

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

編集局注 筆者の小林理事は、ご自身の消防庁時代の業績の一部を性能規定的視点から体系的にまとめた「建築物の防火安全性能における建築的要素、(消防)設備的要素及び人的要素の役割と相互補完に関する研究」により、本年5月、母校の東京大学から博士(工学)の学位を授与されました(P.77参照)。

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。

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

ガスセンサー消防スーツ

課題/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が実用化する。

予測調査の結果

「ガスセンサー消防スーツ」という名前だけでは、何のことかわからないかも知れない。当時の技術開発項目検討チームのオリジナルのアイデアだからだ。

検討チームの消防委員の発想がもともなった課題だが、現場の消防機関からは予想以上に重要性を認めて頂いた開発課題の一つだ。

この課題を「非常に重要」又は「重要」とした方は、専門家グループだけだと69%で、消防機関の83%よりはか

なり低くなっている。一方で、専門家グループの実用化予測時期は意外に早く、最頻値は1997年～2000年とされ、中央値も2006～2010年となっている。

消防機関は「あれば便利」と考え、専門家グループは「それほど重要とは思えないが、作ろうと思えばそう難しくない。」と考えていた、ということになる。

NBC対応資機材と特別高度救助隊

10年前にこの課題を考えた時は、「消防スーツ」は化学防護服ではなく普通の消防服をイメージしており、「有毒ガス」と言えば火災現場のCOやHCNなどが中心だった。酸素濃度、ガス漏れ事故による可燃性ガス、化学工場の火災による複雑な有毒ガスなどは、「どのくらいターゲットにしようか」という程度の認識だった。

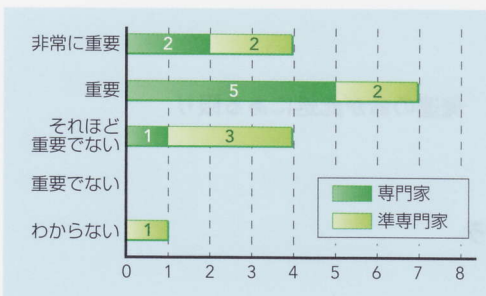
当時、既に地下鉄サリン事件(1995年3月)は発生していたが、特殊な事件であり、ルーティンとして対応方策を考えるようになるとはあまり考えていなかった。

ところが、ガスセンサーや化学防護服を巡る状況は、2001年9月のアメリカ同時多発テロ以来、すっかり変わってしまった。

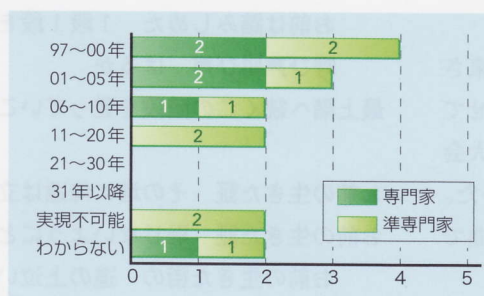
2002年4月には「救助隊の編成、装備及び配置の基準を定める省令」が改正され、NBCテロを念頭に、別表第一に

新たに「陽圧式化学防護服」、「生物剤検知装置」、「除染シャワー」及び「除染剤散布器」が加えられた。

また、同年行われた日韓サッカーワールドカップでは、関係消防機関に消防庁から携帯型生物剤検知装置、携帯型化学剤検知機、陽圧式化



(図4-1) ガスセンサー消防スーツの重要度



(図4-2) ガスセンサー消防スーツの実用化予測時期

学防護服、除染シャワーなど合計11種類ものNBCテロ対策資機材が無償貸与された。全国の合計貸与数も、生物剤検知装置、化学剤検知機は各96セット、陽圧式化学防護服に至っては870着に上るなどの大きなものとなった。「テロの恐怖」という当時の空気を機敏に読んだ消防庁のフットワークのよい対応の成果だが、ワールドカップの前後で日本の消防のNBCテロ対応体制がガラッと変わるほどの効果があった。

その後、北朝鮮の核・ミサイル開発に対する危惧などからテロ対策の必要性はさらに高まり、新潟県中越地震(2004年10月)の男児救出活動におけるハイパーレスキュー(東京消防庁)の活躍などを直接のきっかけとして、2005年4月に、「特別高度救助隊」を東京都及び政令市に、「高度救助隊」を中核市等に整備する同省令の改正が行われ、NBC対応資機材の整備もさらに進むこととなった。

このように、10年前に比べて検知や防護の対象は火災や事故からNBCテロに拡がり、対象物質もサリンや生物剤にまで拡がってしまった。一方で大都市消防の現場では、NBC対応資機材については「整備」の段階から「訓練や使用」の段階に入っており、使い勝手についても様々なニーズが顕在化する時期に入ってきている。

