

## 煙の話(1)

### 一煙に巻かれたときの心理状態一

神 憲 久

自治省消防庁消防研究所・工学博士

#### 1. まえがき

昭和40年ごろより20年間以上にわたり火災時の煙の研究をしてきましたが、その成果を実社会に役立たせるための研究の一端として誘導灯に関する研究も続けてきました。したがって、当工業会とのつきあひも古く、昭和44年から続いています。特に、工業会の皆様にお手伝いいただいた火災の煙の中での誘導灯の見え方についての実験（換言すれば人体実験とも言えますが）は日本のみならず世界でも初めての試みだと思ひます。そのため、ここで得られた貴重なデータは現在でも国内外で引用されています。

このたび、工業会のご好意により、これまでの研究成果の解説や関連した話題を連載させていただくことになりました。今回は、火災実験中に私自身煙に巻かれ、「もうだめかなあ」と思った時の体験談、正確に言うと失敗談と言うこととなりますが、と実際の火災時に頑強な気力で煙の中から脱出した老婦人の話を紹介します。

#### 2. 煙の研究のきっかけ

私が煙の研究を始めた昭和40年ごろは、今でいう、ビル火災という「煙死」を連想する時代ではなく、ビル火災で亡くなる人が多くなってきたのでもっと煙の研究をしなければならぬという感じでした。その頃、東京消防庁が中心となり約2年間にわたり数カ所のビルで火災実験を行いました。この実験には消防研究所の他建築研究所、各大学等が参加した大規模なものでした。一連の実験で、私は煙の濃度を測るのを手伝わせられたのですが、上司の勧めもありその際、煙濃度と標

識の見え方との関係を調べてみることにしました。ところが、煙の中での見え方は煙の濃度だけでは決まらず、データをまとめるのにかなり苦労しました。この苦労と同時に煙の研究のおもしろさにも心を引かれ、それ以来今日まで煙の研究を続けてきたわけです。

#### 3. 煙の中での感覚

煙の研究での最終目的は、煙に巻かれた人がどのようにすれば助かるのか、あるいは、煙に巻かれかかった人をどのようにして助けるかにあるわけですが、そう簡単に答の出るような問題ではありません。

火災で煙に巻かれると人はどのような心理状態になるのか、また、どのような行動をとるのかを調べる一番簡単な方法は、大きな火災で命からがら逃げてきた人から直接話を聞くことです。しかし残念なことに、そのような人達の話を聞いてもほとんどの人は夢中で避難しているため途中の避難経路や時間経過がほとんどわからず、あまり研究に役立ちませんでした。

幸い、消防研究所には全館煙を充満させられる実験棟があります。そこで、建物に煙を充満させ、その中へ人に入ってもらい、どのくらい濃い煙になったらドキドキするのか、煙の中を歩くときのスピードは、方向感覚はどうなるのかを実験したのです。いわゆる人体実験を始めたわけです。

私自身、煙の中での実験を繰返しているうちに、煙になれて、かなり濃い煙の中でも平気でいられるようになりました。そのうちに「どれくらい濃い煙まで我慢できるか一度試してみたいものだ」と思うようになり、ある日、実行してみたのです。

それも、その建物に自分一人しかいないときに。

建物の中で灯油を燃したところ、数分で足もとも見えなくなる程の濃さの煙になり、まもなく自分の手が20cmぐらいまで近づけないと見えないうらい濃くなりました。“まだ我慢できるが、この辺で止めよう。”と思い、約5mほど離れたいつもは開けっ放しで使っているドアのところへ行きノブに手をかけました。ところが、そのノブが壊れており、いつもはドライバーでこじ開けながら使っていたのを忘れていたのです。人には魔がさすときがあるもので、こういう実験は絶対、一人でやってはいけないという鉄則を無視した上、壊れているドアも締めてしまうという二つのミスをしてしまったのです。

最初、手でドアをこじ開けようとしたが開くわけがないので、更に約5m離れたもう一つのドアのところへ行きました。ところが何回か手探ぐりで探したのですが、ノブが見つからないのです。このときの視界はもう10cm位まで低下しており、扉(壁?)に目を近づけても全く見えないのです。

そこで、普段は使っていないドアがもう5mぐらい先にあるので、そこへ行こうと少し歩き始めたのです。しかし、“待てよ、常時使っているドアでも見つけられないのに、先まで行ってドアが探せなかったら、もうおしまいだなあ。”と一瞬思いました。次の瞬間、体の全部の血が頭に上るような感じになり、ものすごい動揺が始まったのです。

“落着こう、こういうときこそ落着かなくちゃ。”と自分に言い聞かせたのですが、全く効き目がなく、ただ右往左往するばかりで、全く、ものが考えられなくなったのです。後で思ったのですが、煙に巻かれたとき、出口の状態を含めた避難経路を十分にわかっていないとこのようになるような感じになるのかなあと。すなわち、自分の行動が確かなうちはよいのですが、“駄目かなあ。”と思った瞬間から自分を失ってしまうようです。

結局、その場所にとどまり、今度は両手でドアのノブを探し、やっとのことでノブを探し出しま

した。ノブのある位置だと思っていたところが蝶つがいのところだったので。煙の中をわずか5m位歩くと間にドアの幅、90cmもずれていたのです。

最近は多くの方が、旅館やホテルに行ったとき誘導灯を見て非常口の方向を確認しているようですが、実際に、非常口のところまで歩いて行き確認する人は、まだ少ないようです。自分の部屋から非常口まで歩き、かつ、ドアを開いて見る習慣を付けることの重要性を身をもって体験したわけです。

#### 4. 極限状態の心理

次に、道路トンネルでの失敗例を紹介します。関越トンネルは11.3km、恵那山トンネルは8.6kmと最近、長い道路トンネルが数多くなりました。建物の場合には20mか30mで出口がありますが、道路トンネルの場合には出口まで何kmも歩かなければなりません。そういう所で自動車火災事故があり多量の煙が出たらどうなるのか。このようなところでの避難対策は非常にむずかしい問題です。そのため日本道路公団から避難対策についてかなり以前から相談を受けていました。そこで、大型バス一台燃えたとき、どの程度の煙が出るのか、またどの位の速さで煙がトンネル内を拡がるのかを調べてみることにしたわけです。

実験は長さ2kmのトンネルで行い、種々の測定を行いました。そのうちの一つである煙の先端の拡がる速さの測定は車に乗り煙の先端を追いながら出口へ向うことにより測定したのです。車で走っている内に、かまぼこ型の出口が見えてくると同時にトンネルの壁面の標示板が見えてきました。最近の新しいトンネルでは、約200m間隔に内照式の標示板があり、進行方向では200mで出口、後方は1800mで出口と表示されています。あと200mで出口の標示板を見て、建物内では大変だが、道路トンネルは真直だから大丈夫だろうと思い、車から降りてもらい一人で出口に向い歩き始めました。

車が去ると煙があっという間に濃くなり、今まで見えていた出口が10秒もしないうちに見えなくなり、足もとすら見えなくなりました。「出過ぎたことをした。止めれば良かった。」と後悔したがもう遅い。とにかく200m歩かなければ出られないのです。

仕方なく歩き始めたのですが、濃い煙の中を歩くには足を地面にするようにしないと歩けないものなのです。普通の歩行速度は一秒間に1.0～1.2mですが、煙の中では一秒間に0.5m以下になります。この速度だと出口まで6～7分かかることになります。また、このような歩き方だとかかなり疲れる上、精神的にも不安な状態になりました。更に、具合の悪いことに軍手をマスク代りにしていたのですが、煙で目詰りを起こし息ができないため使用できなくなったのです。こんな調子で「出口までたどりつけるのかなあ。」と思ったときの不安と苦痛は言葉では言い現わせないほどでした。

それでも、何とか歩き続け、そろそろ出口の見えるところかなあと思ったころ、突然、壁面に標示板が見えたのです。200mに一つしかない標示板がどうしてまた出てきたのかなあと思い、近づいて見ると、なんとあと200m出口と書いてあったのです。つまり、車から降りた所は出口から400m先の所だったのです。それを見た瞬間、これほど苦しい目にあっただのにまだ半分かと思ったら、「もういいや、この辺でサヨウナラしよう。」という気持ちになり、膝の力がスーッと抜け、くずれそうになりました。そのとき、火災で亡くなる人達は、最初は苦しいかも知れないが、あきらめたときには割合楽に死ぬるものかも知れないなあ、と感じました。

次に思い浮んだのは、俗に言う親とか、子供の顔ではなく、明日の新聞の見出しのことです。「煙の専門家(?)が煙の中で倒れる。」では「なんとみっともないことか」と、このことを思い浮べたとたん「こんなところで死んでたまるか」という気になり、その気力だけでまた歩き始めたのです。

なんとか出口にたどりつけたのですが、他の人達は助けに行く方法もなく右往左往するだけだったそうです。ちなみに、もう一度トンネル内に入ってみました。出口から20mぐらい進めただけでした。火災時の煙の中での避難では前述の避難経路をあらかじめ知っておくと同時に、気力が生死を大きく左右するものと思われます。このことは、次に紹介するホテル火災で気力で煙の中を脱出した例からも想像できるかと思います。

## 5. ホテル火災での脱出事例

昭和56年11月、川治プリンスホテルの火災で、宿泊客の老人が45人も亡くなりました。それも午後3時ごろで、全員が起きていたときの火災でした。

この火災は、宿泊客のいた本館ではなく、別棟の風呂場から出火、廊下の天井を延焼して火と煙が本館に達し、本館の三階と四階にいた宿泊客の約半数が亡くなられ、そのほとんどが煙によるものでした。

四階のある六畳間の部屋に六人のおばあさんがいましたが、助かったのは二人だけですが、そのうちの一人の74才になるおばあさんの行動を紹介します。

その人が、たまたまトイレから出たら廊下から濃煙が入ってきて、その煙を一口吸ったら、グラグラとなり倒れたそうです。ここで余談になりますが、私の経験から煙の中では絶対に息を我慢しないこと。小さく、少しずつ息をしながら避難するのがコツです。大きく息を吸うと一発で倒れます。

話を元に戻しますが、このおばあさん、なかなかの気丈夫な方で、倒れながら持っていたタオルを口に当てたそうです。倒れながら、よくそこまで出来たものだと感心させられます。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。次に助かるにはどうすれば良いかを考えたのですが言うまでもないことですが、新鮮な空気を吸

なければなりません。そのためには窓のところへ行くしかない。しかし、昼間だというのにそのころには窓が見えない程煙が濃くなっていたそうです。それでも大体の方向がわかるので、おばあさんはタオルを口から離さずにはって窓の方へ行き、窓から顔を出したのですが、全然息が出来なかったそうです。

これは、煙の充満している部屋の窓からは、丁度、煙突のような状態で煙が噴き出します。そこへ顔を出しても、煙突の中に顔を突込むようなもので、全く息ができません。多分、このおばあさんもこのような状態だったものと思われま

す。ところが、このおばあさんは、窓枠から少し身を乗り出し、上半身を曲げ窓枠より顔を下にしたのです。窓から出た煙は上昇しますから、このようにすると息ができます。冷静というか、よくこれほどのことができたものだと思います。それと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。結局、農家のはしごを二つ

縄でゆわいたものを四階に延ばしてもらい、このおばあさんと偶然窓際にいた2人が助けられ、部屋にいた他の4人が亡くなっています。

## 6. あとがき

これまで数多くの火災事故を調査してきましたが、煙に巻かれ避難経路がわからなくなったが誘導灯を頼りに避難したという証言は聞けなかった。しかし、火災以前に誘導灯を見て非常口の位置をあらかじめ知っていたと答えた人は少なくない。このことから誘導灯は火災時にその役割をはたしていると言えよう。ただ、誘導灯を頼りに実際に非常口まで行って見ることの必要性が私の失敗談からわかっていただけたことと思う。さらに、火災時の生死に気力がいかに寄与するかについてもおわかりになったことと思う。

今回は「やわらかい話」(?)ばかりでしたが、次回からは多少学術的なことも混えた話題を取り上げる予定です。

## 煙の話(2)

### — 煙を捕える —

比 神 忠 久

自治省消防庁消防研究所・工学博士

#### 1. まえがき

火災時の煙の中で避難者が心理的に動揺するきっかけとなる一つは、煙による視界の低下と考えてよい。そこで、今回は、そもそも煙とはどのようなものなのかについて、これまでに筆者が行ってきた実験を基に解説する。

#### 2. 煙の粒子の大きさ

一般に、物が燃えたとき発生する燃焼生成物のうち、目に見える固体及び液体の微粒子を煙と呼んでいる。人間の目に見える物体の大きさは、約0.1ミクロン(1万分の1ミリ)以上のものである。

煙粒子はなかなか捕まらない。捕えたはずの煙粒子がいつの間にか煙のように消えてしまう、ことをしばしば経験する。これは、煙粒子、特に木材のくん焼煙(白煙、後述)の場合には粒子が蒸発しやすい成分からなっているためである。

