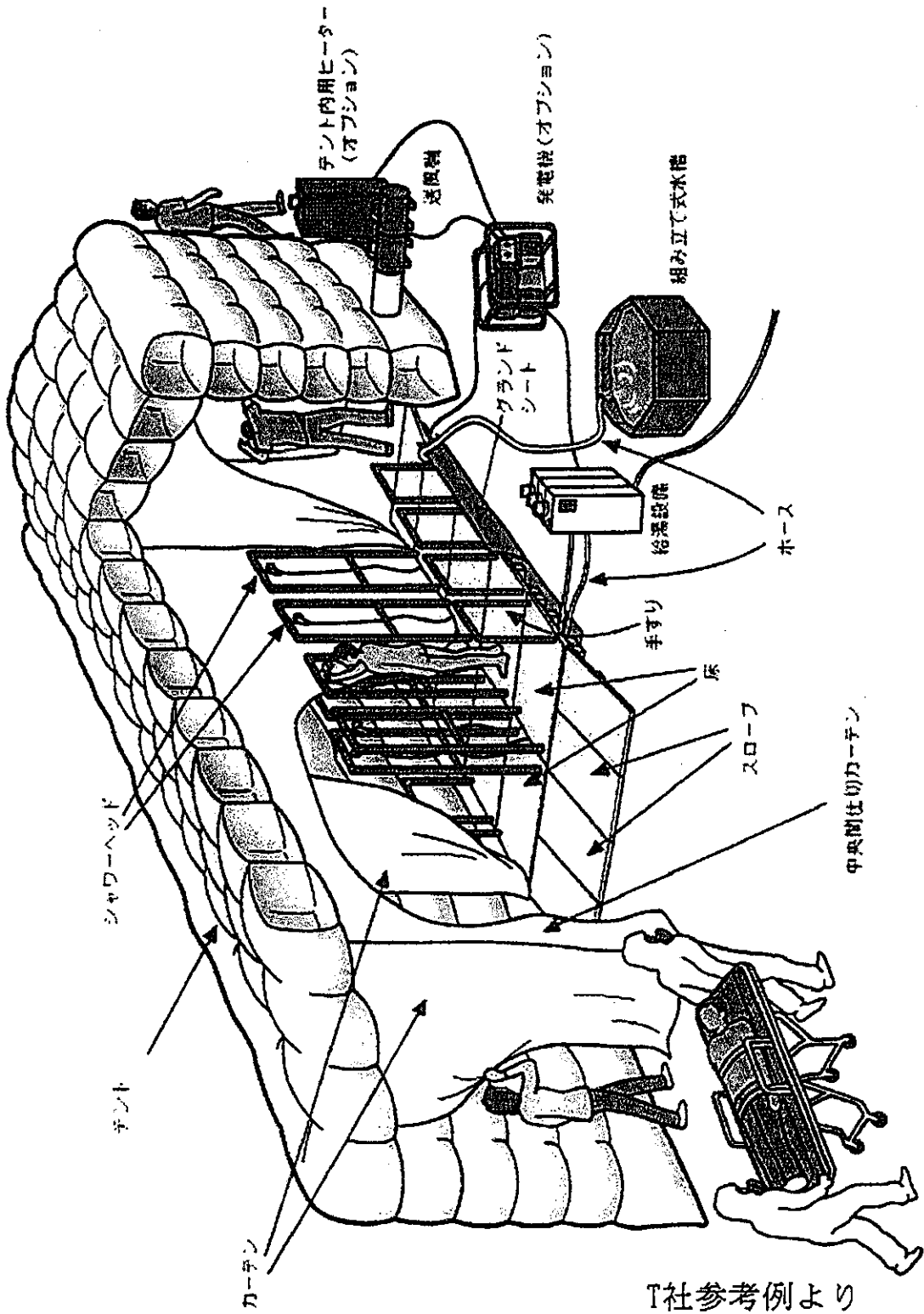
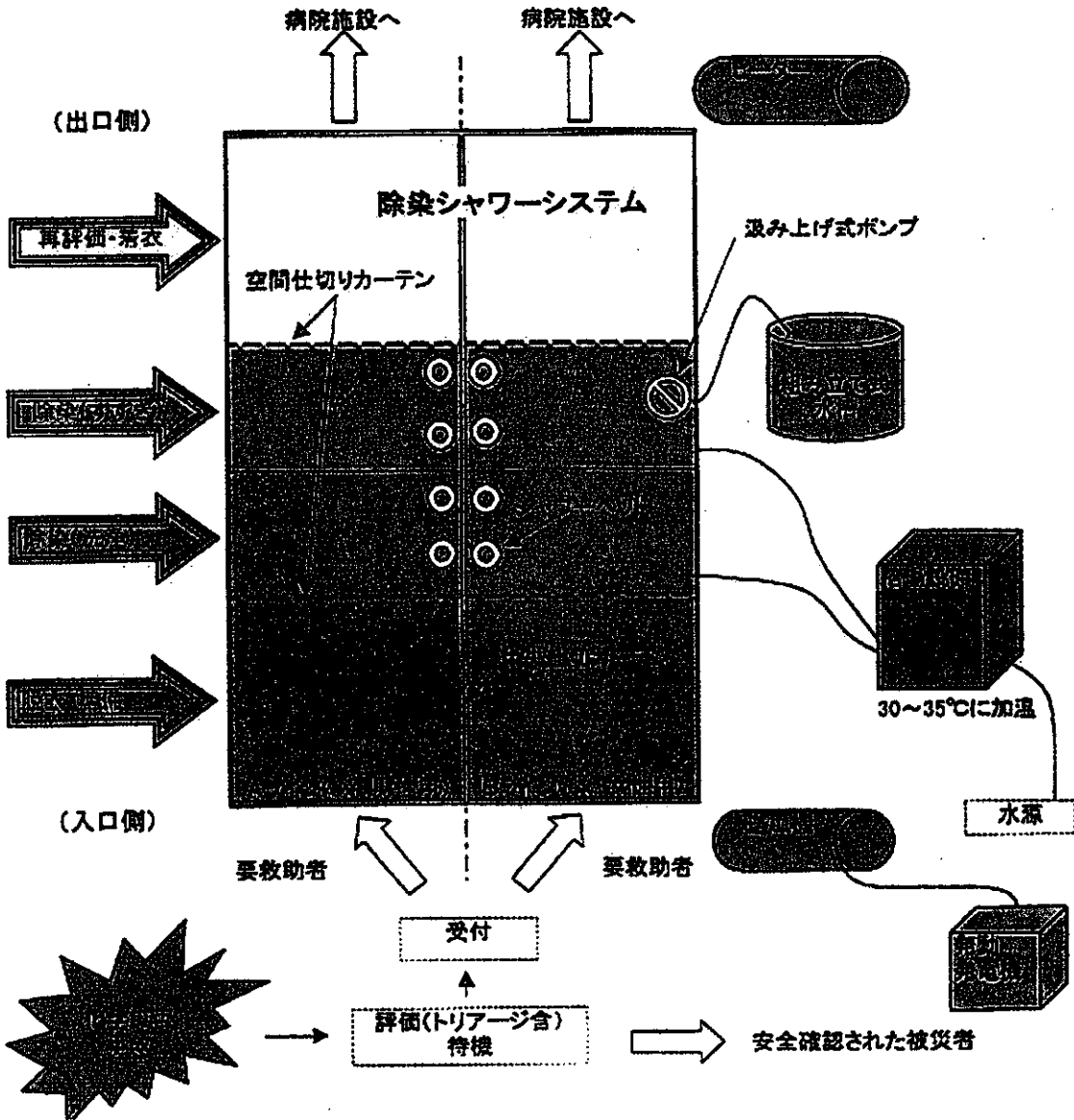


