

21世紀の消防と

消防技術の将来

—「消防技術の

将来予測調査」について—

自治省消防庁
危険物規制課長

小林 恭一

(近代消防'99年1月号)

この技術課題が突破される時期を他の専門家がこう判断しているのなら、自分の専門に照らして、全体の技術開発はこの時期には行われるはずである」と、より確度の高い判断ができるだろう、というのが、2回のアンケートを行う理由である。

2 デルファイ法による

調査の進め方

デルファイ法によって未来技術の予測をする場合にポイントになる事項が二つある。

一つは技術開発課題をどうリストアップするか、ということであり、もう一つはアンケートをお願いする専門家をどうリストアップするか、ということである。

技術開発課題のリストアップについては、三菱総合研究所にWGを設置し、様々な技術分野の若手専門家にご協力頂いてブレインストーミングを行うことにした。このブレインストーミングでは、必ずしも「技術開発項目」のリストアップに限定せず、消防・防災を取り巻く経済・社会のトレンドと消防・防災の各分野をクロスさせたマトリックスを作って様々なアイデアを万遍なく出して頂いたが、このブレインストーミングの成果が消防の未来技術の予測以外にも、「21世紀の消防を考える会」における検討のたたき台やアンケ

1 消防技術の
将来予測調査の経緯

11月号でも述べたが、消防庁では、平成10年が自治体消防発足50年の節目の年であることから、1996年来関係団体とともに「自治体消防50年記念事業実行委員会」を設置して様々な記念事業を実施してきたところである。

「消防技術の将来予測」は、そのような記念事業の一環として同委員会から(株)三菱総合研究所に委託して行った調査であり、「21世紀の消防を考える会」報告書の「付編」の形で公表されたものである。

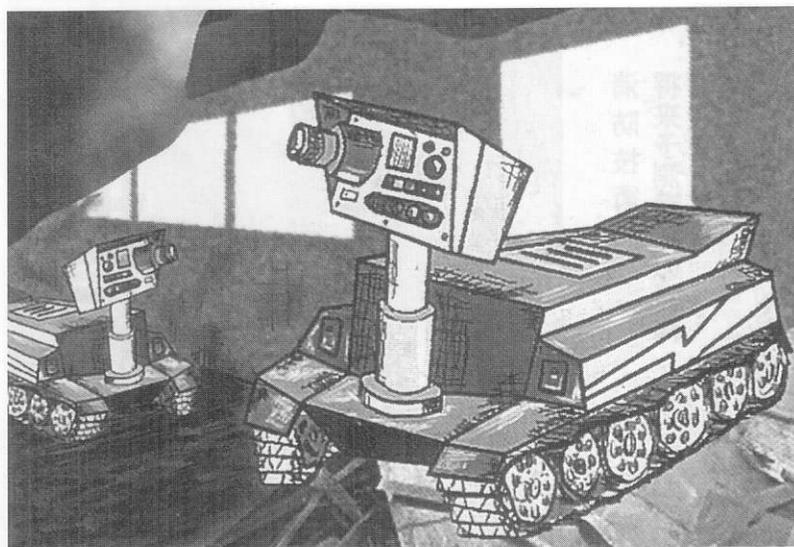
消防活動のための資機材や防災対策のための資機材として将来どのようなものが開発され、実用化される可能性があるか、ということは、21世紀の消防の姿を考える時に、極めて大きなウエイトを持っている。

この種の予測調査には様々な手法があるようだが、今回は「デルファイ法」という一種のアンケート調査によることとした。

「デルファイ法」は、様々な分野の専門家にアンケート調査として幾つかの技術開発の項目を示し、「その技術開発がなされるのはいつ頃になるか」などということを回答頂き、その回答を取りまとめて第一次の集計・分析を行