それでは、どのようにすれば煙粒子を上手に捕えられるのだろうか。煙の粒子は非常に小さいので顕微鏡で拡大しないと見ることができない。普通の光学顕微鏡は最大600倍なので、煙粒子が、0.5ミクロンだとすれば顕微鏡を通して見ても0.3mm以下であり、これを写真に撮り、さらに引伸器で拡大しないと十分な大きさで見ることができない。

それじゃ、電子顕微鏡で見たらどうかと考える人も多いと思いますが、電子顕微鏡の内部は真空状態になっているので、この中に煙粒子を入れた(現実には煙を直接内部に入れるようなことはしないが、前処理の段階で真空容器に入れる)としても煙粒子が蒸発してしまい、抜けがらを見るだけでなんとも迫力がない。したがって、原形の状

態で煙の粒子を見ようとすると光学顕微鏡に頼らざるを得ないのである。

光学顕微鏡を使うにしても煙を蒸発させない方法を考えなくてはならない。種々工夫した結果、ガラス板に特殊な油を薄く塗り、このガラス

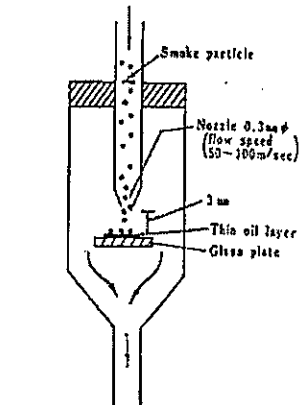


図1 煙粒子をガラス板に付着させるための装置

中に埋め込んでしまうことにより、煙粒子の蒸発を防いだ。装置の略図は図1に示すように非常に単純なものである。すなわち、直径約0.3mmのノズルから煙粒子を50~100m/secのスピードでガラス板に吹きつける方法である。

#### 3. 煙粒子の顕微鏡写真

上記の装置により捕えた木材をくん焼させたときの粒子の写真を図2に示す。木材をくすぶらすように燃やすと白い煙が発生する。簡単に言うと、たき火。のときに出る白い煙のことである。写真からわかるように木材のくん焼煙粒子は球形をしている。また、大きさは0.5~1.0ミクロン(0.5~1.0/1000ミリ)ぐらいである。なお、最近の研究では0.3ミクロンぐらいの大きさの粒子が最も多いとされている。この粒子の性質として、2つの粒子が衝突すると1個の球形粒子になってしまい、粒子の数が時間の経過と共にどんどん減ってしまう。これを凝集と言うが、木材のくん焼煙粒子は小さな液滴からできているためである。さら

図2 木材のくん焼煙（白煙）の  
顕微鏡写真

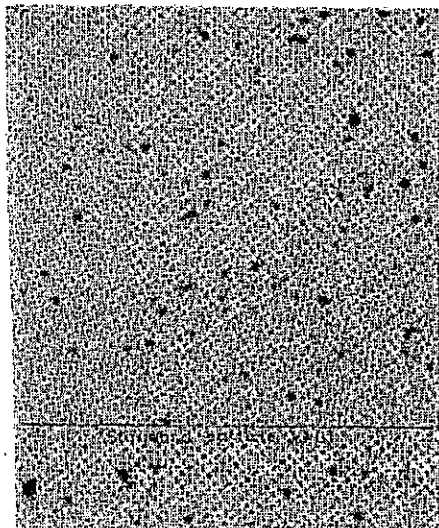
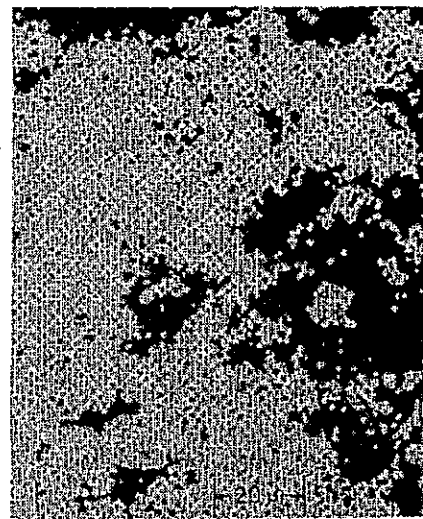


図3 木材の着炎煙（黒煙）の  
顕微鏡写真



に、この液滴の50%以上が揮発性成分からなっている。これらの性質が、煙のごとく消える、煙の本性とも言えよう。すなわち、凝集を繰返すことにより、粒子の数がどんどん少なくなり、かたや、蒸発により粒子が小さくなることである。

プラスチック材を燃やすと黒い煙が発生するが酸素の極端に少ない環境で燃やすと木材のように白い煙が発生する。このときの煙粒子は木材の場合と同様、球形状をした小さな液滴である。大きさも木材とほとんど同じか、やや大きい位である。

一方、木材が炎をあげて燃えるときの煙は黒色をしているが、これの顕微鏡写真を図3に示す。

黒煙の粒子は、白煙の粒子とは形状、大きさとも全く異なることがわかる。すなわち、黒煙粒子は形状が不定形であり、大きさも1ミクロンぐらいから数10ミクロンのものまで観測される。また、不定形の粒子の中には球形状の粒子が数個から数10個結合して出来上がったものがある。これらの粒子は固体で、白煙の粒子のような凝集（2つの粒子が結合して一つの球形粒子になる）を起さない。つまり、だんご状に結合しているだけである。また、固体であるため蒸発も起さない。プラスチック材が炎をあげて燃えたときの煙粒子、各種の油を燃やしたときに発生する煙粒子も木材の黒煙粒子と同じように不定形で固体である。

このように、形状や大きさだけから煙粒子をみると燃やす材料の違いよりは燃やし方による差の方が大きいと言えよう。

#### 4. 浮遊している煙粒子

世の中には、へそ曲りの人もいるもので、顕微鏡写真で捕えた煙粒子の写真を見せたところ、煙粒子を油膜に高速で衝突させたので、粒子が球形になったのではないかと、浮遊している煙の粒子は異った形状をしているじゃないかと。そんなことはあり得ないと否定したものの確固たる自信もなかったのです。そこで、浮遊状態の煙粒子の写真を撮ることを決心したのです。しかし、これを実施するためには解決しなければならない大きな問題がありました。最初は、煙を蓄えた箱の中に顕微鏡を入れてのぞいてみたが何も見えませんでした。これには二つの理由があります。その第一は顕微鏡の焦点深度の問題であります。簡単に言うと顕微鏡のピントの合う範囲は、カメラの場合と異なり非常に狭く、倍率600倍のときには0.1mm以下なのです。すなわち、わずか0.1mmの厚さの空間に煙粒子が存在するときだけしかピントが合わないのです。第二の問題は、煙がゆっくり動いていたとしても顕微鏡で見ると600倍の速さで動いていることとなります。例えば、粒子の動きが、

1秒間にわずか1mmだとしても顕微鏡を透かして見ると毎秒60cmの速さで動いているたに相当するわけで、一瞬のうちに顕微鏡の視野を通り過ぎ、実際には全く目にとまらないのである。

この二つの問題の解決にはかなりの職人的な高等技術が伴うためか、私の後、浮遊している煙粒子の写真を撮ったという話は聞いていない。最終的には、図4に示すような装置を作った。

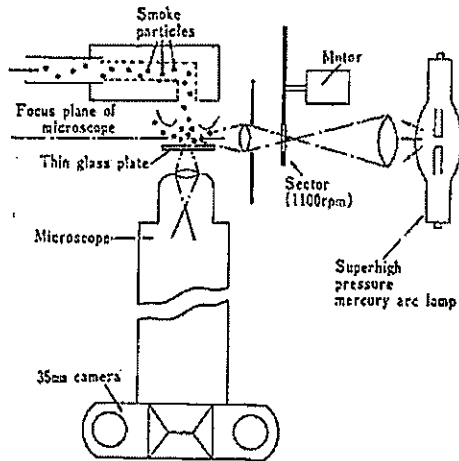


図4 浮遊状態の煙粒子の顕微鏡写真撮影装置

すなわち、顕微鏡の焦点のほんの少し手前に薄いガラス板（顕微鏡用カバーガラス）を置き、煙をガラス板に向けてできるだけ遅いスピードで近づける。そうすると煙粒子はガラス板の手前で図4に示すように左右に別れながら動く。この曲る一瞬、煙粒子は静止状態になる。この瞬間をのがさずパチリと写真を撮るのです。しかし、これだとなかなかピントの合った写真が撮れず、1日中がんばっても数個の粒子の写真しか撮れません。そこで、図4の右側にあるような装置を付加し、間欠的に1枚の写真に1個の粒子の動きを数回重ね撮りができるようにしたのです。簡単に言うならば、カメラのシャッターを開放状態にし、ストロボを短時間内に数回発光させることです。このようにすることにより1枚の写真に、1個の煙粒子が段々近づいてきて、顕微鏡のピントの合う範囲に入り、やがて、またピントからはずれるまで

の写真が重ね撮りされるのです。

このようにして撮った写真を図5及び図6に示す。図5は木材のくん焼煙（白煙）で、前述の油の中にもぐり込ませたときの写真と同楕球形をしているのがわかる。また、図6は発泡スチロールを燃やした（黒煙）ときの写真で、これも前述同様、小さな粒子の集まりであることがわかったと思う。

図5 浮遊状態の木材のくん焼煙（白煙）の顕微鏡写真

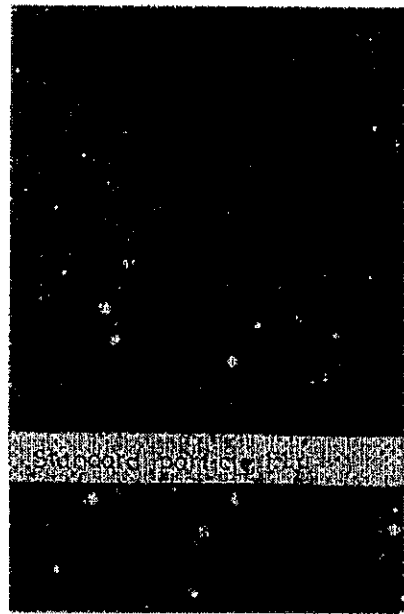
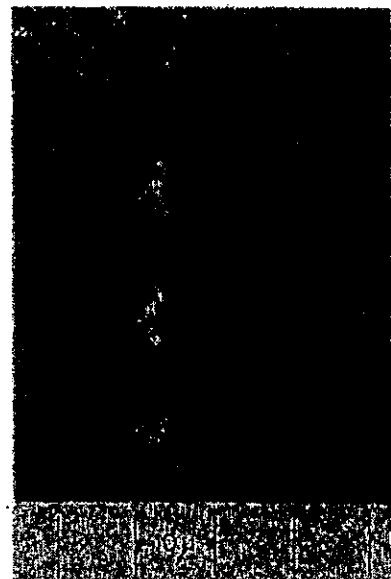


図6 浮遊状態の木材の着炎煙（黒煙）の顕微鏡写真



## 5. 煙粒子のもう一つの知られざる性質

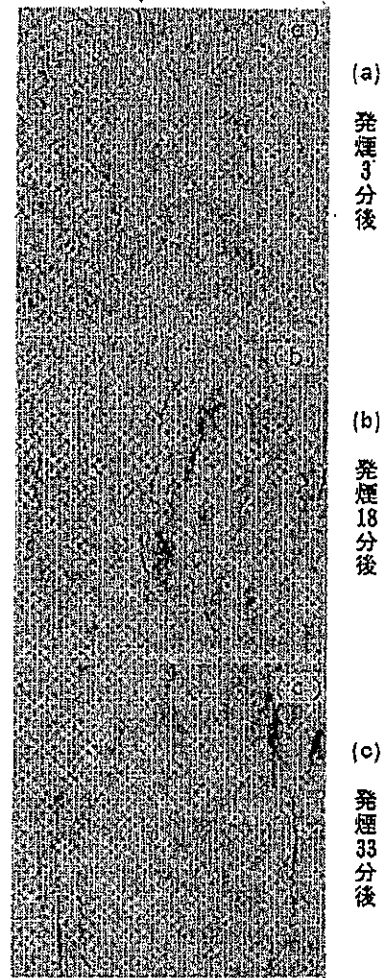
浮遊している煙粒子を顕微鏡を透して見ていると、おどろいたことに粒子がジグザク動きながら浮遊しているのです。これは、煙粒子が非常に小さいので、空気分子と衝突して、はじかれながら浮遊しているため、花粉の飛んでいるときにも見られるブラウン運動現象なのです。

図7には、煙粒子がブラウン運動をしながら沈降して行く状態(軌跡)を写真に撮ったものです。3枚の写真のうち上段のものは、煙を発生させてから約3分経過したときの木材のくん焼煙粒子(白煙)の1秒間の軌跡を撮ったものである。中段の写真は、発生後約18分間箱の中に蓄えておいた木材のくん焼煙粒子の浮遊状態の軌跡を示したもので、ジグザグした細長い線は1秒間に粒子が沈降した軌跡である。下段の写真では、細長い線がかなり長くなっているが、これは約33分間経過した木材のくん焼煙粒子の沈降の様子を描いたものである。細い線の長いものほど粒子が大きいことを意味している。いずれの写真からもブラウン運動現象がよくわかると思う。なお、この線の長さから粒子の大きさを計算することが出来る。3枚の写真を比較することにより、木材のくん焼煙粒子が時間の経過と共に大きくなっていることと同時に粒子の個数が時間の経過と共に少なくなっていることがわかる。また、これらの写真では、顕微鏡の倍率を50倍と比較的小さくしているため、これらの写真からは煙粒子の形状はわからない。

このようなブラウン運動は、粒子の大きい着炎煙(黒煙)では見られない。これが、煙粒子のもう一つの性質である。

蛇足になりますが、このような煙の写真が非常にめずらしいため(?)、これの高速度16mm写真撮影したものが、当時(昭和41年ころ)のNHKの子供科学番組である「四つの目、でござ披露させていただきます」。

図7 煙粒子がジグザグ動きながら沈降している顕微鏡写真



## 6. あとがき

煙中での標識の見え方に関する研究をしながらではありましたが、この煙粒子の写真撮影に約一年半も費やしたところ、当時の研究所長に「もっと世の中の役に立つことをやれ」と言われ、本業の見え方に関する研究に専念するようになりました。次号では、煙の中での標識の見え方に関しての初期のころの研究成果を紹介する予定です。



## 煙の話(3)

### — 煙の中での標識の見え方 —

以 神 悠 久

自治省消防庁消防研究所・工学博士

#### 1. まえがき

今回は主に煙粒子の形状について述べたが<sup>1), 2)</sup>今回は煙の濃さを通常どのような方法で測定するのか。また、煙の中では標識や物が見えにくくなるが、それはなぜか。煙の濃さと見え方との間にはどのような関係があるのか等について、これまでの実験例を混じえて解説する。

#### 2. 煙の濃さ

煙の濃さの表わし方には幾つかの方法があるが、いずれもなじみのないものばかりである。ここでは、煙の中での物の見え方を表わすのに便利な減光係数について説明しよう。

##### 2.1 煙の濃さの測り方

煙の濃さを測る機器の一例を図1(略図)に示す。この濃度計は投光器、受光器及び指示計(メーター)より成立っている。投光器は白熱ランプと凸レンズから成立っており、白色の平行光線を作る。受光器は光電素子(セレン光電池、太陽電池、光電管、Cds等、光を電気に変える素子)と凸レンズから成立っており、投光器からの平行光線を受け、その光の強さに比例した電気出力を出すものである。煙が投光器と受光器の間に入ると

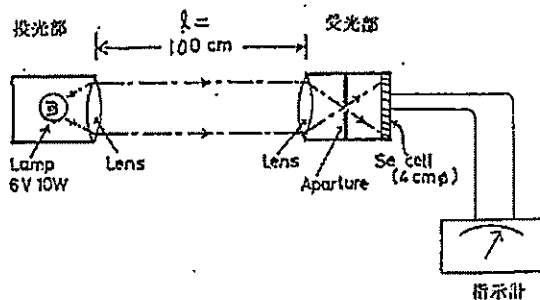


図1 煙濃度計

受光器に達する光の強さも弱くなり、それに比例して電気出力も小さくなる。

##### 2.2 減光係数

さて、図1のような装置で測った煙の濃さを減光係数で示すと次式のようなになる。すなわち、

$$\text{減光係数}(\sigma) = \frac{2.3}{\ell} \log_{10} \frac{I_0}{I} \quad (1/m)$$

ここで、 $I_0$ ：煙のないときのメーターの指示値

$I$ ：煙のあるときのメーターの指示値

$\ell$ ：投光器と受光器間の距離(m)

この減光係数で示した煙の濃度は、人の感覚とよく合うのが特長である。すなわち、減光係数の値が2倍になると感覚的に煙の濃さも2倍になったように感ずる。なお、この単位で火災時の煙の濃さを示すと、

煙感知器の作動するときの濃度 0.1 (1/m)

避難可能な限界の濃度(後述) 0.5 (1/m)

火災最盛期の濃度 10~20 (1/m)

となる。

#### 3. 煙の中での見え方

煙があると標識や物が見えにくくなるのは、第一には標識や物からの光が目には到達するまでに途中の煙粒子に吸収されるか、煙粒子に光がはじかれ横にそれ(散乱という)目まで到達しないことと、第二には室内の照明光が煙粒子に散乱させられ、これが標識等からの光と重なっていっしょに目に入るため(光幕現象という)、煙の中では標識等とその周囲とのコントラストが弱くなり、見えにくくなることによる。

このように煙の中での標識や物の見え方は、煙の濃さに大きく左右されるが、その他に煙の種類、標識や物の明るさ（輝度）や周囲の壁等とのコントラスト、大きさ、周囲の明るさ等にも影響を受ける。したがって、煙の中での見え方を正確に測定するためには、上記のような条件をしっかりと押さえておかななくてはならない。しかし、一般の実験室でこれらの条件をすべて押さえることは困難である。そこで、長さ5.5mの木製の箱を作り、その中で見え方実験を行ってみた。

### 3.1 実験装置

実験装置の略図を図2に示す。<sup>3)</sup> 標識の観測距離は、通常は5.5mであるが、鏡を2枚使うことにより最大15.5mまで延ばすことができた。煙は電気炉に木材やプラスチック材等を投入することにより発生させた。この際、電気炉の温度を変えることと電気炉に空気とN<sub>2</sub>ガスを適度に送り込むことによって白煙や黒煙を発生させることができる。

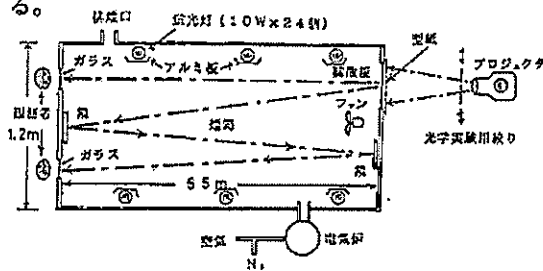


図2 煙の中での標識の見え方実験装置

標識は、スライドプロジェクターを標識の光源として煙箱の一面の拡散板に投射し、大きさは拡散板に型紙を充てることにより作った。型紙の大きさは、観測距離の異なる場合でも視角を一定にするために観測距離により変える必要がある。さらに標識の明るさはプロジェクターの前面に光学実験用の絞りを置き調整した。

一方、煙箱内の明るさは箱内に10Wの蛍光灯を24本取り付け、その点灯数を変えることにより調整した。なお、蛍光灯の光が観測者の目に直接入らないようにするために、ランプの前面をアルミ板で覆った。

### 3.2 煙の中での発光形標識の見え方

図2の装置により煙中での発光形標識（光源が内蔵されている標識）の見え方を求めた結果の例を図3に示す。煙濃度の増加に従い見え方（正確には見透し距離という）の悪くなるのがわかる。また、明るい標識（表示面輝度の高い標識）ほど見え方がよい。したがって、煙の中でもよく見える標識を作るには、表示面輝度の高い標識を作ればよい。ただし、煙の中で2倍遠くからでも見えるようにするためには100倍（=10<sup>2</sup>倍）明るい標識を、3倍遠くからでも見えるようにするためには1000倍（=10<sup>3</sup>倍）明るい標識（人の感覚はベキ乗の刺激に比例した反応しか示さない）を作らなくてはならず、現実には不可能に近い。

火災時に避難する人にとって、白煙よりも黒煙の方が恐怖を感じるが、標識の見え方に関して言えば、同じ煙濃度では白煙中よりも黒煙中の方が見え方のよいことを図3は示している。

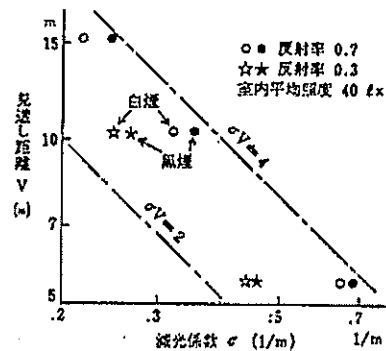


図3 煙の中での発光形標識の見透し距離

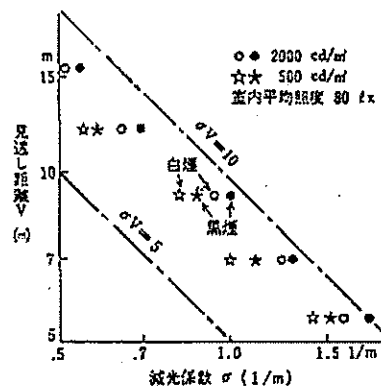


図4 煙の中での反射板形標識の見透し距離

図3では、実験箱内の明るさを80 lxとしているが、日常でも経験することではあるが、暗い室内ほど標識がよく見える。このことは、避難時には避難経路を明るくする必要はあるが、煙中では、このことと標識の見え方とは矛盾することになる。

### 3.3 煙の中での反射形標識の見え方

室内の照明光に照らされることにより見える反射形標識は、煙の中ではどのような見え方をするのであろうか。実験結果の一例を図4に示す。反射形標識の場合も発光形標識と同様、煙濃度の増加に伴い見え方が悪くなるのがわかる。

反射形標識では、発光形標識の表示面輝度かわりに表示面の反射率が用いられており、白黒標識に限って言えば反射率の大きい標識ほど見え方がよい。また、理論的には視力が低下しない室内の明るさの範囲内では反射形標識の煙の中での見え方は室内の照明光の強さを変えても一定のはずである。しかし、現実には室内の照明光を弱くしていくと少しずつ反射形標識の見え方が悪くなる。

### 3.4 煙濃度と見え方

煙の中での標識の見え方は、図3及び図4に示すように、減光係数で示す煙濃度によりおおむね定まると言ってもよい。すなわち、減光係数 $\sigma$ と見越し距離 $V$ との積はほぼ一定であることがわかる。したがって、発光形標識及び反射形標識の見越し距離と煙濃度との関係は、それぞれ

$$\text{発光形標識では } \sigma \times V \approx 5 \sim 10$$

$$\text{反射形標識では } \sigma \times V \approx 2 \sim 4$$

で示されることがわかる。<sup>3)</sup>

両者の積の値は、煙濃度以外の条件により定まる。また、両式を比較すると、反射形標識の煙中での見え方は、発光形標識の見え方に比べ半分以下である。したがって、反射形標識は煙の中で用いる標識としては有用であるとは言いがたい。

一方、廊下に煙が充満した場合、非常口の扉や階段がどの程度の距離から見えるだろうか。当然のことながら濃い煙のときほど近くまで行かないと見えない。つまり、この場合も非常口や階段の

確認できる距離 $V$ と煙濃度 $\sigma$ との積は一定で、その積はこれまでの実験結果から推測して $\sigma \times V \approx 2$ と考えられる。例えば、煙感知器は煙濃度が0.1で作動するように設計されているので、このときの非常口や階段の見透せる距離はおおよそ20 mまでである。また、ほとんどの人が避難困難となる煙濃度は約0.5なので、このときの見越し距離は約4 mとなる。

### 3.5 大空間と煙濃度

前述のように煙感知器が作動する煙濃度は0.1であり、20m先のものが見えるくらいのうすい濃度である。ところが50m×100mの大きさのデパートの売場のようなところでは、このようなうすい煙でも出口が見えなくなる。(多くの場合、煙が天井付近に張りついて流れてくるので、感知器が動作した時点では天井より下の方のもっとうすい煙である。)これとは逆に火災最盛期の濃煙でも、フラスコとかピーカーに入れるとごくうすい煙にしか感じない。すなわち、同じ濃さのうすい煙でも部屋の大きさが2倍の場合には、あたかも2倍濃い煙のように感ずるので、パニックが起きやすいと言えよう。

## 4. 煙の中で透過しやすい色光

煙の中ではどんな色の光が遠くまで見えるのだろうか。図5は、各波長の光が煙によってどの程度減衰するかを求めた一例である。<sup>2)</sup> 図中の曲線は右下がりになっているが、このことは長波長の

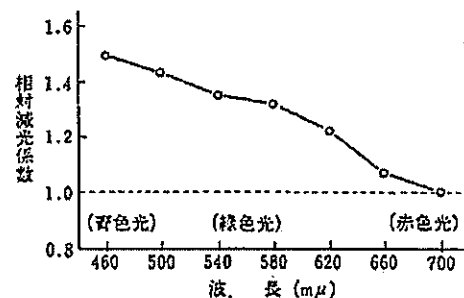


図5 各色光の煙の中での減衰の度合

光ほど煙の中での減衰が少ないことを示している。長波長の光とは赤色系の光のことである。図5は木材が炎をあげて燃えたときの煙（黒煙）についてであるが、木材がくすぶりながら燃えたときの煙（白煙）、あるいはプラスチック建材の煙の場合とも青色系に比べ赤色系の光の方が2～4割煙をよく透すのである。

それでは、誘導灯の表示面の色を赤色にしては、との議論もでてくる。現に米国では赤色の誘導灯も緑色と同じ位の比率で使用されている。しかし、安全な場所や方向は緑色で示すと言うのが日本だけでなく世界的な慣習となっていることと、現在の緑色を赤色に変えても煙中での見え方の改善がせいぜい2～4割であることを考慮すると、誘導灯の表示面を緑色から赤色に変えても大きなメリットがないように思う。なお、世界標準化機構であるISO/TC21/SC1（消防用機器の標識）でも誘導灯の色は緑色と定めている。

## 5. あとがき

煙の中での標識や物の見え方について述べてきたが、ここで示した実験はすべて煙を箱の中に閉じ込め、箱の中にある標識をガラス越しに観測した結果である。ところが、煙の種類によっては目やのどを強く刺激するものがある。このような煙の中で標識を観測した場合には、見え方が箱の外からガラス越しに観測する場合とはかなり異なる。次回は、実際の煙の中で標識を観測したときの見え方について述べる予定である。

### 参考文献

- 1) 神 忠久：日本火災学会論文集 Vol. 21, No.1 p17 (1971)
- 2) 神 忠久：日本火災学会論文集 Vol. 22, No.1・2, p1 (1973)
- 3) 神 忠久：日本建築学会論文報告集 No.182, p21 (昭46.4)

## 煙の話(4)

### ——煙中での誘導灯の見え方に関しての人体実験——

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、煙の箱の中に閉じ込めガラス越しに煙の中の標識を見たときの見え方についての実験結果を紹介させていただきましたが、煙の種類によっては、刺激性が強く煙の中で目を開いていることのできない場合があります。このような煙の中での標識の見え方は前回の実験結果とはかなり異なることが容易に想像つくことと思います。しかし、実際に煙の中に入って見え方実験を行うことは、いわば人体実験なので、危険が伴うため実施がむずかしい。

この困難な実験が当工業会の協力で実施することができたのです。今回は、この煙中での誘導灯の見え方に関する初の人体実験とそれにまつわる幾つかの余談を紹介したい。

#### 2. 煙中での人体実験計画

話は古く昭和45年3月ごろのこと、突然、当工業会の高橋現専務理事（当時技術部長）が来所され、火災の煙の中で誘導灯がどの程度見えるか実験してほしいと言われました。それも観測者を実際に煙の中に入れて観測するような実験をしたいと言うのです。高橋さんの話によると器具はもちろんのこと、観測者も各メーカーに声をかけ出してもらいますとのことでした。本当にそんなことができるのかなあと思うと同時に、ずいぶん威勢のよい人だなあと思いましたが、もっとも威勢のよさは今でも変わっていないと思いますが。

何回かの打合せで実験計画もほぼ出来上がったころ大きな障害に突き当たりました。それは、観測者に予定されていた人の中から「もし煙を吸って病気になったときの保障はどうなっていますか」

と言う声が出たのです。もちろん、消防研究所で保障できるわけもなく、工業会だって同じ立場だったと思います。本邦初演の煙中での誘導灯の見え方実験計画もこれで終りかなあと半ばあきらめかけたのですが、高橋さんは「何とかしますから、しばらく時間を下さい」とのこと。その後、どのような形で皆さんを説得したのか、さだかではありませんが、「自分達の作っている誘導灯が煙の中でどんな見え方をするのか、一度ぐらい見てもいいじゃないの」と言って歩いたようです。結局、予定どおり昭和45年5月27日、28日の両日消防研究所において実験を実施することができたのです。

#### 3. 煙中での誘導灯の見え方実験

##### 3.1 実験方法

全長20mの廊下に火災初期に発生する程度の濃さの煙を満たし、観測者を廊下的一端より一人づつ進入させ、他端に置いた旧型の避難口誘導灯（図1参照）が何mまで近づいたときに確認できるかを調べた。

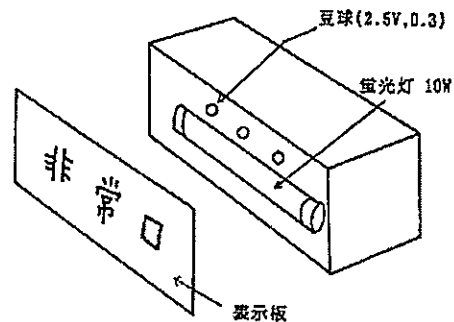


図1 実験に用いた旧型の避難口誘導灯

実験に用いた煙は3cm角の木材の間隔を極端にせばめて井桁に並べ燃焼させることにより刺激性のかなり強い白煙を、また灯油を燃焼させること

により刺激性の少ない黒煙を発生させた。

観測は、

- (1) 誘導灯の視認限界（誘導灯の存在が確認できる限界）の距離
- (2) 誘導灯の表示面の緑色の確認できる限界の距離
- (3) 誘導灯の文字の判読できる限界の距離

について行った。観測者は図2に示すように大きなドラムに巻かれた平行ビニール電線の一端を持ちながら煙の中を進んで行く。ドラムの回転数により進入した距離がわかり、またビニール電線の先端に取付けた押ボタンスイッチにより、上記の(1)~(3)までの事項が観測された場所（誘導灯までの距離）がわかるようになっています。観測者は10人でしたが各人の視力、年齢等には特別な考慮が払われたわけではなく、煙の中に入るのを自から進んで申し出た人達です。

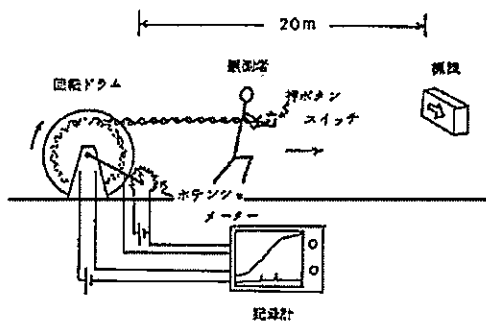


図2 煙の中での見越し距離を測定するための実験装置

ところで、観測者として煙の中に入るには相当な決意で実験にのぞんだことと思いますが、第1回目の進入時には皆さんかなり顔をこわばらせていました。そこで、少しでも不安を取除いてやるために「私が後をついて行きますから安心して煙の中へ入って下さい」と声をかけてやりました。それでも真っすぐに歩けずジグザグしながら歩く人や壁に手を添えながら進む人、さらにはあらかじめ教えておいた出口が捜し出せない人など幾人かいました。観測者の方は1~2分間煙の中に入っているだけですが、私の方は終日煙の中に入っていなければならなかったため、涙も出つくし、

目の充血と目の表面（角膜？）が乾いてしまい、囲りがよく見えないようになりました。しかし、せっかくのチャンスを逃してはならじと頑張り続けた。

なお、実験中の廊下の照明は誘導灯が通常点灯時の場合には、床面での平均照度を約80 lxに、また非常点灯（2.5 V, 0.3 Aの豆球3個点灯）の場合には停電時を想定し、廊下の照明は行わなかった。しかし、誘導灯の明るさと煙濃度計からの光のもれのため床面で約0.5 lx程度の明るさがあった。2日間にわたり数多くの実験を行いました。そのうちの幾つかの実験結果を次に紹介しよう。

#### 4. 実験結果

##### 4.1 誘導灯の表示面文字の見え方

図3は、煙の中での誘導灯の表示面の文字「非常口」の見える距離（見越し距離）と煙濃度との関係を示したものである。煙の種類により同じ煙濃度でも見越し距離が大きく異なることがわかると思う。刺激性の少ない黒煙中では、前回紹介した煙箱の中での見え方と同様、見越し距離は煙濃度に反比例して低下している。すなわち、見越し距離(V)と煙濃度(σ)との積が一定( $\sigma \times V = \text{const}$ )

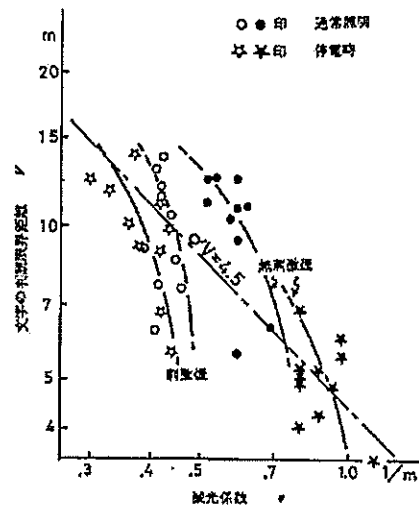


図3 刺激煙および無刺激煙の中での誘導灯の文字の判読限界の距離と煙濃度との関係

なる関係が成立している。

これに対して刺激性の強い白煙中では、煙濃度が0.4/mを越えるところから見透し距離が急激に低下し、 $\sigma \times V = \text{const}$  の線から著しくはずれる。これは、刺激性の強い煙の中では涙が多量に出るため非常口の文字が見えにくくなるためである。当然のことながら煙の濃度の濃いときほど刺激性も強くなり、そのような煙の中ではほとんど目を開いてることができなくなる。

#### 4.2 文字の複雑さと見え方<sup>2)</sup>

誘導灯の表示面の文字「非常口」と「非常階段」とで煙の中での見え方がどの程度異なるかを求めてみました。実験条件としては、煙は白煙（刺激性）、灯器は非常点灯の状態で行った。なお、煙の濃さは時々刻々変わるので10人の観測者が同じ濃さの煙の中で実験するのは難しい。そのため、通常煙の中での見やすさの尺度として煙濃度( $\sigma$ )と見透し距離( $V$ )との積で評価する。すなわち、両者の積の値が大きいものほど煙の中でもよく見えることを意味する。

10人の観測結果の平均値は下記ようになった。  
すなわち

$$\text{非常口} \quad \sigma \times V = 4.2$$

$$\text{非常階段} \quad \sigma \times V = 3.4$$

となり、文字の画数の違いにより煙の中での見え方の異なることがわかる。この実験では「非常階段」は「非常口」の文字に比べ見え方が約80%まで低下していることを示している。

したがって、煙の中でも誘導灯の表示面の内容がよく見えるようにするには、できるだけ単純な文字にするか、絵文字（ピクトグラフ）化することが望ましい。昭和57年以来、誘導灯の表示面が人の走っている絵文字に変更されましたが、そのためのスタートがこの時点であったことを知りたい。

#### 4.3 表示面の緑色の濃淡と見え方<sup>3)</sup>

誘導灯の表示面の緑色の濃淡により煙の中ではどのような見え方をするかについても実験を行っ

た。実験に用いた表示板は3種類で、白熱電球と組合せたときの色度座標及び透過率は次のようなものである。

	x	y	透過率
淡緑色	0.231	0.547	15.9%
中緑色	0.319	0.482	4.3%
濃緑色	0.222	0.472	(?)

実験条件としては前述同様、白煙、非常点灯  
上記のような条件の下で、表示面の色の見え方を観測した結果

$$\text{淡緑色} \quad \sigma \times V = 4.1$$

$$\text{中緑色} \quad \sigma \times V = 3.7$$

$$\text{濃緑色} \quad \sigma \times V = 3.1$$

となり、淡い緑色の方、すなわち透過率の高い緑色の方が煙の中ではよく見えることがわかる。

また、正確なデータは取らなかったが、この実験から副次的に次のようなこともわかった。まず、文字の判読のしやすさについては上記の結果とは逆に透過率が低いものほどよいと言う結果が出た。すなわち、透過率15.9%のものはうすい煙中에서도表示面の文字がぼけて見える。このため誘導灯の表示面の緑色の透過率は15%以上にすべきではないということもわかった。また、濃緑色の表示面は煙の中では黒色に見えることから透過率の下限値についてもこの実験から知見が得られました。現在の誘導灯の表示面の透過率の上限及び下限値は、このときの実験の結果が基になっている。

#### 4.4 表示面の色の違いによる見え方<sup>4)</sup>

誘導灯の表示面の色の違いにより煙中ではどの程度見え方が異なるかを観測した。表示板には、(1)白色地に緑色文字のもの、(2)緑色地に白色文字のもの、(3)赤色地に白色文字のもの3種類用いました。非常点灯状態、白煙中でそれぞれの表示板の地の色の確認限界の距離とそのときの煙濃度との積を求めた結果

$$(1) \text{ 白色地} \quad \sigma \times V = 4.4$$

$$(2) \text{ 緑色地} \quad \sigma \times V = 3.4$$

$$(3) \text{ 赤色地} \quad \sigma \times V = 4.7$$

となり、赤色地の方が緑色地よりも煙の中ではよ

く見えることがわかった。

後日、上記の結果を検証するために煙中での分透過特性を求めてみました。その結果は、前号に示してあるように、赤色光の方が緑色光より2~4割煙をよく透すことを確認することができました。そこで、その結果を昭和45年11月に開催された日本火災学会で発表したところ、消防本庁より大目玉を食らった。それは、図4に示すような記事が新聞に掲載されたのであります。コピーの状態が悪く本文は読めないと思いますが、「緑色、煙で見えにくい……」とか「危険な緑色……」等の文字が読めるかと思う。これは昭和45年11月12日付京都新聞の朝刊の記事である。その結果、「自分のところを出している法令にケチを付けるとは何事だ」とおこられる始末でした。赤色光が緑色光より5倍も10倍もよく煙を透すのでしたらもう少し頑張ったのですが、2~4割程度のことなので以後は、そのことについては強く主張しないことにしています。



図4 誘導灯の緑色、煙の中で見えにくいと掲載した新聞記事(昭45.11.12付京都新聞朝刊)

#### 4.5 表示面の矢印の見え方<sup>4)</sup>

矢印の形状や大きさにより煙の中ではどのような見え方をするのかについても実験を行う予定でしたが、時間的制約と言うよりは疲れはててできなかったと言った方が正しいかと思う。

後日行った実験結果ではあるが、旧来の矢印を煙の中で見ると矢の部分が見えず、一本の線に見えるだけなのです。そこで、矢の部分の尾に比べ

相対的に大きくし、煙の中での見え方を求めてみました。その結果の例を図5に示す。矢の部分の大ききした方が濃い煙の中でもよく見えることが示されている。しかし、旧来の矢印の矢の部分だけを大きくすると著しく形状の悪い矢印になる。そこで、色々な矢印を調べたところ、JR(当時の国鉄)の駅で使用している矢印の中によくできているものがあることがわかった。当時考えた矢印は、それをまねたものであり、偶然にもISO7001で定められている矢印にかなり近いものでした。

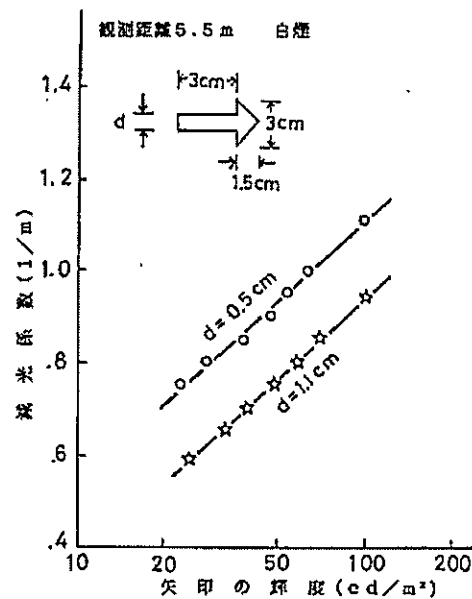


図5 矢印の形状と煙の中での見え方

#### 5. あとがき

初めての人体実験ではありましたが、この実験より数多くの成果を得ることができました。例えば、煙の種類による見え方の違い、表示面の緑色の濃淡、あるいは色の違いによる見え方の差、さらには表示面の文字の単純化の必要性等について多くの知見が得られました。そして、これらのほとんどが現在の誘導灯の基準に反映されていることを知っていただければと思っています。

#### (参考文献)

- 1) 神 忠久; 日本火災学会論文集 Vol. 22 No.1-2 P11 (1972)
- 2)~5) 神 忠久; 未発表



## 煙の話(5)

### 誘導灯表示面のピクトグラフ化

じん なが ひさ  
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57年1月20日の消防庁告示により誘導灯の表示面が「非常口、等の文字から人の走っている絵文字（ピクトグラフ）に変えることになった。しかし、これは新築の建物に設置するものについてであり、既存の建物に用いられているものについては当分の間変えなくてもよいことになっていた。ところが、わずか1～2年の間に大部分の既存の建物から旧型の誘導灯の表示板が姿を消してしまったのにはびっくりした。

前号でも述べたようにピクトグラフ化の必要性については、筆者が昭和45年に日本火災学会等で発表している。したがって、ピクトグラフが実現するまでに12年間かかったことになる。今回は、この間の動きについて記憶をたどりながら述べさせていただきます。

#### 2. 表示面ピクトグラフの一般公募

昭和49年の消防法令の改正により大形及び中形誘導灯が出現したこと、停電時にも蛍光灯が通常時の1/4以上の明るさで20分以上点灯すること等により、誘導灯の見え方や気付きやすさに関して大幅な向上が図られた。

火災時の避難誘導と言う立場から考えると、この改正は大英断であった。しかし、大形誘導灯の出現は建築屋やデザイナーから「ばかでかい、とか「雰囲気をおちこわす、などと猛反撃を受けた（現在でも少しはあるが）。しかし、広告灯や店舗の案内灯の中には誘導灯より大きいものが数多くあることは言うまでもないことである。要はデザインの問題、すなわち、表示面の「非常口、の文

字に大きな原因があるのではないかと当時思いました。したがって、一日も早くピクトグラフ化しなくてはと考えたのですが、この方は遅々として進まなかった。

この間、工業会ではデザイナーの石井幹子氏を迎え勉強会を開いたり、ピクトリアル研究所の太田幸夫氏らの協力を得てJR池袋駅の地下に特例として表示面に変形の矢印を用いた室内通路誘導灯を設ける等、工業会・行政側ともピクトグラフ化に関しては大きな関心を持っていたが、なかなか糸口をつかむことができなかった。

昭和53年になり、(財)日本消防設備安全センター内に防災システム研究委員会が設置され、その中の避難誘導システム分科会が田辺委員会（現誘導灯認定委員会委員長）の下で動きはじめた。<sup>1)</sup>

田辺先生は、我々に「まず何をやりたいか、とたずねたので、即座に「誘導灯の表示面のピクトグラフ化を、と答えました。「それはよいことだ。私もそのことには非常に関心を持っている。ただし、この仕事をするためには二つの条件がある。第一にはデザインは一般より公募すること、第二には入選作は科学的な方法で決めること、と言われた。これをもう少し詳しく話すと、限定された人達だけに描かせると多くの人のコンセンサスを得ることができないこと、入選作の審査は通常は権威のあるデザイナーに依頼するが、これをやると必ず反対する人が出てきて、その人達を説得することは難しい。そのため万人が認めざるを得ない科学的な審査方法をこれから研究し、それをもって入選作を決めようというのである。

さて、誘導灯の表示面ピクトグラフの一般公募の準備は頭初学識経験者及び消防及び照明の関係



#### 4.3 心理的評価

非常口を示すピクトグラフは、一般の人が説明なしでも一見して、その場所が非常口であると認知できるものが望ましい。そこで、専修大近城氏の担当で30点のピクトグラフを20代から60代までの一般の男女163名に見せ、一般人からみて非常口を示すピクトグラフとして「より好ましくふさわしい」と思うものを選ばせた。すなわち、「最も好ましい、ものから「最も好ましくない」と思うものまでを図2のような配列で強制的に順位付け

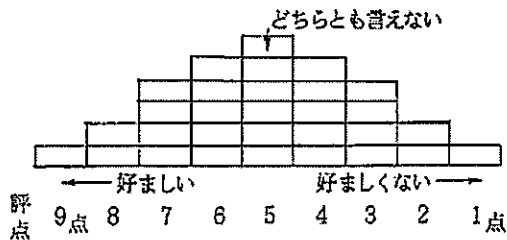


図2 心理的評価(選好度テスト)に用いた用紙を行わせた。その結果、図3に示すような単純な抽象的な図形で人間の入っていないピクトグラフは全部下位にランクされた。上位にランクされたピクトグラフは図4に示すように、炎または煙に人が追われているようなもの、次に順位の高いグループは人が扉に向

って逃げているもの、単に人が逃げているものの順となった。

#### 4.4 実用灯器を用い通常照明下での見え方実験

第3次審査で上位10位までの評価を受けたピクトグラフを小形誘導灯のパネルに転写した。図5は実用パネルで実験を行ったピクトグラフを

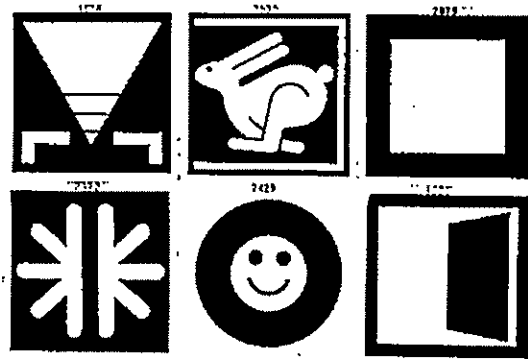


図3 心理的評価(選好度テスト)で評価点の低かったピクトグラフの例



図4 心理的評価(選好度テスト)で評価点の高かったピクトグラフの例

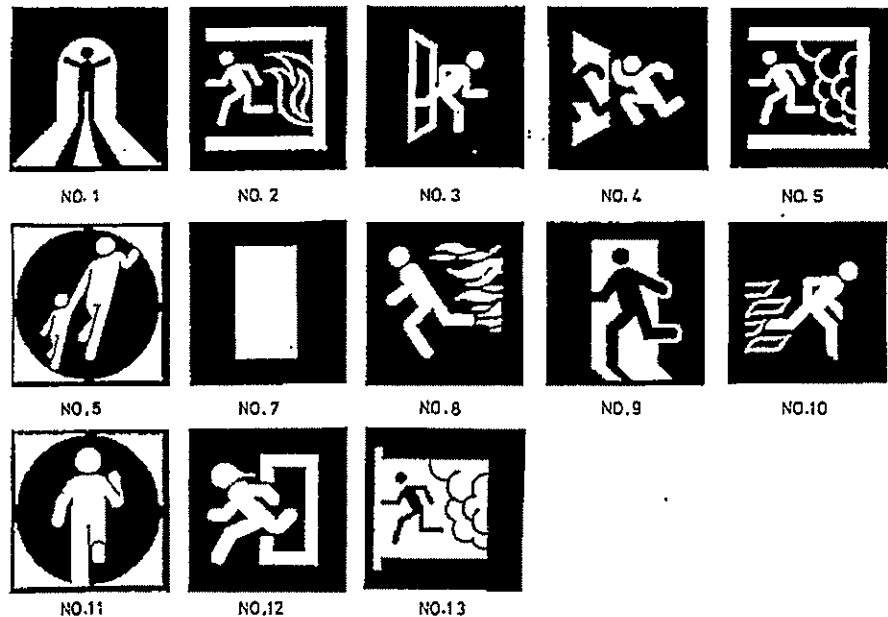


図5 実用パネルに転写し、見え方実験に用いたピクトグラフ

示す。なお、この実験では上記10点の他に参考データをとるために3点のピクトグラフを追加した。灯器は通常照明された廊下の一端に取付けられ、約40m離れた位置から誘導灯に近づき、ピクトグラフのはっきり見える距離を求めた。なお、この実験は(社)照明学会に設けられた避難口ピクトグラフの試験研究委員会により実施されたものである。実験の結果を表1に示す。参考ピクトグラフNo.7は約38m先から視認できるのに対し、審査ピクトグラフの視認距離は20~27mであった。No.7のピクトグラフの見え方がよかったのは、極端に単純な図形だったからである。しかし、No.7のピクトグラフから非常口のイメージを学習なし(人から教えられなくても)で求めることは難しいものと思われる。

#### 4.5 煙の中での見え方実験

次に、上記13点のピクトグラフの煙の中での見え方実験を消防研究所において行った。煙の中では、各ピクトグラフとも人の形はわかるが、その他の部分はかなりピクトグラフに近づかないとわからない。人の形からだけでは非常口のイメージがわからない。したがって、この実験ではピクトグラフのすべての部分がはっきり見える距離(煙の濃度×見越し距離)でピクトグラフの良否を判定した。その結果を表2に示す。煙の中では参考ピクトグラフNo.7を除くと大きな差は認められなかった。

#### 5. 総合判定

総合判定は、第1次から第5次までの審査の結果を集計し、最高点を得たものを一位とした。その結果、No.9のピクトグラフが一位となった。このピクトグラフは、どのテストでも一位にはなれなかったが常に二位または三位を確保していた。これに対して個性の強いピクトグラフは或るテストでは一位になるが、他のテストでは下位にランク付けられている。その例を図6に示す。No.1のピクトグラフは煙の評価では一位であったが心理

表1 通常照明下での各ピクトグラフの視認距離

順位	シンボルの番号	視認距離(m)	備考
1	No.11	26.5	
2	No.9	25.5	
3	No.12	24.7	
4	No.8	24.0	
5	No.2	22.9	
6	No.1	22.8	
7	No.5	22.1	
8	No.6	21.9	
9	No.3	21.7	
10	No.4	20.9	
参考	No.7	37.5	最も単純なもの
"	No.13	20.1	西独で使用中的のもの
"	No.10	19.6	No.5を反転したもの

表2 煙の中での各ピクトグラフの見え方の評価値

順位	シンボルの番号	(煙濃度×距離) (距離)	標準偏差	備考
1	No.1	2.19	0.21	
2	No.4	2.15	0.24	
3	No.9	2.13	0.22	
4	No.12	2.13	0.27	
5	No.5	2.12	0.19	
6	No.8	2.11	0.22	
7	No.2	2.10	0.21	
8	No.3	2.09	0.25	
9	No.6	2.08	0.25	
10	No.11	2.03	0.28	
参考	No.7	2.72	0.43	最も単純なもの
"	No.10	2.01	0.19	西独で使用中的のもの
"	No.13	2.10	0.23	No.5の反転したもの