除染シャワーシステム



T社参考例より

除染シャワーシステムの内部概要 T社参考例



厚生省科学研究費補助金（医療技術評価総合研究事業）

分担研究報告

化学物質等による集団災害時の救助体制確立に関する研究

－化学災害対象物質の分析法－

分担研究者 屋敷 幹雄 広島大学医学部法医学講座 講師
研究協力者 西田まなみ 広島大学医学部法医学講座 技官
研究協力者 熊谷 浩樹 横河アナリティカルシステムズ（株）
研究協力者 中野 信夫 理研計測（株）

研究要旨

過去に化学工場内での爆発や漏洩事故、公道での車両事故時に原因となった、あるいは原因となりうる化学物質（化学物質群）100種類をリストアップし、昨年度に62種類の化学物質（化学物質群）について、簡易キットあるいは簡易検査法のいずれかが存在し、機器分析法が公定法として明示されているものについて報告した。残る38種類の化学物質（化学物質群）について、簡易な検出法とその簡易法を補う、より詳細な検査法を調査したが、アルキルアルミニウムや金属のリン化合物などは分析が困難であった。五フッ化ヒ素などの有毒ガスは検知管による分析が報告されていないが、分析機器（ガスクロマトグラフなど）により分析が可能である。また、テープ光電光度法を用いる有毒ガス定量テープが開発され、装置が小型で安価であることから可搬用の分析機器として現場での分析も可能と思われる。

原因物質を特定（検証）するためには複数の分析法を用いることが必要であり、簡易法で陽性となった場合でも必ず他の方法による確認試験が必要である。そのためにも、検査者が分析法を選択できるように、報告されている文献から必要と思われる方法を紹介し、報告が見当たらない分析については、可能性についてコメントをした。

A. 研究目的

化学物質等による集団災害時に迅速に中毒原因物質が分析できれば、被害者の救出や治療に有用である。過去の事例から中毒の原因となりうる化学物質（化学

物質群）を抽出し、系統的な分析法（スクリーニング）が可能か否かを調査し、突発的な集団災害時に対応できる分析マニュアルを構築することを目的とする。

平成 8、9 年度に、本研究の主任研究

者が実施した「特殊な災害医療の技術開発・体制確保に関する研究」において、過去に化学工場内での爆発や漏洩事故、公道での車両事故時に原因となった、あるいは原因となりうる化学物質（化学物質群）100種類がリストアップされた。本研究の平成11年度報告書において、62種類の化学物質（化学物質群）については、簡易キットあるいは簡易検査法のいずれかが存在し、機器分析法が公定法として明示されていることを明らかにした。しかし、38種類については市販のキットならびに簡易検査法による同定が困難であることが判明した。