った後、再び同じ専門家に第一次の集計・分析結果を示しながら同様の質問をして回答を求め、というプロセスを取る調査方法である。

「専門家」と言っても、未知の技術分野についてはピッタリ合う専門知識を持つ人がいる場合はむしろ少ないので、ロボット工学、情報工学、機械工学、宇宙工学、化学、建築など様々な分野の専門家に同じ技術開発項目を示してその回答を分析し、2回目の調査の時にはその分析結果を添付することにより、他の専門家の予測を見て前回の自分の予測を修正し、より確からしい予測に到達しようとするものである。専門家は、「自分の専門分野でない



自律的に行動ができる人工知能型ロボット (イラスト/西野智昭)

1ト調査の調査項目にもなったことは前号でも触れたところである。専門家のリストアップは、結局学会の名簿を参考にしたり、人脈をたどるなどして手作りで行わざるを得なかったが、最終的に121人をリストアップすることが出来た。

調査は、ブレインストーミングの結果得られた30項目の技術開発課題につ

いて、121人の専門家と49消防本部(県庁所在市と政令指定都市の消防本部)の計170の方々に、回答者の専門度の別、課題の重要性、実現予測時期、実現を阻害するものがある場合はその要因などを回答頂くとともに、当該課題についての自由なコメントを書いて頂いた。なお、「実現予測時期」と言っても、「技術開発の見通しがつく」という段階から「試作品が完成する」という段階、さらに「経済的な課題もある程度クリアして」「実用化される」という段階まで、想定する段階によって予測時期がばらつく可能性がある。今回は「実用化する」時期を尋ねることに統一した。

2回目の調査は、第1回の調査でご回答頂いた131の方々に対して行い、最終的に111件の回答を頂くことが出来た。お忙しい中、ご回答のために少なからぬ時間を割いて頂いた専門家の方々は篤く感謝する次第である。

3 消防技術の将来予測調査 結果についての解説

今回デルファイ法によりアンケート調査した技術開発項目は全部で30項目である。

一口に「消防・防災関係の科学技術」と言っても、消火活動・救助活動などの現場活動に関わるものから、救急関係、予防関係など様々なジャンルがあるが、この技術開発課題を選定する際には、あまり特定のジャンルに偏りすぎないように配慮し、以下のような項目とした。

- (1) 危険な現場で安全に消防活動を行うことに関わるもの
 - ① 消防ロボット
 - a 人工知能型消防ロボット
 - b 遠隔操作型消防ロボット
 - c 搭乗型消防ロボット
 - ② 耐熱軽量防火服
 - ③ ガスセンサー消防スーツ
 - (2) 消防活動・救助活動に関わるもの
 - ① タイムフリー空気呼吸器
 - ② 筋力補助装置
 - ③ 可搬式レーザー切断器
 - ④ 消防隊員位置測定システム
 - ⑤ 水中検索位置判定システム
 - ⑥ 万能走行救助車
 - (3) 消火活動に関わるもの
 - ① 消火ミサイル
 - ② 高性能消火薬剤
- (4) 危険な現場で安全に消防活動を行うことに関わる技術開発項目
 - ① 消防ロボットの実現可能性
 - (5) 消防活動や救助活動は、人命危険性
 - a ハロン1301代替消火薬剤
 - b 普通火災用消火薬剤
 - c 油火災用消火薬剤
 - ③ 漏洩危険物冷凍装置
 - (4) 本部機能の強化に関わるもの
 - ① 災害対策本部支援システム
 - ② 自動受付指令台
 - ③ 被害状況総合把握システム
 - ④ 人工衛星火災監視
 - (5) 防火対象物に設置される消防・防災設備に関わるもの
 - ① 人工知能型火災感知器
 - ② ピンポイント自動消火設備
 - ③ インテリジェント避難誘導システム
 - ④ セイフティロボットハウス
 - ⑤ 耐火生命維持カプセルベッド
 - (6) 救急に関わるもの
 - ① 安静搬送救急車
 - ② 救急車医療画像伝送
 - ③ 応急救護情報提供システム
 - (7) その他
 - ① 危険物施設の保安点検ロボット
 - ② リアルタイム地震被害低減システム