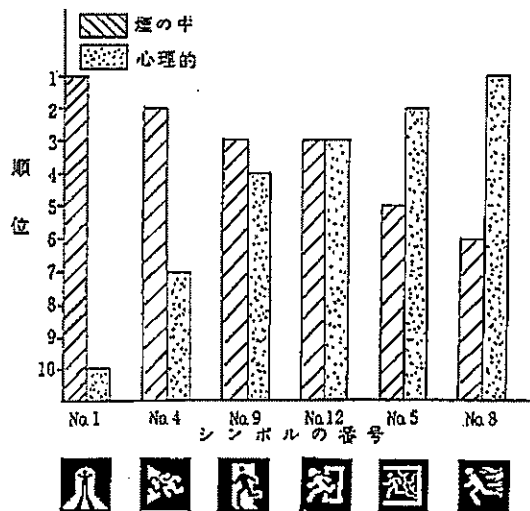


図6 煙の中での見え方と心理的評価との比較

的評価では六位に、これとは反対に№8のピクトグラフは心理的評価は一位なのに煙中での評価では十位となった。これらのことから、公共性の強いピクトグラフを選ぶ場合には、できるだけ多くの種類のテストを行い、それらの結果から総合的に判定する必要があることがわかることと思う。

## 6. あとがき

誘導灯表示面のピクトグラフ化に至るまでの経緯について述べさせていただいたが、今回はこのピクトグラフのISOへの提案と、世界の非常口を

示すピクトグラフになるまでの経過等にふれる予定である。

---

### 〔参考文献〕

1. (財)日本消防設備安全センター：防災システム研究委員会昭和55年度中間報告書(1981.7)
2. (財)日本消防設備安全センター：避難誘導シンボルデザインパネルデスクッションテキスト(1979)
3. (財)日本消防設備安全センター：避難口シンボルデザイン研究報告書(1980.3)  
又は(社)照明学会：避難口ピクトグラフの試験研究報告書(1980.3)

## 煙の話(6)

### — 日本のピクトグラフが 国際規格になるまで —

神 忠 久

自治省消防庁消防研究所・工学博士

#### 1. まえがき

避難口を示すシンボル(ピクトグラフ)を一般より公募し、各種のテストを重ね、入選作が決定したのが昭和54年12月のことである。我々(財)日本消防設備安全センター防災システム研究委員会避難誘導システム分科会)は、引続き、このピクトグラフを消防庁及びISOに提案するため、デザインの修正を行った。修正は太田幸夫委員(グラフィック・デザイナー)に依頼した。修正案のバリエーションは60種類にも及んだ。その中から1点を委員会で選んだが、原案の頭の部分が小さいため煙の中では見えないこと等テストの結果も踏まえて修正が行われた。原案及び修正案をそれぞれ図1、図2に示す。



図1 一般公募で入選したピクトグラフ



図2 入選作を修正し、消防庁及びISOに提出したピクトグラフ



図3 ISO原案(ソ連案)ピクトグラフ

ISOへの提案は、前述防災システム委員会とは別に、ISO/TC21/SC1(消防用機器委員会安全標識・用語部会)国内委員会により行われた。

なお、筆者は其中で安全標識の作業部会の主査を担当させられた。ところが、修正の作業が終了し、世界の避難口のシンボルにしてみらうべくISO事務局に提案しようとしていた矢先、ISOで当時審議されていたシンボルが入手できた。このISO案を見て委員一同、大きなショックを受けた。それは、当時のISO案は、図3に示されているように日本がこれからISO事務局へ提案しようとしている案と感じがよく似ていたからです。

そこで、急きょ日本のシンボル案とISO案との見え方についての比較実験を行うことになった。実験は、表示板を小形誘導灯に組み込み、平常時及び煙の中での見え方の2種類についてであり、これらはいずれも消防研究所で行った。

#### 2. 日本案とISO案シンボルとの見え方の比較実験<sup>1)</sup>

##### 2.1 通常照明下での見え方実験

実験は全長45mの廊下で行った。実用灯器に入れた両シンボルを廊下の一端に設置した。被験者は134名で、一般公開日に消防研究所を見学にきた20才代から40才代の男子である。被験者は誘導灯にゆっくり近づき、それぞれのシンボルがはっきり見える距離(視認距離)を求めた。

視認距離とその距離でシンボルが確認できた人の数(頻度)との関係を図4に示す。視認距離は人によって異なるが、平均して日本案のシンボル視認距離は約25m、ISO案の方は約20mとなった。

すなわち、通常照明下では日本案シンボルの方がISO案のものよりも20%視認距離の長いことがわかる。なお、この実験は、昭和55年4月に行った。引続き数日後に煙の中での見え方実験を行った。

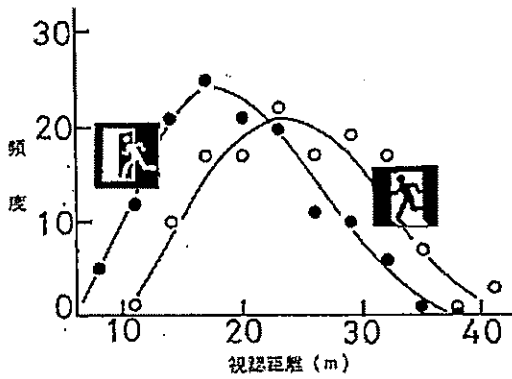


図4 通常照明下での両ピクトグラフの視認距離

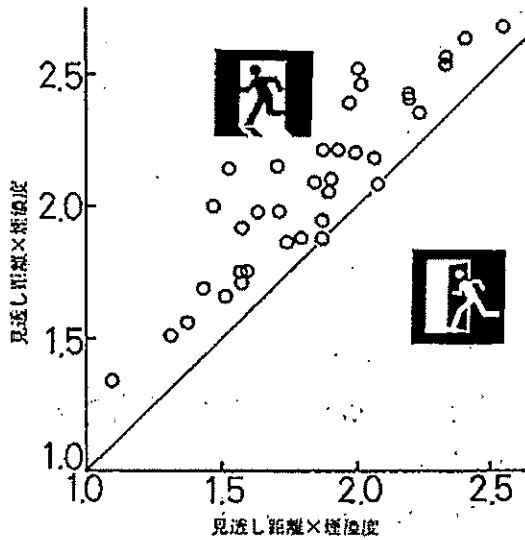


図5 煙の中での両ピクトグラフの見え方

## 2.2 煙の中での見え方実験

煙実験は全長15mの廊下に前述の灯器2台を設置した。被験者は、煙の中をゆっくり両シンボルに近づき、各シンボルがはっきり見えた位置を求めた。煙の中での見え方の評価は、視認距離と煙濃度（減光係数）との積で行った。（詳細は前号参照のこと）36名の被験者（20才代から30才代の男子）による煙の中での両シンボルの見え方の結

果を図5に示す。

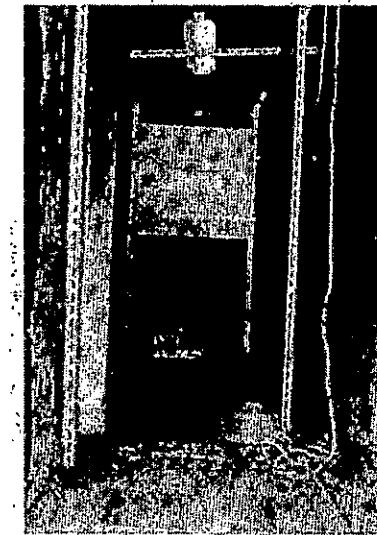
データがもし図中の45°の線上にあるときには両シンボルの見え方が同じであることを示す。しかし、得られたデータのほとんどが45°の線より上にあるので日本案の方が見え方のよいことを示している。すなわち、日本案のシンボルはISO案のものより約10%煙の中での見え方のよいことがわかる。

上記のように日本案の避難口シンボルとISO案のものとの見え方実験を行った結果、通常照明下および煙の中での見え方とも日本案の方が優れていることがわかった。これは、両シンボルとも図形がかなり似ているが、日本案の方がより単純な図形から成立っているためである。避難口を示すシンボルは、見え方をよくするための単純さと避難口を表わしていることが直観的にわかる具象性が



↑写真1

煙実験直前の被験者



←写真2

煙実験室内の両ピクトグラフ

必要である。しかし、両者は相反することなので両者の調和がシンボルの良否を決めると考えてよいであろう。(写真1, 2参照)

なお、当時、ISO案が西独より提出されたものと思っていたが、ソ連から提出されたものであることがかなり後になってからわかった。また、当時、このシンボルのISOへの提案についてのニュースが各新聞社により取り上げられたことをご記憶の方も多いことと思う。

### 3. ISOへの提案

昭和55年5月(1980年)、ISO/TC21/SC1 国内委員会はパリにあるISO/TC21/SC1 事務局に日本の避難口シンボル案が決定するまでのテストの過程、日本案とISOとの比較実験の結果及びデザイン上の比較に関するデータを添え、ISO原案を日本案と差換えるよう申し入れを行った。この年の6月にパリで、これに関する会議が開かれることになっていたので大急ぎの申し入れであった。しかし、残念なことに、この会議には日本からは出席することができなかったため、会議の終了後も日本の提案がどのように取扱われたのか全く情報を得ることができませんでした。

それから3回にわたってテレックスや手紙を事務局に出したがなんの返事もなく、我々のいらだちが高まるばかりでした。1年近くたったころ、ようやく事務局より返事が来ましたが、その内容はがく然とするようなものでした。この会議は数年前より何回となく重ねており、最終案が決定しており、これから日本案を審議に加える余地は全くない、という内容のものでした。これを裏付けるように、間もない昭和56年7月(1981年)、避難口シンボルを含めた消防用安全標識の書類(DIS 6309)とこれらの安全標識を国際規格として認めるか、どうかの投票用紙が送付されてきたのです。勿論、避難口のシンボルはソ連案のものでした。日本としては当然のことながら不賛成の投票を行った。

### 4. 日本案がISO案となるまで

次の会議が昭和57年1月(1982年)ベルリンで行われ、日本からは犬塚委員(当時、日本ドライ)が出席しました。このときの審議の詳細は(註)日本消防設備安全センターのフェスクに掲載されている。<sup>2)</sup>

議長より安全標識に対する各国の投票結果が発表された後、賛成が71%あったが、賛成した国からも多くの意見が出されているので、各標識の見直しを行いたい旨の発言があった。さらに、日本の避難口のシンボルについては「優れた案を提出されたことに感謝する。遅れて提出されたものでもよい案は検討に値する、との発言があったとのこと。

この会議で、フランス及び英国より、それぞれ図6のような日本案を修正した案が提示されたが日本案をも含めて後日検討することとした。



(フランス案)

(英国案)

図6 日本のピクトグラフを修正したフランス及び英国案

なお、消防庁が我々(防災システム研究委員会)の作った避難口シンボルを採用したのが、犬塚氏がISOの会議に出席するのと同時期の昭和57年1月のことでした。

同年4月に安全標識の見直しについての作業部会がロンドンで開かれ、これには加藤委員(東芝)が出席された。<sup>3)</sup> 会議に出席された加藤氏がまずおどろいたのは避難口のシンボルが日本案に差換えられていたことだったそうです。

この会議では、議長より日本案は人が左に向い



ているが右向きも必要だとの発言があり、2つのシンボルを作ることにした。また、他の幾つかのシンボルについては、日本で新しい案を作り、そのテストの結果を次回提出してほしいとの要請があった。

この要請を受けて国内委員会安全標識部会ではシンボルの作成を前述の太田幸夫氏に依頼すると共に、できあがったもののアンケート調査を大人156名(筆者)と子供112名(太田氏)について実施した。

昭和58年3月(1983年)のオスローの会議には曾根原委員(ホーチキ)が出席された。この会議での避難口シンボルに関連した審議では、シンボルの下辺の縁の必要性の有無について行われたが、結論を見出すまでには至らなかった。そこで、公共用シンボルの取扱っている委員会(ISO/TC 145)に意見を聞いて決めることにした。また、日本が信頼され新しく作ったシンボルについても十分な審議ができなかった。<sup>4)</sup>

昭和54年12月(1984年)、パリにおいて安全標識に関して最終の見直しが行われた。この会議には筆者が出席することになった。重要な国際会議で十分日本の意見を述べるために優秀なフランス語の同時通訳をつけてもらい、会議中はすべて日本語で対応した。これが大きな成果に結びついたことはフェスクに掲載されている。<sup>5)</sup>

最終の見直しだったため22のシンボルについて一つひとつ審議を行った。避難口のシンボルについては、下辺に縁のついたものが提示されたためその経緯をたずねたところ、一般に安全標識は緑色で囲む習慣があるので、それに従ったまでのことだと議長が答えた。なお、当初は公共シンボルの委員会(TC145)の意見を聞いて決める予定だったが、今まで待ってもなんの回答もないので今後意見が返って来ても無視することにした。

日本が依頼された幾つかのシンボルのうち日本案が通ったものや日本でのテストの結果、原案のシンボルでも意味伝達性が十分あるということで

長期間問題になっていた原案が採択されたものも幾つかあった。

会議の最後に審議された決議文では、今回決った案をISO中央事務局に送り、同事務局より各国に、これらの安全標識の案を国際規格にしてよいか、どうかの投票を行ってもらうことにした。この投票で75%以上の賛成が得られ、その後の理事会において承認されると正式に国際規格となる。

昭和60年10月(1985年)消防用安全標識(DIS 6309.2)に対する再投票が行われ、今度は日本も賛成投票した。しかし、その後タコの糸が切れたようにその後の進捗状況に関しての情報が全くなくなってしまった。勿論、その後は会議も開かれていない。こうした状態が2年近く続いた昭和62年8月(1987年)、国際規格になった消防用安全標識の書類(ISO 6309)が手元にとどいた。

