

# 5-3-3. ガスタービン燃焼用空気の完全蒸発水噴霧システムの確立について

(株式会社 いけうち) 石井聡, ○藤原知美

## Swirl Flow Intake Air Cooling System Using Semi-Dry Fog Nozzles

Akira ISHII, ○Tomomi FUJIWARA, (H.IKEUCHI & CO., LTD)

Recently, the effects of global warming has become a significant decrease in generating efficiency of gas turbine during the summer, intake air cooling system has been attracting attention. There are some advantages with a relatively low introduction cost and operational cost in water atomization type, though the intake air cooling system has the heat exchange type and air washer type, etc. However, in order to completely evaporate the sprayed water by the turbine inlet, the need to ensure a certain amount of evaporation distance, but in some cases it is hardly enough distance because of the design of the turbine. In this report, we researched relationship between evaporation distance and method of duct air supply and/or spray direction.

Keywords: Intake Air Cooling System, Atomization, Swirl Flow, Semi-Dry Fog Nozzles

### 1. 緒言

近年、地球温暖化の影響で、夏期におけるガスタービンの出力低下が顕著になっており、燃焼用空気の吸気冷却システムが注目されている。吸気冷却システムには水噴霧式、熱交換器式などがあるが、水噴霧式は、初期設備および運転コストが他法より小さいメリットがある。その中で、平均粒子径が  $20\mu\text{m}$  程度のセミドライフォグ®を噴霧する方式はその効果が特に大きいとされる。本報では、セミドライフォグ®を用いた水噴霧式において、蒸発距離を従来よりさらに短縮するための開発を報告する。すなわち、蒸発距離の極めて小さいタイプのタービン等への適用を念頭に置いた。旋回流を用いたセミドライフォグ®噴霧の研究を行ったので、紹介する。

### 2. 実験方法

実験装置の概要を図1に示す。φ560mmの亚克力製ダクトにより噴霧を可視化できる。常温空気はインバータ付軸流ファンによって吸込方式で通風される。旋回部の形状を変えることにより、整流方式を変えられる。今回使用した旋回部の形状を図2に示す。流速分布の測定は、タフトを設置して流れの方向性を、流速は風速計を用いて測定した。流速分布の測定は、図1中の①～③の3箇所で行った。噴霧実験は、入口温湿度を①、出口温湿度を④の箇所

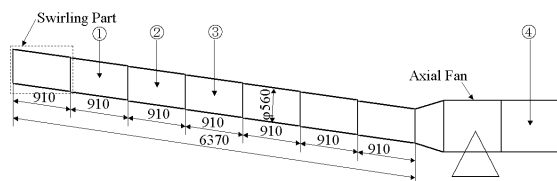


Fig.1 Schematic of Experimental Apparatus

で温湿度センサーとデータロガーを用いて連続測定した。ノズルの設置位置は②の箇所とし、レイアウトは図3に示す4通りである。また、噴霧中にダクト内壁に付着した水粒子はドレンとして水量を計測した。蒸発距離は、目視および手触にて測定した。

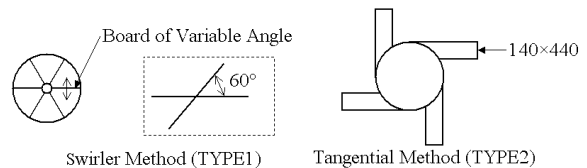


Fig.2 Shape of Swirl Parts

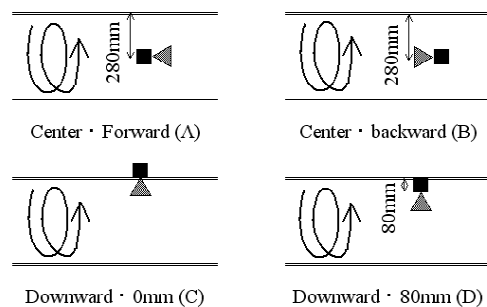


Fig.3 Spray Layout

### 3. 実験結果

空気流量、整流方式、ノズルレイアウトを変更して行った実験のうち、次のパターンについて結果を示す。空気流量は、 $22.3\text{m}^3/\text{min}$  (平均流速  $1.51\text{m/s}$ ) に固定する。整流方式は、図2に示した旋回なし (TYPE1で角度をつけない)、旋回翼式 (TYPE1:  $60^\circ$ )、接線式 (TYPE2) の3種類とし、ノズルレイアウトは、図3に示したA～Dの4種類とする。

### 3.1 流速分布

各整流方式における流速分布のうち、図1中の②の箇所測定したものを、図4に示す。旋回がない場合と比較して、旋回流（TYPE1・TYPE2）では、旋回流特有の流速分布となっていた。なお、旋回翼式（TYPE2）の場合は、接線式（TYPE1）よりも旋回速度は小さくなった。また、発生した旋回流は、中心付近で強制渦、外側で自由渦となる、「ランキンの組合せ渦」の特徴を有している。