このような状況の変化の中で、現場の消防として、改めて「ガスセンサー消防スーツ」について考えてみるのも悪くなさそうだ。

開発の状況

この課題のポイントは、

- ①消防服全面に有毒ガスや放射線のセンサーを取り付ける
- ②センサーが感知すると、消防服全体が変色や発光で危険を周囲に伝える

という二点にある。発想としては、消防服に有毒ガスや放射線に反応して変色する化学物質を塗布したり織り込んだりするイメージだ。

特定のガスと反応して色が変わる化学物質を探し出してそれを塗布したりすればよいはずだが、COだけならともかく、検知対象ガスの種類を増やしたり放射線にも反応したりすることを目指す途端に難しくなる。危険が無くなったら色が元に戻ることが必要だとすると、もっと大変だ。

消防側に一定のニーズはあっても、実用化を目指して開



(図4-3) 陽圧式化学防護服 (資料提供/消防防災博物館)

発してくれる企業はなかなかなさそうだ。実際にも、このテーマでの技術開発に関する具体的な成果は見あたらなかった。

というわけで、「今頃には既に実用化されているはず」という専門家グループの実用化予測時期は当たらなかった、ということになりそうだ。

一方で、化学的な方法でなく、①と②を分けて機械的な手段によって解決を図る方法なら、既存技術でも対応は可能だ。

上記二つのポイントのうち、主眼は危険を消防服の発光や変色で周囲に知らせるという点(②)にあり、「隊員の安全」という視点から考えれば、センサーが消防服全面に分布している(①)必要は必ずしもないかも知れない。また、周囲に危険を知らせる方法も、消防服全体が変色する必要は必ずしもない。ヘルメットなど装備の一部を発光させることなどでも目的は達せられる。

高性能のガス検知器や放射線検知器を装備し、危険を感知したらヘルメットに取り付けた警告灯が点滅する、などということなら現在の技術で十分だ。危険の種類によって色を変えることも難しくないだろう。

このジャンルにおける消防の役割の増大は予想を遥かに超えている。その中から切実なニーズが出て来るのであれば、機械的な手段によりこの課題の目標をクリアする製品開発が行われる可能性は十分ある。

専門家グループの予測が「ニーズ次第ですぐにでも実用化が可能」という意味だとすれば、あながち「予測がはずれていた」とは言えないのかも知れない。

消防活動・救助活動に関わる技術開発項目

筋力補助装置

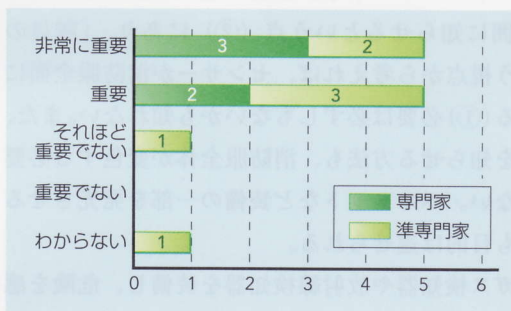
課題／消防隊員の筋力を補うため、腕や足や腰に取り付けることにより人力の2～3倍以上の大きな力を出すことのできる装置が実用化する。

予測調査の結果

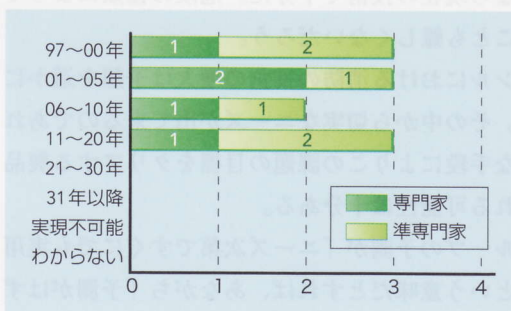
この課題では、回答者のコメントが大きく分かれた。「どのような装置なのか全く思い浮かばない。実現不可能ではないか。それよりも消防ロボットの開発努力をすべき」、「反力をどこで支えるのか」、「消防隊員の体組織と不均衡な筋力増強は望ましくない」などと否定的なコメントが多かった一方で、「介護の分野で待ち望まれている技術」などと、介護の分野に関心が深い人たちからは、切実なニーズを背景に技術開発が進んでいる様子が見えてきた。

重要度について、専門家は5人全員が「重要」又は「非常に重要」と答え、準専門家を加えた「専門家グループ」全体でも12人中10人（83%）が「重要」又は「非常に重要」と答えている。

実用化予測時期については、専門家グループ全員が2020年までに実用化されると予測している。その範囲内



(図4-4) 筋力補助装置の重要度



(図4-5) 筋力補助装置の実用化予測時期

では予測時期がばらついているが、「専門家」の最頻値は2001～05年、専門家グループ全体の中央値も同じく2001～05年となっており、平均的には大体その時期に実用化されると見ていたと言えるだろう。

