

煙の話(9)

——避難時にぬれタオルは有効か——

じん なが びく
神 忠 久

自治省消防庁消防研究所・工学博士

1. まえがき

最近の旅館やホテル火災の際の避難者の多くはぬれタオルを口と鼻に当てながら避難している。

「火災時の避難にぬれタオルを、ということが一般の人達によく知られるようになったものだなあと思う。ところで、ぬれタオルがどの程度煙を取るのか、また乾いたタオルでは効めがないのか、ぬらす度合による差はないのだろうか等々の疑問が浮かぶことと思う。

そこで、タオルの折り重ね枚数やタオルへの水の含ませ方による除煙効果を調べてみたので紹介しよう。」

2. 実験方法

実験装置の略図を図1に示す。まず電気炉により発生させた煙は約2㎡の箱の中に蓄える。次に、この煙は吸引型の煙濃度計を通り、資料であるタオルを通り抜け、再び吸引型煙濃度計を通りポンプで外に排出される。

この実験では、木材をくん焼させることにより粒子の小さい白煙を、また発泡スチロールを着火燃焼（炎を出して燃えたとき）させることにより粒子の大きい黒煙を発生させた。実験時の煙の濃度は減光係数で約1.0/mに調整した。この煙濃度はほとんどの人が避難できなくなる濃度である。吸引型の煙濃度計は図2に示すように長さ100cm内径10cmの塩化ビニールパイプの両端に、それぞれ投光器、受光器を取付けたものである。

資料のタオルは市販の中厚手のもので大きさ約76cm×32cm、重さは約63gのものである。なお、タオルは一度洗たくした後、実験に用いた。この

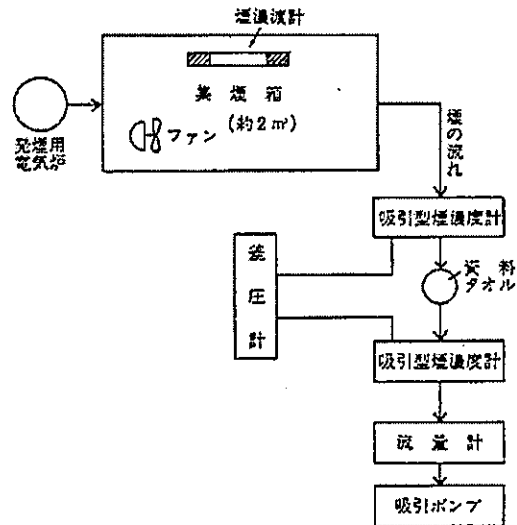


図1. 実験装置略図

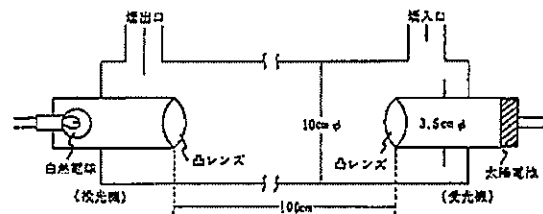


図2 吸引型煙濃度計略図

タオルを4～16枚に折り、写真1に示すように約15cm×15cmの真ちゅう板ではさむ。タオルを通過する煙の断面は直径5cmとした。この大きさはタオルを口と鼻にあて呼吸するときの煙の通過する断面にほぼ見合う大きさと考えてよい。また、実験時にタオルの通気量は30 l/minとしたが、この値は小走りで避難するときの呼吸量を想定したものである。

なお、この装置は、現在財団法人日本消防設備安全センターで認定を行っている「火災避難用簡易マス

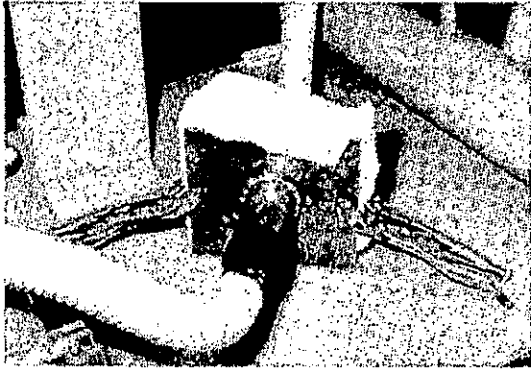


写真1 タオルを8枚折り重ね実験装置に固定した状態

ク、の試験装置として採用されている。

3. 実験結果

3.1 乾いたタオルの除煙効果

乾いたタオルでも煙が取れるだろうか。図3はタオルの折り重ね枚数を増やしていったときの白煙に対する除去率を示したものである。図からわかるように乾いたタオルでも煙が取れる。折り重ね枚数を増すほど除去率も増し、16枚折り重ねるとタオルを通り抜ける煙の量、すなわち呼吸によって身体に入る煙の量を10%以下に抑えることができることがわかる。しかし、火災時の緊急時を考慮すると8枚折り重ねがタオルの折り方の限度と考えられる。このときの煙の除去率は約60%である。なお、ここでの煙の除去率とは、濃度が減光係数で約1.0/mの煙が30 l/minの流量でタオルを通

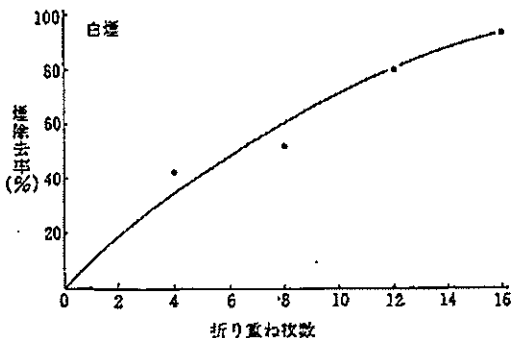


図3 乾いたタオルを4~16枚折り重ねたときの煙の除去率

過しているとき、タオルの前後の煙濃度の比で示したものである。

3.2 ぬれタオルの除煙効果

タオルのぬらし方にも色々ある。`ギョッ、と固くしぼった場合や水が`ガラガラ、落ちるように軽くしぼる場合もあり、このしぼり方によって煙の除去率が変るだろうか。

まず、固くしぼった場合について煙の除去率を調べてみた。折り重ね枚数8枚のとき除去率は約40%となった。この数値は乾いたタオルのときの値(約60%)より低い。なぜだろう? 原因を調べるためにタオルの表面を顕微鏡でのぞいてみた。乾いたタオルの場合、タオルの生地がふわっと膨んでおり、その中に煙の粒子が捕えられている。これに対してぬらして固くしぼった場合には生地の糸の膨みがなく細っており、織目のすき間が大きくなっており、煙が通りやすくなっている。ここに原因があったのである。

次に、生地に含ませる水の量を多くしていくと除去率がだんだん大きくなる。これは生地の織目に水膜ができ、その水膜に煙粒子が付着するためと考えられる。図4には、生地に含ませる水の量を増やしていったときの煙の除去率の変化を示している。

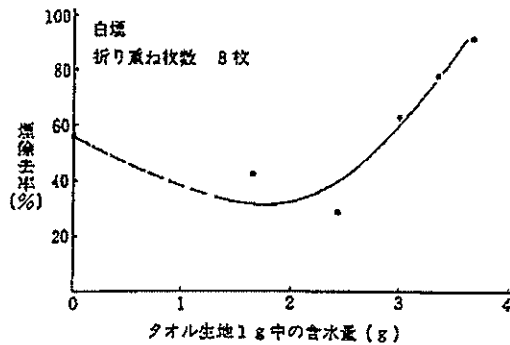


図4 生地に含ませる水の量を変えたときのタオルによる煙の除去率

タオルに水を多量に含ませると煙は十分に取除くことができるが、このようにしたタオルを口と鼻にあてると呼吸することができない。今回実験

に用いたタオルでは8折りの場合、生地の厚さの3.5倍以上の水を含ませると息苦しさが我慢できる限界を越えてしまう。これは生地の織目が水膜で全部ふさいでしまうためである。したがって、適度にぬらすと煙もよく取れ、息苦しくならない程度に呼吸ができる。しかし、火災時にタオルを適度にぬらすことは緊急時の心理状態を考慮するとむずかしいことと思う。

3.3 ぬれハンカチ・日本手ぬぐい

タオル以外に、ハンカチや日本手ぬぐいについても除煙効果を調べてみた。生地の織目の細かいハンカチや日本手ぬぐいはタオルに比べ、生地に含ませる水の量を或る値より少し増しただけで煙の除去率が急激に増すが、息苦しさが我慢できる限界を越えてしまう。図5には、ハンカチ、日本手ぬぐい及びタオルに水を含ませたときの煙の除去率と息苦しくなる限界との関係を示したものである。前二者はタオルに比べ水の含ませ方を少し多くするだけで急激に息苦しい領域に入ってしまうことがわかると思う。このことは、火災時の避難の際、ハンカチや日本手ぬぐいはぬらしてはいけないことを意味している。

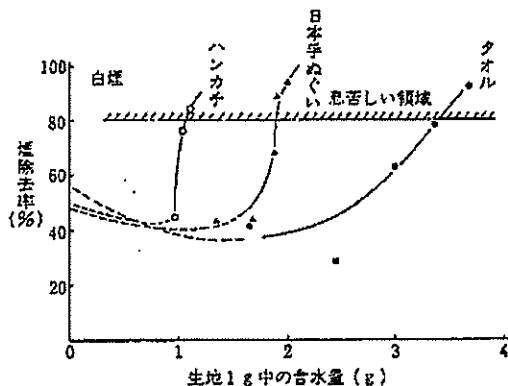


図5 ハンカチ、日本手ぬぐいに含ませた水の量と煙除去率

3.4 黒煙の除去率

黒煙の場合には、煙の粒子が大きい時間経過と共に生地が目詰を起すようになる。つまり時間の経過と共に通気性が悪くなる。(白煙の

場合には通気性の時間的な変化はほとんどない)当然のことながら息苦しくなってくる。この息苦しさが我慢できなくなる限界時間は、タオルの折り重ねの枚数の多いほど、またタオルに含ませる水の多いときほど短くなる。図6は、生地に含ませた水の量と息苦しさが我慢できなくなるまでの時間との関係を示したものである。生地への含水量を或る値以上にすると息苦しさが我慢できなくなる時間が急激に短くなることわかる。

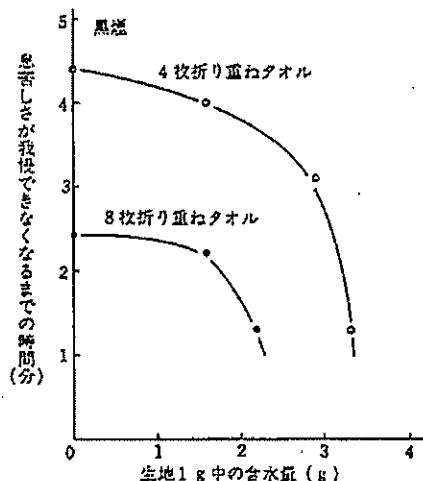


図6 生地に含ませた水の量と息苦しさが我慢できなくなる限界に達するまでの時間

3.5 COの除去効果

タオルによるCO(有毒ガス)の除去率は、この実験では10~30%であった。すなわち、タオルは煙粒子を取ることができるが有毒ガスは取れないことを十分認識しておく必要がある。

4. なぜぬれタオルなのか

これまでの話から煙は乾いたタオルでも十分取れることがわかったことと思う。それでは「なぜぬれタオルなのか」。火災の煙の中には、煙の他に有毒ガスや刺激性のガスが存在する。刺激性のガスは目を強く刺激し、そのため多量の涙が出たり、目を開いていることの出来ない場合もある。また、のどを強く刺激するため息苦しく感ずることもある。この刺激性のガスは一般に水にとけや

すい性質がある。したがって、ぬれタオルを用いるとのどへの刺激をやわらげることができる。それでは乾いたタオルでは刺激性のガスが全く取れないかという点、そうでもない。ぬれタオルほどは取れないが乾いたタオルでもかなりの刺激性のガスが取れることを筆者が体験している。

5. まとめ

この実験で得られた結果をもう一度まとめてみよう。すなわち

- (1) 乾いたタオルでも煙は十分取れる。
- (2) ハンカチや日本手ぬぐいは全体ぬらさない

こと。

- (3) タオルは煙は取れるが、有毒ガスは取れないこと。

火災時の避難の観点から考えると、タオルをぬらすのに手間取り、貴重な避難可能な時間を無駄にすることがあってはならない。火災時にはどんなもの（出来るだけ織目の荒いもの）でも口と鼻にあて、すぐ避難行動を開始することこそ肝要である。

参 考 文 献

- 1) 神 忠久：火災No136, p.26 (1981)

——火災時の避難の実例——

じん だ び
神 忠 久

自治省消防庁消防研究所・工学博士

1. まえがき

昭和55年11月20日午後3時頃発生した川治プリンスホテル火災（栃木県川治温泉）は、国内ホテル火災としては最大の死者45名を出した。このような大きな事故となった原因としては、建築構造上、消防用設備上および避難誘導上の問題があげられる。このうち、避難誘導は人命に直接関係するものであり、筆者らは多くの従業員、宿泊客と会い、この火災における従業員の行動及び宿泊客の避難行動を調べ、その問題点を検討した¹⁾

