

マイクロ風車におけるソリディティとエネルギー変換効率の関係

東京都立戸山高等学校

2年 新井 葵

近年様々な再生可能エネルギーが注目されているが、その中でも風力発電は環境に優しいとされており、日本では各地で取り組みや開発が行われている。しかし、山地の多い日本では大型風車を多く建てるための広くて安定した土地が十分に確保できず、大型風車による発電はあまり進んでいないのが現状である。そこで、マイクロ風車という小さな風車を使うことによって、従来利用されていなかった都市部や住宅地での発電が可能になりつつある。だが、マイクロ風車には現在ある大型風車を単に小型化しただけのものも多くあるため、私たちは風車の性能を決めるパラメーターの一つであるソリディティ（風車が描く円の面積に対する実際のブレードの面積の割合のこと）に着目して、より効率の良いマイクロ風車を設計することを目的とした。また、風車の性能を評価する方法を以下に示した。風車の性能は一般的に次の式で表される。また、エネルギー変換率は実際の風のエネルギーの中からどれほどのエネルギーを取り出せたかという、風車の発電の効率の良さを示す。エネルギー変換効率を C_P 、風車のトルクを Q [Nm]、風車の回転角速度を ω [rad/s]、空気密度を ρ [kg/m³]、受風面積を A [m²]、風速を V_∞ [m/s] とすると、

$$C_P = \frac{Q\omega}{\frac{1}{2}\rho AV_\infty^3}$$

であらわされる。この式の分母は風(空気)の単位時間当たりのエネルギー [W/s] であり、分子は風車が得た単位時間当たりのエネルギー(利用可能なエネルギー) [W/s] を表す。上記の式より風車の得たエネルギーはトルク Q (風車のブレードの回転方向の力の大きさ、すなわちモーメント) と回転角速度 ω (風車の回転速度) から求められる。今回はソリディティ 9.1% から 36.4%、2枚羽から 8枚羽の計 7種類のマイクロ風車を作成し、自作の風洞を使った一定の風に対しての発電量で評価した。実験の結果、東京都の平均風速 (2.9m/s) で発電する場合、周速比が 3.2 となり、6枚羽風車のソリディティ 27.3% 前後の風車が最もエネルギー変換効率が良いということが分かった。