

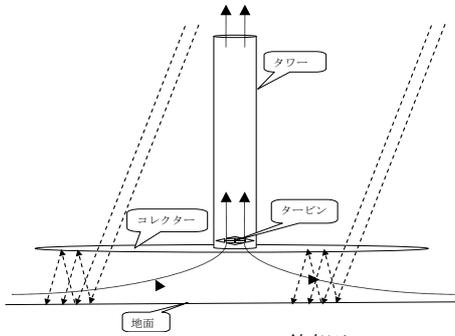
日射を用いた上昇流発生に関する研究

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○湯井 大貴
京都大学経営管理大学院(研究当時京都大学工学部) 山崎 健登

当時京都大学大学院工学研究科 学生員 Hadyan Hafizh
京都大学大学院工学研究科 正会員 白土 博通

1. まえがき ソーラーアップドラフト発電(SUPG)は、太陽の放射エネルギーを用いてコレクター内に温室効果を発生させ、上昇気流を生み出すことによってタービンを回し発電する方法である。(Fig.1)再生可能エネルギーの1つであり、天候によらず発電できる一方、発電効率が悪いという課題がある。

本研究では、昨年の室内実験¹⁾で得られた最適形状を元に、実現に近づけるため屋外で太陽放射を用いて実験を行った。また、SUPG内の熱流動の数理モデルを構築し、その解析値と実験値と比べることで数理モデルの整合性を考察した。



その解析値と実験値と比べることで数理モデルの整合性を考察した。

2. 屋外実験 実験模型は昨年の室内実験による研究¹⁾で得た最適形状のスケールアップ(A,B,C-type)と、既往研究であるスペインのManzanares計画で使用されたプロトタイプのスケーラダウン(M-type)を用いた。Fig.2に実験模型を示す。

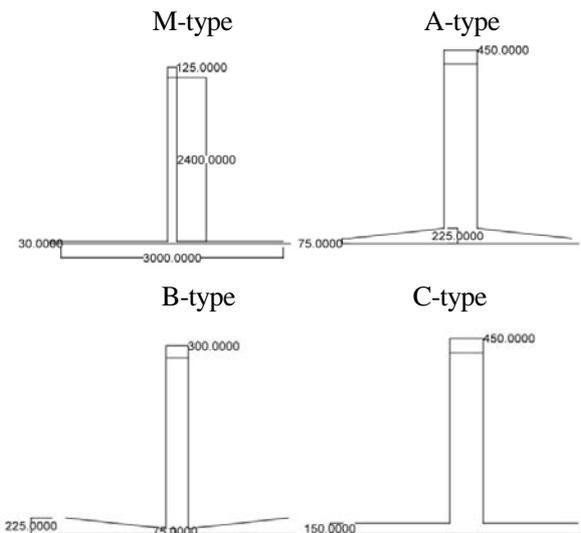


Fig.2 屋外実験模型(単位はmm)

今回、日射量、外気温、プレート表面温度、コレクター表面温度、コレクター内気流温度、及びタワー基部の上昇流速を日中に測定した。そのうち、type別の上昇流速比較の結果をFig.3に示す。

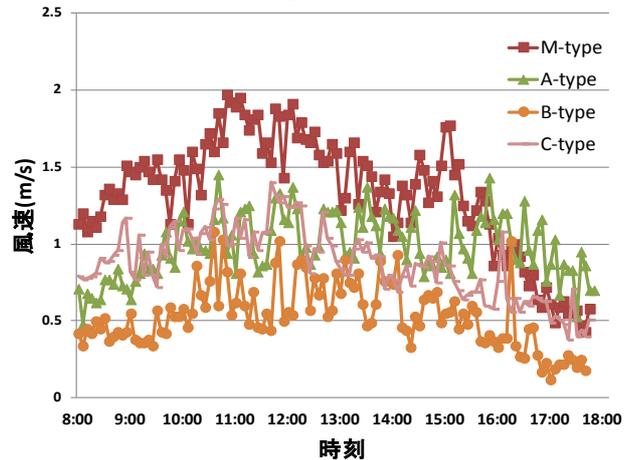


Fig.3 type別の上昇流速比較結果

Fig.3からM-typeで最も高い風速を得られ効率的であると考えられる一方、B-typeで最も低くなり、室内実験とは異なる結果となった。原因として、M-typeはコレクターの高さが低いため自然風の影響を受けにくかった一方、B-typeではコレクターの高さが高く、自然風の影響でコレクター内の暖められた空気が外へ流されたためと考えられる。

3. 数理モデルと解析結果 コレクター内部を円筒座標系で表現し、連続式、運動量保存則、エネルギー保存則を整理すると式(1)が得られる。

$$d\dot{q} = -\frac{\dot{m}c_p(T_a - T_{a_{\infty}})}{\pi(r_{out}^2 - r_{in}^2)} \quad (1)$$

なお、 \dot{q} :熱流速[W/m²], \dot{m} :質量流量[kg/s], c_p :比熱容量[J/kg・K], T_a :コレクター内の温度[K], $T_{a_{\infty}}$:室内温度[K], r_{in} :タワー半径[m], r_{out} :コレクターの外径[m]をそれぞれ示す。次に、コレクター表面、コレクター内部、地表面それぞれでの熱回路網を構築し、各評価点における熱収支方程式を立てた後、式(1)と組み合わせて行列化を行った。それぞれの日における日射量と外気温を入力値とし、タワー基部の上昇流速及び温度、地表面の温度を反復計算により求めた²⁾。