今回は、この調査のうち宿泊客の避難行動について紹介する。

2. 火災の延焼拡大と宿泊客

川治プリンスホテルは、本館（鉄骨造4階建）、新館（防火造2階建）及び別棟である別館（防火造2階建）から成立っている。このうち本館と新館の部分は、過去4回増改築が行われ、その度に各棟が複雑に接続され、非常に入り組んだ平面となっている。

新館一階大浴場付近で発生した火災は、天井裏部分を通じて、新館の西側階段から2階廊下に伝わり、2階廊下中央部にある新館と本館をつなぐ渡り廊下から本館内部へ延焼拡大したものである。（写真1参照）

煙の伝播経路も火災の拡大経路とほぼ同じと考えられ、渡り廊下から本館に進入した煙は2階から3階・4階へと急速に伝播して行ったものと思われる。

本館の3階には成一長寿会51名（男16名、女35



写真1 川治プリンスホテルの全景

名）、4階には高南長寿会49名（男14名、女35名）の団体客がいた。いずれも東京都杉並区の老人クラブの人達であり、平均年齢は72才である。

3. 火災覚知前の宿泊客の行動

この火災では非常ベルが2回鳴動している。第1回目の非常ベルに気付いた人は少数で、疑問に思ったが、従業員より「テスト中です。心配ありません」と言われ、（午前中は感知器の保守点検を行っていた）避難行動は取らなかった。

第1回目の非常ベルが鳴動してしばらくしてから3・4階の宿泊客の幾人かが2階軒下から出る煙を窓越しに見ておかしいと気付いている。最初の頃は近くで工事をしていたので、そのとき火の煙かと思っていた。薄い煙では火災と思う人が少なく避難行動に結びつかないのは今回の火災だけではない。

第2回目の非常ベルが鳴動し、それまで薄かった煙が、急激に濃くなったのを見て、また人の騒ぐ声を聞いて火災であることを覚知した。

4. 火災覚知後の宿泊客の避難行動

本館4階及び3階の宿泊客の避難経路をそれぞれ図1及び図2に矢印で示してある。種々の経路で宿泊客が避難していることがわかる。なお、図中、黒丸は死亡した人を、中黒丸は負傷した人を、白丸は健状者をそれぞれ示してある。

図1(4階)と図2(3階)とを比較すると、4階での死亡者が圧倒的に多いのに気付くでしょう。このように死亡者数に大きな差のあった原因は、第1には、3階の人達は新館の2階建の屋根の上に避難できたこと。火災は新館から本館へと延焼してきたが、煙の拡大の方が遅いため、避難中は新館の屋根はまだ延焼していなかった。第2には、本館の右端にある非常階段を利用して避難した人が3階では11名もいたのに対し、4階では、わずか1名しかいなかったことにもよる。

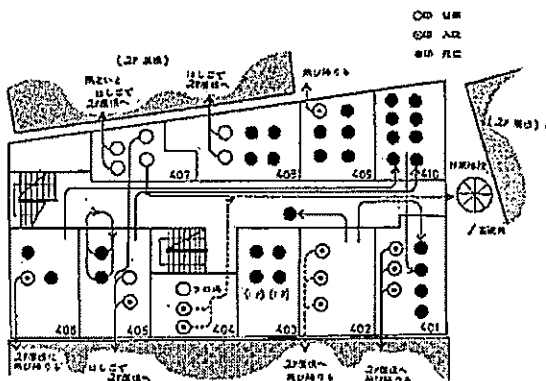


図1 本館4階宿泊者の避難経路

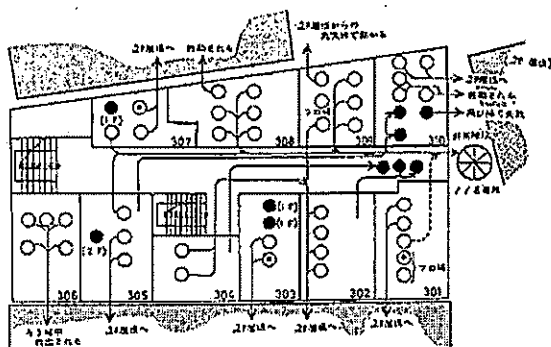


図2 本館3階宿泊者の避難経路

次に、各人がどのようにして避難したかについて、その幾つかを紹介しよう。

(1) 2階屋根への避難

3階の宿泊客のかなりの人達が新館の2階建の屋根に避難している。一見当然のように思われるが、この建物の窓までの高さが約1.2mあり、これは平均年齢72才の老人には簡単に乗り越えられる高さではないのである。後日、10数名の宿泊客と面会した際にそのことを聞いたら、ほとんどの人が自分でもあの高さの窓を乗り越えられたことが信じられないと言っていた。いわば「火事場のばか力」が出たものと思われる。4階の宿泊客の幾人かが2階の屋根に飛び降りているが、全員負傷している。

(2) 非常階段よりの避難

3階と4階とで非常階段を利用しての避難者数に多くの差が出たのは、3階の団体には55才の壮健な男子で大声の持主である寿し屋さんが同行しており、この人が大声で「こっちだあ」と叫びながら皆んなを非常階段に誘導したことによる。この非常階段は写真2からもわかるように、急勾配で階段幅も狭く、老人には降りるのがむずかしかったようである。したがって、順番を待っているうちに廊下に煙が充満し、煙に巻かれて死亡した人や待ちきれず自室に戻り、そこで死亡している人も幾人かいる。

一方、4階でも80才を越した老人会の会長さん



写真2 老人達が避難したらせん階段

が、同じように非常階段の方へ誘導したが、声が小さいため、自分では後に2、3人ついて来たと言っているが、実際は誰れもついて来ていなかった。結果的には4階で非常階段を利用し避難したのは会長さん一人だけだった。

このように避難誘導時には大声を出さないと右往左往している人達をうまく誘導することができない。

(3) 籠城中に救出

3階の306号室の人は前日に非常口を確かめておいたが、火災に気付いた時には、廊下は濃煙で出られない状態になっていたため、避難をあきらめ、部屋に閉じ込められた。この際、窓も廊下の扉も閉めて部屋に籠城していた。かなり後になって屋根づたいに救助に同った従業員に助けられた。扉と窓をしっかりと閉じていたため救助されたときも部屋の中には煙が少なかった。

火災に気付くのが遅れ籠城し、消防の救助を待つケースが時々あるが、多くの場合、その中の一人が我慢できず、廊下に飛び出してしまふ。この際、必ず廊下の扉を開いたまま飛び出すため、飛び出した本人はもとより、籠城していた仲間まで全滅することが多い。したがって、籠城が成功するのは強力なリーダーがおり、皆んなの動揺を押えられたときである。

(4) 雨どいで避難

4階の407号室の2人の老人は、騒ぎを聞き廊下に出て火災に気付いた。多分、そのまま避難すれば非常階段等から出られたものと思われるが、彼等は自室に戻り、洋服やカバンを持ち再び廊下に出たが、廊下は濃煙で避難できる状態ではなかった。窓から身を乗り出して助けを求めているうちに雨どいが目についた。そこで2人は、その雨どいを伝いながら途中まで降りたところ下からはしごで助けられた。この人達とも面接したが歩くことすらややおぼつかないような人達であり、この人達が雨どいを伝って降りたとはとても信じられなかった。

その後、伊豆の船原ホテルでの火災の際にも6～7人の老人がロープで3階から避難しており、これまで「老人にはロープでの避難は無理」と思い込んでいた筆者の頭を少し切り換えなくてはと思うようになった。これも「火事場のバカ力」なのでしょう。

(5) 最後は気力

煙に巻かれたとき気力が如何に生死を左右するかをこの火災時の避難で示されている。以下に気力で生き抜いた老婦人のことを紹介しよう。なお、この記事は「煙の話(1)」で紹介したものの中から一部転載したものであることをあらかじめおことわりしておく。74才の老婦人がトイレから出た時、廊下から入ってきた濃煙を一口吸い、グラグラとなり倒れかけた。しかし、この老婦人、なかなかの気丈夫の人で、倒れながらも持っていたタオルを口に当てた。次の瞬間「こんなところで死んでたまるか」と思ったそうです。助かるためには次にどうすればよいかを考えたのです。言うまでもないことですが新鮮な空気を吸わなければなりません。そこで、老婦人はタオルを口から離さずにはって窓のところまで行き、窓から顔を出したのですが、全然息が出来なかったのです。

これは、煙の充満している部屋の窓からは、丁度煙突のように煙が噴き出します。したがって、窓から顔を出しても、煙突の中に顔を突込むようなもので全く息が出来ないのです。

そこで、この老婦人は窓から少し身を乗り出し、身体を「く」の字に曲げ窓枠より顔を下にしました。窓から噴き出す煙は上昇しますから、このようにすると息をすることができるのです。冷静というか、よくこれ程のことができたものだと思います。同時に煙の中での気力がこれだけの行動をさせたものと考えられます。こうしているうちに農家のはしごを二つ縄でゆわいたものを4階に延ばしてもらい助けられたのです。

他の部屋からも多くの老人が手を振り助けを求めていたが、そのうちに「助けてノ」が「さよう

なら1]に変わり姿が見えなくなったとのことです。

5. あとがき

この火災が契機となり㊦マークが定められたことを知っている人は少ないと思う。また、テレビや話しに夢中になっている宿泊客には廊下での非常ベルや非常放送は聞こえにくい。緊急時には、テレビやラジオに割り込みをかけて、フロントか

らの情報が各室に直接流れ込むようなシステムが必要であること当時筆者らが提言したが、最近、そのようなシステムがホテル等で時々みられるようになってきた。

〔参考文献〕

- 1) 神 忠久, 渡部勇市, 関沢愛: 火災, 通巻133号, P4 (1981)

煙の話(11)

一 煙に巻かれたときの心の動揺度 一

久 忠 神

自治省消防庁消防研究所・工学博士

1. まえがき

前回は、筆者らが調査した川治プリンスホテル火災時における宿泊客の避難状況について紹介したが、あのように火災時の避難者の行動が明確にできた例はほとんどない。筆者の研究テーマの一つである「火災時の煙の中での避難者の心理・生理」について火災時の避難者の話だけから研究することはむずかしい。

そこで、煙に巻かれた人の心理状況、すなわち心理的動揺度を実験的に求めてみることを試みた。以下に、その実験の結果の概要を紹介する。¹⁾

2. 実験装置および方法

被験者を密室に近い状態の実験室に閉じ込め、その室の煙の濃度を少しずつ増加させ、被験者の心の動揺度を求めた。心の動揺度を測定する最も簡単な方法は、心拍数の変化を調べることである。しかし、被験者を煙の充満した室に閉じ込めたとしても、実験だという安心感から動揺しても心拍数の変化はそれほど期待できない。そこで、この実験では、心理学の分野で使用されている安定度検査器を用い、心の動揺度を求めた。

実験に用いた部屋は、図1に示すように、約5m×4mの大きさで、窓のない部屋である。実験時の室内の明るさは、床面上で平均30 lxとした。また、木片を電気炉に投入しくん焼させ、刺激性の強い白煙を発生させた。室内の煙濃度は、数分間で耐えられない程度の濃さになるが、これを隣室の測定室で記録している。

被験者は部屋の一端に置かれた机に座り、図2に示すような安定度検査器を操作する。すなわち、

図1 心理的動揺度測定のための実験装置の略図

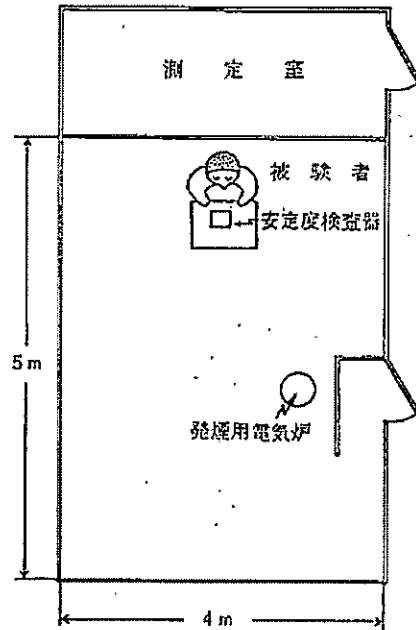
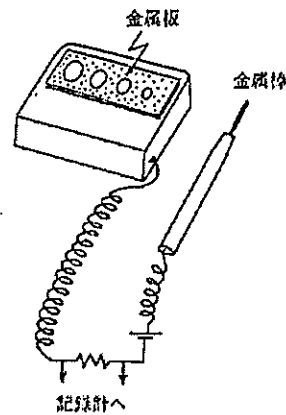


図2 安定度検査器



被験者は金属板に開けられた大小4つの穴に金属棒を穴のふちに触れないように順次差し込んで行く。穴の直径が小さくなるにつれ、被験者はかなりの神経を集中させないと金属棒が穴のふちに触

れてしまう。(写真1参照)

煙濃度が増すにつれ、煙に対する恐怖感や煙による目やのどへの刺激が増すため、被験者は作業に神経を段々集中できなくなる。このため煙濃度の増加に伴い金属棒が穴のふちに触れる回数も増えてくる。検査器で測られた接触回数は隣室の測定室で煙の濃度と同様に記録される。

写真1
実験中の被験者



なお、この実験で煙中に含まれているCO濃度は煙濃度に比例して増加し、実験終了時(発煙約5分後)には50ppm程度となる。このガス濃度は1日8時間労働の産業安全環境で許容される値である。

