

地下街における熱気流の拡散実験

正会員 ○ 朴 哲也*1
同 辻本 誠*2
同 横田 和伸*3

1. 目的 地下街での防火対策における重要な要点の一つは、出火に伴って発生する煙の拡散速度とその範囲を的確に把握しておくことであり、これが火災時の人命危険度算出に際して基礎となる条件を与える。しかしながら、この煙流動を予測する理論・実験結果というものは存在していないのが現状である。このうち実験による予測に関しては、一般人が通行する空間において発煙筒等による可視化の手法が採り得ないこと、逆に一般使用の下でなければ空調や気候等の周辺条件を評価できないことがその困難さの理由とされてきた。そこで上記の困難さを克服すると共に、複雑な形状をもつ地下街の一般使用の下での熱気流拡散状況を把握する目的で本実験を提案し、実行した。

2. 実験方法・測定内容 熱気流発生装置(25m³/分の時、温度差30℃)により発生させた熱気流にSF6トレーサガス(25cc/分)を混入し、火災発生想定地点(図1、X地点)より流出させる。そして拡散の予想される地下街内複数の地点(図1、A~J地点)の天井面において1分間隔20秒間のサンプリングを1実験当たり21回行なった。

また本実験において得られる熱気流の拡散速度から実火災時の煙の拡散速度を予測するに際して、空調・地下街内外の温度差・外気風等による影響を考慮するため、所定の熱量を付加した実験(実験1)と付加熱量ゼロの実験(実験2)とを行なった。尚、実験日時・実験実施場所・測定位置は図1、当日の気象条件は図3に示した。

3. 測定結果と考察

(1) 加熱の有無による SF6濃度の差 図5、図6は、地下街各部の高低を示した断面図(図2)及び SF6濃度の時間変化(図4)を用いて、実験1、実験2各々で実験開始後3分間での SF6の拡散状況を示したものである。これらの図から以下のことが推察される。

加熱気流(実験1)の初期拡散が等温気流(実験2)に比べて遅れているが、これは熱気流が梁下等で蓄積し拡散が遅れるのに対して、等温気流の場合には地下街内に常に存在する空気流動によって拡散するためと考えられる。こうした熱気流の滞留は図5-2で梁を超えた位置にあるC点・E点への拡散がないことから読み取れる。一方、一定時間が経過すると加熱気流の場合、断面図から分かるように天井高の高い地点(C点、G点)への拡散が顕著になると同時に、天井高が流出点より低い地点(A点、E点)へはほとんど拡散しない。これに対して等温気流の場合には、A点、E点においてある程度の濃度上昇がみられると同時に最遠点G点への到達時間がかなり遅れている。このG点への伝播の遅れは、F-G間の通路が天井高・通路幅において他の通路の2倍近く大きいことも影響していると考えられる。

ところで、空調や外気風の影響を知るために行なった実

1986年1月21日
実験1 10:00 ~ 10:20
実験2 19:20 ~ 19:40

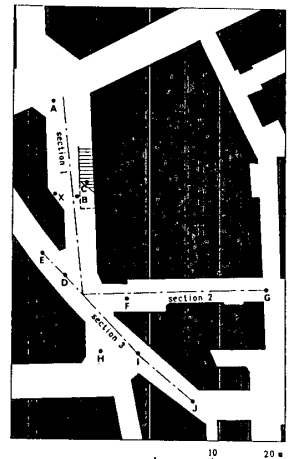
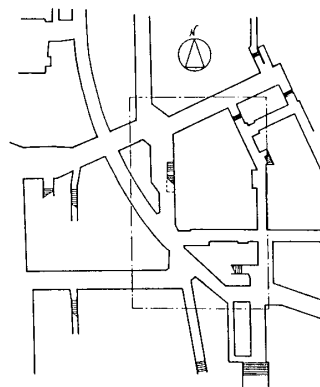


図1. ナゴヤ地下街平面図(一部)

