

<報文>

地方環境研究所における 消防局化学災害救助隊の研修プログラムの実践*

古市裕子**・田中真也***・榎元慶子**

キーワード ①化学災害救助隊 ②検知活動 ③資器材

要 旨

大阪市立環境科学研究所（現大阪市立環境科学研究センター）では平成21年より大阪市消防局化学災害救助隊（CR）の検知訓練協力を行っている。これは環境科学研究所が事前に準備した化学物質（液体・気体）について、CRが保有資器材を用いて検知・分析活動を行い、その結果や過程について研究員が解説を行うというものである。このような訓練を消防局内で行うことは化学物質の準備等の関係で制約があり難しいが、その内容がCRの技術向上に役立てることから、本訓練に毎年約50名の隊員が参加している。訓練当初は検知・分析訓練のみの研修であったが、平成26年度からは包括的な基礎化学の知識習得を目的とした、座学研修を追加して別日に行うことになった。そこで、消防局担当者と協力してより実際の検知活動に生かせる内容となるよう、座学研修と検知訓練を効果的に組み合わせた研修プログラムの充実を図った。本報ではその内容について紹介する。

1. はじめに

大阪市消防局は東京消防庁に次ぐ規模を誇る消防局であり、大都市における災害の複雑化、多様化のために特有の特殊災害の出勤も多い。東京都および政令指定都市では特別高度救助隊の設置義務があり、大阪市では平成8年にBR（Big Urban Rescue）：特別救助隊（都市災害）、平成9年に危険物、毒劇物、高圧ガスなどの災害に対応するためのCR（Chemical Rescue）：特別救助隊（化学災害）、平成10年に高層建築物や船舶等の災害に対応するためのAR（Air Rescue）：特別救助隊（航空）を配置した。

平成17年には、「NBC災害消防活動要領¹⁾」を定め、活動要領向上に努めてきた。NBC災害とは核（Nuclear）、生物（Biological）、化学物質（Chemical）による特殊災害のことである。特殊災害（BC災害）の際に先遣隊として出勤する化学災害救助隊（以下CR）の検知活動については、検知資器材の使い方を熟知するだけでなく、化学の基礎知識を踏まえた上での検知活動戦略を練る必要がある。このCRの検知結果の報告を受け、全隊の指揮をとる大隊長が活動方針を決定することになる。そして、この活動方針にしたがい、特別高度救助隊は救助活動（人

命救助の指揮、除染活動の指揮など）を行う。したがって、CRの検知活動は迅速かつ正確である必要がある。大阪市消防局の特別救助隊員は、通常は各消防署において通常の消防業務に携わっているが、特殊災害発生時に編成され出勤しており、現在大阪市内にCRは4隊ある。人事異動があることから、CRの技術力の維持向上および見聞の承継は非常に重要である。また、2020年の東京オリンピック・パラリンピック開催に向け、平成28年には消防庁において「消防機関におけるNBC等大規模テロ災害時における対応能力の高度化に関する検討会」が立ち上げられており、NBC災害等テロ災害時における消防機関の対応能力のさらなる向上が求められている²⁾。

これまでも消防局では様々な研修や訓練がなされており、CRは各種資器材の取り扱いについて熟知している。しかしながら、CRの出勤案件は工場や車両等からの化学物質の漏えい、化学物質を用いた自損事故など多岐に渡ることから、基礎化学の知識の裏付けなしで検知の手順を進めると、想定外の状況が発生した際の対応を誤ったり、被害が拡大するなどの事態になりかねない。そこで、今回基礎化学と高度な検知要領の架け橋となるような研

*Practice of a Training Program of a Fire Department Chemical Emergency Rescue Party in Local Environment Laboratory

