

30分で凍結する。搬送中は解凍しないような処置が必要である。

4、試料の搬送手段

化学災害が発生した後に災害起因物質の特定やその他の検査目的のために試料を検査機関へ搬送する。迅速な検査を望む場合、分析機関への搬送時間は分析機関の選定において重要な意味を持つ。そこで、搬送手段と時間についていくつか下のようにまとめた。

長距離間の搬送

たとえば、北海道の札幌周辺で発生した事例の試料を最も遠方と考えられる沖縄県まで宅急便で搬送する場合には以下の搬送時間を要する。

配送の依頼	新千歳空港 －那覇空港	配 達
① 当日の夕方 まで	翌日朝1番 のフライト	翌日の午後
② 当日午前中	当日の最終 フライト	翌日の午前 中

- 1、上記①、②では料金が異なるものの基本的には共に翌日に届く。
- 2、①、②の搬送方法は、新千歳空港からのフライトを考慮すると、当日の午前中には配送依頼するのが無難であろう。
- 3、上記搬送方法は日曜・祭日の配達の一部不可能もしくは運休となるため、1日単位で配達が遅れる可能性がある。

上記②の搬送方法は、至急であっても約1日を要する。

そこで、同区間の最速の搬送方法として

は、航空便の手荷物としての搬送が最速と考えられる。そこで、最終のタイムスケジュールを下に示す。

新千歳空港発 －羽田空港着	17:30－19:30
羽田空港発－那覇空港着	20:00－22:45

上記搬送では約5時間で新千歳空港－那覇空港間を搬送できるが、前後の輸送時間を含めるとこれ以上に時間を要する。

上記の航空便による搬送を例にすると、羽田空港を最寄り空港とする検査機関で分析が可能になれば更に時間短縮に繋がる。

C. 研究結果

交通の利便性から検査機関を考える

全国で発生した化学災害の起因物質の検査を迅速に行うために、最も交通の便が良い地域に全国の拠点となる検査機関を設けるか、全国をある一定の地域毎に分け幾つかの拠点となる検査機関を設ける必要がある。

そこで、これまでに発生した各種化学災害の中で、実際に検査が必要あるいは行った事例について詳細に事例の検討を行い、地域毎に中心となる検査機関の選定を行うのも現実的である。その際、1つの検査機関が災害地に含まれ機能不全に陥ったような場合、他の機関への搬送するため車による試料搬送が可能な範囲が望ましいであろう。これらの条件を鑑みると、東京あるいは大阪近辺に中心となる検査機関を設ける他、地理的条件から北海道、九州、沖縄にも中心的な検査機関を設けることが理想的

と考えられる。

その他の化学災害の発生を想定して、起因化合物の分析が可能なより多くの検査機関の選定を行う。その際、各検査機関における分析可能化合物のリスト、検査試料の搬送方法を事前に調べ日本中毒センターなどが対応に備えるのが望ましいだろう。また、災害現場には最寄りの消防や警察が出動するため、日本中毒センター、その他関係機関との連絡方法を確認する必要がある。

将来的には、各検査機関は他の検査機関が災害発生によって検査不全状態に陥った時に備え、日々検査項目の充実を図ることが必要である。

D. 考察

化学災害の発生形態からみると、発生時の状況から災害起因物質が推定可能な場合があるため、全ての災害において迅速に起因物質の分析を行う必要はないと考えられる。しかし、テロや飲食物への混入によって発生した災害に対しては迅速な分析が奏功すると考えられる。

化学災害で発生した有害物質あるいはテロに使われた化合物を分析機関へ搬送する手段は基本的に車が望ましいと思われる。仮に遠方の分析機関へ一般の荷物と同じように航空便で搬送した場合、搬送中の二次災害の発生を完全に否定できない。しかし、飲食物に起因物質が含まれるような場合には航空便による搬送も可能であろう。従って、航空便を用いた搬送は限定された試料が対象となる他、搬送に関する時間的な制約が存在するため結果が得られるまでの時間との見極めが必要になるであろう。

