

10年後の検証

消防技術の将来予測調査

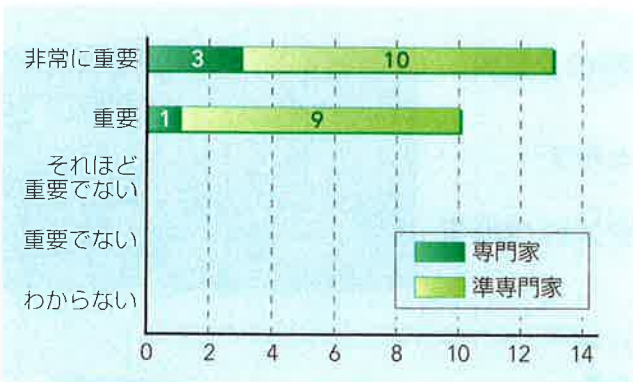
危険物保安技術協会理事 小林 恭一

1998年に「自治体消防50年」記念事業の一環として行われた「消防技術の将来予測調査」について、引き続き10年後の検証を行う。

消防活動・救助活動に関わる技術開発項目

消防隊員位置特定システム

課題／地下構造物などの積層した巨大空間で消防活動を行う場合に、情報端末を持った個々の消防隊員の位置を、3次元的に特定して地上の本部で把握することのできるシステムが実用化する。



(図5-1) 消防隊員位置特定システムの重要度



(図5-2) 消防隊員位置特定システムの実用化予測時期

予測調査の結果

地下は消防活動にとって鬼門だ。密閉空間で火災の濃煙・熱気が充満しやすいとか、酸欠になりやすい、などといった宿命的な課題のほか、そのままでは無線が使えない、窓から吹き出す煙や助けを求めて手を振る人などの情報がない、煙の噴き上がる場所を降りていかなければならない、隊員が位置感覚や方向感覚を失いやすい、…などといった消防活動上の課題が山積している。

地下1階だけでも大変なのに、最近では地下と地上を一体的な空間として設計した大規模な複合施設が続々とでき、地階と地上階が渾然とした形で何層にも積み重なって、自分がいるところがどこなのかサッパリわからない、といった建物も珍しくない。

地下街や防火対象物の地階は、消防用設備等についての規制が最も厳しくなっており、消防隊員が消火や救助のために地下街等に入っていくような事態を極力なくそうとしているが、それでも、安全に「絶対」ということはなく、消防としては、そのような空間で活動する事態も想定しておかなければならない。

「消防隊員位置特定システム」という課題は、「そのような空間で活動する消防隊員の位置を、平面上だけでなく立体的にも特定して、地上の本部で把握することはできないか」という消防機関関係者の切実なニーズから考えられたものだ。予測調査では、専門家グループ23人全員が「重要」又は「非常に重要」と回答しているのは、上記のような問題点が良く認識されているからに違いない。

実現予測時期は、最頻値も中央値も「2001年から2005年」となっており、専門家も準専門家も同じ予測となっている。「非常に重要な課題であり、実用化もそう難しくない」というのが、専門家グループ全体の予測だった、と言えようか。

大深度地下の解禁と消防庁によるシステム開発

この技術開発課題については、2001年度に総務省消防庁が「大深度地下等における消防隊員の位置特定システムの開発」という研究開発を行っている。この研究開発は、2000年5月に「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が制定されたことから、危機感を抱いた消防庁が「消防技術の将来予測調査」におけるこの課題を参考に研究開発を行ったもので、研究の基本的な名称も同じになっている。

同特別措置法は、都市再開発や土地の高度利用の観点から、土地利用者に補償することなく、地下40m以下の部分を一定の手続により使用することを可能とするもので、都市の地下高速道路やリニア新幹線建設の切り札としてかねてから期待されていたものだ。

大深度地下に対する消防の基本スタンスは、その構想が出てきた時から、「そんな厄介なものではできれば造ってほしくない」、「どうしても造るといふなら、事故の際に対応できるよう、ハード面であらかじめ万全を期してほしい」ということであり、1996年に首相官邸で開かれた第1回の「臨時大深度地下利用調査会」には、消防庁特殊災害室長として陪席した記憶がある。