**Yuko FURUICHI, Keiko MASUMOTO（大阪市立環境科学研究センター）Osaka City Research Center of Environmental Science

***Shinya TANAKA（大阪市消防局警防部警防課）Osaka Municipal Fire Department

修を大阪市立環境科学研究所（現大阪市立環境科学研究所 センター 以下環科研）と大阪市消防局警防部警防課（以下消防局）で協力して開発したので、報告する。

2. BC災害消防活動について

研修プログラムを作成するにあたり、消防局のBC災害消防活動要領を考慮する必要がある。BC災害時の消防活動の原則は、(1)活動隊員の安全管理(2)被害の拡大防止(3)原因物質の早期特定（簡易検知）と危険性の把握(4)要救助者の救助(5)多数の被災者に対する適切な処置(6)適切な除染(7)関係機関との連携である。隊員は必要な防護服、資器材等を積載し、風向等の気象状況を把握し、発生場所の風上側に部署できるように出場する。現場到着までに得られた情報および現場で収集した情報を逐次指令情報センターに報告し、後続部隊への伝達、適切な警戒区域の設定を行う。

活動隊員の防護レベルはレベルAからレベルDまであり、災害の規模、被害の重大性、原因物質の毒性などを考慮して選択される。その内容は表1のとおりである。特にレベルAの陽圧式化学防護服を着装時は、空気呼吸器を使用するため活動時間に制限がある上に、手指の細かな作業が困難になることから、検知活動要領を考える上で配慮する必要がある。

表1 BC災害防護レベルの例

防護レベル	防護措置
レベルA	陽圧式化学防護服（空気呼吸器使用）
レベルB	非陽圧式化学防護服 （空気呼吸器又は酸素呼吸器使用）
レベルC	軽量型防護服（防毒マスクを使用）
レベルD	防火衣、活動服等の通常の服装

CRが所有する検知資器材は大きく分けてB災害資器材とC災害資器材がある。B災害資器材は生物剤検知器が主力であり、特定病原菌の抗体反応を利用したもの、Real-time PCRを利用したものなどがある。また、タンパク質を検知する簡易な検知キットは携行性に優れており、有効である。C災害資器材は気体を測定するものが主要となり、可燃性ガス・硫化水素等の有毒ガスを検知する携行型マルチガス測定器、携行型化学剤検知器、可搬型FT-IR（赤外分光装置）、可搬型GC-MS（ガスクロマトグラフ-質量分析装置）、各種検知管などがある。検知活動ではこれらの資器材を組み合わせ、原因物質の早期特定を目的とする。

3. 化学災害救助隊研修（検知訓練）

環科研では平成21年度より、化学災害救助隊研修訓練として化学剤検知訓練の研修協力をしてきた。これは、環科研が数種類の化学物質を未知の検知対象物質として用意し、各CRがこれを検知・評価し、その内容を環境科学研究所研究員と協議する訓練である。検知訓練では救助隊服装（ゴーグル・感染防止手袋・感染防止衣上下着装）であるが、実際現場を想定し、化学防護服を着装して可能な活動時間の制約を基にして、1回の検知活動訓練の時間制限を20分間と設定した。その結果、多くの有機化合物については可搬型FT-IRもしくは可搬型GC-MSで同定することができた。しかし、実際の災害現場では、分析対象物が混合物である場合、少量しか採取できない場合、想定していない無機化合物の場合などの可能性があるため、より実災害に有効な訓練内容を検討することとした。

3.1 研修の目的

研修の目的はBC災害のうち主にC災害の活動に対応するため、行動要領の徹底を図り、化学物質に対する基本的な知識の習得及び保有資器材の取り扱いの習熟である。

到達目標として、BC災害対応時の活動要領を理解実践できること、特殊災害時の対処方法を理解すること、保有資器材を的確に取扱い、検知・分析が行えること、としている。研修の中で環科研は、実災害に役立つ化学知識の教授、知識の定着を目的とした化学物質の提供、適切な研修環境の提供、検知・分析の助言等を行っている。

3.2 受講対象者

対象は特別救助隊員である。本部特別高度救助隊隊員もオブザーバーとして参加している。

3.3 研修スケジュール

毎年12月に基礎化学の講義（2時間）、3か月後の2月に検知・分析訓練（2時間）を行っている。特別救助隊員は4隊あり、24時間交代勤務であるため、各研修は4回に分けて行っている（合計約50名程度受講）。