パワーアシストスーツ

この分野で最も先行しているのは、筑波大学山海研究室の「ロボットスーツHAL」だろう。

既に1999年頃から試作機の開発が行われており、2006年8月には登山家の野口健さんがこのスーツを着装。障害者をおぶったままアルプス登山をして有名になった。2007年6月に、第5回産学官連携功労者表彰において、経済産業大臣賞を受賞している。

(図4-6)のような補助装置を装着し、着用者の動きを皮膚表面の生体電位差から読み取って電動モーターでアシストする仕組みだということ、形状も動作原理も、10年前に我々がイメージしたとおりのものだ。

用途としては、歩行介護、障害者の自立動作支援などのほか、工場での重作業支援や災害現場でのレスキュー支援なども視野に入れている。

100ボルトのバッテリーで2時間40分作動し、バッテリーを交換すれば連続使用も可能だということ、十分実用の域に達している。2004年には、このロボットスーツの普及のため、サイバーデザイン社という製作・販売会社が設立され、一体500万円～700万円で量産化が計画されているという。

類似のパワーアシストスーツとしては、神奈川工科大学の「介護用パワーアシストスーツ」、東京農工大学の農作業用の「パワーアシストロボットスーツ」などもあるが、「HAL」にだいたい水をあげられている印象だ。



(図4-6) ロボットスーツHAL (筑波大学／サイバーデザイン社提供)

スマートスーツ

HALほど本格的ではないが、もっと安価で実用的な筋力補助装置も開発されている。

本年（2008年）6月に、自治体消防制度60周年記念「消防防災ロボット・高度な資機材等の研究開発、実用事例」の分野で消防庁長官表彰奨励賞を受賞した「スマートスーツ」が代表的なものだ。

スマートスーツは、北海道大学の「スマートスーツ研究会」が（株）モリタや農業技術開発の（株）リーブスと共同で開発したものだ。

（図4-7）のとおり、ベストとズボンが合体したような装具の要所にゴムバンドが装着されている。このゴムバンドの収縮エネルギーを利用して筋力を補助し、反対にゴムバンドを延ばすような動作をすると、その動きをセンサーが感知して自動的にゴムを緩めて力がかからないようにする仕組みになっている。

中腰の姿勢の時にゴムが後ろから引っ張ってくれるため、腰に負担のかかる姿勢を楽に長時間続けられる。中腰の作業が多い農作業や介護作業のほか、救急隊の搬送作業などの支援をターゲットにして開発された。腰痛に悩む救急隊員にはすぐにでも欲しい装置かも知れない。



（図4-7）スマートスーツ（資料提供/スマートスーツ研究会）

マッスルスーツ

HALとスマートスーツの間にあるのが、東京理科大学の小林研究室で開発されている「マッスルスーツ」だ。「マッスルスーツ」は、（図4-8）のように空気圧で収縮するゴムとナイロンでできた人工筋肉を身体に取り付けるものだ。人工筋肉はゴムチューブにナイロン繊維の網をかぶせた2重構造となっており、ゴムチューブが空気でふくらむと、周囲の網に拘束されているため長さ方向には逆に収縮する、という仕組みを利用している。人工筋肉1本



（図4-8）マッスルスーツ（資料提供/東京理科大学小林研究室）

で80kgの力を出せるということで、パワーも十分だ。

ただ、人工筋肉は装着した本人の意思に応じて動くのではなく、リモコンで別途コントロールする必要がある。このため、動作が特定されるなどの限界があり、装着者の動きを自動的にサポートするHALとはだいぶ違う。

100ボルトのバッテリーで駆動するが、本体がゴムとナイロンのため重量は2～4kgと軽く着脱も簡単で、衣服感覚で「着用」して使用できる。

このマッスルスーツは2006年度のグッドデザイン賞を受賞しており、同じ原理を使った歩行障害者向けのアクティブ歩行器「ハートステップ」は、今年6月の第7回産学官連携功労者表彰で文部科学大臣賞を受賞した。

10～20万円程度で年内にも売り出されるということで、価格が安いこともあり、普及という意味ではHALよりずっと早いかも知れない。

実用化予測の実現度

10年前には「そんな漫画のようなもの」と酷評する向きもあった「筋力補助装置」だが、以上見てきたように、まさに「今」実用化しようとしているところだ。専門家グループの予測は「大当たり」と言ってよいだろう。

救急搬送の分野で当たり前のように筋力補助装置が使われるようになるのは時間の問題のような気もするし、筋力補助装置が特別高度救助隊の装備品として指定され、災害現場で使われるようになるのも、意外に早いかも知れない。

（続く）