バブルがはじけて大深度地下利用熱も冷め、いい按配だと思っていたが、結局1998年5月に答申が出され、「大深度地下の使用に当たっては、その特性にかんがみ、安全の

確保及び環境の保全に特に配慮しなければならない。(第5条)」という一条は入ったものも、2000年5月に法制化されてしまった。

大深度地下等における消防隊員の位置特定システム

2002年4月に発表された消防庁の研究報告書では、同システムとして、

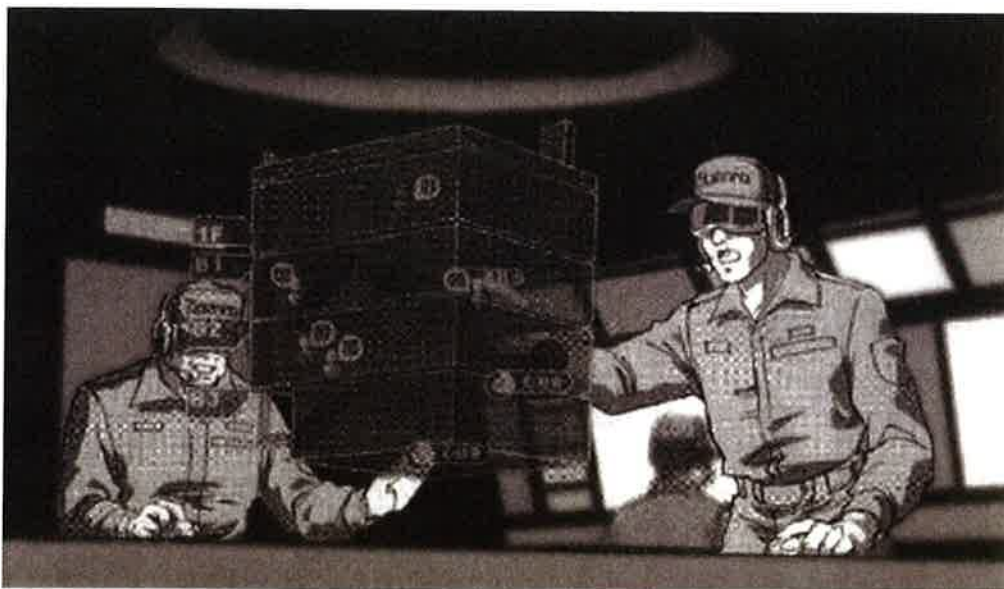
- 1 隊員に情報端末を携帯させ、そこから発信する電波を建物内に分散配置したPHS方式の基地局で受信して発信源の位置の特定を行い、無線LAN又は非常用電灯線通信で現場指揮本部に伝える方式とする。
- 2 現場指揮本部のモニターに示された建物平面図上に隊員の位置と識別番号等を表示できるようにする。
- 3 隊員の緊急事態（動作停止、空気呼吸器の残量少）を現場指揮本部のモニターに表示できるようにする。
- 4 現場指揮本部からの指示等を隊員の情報端末に表示し、これに応答できるようにする。

などの基本機能が提案され、実験も行われて、実用化に向けての見通しがつけられた。

消防活動が困難な空間における消防活動支援情報システム

上記報告書を受け、隊員の位置特定に慣性航法装置と誘導灯に埋め込んだ電子タグを利用する方式が提案され、2003年度の総合科学技術会議で戦略的重点化項目の一つとして採択されて、消防研究所（現在は消防研究センター）や東京大学で研究開発が進められている。

慣性航法装置による位置特定や電子タグによる位置補正などは既存の技術の組み合わせで実現できそうだし、費用的にも現実性はありそうだが、問題は地下空間を表す3次元数値地図をどう作るか、ということのよ