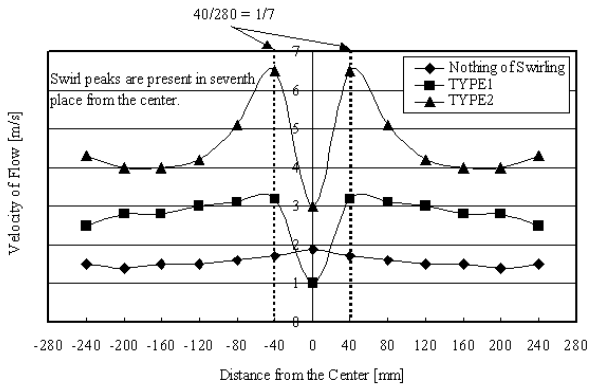


Fig.4 Velocity of Flow of Swirl Flow

### 3.2 ノズルの噴霧粒子径分布

今回使用したノズルは、涼霧ノズル（いけうち製）で、セミドライフォグ®を噴霧する一流体空円錐ノズルである。涼霧ノズルの粒子径は位相ドップラ式レーザ粒子分析計（PDPA）で測定し、ザウター平均粒子径は  $20\mu\text{m}$ 、最大粒子径は  $75\mu\text{m}$  であった。粒度分布と粒子径ごとの総体積の比率の結果を図5に示す。ノズルの噴霧粒子径は粒度分布を有しており、蒸発距離は最大粒子径に依存しているため、旋回によりごく一部存在する一定以上の大きさの水粒子を意図的に除去することができる。

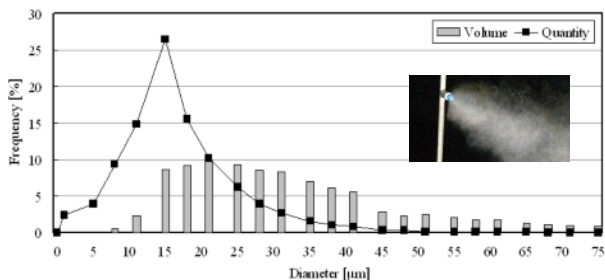


Fig.5 Droplet Size Distribution of Semi-Dry Fog Nozzle

### 3.3 噴霧実験

各整流方式・ノズルレイアウトごとの噴霧実験結果を表1に、整流方式・ノズルレイアウトと蒸発距離との関係を図6に示す。図表中のA~Dは、図3のA~Dと対応している。どの整流方式でも、ノズルをAのように流れ方向に噴霧したときの蒸発距離が

Table 1 Result of Atomization Experimental

Swirling Method	Spray Layout	Rate of Drain [%]	Rate of Available Water [%]	Decrease in Temperature [°C]	Evaporation Distance [m]
Nothing of Swirling	A	0	100	3.4	3.5
	B	7.25	92.75	3.2	2.0
	C	0	100	3.4	2.5
	D	0	100	3.4	2.5
Swirler Method (TYPE1)	A	0	100	3.4	2.0
	B	2.25	97.75	3.3	1.5
	C	5.75	94.25	3.2	1.5
	D	0.75	99.25	3.4	2.0
Tangential Method (TYPE2)	A	1	99	3.4	1.5
	B	3	97	3.3	1.0
	C	12.5	87.5	3.0	1.5
	D	2.5	97.5	3.3	1.5

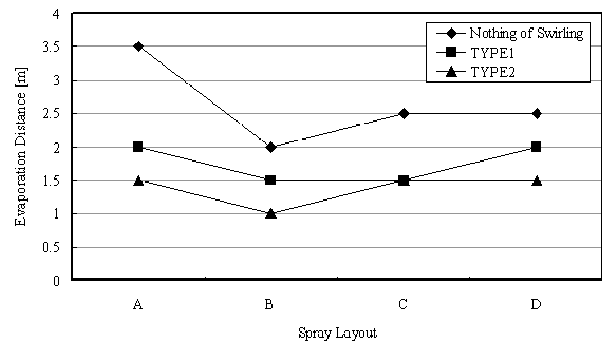


Fig.6 Result of Atomization Experimental

最長となり、Bのように流れと逆方向に噴霧したときの最短となっている。これは、流れと逆方向に噴霧すると、気液の接触効率が大きくなり、蒸発が促進されるためである。整流方式の比較では、旋回が強いほど蒸発距離が短くなった。これは、旋回流による気液接触効率の増大および、遠心力により一定以上の粒子径のものがドレンとなるためである。また、旋回流では噴霧位置と旋回強度のピークとの位置関係が重要であることがわかった。蒸発距離が冷却機長より大きくなる粒子径のものを選択的に除去することができる。以上より、整流方式とノズルレイアウトとのコンビネーションを最適化させることで、従前の半分以下の蒸発距離を実現できることが確認された。冷却機長が確保できない稼働機などへの適用に向けてさらに研究を進めていく。

### 4. 参考文献

- (1) 石井聡, 藤原知美, 岩田直大, 梅田信昭, 中井志郎: 水噴霧式吸気冷却の高効率化に関する研究, 第18回微粒化シンポジウム講演論文集, (2009), 167-169
- (2) ファーナム・クレイグ, 中尾正喜, 西岡真稔, 鍋島美奈子, 水野毅男: ミストの蒸発冷却特性測定と制御方式の提案, 日本冷凍空調学会論文集 (2009) Vol. 26-No. 1, 105-112