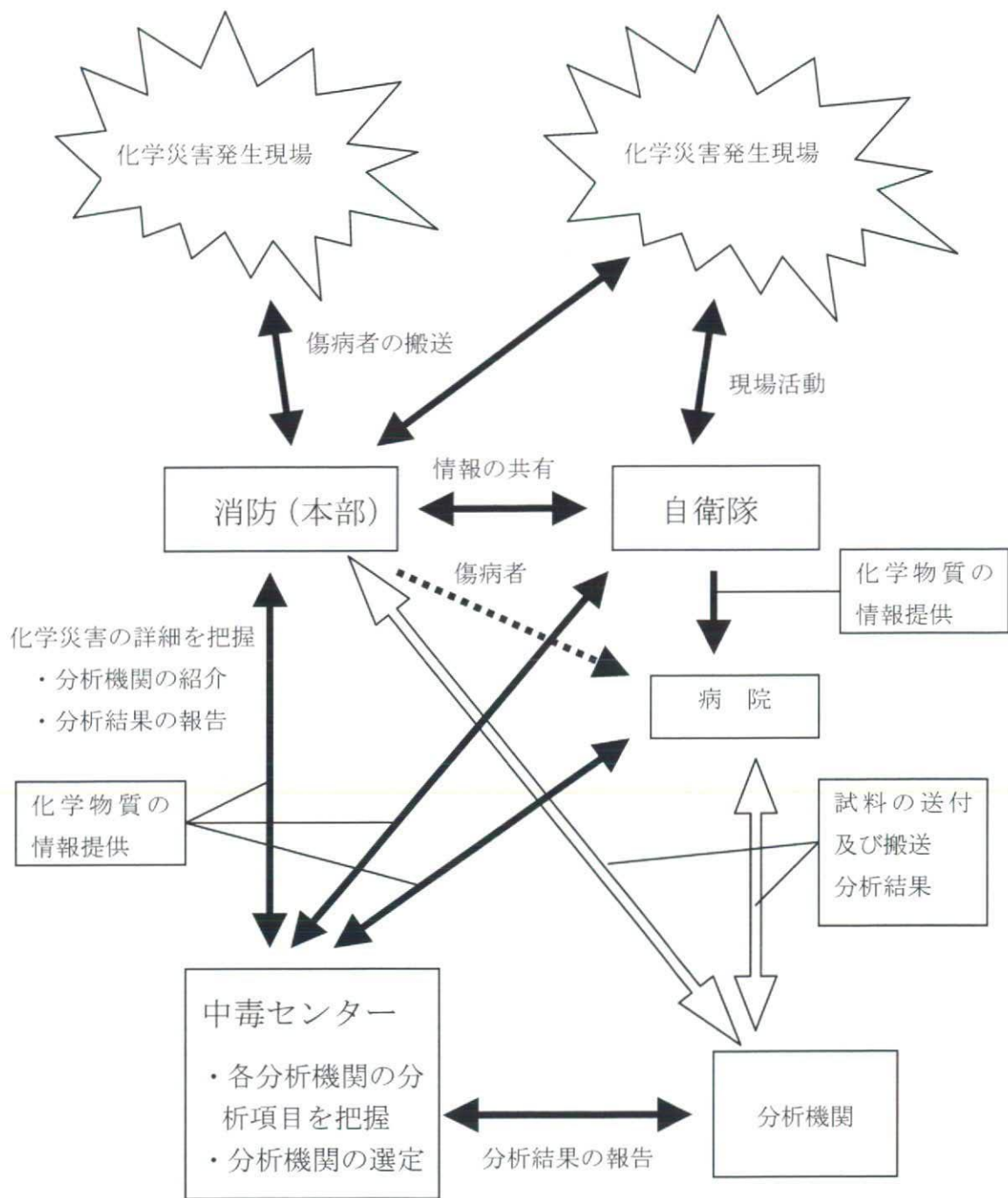
基本的には緊急時、検査機関への試料搬

送は車が望ましくそれが可能な範囲で検査機関を選定するのが望ましいであろう。そのためにも、全国の一定地域毎に中心となる検査機関を設けることが必要と考えられる。

今回、日本中毒センターが分析機関との対応を行うことを推奨したが、それ以外の機関が行うことになっても、日頃から緊急時に備えた机上のシミュレーションなどを行うことによって緊急時に備えることが可能となるであろう。

E. 結論

化学災害が発生した際、全ての災害に対して起因物質の分析は必要ではないが、テロあるいは食品への混入による災害時には迅速な分析が必要である。全国の各分析機関における分析可能な項目を調べ、その中から災害時に分析を行う中心的な機関を事前に定める必要があり、各分析機関への問い合わせ試料搬送等の指示は日本中毒センターが行うのが最も効率的であると考えられる。



別添 4

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業） 分担研究報告書

健康危機発生時の迅速なる検査体制および原因究明に向けた連携体制構築に関する研究 －薬毒物の検査体制と連携体制の構築－

分担研究者 西田まなみ 広島大学技術センター

研究要旨：

国および地方自治体で災害対策マニュアルが作成され、その連携体制も明記されている。しかし、警察などの捜査機関と消防や病院などの医療機関との情報共有や連携体制は希薄な状態である。本研究は、昨年度までの調査結果を踏まえ、広島市消防局の協力の下で災害発生時の諸機関の検査体制（役割分担）、連携体制を構築する。さらに、独立行政法人（大学など）や科学警察研究所、科学捜査研究所、消防研究センター、海上保安試験研究センターなどの検査体制を把握し、化学災害発生時の地域での連携体制について検討する。