専用ゴーグルによる立体映像を使った救助司令（土器手司氏画 「21世紀の消防と消防技術の将来」より）

うだ。隊員の位置が座標上で示されても背景の地図がなければ現実の役には立たないが、今のところ新たに3次元数値地図を作成するには1件ごとに相当の費用がかかるからだ。

実用化のためには、技術的な問題より、消防同意の際の提出図面や警防計画図面をどうやって3次元数値地図に置き換えていくか、などの制度面を含めた検討が必要だということだろう。

実用化予測の実現度

この課題は、予測調査の課題がストレートに消防庁の開発研究に採用された珍しい事例になった。

2010年までには実用化されるだろう、という大半の専門家グループの予測どおり、2001年度以降、国の予算で開発研究が進められている。

まだ課題も残っているようだが、技術的に解決できる見通しも立っているようなので、今後、大深度地下施設が出現するようになれば、本システムが導入されることになる可能性もある。消防法第17条の「消火活動上必要な施設」に「無線通信補助設備」と同じ扱いで追加することだって、考えられないことはない。専門家グループの予測は概ね当たっていた、と言ってよいだろう。

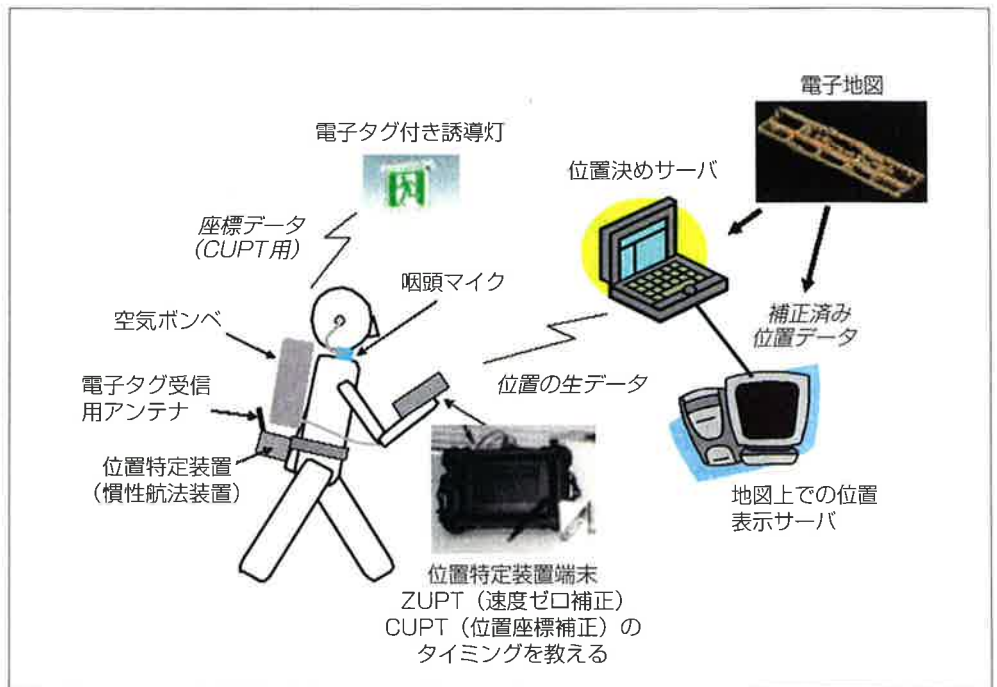
消火活動に関わる技術開発項目

ハロン1301代替消火薬剤

課題／ハロン1301消火薬剤に比べて消火性能が同等ないし高く、人体や環境に対しても安全な、新たなガス系消火薬剤が実用化する。

予測調査の結果

ハロン1301は、消火性能が高く、毒性が少なく、取り扱いが簡単で、周囲を汚損することも少ない、費用の点



消防活動支援情報システムのイメージ図 (ユビキタスネットワークフォーラム 電子タグ高度利活用部会利活用実証実験専門委員会 SWG 3 ベストプラクティス集より)

を除けば理想の消火剤だった。ところが、フロン的一种であり、オゾン層を破壊する力が通常のフロン (CFC11) に比べて10倍も高いため、先進国では他の塩素系ハロンとともに1994年以降生産中止となり、使用範囲も限定されるようになってしまった。