3.4 研修の評価

研修終了後、消防局所定の訓練実施結果報告及び研修受講後アンケートを提出してもらい、評価材料とした。

なお、各所属救助隊員で休務者に対して、受講後研修の実施を救助隊長に義務付けている。

4. 研修プログラムの開発

4.1 基礎化学の理解（基礎化学講座）

研修プログラムは、大阪市消防局警防部警防課本部特別高度救助隊担当者として協力して設計した。事前に参考意

見として、各CRからも質問事項を募った。その結果、初年度の基礎化学講座は「化学式を用いた有毒ガス発生の基本原理を学び、大阪市内の事業所等で発生し得る化学災害とその危険性及び対処方法等について」をテーマとした(表2)。④については一般化学について紹介したものであり、初年度に緩衝液を取り上げたのは、過去の検知・分析訓練で、固体化学物質の検知の際に初動として緩衝液にまず溶解させること、としていた隊があったためである。

表2 初年度の基礎化学講座

- | |
|------------------------------|
| ① 大阪市内における化学物質の用途と排出量、製造業の分布 |
| ② 最近の化学災害例 |
| ③ 保有する資器材の特徴と試薬の性状 |
| ④ 化学の基礎(緩衝液の役割) |

研修当日は、消防隊員にとっての大きな関心事である災害時の除去剤の選択などの質問もあり、一般家庭・事業所で有害ガスの発生しうる可能性のあるものやその対処方法、災害が発生した際の初動活動及び検知活動の要領や注意点など、研究員の知識と隊員の経験を交えた活発な議論が行われた。

4.2 基礎化学講座で得た知識の定着を図る(検知・分析訓練)

基礎化学講座後に実施した検知訓練では、基礎化学講座の内容と関連付けた化学物質を検知対象物質として用意した。

まず、基礎化学講座①より、大阪市内での排出量が多い有機溶剤とこれらを混合したもの、②より大規模災害につながる恐れのある反応性の高い化学物質、そして、研修後の要望であった、一般家庭で入手でき、混合するとガスを発生する恐れのある製品を用意した。

検知訓練の結果、用意した化学物質(単品)についてはすべて検知できた。しかし、混合物の試料では、全てを検出することは難しかった。例えば、FT-IRで測定したところ、それぞれの物質がライブラリー検索結果に挙がったが、ヒットスコアの高い方の物質のみを選択してしまった例や、それぞれの官能基を寄せ集めてしまった化学物質を検知結果とした例があった。また、市販の製品については多くの化学物質が混合されていることから、さらに検知が難しかった。

5. 研修プログラムの改良

5.1 事例に活かせる基礎化学(基礎化学講座)

受講者は異動して1年未満の隊員から10年以上の隊員まで幅広く、化学知識に関しても毒劇物や危険物取扱の資格をもつ隊員も多い。そこで、保有資器材の原理・取

り扱いについての講義と前年度の検知・分析訓練の解説を標準のプログラムとして固定化した。その上で事前の消防局からの質疑・要望のあったテーマ、他の自治体で問題になった事例、検知要領の応用事例などを追加することで、研修内容を毎年充実化していくこととした。

平成27年度の研修では、「物質の状態別における検知要領、サンプリングに必要な知識及び化学災害対応に必要な化学知識等について」をテーマとした。研修中の主な質疑では、データから不明物質を特定する手順、分析エラーの原因と対策などであった。③の臭気と毒性については、臭気しきい値が高く臭気を感じなくても、毒性の高い化学物質がある例を紹介した。

表3 2年度の基礎化学講座

- | |
|--------------------|
| ① 昨年度の検知・分析訓練の振り返り |
| ② 保有する資器材の特徴 |
| ③ 化学物質の特性(臭気と毒性) |
| ④ 試料の採取方法 |
| ⑤ 吸着の化学 |



図1 基礎化学講座研修風景

5.2 より実災害に近づけた検知内容(検知・分析訓練)

平成27年度の検知・分析訓練ではさらに難易度を上げ、2種類の有機溶剤を混合したもの、サンプリングバッグに充てんしたガス状物質、実際に大阪市内でCRが出場した事案の対象物質、について検知訓練を行った。中でも、実際に出動した事案については、「想定訓練」として現場の付加状況を付与した。特にこの想定訓練では初期情報から考察した検知活動を実施し、指揮本部への報告内容の精査までを訓練内容としたため、実災害対応に直結した訓練であると、CR隊員に好評であった。

