

建物火災による 燃焼生成物の毒性について

牧野恒一

はじめに

「最近の火災は火よりも煙の方が恐ろしい」といわれるようになって久しい。プラスチックを燃やしたときのいかにも毒性の強そうな臭いや、息詰まりそうに閉鎖性の高いオフィスビルのことを思い起せば、さもありなん。と納得がいきそなうになるが、その実態については意外に知られていない。本稿では、建物火災による燃焼生成物の毒性と、それが人体に及ぼす影響などについて、統計と実験結果などをもとに解説してみることとした。

一、火災による死者と死因の推移

(1) 火災パターンの変化
日本では、近年まで、火災による被

害は“火災発生→急激な炎上→隣棟延焼→市街地大火”というパターンが典型的なものと考えられてきた。これは旧来の日本の家屋構造と都市構造によるところが大きいのだが、このような火災パターンの場合は、大地震火災や大空襲などの同時多発的な火災を除くと、火災が発生しても死者が大量に出るということはあまりなかった。

ところが、日本が高度成長期に入り、都市構造や消防力が整備されて市街地大火が少なくなるのと反比例するかのように、火災による死者が急激に增加了(図1のA部分参照)。

この理由については、火災そのものの件数が増加したこと(図2のA部分参照)、依然として家屋が急激に炎上しやすい構造をもつていたことなどと併せて、煙にまかれて逃げ遅れたり、CO中毒や窒息などによって死んでしまう「煙死」者が増加したこ

とも大きな要因と考えられている。

「煙死」者が増加した理由は、燃焼時に多量の煙や有毒ガスを発生する化学製品が建物内部に大量に用いられるようになつた一方で、建物の密閉構造化が進み、不完全燃焼によりCOが発生しやすくなつたり、発生した煙や有毒ガスが建物内部に滞留しがちになつた

りしたためであると考えられる。すなわち、建物構造や内部の可燃物の変化に伴つて、火災による典型的な被災のパターンが“火災発生→大量の煙や有毒ガスの発生→逃げ遅れ→死亡”という形に変化してきたと考えられるのである。

(2) 火災による死者の死因をめぐる逆説

死因の推移

図3は、火災による死者(放火自殺者を除く。以下同じ)の死因に占める「火傷」と「CO中毒または窒息」との比率の推移をみたものである。この

図をみると、奇妙なことに気付く。(1)で立てた仮説のとおりなら、建物の密閉構造化や化学製品の使用状況はますます進んでいるはずであるから、CO中毒などによる死者の比率は増加しそうなものであるが、統計上は逆になつている。すなわち、起火後、CO中毒などによる死者の比率が急増して火傷による死者の比率を大きく上回つており、(1)の仮説のとおりである(図3のA部分)。

(2) 昭和40年代半ば以降は、CO中毒などによる死者の比率は減少して

いるのに、火傷による死者の比率は増加しているため昭和46年には両者が逆転している(同B部分)

(3) 昭和50年以降はほぼ5:4の割合で火傷による死者の方が多い状態で現在にいたつてはいる(同C部分)

のである。(1)の仮説が正しいのなら、この両者の関係は少なくとも逆になつていないとおかしい。統計がこのような逆説を示すのはなぜであろうか。昭和40年代の中頃に何が起つたのであろうか。

このような疑問を解く鍵は、火災による死者の死因の決定方法にあると考えられる。火災による死者の死因には、大別すると「CO中毒または窒息」と「火傷」および「避難のための飛び

（降りなどによる）打撲骨折」の二つがある。火災による死者の死因を判定するのは検死を担当する医師であり、前述の消防の統計も医師による検死の結果を集計しているにすぎない。現在行われている検死の方法や分類の方法を調べてみると、「CO中毒または窒息」とは文字どおりCOガスによる中毒と窒息または酸欠が死亡の直接の原因であるもののことであり、CO以外の有毒ガスによる死亡は含まれていないことである。一方、「火傷」の方にはなんらかの原因によって身動きできなくなつて焼死した者も、「CO中毒または窒息」と「打撲骨折」以外の理由によって死亡した後で死体が焼けたもの

も含まれてしまうことである。このような検死や死因判定のシステムを前提として考えると、昭和40年代半ばに起こつた死因の逆転現象の原因については、次のような仮説を考えられる。

- ① 化学製品の中には燃焼時にCO以外の有毒ガスを大量に発生するものがあるのではないか？
- ② そのような化学製品が大量に用いられるようになると、火災時に、CO以外の有毒ガスによって身動きできなくなつて焼死したり、CO以外の有毒ガスによって死亡した後で死体が焼けたりするものが増加するのではないか？