このため、世界中で開発競争が行われ、「代替ハロン」と称するものは幾つか開発されてきているが、ハロン1301と完全に同等以上の性能を持つものを開発することは当初考えていたより技術的にずっと困難だということがわかってきた。この予測調査が行われたのは、ちょうどそんな時期だった。

この課題の重要性については、専門家グループ26人のうち23人 (88%) が「重要」又は「非常に重要」としているが、実用化予測時期については判断が分かれた。

準専門家は20人のうち15人 (75%) が2010年までの実用化を予測しているのに対し、専門家は6人のうち3人が「2000年までに実用化される」としている一方で、他の3人は「2021年以降又は実現不可能」としている。

このような結果となったのは、「ハロン1301と比べた消火性能の同等性や環境負荷をどう評価するか」という点に関し、(特に専門家の間で) 判断が分かれたためだ

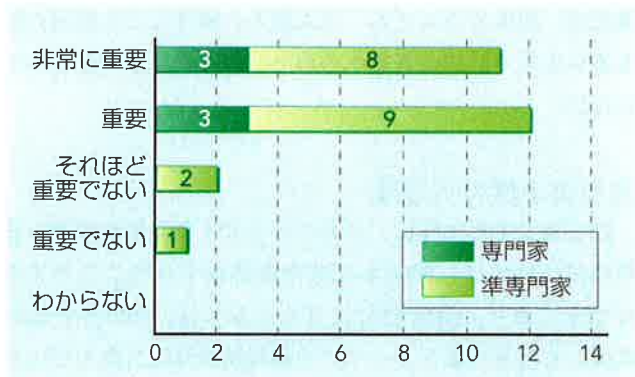
う。当時既に開発されていたIG55やHFC23などの消火性能や環境負荷を、「まあこのくらいなら合格」と考える人は「2000年までに実用化（又は既に実用化している）」と答え、「この程度ではとても同等とは言えない」と厳しく考える人は、「実現は極めて困難」と答えたものと考えられる。

実用化予測時期は、最頻値は1997年～2000年及び2001年～05年となっており、中央値は2001年から5年の間となっているが、以上のような傾向があることに留意しておく必要があるようだ。

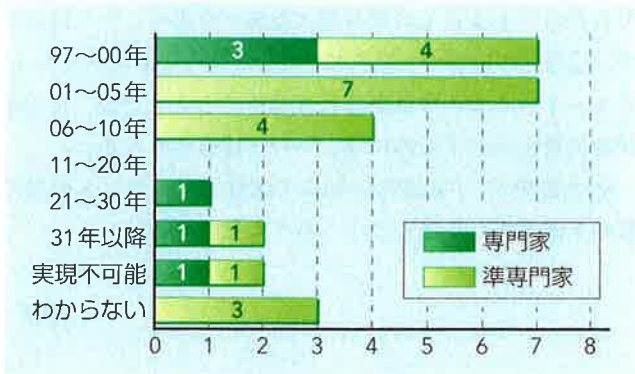
ハロン系の代替消火薬剤

ハロン1301と消火性能が完全に同等以上の代替消火薬剤はまだ開発されていないが、「用途、設置場所、可燃物の種類などによっては代替可能」という消火剤は幾つか開発されている。

これまで開発されたハロン1301代替消火薬剤を大きく分けると、ハロゲン系のものと非ハロゲン系のものがある。



(図5-3) ハロン1301代替消火薬剤の重要度



(図5-4) ハロン1301代替消火薬剤の実用化予測時期

ハロゲン系の代表はHFC-23とHFC-227eaだ。

HFC-23もHFC-227eaも、フッ素系のハロンでオゾン層破壊係数は0とされている。同じ燃焼物を消火するのに、ハロン1301に比べると消火剤の量が倍程度必要なため、その分、ボンベの数が余計必要になるなどの問題がある。考え方にもよるが、消火能力はハロン1301の半分程度と言えるかも知れない。

