

冷却流水面とハイブリット換気による屋内公開空地の熱・空気環境に関する研究  
第 11 報 広範囲における気流性状把握手法の提案

屋内公開空地 冷却流水面 気流速度分布

正会員 ○酒井 孝一郎\*1 同 森 太郎\*2  
同 西澤 繁毅\*3 同 菊田 弘輝\*4  
同 絵内 正道\*5 同 羽山 広文\*6

1. 研究の背景・目的

本研究では、大規模な複合ビルなどに見られるアトリウムやホールを屋内公開空地と呼称している。これらの空間には水や緑といった自然要素が多数設置され、特に滝や川などの流水面を利用したスポット空調システムによる空間の環境維持や省エネルギー化が期待される。既往の研究<sup>1)</sup><sup>2)</sup>では、その基礎的取り組みとして PIV を用いて流水面近傍の気流速度分布を把握し、PIVによる結果と CFD で得られた解析結果とを比較することで、流水面とその上層にある空気層との関係性を把握してきた。しかし、PIV は最大でも 200[mm] 四方の狭い範囲しか測定することができない。流水面をスポット空調システムの一つとして利用するならば、より広範囲の空気流れを把握することが必要となる。

そこで、本研究の目的は、広範囲の解析を可能とする実験を基に、空気の移動モデルを想定することで、流水面によって形成される空気流れを把握することにある。

2. 冷却流下水面近傍の気流性状

2.1. 実験概要

流下水面 (W:250[mm], H:750[mm]) は簡易風洞内 (W:1000[mm], D:2000[mm], H:1250[mm]) に設置し (図-1)、その流下水面の上部からアトマイザーで油霧を散布し、流下水面の中央部分に対して、水平方向にレーザーライトシートを照射し、その直角方向からデジタル一眼レフカメラにより画像を 10 枚連続撮影した。カメラのシャッタースピードは 1 秒に設定した。アトマイザーから噴霧された油霧の移動状況から流下水面近傍の空気流れを把握した。実験パラメータを表-1 に示す。流量と水温をそれぞれ変化させた際の流下水面近傍の空気流れを把握した。また、解析範囲を 10 × 13 分割及び 14 × 18 分割の 2 パターンとし、解析を行った (図-2)。

2.2. 実験結果

全パラメータに関して、流下水面の上流側から下流側へ

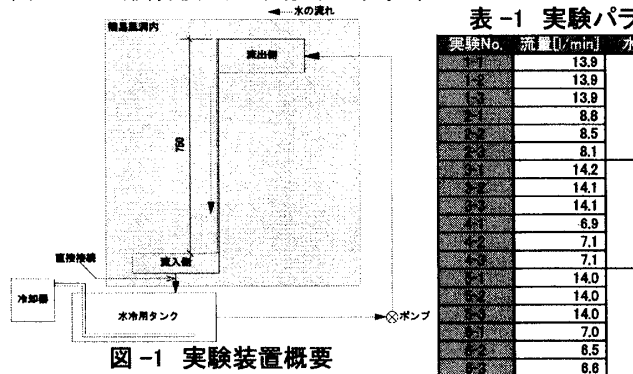


図-1 実験装置概要

表-1 実験パラメータ

実験No.	流量 [L/min]	水温設定 [°C]
13.9	13.9	設定なし
13.9	8.8	
8.8	8.5	
8.1	8.1	
14.2	14.1	
14.1	14.1	10.0
14.1	6.9	
7.1	7.1	
14.0	14.0	
14.0	14.0	
7.0	7.0	5.0
8.5	8.5	
6.8	6.8	
6.8	6.8	

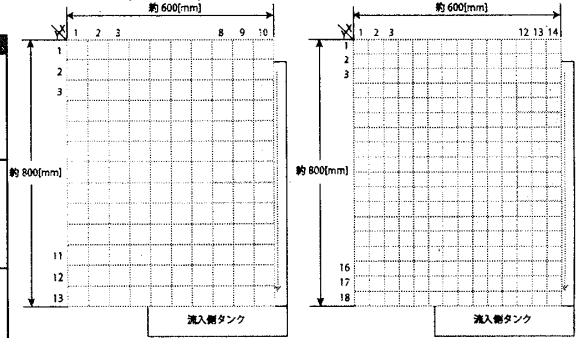


図-2 解析範囲

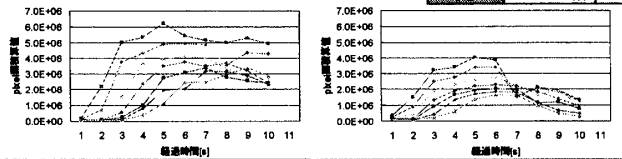


図-3 pixel の面積算値 (実験 No.1-3(左) と 5-3(右))

