

# カエデの種型風車を用いた被災地と震災時における電力確保のための小型風車に関する研究

福島大学 教授 島田邦雄

## 概要：

2011年の東日本大震災により、東北地方の被災地における仮設住宅では、未だに不自由な生活を強いられている人々が多い。そのためにも、簡易的な方法でコストの掛からない電力供給が必要である。また、震災時における電力確保も同様である。そこで本研究では、再生可能エネルギーの一つである小型風車を取り上げ、本申請者が提案している簡易的に低コストで製作可能なカエデの種型ブレードを適用して、これらの電力確保のための小型風車システムの構築と実証試験を行い、震災から安全・安心して暮らせる国土のための新しい提案と研究を行った。すなわち、理論計算と風洞試験により、カエデの種型風車は、既存のプロペラ型風車に比べて応答時間が早いので、変動に対する出力変化にも対応できることが判明した。したがって、弱風地帯でも十分に対応できる風車であるので、被災地と震災時に十分対応できることが判明した。

キーワード: *Small scale wind turbine, Maple seed, Horizontal-axis wind turbine, CFRP, Power, Wind velocity*

## 1. 緒言

小型風力発電には、低風速時における応答性、騒音、安全性などといった様々な問題がある。例えば、小型風力発電は都市部や山間部といった特殊な条件下で設置することで、風車の破壊や、騒音、景観などに対する問題がある。そこで、これらの解決、向上のために島田らは、先の研究で、カエデの種の落下よりヒントを得た新しいブレードを提案してきた。そして、水平軸型風車（「カエデの種型風車」と称する）として、ブレードの形状や枚数、段数等の影響による風車特性の違いについて実験を行ってきた<sup>1)~8)</sup>。カエデの種型風車のブレードは、断面を複雑な流線形では無く長方形にした平板とし、ねじりを加えることなく平板の曲げのみとしている。こうすることで、低い投資コスト、組織的単純性、社会的文化的環境に対する高い適合性、天然資源の節約利用、安価な最終製品、高い雇用創出力などに結び付けることができ、小型風車の普及を目指すことができる。本研究では、震災時における電力確保を念頭に、カエデの種型風車における小型風車システムの構築と実証試験を行い、震災から安全・安心して暮らせる国土のための新しい提案と研究を行った。

## 2. 数値解析

まず初めに、矩形型のブレードについて風速 8m/s 時における ANSYS を使って数値計算を行い、渦度分布や圧力

分布を求め、ブレードが立っている場合（これが従来のプロペラ型ブレードに相当）と寝ている場合（これがカエデの種型ブレードに相当）を比較した結果、後者の方が、ブレードの後流における渦発生が抑制され、低騒音化に繋がること、また、ブレードに加わる圧力が軽減でき、高風速時等におけるブレードへの風の負荷によるブレード強度を確保することができることが判明した。そこで実験では、この圧力分布からブレードに加わる力と、回転におけるブレードに加わる遠心力によるブレードの引っ張り力をこれらの理論値から求め、これに基づいて CFRP を用い製作した。また、Fig.1 に示すように、次項

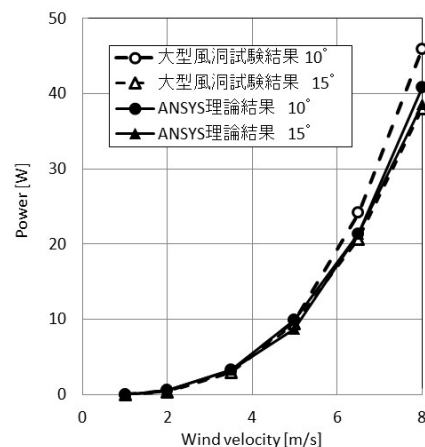


Fig.1 出力における数値解析結果と大型風洞試験結果の比較

で述べる大型風洞を用いて行った出力の実験結果と、ANSYS を使って数値計算を行った出力の結果を比較すると、本数値解析による理論予測は、実際の大型風洞試験による実験結果と定性的、定量的にも一致し、本数値解析モデルは、あらかじめ理論予測することが可能であること、また、本数値解析モデルの妥当性が証明できた。さらに、実験室内に風洞試験装置を設置し、発電機からの出力と、発電機の代わりにトルク計を取り付けた時のトルクから算出した出力との比較実験を行った結果、ブレードによる出力係数は、発電機による効率を差し引いたトルクからの出力係数と定量的にほぼ一致することが判明し、市販の定格出力 600 W の小型風車 (AD-600, SUNFORCE (株) 製) のブレードを外した発電機は、最適な発電機であると判断でき、以降の実験においては、この電機を採用することとした。

### 3. 実験室内風洞実験

カエデの種型ブレードの形状について矩形型であることが製作上シンプルであり、被災地等での容易な展開のためには好ましいが、さらなる出力の向上が求められるのも事実であることから、改良の余地があるとして、多種のブレード形状について取り上げ、それぞれについて前項と同じ方法により CFRP で製作し、まず、実験室内に風速 15m/s まで出せるドデカファンを設置し、これに整流器を取り付けてブレードに風を当て、ブレードに直結した発電機からの出力を測定する実験を行った。その結果、Fig. 2 に示す形状のブレードが最適であることが判明した。これは、実際のカエデの種を模擬したものである。