3. 実験結果

被験者49人の年齢および男女別を表1に示すが、消防研究所の研究者と一般人(主に家庭婦人)から成っている。一般人の場合、男女による差異は

表1 被験者の年齢及び人数

分類	性別	年齢及び人数					合計
		10~	20~	30~	40~	50~	
一般人	男性	3	3	1	0	0	6
	女性	1	2	6	9	0	19
研究者	男性	0	8	4	7	5	24
	女性	0	0	0	0	0	0

ほとんど認められず、また、研究者については女性の被験者がいないため男女による差は調べることができなかった。

煙濃度の増加に伴う安定度検査器の接触回数の変化の一例を図3に示す。なお、接触回数は煙のないときの値を1.0としたときの相対値で示してある。接触回数は、煙濃度が減光係数で0.2(図3中の④点)を越える頃から急激な増加を示している。この急激な変化を始めた④点が、この被験者が心理的に動揺しはじめた煙濃度である。



図3 安定度検査器で測定された接触回数および心拍数の変化。④は本文参照のこと。

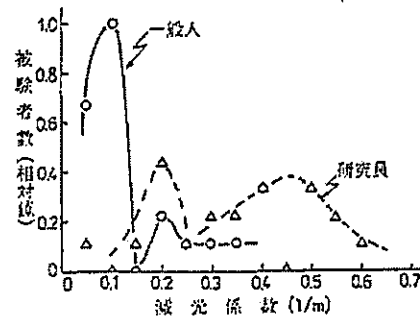


図4 安定度検査器により求めた心理的動揺のしはじめた時点の煙濃度と被験者の数

そこで、各被験者のデータから④点のみを抽出し、さらに、一般人と研究者とに分離してデータを整理したものを図4に示す。一般人、研究者と

も2つのピークを持った曲線が得られた。これらのピークはそれぞれ次のような意味を持つものと考えられる。すなわち、一般人の場合、煙濃度が0.1に達した時点で大部分の人が動揺しはじめているが、気丈夫な少数の人は煙濃度が0.2～0.4になったときに動揺しはじめている。この人達の中には家庭婦人でも、何らかのスポーツや文化活動でのリーダー的存在の人が多かったことは注目に値することである。一方、研究員の場合、少数の人は煙濃度が0.2に達した頃動揺しはじめているが、大部分の人は煙濃度が0.35～0.55に達したときに動揺しはじめているのがわかる。

4. 実験結果の考察

一般人と研究員とで動揺しはじめる煙濃度に大きな差異がある。しかし、研究員の被験者の中には過去に煙の中をくぐった経験のある者はほとんどいない。したがって、このような差が生じた理由としては次の2つが考えられる。第1には、実験前に、一般人、研究員の双方に対して、今回実験に用いている煙の安全性について説明しているが、それに対する理解度に差があったこと(後述)。第2には、建物内の構造を研究員の場合には知っていたが一般人の場合には知らなかったことによるものと考えられる。

前述の理解度については実験後の被験者の感想からうかがえる。すなわち、一般人の場合、*「薄い煙のとき、煙の濃さそのものは、その程、気にはならなかったが、目やのどへの刺激が気になり、これから先、煙が濃くなったらどうなるだろうかと考えたら急に怖くなってきた。」*と答えている。これに対して研究員の場合には、*「煙の目への刺激はかなり強かったが、この煙は無害だと聞いていたので別に怖くはなかった。しかし、煙が濃くなるにつれ、目やのどへの刺激が増々強くなり、実験終了の合図をしたとき(濃度0.5～0.7)には、生理的(刺激性と息苦しさ)に耐えられる限界に近かったと答えている。*

5. 避難限界の煙濃度と見越し距離

上記の実験より避難限界の煙濃度は建物内の熟知者と建物内に不案内な一般人とに分けて考える必要がある。すなわち、建物内を十分熟知しており、かつ煙に対する知識を幾分持っている人でも煙濃度が減光係数で0.5を越えると生理的要因が引金となり心理的に動揺しはじめる。これに対して、一般の人は煙濃度が減光係数で0.15程度で動揺しはじめることがわかった。

上記の避難限界のときの煙濃度での見越し距離は表2に示す。建物内の熟知者の場合でも4m先が見えなくなると動揺が始まり、一般人の場合には約13m先が見えなくなっただけで心理的に動揺がはじまる。

建物内の熟知度	煙濃度 (減光係数)	見越し距離
一般人	0.15/m	13m
熟知者	0.5/m	4m

表2 避難時の許容濃度と見越し距離

6. あとがき

避難限界の煙濃度は、建物内の熟知度や気丈夫さ等個人差により大きく異なるが、これを実験により正確に求めようとする人命の安全を考えると非常にむずかしい。したがって、今回の実験のように心の動揺度に鋭敏に検出できる手法が必要となる。

次回も心の動揺度に関連した実験の結果を紹介する予定である。

【参考文献】

- 1) 神 忠久：日本火災学会論文集 Vol 30 No.1 (1980)

煙の話(12)

—煙の中での思考力および記憶力の低下—

比 神 忠 久

自治省消防庁消防研究所・工学博士

1. まえがき

火災の煙の中を避難する際、煙の刺激性や息苦しさ等により避難者は心理的に動揺し、そのために避難者の思考力や記憶力が低下し、避難方向を誤ったり、或いは非常口へ通ずる経路を思い出せなくなったりすることが考えられる。ここでは煙の中での思考力や記憶力が煙の濃度によりどの程度低下するかを求めた実験結果を紹介する。

心理学の分野では、思考力や記憶力の測定方法は幾つかあるが、煙の中で行える測定方法は比較的少ない。この実験では、煙の中で暗算を行い、その正解率が煙の濃度の増加に伴い、どのように変化するかを求めることにより思考力を、また、4種類の色の並んでいる順序を煙の中でどの程度思い出せるかを調べることにより記憶力を求めてみた。なお、数名の被験者については、飲酒後の思考力および記憶力の低下についても求めている¹⁾。

2. 実験方法

実験方法の略図を図1に示す。被験者は、煙の満たされた長さ15mの廊下の入口で、まず4種類

の色の並んでいる順序を記憶する。次に、煙の中に入り、15m進んだところで色の並べてあった順序を思い出し、それを色付の押ボタンスイッチを押すことにより答える。その結果は直ちに測定室に送られ、正解率が表示される。

一方、帰路時には、廊下に取付けられたスピーカから1桁の暗算(加算のみ)が2秒間に1回の割合で流れ、被験者は歩きながらそれに答える。その答は胸のポケットに入れた小型テープレコーダーに録音され、実験終了後に正解率を求める。

被験者は、最初3~4回、煙のない状態で実験を行い、その後、煙の中での実験を行った。煙の中での実験時には被験者に写真1に示すように中厚手のタオルを8~16枚に折り重ねたものを口と鼻に当てさせ、実験的に吸い込む煙の濃度を廊下の濃度の数分の1以下に押えた²⁾。被験者は、男子16名、女子13名で、年齢は20歳から55歳までで2、3人の人を除いて煙の中に入るのが始めての人連であった。

飲酒後の実験を行った被験者数は上記男子被験者のうち5名である。また、飲酒後の実験は平常時の実験から約1ヶ月半後に行った。なお、酒の

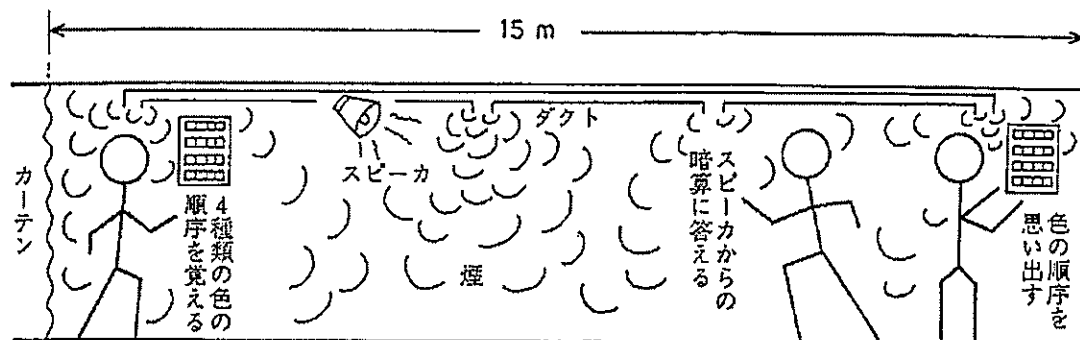


図1 煙の中での思考力および記憶力測定のための実験装置略図

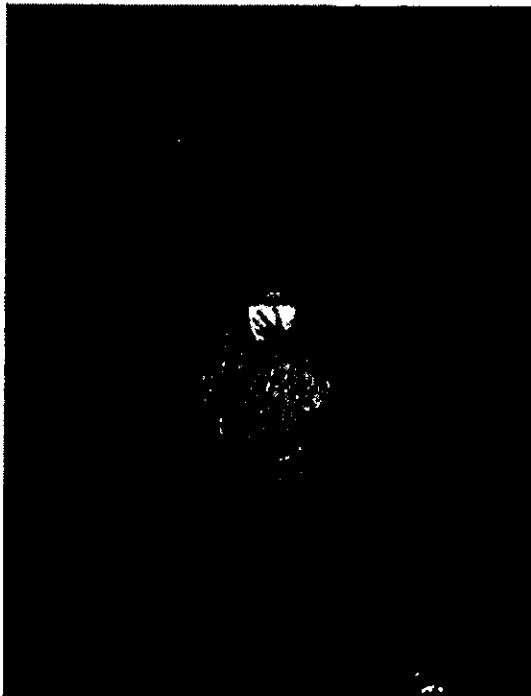


写真1 実験終了直後の被験者

量は、各人の要求量だけ飲んでもらった。

木材を電気炉に入れ、くん焼させることにより、刺激の強い白煙を発生させた。廊下の煙濃度は、7～8分後で一般人の避難限界の濃度(前号参照)である減光係数で約0.5/mになるように調整した。この間に被験者に3～5回煙の充満した廊下に入ってもらった。煙が濃くなるにつれ、廊下の途中で引返したり、入るのを拒否する被験者が数名いた。なお、煙濃度を15mの廊下に均一にするために、吹出口が5ヶ所あるダクトを廊下の天井に設け、電気炉から発生させた煙をこのダクトにより廊下全域に運んだ。

3. 実験結果の考察

3.1 平常時の煙中での思考力及び記憶力

各種濃度における男子16名、女子13名、計29名の被験者の暗算の正解率および色の順序の記憶の正解率についての平均値を求めた。その結果を図2に示す。実験前の筆者の予想では、煙がある程度濃くなるまでは暗算の正解率に変化がないもの

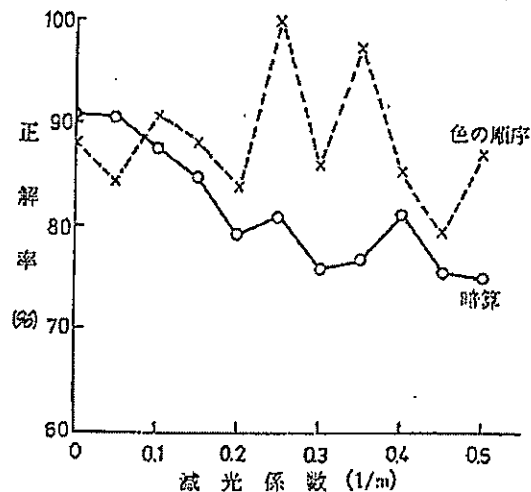


図2 煙中での暗算(思考力)および色の並んでいる順序(記憶力)の正解率

と考えていたが、実験時の暗算の正解率は、極く薄い煙濃度のときから低下しはじめ、煙濃度の増加に伴い、ほぼ直線的に低下した。これに対して色の並んでいる順序の記憶の正解率は、データが幾分ばらついてはいるが、暗算の場合とは異なり煙濃度が減光係数で0.4/mぐらいまではほとんど低下していない。そして煙濃度が0.5/mを超える頃から正解率が幾分低下している。

上記の実験の結果より、煙中での被験者の思考力は極く薄い煙濃度のときから低下し始めるのに対し、記憶力の方は避難限界に近い煙濃度になるまで低下しないことがわかる。このことは、あらかじめ非常口の場所や方向を記憶している場合には、ある程度の濃さの煙の中でも出口を捜し出すことができるが、非常口の場所や方向を全く知らない状態で捜し出すことは、煙中での思考力の低下を考えるとかなり困難であることを示唆している。

3.2 飲酒後の思考力と記憶力

次に、5名の被験者について飲酒の前後における煙中での暗算および色の順序に関する正解率の変化を求めてみた。実験の結果は各人により大幅に異なるため、その内2人の被験者の結果を