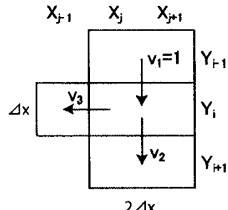


図-5 移動モデル

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho}{\partial x} u + \frac{\partial \rho}{\partial y} v = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

ρ : 密度 C : 反射光量  
u : 風速の x 成分  
v : 風速の y 成分

図-6 関係式

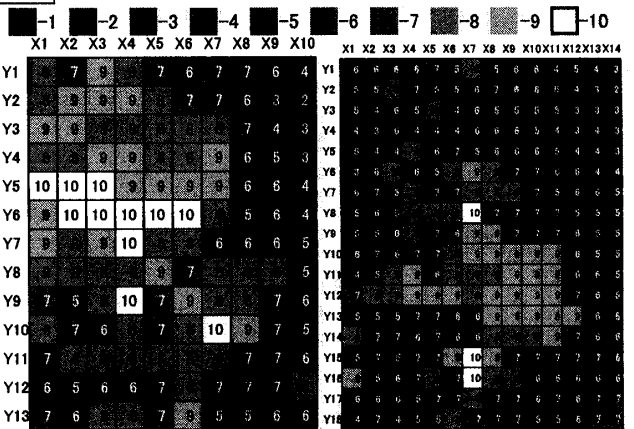


図-4 到達時間 (実験 No.1(左) と 5(右))

A Study on the Thermal and Air Environment for Indoor Open Spaces by Hybrid Ventilation and Cool Running Water  
Part 11 Suggestion of a Method for Grasping Properties of Air Velocity in a Wide Range

SAKAI Koichiro et al.

順に pixel の面積算値が上昇していた (図-3)。その積算値の上昇幅つまり傾きが最大となることを油霧の到達時間として、各エリアの油霧の到達時間を求めた。

流下水面近傍では流下水に沿って流れている油霧と拡散していく油霧があることが分かった (図-4)。どちらの分割数においても流量が多い場合、水温を設定し、風洞内温度と水温の温度差を大きくすることによって、油霧が速く下流側に到達し、また、その範囲も拡大していた。これは温度差があることにより空気と流下水の間で熱の授受が生じ、空気層の間でも温度差が生じたためであると考えられる。

### 3. 移動モデル検討

#### 3.1. モデル概要

実験結果を基に、空気の移動モデルを想定した (図-5)。解析範囲が  $10 \times 13$  分割及び  $14 \times 18$  分割の 2 パターンとしているため、それぞれの流下水面近傍の  $X_j Y_i$  ( $10 \times 13$  分割では、 $j=8 \sim 10$ ,  $i=3 \sim 9$  及び  $14 \times 18$  分割では、 $j=12 \sim 14$ ,  $i=4 \sim 12$ ) において解析を行った (図-2)。ただし、 $10 \times 13$  分割の場合、 $X_9$  列と  $X_{10}$  列、そして  $14 \times 18$  分割の場合、 $X_{13}$  列と  $X_{14}$  列を合わせて解析を行った。 $X_j Y_i$  に流下水面によって空気が  $X_{j-1} Y_i$  から入ってくることに、 $X_j Y_i$  にあった空気が  $X_{j+1} Y_i$  及び  $X_{j-1} Y_i$  へ移動したと想定している。風速を求める際に使用した関係式<sup>3)</sup>は、(1)連続の式及び(2)反射光量の保存式である (図-6)。このモデルで、 $X_{j-1} Y_i$  から風速  $v_1=1[m/s]$  で空気が  $X_j Y_i$  へ入ってくると仮定し、 $X_{j+1} Y_i$  と  $X_{j-1} Y_i$  への風速を最小二乗法において直線回帰式の傾きが 1、相関係数が 1、風量の収支が合うように最適な風速を求めた。 $X_j Y_i$  に流入する風速  $v_1$

に対して規準化しているため、単位は無次元である。得られた風速から各エリアへの規準化した風量を算出した。

#### 3.2. 解析結果

実験 No.1-3・2-1・3-3・4-2・5-3・6-1 の 6 パラメータを抽出して解析を行った結果、流下水面の流れに沿って下方向に移動する風量が多かった (図-7・8)。どちらかのエリアに大量に空気が流出すると、もう片方のエリアからは空気が流入してくることが分かった。下流に行くにつれて風量にばらつきが見られるが、これは解析範囲つまり  $40 \sim 70[mm]$  四方の中でも、気流の渦が形成されていることが要因と考えられる。合計を見ると、流入した風量と流出した風量の収支はほぼ一致していた。しかし、下流に行くにつれて風量の収支が合わない場合が見られたため、今後移動モデルを再検討する必要があると考えられる。