二、火災時の燃焼生成物

では、火災統計から、火災による

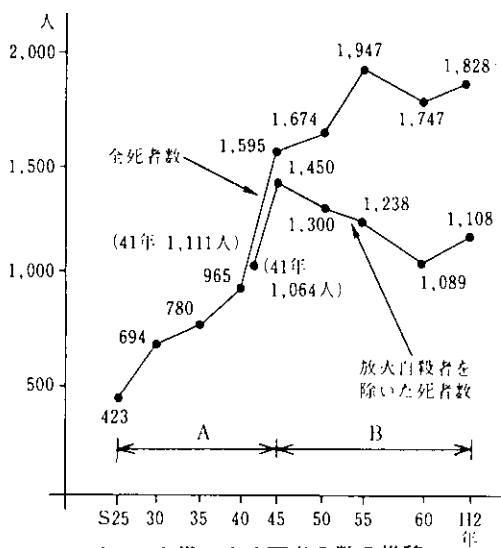


図1 火災による死者の数の推移
(消防白書より作成)

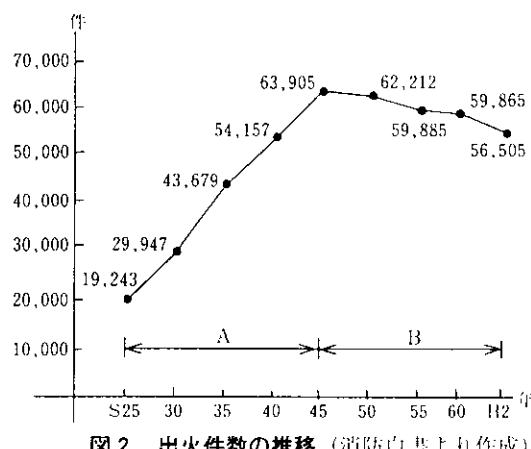


図2 出火件数の推移 (消防白書より作成)

③ このような場合、その死因は

「火傷」と判定されるため、統計上は「火傷」の比率が増えて「CO中毒または窒息」の比率が減少することになるのではないか？

④ このような化学製品が大量に用いられるようになったのが昭和40年代の中頃ではないか？

この仮説が正しいとする、毎年の火災による死者数の中にはCO以外の有毒ガスに起因する死者が相当数含まれていることになる。

死因と火災時の有毒ガスについて考察してみたのだが、もつと直接的に、火災時に発生する燃焼生成物とその毒性について行った研究も多い。建物火災といつても、化学工場の火災や特殊な物品を貯蔵する倉庫の火災などの場合は、特異な有毒ガスを発生する可能性があるので、とりあえず除外して考えることとする。通常の住宅や事務所ビル、店舗などのごく普通の建物で使用されている化学物質を様々に条件で燃焼させて、発生する燃焼生成物を定量分析してみるのが一般的なアプローチであろう。そのような研究の例を表1に示す。

一方、各種ガスの許容濃度は表2のとおりである。

表1と表2とを見比べてみると、通常の建物火災の際に化学製品から発生するCO以外の有毒ガスで注意すべきものは、主として①HCN、②アセトレン、③HClの三つであることが推測できる。

HCNはメラミン樹脂、ポリアクリロニトリルなど、構成分子中に窒素を含む物質（その意味では綿や羊毛も含まれる）を燃焼させると容易に発生する。アクリレインはポリエチレンやポリプロピレン、HClはポリ塩化ビニルなどの普遍的に使われている物質を燃焼させると発生するので、最近の建物火災においては、多かれ少なかれこれらの有毒ガスが発生しているのみな

ければならないだろう。

三・旧富士見病院火災実験

実験室での定量分析以外に、実際に建物を燃焼させ、その際に発生する燃焼生成物を採取して分析したり、マウスやラビットに吸入させたりする実験もこれまでに幾つか行われている。

これらの中で、消防庁の消防研究所が中心になって、静岡県環境衛生センターなどの協力を得て行った旧富士見病院看護婦宿舎の火災実験（昭和61年7月3日、静岡県清水市）が有名である（詳細については、「火災燃焼生成物の毒性（自治省消防庁予防課監修：新日本法規出版）」参照）。

実験を行ったのは、図4のような平面プランを有する耐火構造2階建ての建物である。ほぼ同一の条件を持つ3号室と7号室において、内部の積載可燃物を、実験1ではすべて天然系のものとし、実験2ではできるだけ化学製品を用いたものとして、別々に薰焼状態から火災を発生させてデータをとっている。