今回、残る38種類の化学物質についての分析法について調査した。

B. 研究方法

市販のキットならびに簡易検査法による同定が明らかになっていない38種類の化学物質（化学物質群）について、

- (1) なるべく簡易な検査法—現場もしくは簡易な設備で利用可能な手法
- (2) 上記手法を補うより詳細な検査法を調査した。

(1)の検査法については、多少定量性に欠けても検出の手順が簡便な方法、(2)の検査法については、精度の高い検出結果が必要とされ、同時に高精度の定量性を兼ね備えていることが望ましい。したがって、必ずしも迅速な検査法ではないことが多い。

また、一連の化合物群—無機過酸化物、

有機過酸化物など—の検査法に関しては、その化合物群に共通の化学的性質に基づく検査法を簡易分析法とし、より詳細な同定法と組み合わせることとした。

資料1.に示す100種類の化学物質（化学物質群）のうち、次の38種類について検討した。

[クロロメチル、モノクロル酢酸、リン化亜鉛、過塩素酸塩類、無機過酸化物、ヨウ素酸塩類、過マンガン酸塩類、重クロム酸塩類、硫化リン、赤リン、イオウ、アルキルアルミニウム、アルキルリチウム、アルカリ金属、アルカリ土類金属、有機金属化合物、金属の水素化物、金属のリン化物、カルシウムまたはアルミニウムの炭化物、有機過酸化物、ニトロ化合物、ニトロソ化合物、アゾ化合物、過塩素酸、ジシラン、モノゲルマン、石炭ガス（水素ガスとメタンを主成分とする混合ガス）、油ガス（メタン等を主成分とする混合ガス）、エタン、水性ガス、メタン、五フッ化ヒ素、五フッ化リン、三フッ化窒素、三フッ化ホウ素、三フッ化リン、四フッ化硫黄、四フッ化ケイ素]

C. 結果

1. クロロメチル/マスタード

【簡易分析法】

TLC法が報告されている。

S. Sass, M. H. Stutz, *J.Chromatogr.*, **213**, 173 (1981).

これはシリカゲル-TLCプレートに試料を負荷後、ジクロロメタンで展開

し 4-(*p*-ニトロベンジル)-ピリジンを噴霧して青色に呈色したスポットを検出するものである。検出感度は μg レベルと報告されている。

熱分解器を前処理に用いた検知テープ光電光度法（添付資料）で分析できると思われる。ただし、他のクロロ化合物も同じように反応するので、同定できない。

【詳細な分析法】

誘導体化ーガスクロマトグラフィー(GC)法が報告されている。

H. Thulin, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, **54**, 76 (1993).

この方法では、空気中に存在するクロロメチルをダストとしてテフロンフィルターやレーヨン布に捕集し、これを脱着した後、三フッ化無水酢酸でトリフルオロアセタミド誘導体化とする。得られた誘導体を FID 付 GC で定量している。GC での分析例は他にもあるが、ほとんどがトリフルオロアセタミド誘導体を用いている。

2. モノクロル酢酸

【簡易分析法】

検出法としては、モノクロル酢酸を含む水溶液にクロモトローブ酸と H_2SO_4 を加えて 170°C に加熱し、紫色の呈色の有無による方法が知られている。この方法は同時に、吸光光度法に適用できるため、定量法としても利用可能である（測定波長 520 nm ）。しか

し、この呈色反応はクロル酢酸に特有のものではなく、カルボニル化合物全般で呈色が見られる。したがって、実サンプルの測定においては、マトリックスの影響が大きいものと思われる。

熱分解器を前処理に用いた検知テープ光電光度法（添付資料）で分析できると思われる。ただし、他のクロロ化合物も同じように反応するので、同定できない。

【詳細な分析法】

マトリックスの影響を小さくするためにクロマトグラフィー等の分離手法を利用する方法としては、(1) GC, (2) イオンクロマトグラフィー(IC), (3) キャピラリー電気泳動(HPCE)法が報告されている。

GC 法では多くの場合誘導体化ーGC-MS 法であり、感度、選択性に優れている。

H. Frank, D. renschen, A. klein, H. Scholl, *HRC*, **18**, 83 (1995).

IC 法や HPCE 法は感度面で GC-MS 法に比べ劣るが、誘導体化が不要であるため前処理（濃縮を含む）が容易であるという利点がある。最近では、LC-MS 法による分析例も報告されている。

IC: C. Sarzanini, M. C. Bruzzoniti, E. Mentasti, *J Chromatogr. A.*, **850**, 197 (1999).

HPCE: D. Martinez, F. Borrull,

M. Calull, *J Chromatogr. A.*,
835, 187 (1999).

LC-MS: S. Hashimoto, A. Otsuki,
HRC, 21, 55 (1998).

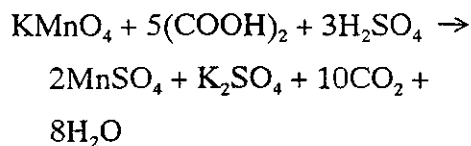
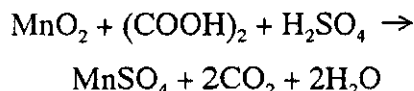
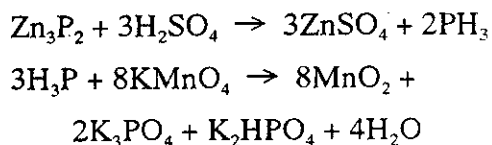
中村文雄、西田継、入村達
郎、安藤正典、渡辺義公、
土屋悦輝、松沢昭夫、小笹
泰、相沢貴子、『陸水系の
水環境の保全に関する総合
研究 平成 9 年度』、p7.1～
7.34 (1998).

LC や LC-MS、HPCE などでも利用さ
れている前処理は、主に固相抽出法で
ある。

3. リン化亜鉛／殺鼠剤

簡易分析法が見当たらない。下記分
析法があるが滴定法であるため、迅速
な分析法ではなく、現場での適用は難
しいと思われる。

硫酸で分解し、発生した H_3P を
 $KMnO_4$ と反応させ MnO_2 を生成させ
る。生成した MnO_2 を過剰量（既知）
のシュウ酸／硫酸で $MnSO_4$ として、
過剰分のシュウ酸を $KMnO_4$ で滴定し、
定量する。試料の分解、発生する H_3P
の吸収のため装置が必要である。



日本分析化学会編 改訂三版 分析化
学便覧（丸善）p.1292, (1981).

硫酸による分解で発生する H_3P を
検知管で検出する方法も可能と思われ
る。この検出法は文献等で報告されて
いるものではないが、簡易分析法とし
ての可能性を検討する価値はあると思
われる（試料を分解するための装置は
必要）。

4. 過塩素酸塩類

【簡易分析法】

$ZnSO_4$ を飽和させた 0.2% メチレン
ブルーを加え、2～3 分間放置すると、
赤紫色に呈色する。

日本分析化学会編 改訂三版 分析化
学便覧（丸善）p.18, (1981).

他の強酸化剤（ MnO_4^{2-} や $Cr_2O_7^{2-}$ な
ど）が妨害する。

【詳細な分析法】

上記簡易分析法で妨害を受けている
可能性がある場合は、HPCE, IC など
で分離、検出する。過塩素酸イオンの
検出は、電気伝導度法もしくは間接吸
光度法によるため選択性に乏しいため、
上記簡易分析法との併用が必要である。

5. 無機過酸化物

酸化剤としては、ヨウ素デンプン紙などで確認できる。しかし、ヨウ素デンプン反応は種々の酸化剤で呈色してしまうため、同定はできない。

検知テープ式でも測定できる。ただし、種々の酸化剤でも反応するために同定はできない。

6. ヨウ素酸塩類

【簡易分析法】

還元剤 (H_3PO_3 、 KSCN) によりヨウ化物イオンとした後、ヨウ素デンプン反応に基づく呈色反応により検出する。他のハロゲンのオキソ酸 (BrO_3^- 、 ClO_3^-) は妨害しない。

【詳細な分析法】

IC 法、HPCE 法が適用できる。

7. 過マンガン酸塩類

【簡易分析法】

還元剤により過マンガン酸に特有の紫色の退色が観察される。

【詳細な分析法】

原子吸光光度法、ICP 発光光度法により Mn を検出する。ただし、元素分析手法であるため、化学種を判別できない (Mn^{2+} と MnO_4^{2-} を区別できない)。化学種を分別し分析するためには、IC などの分離手法との組み合わせが必要である。

8. 重クロム酸塩類

【簡易分析法】

試験紙および簡易検査キットにより検出が可能。

試験紙：

ADVANTEC 製イオン試験紙の『クロムチェック』

簡易検査キット：

吉富ファインケミカル製ヨシテストの『ヨシテストクロム総 Cr』

これらの分析法では定量も可能である。

【詳細な分析法】

原子吸光光度法、ICP 発光光度法により Cr を検出する。ただし、元素分析手法であるため、化学種を判別できない (Cr^{3+} と CrO_4^{2-} を区別できない)。化学種を分別し分析するためには、IC などの分離手法との組み合わせが必要である。

9. 硫化リン

【簡易分析法】

燃焼、加水分解により発生する硫化水素、二酸化イオウを検知管で分析できる。

10. 赤リン

【簡易分析法】

簡易分析法が見当たらない。

【詳細な分析法】

JIS K 1448-1969 には、重量法が記載されている。

11. イオウ

【簡易分析法】

単体のイオウの簡易分析法としては吸光光度法がある。

(シクロヘキサン法)

シクロヘキサンで抽出し、276 nm で吸光度を測定する。この方法は簡便であるが、測定波長が 276 nm であるため、さまざまな夾雑物（特に芳香族有機化合物）の影響を受けやすいと思われる。

(チオシアン酸塩法)

測定波長として 465 nm を使用するため、夾雑物の影響を受けにくいと思われるが、呈色反応に NaCN 溶液を使用する難点がある。

日本分析化学会編 改訂三版 分析化学便覧（丸善） p.179, (1981).

【詳細な分析法】

イオウは多様な化学形態をとる。陰イオン種 $S_2(HS^-)$ 、 SCN^- 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 $S_2O_3^{2-}$ は、IC 法、HPCE 法が適用できる。 $S_2(HS^-)$ については、簡易検査キット（ヨシテスト）もある。硫化水素は、検知管による検出が可能である。

12. アルキルアルミニウム

【簡易分析法】【詳細な分析法】

適当な簡易分析法、詳細な分析法が見当たらない。

13. アルキルリチウム

【簡易分析法】

Gilman 試験（呈色法）

日本分析化学会編 改訂三版 分析化学便覧（丸善） p.634, (1981).

14. アルカリ金属

【簡易分析法】

イオンであれば、イオン電極法や吸光光度法が適用できる。定量も同時に可能である。

【詳細な分析法】

簡易分析法で共存成分の影響が大きかったり、感度が不十分である場合は、IC または CE による分離分析法や原子吸光光度法、ICP 発光光度法による分析を適用する。

15. アルカリ土類金属

【簡易分析法】

イオンであれば、イオン電極法や吸光光度法が適用できる。定量も同時に可能である。

【詳細な分析法】

簡易分析法で共存成分の影響が大きかったり、感度が不十分である場合は、IC または CE による分離分析法や原子吸光光度法、ICP 発光光度法による分析を適用する。

16. 有機金属化合物

さまざまな有機金属化合物があり、その化学的、物理的性質も個々の有機金属化合物で異なっている。有機金属化合物中の金属を分析する方法として、

原子吸光光度法

ICP 発光光度法

などが適用可能だが、有機金属化合物を特定することはできない。

17. 金属の水素化物

金属の水素化物に共通の化学的性質である還元性を確認し、その存在を予測することは可能である。しかし、同定は困難である。また、金属を同定することは原子吸光光度法や ICP 発光光度法で可能だが、水素化物として同定することはできない。

検知テープ式で測定できるが、同定できない。

18. 金属のリン化合物

分析法が不明である。

19. カルシウムまたはアルミニウムの炭化物

【簡易分析法】【詳細な分析法】

適当な簡易分析法、詳細な分析法が見当たらない。

20. 有機過酸化物

【簡易分析法】

ヨウ素法による吸光光度法がほとんどの有機過酸化物に適用できる。ただし、同定はできない。

【詳細な分析法】

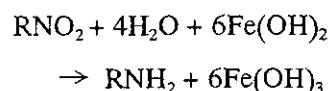
一部の有機過酸化物（過酸化ジベンゾイル、クメンヒドロペルオキシドな

ど）は高速液体クロマトグラフィー (HPLC) による分離分析ができる。

21. ニトロ化合物

【簡易分析法】

水酸化鉄との反応により赤褐色の水酸化鉄の沈殿が生成する。検出に要する時間は 1 分程度である。



ニトロ化合物の検出反応であるため、同定はできない。

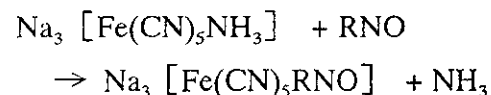
【詳細な分析法】

GC、HPLC による分離分析が適用可能である。

22. ニトロソ化合物

【簡易分析法】

ペンタシアノアンミン鉄酸ナトリウムとの反応により、濃緑色または紫色に呈色する。検出に要する時間は、試薬混合後数分である。



ニトロソ化合物の検出反応であるため、同定はできない。

【詳細な分析法】

GC、HPLC による分離分析が適用可能である。

23. アゾ化合物

【簡易分析法】

芳香族アゾ化合物は、還元後、*p*- (ジ

メチルアミノ) ベンズアルデヒドと反応させ、アゾ色素として呈色反応を見ることができる。還元反応は5分程度なので比較的迅速な分析法であるが、同定はできない。また、脂肪族アゾ化合物には適用できない。

【詳細な分析法】

GC、HPLCによる分離分析が適用可能である。

24. 過塩素酸

過塩素酸類の分析法を適用する。

25. ジシラン

【簡易分析法】

適当な簡易分析法が見当たらない。

検知テープ式で測定できるが、同定できない。

【詳細な分析法】

ポータブルGCあるいはポータブルGC/MSによる分析が可能である。

26. モノゲルマン

【簡易分析法】

適当な簡易分析法が見当たらない。

検知テープ式で測定できるが、同定できない。

【詳細な分析法】

ポータブルGCあるいはポータブルGC/MSによる分析が可能である。

27. 石炭ガス

石炭ガスは、水素ガスとメタンを主

成分とする混合ガスで可燃性ガスである。

【簡易分析法】

含まれる全成分を同時に検出できる簡易分析法は見当たらない。

【詳細な分析法】

ポータブルGCによる分析が最適と思われる。可搬型なので現場での分析も可能である。

28. 油ガス

油ガスは、メタン等を主成分とする混合ガスで可燃性ガスである。

【簡易分析法】

含まれる全成分を同時に検出できる簡易分析法は見当たらない。

【詳細な分析法】

ポータブルGCによる分析が最適と思われる。可搬型なので現場での分析も可能である。

29. エタン

【簡易分析法】

可燃ガスとして携帯型検知器で検出できるが、同定はできない。

【詳細な分析法】

ポータブルGCによる分析が最適と思われる。可搬型なので現場での分析も可能である。

30. 水性ガス

水性ガスは、水素ガス、メタン、一酸化炭素、二酸化炭素、窒素ガスの混

合物で、主成分は水素、一酸化炭素であり、可燃性ガスである。

【簡易分析法】

含まれる全成分を同時に検出できる簡易分析法は見当たらない。

【詳細な分析法】

ポータブル GC による分析が最適と思われる。可搬型なので現場での分析も可能である。

31. メタン

【簡易分析法】

可燃ガスとして携帯型検知器で検出できるが、同定はできない。

【詳細な分析法】

ポータブル GC による分析が最適と思われる。現場での分析も可能である。

27～31 の可燃性ガス類のポータブル GC による分析例を Fig.1 に示す。

32. 五フッ化ヒ素

33. 五フッ化リン

34. 三フッ化窒素

35. 三フッ化ホウ素

36. 三フッ化リン

37. 四フッ化硫黄

38. 四フッ化ケイ素

32～38 は有毒性ガスでは、空気中の水分と反応して HF を生成する場合、検知管や検知テープ式でも分析が可能である。加水分解しにくい場合には、熱分解器を前処理に用いた検知テープ式で分析が可能である。

有毒性であることから、現場で同定ができることが望ましいため、ポータブル GC の利用が有効と思われる。できれば、正確な同定のために、ポータブル GC/MS が最適である。ポータブル GC/MS 装置としては、

ニューリーインスツルメンツ株式会社 スペクトラトラック 572 等が市販されている。

検知管や簡易検査キットや検知テープ式による分析（検出）ができない化学物質については、機器分析を利用することになる。機器分析の中でも比較的簡便な手法は、紫外可視分光光度法である。紫外可視分光光度計は、

- 電源のみで使用可能
- 装置の立ち上げ時間が短い
- 装置の操作が容易
- 多様な化学物質に適用可能
- 比較的安価

などの特長を有し、現場での使用も可能である。しかし、一方で

- 多様な化学物質に適用するためには、それぞれの化学物質に特有な呈色反応を利用する必要がある

ある。

- 多くの場合、官能基に特有の呈色反応を利用するため、化学物質の正確な同定に支障をきたす場合がある。
- 溶液試料にしか適用できない。

などの短所も有する。

混合物や夾雑物のために正確な分析が期待できない場合には、何らかの分離法を併用する必要がある。今日では、ガスクロマトグラフィー(GC)や高速液体クロマトグラフィー(HPLC)、キャピラリー電気泳動(CE)などの分離法が利用可能なので、気体、液体などさまざまな形態の試料を分離分析することが可能となった。特に、常温常圧下で気体の化学物質については、検知管や検知テープ式による分析ができない場合、GCが極めて有効である。可搬形のGCやGC/MSも製品化されており、現場での分析に有効と思われる。

分離された成分がどの化学物質であるかを同定するには、その化学物質に固有な化学的、物理的性質を利用しなければならない。現在、機器分析として広範囲な化学物質の同定に有効なのはMSである。MSには、

- 同定能力が高い。
- GC、HPLCのようなクロマトグラフィーと結合しやすい。
- GC/MSではスペクトルライブラリの利用できる。

といった特長があるが、

- 必要とされるユーティリティが多い—高純度ガスなど。
- 高真空を必要とするため、装置の立ち上げ時間が比較的長い。
- LC/MSでは、GC/MSのようなスペクトルライブラリの利用ができない。
- 高価である。
- 一般に装置が大きい。

などの短所もある。したがって、現場分析用としては適当ではないが、詳細な分析結果を必要とする際には有用である。GC/MSは既に広く利用されているが、今後、LC/MSの利用も拡大していくものと思われる。ここで問題となるのは、MSスペクトルライブラリである。LC/MSで現在広く使われているAPIインターフェースでは、メーカーによりMSスペクトルのパターンが変化するため、GC/MSのような機種に依存しないライブラリを構築できない。今後、この問題の解決を図ることが急務と考えられる。

次に、テープ光電光度法を用いる有毒性ガス定量テープが開発され、トリクロロエチレン、トルエン、キシレン、アンモニア、二酸化窒素、二酸化硫黄、塩化水素、塩素、フッ素、硫化水素、アルシン、ホスフィンなどのガスを多孔性のテープに通気して、試薬と試料ガスを反応させ、その際に生ずるテープ上の着色度合いを光電光度法により測定する方法がある。装置が小型で、容易な操作で分析対象物質の捕集・濃縮ができる。

中野信夫、長島珍男、解説 テープ光電光度法を用いる有毒ガス定量テープの開発、ぶんせき、2001年第1号、7-14.