#### 4. 総括

本研究では実験を基に空気の移動モデルを想定し、冷却流水面によって形成される気流性状の把握を行った。

##### 【参考文献】

- 1) 酒井, 森, 西澤, 菊田, 絵内, 羽山; 冷却流水面とハイブリット換気による屋内公開空地の熱・空気環境に関する研究第 8 報, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 分冊 (2008), pp.771-772
- 2) 酒井, 森, 西澤, 菊田, 絵内, 羽山; 冷却流水面とハイブリット換気による屋内公開空地の熱・空気環境に関する研究第 9 報, 空気調和衛生工学会大会学術講演梗概集 (2008), pp.1867-1870
- 3) S・V・パタンカー原著, 水谷幸夫・香月正司共訳; コンピュータによる熱移動と流れの数値解析 (1988), pp.82-83

##### 【謝辞】

本研究は科学研究費補助金 (基盤 B (2) 科研番号、代表絵内正道) の補助を受けた。記して感謝する。

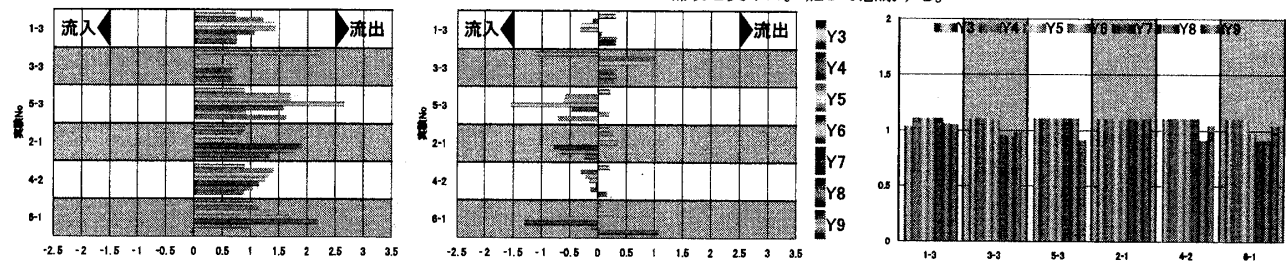


図-7 規準化風量 ( $10 \times 13$  分割, 下方向 (左), 左方向 (中), 合計 (右))

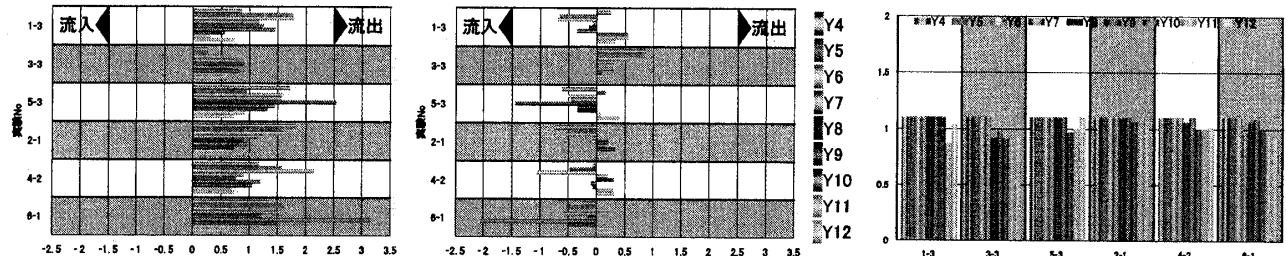


図-8 規準化風量 ( $14 \times 18$  分割, 下方向 (左), 左方向 (中), 合計 (右))

\*1 株式会社大林組

\*2 国立釧路工業高等専門学校 准教授・博士 (工学)

\*3 国土技術政策総合研究所 博士 (工学)

\*4 北海道大学大学院 助教・博士 (工学)

\*5 北海道大学 名誉教授・工博

\*6 北海道大学大学院 准教授・博士 (工学)

Obayashi Corporation.

Assoc.Prof., Kushiro National College of Tech., Dr.Eng.

National Institute for Land and Infrastructure Management, Dr.Eng.

Assis.Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng.

Professor Emeritus, Hokkaido Univ., Dr.Eng.

Assoc.Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng.