

漏洩ガスの排除効果について

松 川 渉*
 櫻 井 和 敏**
 齊 藤 安 正**
 三 国 正 一**
 川 内 康 治**

1. はじめに

近年、建物の気密性は、耐火建物の増加、アルミサッシ窓の普及等によって、一般に高くなる傾向が見られるが、このことは、建物内でガス漏れ事故等が発生した場合、ガス爆発又はガス中毒事故の危険性を増大する素因となっているものと考えられる。

特に、昨年(昭和55年)は、国鉄静岡駅前で大規模なガス爆発火災が発生し、多数の死傷者を出したのをはじめ、当庁管内においても78件のガス爆発火災が発生し、この中には、共同住宅で発生したものが34件も含まれている。

従って、これらのガス爆発火災に対する各種の対策を樹立するために、昭和55年12月に「ガス爆発火災に関する調査研究会」が当庁内に発足し、各種の調査及び実験が実施されたので、その中から、漏洩ガスの排除方法に関する実験について報告する。

2. 実験目的

気密性の高い部屋内に漏洩したガスに対する、各種排除方法の排除効果について究明する。

3. 実験内容

今回の実験は、2つの耐火造共同住宅を使用し、消防隊が、ガス漏れ現場において漏洩ガスを排除する場合を想定し、ガスの漏出を止めた後の排除方法に関して行った。

(1) 実験に使用した建物

実験には表1に示す建物の1階の住戸を使用し、当該住戸の平面図を図1及び図2に示す。

(2) 実験方法

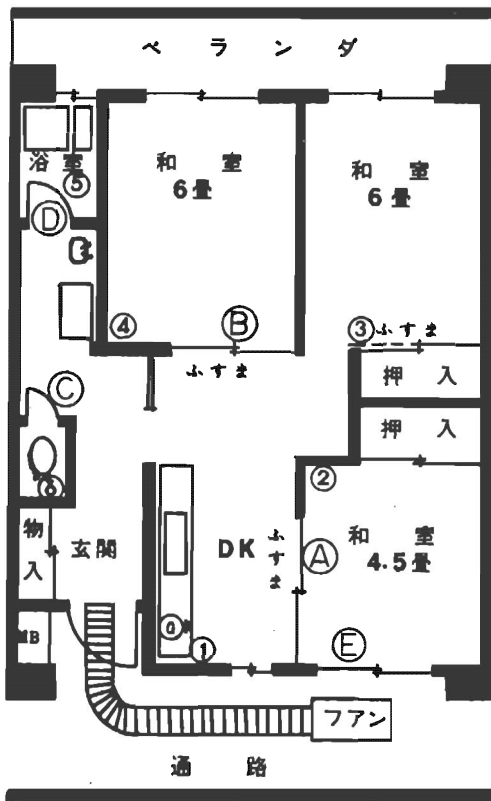
表1に示す耐火造共同住宅1階の1住戸内の厨房において、LPG(プロパンガス)の代替ガスとして炭酸ガス(CO₂) (以下「ガス」という。)を放出し、ガス放出停止後、当該住戸の出入口から内部に送風した場合の、当該住戸内各ガス濃度測定点(図1及び図2中の①から⑥までの位置、床上5cm)(以下「測定点」という。)におけるガス濃度を、当該住戸の設定条件(間仕切又は開口部の開閉)及び送風条件(送風量等)を変化させて測定した。

なお、今回の実験においては、住戸内に放出するガスの放出速度を、放出時間を短縮するため、通常のカランからの放出速度(約2m³/hr)より相当大きくし、測定点でLPGの燃発限界に入るまで放出した。

また、送風に際しては、表2に示す消防隊の送風ファンを使用した。

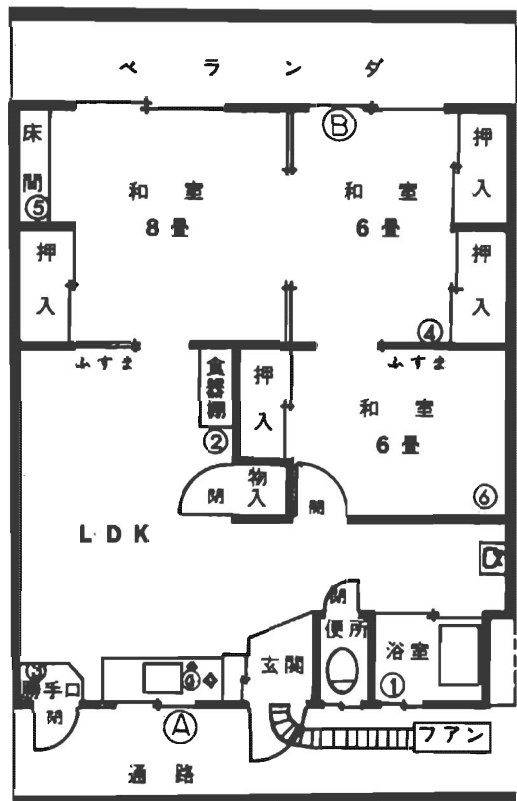
表1 実験年月日及び実験に使用した建物

| 実験年月日 | 所 在 | 名 称 | 構 造 | 建 築 年 |
|----------|---------------|--------------------------|---------|-------|
| 昭56・3・17 | 昭島市つつじが丘三丁目2番 | 日本住宅公団 昭島 つつじが丘ハイツ9号棟 | PC 14/0 | 昭56 |
| 昭56・3・26 | 文京区白山四丁目27番5号 | 東京消防庁 白山公舎 | RC 3/0 | 昭46 |



①→：ガス(CO₂)放出位置
 ①～⑥：ガス濃度測定点

図1 日本住宅公団昭島つつじが丘ハイツ9号棟
 1階平面図(専有面積55.35㎡,天井高2.4m)



①↑：ガス(CO₂)放出位置
 ①～⑥：ガス濃度測定点

図2 東京消防庁白山公舎1階平面図
 (専有面積68.4㎡,天井高2.4m)

表2 実験に使用した送風ファン

| 実験建物 | 送風ファン | | | 送風量 |
|-----------------------------|-------|----------|--------------|----------------------------|
| 日本住宅公団 昭島つつじが丘 ハイツ9号棟 | 可搬式 | 单相 100V用 | ダクト径 22 (cm) | 20.5 (m ³ /min) |
| | " | 3相 200V用 | " 70 | 150 |
| | 排煙車 | | " 90 | 267 |
| 東京消防庁 白山公舎 | 可搬式 | 单相 100V用 | ダクト径 30 | 24~34 |
| | " | 3相 200V用 | " 70 | 185 |
| | 排煙車 | | " 90 | 248~362 |

(注) 送風量は、実測による

(3) ガスの排除効果の評価方法

今回の実験においては、送風開始時における住戸内各測定点のガス濃度及び送風時間を、実験ごとに変化させるため、ガスの排除効果の評価方法として、次式に示す「ガス濃度減少速度」を各実験、各測定点ごとに比較し、この数値が大きい程ガスの排除効果は高いと評価した。

ガス濃度減少速度＝

$$\frac{(\text{送風開始時ガス濃度}) - (\text{送風終了時ガス濃度})}{\text{送風時間}}$$

なお、上式において、ガス濃度が送風終了時までには0となる場合には、ガス濃度が0となった時点までの経過時間を、送風時間に替えて用いることにより、ガス濃度減少速度を計算することとした。

4. 実験結果

前記の実験方法により、実験を行った結果を表3及び表4に示す。

(1) 各測定点におけるガス濃度変化

各測定点における、ガス放出開始時から送風終了時までの濃度変化の代表例を図3、図4及び図5に示す。

これらの図から分かるように、今回の実験においては、ガス放出位置と送風位置の間の距離

が短いため、ガス放出位置に近い測定点の濃度は、ガス放出開始時から送風開始時までの間、他の測定点に比較して相当高くなり、送風開始と同時に急激に低下した。

また、送風開始時の各測定点のガス濃度が、各実験を通して、最高でも約9%程度であったため約10分間程度の送風によって、送風終了時の各測定点のガス濃度は、一部の例外を除き、LPGの爆発下限界濃度である2.2%以下となった。

表3 昭島つつじが丘ハイツにおける漏洩ガスの排除実験結果

| 番号 | 住戸内の 設定条件 | 送風条件 | | CO ₂ 濃度 | | ガス濃度 減少速度 |
|----|---|------------------|---------------------------|---|---|---|
| | | 送風ファン | 送風量・時間 | 送風開始時 | 送風終了時 | |
| 1 | 開口部をテープにより目張り ふすま(A)(B)閉 便所扉(C)鎖 浴室扉(D)鎖 | 可搬式 单相 100V | 20.5(m ³ /min) | ① 6.25 (%) ② 4.95 ③ 5.15 ④ 1.0 ⑤ 1.8 ⑥ 2.3 | ① 0.85 (%) ② 1.7 ③ 2.4 ④ 1.0 ⑤ 0.45 ⑥ 1.95 | ① 0.60(%/min) ② 0.36 ③ 0.31 ④ 0.00 ⑤ 0.15 ⑥ 0.04 |
| | | ダクト径 0.22(mφ) | 9.0(min) | | | |
| 2 | " ふすま(A)(B)開 便所扉(C)放 浴室扉(D)放 | " | 20.5(m ³ /min) | ① 6.8 ② 5.2 ③ 3.65 ④ 3.45 ⑤ 2.55 ⑥ 2.75 | ① 1.1 ② 1.15 ③ 2.0 ④ 0.75 ⑤ 0 (8分後) ⑥ 0 (3分後) | ① 0.57 ② 0.41 ③ 0.17 ④ 0.27 ⑤ 0.32 ⑥ 0.92 |
| | | " | 10.0(min) | | | |
| 3 | " ふすま(A)(B)閉 便所扉(C)鎖 浴室扉(D)鎖 | 可搬式 3相 200V | 150(m ³ /min) | ① 8.25 ② 7.6 ③ 6.7 ④ 0.75 ⑤ 3.95 ⑥ 4.9 | ① 0 (9分後) ② 2.95 ③ 2.65 ④ 0.75 ⑤ 1.25 ⑥ 0.3 | ① 0.92 ② 0.47 ③ 0.41 ④ 0 ⑤ 0.27 ⑥ 0.46 |
| | | ダクト径 0.70(mφ) | 10.0(min) | | | |
| 4 | " ふすま(A)(B)開 便所扉(C)放 浴室扉(D)放 | " | 150(m ³ /min) | ① 6.7 ② 4.95 ③ 3.45 ④ 3.65 ⑤ 2.9 ⑥ 3.95 | ① 0.55 ② 0.45 ③ 2.0 ④ 1.55 ⑤ 0 (6分後) ⑥ 0 (3分後) | ① 0.68 ② 0.50 ③ 0.16 ④ 0.23 ⑤ 0.48 ⑥ 1.32 |
| | | " | 9.0(min) | | | |
| 5 | 開口部の目張りを除去 ふすま(A)(B)開 便所扉(C)放 浴室扉(D)放 | 排煙車 | 267(m ³ /min) | ① 6.7 ② 4.25 ③ 3.15 ④ 3.45 ⑤ 3.55 ⑥ 3.95 | ① 0 (4分後) ② 0 ③ 0.3 ④ 0 ⑤ 0.4 ⑥ 0 (3分後) | ① 1.68 ② 0.61 ③ 0.41 ④ 0.49 ⑤ 0.45 ⑥ 1.3 |
| | | ダクト径 0.90(mφ) | 7.0(min) | | | |
| 6 | " " 窓(E)開放 (60cm×80cm) | " | 267(m ³ /min) | ① 5.95 ② 3.9 ③ 2.95 ④ 2.8 ⑤ 2.6 ⑥ 3.0 | ① 0 (1分後) ② 0 ③ 1.15 ④ 0.15 ⑤ 0.1 ⑥ 0 (2分後) | ① 5.95 ② 0.98 ③ 0.45 ④ 0.66 ⑤ 0.63 ⑥ 1.5 |
| | | " | 4.0(min) | | | |

表4 東京消防庁白山公舎における漏洩ガスの排除実験結果

| 番号 | 住戸内の 設定条件 | 送風条件 | | CO ₂ 濃度 | | ガス濃度 減少速度 |
|----|---------------------------------------|--|--|--|--|---|
| | | 送風ファン | 送風量・時間 | 送風開始時 | 送風終了時 | |
| 1 | 開口部閉鎖、ただし目張りなし | 可搬式 AC 100V ダクト径 0.3(mφ) | 23.7(m ³ /min) 6.0(min) | ① 4.3 (%) ② 8.2 ③ 4.1 ④ 3.7 ⑤ 4.0 ⑥ 3.85 | ① 1.6 (%) ② 1.5 ③ 0.5 ④ 0.8 ⑤ 0 (5分後) ⑥ 0.4 | ① 0.45(%/min) ② 1.12 ③ 0.60 ④ 0.48 ⑤ 0.80 ⑥ 0.58 |
| 2 | " ガス放出停止後 窓A 開放 (63cm×60cm) | " | 33.9(m ³ /min) 10.0(min) | ① 2.7 ② 7.45 ③ 8.8 ④ 4.4 ⑤ 2.8 ⑥ 5.5 | ① 0.7 ② 0.3 ③ 0.65 ④ 1.0 ⑤ 0 (8分後) ⑥ 1.0 | ① 0.20 ② 0.71 ③ 0.82 ④ 0.34 ⑤ 0.35 ⑥ 0.45 |
| 3 | " ガス放出停止後 窓B 開放 (170cm×80cm) | " | 33.9(m ³ /min) 11.0(min) | ① 2.7 ② 6.05 ③ 8.3 ④ 4.85 ⑤ 2.8 ⑥ 5.05 | ① 0.1 ② 0 (8分後) ③ 0.1 ④ 0 (9分後) ⑤ 0 (6分後) ⑥ 0 (6分後) | ① 0.24 ② 0.76 ③ 0.75 ④ 0.54 ⑤ 0.47 ⑥ 0.84 |
| 4 | 開口部閉鎖、ただし目張りなし | 可搬式 AC 200V ダクト径 0.70(mφ) | 185 (m ³ /min) 7.0(min) | ① 2.75 ② 7.25 ③ 8.65 ④ 3.35 ⑤ 2.75 ⑥ 4.75 | ① 0.1 ② 0.5 ③ 0.65 ④ 0.3 ⑤ 0.1 ⑥ 0.1 | ① 0.38 ② 0.96 ③ 1.14 ④ 0.44 ⑤ 0.38 ⑥ 0.66 |
| 5 | " ガス放出停止後 窓B 開放 | " | 185 (m ³ /min) 3.0(min) | ① 3.1 ② 7.15 ③ 8.8 ④ 3.65 ⑤ 3.65 ⑥ 4.9 | ① 0.3 ② 0.4 ③ 0 (2分後) ④ 0.1 ⑤ 0.1 ⑥ 0 | ① 0.93 ② 1.69 ③ 4.40 ④ 1.18 ⑤ 1.18 ⑥ 1.63 |
| 6 | " ガス放出停止後 窓B 開放 | 排煙車 ダクト径 0.90(mφ) | 362 (m ³ /min) 1.5(min) | ① 2.45 ② 6.2 ③ 8.6 ④ 3.7 ⑤ 2.1 ⑥ 4.35 | ① 0 ② 0.1 ③ 0 ④ 0 ⑤ 0 ⑥ 0 | ① 1.63 ② 4.06 ③ 5.73 ④ 2.47 ⑤ 1.40 ⑥ 2.90 |
| 7 | 開口部閉鎖、ただし目張りなし ガス放出停止後 窓A 開放 | 排煙車 ダクト径 0.9(mφ) | 362 (m ³ /min) 3.0(min) | ① 3.15 ② 7.1 ③ 9.1 ④ 4.1 ⑤ 2.5 ⑥ 4.55 | ① 0 ② 0 ③ 0 ④ 0.1 ⑤ 0(1.5分後) ⑥ 0.3 | ① 1.05 ② 2.37 ③ 3.03 ④ 1.33 ⑤ 1.67 ⑥ 1.42 |
| 8 | " ガス放出停止後 窓A 開放 | " | 248 (m ³ /min) 5.0(min) | ① 3.0 ② 7.7 ③ 10.0 ④ 4.35 ⑤ 2.85 ⑥ 5.35 | ① 0 (3分後) ② 0.1 ③ 0.1 ④ 0.6 ⑤ 0.1 ⑥ 0.1 | ① 1.00 ② 1.52 ③ 1.98 ④ 0.75 ⑤ 0.55 ⑥ 1.05 |

(2) 送風量とガス排除効果

住戸の設定条件を変化させず、送風量のみ変化させた場合の、送風量とガス濃度減少速度の関係を、昭島つつじが丘ハイツにおける実験について図6、白山公舎における実験について図7にそれぞれ示す。

図6及び図7から、送風量が増加すると、ガス濃度減少速度は、一部に例外的な測定点があるものの、全体的に大きくなることがわかり、従って、ガス排除効果が高くなることが確認された。

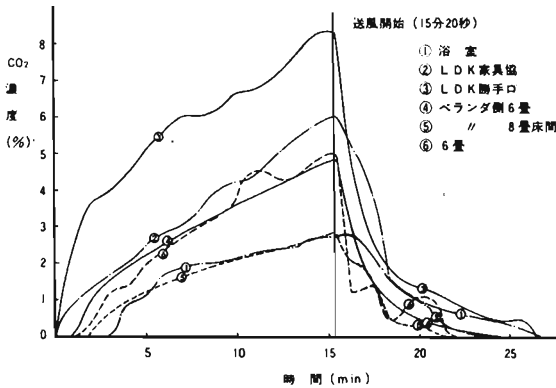


図3 白山公舎におけるガス濃度変化
(実験3 単相100V用送風ファンで送風の場合)

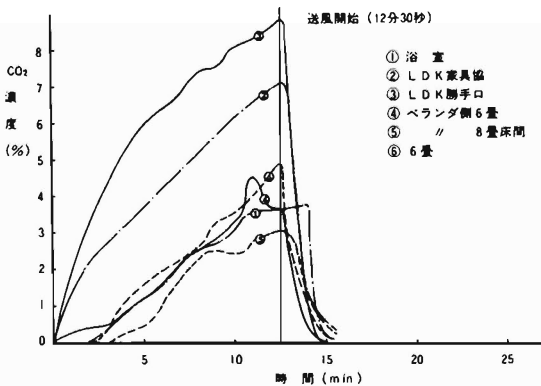


図4 白山公舎におけるガス濃度変化
(実験5 3相200V用送風ファンで送風の場合)

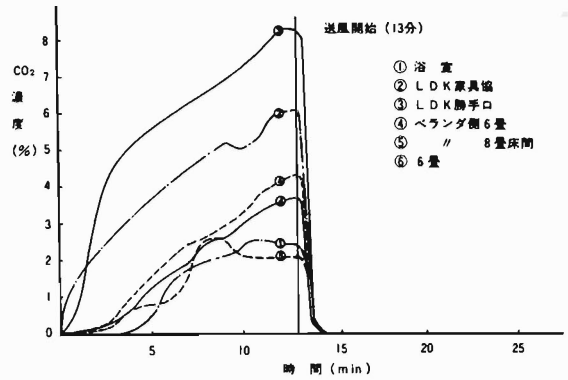


図5 白山公舎におけるガス濃度の変化
(実験6 排煙車で送風の場合)