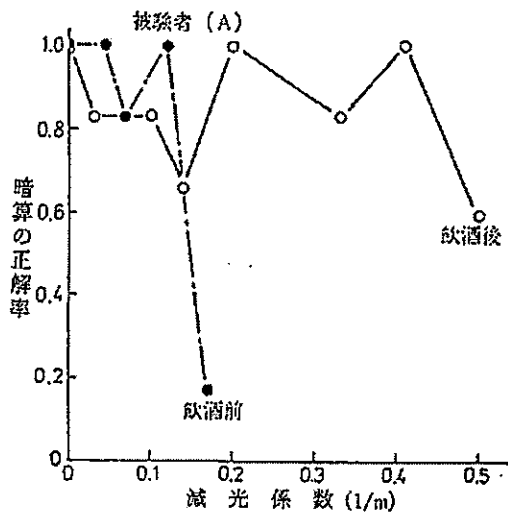


図3 被験者Aの飲酒前後における煙の中の暗算の正解率

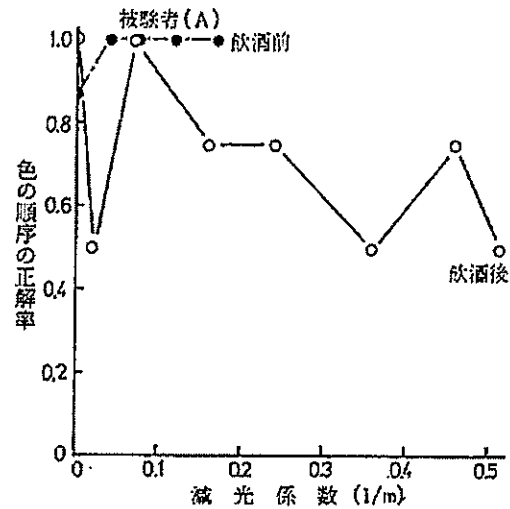


図4 被験者Aの飲酒前後における煙の中の色の並んでいる順序の正解率

図3および図4に示す。両図に示すように飲酒前の被験者Aの暗算および色の順序の正解率は、薄い煙中ではかなりよい。しかし、煙濃度が0.15/mを越えた時点で暗算の正解率が急激に低下している。そして、この被験者は、これ以上濃い煙の中で実験を続けることを拒否した。

一方、同じ被験者の飲酒後(約1ヶ月半後)の暗算および色の順序の正解率は、飲酒前同様図3、図4に示してあるが、薄い煙中でも飲酒前に比べ

幾分低下している。しかし、飲酒後の彼は、両図にみられるように、煙濃度がかなり濃くなるまで実験を継続することができたばかりでなく、煙濃度が増加しても暗算および色の並んでいる順序の正解率に極端な低下が現われなかった。このことは、煙に対する馴れも考えられるが、主に飲酒により幾分神経が麻痺し、そのため煙に対する心理的動揺度も少なくなったことによるものと考えられる。

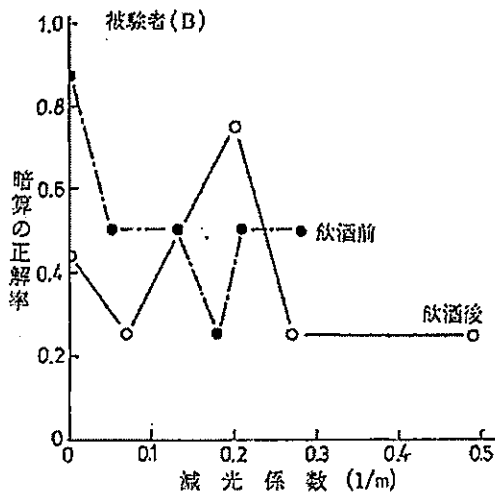


図5 被験者Bの飲酒前後における煙の中の暗算の正解率

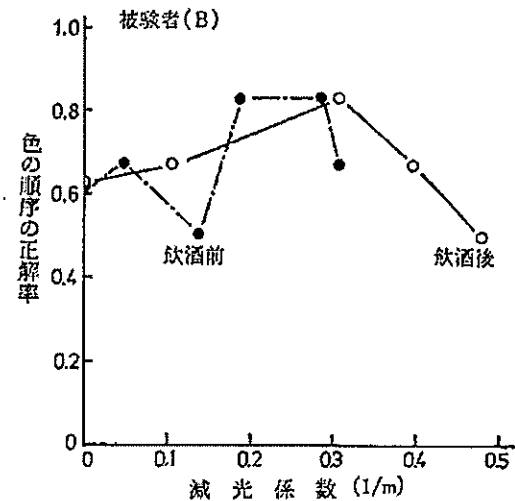


図6 被験者Bの飲酒前後における煙の中の色の並んでいる順序の正解率

もう一人の被験者Bの煙中での飲酒の前後における暗算および色の並んでいる順序の正解率の変化を図5および図6に示す。飲酒前の被験者Bの正解率は、被験者Aの場合に比べかなり低い。しかし、煙の濃度が濃くなっても暗算および色の並んでいる順序の正解率は極端に低下していない。また、飲酒の前後における正解率にも大きな差が認められない。なお、他の3名の被験者の正解率は、被験者AとBとの中間値を示した。

この実験結果から、被験者AはBに比べ、煙の薄いときの思考力および記憶力がすぐれていることがわかる。しかし、煙が濃くなると被験者Aの思考力は急激に低下しているが、このことは火災時には、被験者Aの方がBよりも危険な状態に落ち入りやすい可能性を示していると言えよう。し

たがって、飲酒は一般的には、思考力や記憶力を低下させるが、被験者Aの場合のように煙に起因する心理的動揺を抑える効果もみられる。

4. あとがき

火災の煙の中で人間の挙動を実験的に研究することは人命にかかわるため、一時に多数の被験者を集めて実験を行ったり、次々に新しい実験を行うことは不可能に近い。したがって、この種の研究は実験には細心の注意を払いつつ、息長く続ける必要がある。

参考文献

- 1) 神 忠久：日本火災学会論文集 Vol 32, No 2
p 1 (1982)
- 2) 神 忠久：火災誌 No 97, p 44 (1975)

— 非常口の事前確認の重要性を 示した火災時の避難例 —

神 忠 久

自治省消防庁消防研究所・工学博士

1. まえがき

前回は、火災時の煙の中での動揺度を考えると、あらかじめ非常口を確認しておくことの重要性を実験により求められた結果から紹介した。今回は、筆者等が調査した過去の火災事例中、非常口をあらかじめ確認或いは視認していたことが避難時に役立った例について紹介したい。

昭和58年2月22日の深夜、蔵王観光ホテル火災の翌日、万座温泉ホテルで火災が発生した。両ホテル共、スキー客で満室の状態だった。しかし、蔵王観光ホテル火災では従業員、宿泊客合わせて11人の死者を出したのに比べ、万座温泉ホテルの火災では死者を全く出さなかった。焼けた建物は双方共、木造であり、出火時刻も夜間という条件下である。筆者等は、この原因を確かめるために万座温泉ホテル火災時の従業員及び宿泊客の行動を調査した。

万座温泉ホテルは、群馬、長野県境の万座スキー場北方にある温泉地にある。建物は、図1に示

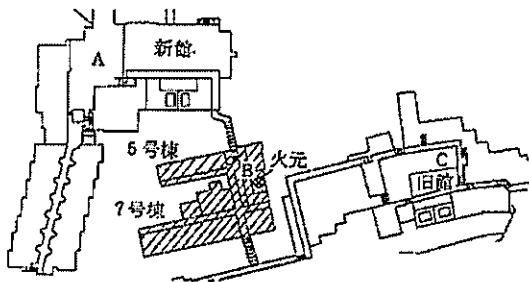


図1 万座温泉ホテル平面図
(斜線部分が焼失箇所)

すように、RC造4階建のA館(新館)、木造モルタルのB館、C館および木造の日進館より成立っている。火災はB館1階洗面所トイレ附近より発生し、従業員の消火器による初期消火に失敗した後、火は急速に延焼拡大し、B館5号棟および7号棟を焼失させた(写真1参照)。



写真1 焼失したB館5号棟及び7号棟

本格的な消火活動は、火災覚知約40分後にかけてつめた西部消防署および婦恋分署により行なわれたが、現場到着時には火元のB館の屋根はほぼ焼け落ちた状態で、延焼防止に力を入れた。当時は、気温が -25°C まで下ったため、ポンプ車の凍結事故が相次ぎ発生し、消火作業を困難にさせた。

2. 出火棟における避難行動

出火当時、焼失したB館5号棟および7号棟には各1名の男子従業員が宿直していた。この2名の従業員が宿泊客の避難誘導に大きな役割を果たしている。また、新館の4階には支配人が宿直しており、C館には専務および従業員の宿舍があった。

このように、このホテルでは各棟に従業員の宿

直室を設けたり、或いは深夜まで従業員を勤務させ、火災その他の事故発生時に対処できる体制をとっていた。このことも人的被害の発生しなかった要因のひとつと言えよう。

焼失したB館からの避難は5号棟および7号棟の1,2階でそれぞれ別々に行われたので、棟別階別の避難行動を以下に述べよう。

(1) 5号棟1階での従業員の避難誘導

従業員Sは、出火当時1階の配膳室でテレビを見ていた。廊下での客の騒ぎで火事に気付いた。部屋を出て火元を確認するためにトイレの方へ行こうとしたが、煙が天井から床上1.0～1.5mの高さまで充満していたため火元確認を断念し、廊下を火事おれしながら廊下の突当りにある非常口の方へ走った。そこには、すでに2名の宿泊客が来ており、非常口を開けようとしていた。自分も扉に体当たりし、扉を開こうとしたが開かなかった。彼は、この扉が積雪のため開かないことを以前より知っていた。それなのに、なぜ、このような行動をとったのか自分でもよくわからないと言っている。

彼は、約1週間前に各階の非常口の扉の前の雪を取除き扉を開くようにしたが、ここの扉だけは雪が多く開くように出来なかった。万一、火災の場合には、この階の宿泊客は、各自の部屋の窓を破って逃がすより道はないと考え、配膳室に窓を破るための斧を用意していた。

とっさに、“こっちだ”と彼は叫びながら非常口のすぐ横の部屋に入り、その部屋の窓を破った。しかし、後で気付いたのだが、実際には一つ隣りの部屋だったのである。窓はすぐ破れたと彼は言うが、待っていた女性客にはかなり長く感じられ、パニック寸前の状態にまでなっていた。

スキー場のホテルでは、一般に、1階の窓の外側には写真2に示すように雪除けの板を打ち付けてある。したがって、窓から脱出するためには、ガラスを破る以外に、この板を取除かなければならない。さらに、このホテルの場合には、窓から



写真2 避難の障害となる窓に打ちつけた雪除け板 (新館1階)

のすき間風を防ぐため、窓の内側にビニールシートを貼っていたため、外へ出るためには、まずビニールシートをはがさなければならなかった。

この棟の1階には36名宿泊していたが、早期に火災に気付いた者は、煙をかいくぐりながら新館、またはC館の方へ避難したようであるが、その数は比較的少ない。多くの宿泊客は、前日の蔵王の火災を教訓にし、非常口の場所だけは視認していたが、実際に扉を開いてみた者は極く少数であった。まず、非常口へ突進し、扉が開かないことがわかった後、その横の部屋の窓より脱出している。

従業員Sは外へ脱出した宿泊客を引きつれ、崖を登り、新館に入った。新館に到着して間もなく火災報知機のベルが鳴った。なお、この火災の特徴の一つに、宿泊客が全員避難するまで電灯がついていたことがあげられる。

(2) 5号棟2階の宿泊客の避難行動

この階の宿泊客の大部分は、廊下の突当りの非常口の扉を開き、屋外避難階段より直接地上へ避難している。この階での火災の覚知は、風呂帰りの男の宿泊客によるものである。彼は、風呂帰り、トイレの横を通りかかったとき、きなくさい臭いを感じた。煙の少しもれているトイレの扉を開けるとトイレの中に煙が充満していた。彼は小走りですぐ2階廊下を火事おれをしながら自室へ戻った。2室に別れて宿泊していた5名の仲間をたたき起し、トイレ寄りの階段を下りようとしたが、下か

らの積煙がはげしく下りられなかった。そこで、彼等は、廊下の突当りにある非常口の方へ走った。この非常口は、前日に開くことを確認しておいたものである。扉はすぐ開き簡単に避難できた。

この階には、27名の宿泊客がいたが、大部分の宿泊客が、この屋外階段から避難している。残りの幾人かは2階の窓より雪の上へ飛び降りている。

(3) 7号棟1階の宿泊客の避難行動

この階には18名宿泊していたが、そのうち13名が一つの団体客だったことと、火災時の避難方法等について前日に話し合っていたため、火災であることがわかった時点で、仲間を起し、ほぼ一団となって避難している。この階で最初に火災に気付いたのは、棟のほぼ中央の部屋に宿泊していた男客である。彼は、ドタドタという足音で目を覚し、扉を開いてみた。廊下には薄い煙がたなびいていた。彼は大声で「火事だ、火事だ」と叫び仲間を起した。この声により、隣室のほか2階に宿泊している仲間まで目を覚した。

上記の仲間の声で目を覚した隣室の男客が廊下に出た。この階には非常口がないため火元であるトイレの前を通り、隣の棟(5号棟)の例の開かない非常口まで行った。非常口からの避難を断念した彼は、再びトイレの前を通り自室へ戻った。トイレ付近は、往きは煙だけだったのが、掃りには炎と煙に変わっていた。自室には荷物を持った仲間がウロウロしていた。彼は、仲間に持っている荷物を捨てさせ、仲間といっしょに新館へ避難した。新館に着いた直後、火災報知機のベルが鳴った。