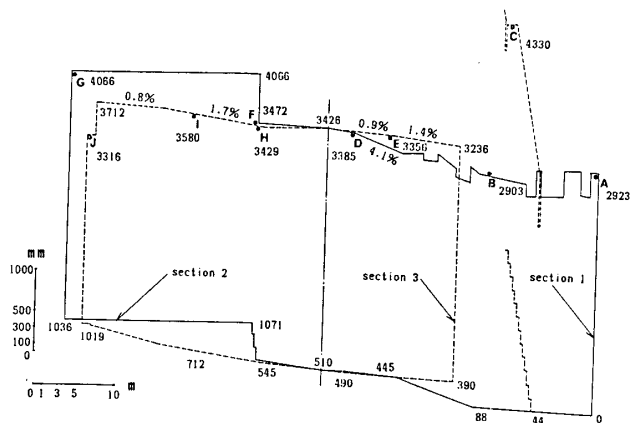


図2. 実験実施場所断面図(section 1~3)

【文献】 1) HP Morgan, Smoke control methods in enclosed shopping complexes of one or more storeys: a design summary. BRE report 1979

An experiment on the smoke diffusion
in the underground shopping complexes

験2であるが、実験日時の制約もあり、実験1と同一の気象条件で行なうことができず、C点、J点では実験開始前の流れの向きが逆であったと報告された。このため、以下での分析では実験1による結果だけを用いている。

(2) 相似則に基づく実火災時の煙流動予測 ある傾斜角以上の傾斜天井面及び登り方向に段差のある天井面に沿う流れは、開水路における水の流れの上下を逆転したようなものとして修正フルード数 (Fr^* : Modified Froude Number) で無次元化し表現できる流れになると考えられる。

$$Fr^* = V^2 / H g (\Delta T / T_0) \dots (1)$$

V: 熱気流の速度 H: 熱気流の厚さ

ΔT : 熱気流と周囲の温度差 T_0 : 周囲空気温度

$$Q = \rho c H V L \Delta T \dots (2)$$

Q: 熱気流のもつ熱量と火源での発熱量

ρ : 比重 c : 比熱 L: 熱気流の幅

本実験を行なった地下街では傾斜角登り 4.1% の天井面があり、また梁も多いことからこれらが拘束条件となっており、 Fr^* は流れの各点で発熱量の条件にかかわらずほぼ等しい値をとると考えられるため、(1), (2) 式から、

$$Fr^* = \rho c T_0 L V^3 / g Q$$

の関係が得られる。即ち $\rho c T_0 L / g Q$ を定数とみなせば熱気流の拡散速度は熱気流のもつ熱量の 1/3 乗に比例することになる。

ここで火災時の発熱量に関して代表値なるものは存在しないが、イギリスのショッピングモールに対する行政指導で発熱量の上限を 5MW (アルコールパン 1㎡×約 17枚分) とするよう開口部、可燃物量の制限をしており、これをもって地下街火災の発熱量の上限とし実火災の煙の拡散速度を推定した。その結果上記の火源からの拡散速度は実験1の場合の約 7倍となり、最も拡散距離の大きい G 点に対しては約 3m/s で拡散していくこととなる。

以下本実験の範囲内における結論をあげる。

- (1) 温度差のない気流の拡散速度は、ほぼその空間の容積に比例し強い方向性をもたない。
- (2) 温度差をもつ気流の拡散はその浮力の働く方向に強い方向性を持ち、この傾向は 5℃ 程度の温度差があれば生ずる。
- (3) 熱気流の拡散速度は火源の発熱量の 1/3 乗に比例し、最大級の火源に対しては水平速度にして約 3m/s となる。

4. 謝辞と今後の展望 本実験は、地下街等総合防災対策策定調査委員会 (名古屋市、1985年度) の作業の一部として行なわれ、ナゴヤ地下街および名古屋三井ビル北館の協力によって実現した。深く謝意を表わすと共に更に精度の高い実験の実現を望むものである。