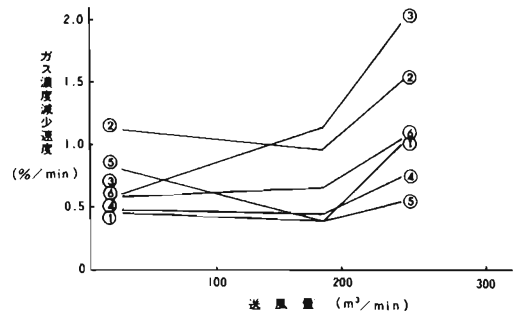


図6 送風量とガス濃度減少速度
(白山公舎 実験1, 4, 8)

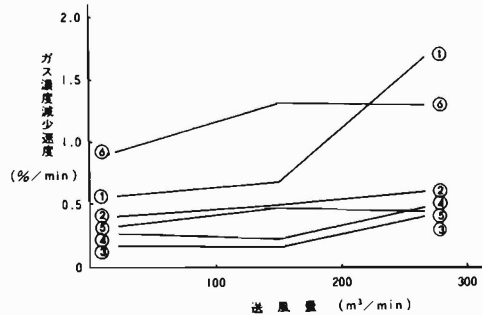


図7 送風量とガス濃度減少速度
(昭島つつじが丘ハイツ 実験2, 4, 5)

(3) 間仕切の開閉とガス排除効果

昭島つつじが丘ハイツでの実験において、住戸内の各間仕切(図1中のふすまA、B、便所扉C及び浴室扉D)を、開放又は閉鎖して送風した場合の、各測定点におけるガス濃度減少速

度の変化について図8に示す。

図8において、各間仕切を開放して送風した場合には、送風位置との間に当該間仕切が存在する測定点(図1中の②、④、⑤及び⑥)のガス濃度減少速度は、当該間仕切を閉鎖した場合

に比較して増加したのに対し、他の測定点（図1中の①及び③）のガス濃度減少速度は、逆に減少した。

この現象は、当該間仕切の開閉に伴って、送風を直接受ける空間の容積等が変化するためと思われる、従って、住戸内間仕切の状態は、ガス排除効果に大きく影響するものと言える。

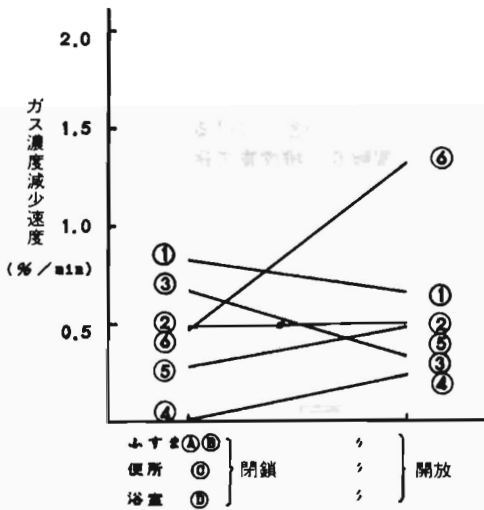


図8 住戸内間仕切の開閉状態とガス濃度減少速度 (昭島つつじが丘ハイイツ 実験3, 4)

(4) 開口部の開閉とガス排除効果

ア 昭島つつじが丘ハイイツにおける実験

昭島つつじが丘ハイイツでの実験において、通路側の窓（図1中の窓E、高さ60cm×幅80cm）を、開放又は閉鎖した場合の、各測定点におけるガス濃度減少速度の変化について、図9に示す。

図9からわかるように、通路側窓Eを開放すると、閉鎖した場合に比較して、全ての測定点におけるガス濃度減少速度が増加し、特に、窓Eに距離的に近い測定点①及び②の増加率が大きくなった。

イ 白山公舎における実験

白山公舎での実験において、全ての開口部を閉鎖した場合、通路側の窓（図2中の窓A、高さ63cm×幅60cm）を開放した場合及びベランダ側の窓（図2中の窓B、高さ170cm×幅80cm）を開放した場合の、各測定点におけるガス濃度減少速度の変化について、図10に示す。

