



早稲田大学 理工学術院総合研究所
工学博士 神 忠久

WASEDA UNIVERSITY
Dr.Eng Tadahisa Jin

生死を分ける避難の知恵

—その1 火災避難時の基礎知識—

Human Behavior for Fire Safety Evacuation
Part 1 Fundamental Knowledge of the Fire Evacuation

1. はじめに

“住宅火災でどうして人が死ぬのか？2階建ての住宅ならすぐに逃げられそうじゃないか？”とか、みんな煙に巻かれて死ぬというけれど、“火事の煙ってそんなに怖いのか？”ということをしばしば耳にします。

そこで、建物内で火災にあった人達がどのように避難したか、また安全に避難するために心得ておきたいことなどを筆者のこれまでの研究や火災事例に関する調査の結果を交えて今後4回に分けてご紹介します。

ガソリンなどの石油類、食用油などの火災

③電気火災(「C火災」ともいう)

電気室や発電機からの出火で感電の危険がある火災
これらの火災にはそれぞれ適した消火器が市販されています。市販の消火器には「A火災用」、「B火災用」、「C火災用」の文字と絵表示とが併記表示されていましたが、平成23年以降に市販された消火器からは統一された絵表示のみに変わりました。

消火器の中には上記のいずれかの火災に適合するものやすべての火災に適合するものがあります。

2. 火災の現象について

2.1 燃焼と消火の話

火災とは火によって引き起こされる災害のことです。消防法でいえば、「人の意に反して発生する燃焼や消火の必要がある燃焼」のことです。物が燃えるためには①燃えるものがある、②酸素、③火種(熱)が必要で、これを燃焼の3要素といいます。この3要素のうち、ひとつでも欠けると物は燃え続けることができません。

一方、燃えているものを消すには、この3要素の内のどれかひとつを除去する必要があります。消火方法としては、①冷却方法(水で冷却し、熱を取り去る)、②窒息方法(空気中の酸素を遮断する)、③抑制方法(燃焼という化学反応を抑える)があります。

2.2 火災の種類

消防法では消火の観点から火災を次の3つに分類しています。

①普通火災(「A火災」ともいう)

木材・紙などの一般可燃物が燃える住宅火災やビル内部で可燃物が燃える火災

②油火災(「B火災」ともいう)

火災の区分	A火災 普通火災用	B火災 油火災用	電気火災 電気火災用
絵表示			

2.3 火災時の温度と継続時間

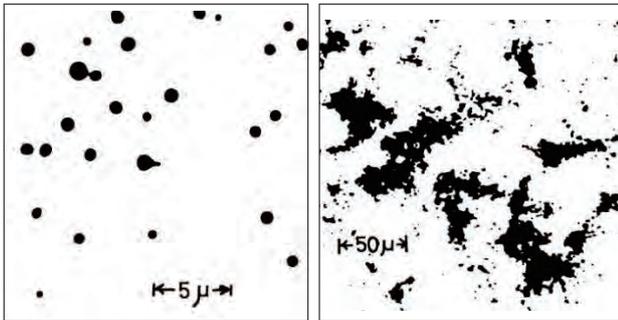
昔の木造建築物は、通気性が良いため、火災時には激しく燃え、出火から7-8分で最高1,200℃近くまで温度が上がったあと燃えるものが少なくなると急激に温度が低下します。この間の継続時間は15分程度です。最近の木造建築物では建物の気密性がよくなったことにより火災時に新鮮な空気が入りにくくなったことと内装材に不燃物が多く使用されるようになったことなどから火災時の建物の最高温度は昔の木造建物ほどは高くなり800℃前後で、そのかわり火災継続時間が長くなり30分以上続くこともあります。この火災温度及び火災継続時間は機密性の高い耐火構造の建物内での火災時の状況に近いものとなってきました。

3. 火災時の煙の話(パニックにならないために)