## 5. あとがき

前号でも述べたように誘導灯の表示面のピクトグラフ化(絵文字)を提唱してから消防庁が採用するに至るまで12年間、また、日本のピクトグラフを国際規格にするまで7年間ついやしたことになる。

しかし、これで誘導灯に関する研究のすべてが終わったわけではない。ピクトグラフの仕事が一段落すると同時に、今度は誘導灯を活性化するための作業を開始したのである。今回は、点滅形誘導灯の研究について紹介する予定である。

### 【参考文献】

- 1) 神 忠久：消研輯報 No34, P27(1980)
- 2) 犬塚 克己：フェスク, P21(1982.3)
- 3) 加藤 久明：フェスク, P33(1982.7)
- 4) 曾根原勇夫：フェスク, P40(1983.6)
- 5) 神 忠久：フェスク, P24(1985.4)

## 煙の話(7)

### 一点滅形誘導灯と地下街での避難実験—

じん 忠 久

自治省消防庁消防研究所・工学博士

#### 1. まえがき

昭和48年の消防法の改正により、誘導灯が大型化され、見え方や誘目性（気付きやすさ）が大幅に改善された。しかし、煙に対しては相変わらず弱い誘導灯でしかなかった。煙の中でもよく見える誘導灯を作るには表示面を極端に明るくする必要がある。例えば、2倍濃い煙の中に見えるようにするためには表示面の明るさ（輝度）を100倍（ $=10^2$ 倍）に、3倍濃い煙の中でも見えるようにするためには1000倍（ $=10^3$ 倍）にしなければならない。もちろん、このような誘導灯は作れないことは言うまでもないことである。

そこで思いついたのが写真のストロボである。すなわち、キセノンランプの光は瞬間的ではあるが、蛍光灯の数100倍から数1000倍明るい。キセノンランプを用いた標識の見え方についての基礎的研究は、筆者が昭和46年ごろすでに行っている。この結果をふまえた実用的な研究を(株)日本消防設備安全センターに設けられた防災システム研究委員会避難誘導システム分科会の中で行われたのが、前記の基礎研究から約10年後の昭和56年のことである。

この間、昭和49年に大阪市なんば「虹のまち」地下街で煙の中での避難実験を行った際、工業会に点滅形誘導灯の試作をお願いし、これを地下街の出口付近の天井に取りつけ避難者に点滅形誘導灯の見え方を調べてもらった。

今回は、点滅形誘導灯の基礎実験と試作品の地下街での見え方について紹介します。

#### 2. キセノンランプの煙の中での見え方に関する基礎実験<sup>1)</sup>

##### 2.1 装置及び実験方法

キセノンランプを光源とするせん光標識を作った。その略図を図1に示す。この標識を長さ5.5mの集煙箱の一端に取付けた。また、キセノンランプ（写真のストロボ用のもの）を点灯させるための電気回路を図2に示す。種々の容量のコンデンサーを用いることにより、キセノンランプのせん光の強度（ピーク値）を変化させた。なお、電気回路中のチョークコイルはせん光の発光時間をそろえるためのものである。せん光のピーク値および発光時間（半値幅）の特性を図3に示す。ピーク値はコンデンサーの容量を増加させると、ほぼ直線的に増加することがわかる。

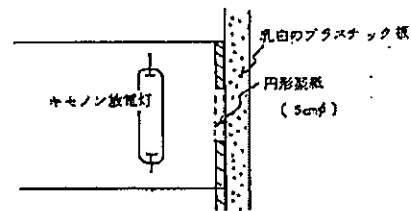


図1 キセノンランプを光源とした標識

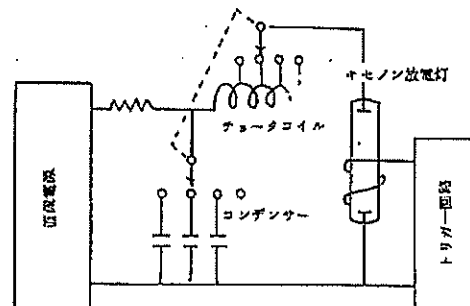


図2 キセノンランプの点灯及び光度調整回路

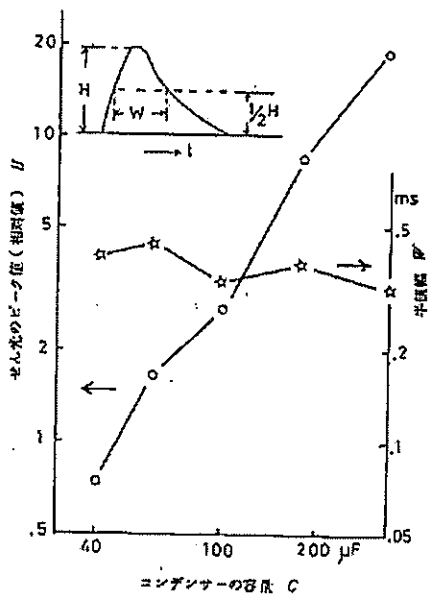


図3 せん光標識の発光特性

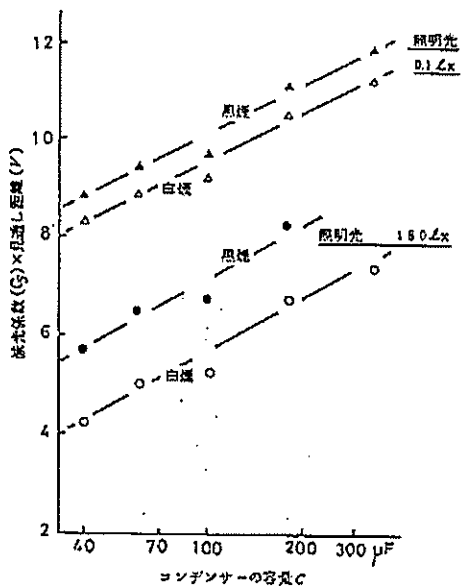


図4 せん光標識の見え方とキセノンランプへの入力(コンデンサーの容量)との関係

## 2.2 実験結果

コンデンサーの容量を変えたときのキセノンランプを用いたせん光標識の煙の中での見透かし距離の変化を図4に示す。なお、煙の中での見え方の評価は煙濃度  $C_s$  と見透かし距離  $V$  との積で表わされるので、図4の縦軸は  $C_s \times V$  の値で示して

ある。煙の中での見え方は、コンデンサーの容量の増加に従い増加している。したがって、大容量のコンデンサーを用いれば煙の中でもよく見える誘導灯を作ることができる。

しかし、現実には大容量のコンデンサーを用いても見透かし距離はそれほど伸びない。これは、キセノンランプの強力な光が周りの煙で散乱させられ、煙による光の幕ができ、標識が見えなくなるためである。すなわち図4において、コンデンサーの容量をさらに増していくと図中の直線が弓なりになり、容量を増しても見透かし距離がそれ程伸びなくなる。

上記の結果からキセノンランプを用いた標識の煙の中での見透かし距離にも限界があり、実用的にはこれまでの誘導灯に比べ2倍程度である。また、キセノンランプ光源とした標識を作るよりはキセノンランプ自身を標識とした方が見え方の点では得策である。

## 3. 大阪市「虹のまち」での避難実験<sup>2)</sup>

### 3.1 点滅形誘導灯の見え方

昭和49年2月7日午前9時、大阪市なんば「虹のまち」地下街において、地下街の各店舗の従業員を対象に避難訓練が行われた。この訓練では、通常の訓練とは異なり、発煙筒の煙の中を避難したことと、停電の有無による避難行動の差異を求めたこと及び避難口(地上への出口)近くの天井に吊した各種の誘導灯への気付きやすさ等についての調査を行い、避難訓練と言うよりは、むしろ避難実験に近いものであった。主催は大阪市防災会議地震専門部会であり、指導に当たったのは堀内三郎京都大学教授(当時)で、筆者はそれのお手伝いをした。なお、この地下街は停電時でもかなり明るく、床面上の照度が10 lx以上あったものと思われる。

この実験に用いた誘導灯は写真1に示すように、3種類で小形及び中形誘導灯と小形誘導灯の下端にキセノンランプを3個取付けた点滅形誘導灯で

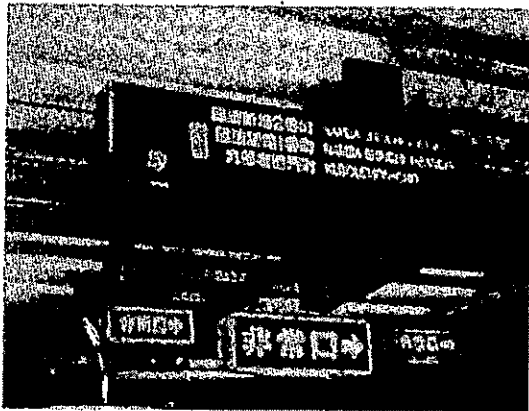


写真1 実験に用いた各種の誘導灯

ある。この3個のキセノンランプは火災信号を受ける(当日は手で操作)と地上への出口方向に向かって順次点滅するようになっている。この点滅形誘導灯は工業会に依頼し製作した試作品であるが、事前に十分なテストを行わなかったため、当初予想していたようなデータが取れなかったのが少し残念であった。なお、従業員による避難実験が開始される直前に煙の中での前記3種類の誘導灯の見え方測定が行われた。この観測は、工業会の会員18名の協力により行われた。御協力いただいた会員の方に感謝しておりますが、その中の一人が発煙筒の煙を吸い過ぎて、しばらく寝込んだという話を後日聞き、大変申し訳なく思いました。発煙筒の煙を吸い過ぎると熱が出て風邪と同じような症状になりますので御注意ください。筆者も何回かこのような経験をしています。

表1 各種誘導灯の見え方

実験回数	環境条件	小型		中型		点滅型		備考
		標識の存在が確認できた距離	文字の判読ができた距離	標識の存在が確認できた距離	文字の判読ができた距離	標識の存在が確認できた距離	文字の判読ができた距離	
第1回目	停電あり 発煙 (煙濃度平均0.6/m)	15.0	11.0	15.0	12.0	14.0	文字でなく、矢印のみのため比較できなかった。	測定者18人の平均値
第2回目	停電なし 発煙 (煙濃度平均0.6/m)	7.0	6.0	8.0	7.0	9.0		
第3回目	停電あり 発煙なし	100.0以上	28.0	100.0以上	65.0	100.0以上		
第4回目	停電なし 発煙なし	(測定せず)						

各種誘導灯の見え方を表1に示す。誘導灯を確認できる距離(視認限界)はわずかの差で点滅形、中形、小形の順に小さくなっている。また、文字の判読できる距離については、煙のない場合には中形は小形の約2倍の距離から判読できるのに対し、煙の中ではほとんど差異が認められない。したがって、煙の中でも遠くから文字を判読できるようにするためには、もっと単純な文字にするか、単純なシンボルマークにするか、あるいは誘導灯をもっと大型化する必要がある。なお、地下街に大形の誘導灯が付き始めたのは、この実験後のことである。また、点滅形が予想していたほど見え方がよくなかったのは、キセノンランプへの入力(コンデンサーの容量)が小さかったためである。

### 3.2 避難行動中の誘導灯への気づきやすさ

被験者である地下街の従業員109名が避難行動中、どの誘導灯に一番先に気付いたかについて、実験直後アンケート調査により調べた。アンケートに答えた66名の被験者の結果を表2に示す。表2から最初に気付いたのは中形誘導灯であり、点滅形より気づきやすかったことがわかる。この主な原因は前述のようにキセノンランプの入力が小さかったことによるものと考えられる。これは以前筆者が行った基礎実験の結果から推測できることである。

ところで、この実験の際、地下街が思いもよらないほどの濃煙に包まれてしまった。発煙量につ

表2. 最初に気付いた誘導灯についてのアンケート調査結果

性別	小	中	点	不	計
	型	型	滅	明	
男	11	18	12	7	48
女	3	7	3	1	14
不明	1	1	1	1	4
計	15	26	16	9	66



写真2 発煙中の状況

いては、前日夜リハーサルを行い、煙の濃さを約10mぐらい先が見える程度になるよう使用する発煙筒の本数を決めたのである。発煙中の状況を写真2に示す。ところが、本番では3~4m先しか見えないくらいの濃さの煙濃度になってしまったのです。これはリハーサルするときには外気風がかなりあり、発煙筒の煙が地下街の実験区域外に流れたのに対し、本番は早朝だったためほとんど無風状態だったことによる。

私自身は煙に馴れているので平気だったのですが、それでも地上への出口を見逃して通過してしまったほどでした。この時の煙の濃度は、一般の人で初めて入った建物では避難するのをあきらめてしまう程の濃さだったのです。このことは、被験者のアンケート調査にも記されている。一例をあげると、「実験だと知りながらも恐ろしかった。多分自分一人では逃げるができなかったと思う、と答えている。