2002年に消防法施行規則が改正されて、この二つの消火剤が「ハロゲン化物消火設備」の消火剤として認められた。ハロン代替消火剤として法令上も位置づけられたと言っただろう。

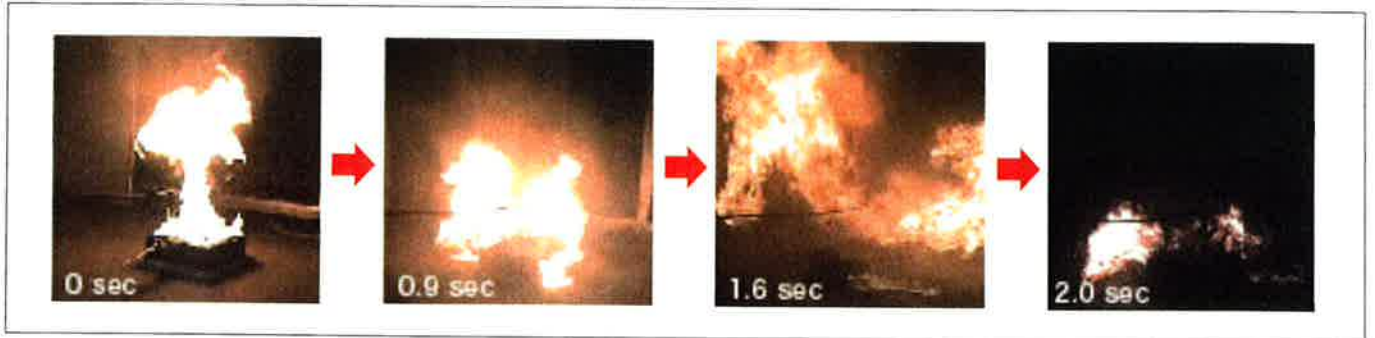
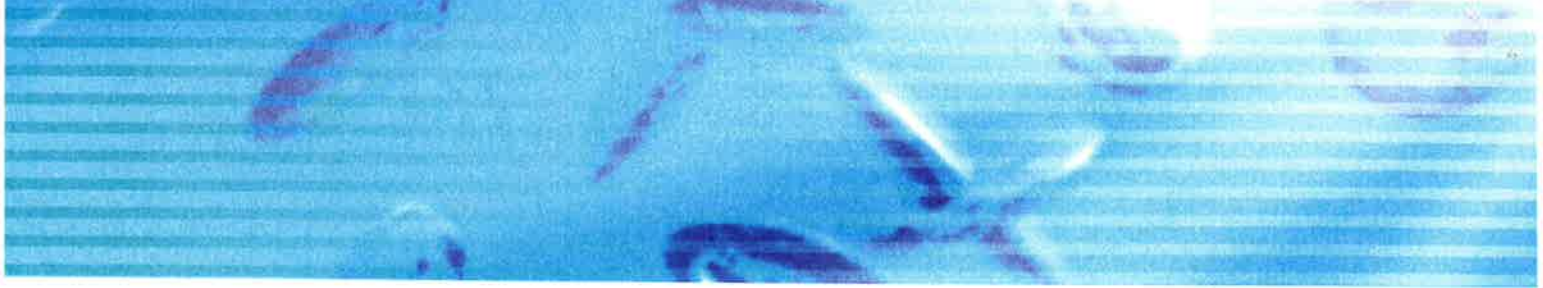
ところが、この二つの消火剤には地球温暖化係数が極めて大きいという大きな欠点がある。二酸化炭素に比べると、HFC-23は何と11700倍となっており、他のガスに比べてダントツに高い。HFC-227eaはもう少し低いが、それでも2900倍となっている。このため、1997年に議決された「京都議定書」の中でHFC(フッ素・水素系フロン)は、6種類の排出削減対象温室効果ガスの一つとされてしまった。(ちなみに、他の5種類は二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素、PFC(フッ素系フロン)及び6フッ化硫黄である。ハロン1301(地球温暖化係数6500)などの塩素系のフロンは、既に生産が全廃されているためか、入っていない。)