3.1 煙粒子の大きさの話

一般に、物が燃えるときに発生する燃焼生成物の内、人の目に見える固体及び液体の微粒子を煙と呼んでいます。煙の粒子の大きさは、空気(正確には空中の酸素)の供給量により変わり、酸素が少なければ物はくすぶる状態で燃焼し、白い煙を発生します。このときの煙粒子の大きさは0.0003mm~0.001mmの球形で半ば液状です。半ば液状のため衝突するたびに合体し、全体の粒子数が少なくなり、人の眼には煙が薄くなったように見えます。また液状であるために蒸発したり、壁に付着したりすることで時間の経過と共にどんどん粒子の数は少なくなります。溜めておいた白煙が時間の経過とともに薄くなったように見えるのは以上のような要因によるものです。

これに対して酸素が多く物が炎を上げて燃えているときに出る煙は概ね黒色で煙粒子の形状は様々な形の固体で大きさは概ね0.001mm~0.01mmです。この黒い煙粒子は固体であるため衝突しても1つにはならず、鎖状に連なった状態になります。この典型的な状態が「すす」と呼ばれるものです。現実の火災の煙は白煙と黒煙が混じった状態で存在します。



白煙粒子写真(5 μ =0.005mm) 黒煙粒子写真(50 μ =0.05mm)
White smoke particles (Smoldering wood) Black smoke particles (Flaming wood)

3.2 煙の拡がる速さ

火災時の煙の拡がる速さは、火元の火勢(燃えている勢い)や建物内の気流(空気の流れ)により異なりますが、廊下など横方向へ拡がる速さは無風状態で0.2~0.5m/sで人の歩く速度(1m/s程度)と比べるとかなり遅いものです。ですから、風の無いときに火災と同時に避難行動を開始すれば煙に追いつかれることはありません。では、何故火事があったときに煙に巻かれて亡くなる人がいるのでしょうか？

火災の初期の煙は10cm程度の厚さで天井に張り付くように流れ出し、出口の方向に広がっていきますが、この状態で人はあまり、恐怖心を感じません。ところが時間の経過とともに煙の層が厚くなり、煙先端の温度が下がるためそれまで天井に張り付いていた煙が一斉に下降し始めます。その結果それまで見えていたもの(非常口など)が瞬時に見えなくなります。この現象が煙の怖さのひとつです。煙が天井に張り付いているうちに避難することが大切です。



天井付近の煙は突然下降し始める！

また、それまでゆっくり広がっていた煙も階段の所までくると急変し、3~5m/sの速度で上昇を始めます。この速度は人間が階段を上る速さの10倍以上で、とてもかたまりません。たとえば10階建てのビルの1階が火災になった場合、10秒程度で最上階に煙が達することになり、この階段を使っての避難は瞬く間にできなくなります。ですから階段室には煙を入れないようにすることが肝要です。最近のビルでは廊下と階段室の間に扉がついていて、火災時には自動的に扉が閉じるようになっています。ただ、扉の前に物を置いていたために火災時に扉が閉まらず、大きな被害を出すという火災事例があることも事実です。普段からの点検・注意が肝心です。



防火扉の前に物を置かない！

3.3 煙による視界の減少

煙の中では物が見えにくくなります。視界は煙の濃度が高いほど減少し、近くのものしか見えなくなります。

煙の濃さを減光係数という単位で表わすと煙濃度と視界との間には

$$\text{煙の濃度(減光係数 1/m)} \times \text{視界(m)} \div 2$$

という関係が成り立ちます。つまり煙の濃さが2倍になると視界が1/2に減るということです。一般にビルなどに使われている煙感知器のベルは煙の濃度が減光係数0.1の時に鳴動するようになっています。この時の視界は上式から20mとなります。視界20mの煙は極薄い濃度ですが、この薄さでも50m×100mの広さの展示場のような所にいる人には、出口が見えなくなるので、ものすごく濃い煙の中にいるように感じられます。反対に目の前の自分の手指すら見えなくなるような火災最盛期の煙でも、ピーカーのような小さなガラス瓶に入れてみると極薄い煙のように見えるものです。このことから人は、大空間ほど本当の濃度以上に煙の濃さを感じるため、心理的に動揺し、時にパニックを引き起こす場合があるということを理解しておくことが必要です。