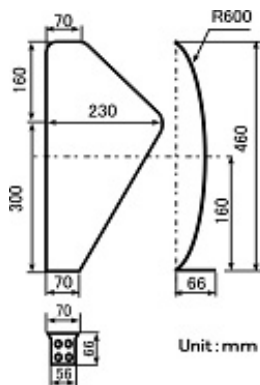


Fig. 2 最適なカエデの種型ブレード

### 4. 大型風洞実験

実用化のためには、大型風洞による試験結果を押さえておく必要性があり、そこで、海上技術安全研究所における大型の回流式風洞を用いて、測定部全長 15 m における測定部の入口から約 8 m 下流の位置に風車を設置し、先の最適な発電機に、前項で製作したカエデの種型ブレードを取り付け、試験用風車システムを構成した。その

結果、矩形よりも Fig. 2 に示す形状のブレードのほうが出力が良いことが判明した。

次に、実用化のためには、実地において通常よく見られる風の変動に対する出力の獲得が重要となる。そこで、大型風洞試験装置による変動風に対する出力の変化を Fig. 3 に、従来のプロペラ型ブレードと Fig. 2 に示す「カエデ」の形状によるカエデの種型ブレードの比較を示す。これに先立ち、風速 2m/s の定常流における大型風洞試験による出力の応答時間を調べた結果、従来のプロペラ型ブレードよりも「カエデ」の形状によるカエデの種型ブレードの方が、応答時間が圧倒的に早いことが判明した。したがって、Fig. 3 に示すように、変動風に対する発電機による出力も、応答時間が早い「カエデ」の形状によるカエデの種型ブレードの方が大きな出力変化となる。

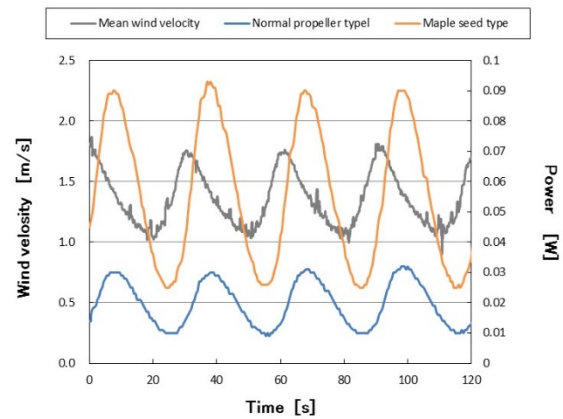


Fig. 3 変動風による大型風洞試験結果

### 5. 野外における風車実証試験

「カエデ」の形状によるカエデの種型ブレードを風洞試験で用いた発電機に取り付けて、福島大学の 7 階建ての理工棟の屋上の端に、カエデの種型風車と、風車直径を同じにした既存のプロペラ型風車を併設した。Fig. 4 に、その外観写真を示す。



Fig. 4 福島大学の 7 階建ての理工棟の屋上におけるカエデの種型風車

1 日における累積出力と風速の累積時間の試験により、カエデの種型風車は、弱風であればあるほど出力を稼げることができることが判明した。

## 6. 検証と評価

弱風である場合は、風に対する応答性がありながら高い出力を得ることはより困難になり、既存のプロペラ型風車ではこの点が大きな欠点となっている。そのため、例えば日本の太平洋側などの弱風地帯で小型風車を折角設置したが、思ったような出力が得られないという問題点がよく浮上する。したがって、カエデの種型風車はそういった問題点を解決してくれる。また、その地域における弱風地帯か強風地帯かによって、カエデの種型風車と既存のプロペラ型風車の使用を選んであげることが良いとも考えられる。

被災地と震災時においては、強風地帯のみで威力を発揮する従来のプロペラ型風車では、十分な出力が得られない。被災地や震災場所は場所を選ばないからである。したがって、カエデの種型風車は、弱風地帯でも十分に対応できる風車であるので、被災地と震災時に十分対応できると結論できる。

## 7. まとめ

カエデの種型風車は、既存のプロペラ型風車に比べて応答時間が早いので、変動に対する出力変化にも対応できる。したがって、弱風地帯でも十分に対応できる風車であるので、被災地と震災時に十分対応できる。

## 謝辞

本研究の遂行により得た成果の一部を日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集において発表している（島

田邦雄, カエデの種型風車の屋外実証試験における考察, No. 15-1, J0530305, 2015, 平成 27 年 9 月 13 日～16 日, 札幌). それ故, ここにその一部を抜粋掲載している. また, 福島大学研究年報第 11 号「特色ある研究の成果」に本報告の一部を掲載している. 成果公表できたことに対して謝意を表し, ここに付記する.

## 参考文献

- 1) Shimada, K.: Trail Manufacture of Maple Type Wind Turbine from Falling Maple Seed by Simulation the Natural World and Experimental Investigation of Most Suitable Design, Proceedings of 2011 Annual Conference on the Japan Society of Experimental Mechanics, 11 (2011), 35-39 (in Japanese).
- 2) Shimada, K., Wumair M., and Takahashi, D. “Characteristics of maple seed type wind turbine at light winds”, Proceedings of the 35th Wind Energy Usage Symposium, (2012), pp. 289-291 (in Japanese).
- 3) Shimada, K., Wumair M., and Takahashi, D., “Wind dynamic characteristics on maple seed type wind turbine”, Proceedings of the 21th Japan Institute of Energy, (2012), pp. 204-205 (in Japanese).
- 4) Shimada, K., and Takamatsu, H., “Characteristics of maple seed type wind turbine at wide wind velocity range”, Proceedings of 2013 Annual Conference on the Japan Society of Experimental Mechanics, Vol. 13 (2013), pp. 201-205 (in Japanese).
- 5) Shimada, K., and Miyoshi, T., “Theoretical investigation on characteristics of maple seed type wind turbine”, Proceedings of 2013 Annual Conference on the Japan Society of Mechanical Engineers, Vol. 13, No.1 (2013), J056033 (in Japanese).