図10からわかるように、各測定点のガス濃度減少速度は、一部の例外を除き、ベランダ側の窓を開放した場合に最も大きく、開口部を全て閉鎖した場合に最も小さくなった。

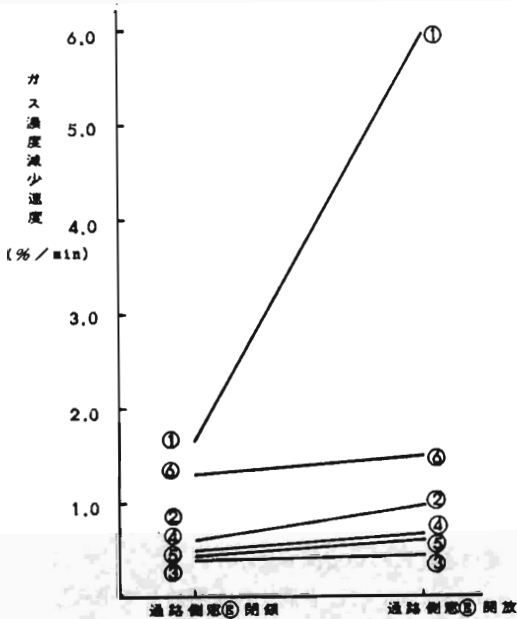


図9 通路側窓Eの開閉状態とガス濃度減少速度 (昭島つつじが丘ハイイツ 実験5, 6)

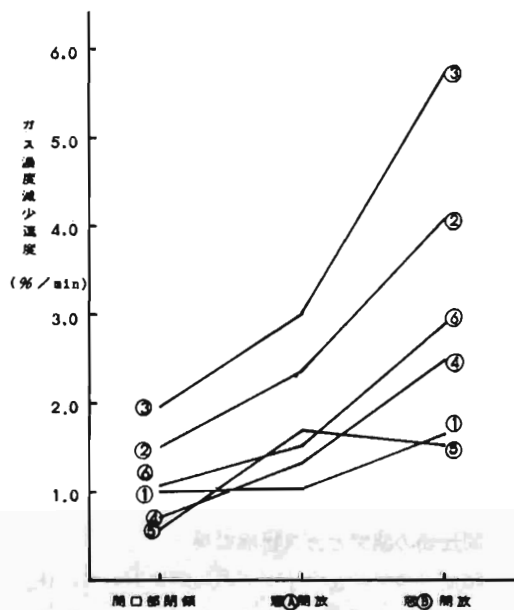


図10 開口部の開閉状態とガス濃度減少速度 (白山公舎 実験6, 7, 8)

以上の2つの実験から、開口部を開放することは、当該住戸全体のガス排除効果を高めることが確認された。

5. ま と め

今回の実験は、既存の建物を使用して、送風時の各種条件下のもとで、建物内部に漏洩したガスを排除する場合の、排除効果に関する目安を得ることを目的として行った。

実験結果のみから、断定はできないが、概ね次のことが考えられる。

- (1) 漏洩ガスの排除効果は、住戸内間仕切の開閉状態に影響を受けるが、送風量の増加に対応して、全体的に高くなる傾向があり、また、開口部の開放によっても高くなる。
- (2) 今回の実験においては、住戸内にガス放出後約10分間程度の送風によって、各測定点の濃度が、LPGの燃発下限界濃度である2.2%以下になる場合が多かった。

しかし、送風開始時における各測定点の濃度が高い場合に、送風終了後も2.2%以上ある箇所があった。

従って、現実の問題として、ガス爆発防止のために必要な送風時間を推定するためには、送風開始時の住戸内ガス濃度分布を知る必要がある。今後は、今回のような実験をガスの種類、ガス放出位置及び住戸内間仕切等の各種条件を変えてデータを蓄積するとともに、通常のカランから放出される可燃性ガスの量と同量のガスを放出させた場合の、ガス濃度分布についても実験研究を行う必要があるものと思われる。

今回の実験は、準備期間等の多くの制約にもかかわらず、高圧ガス保安協会附属研究所をはじめ、警防部、予防部及び麻布、杉並、池袋、日本堤、立川の各消防署の多大な御協力を得て効果的に実施することができました。

文末ながら、ここに慎んで謝意を表します。