3.4 煙の刺激性による心理的影響

防災訓練の際、煙体験に使用される煙は無臭無害であり、直進方向に出口があることが体験者にあらかじめわかっているため、煙の中で視界が減少しても恐怖心はほとんど感じません。しかし実際の火災の煙は薄い濃度でも目はちかちかし、涙は出るし、喉がひりひりするという生理的な苦痛から心理的にも動揺します。さらに火災避難時に建物内で視界も減少し、安全な避難方向がわからなくなることで、さらに心理的動揺は激しくなります。

以前筆者は、一般の人に火災時の煙を充滿させた実験用の廊下に入ってもらい、煙の中で暗算に答えてもらう実験を行いました。その結果視界20mの極薄い煙の中でも一桁の足し算の答えを間違える人が出てきました。煙の濃度が上がるに連れ、正答率はどんどん下がり、視界が4～5mまで減少するとほとんどの人が暗算に答えられなくなりした。

火災の最盛期の煙濃度はこの実験時の20倍以上になります。火災初期の極薄い煙の中の実験ですら一桁の暗算に答えられなくなるほど、人は心理的に動揺することから火災時の煙の恐ろしさはご想像いただけると思います。

3.5 一酸化炭素中毒

最近の火災では一酸化炭素中毒により亡くなる人が増

えています。一酸化炭素は無色無臭のガスで、木材やプラスチック建材が燃焼する時に煙と同時に発生します。濃い煙の中ほど、一酸化炭素の濃度も濃くなります。一酸化炭素中毒の程度はその人が吸い込んだ一酸化炭素の濃度と吸込み続けた時間で決まります。つまり濃い濃度の一酸化炭素では短時間で中毒症状になりますが、薄い煙濃度中の一酸化炭素は長い時間吸込まないと中毒にはなりません。また、避難中に濃い煙を一口吸込んで倒れることもあります。これは絶命したわけではなく気を失っているだけであり、その後ある時間一酸化炭素を吸い込み続けるとやがて死に至ります。現実には、気を失っている段階で消防隊に救助され一命を取り止めた火災事例が時々見受けられます。

さて、ここまでは、火災で起こりうる要素について考えてきましたが、次項からはそれではあなたが、火災に遭遇した場合にすべきことを考えたいと思います。

4. 火災の発見と通報

4.1 火災を発見した時

火災発生時に最初にしなければならないことは、①通報、②初期消火、③避難を同時に行うことです。

しかし、火災発見が一人だった時に、最も大切なことは大声で「火事だ!」と叫んで他人に火災を知らせることです(これを火事ぶれといいます)。特に就寝中ならば他の人をたたき起こすことです。次に手伝ってくれる人を含め消火器等による消火が可能かどうかを判断することです。消火器がない場合や消火が困難なほど火災が拡大している場合、消火活動に自信のない場合は、直ちに避難を開始します。避難するときも大声で「火事だ!」と叫び続けながら避難をしてください(大声を出すことで冷静さを取り戻すこともできます)。また、避難に余裕のある場合は、消防署へ連絡(通報)してください。



「火事だ!」と叫んで他人に知らせること!