この実験結果から考へると、化学製品が多用されるケースでも火災の際にCOの果たす役割は依然としてきわめて大きいが、天然の素材に比べると、

①火災時に発生する有毒ガスの毒性の総量ははるかに大きいこと

②HCN、アクロレイン、HCl

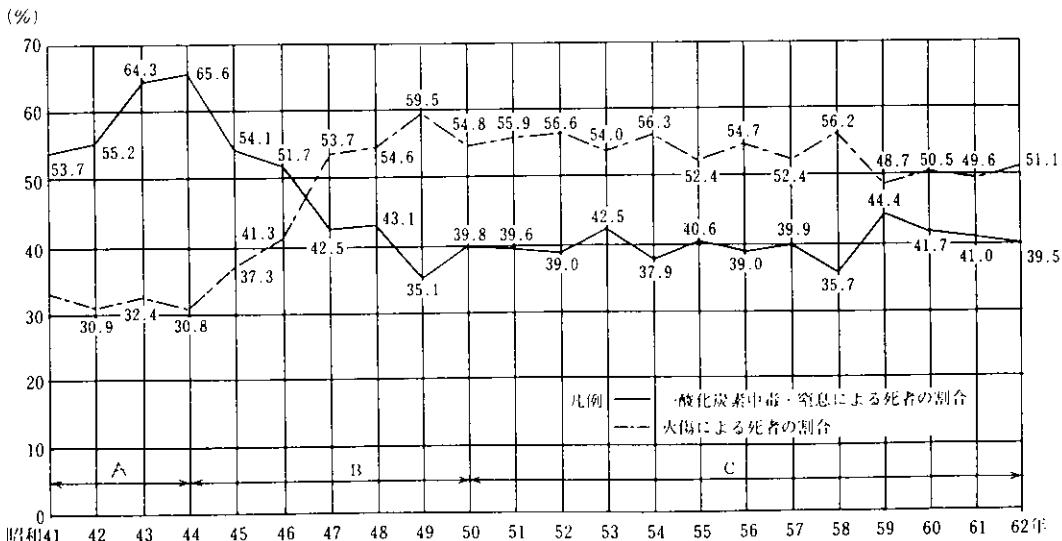


図3 放火自殺者を除く火災による死者の死因別の割合の推移
(火災による死者の実態について (消防庁予防課) より作成)

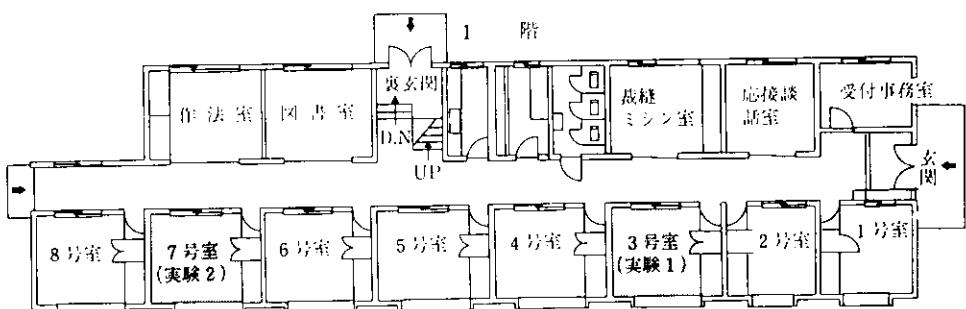


図4 旧富士見病院看護婦宿舎1階平面図

表 1 高分子材料の燃焼生成ガス

材 料	空 気 供給 量 100 hr 30	HCl	CO ₂	CO	COS	SO ₂	N ₂ O	NH ₃	HCN	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	CH ₃ CHO	～ セ レ	CH ₃ OOC ₂ H ₅	CH ₃ CH ₂ OH	ア ク ロ イ ジ ン	トル エン ジ ル	アセト エ ル	ア ク ロ エ ン ジ ル	ア ク ロ エ ン ジ ル	偏 考	
																									偏 考	
ポリ塩化 ビニル	100	286	657	177	—	—	—	—	—	2.0	1.1	2.1	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ポリ ウレタン	100	—	665	173	—	—	—	—	—	3.3	21	43	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ポリ エチレン	100	—	625	160	—	—	—	—	—	1.1	17	37	6.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ポリ スチレン	100	—	738	210	—	—	—	—	—	72	185	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ポリ エチレン	50	—	502	195	—	—	—	—	—	—	65	187	9.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ポリ アクリ ロニトリル	100	—	556	108	—	—	—	—	—	56	5.9	7.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
エボキシ 樹脂	100	—	1138	153	—	—	—	—	—	2.2	16	2.4	7.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
エボキシ 樹脂	50	—	961	228	—	—	—	—	—	3.3	33	4.6	6.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
エリヤ 樹脂	100	—	1193	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
メラミン 樹脂	100	—	576	194	—	—	34	84	96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ポリ塩化 ビニル	220	230	<8	7.0	—	—	—	—	—	1.7	0.98	—	1.7	0.83	0.73	0.30	11	—	—	—	—	—	—	—	—	
ポリ ウレタン	n	—	88	57	—	—	—	—	<2	4.6	3.9	—	1.3	29	—	32	—	0.38	13	—	—	—	—	—	—	
ポリ エチレン	n	—	120	120	—	—	—	—	—	2.5	18	—	1.6	2.5	12	—	—	—	10	8.4	—	—	—	—	—	
ポリプロ ピレン	n	—	21	25	—	—	—	—	—	1.5	2.1	2.1	3.3	—	27	7.9	—	4.8	—	5.6	3.9	—	—	—	—	
ポリ エスチル	n	—	290	85	—	—	—	—	—	1.7	2.7	2.7	0.14	—	0.18	14	2.7	—	—	—	0.23	—	—	—	—	
ポリアクリ ロトリル	n	—	73	12	—	—	—	—	2.6	6.6	3.4	0.6	—	0.79	1.4	0.27	—	—	—	—	2.0	—	—	3.0	5.6	