理研計器(株)のマルチガスファイナダー(試験紙光電光度法:携帯型本体5万円)は、ホルムアルデヒド(最小表示値0.01ppm)、アンモニア(同1ppm)、硫化水素(同0.5ppm)、塩化水素(同0.1ppm)、フッ化水素(同0.1ppm)、酢酸(同0.5ppm)の各ガスと反応する検知TAB(10個入、1500円)をセットする事により、1分以内にガス濃度がデジタル表示される。その他の有毒ガスにも対応できるように現在、検知TABを開発している。

理研計器(株)の熱分解器を前処理に用いた検知テープ式検知器(FP-250AGZ:定置式)は、トリクロロエチレンやクロロメチル等のハロゲン化合物やトルエン、キシレン等の有機溶剤を熱分解して生成する物質をテープで検出する装置である。他の化合物も同じように反応するので同定できないが、感度が高い、応答時間が短い、メンテナンスが容易などの特長がある。

D. 考察

自衛隊や消防庁などでは特殊車両に分析機器を搭載し、発生現場で原因物質を特定できるであろうが、測定可能な対象物質は限定されている。この報告書の特徴は、一般に販売されている簡易キットや試薬、汎用型の分析機器を用いて、化

学災害の可能性のある100種類の化学物質(化学物質群)を分析することを試みた。これらの方法が決して、迅速で正確な方法とは言えないが、原因物質を特定(検証)する為には複数の方法を用いることが望ましく、簡易法で陽性となった場合でも必ず、他の方法による確認試験が必要である。そのためにも、検査者が分析法を選択できるように、これまで報告されている文献から必要と思われる方法を紹介し、報告が見あたらない物については、可能性についてコメントをした。自施設で分析できるものとできないものを選び分け、分析法や機器などを有事に備えて準備することが望まれる。

E. 結論

化学災害において発生しうる可能性のある原因物質100種類について分析法を検討した。昨年度と今年度で100種の化学物質について調べたが、全く未知の化学物質を検査し、特定することは容易なことではない。あくまでも利用可能と考えられる方法論を示したものであり、これらの方法が実際に使用できるか検証することが必要である。

F. 研究発表

1. 論文発表 なし
2. 学会発表 なし

G. 知的所有権の取得状況

なし

(資料1)

過去に化学工場内での爆発や漏洩事故、公道での車両事故に原因となった、
あるいは原因となりうる化学物質および化学物質群

シアン化水素、シアン化ナトリウム、水銀、セレン、ヒ素、フッ化水素、モノフル
オール酢酸、アンモニア、塩化水素、クロルスルホン酸、クロルピクリン、クロルメ
チル、クロロホルム、けいフッ化水素酸、四塩化炭素、臭素、発煙硫酸、ブロム水素、
ブロムメチル、ホルムアルデヒド、モノクロル酢酸、ヨウ素、硫酸、リン化亜鉛、塩
素酸塩類、過塩素酸塩類、無機過酸化物、亜塩素酸塩類、臭素酸塩類、硝酸塩類、ヨ
ウ素酸塩類、過マンガン酸塩類、重クロム酸塩類、硫化リン、赤リン、イオウ、鉄粉、
金属粉、マグネシウム、カリウム、ナトリウム、アルキルアルミニウム、アルキルリ
チウム、黄リン、アルカリ金属、アルカリ土類金属、有機金属化合物、金属の水素化
物、金属のリン化物、カルシウムまたはアルミニウムの炭化物、有機過酸化物、硝酸
エステル、ニトロ化合物、ニトロソ化合物、アゾ化合物、ヒドラジンの誘導体、過塩
素酸、過酸化水素、硝酸、アルシン、ジシラン、ジボラン、セレン化水素、ホスフィ
ン、モノゲルマン、モノシラン、アンモニア、一酸化炭素、酸化エチレン、クロムメ
チル、シアン化水素、石炭ガス、トリメチルアミン、モノメチルアミン、硫化水素、
アセチレン、油ガス、エタン、エチレン、塩化ビニル、水性ガス、水素、ブタジエン、
ブタン、ブチレン、プロパン、プロピレン、メタン、メチルエーテル、亜硫酸ガス、
塩素、五フッ化ヒ素、五フッ化リン、三フッ化窒素、三フッ化ホウ素、三フッ化リン、
四フッ化硫黄、四フッ化ケイ素、ブロムメチル、ホスゲン

(以上 100 種類：下線の化学物質や化学物質群について今回検討した)

ガス検知管

測定対象	メーカー	型式・検知管名
リン化合物 H_3P	光明理化学 (北川式)	121SA 121SB
		121SC 121SD
	ガステック	7J 7
		7L 7LA
硫化水素 H_2S	光明理化学 (北川式)	120UH 120SH
		120SM 120SC
		120B 120SB
		120SD 120SE
		120U
	ガステック	4HT 4H
		4HH 4M
		4HM 4LL
		4L 4LT
		4LK 45S
		4HP
$H_2S + SO_2$	ガステック	45H
SO_2	ガステック	5H 5La
		5M 5Lb
		5L

Table-1-1 簡易分析法および詳細な分析法の一覧

分類	項目	簡易分析法／参照文献など	詳細な分析法／参照文献など
別表第二	クロロメチル ／マスタード	TLC 法 S. Sass, M. H. Stutz, <i>J.Chromatogr.</i> , 213 , 173 (1981).	誘導体化－GC 分析法 H. Thulin, <i>Am. Ind. Hyg. Assoc. J.</i> , 54 , 76 (1993).
	モノクロル酢酸	呈色反応 (クロマトローブ酸) 分光光度計で定量も可能	誘導体化－GC-MS 法 H. Frank, D. renschen, A. Klein, H. Scholl, <i>HRC</i> , 18 , 83 (1995). IC 法 C. Sarzanini, M. C. Bruzzoniti, E. Mentasti, <i>J.Chromatogr. A.</i> , 850 , 197 (1999). HPCE 法 D. Martinez, F. Borrull, M. Calull, <i>J Chromatogr. A.</i> , 835 , 187 (1999). LC-MS 法 S. Hashimoto, A. Otsuki, <i>HRC</i> , 21 , 55 (1998). 中村文雄、西田継、入村達郎、安藤正 典、渡辺義公、土屋悦輝、松沢昭夫、 小笹泰、相沢貴子、『陸水系の水環境の 保全に関する総合研究 平成 9 年度』 p7.1～7.34 (1998).

Table-1-2 簡易分析法および詳細な分析法の一覧

分類	項目	簡易分析法／参照文献など	詳細な分析法／参照文献など
別表第二	リン化亜鉛		<p>硫酸で分解し、発生した H_3P を $KMnO_4$ と反応させ MnO_2 を生成させる。生成した MnO_2 を過剰量（既知）のシユウ酸／硫酸で $MnSO_4$ として、過剰分のシユウ酸を $KMnO_4$ で滴定し、定量する。</p> <p>日本分析化学会編 改訂三版 分析化学 便覧（丸善） p.1292, (1981).</p> <p>硫酸で分解し発生した H_3P を検知管で検出することで、簡易分析法として可能か？</p>
第一類	過塩素酸類	<p>呈色反応（$ZnSO_4$ / メチレンブルー）</p> <p>日本分析化学会編 改訂三版 分析化学 便覧（丸善） p.18, (1981).</p> <p>*他の強酸化剤（MnO_4^{2-} や $Cr_2O_7^{2-}$ など）が妨害する。</p>	<p>IC 法</p> <p>HPCE 法</p>
	無機過酸化物		

Table-1-3 簡易分析法および詳細な分析法の一覧

分類	項目	簡易分析法／参照文献など	詳細な分析法／参照文献など
第一類	ヨウ素酸塩類	呈色反応 (ヨウ素デンプン反応)	IC 法 HPCE 法
	過マンガン酸塩類	低濃度であれば還元剤による退色	原子吸光法 ICP 発光法
	重クロム酸塩類	試験紙 簡易検査キット	原子吸光法 ICP 発光法
第二類	硫化リン		
	赤リン		
	イオウ		吸光光度法 日本分析化学会編 改訂三版 分析化学 便覧 (丸善) p.179, (1981).
第三類	アルキルアルミニウム		
	アルキルリチウム	呈色反応	
	アルカリ金属	イオン電極法、吸光光度法	IC 法、HPCE 法 原子吸光光度法、ICP 発光光度法
	アルカリ土類金属	イオン電極法、吸光光度法	IC 法、HPCE 法 原子吸光光度法、ICP 発光光度法

Table-1-4 簡易分析法および詳細な分析法の一覧

分類	項目	簡易分析法／参照文献など	詳細な分析法／参照文献など
第三類	有機金属化合物		
	金属の水素化合物		
	金属のリン化合物		
第五類	アルミニウムまたはカルシウムの炭化物	H ₂ S 検知管と PH ₃ 検知管を直列に連結し発生ガスを通じて検知管の変色を見る。定量も可能。	
	有機過酸化物	呈色反応 (ヨウ素-デンプン反応他) 日本分析化学会編 改訂三版 分析化学 便覧 (丸善) p.358, (1981)	ヨウ素滴定法 *過酸化物ごとに条件が異なる。 日本分析化学会編 改訂三版 分析化学 便覧 (丸善) p.446~448, (1981)
	ニトロ化合物	沈殿生成 (水酸化鉄(III)による反応) 日本分析化学会編 改訂三版 分析化学 便覧 (丸善) p.338, (1981)	GC 法、HPLC 法
	ニトロソ化合物	呈色反応 (ペンタシアノアンミン鉄(II)酸ナトリウムによる反応) 日本分析化学会編 改訂三版 分析化学 便覧 (丸善) p.339, (1981)	GC 法、HPLC 法
	アゾ化合物	呈色反応：芳香族アゾ化合物のみ 日本分析化学会編 改訂三版 分析化学 便覧 (丸善) p.250, (1981)	GC 法、HPLC 法

Table-1-5 簡易分析法および詳細な分析法の一覧

分類	項目	簡易分析法／参照文献など	詳細な分析法／参照文献など
第六類	過塩素酸	過塩素酸塩の分析法を適用する	過塩素酸塩の分析法を適用する
特殊高圧 ガス	ジシラン	検知テーパー式	ポータブルGC
	モノゲルマン	検知テーパー式	ポータブルGC
可燃性 ガス	石炭ガス - 水素ガスとメタン を主成分とする混合 ガス	可燃性ガスとして携帯型検出器を適用でき る	ポータブルGC
	油ガス - メタン等を主成分 とする混合ガス	可燃性ガスとして携帯型検出器を適用でき る	ポータブルGC
	エタン	可燃性ガスとして携帯型検出器を適用でき る	ポータブルGC
	水性ガス- 水素ガス、メタン、 一酸化炭素、二酸化 炭素、窒素ガスの混 合物で主成分は水 素、一酸化炭素	可燃性ガスとして携帯型検出器を適用でき る	ポータブルGC
	メタン	可燃性ガスとして携帯型検出器を適用でき る	ポータブルGC