一方、検知訓練自体の難易度が上がり、CR保有資器材では検知が難しいものが多かったため、正解率がこれまでの研修より低下した。ガス状物質の検知については、

これまで検知に必要なガスの量をということを意識していなかったため、どの隊にも大きな発見として受け止められた。

いがちであるが、現場へ到着するまでに得られる情報、現場についてからの関係者からの聞き取りなどは、そのあとの検知活動に非常に重要である。

6. 研修プログラムの工夫（基礎化学講座、検知・分析訓練）

研修プログラムの開発を始めて2年目になり、特に力を入れたのは、検知要領の考え方と昨年度の検知訓練の振り返りである。検知要領については、CR各隊で様々な訓練が行われており、各隊でさまざまな知見の積み重ねがあった。この知見を全ての隊で共有化し、検知要領とすることで検知レベルの向上を図った。また、どの順序で資器材を使用するか、ということの意味づけを提起した。例えば、CRの化学防護服は耐火仕様になっていないため、引火・爆発の可能性がないか、ガスモニターによる確認する作業を徹底する、特に生命の危険性の高い化学剤については優先的に検討する、検知に必要な時間、化学物質の危険性を考慮して検知の優先順位をつけるなどである。中でも強調したのは、現場情報の重要性である。本研修はCRの検知訓練の研修協力が始まりであったため、どうしても検知対象物と資器材だけの関係で考えてしま



図2 検知・分析訓練風景

3年次（平成28年度）の基礎化学講座研修では、「検知要領の組み立て方、資器材の活用方法（特に検知管）」をテーマとし、①昨年度の検知訓練の振り返りと検知の際の工夫、②資器材の物理化学的な原理と仕様、③化学剤の検知、④化学物質の危険性、毒性の評価について行った。

