

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26630496

研究課題名(和文) 上空・高度域の風力エネルギーを利用した新規発電法への挑戦

研究課題名(英文) Technological challenge for harvesting wind energy at high altitude

研究代表者

新川 和夫 (Arakawa, Kazuo)

九州大学・応用力学研究所・教授

研究者番号：00151150

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、現在未利用である上空・高度域の風力エネルギーを取得し、地上で発電するための技術開発を行った。その方法として、2種類の上空風車を作製し、風車の回転で係留用の高分子繊維ロープを捻じ、その変形エネルギーを伝達させ、地上で発電できるような技術を開発した。これら風車の性能から、上空での風力エネルギー取得に有効であることを明らかにした。なお本手法の安全性の検討のため、高分子繊維ロープおよび真空樹脂含浸法で作製した風車用の炭素繊維強化複合材料の強度解析も行った。

研究成果の概要(英文)：This study aimed research and development for harvesting wind energy at high altitude using two types of airborne wind rotors and the energy transfer method using the torsional elastic deformation of polymeric fiber tether ropes. Using improved two types of airborne wind rotors, we measured torque and tension of the tether ropes induced by the wind rotors. The results suggested that the wind rotors have a promising for harvesting wind energy at high altitude. We also studied the fracture behavior of the tether ropes and carbon fiber reinforced plastics (CFRP) manufactured with a vacuum assisted resin transfer molding to construct the airborne wind rotors with light weight and high strength.

研究分野：工学

キーワード：再生可能エネルギー

1. 研究開始当初の背景

地球環境の保全のため、温室効果ガスの低減が緊急の課題となっており、クリーンで再生可能エネルギーのひとつである風力発電に注目が集まっている。これに伴い、風力タービンからなる風車が世界的に増加する傾向となっている。風力エネルギーは風速の3乗に比例するので、風車の設置場所として、風況の良好な地点を選定することが重要な課題となる。このため、平地が少なく風況が悪い国内では、沿岸部や山間地が風車の設置場所となっている。また地形や建物による影響を少なくするため、洋上風力発電も計画されている。このように風力発電には、風況のより良い地点が求められている。

風は地表の摩擦の影響を受けるため、風速は地表近くでは小さく、高度が増すにつれて大きくなる。風速の高度分布として指数則が成り立つこと、また植生や建物などによる地表の粗度が大きいほど、地形が複雑なほど風速の変動が大きくなることが知られている。このため、多くの風車は平坦な陸地や沿岸部のタワー上に設置されている。風車のタワーを高くすれば発電効率は上がるが、強度やコスト面で問題が発生する。「さらに上空の風をとらえるには？」という考えから本研究は着想したものである。これまでに上空・高度域の風力エネルギーを取得する方法が幾つか提案されている。しかし実験方法や結果についての詳細な報告はほとんどなされていない。

2. 研究の目的

本研究では、現在未利用である上空・高度域の風力エネルギーを取得し、地上で発電する技術を開発することである。そのため、上空風力エネルギーの取得法として、改良を加えた「新規回転気球」を開発する。

取得したエネルギーの伝達法として、係留高分子繊維ロープのトルクと張力を検討

する。さらにロープのトルクにより地上で発電する技術を検討する。同様な技術開発を「飛行船と風車」を用いた研究でも実施する。また回転気球や飛行船を利用する上で重要となる高分子膜材、繊維ロープおよび高分子系複合材料の強度解析も行う。

3. 研究の方法

本研究では、(1)ロケット型気球にブレードを取り付け、回転できるようにする。気球の回転で係留用の高分子繊維ロープを捻り、その変形エネルギーを伝達させる。そして地上で電気エネルギーに変換できるような技術を開発する。このため、係留ロープに作用するトルクと張力を計測する。またモデル解析を行い、トルクと張力の測定値と比較する。更に、ロープのトルク・回転数、発電量が直接計測できるような装置を開発する。これらの結果に基づき、最適な発電法を考案する。(2)飛行船と風車を利用する研究では、高分子複合材料で風レンズ風車を作製し、軽量・高強度化を図る。回転気球と同様、ロープのトルクや回転数を計測し、最適な発電法を考案する。(3)これらの計測により、各発電法の課題点を検証する。また安全性を確保するために、高分子繊維ロープと高分子膜材の強度解析を行う。

4. 研究成果

ロケット型気球の円周にブレードを取り付けた風車を開発した。従来風車との相違点は、重い発電機を風車に取り付けないこと、また送電線を用いないことである。その結果、風車の大幅な軽量化を図ることが可能となった。

野外実験を行い、気球が比較的安定して回転することを実証した。そして、気球の回転により、係留ロープが捻じられ、弾性エネルギーとして蓄積される。その弾性エネルギーは係留地点へ伝達した。

ロープの捩り力(トルク)で発電機を回転させ、電気エネルギーに変換できることを明らかにした。

2 番目の方法として、飛行船を用いて風車を浮上させ、風力エネルギーの取得法を開発した。風車として、「風レンズ風車」を利用した。この風車の特徴は、風速増加を目的とした集風体により、通常風車の3倍以上の高出力を達成できること、また集風体の形状のため、風向変化に追従できることを明らかにした。

飛行船と風レンズ風車により、上空の風力エネルギーを地上に伝達し、発電できることを示した。さらに風車を軽量化するための材料開発も行った。また高分子ロープの引張りと捩じりが同時に作用する際の強度を明らかにした。

以上の結果より、現在未利用である上空・高度域の風力エネルギーを取得し、地上で発電できることを実証した。

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 9 件)

Hiroki Endo, Sang-Jae Yoon, Kazuo Arakawa, Effects of torsion on mechanical properties of polymeric fiber ropes, *Advanced Experimental Mechanics*, Vol. 1, (2016) pp. 210-213, 査読有, http://doi.org/10.11395/aem.1.0_210

M. R. Abusrea, Kazuo Arakawa, Evaluation of the strength of CFRP adhesive joints manufactured using VARTM, *Advanced Experimental Mechanics*, Vol. 1, (2016) pp. 111-114, 査読有, http://doi.org/10.11395/aem.1.0_111

M. R. Abusrea, Kazuo Arakawa, Improvement of an adhesive joint constructed from carbon fiber-reinforced plastic and dry carbon fiber laminates,

Composites Part B 97, (2016) pp. 368-323, 査読有, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.05.005>

D. D. Chen, Kazuo Arakawa, S. Jiang, Novel joints developed from partially un-molded carbon fiber reinforced laminates, *Journal of composite materials*, Vol. 49, No. 14, (2015) pp. 1777-1786, 査読有, <http://jcm.sagepub.com/content/early/2014/06/12/0021998314540195>

Sang-Jae Yoon, Dingding Chen, Ja-Uk Gu, Nak-Sam Choi, Kazuo Arakawa, AE analysis of delamination crack propagation in laminated material, *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 29, No. 1, pp. 17-21 (2015), 査読有, DOI: 10.1007/s12206-014-1203-2

Dingding Chen, Ryo Matsumoto, Kazuo Arakawa, Sang-Jae Yoon, Energy absorption property of CFRP under impact loadings, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 566, (2014) pp 219-224, 査読有, <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.566.219>

Dingding Chen, Kazuo Arakawa, Changheng Xu, Reduction of void content of vacuum-assisted resin transfer molded composites by infusion pressure control, *Polymer Composites* 36 (2014), pp. 1629-1637, 査読有, DOI 10.1002/pc.23071

Dingding Chen, Kazuo Arakawa, Masakazu Uchino, Changheng Xu, Application of Digital Image Correlation Technique on Vacuum Assisted Resin Transfer Molding Process and Performance Evaluation of the Produced Materials, *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, Vol.8, No. 1, pp.93-98 (2014),

査読有

Sang-Jae Yoon, Dingding Chen, Ja-Uk Gu, Nak-Sam Choi, Kazuo Arakawa, Interlaminar Fracture Testing Method for CFRP Using Tensile Loading with Acoustic Emission Analysis, International Journal of Fracture, Vol. 187, pp. 173-178 (2014), 査読有, DOI 10.1007/s10704-013-9912-6

〔学会発表〕(計 11 件)

Mahmoud R. ABUSREA, Kazuo Arakawa, ENHANCED TENSILE STRENGTH CFRP ADHESIVE JOINT CONSTRUCTED FROM CARBON FIBER-REINFORCED PLASTIC AND DRY CARBON FIBER LAMINATES, ECCM17 - 17th European Conference on Composite Materials, 26-30, June, 2016, Munich (Germany)

遠藤 大希, 尹 祥在, Kazuo Arakawa, 高分子繊維ロープの機械的特性に及ぶねじりの影響, 日本機械学会 関東支部 第 22 期総会・講演会, 2016 年 3 月 11 日, 東京工業大学 (東京都目黒区)

新川和夫, 空中浮上型風車によるエネルギー取得の試み, 第 37 回風力エネルギー利用シンポジウム, 2015 年 11 月 27 日, 科学技術館 (東京都千代田区)

Hiroki ENDO, Sang-Jae YOON, Kazuo Arakawa, Effects of Torsion on Mechanical Properties of Polymeric Fiber Ropes, 10th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Nov. 2, 2015, 島根県立産業交流会館くにびきメッセ (島根県松江市)

Mahmoud Ramadan ABUSREA, Kazuo Arakawa, Evaluation of the Strength of CFRP adhesive joints manufactured using VARTM, 10th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Nov. 2, 2015, 島根県立産業交流会館くにびきメッセ (島根県松江市)

Okayama, T, Yoon, S, Kazuo Arakawa, Fatigue Strength Evaluation of CFRPs Fabricated by VaRTM Process, The International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2015 (ATEM'15), Oct. 7, 2015, ロワジュールホテル豊橋 (愛知県豊橋市)

Shen, Y, Chen, D, Kazuo Arakawa, Experimental Investigation of Laminated Joint Failure Modes in CFRP Fabrics under Tensile Loads, The International

Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2015 (ATEM'15), Oct. 7, 2015, ロワジュールホテル豊橋 (愛知県豊橋市)

Honda, H., Han, S., Yoon, S., Choi, N., Kazuo Arakawa, Fracture Evaluation of Laminated CFRP using Acoustic Emission, The International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2015 (ATEM'15), Oct. 7, 2015, ロワジュールホテル豊橋 (愛知県豊橋市)

Mohmaud Ramadan Mohamed Abusrea, Jiang Shiyi, Dingding Chen, Kazuo Arakawa, Novel CFRP Adhesive Joints and Structures for Offshore Application, ICMSME Istanbul 2015: International Conference on Material Science and Material Engineering, Sep. 28, 2015, Istanbul (Turkey)

Kazuo Arakawa, Dingding Chen, Shiyi Jiang, Novel CFRP joints and structures for offshore application, The International Conference on Experimental Mechanics (icEM2014) & The 13th Asian Conference on Experimental Mechanics (ACEM), Nov. 16, 2014, Singapore (Singapore)

Sang-Jae Yoon, Kazuo Arakawa, Seung-Wook Han, Nak-Sam Choi, An experimental study of CFRP fabricated by VARTM using acoustic emission technique, 16th Cross Straits Symposium on Energy and Environmental Science and Technology (CSS-EEST), Nov 14, 2014, Shanghai (China)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新川 和夫 (ARAKAWA Kazuo)

九州大学・応用力学研究所・教授

研究者番号: 00151150

(2) 研究分担者