(近代消防99年1月号)

の極めて高い現場で行われる作業であるため、生身の人間は現場から出来るだけ離れて行いたい作業である。大型危険物タンクの火災などに用いられる放水砲はその典型であるし、危険物の屋外タンク貯蔵所に設けられる固定式消火設備や、地階に設けられる連結放水設備などもそのようなニーズを意識して設置されていることはご存知のとおりである。

消防活動や救助活動が本質的にこのような危険なものであるため、この危険な作業を「なんとかロボットが行えるように出来ないか」というのは未来の消防技術を考える際には、当然最初に出てくる発想である。

この「消防ロボット」については、WGでも様々なアイデアが出されたが、結局①人工知能型、②遠隔操作型、③搭乗型の3種類に集約された。

(1-1) 人工知能型消防ロボット

「人工知能型」というのは、「人工知能により人間と同じように自律的に活動できるロボット」とすることとし、アンケートでは、「ヒト型ロボットを連想させ過ぎるのではないか」との懸念もないではなかったが、分かり易さを取って「鉄腕アトム型」と称することとした。

このタイプのロボットは回答者11人中83人(74・8%)が「重要又は非常に重要な課題」と位置づけているが、「実現不可能と思う」という回答

が20人(18%)と全30項目の技術開発課題の中で最も高いなど、技術的には極めて難しいものである。実現予測時期については別表を見て頂ければよいが、実用化するにしても「2031年以降」とするものが25人(22・5%)と最も多くなっている。「2031年以降」と「実現不可能」及び「わからない」を合わせたいわば「否定的見解」が73人(65・8%)、この分野に「専門的知識を持つ又は多少専門的知識を持つ」とするいわゆる「専門家」グループでは28人中17人(60・7%)が否定的見解を示している。

自由コメントを見ると、「実用化を望む」という強い希望の声がある一方、「人工知能では災害時の多様性に対応することは難しい」、「人間のニューロンの構造を利用したデバイスの開発にはまだ時間が必要」、「動力の確保が問題」など具体的な問題点が指摘されている。

全体として「実用化は極めて難しく、可能としても21世紀の後半ではないか」という感じだが、「機能を限定した特殊用途のロボットなら可能性がある」などという意見もあり、専門家グループの中でも6人(21%)の方が「2011~20年」の実用化を予測するなど、あながち否定的見解ばかりではないことも注目される。

(1-2) 遠隔操作型消防ロボット

「遠隔操作型」は、「遠隔操作により

人間と同じような作業が出来るロボット」としたが、「人間と同じような」ということをどの程度と見るかにより、実現可能性やその時期の予測に差が出るのが予想される。危険物施設などにおける火災を想定して、テレビカメラで現場の様子を見ながら遠隔操作で泡消火薬剤を放射したりバルブを締めたりする程度の作業が出来る「リモコン消防車」程度のものであれば既に実戦配備されており、「消防ロボット」の通称で知られていたりするからである。

ここでは「極限作業用ロボット型」と称することにより、そのレベルを規定しようとしている。「極限作業用ロボット」は、以前、通商産業省が国家プロジェクトと位置づけて開発しようとしたもので、操縦者の身体の各部位に様々なセンサーを取り付け、操縦者が取る動作をモニターしてその動作をそっくりロボットがなぞるようなシステムにすれば「人間と同じような動作が可能になるのではないか、というコンセプトを基本としたものである。結局実用化には至っていないのだが、遠隔操作で人間と同じような動作をさせるとすれば最も可能性のあるシステムとされており、ロボットの開発に携わっている専門家なら「極限作業用ロボット」と称すればそのレベルを容易に想定できると考えられるのである。

「鉄腕アトム型」や「ガンダム型」に對比して「鉄人28号型」とした方が分

(近代消防99年1月号)