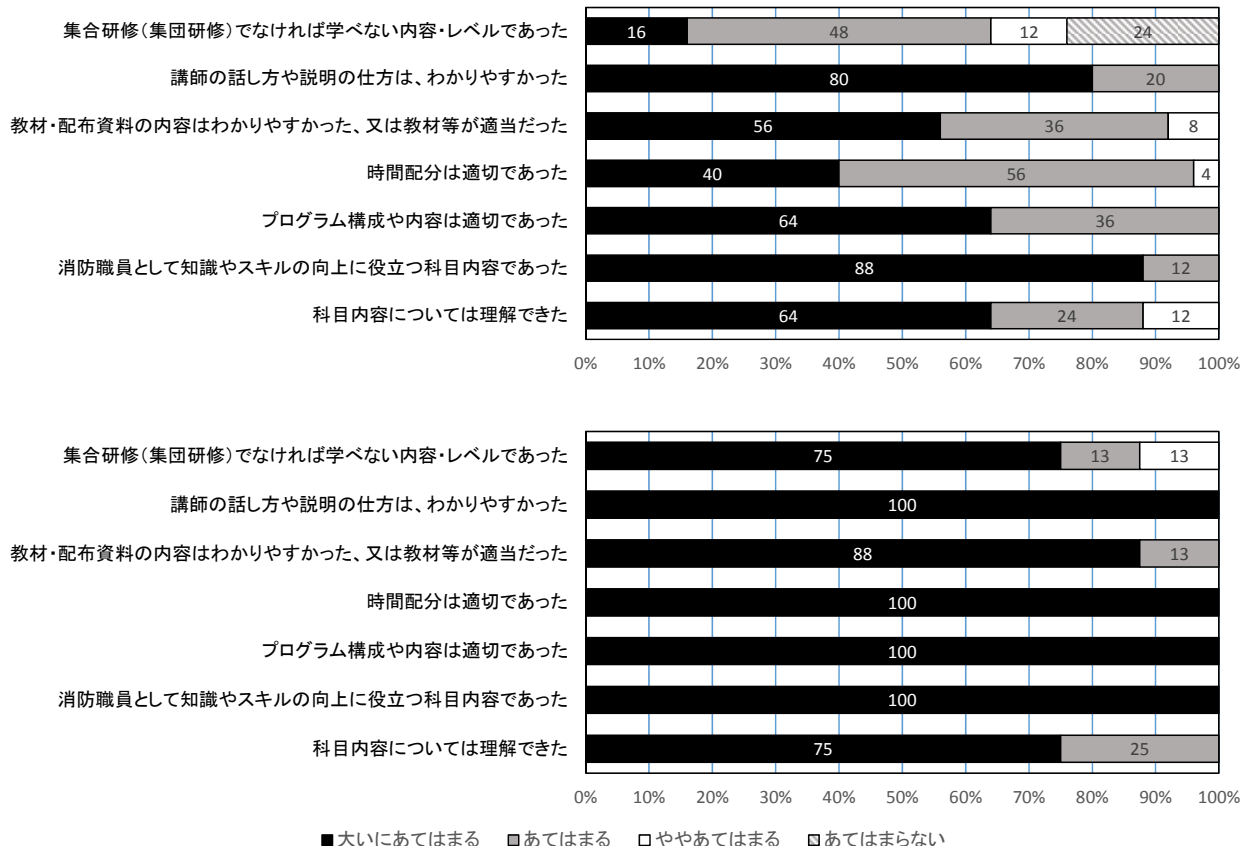


図3 研修（基礎化学講座）後のアンケート結果
平成27年度(上),平成28年度(下)

昨年度の検知訓練の振りかえりでは、使用する資器材によって食い違う測定結果が出たときにどう考えるか、検出原理によって異なる測定結果が出る例などについて解説した。資器材の活用方法については、CRが装備している検知管（ドレーゲル社製）に着目して講義した。ガスモニターやFT-IRなどは使用方法を熟知していればどの隊員も同様に使用できるが、検知管については、個々の測定対象物質に合わせて各種検知管を選択する必要があるため、一定の検知要領を考慮しなければならない。一方、電源のない現場でも使用でき、資器材のトラブルが起こりにくいことから、検知管を有効活用できれば実際の災害現場で強力な資器材の一つであるといえる。そこで、主な検知管の検知原理や検知濃度レベル等を解説し、必要な吸引回数や時間のイメージをもち、どの順序で検知することが効率的かを提案した。また、実際の検知訓練が行えない化学剤についての知見については文献を紹介した^{2), 3)}。