研究協力者

屋敷幹雄：広島大学学術室

A. 研究目的

東京地下鉄サリン事件や和歌山毒物混入事件を契機に、化学物質の関与した中毒や事件が急増している。健康危機管理を含む幅広い分野の危機管理担当者の連携が強化され、一つの事象に対して多角的視野で問題解決できることが期待される。これまでも種々の連携体制が構築されているが、省庁などの組織を越えた情報交換には制限がある。危機管理勉強会による顔の見える繋がりの構築により、これまでになかった繋がりと安心感が形成され、事務的な情報以外の助言を得ることも可能となり、産官

学一体となり直面した危機管理課題の解決に役立つと考える。そのためには、情報を集約し、災害時に採るべく方策を想定して、日頃から訓練しておく必要がある。本研究は、広島市において化学物質が関与した災害発生時に、科学的根拠に基づいた治療が施されるように、各機関の担当者が連携することを目的とする。

B. 研究方法

広島市での化学物質の関与した災害発生時の連携体制を検証するとともに、災害発生時に関与する機関の担当者にヒアリング

して連携体制構築に向けた方策について検討した。

C. 研究結果

地域における連携体制の強化を主眼に、広島における消防、救命救急センター、保健所や衛生研究所を対象に、化学災害発生時の検査や連携体制について聞き取り調査を行い、現場での情報の共有化が重要であるとの指摘を受けた。災害マニュアルなどで、上層部での情報共有化は盛り込まれているが、如何にして現場に情報を流すかが今後の課題と考えられた。

広島市地域防災計画「危険物等災害対策」の中で、消防、警察、医療機関、海上保安部、大学などが“関係機関との情報連絡系統”として挙げられている。しかし、実際の災害発生時には、連携されていない。消防は人命救助が優先される一方、警察は現場保全や証拠採取などの理由のため、相反する行動をとらざるを得ない。

D. 考察

地域防災計画のように連携体制の構築を書面で作成するだけでなく、日常からの検証や継続した連携体制の維持が必要であると考ええる。

行政的には、一端構築したマニュアルの問題点を指摘することが嫌われるが、問題点を放置することなく、より良いマニュアルへのステップアップは必要である。今後の課題としては、警察任せではなく、患者の治療に貢献できるような医療機関独自の情報収集体制や危機管理体制の構築の必要があると考ええる。

E. 結論

化学物質が関与した災害発生時に、科学的根拠に基づいた治療が施されるように、関係機関の危機管理者や各検査機関の分析担当者の連携を構築し、正確な情報を共有することで迅速な災害対策が高じることが期待される。しかし、これらのマニュアル記載の連携体制には組織の壁が立ち上がり、情報交換には制限がある。日頃からの顔の見える繋がり構築により、これまでになかった繋がりや安心感が形成され、事務的な情報以外の助言を得ることも可能となり、直面した危機管理課題の解決に役立つと考える。

また、本研究結果を広島市や広島県に留めることなく、周辺地域や県単位の連携体制構築へと拡充することが期待される。

F. 健康危険情報

特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案

なし

3. その他

なし

第7章 危険物等災害対策

第1節 危険物等災害の特徴《消防局防災課》

市域内においては、消防法で規定する『危険物』、毒物劇物取締法で規定する『毒物劇物』、火薬類取締法で規定する『火薬類』及びガス事業法・高圧ガス保安法・液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律で規定する『ガス類』等（以下「危険物等」という。）の製造、貯蔵、販売、取扱等を行う施設が多く存在し、それらの運搬が日常的かつ頻繁に行われている。

これら危険物等には、関係法令による規制・指導等があり、災害発生の未然防止に努めていることから、これまでに市域内においては大規模な危険物等災害は発生していない。しかし、国内においては、危険物等を多量に保有する工場の爆発や火災、危険物等の運搬中における爆発等による建物被害や有毒物質漏洩による死傷者の発生など、避難勧告の発令を伴うような大規模な災害が発生している。

危険物等には、固体、液体、気体といった形状の違い、人体に対する毒性の強弱があり、また、化学反応によって他の物質に変化し、有毒ガス、爆発等を発生させるものも多い。さらに、河川等に流入して被害を拡大させる危険性も高い。