かり易いのではないかと、という意見も強かったのだが、鉄人28号の操縦機は(漫画で見る限り)非常にシンプルであり、(正太郎クンの)あの程度の指示だけであれだけ複雑な動作が出来るのは、「遠隔操作」の域をはるかに超えて相当程度「人工知能型」の域に達していると考えられ、今回のアンケートで意図した技術レベルとは異なった回答がなされる可能性がある、との懸念から採用されなかった。

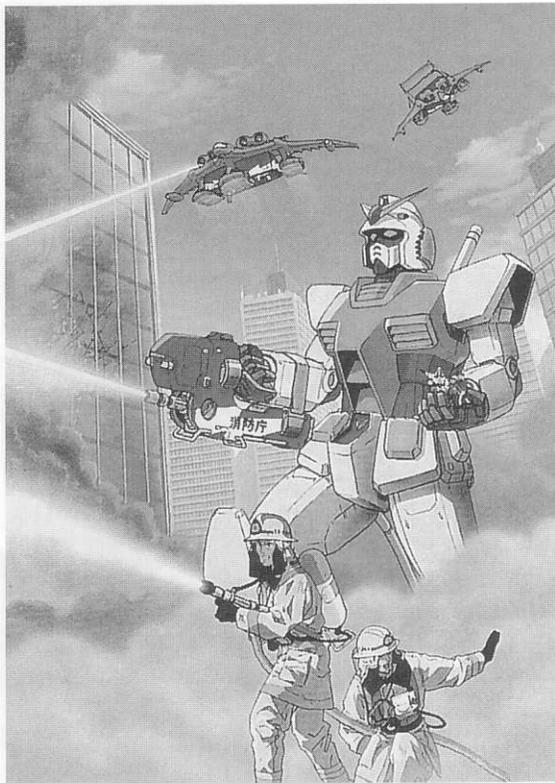
この遠隔操作型ロボットについては、「重要又は非常に重要」とした回答者が110人中102人(92・7%)と「人工知能型」や「搭乗型」に比べてかなり高いものとなっている。これは、実用性その他から考えて、このタイプが消防ロボットの本命であると考えている人が多いためと考えられ、実用化の時期も「2006年~10年」としている方が最も多く40人(36・4%)、続いて「2000年~05年」としている方が27人(24・5%)で、67・3%以上の方が2010年までに実用化するのではないかと考えていることが分かる。専門家グループ36人だけ見ても同様の傾向が見られ、このタイプのロボットが2010年までに実用化されると見ている方は28人(77・8%)に達しており、非専門家グループよりもむしろ早い時期の実用化を予想していることが注目される。(別表参照)

自由コメントでは、「この装置を利

別表 消防技術の将来予測調査結果①～③ (危険な現場での活動関係)

No	課題名	質問	質問																						
			Q1. 専門度	Q2. 重要度	Q3. 実現予測時期					Q4. 阻害要因															
① a	消防ロボット (人工知能型)	火災や救助などの危険な現場はもろろ人深慮度地下などの特殊な空間でも、人工知能により人間と同じように自律的に活動できるロボット型(鉄線作業用ロボット型)が実用化する。	この課題について専門知識をお持ちですか。一つ選んで番号に○をつけてください。	住民の安全や消防活動の面でこの課題がどの程度重要とお考えですか。一つ選んで○をつけてください。	この課題が実用化する時期はおおよそいつくらいにお考えですか。一つ選んで番号に○をつけてください。	この課題の実現を阻害するものがあると考えられますか。次のどのような要因が主要原因か。いくつでもかまいませんので番号に○をつけてください。	1	2	3	4	5	6	7	8	9										
			1 専門的知識を持っている	2 多少専門的知識を持っている	3 一般的知識を持っている	4 ほとく知能はない	1 非常に重要な課題である	2 重要な課題である	3 それほど重要な課題ではない	4 重要な課題ではない	5 わかたぬ	1 97'00に実用化する	2 '01'05に実用化する	3 '06'10に実用化する	4 '11'20に実用化する	5 '21'30に実用化する	6 '31以降に実用化する	7 実用不能	8 わからない	1 技術的困難である	2 コストが高い	3 消防制度問題がある	4 人手が少ない	5 社会価値観をわかない	6 警察が分らない
② b	消防ロボット (遠隔操作型)	火災や救助などの危険な現場はもろろ人深慮度地下などの特殊な空間でも、遠隔操作により人間と同じような作業ができるロボット型)が実用化する。	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	9 9														
			1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	9 9														
③ c	消防ロボット (搭乗型)	火災や救助などの危険な現場はもろろ人深慮度地下などの特殊な空間でも、人間が搭乗して操縦し、ロボットと同じように活動できるロボット型(ガンダム型)が実用化する。	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	9 9														
			1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	9 9														
②	耐熱軽量防火服	不燃性を有するとともに、100℃の環境で1時間以上の消防活動が可能で断熱性、防水性、透湿性、熱放散性を有する軽量の防火服が実用化する。	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	9 9														
			1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	9 9														
③	ガスセンサー 消防スーツ	火災、有毒ガス漏れ事故、放射線事故等の際の消防活動の安全確保のため、スーツ表面全体に配属した各種の有毒ガスセンサー等が、危険時に発色や発光で警報を出し、本人以外にも警報が伝わる軽量で活動しやすいスーツが実用化する。	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	9 9														
			1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	9 9														

