翼構造の強度試験におけるひずみ測定, 日本複合材料学会第 33 回複合材料シンポジウム, 2008/10/27, 札幌

⑧小原康平, 高空間分解能分布型ひずみセンサによる接着継手のひずみモニタリング, 日本複合材料学会第 33 回複合材料シンポジウム, 2008/10/27, 札幌

⑨K Uzawa, Study of the Characteristic and Possibility for Applying Composite Materials to the Blades of Tidal Power Generation, the ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, 2008/6/18, Lisbon

⑩H Murayama, Novel Measurement System with Optical Fiber Sensor for Strain Distributions in Welded Tubular Joints, the ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, 2008/6/17, Lisbon

⑪K Uzawa, Feasibility Study of Composite Tidal Turbine Blade, JISSE10, 2007/11/30, Tokyo

⑫K Uzawa, Feasibility Study of Applicability of Composites to Tidal Turbine Blade, The Sixth Korea-Japan Joint Symposium on Composite Materials, 2007/11/2, Korea

⑬S Eum, Process and structural Health Monitoring for VARTM Using FBGS Based on OFDR, 16th International Conference on Composite Materials, 2007/7/9, Kyoto

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況(計 0 件)

[その他]

ホームページ:

<http://www.gisolab.t.u-tokyo.ac.jp/index.htm>

6. 研究組織

(1)研究代表者

影山 和郎(KAZURO KAGEYAMA)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号: 50214276

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者

村山 英晶(HIDEAKI MURAYAMA)

東京大学・大学院工学系研究科・准教授

研究者番号: 10361502

大澤 勇(OHSAWA ISAMU)

東京大学・大学院工学系研究科・助教

研究者番号: 00143389

鶴沢 潔(KIYOSHI UZAWA)

東京大学・大学院工学系研究科・准教授

研究者番号: 30361504