この火災初期の「火事ぶれ」がなかったために多くの人が亡くなった火災事例を紹介します。

昭和53年9月の午後、長野県松本市の洋装店で火災が発生し、死者6名、負傷者12名を出しました。火元は2階で、改装工事の職人の使っていた接着剤に何らかの原因で火が着き、その火が急激に拡大し、火災になりました。2階にいた8名の職人の内、焼死した1名を除き、出火と同時に一声も発することなく窓を乗り越え、アーケードの屋根に飛び降りました。同じく2階にいた工事請負人は階段を上がり、3階の社長室に駆け込み「落ち着け、落ち着け」と独り言を言いながらしゃがみこんでしまったということです。その後、彼は窓を乗り越え、脱出しています。何故声が出せなかったのか？疑問は残りますが、職人も請負人も火災により、パニック状態になったものと思われます。

一方、3階には社長と19名の従業員がいました。請負人が駆け込んでから間もなく、階段から濃い煙が押し寄せてきました。道路に面した部屋にいた社長と役員は窓から脱出、奥の部屋にいた人達は奥にあった非常階段から避難できました。しかし建物中央に位置する食堂と厨房で仕事をしていた8名の従業員のうち、3名は道路側の部屋に駆け込み窓から脱出できましたが、残りの5名は一酸化炭素中毒で死亡しました。

最初に火が出た時、2階にいた人の中で一人でも大声で「火事だ！」と叫んでいたら、その時点で3階の人も気がついたものと思われます。またこの時点では全員が階段を通じて避難も可能であったことが筆者らの調査でわかりました。さらに工事請負人が3階に上がった時点で、「火事だ！」と声を上げていれば、3階にいた全員が窓から脱出できたものと思われます。火災発生時の「火事だ！」と大声を出すこと(火事ぶれ)がいかに重要を示した事例です。

なお、この火災で事務室にいた中年の女性は、ドアから漏れてくる煙を見て火事だと思った瞬間から記憶がなくなり、気が付いたときには部屋の中に煙が充満していたそうです。こうしてはいられないと思った後また記憶がなくなり、次に気が付いたときには建物の外だったとのことでした。この火災に限らず火事だ、逃げなくてはと思った後どのようにして避難したか全く覚えていない人達の火災事例が時々見受けられます。これも火災時にパニックに陥る事例であります。

4.2 火災感知器

ビルや住宅で火災が発生した場合、人が発見する前に

火災の熱や煙などを感知し、建物内にいる人たちに火災の発生を知らせる機器として火災感知器があります。その種類としては、

①熱式感知器(火災の熱により周囲の温度の上昇を感知するもの)

②煙式感知器(火災時に発生する煙を感知するもの)

があり、ビルや住宅に設置されています。このほかに物が燃える時に炎から発する放射エネルギーを感知する炎感知器がありますが、これは、主に1km以上の長いトンネル内で発生する自動車火災の感知に使用されています。

火災感知器は火災を感知すると電気信号を受信機に送ります。受信機では火災の発生した場所を表示すると共に避難の必要な箇所にあるベルを鳴動させます。また消防署に火災であることを自動的に知らせる機能を持っている受信機もあります。

なお、一般住宅に付いている火災感知器(正式名称は住宅用火災警報器)は火災感知と同時に火災である旨の警報音及び避難を促すメッセージを発します。住宅用火災警報器にも熱式と煙式があり、調理の煙が出る台所では、熱式を設置し、それ以外では煙式を設置しています。これは、火元から離れている場所では火災の熱による周囲温度の上昇より煙のほうが早く感知器に到達するからです。調理の煙でしばしば作動してしまう煙感知器は、台所には不向きです。



火災報知設備の熱感知器(定温式)



火災報知設備の煙感知器

5. 避難の基本

5.1 避難前にすべきこと

- ①大声で他の人に火災が発生したことを知らせる(火事ぶれ)。
- ②避難経路が確保され、かつ消火に自信があるときは初期消火を行う。
- ③初期消火に失敗し、炎が天井に達するようになった時は、消火を諦め、避難を開始する。
- ④避難に余裕のある場合は、消防署へ連絡をする。