(近代消防99年1月号)



土器手司氏によるイラスト。「21世紀の消防を考える」に使用されている。

用しなければならぬ空間が増えつつある」、「安全確保のためぜひつくるべき」と早期開発を望む声が強く、「活動範囲、作業内容を限定すれば数年で実用可能」、「形状にこだわらず、目的に合致した機械とすべき」、「海底油田等で使用されている産業ロボットを転用できるのではないか」など、力強い前向きな意見が多かった。

(1-3) 搭乗型消防ロボット

人間が搭乗して操縦することにより人間と同じように活動できるロボットは、パワーアシスト付きの「耐熱防火服」に近いもの、「乗り物」に近いものなど様々なタイプが考えられ、SFではパワースーツとかモビルスーツな

どと呼ばれることもある。映画「エイリアン2」では主人公が搭乗してエイリアンと戦ったりしているが、アンケートでは最もポピュラーと考えられる「ガンダム型」と称することとした。

「極限作業用ロボット」が実用化されるのならわざわざ消防隊員が搭乗して危険な現場に入っていく必要はないと考えられるし、技術的には「遠隔操作型」と同じ技術でよいのではないかと考えられるのだが、ロボットの専門家から「搭乗型にする方が遠隔操作型にするより造りやすい」という指摘もあったため、アンケート項目に加えたものである。

「人間がロボットと同じ状況下にい

る必要性は低い」、「操縦者の安全性が問題であり、遠隔操作型の開発が優先される」との自由コメントに代表される意見も多いためか、「重要又は非常に重要」とする回答は77人(69・3%)と3種類のロボットの中では最も低かった。

実用化の時期については「2006年〜10年」とする方が29人(26・1%)と最も多く、次いで「2001年〜05年」の19人(17・1%)となっており、ここだけを見ると「遠隔操作型」と同様の傾向を示しているとも言えるが、「2031年以降に実用化」が3番目に多くて10人(9%)、次が「2021年〜30年」で9人(8・1%)となるなど、重要だと認識する人がやや少ないことを反映してか、かなり予測時期が分かれているとも言える。

自由コメントでは「遠隔操作型より技術的に難しいのではないか」との指摘もあったが、「腕、脚等の限定した機能の技術は近年開発されるであろう」との指摘もあり、室内で活動する可能性を考えても「ガンダム型」などの大げさなものより、消防隊員の身体を保護する能力の高いパワーアシスト付きの耐熱防火服のようなものの方が実用化に近いのかも知れない。

なお余談だが、このタイプのロボットを「ガンダム型」と称したことも縁となり、「21世紀の消防を考える」の

(近代消防99年1月号)