表4 3年次（平成28年度）の基礎化学講座

- ① 昨年度の検知訓練の振りかえりと検知の際の工夫
- ② 資器材の物理化学的な原理と仕様
- ③ 化学剤の検知
- ④ 化学物質の危険性、毒性の評価

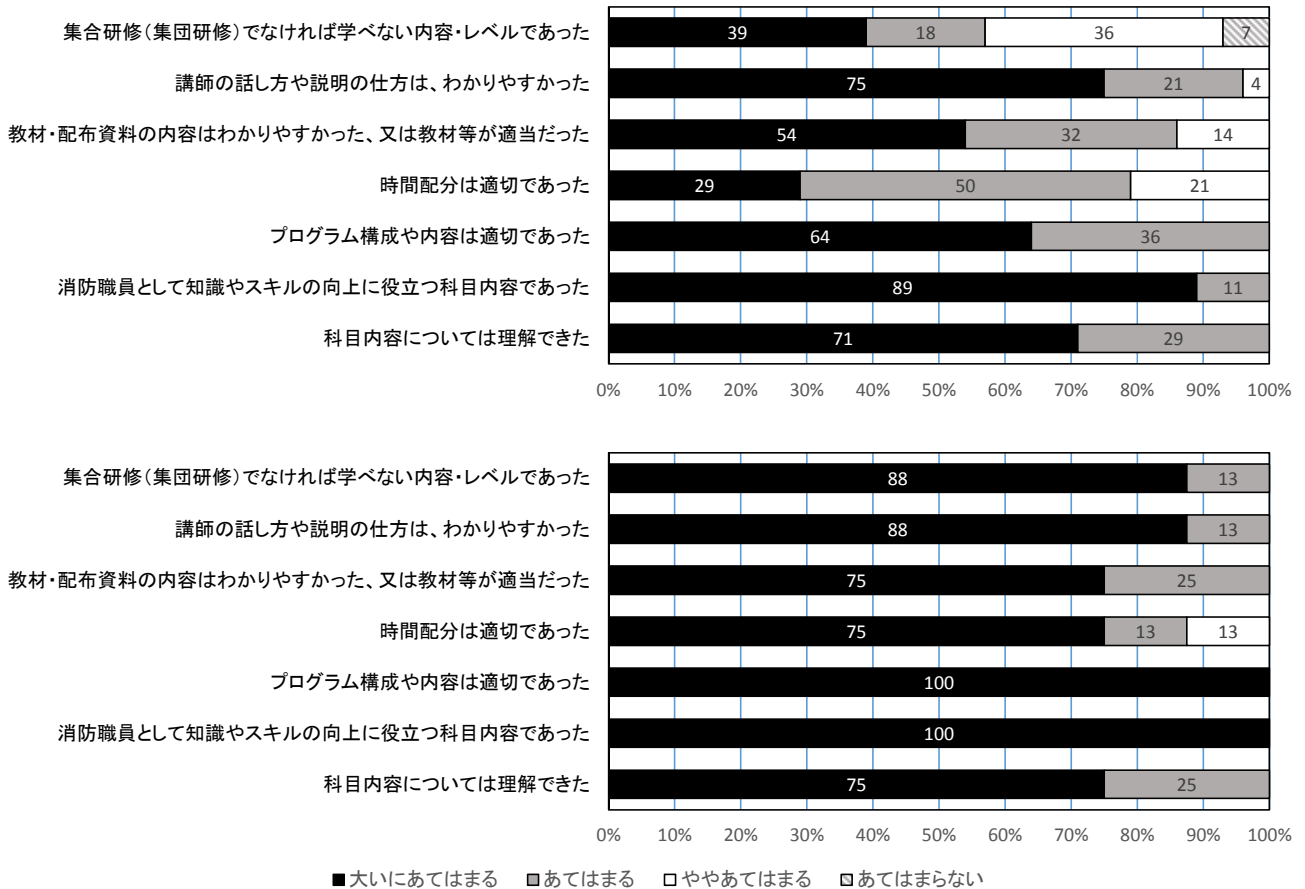
平成27年と平成28年の研修後の消防隊員のアンケートを比較すると、講義の仕方、講義内容、時間配分等の満足度が上昇した。中でも、「消防職員として知識やスキルの向上に役立つ科目内容であった」の「大いにあてはまる」が88%から100%になった。

個々の感想では、「検知管を用いた検知訓練を自署において重ね、隊員の研究心と理解力が高まり、技術知識の向上、習熟を図れた。」「資器材の管理方法、積載方法について考え直す良いきっかけとなった。」などの意見があった。

検知・分析訓練では、今まで試験管で供していた化学物質をシャーレからの採取とし、各隊所有の器材を使って、化学物質への接近の仕方、採取容器の選択、採取方法からの訓練としたため、より実災害に近い内容となった。

用意した化学物質は、有機溶剤と水を混合したもの（濃度10～30%の水溶液）、固体の化学物質の水溶液（濃度約1%）などとした。この水溶液については過去に臭気の苦情相談が過去にあった物質である。また、昨年度に引き続き、サンプリングバッグに充てんしたガス状物質を用意した。

各隊とも、目視（色、粘性等）、pH試験、ガスモニタ



**図4 研修（検知・分析訓練）後のアンケート結果
平成27年度(上),平成28年度(下)**

一による検知, 各種資器材を用いた検知の流れで訓練を実施した。検知対象物質を水溶液としたことで揮発性が低下し, ガスモニター, ガスID等の検知が困難となり, サンプリングの工夫が必要な検知環境となった。そのため, 同じ資器材を用いても, 検知結果が異なる例があり, なぜこのような違いがおこったのかという考察ができた。訓練では他の隊での様子も確認し, 検知手順を選択した理由, 手順途中の考え方などを隊員間で議論する時間をとった。特に試料の採取方法は隊によって様々であり, 互いの工夫点を話し合うことで新たな気づきがあり, 有益であった。