⑤燃えている部屋のドアを閉めて避難する(部屋を空気不足にし、延焼を遅らせるため)。

5.2 避難時にすべきこと

①避難経路がいくつかあるときは、どの経路が最も安全か落ち着いて判断する。

- ・ 非常口までの距離
- ・ 非常口までに曲がる回数の少ない経路
- ・ 床に段差のない経路

が判断のポイントです。初めて入ったホテル・旅館などでは、自分の部屋から非常口までの経路を部屋に入る前に直ちに確認することが大切です。後回しにすると必ず忘れてしまいます。非常口は防犯上の理由から鍵が掛かっている場合も少なくありません。鍵の開け方も確認しておきましょう。出火場所によって利用できない非常口もあるため、必ず2カ所の避難経路を確認しておくことが肝要です。段差のないことも重要です。避難の途中で転んでしまうと方向がわからなくなり、パニックを起こす原因にもなります。また、曲がる回数も重要です。曲がる回数が多いほど非常口にたどり着くのが難しくなります(筆者が以前勤務していた消防研究所で足元しか見えない状態の迷路で歩行実験を手伝った際、3回曲がるとスタート地点に戻れる人は半数にしかありませんでした)。

②廊下がすでに煙で充満している場合、窓からの脱出方法がないかを確認する。

隣の棟の屋根に飛び移れないか、雨樋を伝って地上に下りられないかを確認する。

昭和55年の栃木県で起きたホテル火災では、廊下から避難できなかった2人の老人が、雨樋を伝って4階の部屋から隣の棟の2階の屋根まで降り、その後2階の屋根に掛けられた梯子で地上に避難できました。いざという時には思いもよらない力「火事場の馬鹿力」が出るものだということを記憶しておいていただきたい。

③煙の中を避難する時は、静かに必要最小限に呼吸をしながら歩行する。

息を詰めて歩行し、我慢できなくなって煙の中で一呼吸しただけで、倒れたり、倒れそうになることがあります。これは息を止めていたため、一呼吸でも多量の煙を吸込んでしまうためです。濃い煙の中を避難する時は絶対に息を止めないで少しずつ呼吸をしながら、歩行しましょう。

④避難経路に煙のある時はタオルのようなもので口と鼻をおおう。

タオルは水で濡らす必要はありません。乾いたタオルでも煙は取れます。濡らしたタオルは粒子の大きい黒煙の中では目詰まりを起こし、呼吸がしづらくなります。特に織り目の細かいハンカチや日本手ぬぐいは目詰まりを起こしやすいので濡らしてはいけません。また、濡らすための水を探している内に避難時間がなくなります。タオルがない場合は洋服を口と鼻に当てても効果があります。

⑤できるだけ低い姿勢で避難する。

煙は天井から順次たまっていくので、床に近いほど煙の濃度が薄く、遠くまで見えます。

⑥煙の中では決して走らない。

走ると周りの煙を掻き乱すことになり、上も下も煙の濃さが一樣になり、視界が低下して避難経路がわからなくなります。



逃げる時はタオル等で口と鼻をおさえて！

⑦持ち出し物に気をとられず、身体1つですぐに避難する。

探し物で避難できる貴重な時間を費やし、命を落とした火災事例は時々あります。

⑧外に出てから再度火災建物に戻らない。

これも上記の例のごとく、毎年多くの死亡事例があります。

6. あとがき

今回は、避難時に心がけなければならない基本的な知識について紹介いたしました。次回は自分たちの住んでいる住宅で火災にあったときの避難について、心がけなければならない事柄について紹介しましょう。

【主な参考文献】

- 神忠久：「煙中の誘導標識の見透し距離について」日本建築学会論文報告集No.182,pp.21-29 (1971)
- 神忠久：「煙中に見透し距離について」日本火災学会論文集Vol.21, No.1, pp.17-23 (1971)
- 神忠久：「ぬれタオルの除煙効果について」火災学会誌Vol.31, No.5, pp.26-30 (1981)