出版に当たって「機動戦士ガンダム」の作者の富野由悠季氏のご協力を頂くことになり、土器手司氏の手になる上図のようなイラストを頂くことが出来た。

(2) 耐熱軽量防火服

消火活動をする際に、防火服の性能は極めて大きなウェイトを持っている。防火服の主要な性能は「不燃性(又は難燃性)」と「遮熱性(又は断熱性)」であるが、重さや動き易さ、透湿性、放熱性などを犠牲にしてもよいのであれば、現在でも相当の性能が可能である。結局防火服の性能は、これらのバランスを如何にして取り、総合的な性能を上げることが出来るかということに尽きると考えられる。

技術開発課題としてどのような表現にすれば、専門家の方々が共通のイメージを持って開発時期を予測することができるかが問題であったが、結局「100℃の環境で1時間以上の消防活動が可能」と表現してみた。外部気温が100℃というのはちょうどサウナ風呂の中と同様の環境だが、断熱性と熱放散性が十分でなければ、防火服内の温度が上がってしまつてとても過酷な消防活動を長時間行うことは出来ないし、防水性を要求すれば同時に十分な透湿性もなければ、発汗で内部が濡れて体力を消耗してしまふ。軽量で動き易いこともこの条件の中に必ず含まれるはずである。

というわけで、一種の性能基準を示



荒れ果てた街区で活動する消防ロボット（搭乗型、遠隔操作型、人工知能型）

〈イラスト／西野智昭〉

してみた。自由コメント欄で「100℃の意味は何か？ 消防活動と関係あるのか？ 設問自体がおかしい。」とけなす方もいたりして、今一つ設問の趣旨を汲み取って頂けなかった方もおられたが、大方はほぼ設問の意図するところを汲んで頂けたのではないかと考えている。

重要度については、さすがに「重要又は非常に重要」とした方が1001人（91・8％）と「遠隔操作型消防ロボット」と「災害対策本部支援システム」（ともに92・7％）に次いで重要度では第3位にランクされた。

実現予測時期は2006年～10年に実用化するとする方が最も多く41人（37・3％）、次いで2001年～05年の32人（29・1％）であり、全体で71・8％の方が2010年までに実用化されると予測している。専門家グループではさらに楽観的な予測となっており、18人（90％）の方が2010年までに実用化されるとしているのは勇気づけられる。

もつとも、専門家グループの中には「この条件を全て満足するのは不可能」とした方もおられ、消防機関の中にも「着用して十分活動出来る程度の重量で、不燃性（断熱、熱放散性等）を得るのは困難では？ 着用する人の生理の問題もある」という意見もあるので、本気で開発に取り組もうとすると相当難しい技術課題である可能性もありそ

うである。

自由コメントでは、「NASAの技術が使えそう」「宇宙服のように温度調整、空気供給、通信等の機能を有する一種のミニシステムになるのでは」……と宇宙開発とのアナロジーに触れた意見が目立った。「他用途市場が大きい」、「脱出用など多様な使い方があり、開発を急ぐべき」など、他用途への転用の期待を述べた声、「外気温が100℃に耐える冷却装置の開発が重要」、「軽量化の克服には数十年が必要」など具体的な指摘もあった。これらの指摘は、この技術開発課題をすべ

(3) ガスセンサー消防スーツ

これまでの4つの技術開発課題は、課題名を見ただけでどういふものが意図されているかすぐにわかると思うがこの「ガスセンサー消防スーツ」は「課題内容」を読まないと具体的なイメージが湧かないのではなからうか。

「ガスセンサー消防スーツ」は、「火災、有毒ガス漏れ事故、放射線事故等の際の消防活動の安全確保のため、スーツ表面全体に配置した各種の有毒ガスセンサー等が、危険時に変色や発光で警報を出し、本人以外にも警報が伝わる軽量で活動しやすいスーツ」とされている。WGでディスカッションし

