14 「クリーンルーム内に存在する下降流と火災上昇気流の流れ場の可視化」

東京理科大学火災研 須川修身
 東京理科大学大学院 岡 泰資○
 東京理科大学大学院 上野浩志
 飛島建設設計部 原 良夫

Visualization of a counter-flow field in a clean room

Osami SUGAWA^{*}, Yasushi OKA^{**}, Hiroshi UENO^{**} and Yoshio HARA^{***}

Experimental study was conducted in the flow field of a clean room subject to a clean room fire. The counter-flow which was caused by downward flow and upward current from a model fire source was visualized using two kinds of smoke. A point source or a line fire source was adopted as a model fire source, respectively.

While the buoyancy force depends on the heat release rate, hot current which included smoke from the model fire source rose against down flow and reached at least 2m height in this experiment. This updraft current upon contacting the down flow was observed to form an umbrella shape. Most of the air, floor and walls in the clean room were contaminated with combustion particles within a few seconds.

1. はじめに

クリーンルームは温湿度を高度に調整し人工的に作り出された空間であるとともに、工業・生物・医療等各分野において重要な施設である。そこで、クリーンルーム内の気流性状の把握および清浄度確保のため可視化による報告が数多くなされている¹⁾。火災分野においても火災室からの熱気流や煙の噴出状況²⁾、廊下内の煙流動性状の把握^{3,4)}さらに火災の形状測定⁵⁾など可視化が用いられている。

初期火災火源から発生する熱や煙を伴った上昇気流は非常に弱い流れであるため既存の流れに極めて影響を受け易い。このため熱気流が上昇途中で停滞したり、希釈されたり、流れの方向を大きく変化させられたりする。クリーンルーム内で火災が発生すると火災熱気流が持つ乱れと区画内に存在する流れとの相互作用により生ずる乱れによって区画内の流れはより複雑となるため⁶⁾早期に感知できない可能性があるだけでなく、清浄度にも多大な影響を及ぼす。

^{*}Center for Fire Science and Technology, Science University of Tokyo

^{**}Science University of Tokyo, 2641 Yamasaki, Noda-shi, Chiba 278

^{***}TOBISHIMA CORPORATION Ltd., 2 Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102

そこで、層流クリーンルーム内で発生する模擬火災を想定し、火源上に形成される熱気流と天井面からの下降流とによって作り出される流れ場の可視化を行ったので報告する。

2. 実験方法および可視化方法

2.1 燃焼区画

実験に使用した実大層流クリーンルームの概要を図1に示す。

Fig.1 Clean room

天井上部および床下にはそれぞれ空調流の吹き出し、吸い込み用のチャンバーが設置されている。吹き出し、吸い込み用チャンバーの大きさは両者とも 3.8m(W)×3.8m(L)×2.0m(H)である。吹き出し用チャンバーとクリーンルームは、厚さ160mmのULPA Filterによって仕切られており、床面は開口率40%のフリーアクセスフロアーとなっている。天井面からの下降気流の吹き出し速度は0.25, 0.45m/secの2段階とした。

2.2 モデル火災火源

模擬火災火源には円火源(φ100mm)と線状火源(1cm×2m)を使用した。発熱速度はそれぞれ約1.6kW, 13kWであった。

2.3 可視化方法

可視化は煙発生装置⁷⁾からの煙および漏洩試験用発煙片を用いた。煙の吹き出しノズルはフリーアクセスフロアー上2100mmに設置した。可視化方法を図2に、使用した器具を表1に示す。

Fig.2 Schematic view of flow visualization

Table.1 Camera condition

Film	ISO 1600
	Nega color film
Camera	Minolta α-7000
Shutter Speed	auto
Iris	auto
Lens	35-105mm f3.5-4.5

3. 結果

3.1 線状火源の場合

線状火源上に形成されるブリュームの着火直後の様子を写真1に示す。下降気流速度は25cm/secである。熱気流は周りの空気を巻き込みながら上昇し、熱気流は着火15秒後すでにフリーアクセスフロアー上2m以上に到達している事が煙の動きから確認される。

Photo.1 Smoke visualization of a fire plume
using a line model fire source after,
a:1 sec, b:5 sec, c:10 sec, d:15 sec

3.2円形火源の場合

円形火源上に形成したブリュームの様子を写真2に示す。下降気流速度は45cm/secである。また、漏洩試験用発煙片によるブリュームの可視化例を写真3に示す。下降気流速度は40cm/secである。

4. まとめ

火災熱気流を可視化する場合、上手に上昇熱気流に煙を乗せてやらないとまったく異なった現象を可視化してしまう恐れがあるので十分に注意を払う必要がある。

火源から発生した熱気流は下降流に対抗しつつ火源軸に沿って左右に揺れながら上昇する。熱気流の到達高さは火源の発熱量に依存するが、火源上少なくとも2mまで

Photo.2 Visualization of fire plume
with down flow of 45cm/sec

上昇した。火災熱気流は火源上に傘を広げたような形状を見せ、既に区画内に存在した下降流によって床下に運ばれるが火災気流がもたらす乱れのために拡散・混合現象が顕著になる結果、区画内のかなりの空間および床や壁を数秒のうちに汚染する。

5. 参考文献

- 1)例えば、村上周三、加藤信介、池鯉鮒悟
「層流型クリーンルーム内気流のレーザー
ライトシートによる可視化」
流れの可視化、Vol.5, No.18,
p229~234, 1985
- 2)Quintiere, J.G., McCaffrey, B.J.,
and Rinkinen, W.
"Visualization of Room Fire Induced
Smoke Movement and Flow in a
Corridor", Fire and Materials,
Vol 2, No.1, p18~25, 1978
- 3)Handa T., and Sugawa O.
"Characterization of Flow Behavior
of Hot Fire Products in a Concrete

Photo.3 Visualozation of fire plume
with down flow of 40cm/sec

Full Scale Corridor",

Fire Science and Technology, Vol.1,
No.1, p45~70, 1981.

4)江守一郎、齊藤孝三

「ビル火災時に火災廊下で生じる気流伝
播の模型実験と相似則」

日本火災学会論文集、Vol.29, No.2,
p41~49, 1979

5)川越邦雄、内山久雄、長谷見雄二、

水野智之、「火災の幾何学的形状測定」
災害の研究、Vol.12, p91~97, 1981,
日本損害保険協会

6)Sugawa O., Oka Y., and Hotta H.

"Fire Induced Flow in a Clean Room
with Downward Vertical Laminar Flow"
9th Joint Panel Meeting of the UJNR
Panel on Fire Research and Safety,
NBSIR 88-3753, p357~366, 1988

7)瀬田恵之、菅原仁他

「たばこの煙を用いたクリーンルーム内の
気流の可視化実験例」、流れの可視化、
Suppl. Vol.7, p93~96, 1987