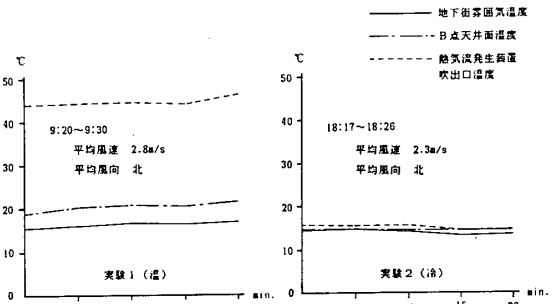


図3. 実験時の気象条件

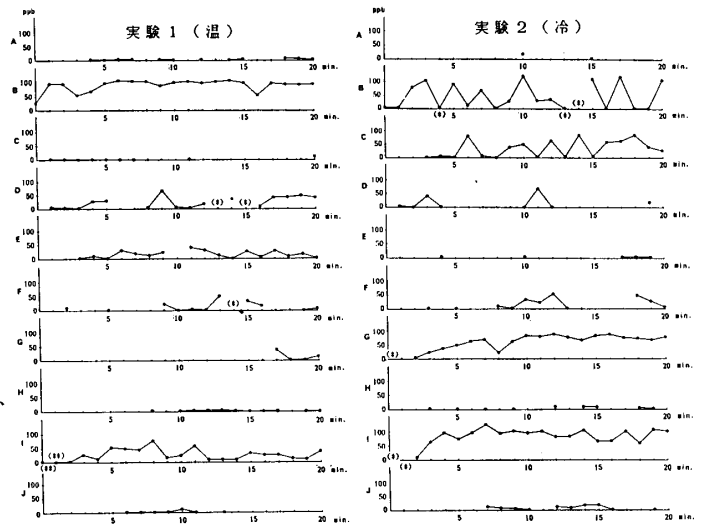


図4. 各測定点における SF6 湿度の時間変化

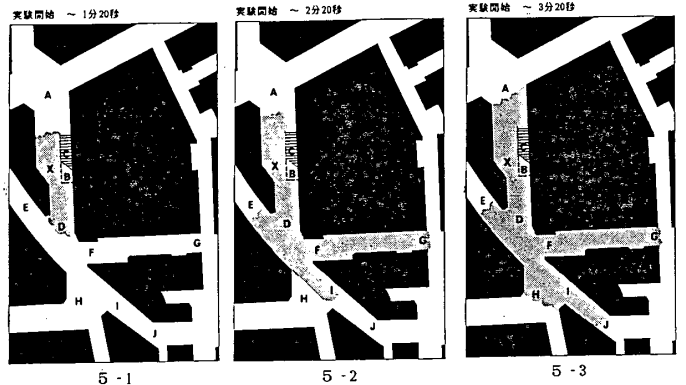


図5. SF6 の拡散状況 (実験1)

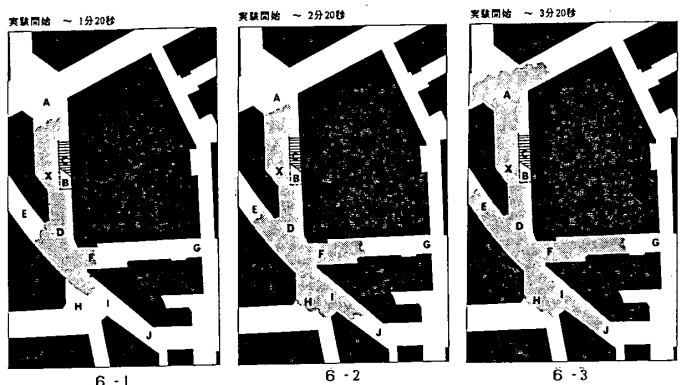


図6. SF6 の拡散状況 (実験2)

*1 名古屋大学・大学院生
*3 名古屋大学・大学院生

*2 名古屋大学助教授・工博