(4) 7号棟2階での従業員の行動

この階には17名の宿泊客と1名の男子従業員がいた。宿泊客のうち15名は1階と同じ団体だったため、1階の騒ぎで目を覚した後は、仲間を起し、早期に新館へ避難した。

この階の一番端の部屋に寝ていた従業員Tは、客の騒ぎで目を覚した。起きて扉を少し開いてみたところ廊下に煙があった。急いで身仕度をし、

廊下へ飛び出した。廊下には男客3人と女客2人が窓から中庭へ飛び下りようとしていた。5人を誘導しながら1階に下りるとトイレ側の廊下は煙が充満していたので新館に逃げるように指示した。

男客は指示通り新館の方へ避難したが、女客の方は、新館への渡り廊下の途中で煙の恐怖のためか立ちすくんでしまった。新館が旧館より高いところに建っているため、渡り廊下が階段状になっている(写真3参照)。



写真3 焼失したB館と新館とを結ぶ廊下(階段)

当然のことながら新館へ近づくほど煙は濃くなる。従業員Tは、女客の手を引きながら新館へ誘導した。新館についてまもなくベルが鳴動した。

この5人の宿泊客が、この棟からの最後の避難者だったようである。したがって、もし、この従業員がいなかったら死者が発生していたかも知れない。中庭は雪が深く、もし飛び下りていれば、雪のため身動きが出来ず、焼死する可能性もあったからである。

2人の女客を新館へ誘導した後、従業員Tは再び7号棟へ戻ろうとしたが、渡り廊下が煙道となっており濃煙のため下りることができなかった。

3. 火元以外での従業員・管理者の行動

焼失したB棟の宿直、或いは深夜まで配膳室で勤務していた以外の従業員や管理者の主なる行動を以下に示す。

(1) 火災報知機のベルを鳴らした警備員の行動

新館のフロントにいたとき、女客より火事を知らされた。直ちに、フロント係と共にB館へ走った。B館トイレ付近の煙の状況を見た後、彼等は新館フロントに戻った。このとき、多数の宿泊客（B館7号棟の客）が新館に避難していた。フロントに到着後、火災報知機のベルのスイッチを入れた。しばらくして支配人がフロントに現われたので火事を知らせ、自分は再び火元のB館のトイレの横を通りC館にいる専務のところへ火事を知らせに走った。

(2) 非常放送をした支配人の行動

新館4階の宿直室で寝ていたが、火報のベルで目を覚した。身仕度をし、1階のフロントへ行った。フロントには警備員の他数名の従業員が集っていた。警備員より火事を知らされたので、B館の火災現場に向った。しかし、B館と新館とを結んでいる渡り廊下（階段）は、B館からの噴煙が激しく先へ進めなかった。やむを得ず再びフロントに引返し、従業員に宿泊客を避難させるよう指示し、自分は非常放送設備を用い、全館の宿泊客に避難するよう放送した。この放送は、火元のB館の宿泊客が全員避難した後だったので、B館の宿泊客に対しては全く役に立たなかったが、新館の宿泊客の避難行動を速めるためには幾分役立ったと言えよう。新館は延焼をまねがれたが、かなりの煙が館内に充満した。

(3) 防火戸を閉め新館への延焼防止につとめた専務の行動

C館で寝ているところ警備員より火事を知らされた。消火器を持ち火元のB館に向った。消火器による消火を試みたが、火は消えなかった（本人への確認はしていないが、消火器で火は消えたように見えたが、他の消火器を取りに行っている間に再燃したとの事）。

そこで彼は炎をかいくぐり（この時、両手や顔にやけどを負った）新館にたどりつき、新館とB館の渡り廊下の堺にある防火戸を閉じた。この防

火戸は新館への延焼防止にかなり役立っている。写真3からもわかるように、新館は火元のB館よりかなり高い場所にあり、渡り廊下が階段になっている。したがって、もしこの戸が閉じていなかったならば、渡り廊下が煙突の役目をし、煙や炎が渡り廊下を通り新館に伝播し、被害を大きくしていたことであろう。防火戸の内側のベンキがかなり焦げていることから、この附近での火勢の強さが推せられる。

新館の防火戸を閉じた後、彼は新館の屋内消火栓からホースを延し、外から新館と渡り廊下のつなぎ目附近に放水し、新館への延焼防止につとめた。

4. 考 察

この火災の際、宿泊客および従業員の行動で幾つか特異なことが見受けられた。

(1) 避難のとき直進する傾向があること。

焼失したB館5号棟にいた従業員の行動にその傾向が顕著に現われている。彼は廊下の突当りの非常口の扉が開かないことを誰れよりもよく知っていたのに、ついそこまで突走ってしまった。また、この階の多くの宿泊客も非常口へ走っている。不特定者の集まる建物で、廊下の突当りに避難施設を設けることが如何に大切かを示した事例と言えよう。

(2) 火災を知り動けなくなったり、泣きわめいた女性宿泊客グループが多かったこと。

第1は、B館7号棟より新館へ避難する途中で、薄い煙に巻かれただけで立ちすくんでしまった女性グループである。前述のように従業員により新館まで誘導され、事なきを得た。

第2は、5号棟で従業員が窓ガラスを破るのに幾分時間がかかったために、待っていた女性グループがパニック状態に近くなり、少しだけ破れた窓から先に出してくれとわめいた。従業員が、怪我をしないようもう少しガラスを取除くまで待つように彼女等を説得し、落着かせた。この時点

では部屋内には煙がほとんどなく電灯も灯っていた。

第3は、スキーの団体客の女性グループである。仲間の男達が火事を知らせたが、わめくだけで避難行動を開始しようとはしなかった。しかたなく男達は彼女等のほほを2・3発なぐり、やっと正気にさせ避難させた。

上記の女性グループは、いずれも若い年齢層の女性である。火災などの異状時には男女をとわず、それに対処できる判断力や行動力が低下するものであるが、今回の火災に関しては女性の方が男性よりも、その傾向が強かったように思われる。

5. まとめ

この火災において全員が避難できた要因として下記のことあげられよう。

- (1) 出火時刻が早かったため、約半数近い宿泊客が起きていたため避難行動開始が速かったこと。

蔵王の火災は午前3時頃だったのに対し、この火災は午前1時頃だったため熟睡していた宿泊客が少なかったものと思われる。

- (2) 自室の窓からの脱出が可能であったこと。

焼失したB館の避難経路には凹凸があり、避難しやすい建物ではなかったが、避難の最後の手段となる窓からの脱出が可能だったことも死

者が発生しなかった要因の一つと言えよう。

- (3) 団体客が多かったため、火災を知ったとき仲間をたたき起して一団となって避難したこと。

前日の蔵王の火災の教訓が生かされ、多数の宿泊客が非常口の場所を知っており、避難方法も話し合っていた。

- (4) 各棟に従業員を宿直、または深夜まで勤務させていたため、これらの従業員による避難誘導が効を奏したこと。

- (5) 宿泊客全員が避難するまで停電しなかったこと。

6. あとがき

万座温泉ホテルの火災では、前日の蔵王の火災の教訓が生かされ、多くの宿泊客が非常口のある場所を視認していた。このことが避難時に大いに役立っている。ただ、その非常口の扉が開くか、どうかまで確かめている人は少なかった。非常口の扉は、必ず自分で開閉してみること、また、窓からの脱出方法についても考えておくことが肝要である。

【参考文献】

- 1) 神 忠久, 渡部勇市: 火災, No.143 P.34 (1983)

煙の話 (14)

— 建物火災時における従業員の初期行動 —

林 忠 久
自治省消防庁消防研究所・工学博士

1. まえがき

昭和56年10月、死者45名を出した川治プリンスホテル火災の際、非常階段を利用して避難した人は、4階では1名だったのに対し、3階では10数名もいた。これは、3階には54歳の男性で大声の持主が宿泊しており、この人が大声を出し、廊下に飛び出した老人達を非常階段の方へ誘導したことによる。

火災時における避難誘導は従業員の最も重要な任務である。しかし、川治プリンスホテル火災の場合には、これが全くなされなかった。それではこれまでの死者を出した火災ではどうだったのだろうか。筆者は東京消防庁予防審議会の資料「特異火災事例調査概要書、(昭和56年3月)」を基に火災感知後の従業員の第1次行動及び第2次行動を求めてみた。¹⁾

2. 調査対象建物及び調査方法

調査対象は、昭和27年以降国内に発生した建物火災のうち、焼損面積500㎡以上で死者の出た火

災及び焼損面積500㎡未満で死者3名以上出した火災とした。すなわち

旅館・ホテル	25件
病院	17件
百貨店	2件
複合用途ビル	11件

の計55件である。なお、前記調査概要書の中で、百貨店については夜間の工事中の火災、および百貨店、複合用途ビルで従業員のみ在館時の火災等は調査対象からはずした。

しかし、²⁾特異火災事例調査概要書、から得られるデータとしては、従業員の初期行動と最終避難方法に関するもの以外は困難であった。

3. 調査結果

旅館・ホテル、病院、百貨店及び複合用途ビルの火災時における従業員（病院の場合には看護婦等）の火災感知後の第1次行動及び第2次行動を図1から図4に示す。火災時の従業員の行動が建物の用途によりかなり異なることがわかる。

(1) 旅館・ホテルの場合

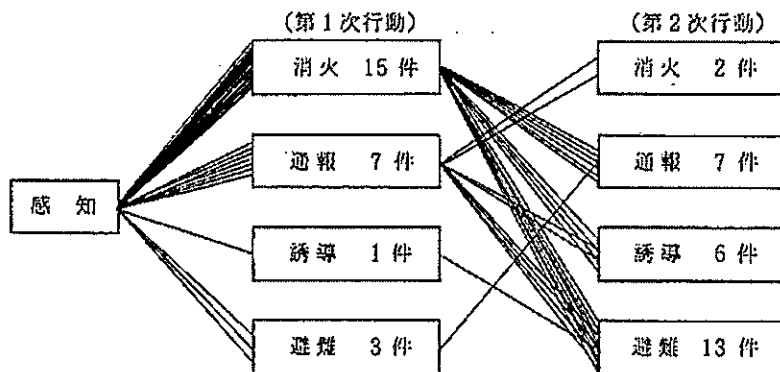


図1 旅館・ホテル火災時における従業員の第1次および第2次行動

図1に示すように旅館・ホテルでの火災感知後の従業員の第1次行動は、消火の15件(約58%)と通報の7件(約27%)で大半をしめ、客の誘導を行ったケースは25件中わずか1件しかない。また初期消火の失敗後は、通報するケースとそのまま逃

げてしまうケースが多い。従業員の第2次行動のうちで客の避難誘導にあたったケースは28件中6件にすぎない。つまり、第1次・第2次行動ともほとんど客の誘導にあたっていないことが死者の発生と結びついたものと考えられる。

図中、第1次行動と第2次行動の件数が一致していないところは、第2次行動へ移るとき複数の人が、それぞれ別行動をとったことを示している。

なお、第1次の行動が避難となっている3件はいずれも小さな旅館で、かつ夜間の火災だったため、火災に気付いた時には、寝室まで煙が進入しており、自分の身を守るのが精いっぱいだったようである。

(2) 病院の場合

病院の場合、旅館・ホテルや百貨店、複合用途ビルの火災時とは異なり、多くの場合、従業員（看護婦や警備員）の第1次行動が患者の避難誘導に向けられている。図2からわかるように初期消

火の失敗した後の行動も、かなりの場合、患者の誘導にまわっている。また、特記すべき事項としては、火災を感知した従業員がそのまま逃げ出すケースは1件もないことである。火災時に従業員がこのような行動がとれたのは、通常

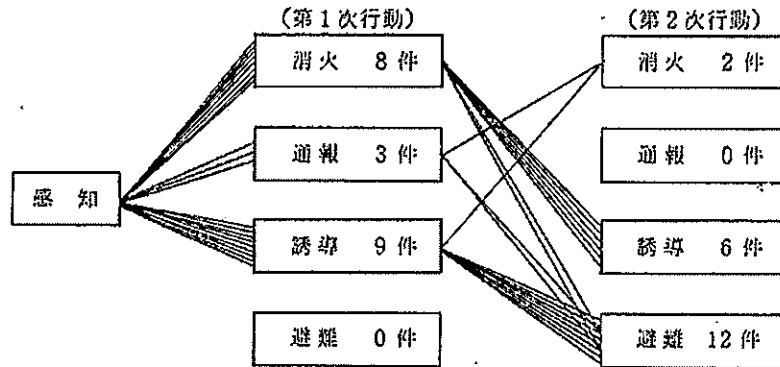


図2 病院火災時における看護婦・警備員の第1次および第2次行動

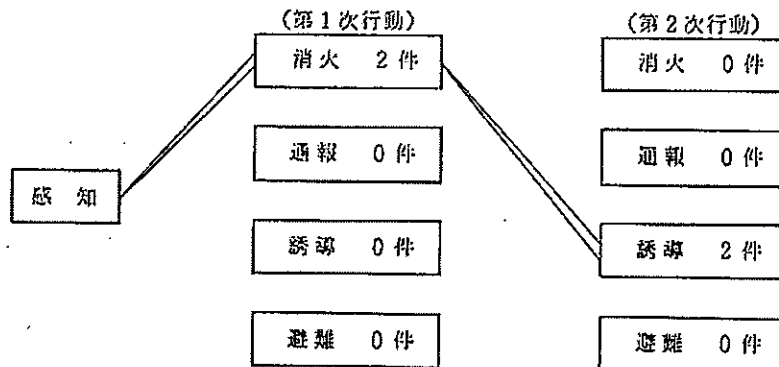


図3 百貨店の火災時における従業員の第1次および第2次行動

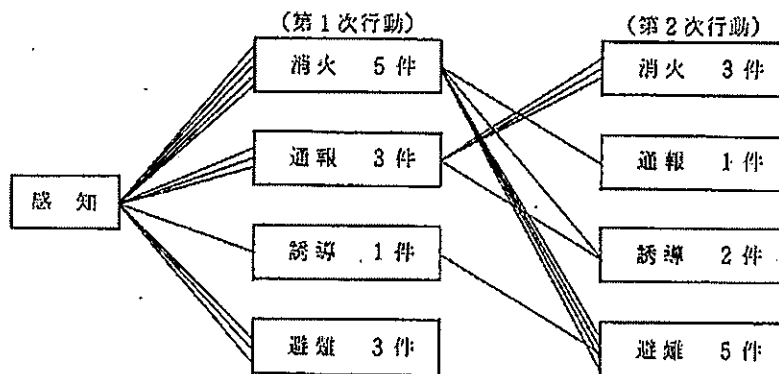


図4 複合用途ビル火災時における従業員の第1次および第2次行動

時の避難訓練の成果が生かされた場合も考えられるが、患者を助けるという職業意識が大きく働いたものと考えられる。

病院火災で死者を出した原因としては、今回の調査の半数近くが精神病患者だったことが上げられる。また、残りの半数近くは患者が高齢者だったことによるものと考えられる。

(3) 百貨店の場合

開店中の火災が2件しかないため、これだけの資料から、従業員の行動を求めることはむずかしい。百貨店で火災では図3に示すように火災感知後の第1行動は2件とも消火にかけつけ、初期消火失敗後は客の誘導となっている。