ということで、HFC-23とHFC-227eaは、せっかく消防法の中で位置づけられたのに、排出削減対象となっているため設置実績は極めて少ない、というのが実態のようだ。

オゾン層破壊係数が0で、地球温暖化係数が1(二酸化炭素同等)というフッ素系ハロンも開発されている。住友スリーエムの「ノバック1230」というハロン代替消火剤だ。まだ消防法施行規則に定められてはいないが、2005年に消防法第17条の3に基づく「特殊消防用設備等」として総務大臣から認定され、設置実績もある。環境負荷が少ないという点が注目されるが、消火能力は他の代替ハロンとあまり変わらないようだ。

非ハロゲン系の代替消火薬剤

非ハロゲン系の代替消火剤として代表的なのは、IG55(窒素とアルゴンの容量比が50:50のもの)とIG541(窒素とアルゴンと二酸化炭素の容量比が52:40:8のもの)だ。いずれも窒素や二酸化炭素と同様、窒息消火によって消火



天井設置型のウォーターミストによる消火の流れ（消防研究センターホームページより）

する。特にIG541はイナージェンガスとも呼ばれ、窒素とアルゴンの他に二酸化炭素を多少加えることにより、「窒息作用によって火は消えるのに、呼吸自律作用によって人は死なないでいられる」という安全性が売り物になっている。

消火能力的には、所詮は窒息消火なので、化学反応で消火するハロン1301とは比べるべくもないが、防護区画の体積当たりの消火剤の量で見ると、概ね3分の1から4分の1程度だろうか。この視点で見ると、IG55やIG541の方が窒素などよりは多少良くなっている。

IG55とIG541も、2002年の消防法施行規則の改正の際に、「不活性ガス消火設備」の消火剤として法令に位置づけられた。それ以前に政令第32条の特例で設置したものも含め、実施例はかなりあるようだ。

ウォーターミスト

非ハロゲン系の代替消火剤を考える時に忘れてならないのがウォーターミストだ。これは、水を直径50~200 μ mの微細な粒子として噴射することにより、急激に蒸発潜熱を奪う（冷却消火）とともに、発生した水蒸気による窒息消火との相乗作用で消火するものだ。水噴霧消火設備に似ているが、水粒子がずっと微細であるため、遙かに効率よく蒸発し、少量の水で消火できる。このため、水損が少なくなり、配管口径を小さくできるとか貯蔵水量を少なくできる、などのメリットもある。消火剤が水であるため、環境、安全、コストなどの面でも様々なメリットがあり、微細な水粒子の挙動は気体に近く、狭い隙間や複雑な空隙にも入り込んで消火できるため、ガス系の消火設備に似ているところもある。

固定消火設備の他、消防隊用の放水ノズルとしての利用

も考えられている。

消防研究所（当時）は、2000年~2002年に、横浜市消防局、東大、三菱重工などと産学官連携の共同研究を行い、人工降雪機の原理を応用した水/空気/二流体噴霧ノズルを開発。横浜市消防局に試験配備するなどして実戦でのデータ収集の段階まで漕ぎつけた。この研究は、2005年の総合科学技術会議で産学官連携功労者表彰を受賞している。

以上のように、良いところばかりでハロン1301代替消火設備の本命のようにも見えるウォーターミスト消火設備だが、消火メカニズム、消火能力の限界など未解明の面も多いようで、法令基準への取り込みなどはまだ行われていない。

実用化予測の実現度

以上見てきたように、ハロン1301代替消火剤の実用化については、2002年に法令基準化するところまで進んで来ており、消火能力に目をつぶれば、2001年~2005年頃とした専門家グループの予測時期は概ね当たっていたと言えないこともない。

だが、消火能力が同等以上であることにこだわれば、とてもハロン1301の代替消火剤が実用化したとは言えず、実用化の道筋すら見えていないというのが現状だろう。ウォーターミストにはある程度期待できそうだが、完全な代替性能を期待するのは難しいのではなからうか。

その意味で、「実用化は極めて困難」とした3人の専門家の予測が当たることになりそうな気もする。

（続く）