ているうちに出てきたアイデア製品だが、その目的は、危険エリアで活動している消防隊員が危険にさらされた時に、周囲の隊員がすぐに気づいて、回避措置、避難などの適切な対応が取りやすくなるようにしよう、ということである。身体全体の色で感情を表現していた「風の谷のナウシカ」の「オーム」や、活動余裕時間をペンダントの色の变化で示していた「ウルトラマン」などがその発想のもとにあることはお気づきだろう。

アイデア製品なので、「荒唐無稽」との非難を受けるのではないかと密かに恐れていたのだが、「重要又は非常に重要」とした方が85人(80・0%)と、まずまずの評価だったのには安心した。特に、消防機関の回答に限れば83・0%が「重要又は非常に重要」としており、消防機関以外の方の72・8%に比べて相当多かったのは、「隣で活動している隊員が危なくなったら消防服の色が変わる」というコンセプトに結構「あれば便利」と共感を持ってくれたためではないか、と思う。

技術的には、察知すべき危険の種類を限定すればそう難しくなさそうだが、危険の種類が多くなればなるほど難しくなり、実現予測時期も遅くなる。

実現予測時期は、最も多かったのが「2006年～10年」で31人(28・4%)、次いで「2001年～05年」の26人(23・9%)と比較的早めの予

測をしている方が多かったが、これは危険要因を限定して考えた方が多かったためだろうか。

3番目が「2011年～20年」の10人(9・2%)とばらついたこと、「わからない」とした方が29人(26・6%)と人工知能型消防ロボットの都合(28人)より多かったこと、これについて専門的知識があるとする人が12人と少なかったことなどは、課題がアイデア製品である以上、やむを得ないところか。

自由コメントでは、「スーツとして着ていればその人の安全確保とならない。センサーは移動する前方に置くべき」、「計測器でチェックすればよい」、「携帯できるタイプでよいのでは」などのコメントは当然と思うが、ここでは「計測器を携行するのは当然としてその他に消防スーツにも危険察知機能をつけたらどうか」ということ前提とした上で、「スーツ全体が発光したり変色したりして分かり易く危険を知らせる」ということに重点を置いたアイデアだご理解頂きたいところだった。

また、「スーツ全体にセンサーを配置する必要があるのか」というご指摘は考えて見れば誠にそのとおりで、部分的に設置したセンサーに反応して「スーツ全体が発光したり変色したりする」ということでも良かったかも知れない。

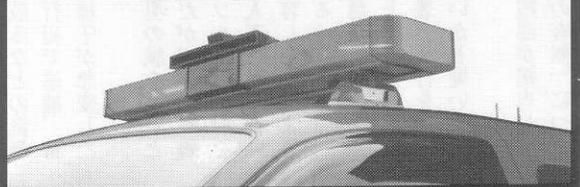
(e-mail: kobayashi-k@mha.go.jp)

(次号に続く)

WHELEN®

強い光源が点滅 ウィレンのストロボ

ウィレンエンジニアリング社は1953年に設立され、アメリカ・コネチカット州に本社があります。ストロボ緊急点滅灯が消防車に採用されて以来、ストロボ技術が最も進んでいるメーカーとして世界中に知られています。ストロボを開発したきっかけは、北米東海岸は気候が悪く、濃霧や降雪の影響で交通事故や海難事故などが多く発生したため、より強力で視認性のよい警告灯が必要とされたためです。ストロボが特に航空機やヘリコプター、車両などの移動体分野に高い実績があるのもこのような背景によるものです。



用途・特長

- 9000FVシリーズは消防用緊急車両向けに開発されたストロボ警告灯です。
- 消費電力の少ないキセノン管を使用し、またフラッシュ点滅させることによりモーターを必要としないため無駄なエネルギーを浪費せず効率よく閃光します。
- 従来の回転灯に比べ強力な光で遠方からでもはっきり視認できます。特に悪天候(霧・雨・雪)時や、市街地の交差点進入時に効果を発揮します。



(近代消防'99年1月号)