火災報知後、直ちに客の誘導を開始しないのは、いきなり客の避難誘導を行ったのでは混乱の生ずることを恐れ、意識的に避難誘導を遅らせたのか、火を消すのに夢中で客の誘導まで気がまわらなかったのかはわからない。客の死因は、煙や有毒ガス等によるものがほとんどである。

(4) 複合用途ビルの場合

火災感知後の従業員の第1次行動として消火にかけつけるケースが比較的多いが、火災を発見したのにそのまま逃げてしまうケースも少なくないことが図4よりわかる。そして、初期消火失敗後は、ほとんどの場合避難している。今回の調査対象となった複合用途ビルは比較的小規模のものが多く、火のまわりも早かったためと思われる。複合用途ビルで死者の出る主な原因としては、上記のように小さな建物のため火の回りの早いことに加え、避難路が1ヶ所しかない場合が多いため逃げ道を閉ざされることによる。当然のことながら、従業員の死亡するケースも多い。

4. 従業員の最終避難方法

火災時における従業員の最終避難方法を表1に示す。旅館・ホテル、病院、百貨店の火災では、

表1 火災時における従業員の最終避難方法

	旅館 ホテル	病院	百貨店	複合用途 ビル
階段より避難(件数)	26	17	1	11
一時避難所より脱出(＃)	0	0	1	4
一時避難所より救出(＃)	0	0	0	1
籠城中救助(＃)	0	0	0	1
建物内で死亡(＃)	3	1	0	4
飛び降り死亡(＃)	0	0	0	10

ほとんどの場合、階段より避難しているが、複合用途ビルだけは階段以外からの脱出や救助されるケースが多い。これは前述のように、火災に気付いた時には階段に煙が充満していて階段以外に逃げ道を求めるしか手段が残っていないことが多いためである。したがって、複合用途ビル火災での従業員の死亡は、ほとんどの場合、火災に気付くのが遅れたためである。

旅館・ホテルで従業員の死亡したケースが2件あるが、これらは客の誘導や消火に手間取っているうちに逃げ遅れたためである。

5. あとがき

過去に起きた死者を出した火災時の従業員の行動を調べた結果、病院の火災を除くと、従業員の第1次行動として客の避難誘導を行ったケースがほとんどないことがわかった。このことが、多くの場合、死者を出すに至った原因となっているものと考えられる。従業員一人一人が、客の生命を預かっているのだという意識を持ち、普段からいざという時の手順を考えて置かなければ、火災時に適切な行動をとることができないであろう。

参考文献

- 1) 神 忠久：火災№137(1982)

— 刺激性の強い煙の中での見え方 —

榊 憲 久

自治省消防庁消防研究所・工学博士

1. まえがき

避難路での煙の存在は、火災時の避難者にとって、まず見越し距離を低下させる。これによる心理的動揺、さらには見越し距離の低下に伴う歩行速度の低下も心理的な動揺を引起す。このように煙中での見越し距離は、避難行動に大きな影響を与える。また、煙の中には避難者の目やのどを強く刺激するものがある。このような煙中では涙が多量に流れ出て、対象物がゆがんで見えるため、同じ濃さの煙中でも煙の刺激性の有無により見越し距離が大幅に異なる場合が生ずる。

そこで、今回は刺激性の強い煙と比較的刺激性の弱い煙の中での見え方の差異について調べた実験結果を紹介する。¹⁾

2. 煙濃度と見越し距離

光源を内蔵した発光形標識の煙の中での見越し距離 (V) は下記により表わされる。すなわち、

$$V \approx \frac{1}{C_s} \ln \frac{B_{E0}}{\delta_c k L}$$

ここで、 C_s : 煙濃度 (減光係数 1/m)

B_{E0} : 標識の輝度 (cd/m²)

δ_c : 視認限界の輝度対比 (0.01~0.05)

k : 散乱係数/減光係数 (0.4~1.0)

L : 照明光の散乱による煙の輝度 (cd/m²)

また、反射板形標識の見越し距離 (V) は

$$V \approx \frac{1}{C_s} \ln \frac{\alpha}{\delta_c k}$$

ここで、 α : 反射板形標識の反射率
で示される。

発光形標識を煙の満たした箱の中に入れ、箱外

からガラス越しに標識を見たときの煙濃度と見越し距離との関係を求めたものを図1に示す。煙濃度 (C_s) と見越し距離 (V) との間には $C_s \times V \approx \text{const.}$ なる関係が成立していることがわかる。また、図1では標識の輝度の違い、および黒煙と白煙との違いによる見越し距離の差異についても示してある。一方、反射板標識の場合も $C_s \times V \approx \text{const.}$ なる関係が成立する。このときの積の値は、主に標識の反射率及び周囲とのコントラストにより定まる。これらの結果から煙中での見越し距離 (V) は簡略化すると

発光形標識では $V = (5 \sim 10) / C_s$ (m) ……(1)

反射板標識では $V = (2 \sim 4) / C_s$ (m) ……(2)

で示される。なお、廊下、階段等避難路の見越し距離は、反射率やコントラストを考慮すると $C_s \times V$ の積が1~2ぐらいと考えてよい。

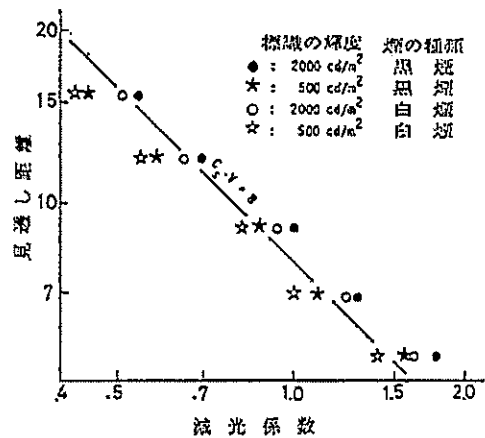


図1 発光形標識の視認限界の見越し距離と煙濃度

以前、20mの長さの廊下の一端に小形誘導灯を設置し、被験者が実際に煙の中に入り見越し距離を求めた実験例を図2に示す。実験に用いた煙は

2種類で、1つは刺激性の強い白煙で、木材をくん焼きみに燃やすことにより、もう1種類は、刺激性の比較的弱い黒煙で、灯油を燃やすことにより発生させた。

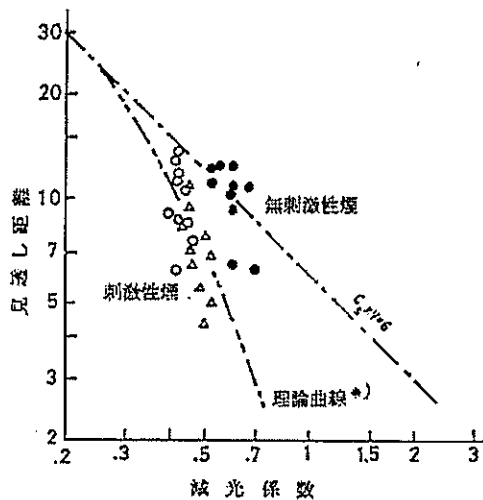


図2 刺激性および無刺激性煙中での誘導灯の文字の判読限界の見透し距離
*) 本文参照

この実験では誘導灯の表示面の文字「非常口」の判読できる限界の見透し距離を求める実験を行ったが、図2に示すように無刺激性の煙中でしか、 $C_s \times V = \text{const.}$ なる関係が成立しないことがわかった。刺激性の煙中では、煙濃度がある値以上になると急激に見透し距離が低下する。これは、煙の刺激性のために涙が激しく流れ出て、誘導灯の文字がゆがんで見えるためである。

前述の実験では、誘導灯の「非常口」の文字を判読させたので、この結果から煙中での見透し距離への刺激性の影響についての一般的な結論を得ることはむずかしい。そこで今回の実験では、視標にランドルト環視力表を用い、刺激性の強い煙中で視力が煙濃度により、どのように変化するかを測定した。

3. 実験方法

実験は、図3に示すように約18㎡の大きさの実験室で行った。この実験室で木材のチップを電気

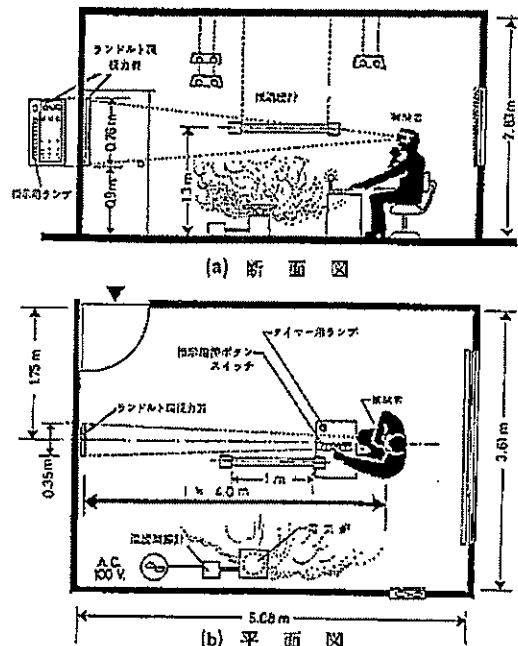


図3 実験装置略図

炉でくん焼きさせ、刺激性の強い白煙を発生させた。煙の発生速度は、毎分約0.05/m(減光係数)で行った。

女性1名を含む12名の被験者の年齢は20~30歳で、視力1.0以上の標準視力を有している者を選んだ。実験は2つの条件下で行った。すなわち、第1条件下では被験者は目を刺激性の煙から保護するために、十分にシールされたスキー用のゴーグルを着装しての実験であり、第2の条件下では被験者は全くシールされていないゴーグルを着装しての実験である。両ゴーグルは全く同一のものであるが、後者のゴーグルのフレームには幾つかの穴が開けられており、刺激性の煙が自由に目に入るような構造になっている。以後の記述では、この実験を「ゴーグルなし」としている。被験者は、両実験の場合ともタオルを口と鼻に当てた。これにより呼吸する煙の濃度を実験室内の濃度の1/4以下におさえることができる。

被験者はゴーグルを着装し1~2分ごとに1回の割合で実験室に入り、ランドルト環視力表から4m離れたところに置かれた椅子に座わる。机の

上には押ボタンスイッチがあり、そのスイッチを押すことにより、ランドルト環の確認できる位置のランプが点灯すると同時に、その位置が実験室の外で記録されるようになっている(写真1参照)。被験者は、30秒間椅子に座わって待った後視力表の確認できる位置を押ボタンで答え、実験室外に出る。次に、もう一つのゴーグルを着装し、再び実験室に入り、この操作をくり返す。煙濃度は、視力表と同じ高さ(1.3m)で連続測定しており、15分間の実験時間中、ゆっくり上昇しているのが記録された。



写真1 実験中の被験者

実験室内の明るさは通常の照明状態にあり、視力表の表面での水平方向の照度は約640 lx また、被験者の位置から輝度計により測定した輝度は約150cd/m²(比視感度特性)であった。なお、これらの値は、煙が室内に充満しても5%程度しか減衰しなかった。これは、白煙の場合には光をほとんど散乱させ、吸収しないためである。

4. 実験結果と考察

煙の濃度を増加させたときの12名の被験者のみかけの平均視力の低下を図4に実線で示す。煙濃度が減光係数で0.2/mを超える頃から視力は、煙濃度に従い、ほぼ直線的に低下している。煙中の視力の低下は、煙粒子により、視標が物理的にさざぎられることと、煙の化学的性質、特に刺激性物質の介在によるものである。刺激性の成分は激しい涙を生じさせ、これにより視力を低下さ