従業員の避難方法をじっと見ていると、10人程度の人達が1つのグループを作り（あらかじめグループで避難するよう指示をした）、若い男性が先頭になり、2番目の人は先頭の人をしっかりとつかまえ、3番目の人は2番目の人の服の後ろをつかみ足元だけを見ながら「いも虫、のようなかっこうで避難していました。先頭以外の方は下向きで避難しており、あれで天井に吊してある誘導灯が見えたのかなおと感じました。火災時の避難の際も多くの人達は足元だけを見て歩いているこ

とがこの実験からも想像できよう。このことは、誘導灯の取付位置について今後考える必要のあることを示唆しているように思う。また、避難にはしっかりしたリーダーが如何に大きな役割を果たすかを示した実験であったとも言いよう。

#### 4. あとがき

煙の中でもよく見えるような誘導灯、をめざして研究を続けてきて、最終的にはキセノンランプのせん光の利用まで考えたのですが、これとて煙の中では限度のあることがわかった。しかし、せん光は、煙のない場合に誘導灯への気付きやすさ（誘目性）を増す効果が大きいのではないかという気がしてきた。

次回は、誘目性を主眼とした点滅形誘導灯についての実験結果等の紹介をする予定である。

#### 参考文献

- 1) 神 忠久：消防研究所報告No.40, P1 (1975)
- 2) 大阪市防災会議地震専門部会：地下街災害に関する研究（第2部 停電時及び避難行動と誘導灯の視認距離）（昭和49年5月）

#### 〔前号訂正のお願い〕

前号(1989.5)に掲載した「煙の話(6)」の図1と図3が入れ替わっておりましたので、次のように訂正をお願いします。



図1 一般公募で入選したピクトグラフ



図2 入選作を修正し、図3 ISO原案（消防庁及びISOに提出したピクトグラフ）

一点滅形誘導灯による誘導効果実験一

神 薙 久

自治省消防庁消防研究所・工学博士

1. まえがき

誘導灯にキセノンランプを用いた点滅形誘導灯を付加することは、煙の中での見越し距離を延ばすことができると同時に、煙のない状態での誘導灯の目立ちやすさ(誘目性)を増進させる効果も認められる。しかし、両者のうち誘目性向上の方がより効果的であることが、これまでの実験等からわかってきた。特に地下街やデパート等のように各種の案内灯が乱立(?)しているようなところでは、誘導灯が他の広告灯等の中に埋もれてしまっ

て目立たない所がしばしば見受けられる。そこで、(財)日本消防設備安全センターに設けられた防災システム研究委員会では、点滅形誘導灯(キセノンランプを付加したものと誘導灯の光源自体を点滅させるものの2種類)を目立ちやすさに重点を置き、性能基準作りのための実験を実施した。また、この基準に沿って製作した点滅形誘導灯による誘導効果を確認するための実験が東京消防庁主催で実施された。

2. 誘目性実験<sup>1)</sup>

2.1 実験方法及び結果

この実験は、昭和56年7月16日に消防研究所の建物内の長

さ約40mの廊下で行った。廊下の一端に大形誘導灯(通常点灯状態)とキセノン点滅形誘導灯を並べて置き、これを30m離れた距離から観測し、キセノンランプへの入力を変化させたときの両誘導灯の目立ちやすさを比較した。すなわち、点滅形誘導灯への入力を5段階にセットし、これをランダムに発光させ、点滅形誘導灯が大形誘導灯より目立つか、どうかを判定させた。

被験者は13人と少なかったのでキセノンランプへの入力と同じ場合を5回づつ行った。その結果を図1に示す。図の横軸はキセノンランプへの入力(W)であり、縦軸は点滅形誘導灯の方が大形誘導灯より目立つと答えた人の数(%)を示したものである。

キセノンランプへの入力を増していくと目立ちやすさが急激に上昇するが、入力が2.5 W以上

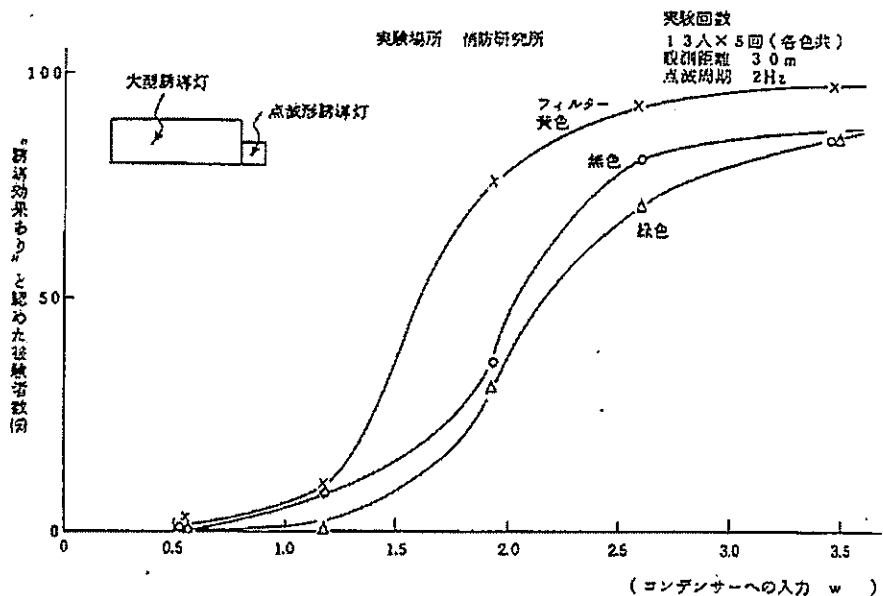


図1 キセノンランプ点滅時の誘導効果に関する実験

なると、それ以上入力を増しても目立ちやすさにそれ程変化のないことがわかる。なお、各点は65個(13人×5回)のデータの平均値である。

この実験ではキセノンランプに黄色及び緑色のフィルターをかぶせた場合についてもデータを取っている。フィルターを取り付けると当然のことながら目に到達する光量は減少するのに、黄色のフィルターを取付けた場合にはフィルターなしの場合より幾分目立ちやすさが上まっている結果となった。また、緑色のフィルターを取り付けた場合には、フィルターなしの場合より幾分目立ちやすさが劣る結果となった。

本来ならば、この比較実験においてはキセノンランプのせん光の強さ、すなわち光度を測定すべきところではあるが、せん光の強度の実験場での測定が難しいので、この実験ではキセノンランプを発光させるためのコンデンサーへの入力で整理を行った。

上記実験の結果、緑色フィルターを用いる場合を考慮し、キセノンランプを用いた点滅形誘導灯への入力を2.8W以上必要であるとした。

## 2.2 点滅周期

点滅形誘導灯の目立ちやすさは、キセノンランプのせん光の強さの他にせん光の周期にも左右される。今回の実験では毎秒2回の周期に固定して行った。これは、次のような実験報告書を基に定めたものである。すなわち、昭和46年に行われた航空燈火の見え方に関する実験<sup>2)</sup>において、キセノンランプのせん光の信号としての見え方は、0.5秒/回又は1.5秒/回が効果があるとしている。また、自動車に用いられているフラッシャー<sup>3)</sup> <sup>4)</sup>は、60~120回/分であり、空港の進入路指示灯<sup>5)</sup>では、0.5秒/回と規制している。これらの文献より点滅形誘導灯の点滅の周期を2Hzとした。

なお、点滅周期を1Hzより長くすると間延びした感じとなり目立ちやすさが低下すること、反面短くするとせん光の強度にむらが生じ見えにくくなること及び消費電力が増すこと等の問題がでて

くる。

また、誘導灯の光源である蛍光灯自体を点滅させるもの(けい光灯内照式)については、点灯時間と消灯時間の比を0.5とし、完全に消灯すると表示面が見えなくなるので、滅の状態でも通常時の30~40%の光を残すことにした。

## 3. 点滅形誘導灯の誘導効果実験<sup>6)</sup>

### 3.1 実験方法及び結果

前記避難誘導システム研究委員会の研究成果に基づき自治省消防庁では点滅形誘導灯の技術基準に関する通知を昭和58年5月(消防予75号)に出した。この技術に沿って製作されたキセノンランプを用いた点滅形誘導灯の誘導効果を調べるための実験が東京消防庁予防部予防課主催で同年8月30日、開所前の八王子市役所新庁舎で行われた。この実験に筆者を含め避難誘導システム研究委員会のメンバーの幾人かが手伝った。

実験方法としては、被験者を一室に入れ、その部屋から廊下に避難させ、廊下に出た被験者が左右どちら側に避難するかを調べた。この際、廊下の左側の前方約15m先の天井にはキセノン点滅形誘導灯付中形誘導灯を、同様右側には通常の中形誘導灯をそれぞれ取付けておいた。被験者にとっては点滅形誘導灯を見るのが初めてであり、もちろん、点滅の意味については全く知らされていなかった。

最初の実験(被験者男子20人、女子10人計30人)は、部屋から一人ずつ避難させた。多くの被験者は廊下に出て、まず左右を見て、しばらく考えた後、右又は左側へ歩き出した。実験後の集計の結果、点滅形誘導灯の付いている側に避難した人は、被験者30人中21人(男子16人、女子5人)で、全体の70%にあたる。

第2実験では、被験者21人(男子9人、女子12人)をいっせいに廊下に飛び出させ避難させた。この際、実験廊下に発煙筒で煙を発生させたが、この煙が濃過ぎたため、左右の誘導灯共、全く見

えなくなりました。そのため点滅形誘導灯の煙中での誘導効果を調べるができなかった。被験者の避難の様子とはいうと、先頭の人が右側(通常の誘導灯のついている側)に走ったら、他の人達はその人の後に続き、反対側に避難した人は21人中たった一人だけだった。火災時の群集心理の恐ろしさを思わせる一場面であった。

第2実験が失敗に終わったため、追加実験を行った。被験者は21名(男子2人、女子19人)で、第1及び第2実験の被験者の中からランダム(男女別)に選んだ。発煙筒の煙量は第2実験の半分以下におさえ、部屋から出た廊下の所から左右の両誘導灯がかすかに見える程度とした。被験者を2組(約各10人)に分け、いっせいに避難させた結果、21人中15人(71%)が点滅形誘導灯の方に避難した。

### 3.2 考察

実験後、被験者に対しアンケート調査を行った。アンケートの結果中、特記すべき事項としては、実験前にキセノンランプの点滅が危険を意味すると判断する被験者がかなりいるのではないかとの意見が消防関係者の中でも幾分あったが、アンケートの結果では点滅が危険な方向と思ったと答えた人は一人もいなかった。ただ、点滅の意味がわからなかったと答えている人がおり、第1実験、第3実験共、約30%の人が点滅していない方に避難しているが、この主たる原因はこの辺にあったものと推測される。

また、第2実験に見られたように「他人への追従行動、は避難経路に対する情報のない場合の避難者の行動特性がよく現われており、避難時の情報の重要性を見せつけられた。

最後に、この実験で起きた非常にめずらしい光景を紹介しよう。この実験での被験者の多くは学生のアルバイトであったが、一人だけ工業会の関係者を被験者として加えた。学生アルバイトにとっては、点滅形誘導灯を見るのも初めてであり、

したがって、点滅が何を意味するかがわかるはずがない。この点、工業会関係者の被験者の場合には点滅の意味がよくわかっている。ところが、第1実験(一人ずつ避難するケース)の際、何を考えたのか点滅している誘導灯のある方とは反対側に避難してしまったのである。我々実験関係者はあぜんとしてその行動を見ていたのである。何等かの重大な理由なくしては、この不可思議な行動は考えられないことである。このことは、実験から6年間経過した現在でも語り草となっている。ただ、この人には避難するとき、どこを注視しながら行動するかを調べるために「アイカメラ、を装着してもらった。そのことと報道関係者から向けられたTVカメラにより極度の緊張状態に陥ったのではないかと推せられる。多分上述のようなことが主たる原因だと思うが、それにしてもびっくりした一場面であった。

### 4. あとがき

点滅形誘導灯は、火災時にしか点滅しないため多くの一般の人にとっては点滅形誘導灯の存在すら知らないのではないかと思う。ましてや点滅の意味を理解している(聞かされている)人は少ないものと思われる。しかし、本来の目的である誘導灯の「目立ちやすさ、は点滅形誘導灯を付加することにより大幅に改善されたことは確かである。

今回の実験等で、点滅形誘導灯の付加により誘導灯の目立ちやすさ(誘目性)の向上が定性的に求められたが、この誘目性向上を定量的に把握するための実験が4年後の昭和62年に行われた。この結果についての紹介は後日にゆずりたい。

### 参考文献

- 1) (財)日本消防設備安全センター防災システム研究委員会：防災システム研究委員会昭和56年度中間報告書
- 2) (社)照明学会航空せん光灯研究委員会：各種気象下における航空灯火の見え方に関する試験研究報告書(昭和46年)



- 3) JIS D 5707-1970 ; 自動車用ターンシグナルクラ  
ッシヤ
- 4) 運輸省令第67号 (昭和26年) ; 道路運送車両の保安  
基準第41条
- 5) 運輸省告示第284号 (昭和56年) ; 航空灯火 — 進  
入路指示灯
- 6) 東京消防庁予防部予防課 ; 点滅形誘導灯の効果実験  
結果 (昭和58年11月)