キーワード: ソーラーアップドラフト発電, 太陽放射, 上昇気流

〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C1棟457号室 Tel:075-383-3170 Fax:075-383-3168

今回最も効率的であると判断された M-type と、最も低い風速値しか得られなかった B-type の解析結果を Fig.5 及び Fig.6 に示す。

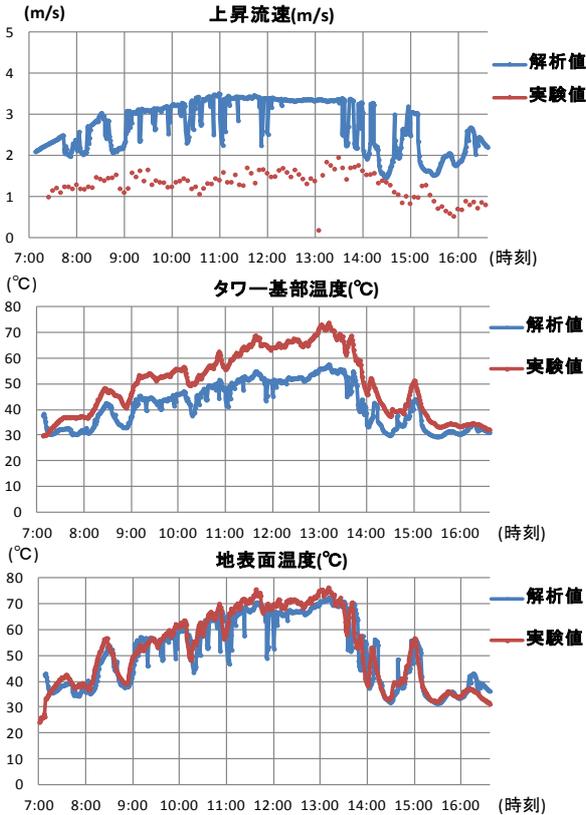


Fig.5 M-type の上昇流速比較及び各温度比較

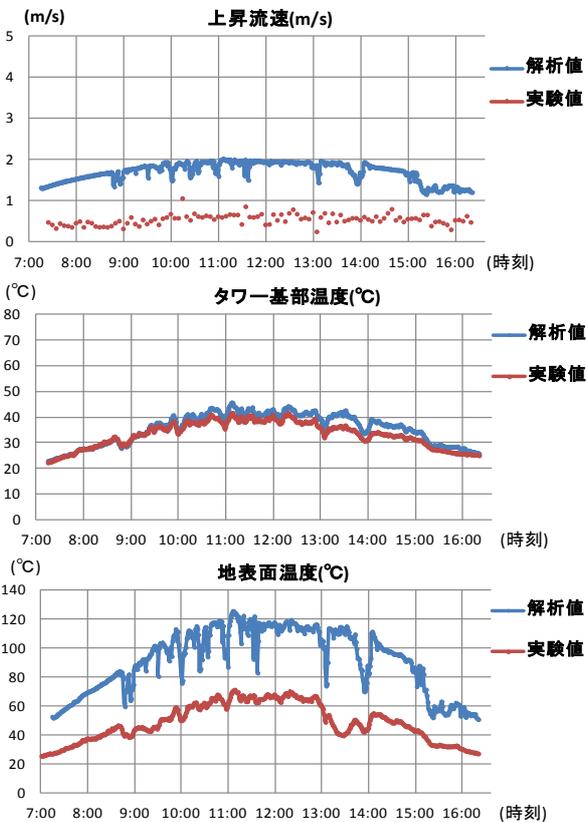


Fig.6 B-type の上昇流速比較及び各温度比較

まず上昇流速について、実験値と解析値との乖離が見られた原因は、M-type においては地面とコレクター

の距離が近いこと壁面摩擦の影響が大きくなったこと、B-type では温められた空気が逃げやすく、自然風の影響を受けやすかったことなどが考えられる。

次にタワー基部温度については M-type でのみ解析値が実験値を下回るという結果となり、他のケースでは Fig.6 に見られるように概ね再現に成功した。

最後に地表面温度については、M-type ではよく再現された一方、他のケースでは過大評価された。これは、コレクター内気流に伝わる熱が過少評価されていること、解析に用いた熱伝導係数に問題があることなどが考えられる。今後、タワー内部の気流の温度分布の計測、熱伝導係数のより精緻な評価に加えて、数値モデルの3次元化の検討などを実施する必要がある。

4. 結論

(1)屋外実験では昨年の屋内実験とは異なる結果が得られた。これは外部から流入する自然風の影響が大きいためであると判断され、今後実験において自然風の影響を最小限にする必要がある。

(2)風速値については、実験と解析で乖離がみられた。そのため、今後はコレクターの高さが低い M-type のような場合については壁面摩擦の影響を、逆に高い B-type のような場合にはコレクター外周部から流出する熱を、それぞれ解析計算の中に考慮する必要があると考えられる。

(3) M-type , B-type それぞれの地表面温度とタワー基部温度の解析値の結果から、概ねの傾向は捉えることができた。誤差が生じている部分については、地表面から気流に伝わる熱が過少評価されているとみられ、熱伝導係数の再評価と伝導する熱をより精査しなければならないと考えられる。

謝辞

本研究の一部は(公財)谷川熱技術振興基金の助成により行われた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 湯井大貴, ソーラーアップドラフト発電の効率化に関する基礎的研究, 卒業論文 2014 年度
- 2) Hafizh, H. 2015. Theoretical Analysis and Experimental Optimization of Solar Updraft Power Generator, PhD Dissertation, Kyoto University, pp. 84-123