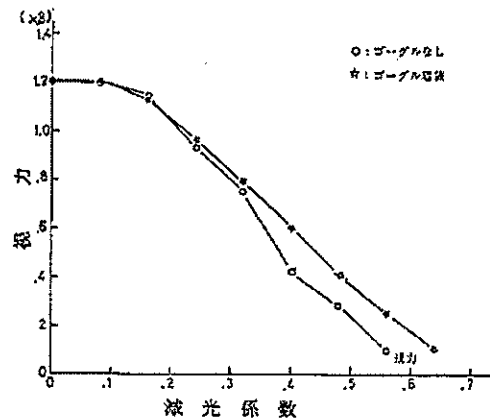


図4 刺激性煙中での視力およびまばたき回数の変化と煙濃度

せる。

煙濃度が0.2/mを超えてからの領域においては、ゴーグルなしの場合の刺激性の煙中での視力の減衰率は、ゴーグル装着時に比べ約15%大きい。このことは、煙の刺激性の影響は煙濃度が濃くなるほど大きくなることを意味している。

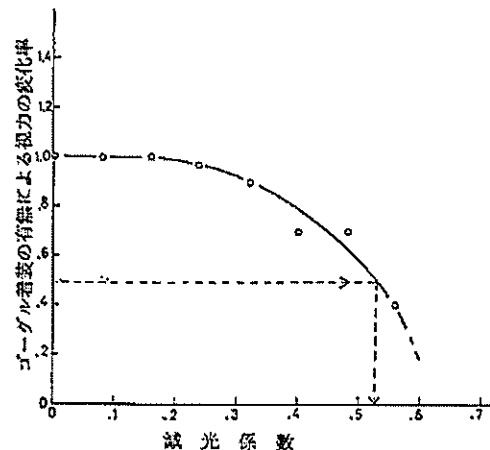


図5 ゴーグル着装の有無による視力およびまばたき回数の変化率と煙濃度

ゴーグルの着装していないときの視力と着装しているときの視力の比を求めた結果を図5に実線で示す。煙濃度が減光係数で0.25/mぐらまでは両者の比が、ほぼ1.0である。すなわち、この領域では、ゴーグルの有無による視力の差はほとんど認められない。しかし煙濃度が、0.25/mを超えてからは両者の比が1より急激に小さくなっ

ており、煙濃度が約 0.52/m では視力は煙のないときの半分になってしまう。これは煙の粒子に遮えぎられることによって生ずるみかけの視力の低下と煙の刺激によって生ずる視力の低下の値が等しくなったことであり、これより濃い煙濃度の領域では煙の刺激性によって生ずる視力の低下が、前者によって生ずるものを上まわることを意味している。

このことは、濃い煙中を避難する際、ゴーグルを着装することにより煙の刺激性によって生ずる見越し距離の低下を防ぐことのできることを示唆している。

Weber-Fechner によると、刺激の強さが等比級数的に増加するときの感覚の大きさは等差級数的に増加するとある。そこで、本実験における視力 (S) と刺激の強さ (C_s) とに対し Weber-Fechner の法則を適用すると、 $S = A - B \log C_s$ なる関係が成立するものと考えられる。図 6 は、実験で得られた相対視力 (S) と減光係数 C_s (但し $C_s \geq 0.25/m$ の領域) との関係を片対数にプロットしたものである。測定値はほぼ直線で近似でき、煙の刺激性による視力の低下は次式により示すことができる。すなわち

$$S = 0.133 - 1.47 \log C_s \dots\dots\dots (3)$$

煙の中での見越し距離 (V) の低下は、煙の粒子

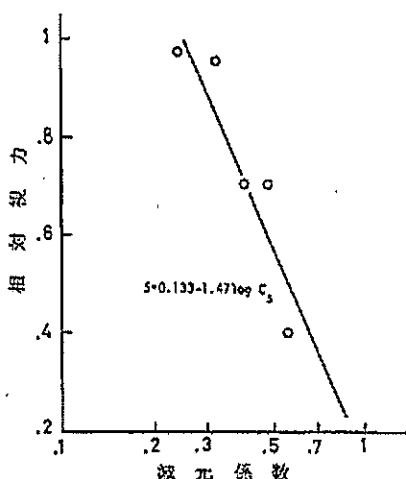


図 6 煙の刺激性による視力の低下率

が物体を遮えぎることによる見かけの視力の低下と煙の刺激性のために生理的に視力が低下することによるので、木材のくん焼煙のような刺激性の強い煙の中での見越し距離は次の 2 つの式により近似できる。すなわち、

$$V_1 = C/C_s \dots\dots\dots (4)$$

(但し $0.1 \leq C_s \leq 0.25$ のとき)

$$V_2 = C/C_s \cdot (0.133 - 1.47 \log_{10} C_s) \dots\dots (5)$$

(但し $C_s \geq 0.25$ のとき)

なお、上記近似式 (4)、(5) は、極端に薄い煙濃度 ($C_s \leq 0.1$) および極端に濃い濃度、すなわち $V_2 < 0$ の領域では適用できない。また (4)、(5) 式の定数 C は物体の輝度やコントラスト、さらには確認しようとする表面の内容等に依存する。

以前実施した刺激性および無刺激性の煙中での見越し距離の実験値に (4)、(5) 式を適用した結果を図 2 に 2 点破線で示してある。理論曲線は、おおむね実験値と一致している。なお、このときの (4)、(5) 式の定数 C は 6.0 とした。木材のくん焼以外の煙の中での見越し距離は (4) 式と (5) 式の間接値を示すものと考えてよい。

5. あとがき

今回の実験を得られた主なる結論は、刺激性の強い煙の中での見越し距離は、煙の濃度の薄い領域では煙の物理的性質によるものが支配的であるが、高煙濃度領域になると前者よりは刺激性 (生理的) による影響の方が支配的となる。また、火災の煙の中を避難する際、呼吸保護具の他に、ゴーグル等による目の保護が、煙の刺激性による視力の低下を防ぎ、避難行動を容易にさせることがわかった。

参考文献

- 1) 神 忠久, 山田常圭: 照明学会誌第 70 巻, 第 1 号, P 19 (昭和 61 年)

煙の話 (16)

——音による避難誘導について——

榊 憲 久

自洽省消防庁消防研究所・工学博士

1. まえがき

煙の中でも誘導灯がよく見えるようにするため誘導灯の大形化、表示面の高輝度化、さらにキセノンランプを誘導灯に付加し、火災時に、そのせん光により煙の中でも誘導灯の存在がよくわかるような方法をとってきた。

しかし、濃煙中では、キセノンのせん光ですら見えなくなる。しょせん火災時の濃煙に光で立ち向かうことは無理なのである。

一方、現実の火災では非常口まで、あと一步という所で倒れているケースが時々見受けられる。これらの人にとって、直ぐ近くに非常口のあることを知ったならば最後の力をふりしぼり非常口までたどり着けたかも知れない。

そこで考え出したのが音による避難誘導である。音は濃煙中でも減衰することはない。ただ、音の欠点としては、大きな音を発すると反響音により音の方向がわからなくなることである。しかし、非常口より数m以内の避難者を誘導するためにはそれ程大きな音は必要ない。

今回は、誘導音の付いた誘導灯の誕生するまでの経過や基礎実験等について紹介する!

2. 音による避難誘導

我々は両耳の働きにより音源の方向をかなり正確に知ることができ、水平面では、わずか1度の方向違いさえも弁別することができる。聴覚の神経生理学的知見によれば、聴覚の神経細胞の中には、(1)音の始まったときのみ応答する、(2)音の終わったときのみ応答する、(3)音の周波数が増減したときのみ応答する、等の性質のものが数多く観測

されている。これらの生理学的な基礎データ及び多くの心理実験結果から騒音の中においても知覚されやすい音響信号の条件として次のような事項が考えられる。

- ① 広い範囲の周波数成分を含むこと、或いは基本周波数の異った複合音の組合せであること。
- ② 音響信号の系列に短い休止区間を設けること(断続信号であること)。
- ③ 周波数成分が時間的に変動すること。

以上のように知覚されやすい音響信号、すなわち聞こえやすい音の条件は、文献からも知ることができる。しかし避難誘導のための音の条件としては、聞こえやすさと同時に誘導効果のあることが要求される。しかしながら、誘導効果のある音響信号についての研究はほとんどみあたらない。

3. 警報音と音声の組合せによる避難誘導音

誘導効果のある音響信号の条件を求めするために、20数種類の音響信号を作成し試聴してみた。試作した音響信号を11人の音響或いは防災の専門家が試聴したが、音響信号のみで避難誘導することはむずかしいとの結論を得た。例えば、或る音響信号を避難者が聞いた場合、避難者の中にはその音の出ている場所を安全域と考える人と、それとは全く逆に危険域と考える人が出てくる可能性もあるためである。そこで、前述の20数種類の音響信号の中から6種類選び警報音(前置音)とし、この音響信号と女性アナウンサーの音声とを組合せ試聴した結果、次のような結論を得た。すなわち、① アナウンス内容は「非常口はこちらです」だけでよい。これは短い文章を繰り返すことによって聞きもらす可能性を少なくするためである。

- ② 警報音の長さは5秒以内にし、音声は2回繰り返すこと。
- ③ 音声は女性の声とする。その理由としては、煙もまだ少なく、避難者が混乱していない火災初期においては、迫力のある男性の声より、明瞭度の高い女性の声の方が有効と考えられるからである。
- ④ 警報音（前置音）と音声との間、および音声の文と文との間の時間が長過ぎると間のびした感じになり、反対に時間が短かすぎると切迫感が強く現われるので、それぞれの時間間隔が重要な要素となる。

4. 実験

4.1 実験目的

6種類の避難誘導音（警報音+音声）の中から火災環境のノイズの中で最も有効なものを選び出すこと。および、最小限必要とする音の大きさ（音圧）を決定するための実験を行った。

4.2 実験に用いた場所

大きさ60m×20mの大部屋（開所前の市役所庁舎）

4.3 実験に用いた避難誘導音

実験に用いた避難誘導音は6種類で、いずれも最初の5秒間ぐらいの間は警報音が鳴動し、その後「非常口はこちらです。非常口はこちらです」の女性アナウンサーの声を組合せたもので構成されている。No.1の警報音は印象（聴感）としては金属性の「ピー、ピー、ピー」の音である。No.2の警報音もNo.1の音と同様周波数一定の断続音であるが、周波数成分が1.6KHzの整数倍になっていること、鳴動時間および休止時間が短くなっていることが異なる。音の印象としてはNo.1の警報音のトーンを高く、時間を短かくした感じで「ピッ、ピッ、ピッ…」の音である。No.3の警報音は、チャイム音「ピン・ポーン」の音である。No.4の警報音は、No.3と同様チャイム音であるが、高い周波数成分がNo.3の音に比べて少ない。したがって音の印象としては「カッコー」の鳴き声に近い。

No.5の警報音は、周波数が一定の断続音であるが、休止時間がだんだん短くなっている。音色は金属性であるが、卓球のボールを床に落したときのような印象の音である。No.6の警報音は、休止時間一定の断続音ではあるが、周波数が変化する音である。これは、非常放送設備に組み込まれている電子サイレンのような音である。

4.4 実験方法および被験者

(1) 第1実験

6種類の避難誘導音を火災報知器のベルの鳴動中の大部屋の両端に設置したスピーカから発し、音源から1m離れたところで音圧を90dB、80dB、および70dB（A特性）と変化させたとき、それぞれの避難誘導音が被験者にどの程度理解できるかを求めた。

被験者は12名で、音響、或いは防災の専門家である。また、実験開始前にそれぞれの避難誘導音を数回繰返して聞いてもらい、予め、内容を十分に理解してもらった。なお、火災報知器のベルの音圧は音源から1mの距離で90dBであったが、大部屋の10ヶ所の平均値は72dB、暗騒音は46dB（いずれもA特性）であった。

(2) 第2実験

この実験では、6種類の避難誘導音のうち、どれが火災時の避難誘導音に適しているかを求めた。被験者は男女大学生と一般人であり、被験者の年齢は、大学生が20才代前半、一般人が30～40才代である。火災報知器のベルの鳴動の有無による聞こえ方の差異を求めるために被験者を2つのグループに分け、第1のグループはベルの鳴動していない状態で、他のグループはベルの鳴動している状態で実験を行った。なお、実験前に、予め各避難誘導音を被験者に聞かせ、その内容を理解させた。

避難誘導音は、第1実験と同様に6種類で、大部屋の両端に設置したスピーカにより1mの距離での音圧を90dB（A特性）で発した。この音圧は火災報知器のベルの音圧にほぼ同じ大きさであ

る。

被験者25人(または26人)を大部屋にはほぼ均一に散らばらせ、それぞれの避難誘導音をどのように感じたかを、図-1に示すようなアンケート用紙で回答してもらった。記入項目は10項目で、それぞれの項目についての評価は5段階に分割してある。例えば、その避難誘導音が非常に明るいと感じた場合には、第1項目の最左欄に○印を、こ

音の種類 No. _____	性別 _____
ベル鳴動 (有・無)	年齢 _____
	職業 _____
明るい	暗い
進んだ	滞った
安心できる	不安な
こころよい	不快な
ひびく	ひびかない
切れがよい	切れが悪い
迫力がある	おとなしい
自然な	不自然な
目立ちやすい	目立ちにくい
好ましい	好ましくない
非常に やや どちらでもない	非常に やや