研修後のアンケートでは, 時間配分についての満足度が他の項目と比較して低かった。検知解析訓練では, 1つの未知物質について20分間の検知活動を行い, その後5分間の各隊結果発表, 5~10分間の講師解説を行う。そのため, 1回の検知訓練ごとに約30~35分間を要し, 3回の訓練(未知物質3種類の検知解析)に, 演示実験1回(約10分間)を追加して行なうと, 120分間の訓練時間では余裕がないのが実情である。可能であれば, 他の隊の検知活動の様子を見学しあえるような時間をとりたいが, 限られた研修の機会であるので, 検知物質の種類数については維持したい思いもあり, 今後さらなる工夫が必要と考える。

検知・分析訓練を始めた当初は, 所有の資器材を順々に使って分析をしていく流れであったが, 訓練を重ねていくと検知結果から次の資器材を適切に選択し, 絞り込んでいくプロセスが実感できた, という感想があった。また, 検知・分析用を作成, 活用することで, 検知活動の時間の短縮化やデータ整理の効率化を工夫している隊もあり, 研修を重ねる毎にCRの検知技術の向上を実感した。

そもそも, 災害現場において, CRによる検知活動は, ①危険物質による汚染の有無を把握, ②汚染の拡大を防ぎ, 二次災害を防止するためのゾーニング(コールドゾーン, ウォームゾーン, ホットゾーン), ③各ゾーンにおける必要な防護措置の決定, ④負傷者への適切な処置, および医療機関への検知情報の提供, ⑤現場の除染活動等に活用される。検知活動により化学物質が特定できれば, その後の指揮本部の活動方針の決定に適切な進言ができる。

したがって, 検知・分析訓練では単に化学物質名を「当てる」ということが目的なのではなく, 未知物質の危険性(爆発の可能性, 引火性, 有毒性, 反応性など)を迅速に指揮本部に進言することを第一目標とした。

例えば, その化学物質がトルエンなのか, キシレンなのか, などを確定するために, さまざまな資器材で繰り返し測定することは本訓練では有効な検知活動とはいえ

ない。むしろ, 「未知物質は第四類引火性液体と考えられることから, 警戒区域を設定する。防護レベルはDとし, 呼吸器装着のこと。蒸気密度は空気より大きいため, 上方への避難が望ましい。」といった報告を迅速に指揮本部に上げることができたなら, CRとしての検知活動目的は達成したといえる。また, CRの活動は資器材を使つての検知活動から始まるのではなく, 現場へ到着するまでの情報, 被害状況, 周辺的环境, 近隣住民からの聞き取り, 現場での残留物など様々な情報を収集することも重要である。このように, 事前に消防局担当者と意見交換し, その内容を研修に反映させることでより実務的な研修となるよう改良している。

消防局の研修に地方環境研究所がどのように関わっていくのか, どんな研修が求められているのか, 消防局担当者とアイデアを出しながらプログラムを開発した。プログラムを実際に行ってみると, CR隊員からは予想を大きく超える反響があり, さらによい研修にしようという励みになっている。

地方環境研究所にとって, 災害現場における化学物質汚染や健康リスクの拡大防止を図っていくうえで, 最前線での状況や対応策を, 日頃より情報共有することは有意義であると考えられる。

今後, 他の自治体での消防局研修の参考になれば幸いである。

7. 引用文献

- 1) 大阪市消防局: NBC災害消防活動要領(平成29年4月1日改正)
- 2) 消防庁国民保護・防災部参事官付: 平成28年度救助技術の高度化等検討会報告書(平成29年3月)
- 3) 瀬戸康雄: 化学剤の分析方法と現場検知法. 薬学雑誌, **126**, 1279-1299, 2006
- 4) 高山康男, 關岡亮二, 関口浩, 丸子恒, 大森毅, 瀬戸康雄: ドレーゲルセーフティ製ガス検知管の化学剤検知性能. 分析化学, **5**, 355-362, 2007