などのCO以外の有毒ガスの果たす役割が相当増大してきていること

ないかと推測される。

がうかがえる。

また、この実験を実際に見た印象では、実験2におけるフランシュオーバー以降の煙の発生量は実験1の比ではなく、激しい勢いで黄褐色の煙が渦巻いて噴出する様は、実験者がたじろぎほどであった。このことから考えると、

化学製品が多用された建物の火災では、有毒ガスの危険性の他に、このように猛烈な勢いで発生する濃い煙に巻かれて逃げ遅れるケースも相当あり、このことでも(2)の火災による死者の死因の逆転現象に影響しているのでは

三に記したような結果をみると、火災が発生した場合の危険性は以前に比べて増大しているようと思われるかも知れないが、事実はそう単純ではない。まず、図2のB部分をみてもわかるように、昭和50年代以降火災による死者の数は横ばいからやや減少気味に推移しているが、これは、火災の件数が減少気味(図3のB部分参照)であることのほか、建物自体の火災安全性が増大してきたことによるところが大きい。

一方、住宅の死者発生率はむしろ増加の傾向さえみられるが、これは、40年代後半に大幅に強化されたこと、これらの用途の建物の耐火構造化が進んだことなどが大きな理由と考えられる。

② 防火法の強化が行われていないこと

老人の住居は、昔ながらの燃えやすい構造を有しているものが多いと考えられること

などのためと考えられ、二で検討した

化学製品の燃焼時の危険性がこのあたりに現れているとみるべきなのである

今後、高齢者の数が急増していくこと、高齢者は煙や有毒ガスに対する耐性がとくに弱いといわれていることなどを考えると、このままでは住宅火災による死者の増加の問題が社会問題にまで発展する可能性もあると指摘されている。

消防庁と建設省が協力し、「住宅火災対策」を国民運動適に推進している理由には、このような事情もあるのであろう。

表2 各種ガス許容濃度 (ACGIH 1986~1987)

物質名	化学式	許容濃度	
		ppm	mg/m ³
一酸化炭素	CO	50	55
シアノ化水素	HCN(皮)	10	10
塩化水素	HCl	5	7
アクリロレイン	CH ₂ =CHCHO	0.1	0.25
ホルムアルデヒド	HCHO	1	1.5
二酸化窒素	NO ₂	3	6
二酸化炭素	CO ₂	5,000	9,000
アンモニア	NH ₃	50	18
硫化水素	H ₂ S	10	14
亜硫酸ガス	SO ₂	5	13

注)表中(皮)印のものは、気道以外にも、皮膚、粘膜を通して侵入し、全身の影響を起こしうる物質である。

四. 火災の危険性の変化と住宅防火対策

図5は用途別にみた建物火災100件あたりの死者発生率の推移であるが、

居住用建物(住宅以外の用途の建物の死者発生率が昭和40年代に比べて激減

していることがおわかりいただけるだ

ろう。これは、住宅以外の用途の建物に適用される建築基準法や消防法が昭和

40年代後半に大幅に強化されたこと、こ

れらの用途の建物の耐火構造化が進

したことなどが大きな理由と考えられる。

一方、住宅の死者発生率はむしろ増

加の傾向さえみられるが、これは、

① 住宅については建築基準法や消

防法の強化が行われていないこと

火災による死者の多数を占めるた

めのためと考えられ、二で検討した

化学製品の燃焼時の危険性がこのあたりに現れているとみるべきなのである

う。

好評発売中!

新版 イラスト建築防火

●高木任之著 ●A4判
●定価2,800円(税込)

木造住宅のための

新版 イラスト建築基準法

●高木任之著 ●A4判
●定価2,800円(税込)

お申込み先 〒160 新宿区三茶町17

近代消防社

TEL 03-3341-8111
FAX 03-3351-4814

図5 建物用途別にみた火災100件当たり死者数