図-1 第2実験に用いた用紙

れと逆に非常に暗いと感じた場合には最右欄に○印を、どちらとも言えないときには中央の欄に○印をつける。

4.5 実験結果

(1) 第1実験

6種類の警報音および音声の音圧を変えたときの了解度の変化を図-2に示す。まず警報音の種類による了解度の差は比較的小さいことがわかる。警報音の音圧が90dB(1mの距離で)のとき、火災報知器の鳴動する中で、各警報器とも80%以上の人が完全に了解できている。このときの大部屋の中央での火災報知器のベルの音圧は約72dBあり、これに対し警報音の方はピークで、約66dBで、ベルの音圧より約6dB低かったが、充分了解できている。しかし警報音の音圧を音源から1mの距離で80dBに下げると40~50%の人だけ、さらに警報音を70dBまで下げると完全に了解できているのは約10%の人だけとなった。

図-3のグラフは音声の了解度についてまとめたものである。音声はどの警報音の場合も同じものを使用しているので、図-3のグラフは6回の音声(6種類の警報音の後の音声)のデータの平均値を示してある。

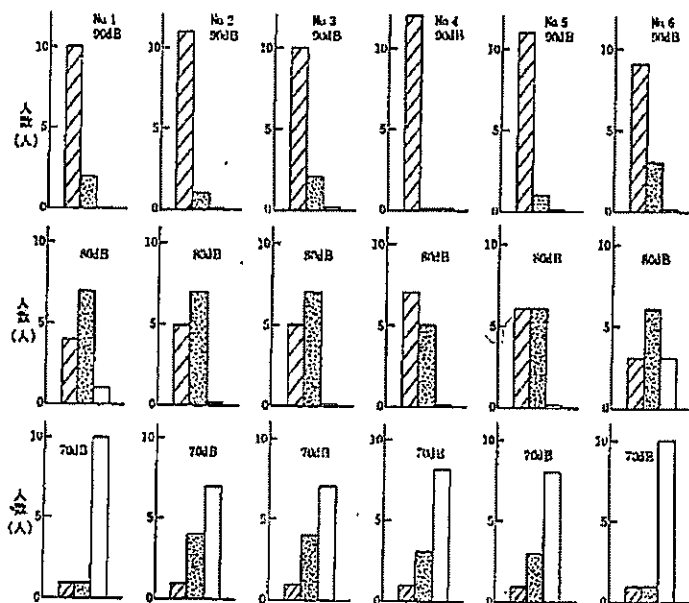


図-2 各避難誘導音の警報音の音圧を変えたときの了解度

音声の音圧が音源から1mの距離で90dBの場合、図-3に示すように火災報知器のベルが鳴動中でも全員、音声の内容が了解できている。しかし音圧を80dBに下げると音声の内容が完全に了解できている人は10数%の人達だけ、さらに70dBまで下げると完全に了解できる人は皆無となり、音圧を下げたときの了解度への影響は警報音のときより大きかった。このことから、警報音と音声との組合せが避難誘導音として有効であることがわかる。

上記の実験結果より、火災報知

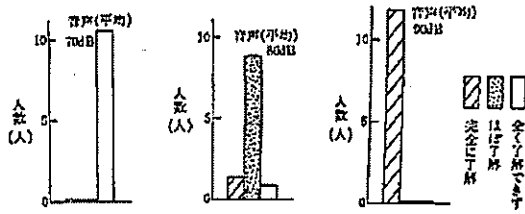


図-3 誘導音声の音圧を変えたときの了解度

器のベルの鳴動中でも避難誘導音の音圧が音源より1mの距離で90dB(A特性)あれば、内容が充分了解できるものと考えられる。

(2) 第2実験

図-1のアンケート用紙の回答欄中、最左欄に○印をつけたものに5点、左から2番目の欄に○印をつけたものに4点……、左から5番目、すなわち最右欄の場合には1点を、それぞれ配点し、避難誘導音の種類、或いは質問項目別に集計を行った。その結果を図-4に示す。

図-4は、6種類の避難誘導音が、それぞれ、

どのような印象(聴感)を持っているかを示したものである。また図には、火災報知器のベル鳴動の有無による評価値の差異も示してあるが、ベル鳴動の影響がほとんど現われていないことがわかる。6種類の避難誘導音の主たる印象を示す。

(Na 1の避難誘導音)：明るさ、清澄さ、歯切れのよさ、目立ちやすさの点で秀れている。また避難誘導音としての好ましさの評価も高い。

(Na 2の避難誘導音)：全般的に各印象(聴感)の評価値が低い。

(Na 3の避難誘導音)：明るさ、清澄さ、快よさなどの点で秀れているが、迫力が多少欠けている。

(Na 4の避難誘導音)：Na 3と同様、明るさ、清澄さ、快よさの点で秀れているが、迫力の点で多少欠けている。

(Na 5の避難誘導音)：全般的に印象の諸評価が低く、不安、不快さ、不自然さの印象を少しも

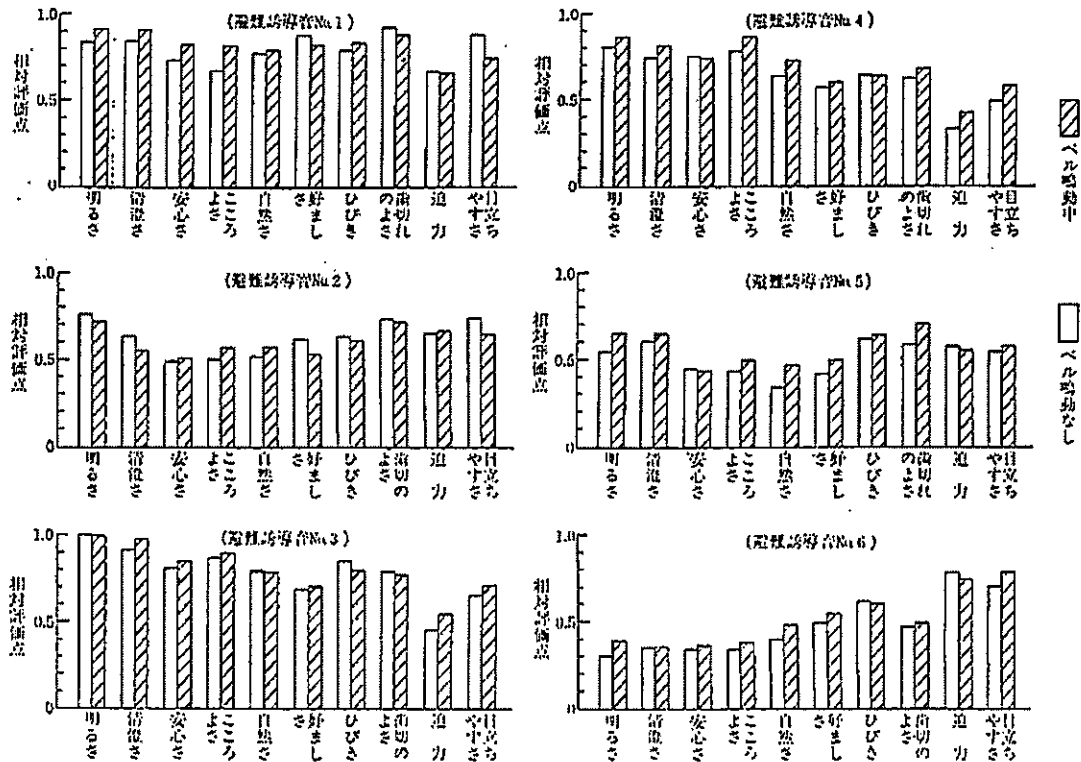


図-4 火災報知器のベル鳴動の有無中での各避難誘導音の印象(聴感)

っている。

(No 6 の避難誘導音) : 迫力, 目立ちやすさに関しては幾分秀れているが, 一方では, 暗い, 濁った, 不快さの印象をもっている。

上記のように評価値のうち, 明るさ, 清澄さ, 快よさ等を重視するならば, 避難誘導音として秀れているのはNo 1, No 3, およびNo 4 の音である。また, この考え方とは全く逆に, 迫力, 目立ちやすさを重視するならばNo 6 の音がよいことになる。しかし, 避難誘導音として好ましいのは, 明るさ, 清澄さ, 快よさ等の印象と同時に迫力のある, 目立ちやすさの印象をもっていなければならないと考えられる。なお, 男女の別による差異はほとんどなかった。

4.6 各避難誘導音の心理空間上の配置

Kruskal の多次元尺度構成法により各避難誘導音の心理空間上の配置を求めた。その結果を図-5 に示す。相互の距離の近い音ほど印象が似ていることを示す。また図の中心から矢印の方向へ進むほど各形容語の示す印象が強くなる。図-5 からNo 1 とNo 2 の避難誘導音, No 3 とNo 4 の避難誘導音の印象が似ていることがわかる。すなわち, No 1 とNo 2 の音はいずれも周波数が一定の断続音で目立ちやすさが秀れている点が共通している。No 3 の避難誘導音はチャイム音のピン・ポーンに近い音であり, No 4 の避難誘導音も同様のチャイム音でカッコーの鳴き声に近い音である。いずれも我々の身の回りにある音であり, 自然さの他に, 明るさ, 清澄さ, 快よさが秀れている点が共通している。またNo 5 とNo 6 の避難誘導音の比較では, 前者が断続音の休止時間の変わる点, 後者は周波数の変わる点が共通しており, 迫力の点で秀れているが, 快よさ, 自然さなどに欠陥が認められる。

実験に用いた各聴感を示す形容語の相互関係の心理空間を示したものを図-6 に示す。空間上の距離が心理的距離に対応している。避難誘導音としての「好ましき」は, 「歯切れのよき」, 「目

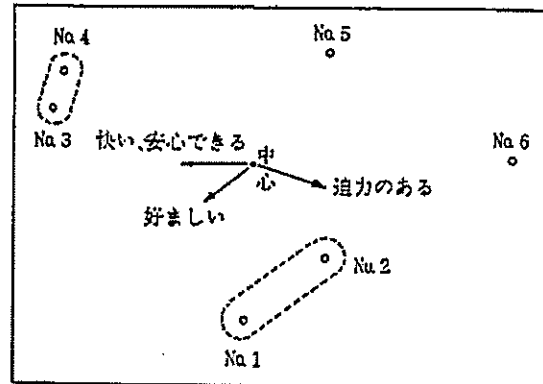


図-5 各避難誘導音の心理空間上の配置

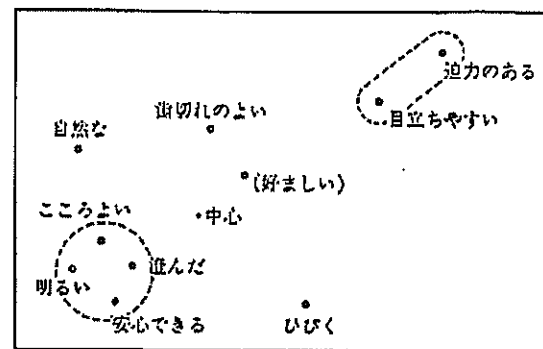


図-6 実験に用いた聴感を示す各形容語の相互関係の心理空間上の配置

立ちやすさ」, 「ひびき」, 「安心さ」などのほぼ中心に位置している。特に「目立ちやすさ」と「安心さ」とは全く反対の性質をもっており, 「好ましき」は両者の妥協点に位置している。このことは両性質とも避難誘導音に望まれる要素ではあるが, 両者の性質をもった音を作ることは理論的に困難であることを意味している。

5. 考察

実験結果および音の心理空間分析の結果, 避難誘導音にふさわしいものとしては, No 1, No 3, No 4 およびNo 6 の音が考えられる。しかし上記4種類のうちNo 6 の音は建物内で消防機器の警報音としてすでに使用されており, またNo 1 の音も近い将来使用される可能性があり両音とも避難誘導音に用いることは適当でない。次にNo 3 とNo 4 の音を比較してみた場合, 図-5 に示されているよ

うに心理空間分析の結果では両警報音とも音の印象（聴感）が非常に似ている。一方第2実験の結果では、No.3の音の方がNo.4の音より幾分評価がよい。したがって、避難誘導音としてはNo.3の音を採用することが妥当であるとの結論を得た。

なお、実験の結果から実用機器の音圧を音源から1mの距離で90dB（A特性）以上と定めたが、建物の構造によっては反響音が大きすぎて音源の位置がわかりにくかったり、あるいは、2カ所以上の避難口が比較的近いところにある場合は、誘導音がお互いに干渉し合い内容が聞き取れないことも考えられる。このような場合には、機器の設置位置や、スピーカーの音量を調整することも必要である。

6. あとがき

約20年前に当工業会のお手伝いを頂き、誘導灯

の見え方に関する実験を行ったが、その際の思い出を記したものを1～2回程度投稿するつもりだったのがつつい長くなってしまいました。

煙の中での誘導灯の見え方や歩行速度等の実験より始まった一連の研究で数多くの成果を上げることができましたが、この間、会員の皆様には幾度となく実験にお手伝い頂き、あるいは機材を提供して頂いたことに対し、心から感謝しております。

新しい誘導灯の開発研究は現在も着々と進行しております。これらについての紹介は次の機会にゆずりたいと思っております。

参考文献

- 1) 神 忠久, 大串健吾: 火災誌 Vol 36, No 1 (1986)