このため、危険物等による災害が発生した場合、次の諸点に留意して対応する必要がある。

- ① 爆発による爆風によって、広い範囲（半径数百メートル以上）において窓ガラスの破損等の建物被害や死傷者が発生する。
- ② 有毒ガス発生又は発生の危険性から、広い範囲（半径数キロ以上）にわたって住民等を迅速・円滑・安全に避難させる必要がある。
- ③ 消防隊等は防毒衣・マスク等を着用しての活動が余儀なくされ、かつ、消防隊の注水によって化学反応を起こす危険物もあるなど、防ぎよ活動は非常に困難である。
- ④ 夜間等暗い場所や消火のための注水時には、危険物等の漏洩・流出に十分に留意し、地下施設や側溝等への流入による二次災害を防止する必要がある。
- ⑤ 関係者等から情報をできるだけ早く収集して原因物質を特定し、人体への危険性、火災や爆発の危険性等を把握する必要がある。
- ⑥ 中毒の原因物質によっては、対応できる医療機関が限定されるため、広域的な搬送体制を早期に整える必要がある場合がある。

第2節 市域における危険物等施設の現況

1 危険物施設の現況《消防局警防課・指導課》

危険物施設数は最近減少しており、平成20年3月末現在で2,093施設「(資料編)1-4-5 危険物施設の推移と分布状況」となっている。

このうち、特に注意すべき危険物施設（指定数量1,000倍以上を貯蔵）は3事業所である（別添資料参照）。

なお、アルキルアルミニウム又はアルキルリチウム等（空気や水に接触すると発火する自然発火・禁水性物質）を運搬する場合は、あらかじめ消防機関に対して、経路その他の情報を提供することになっており、市内では年間50～70件程度である。

2 毒物劇物施設の現況《県薬務課、健康福祉局環境衛生課》

毒物劇物施設は、平成 17 年度末現在で 867 施設となっている。

区 分		施 設 数
毒物劇物営業者	製 造 業	12
	輸 入 業	3
	販 売 業	833
業 務 上 取 扱 者 (届 出 業 者)	電 気 メ ッ キ 業	10
	金 属 熱 処 理 業 者	1
	運 送 業	3
	し ろ あ り 防 除 業 者	5
計		867

このうち、特に注意すべき施設(広島県地域防災計画)は 14 施設である(別添資料参照)。なお、毒物劇物については、運搬に際しての情報提供等の制度はない。

3 火薬類施設の現況《消防局指導課》

火薬類施設は、平成 19 年度末現在で 52 件となっている。

区 分	施設件数
火薬庫	10
火薬庫外貯蔵所	16
火薬類販売営業所	22
火薬類消費場所(砕石)	4
計	52

このうち、特に注意すべき施設はない。

なお、指定数量以上の火薬類を運搬しようとするときは、県公安委員会に対して届出が必要であり、運搬計画表にしたがって行われている。

4 ガス類施設の現況《県消防保安課、消防局指導課》

ガス類施設については次のとおりである。

なお、ガス類については、運搬に際しての情報提供等の制度はない。

- (1) ガス事業法で規定している施設(一般ガス事業、簡易ガス事業)は、「第 9 章 ライフライン災害対策 第 2 節」中のガス施設で 72 件となっている。

このうち、特に注意すべき施設(広島県地域防災計画)は 3 件である(別添資料参照)。

- (2) 高圧ガス保安法で規定している施設は、平成 19 年度末現在で 1,979 件(事業所)となっている。

区 分	事業所数
製 造 所	1,047
貯 蔵 所	82
販 売 所	799
特 定 消 費 事 業 所	36
容 器 検 査 所	15
計	1,979

このうち、特に注意すべき施設(広島県地域防災計画)は 5 件である(別添資料参照)。

- (3) 液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律で規定している施設は、平成 19 年度末現在で 121 件（事業所）となっている。

区 分	事業所数
販 売 所	115
液化石油ガス特定供給設備	6
計	121

このうち、特に注意すべき施設はない。

第 3 節 対象とする危険物等災害 《消防局防災課》

本章で対象とする危険物等災害は、市域において多数の死傷者又は避難者が発生し、災害応急対策や避難生活が大規模化・長期化するなど社会的影響が大きいと判断される次のような危険物等災害とする。

- 1 危険物等の製造・貯蔵・販売・取扱等を行う施設における危険物等の漏洩・爆発等
《災害対応上の特性》
 - ① 危険物関係
 - ・ そのもの自体は燃焼しないが、熱、衝撃、摩擦等によって分解することにより極めて激しい燃焼を起こさせる危険性を有する固体がある（第一類）。
 - ・ 空気にさらされることにより自然に発火する危険性を有するもの又は水と接触して発火し、若しくは可燃性ガスを発生する固体又は液体がある（第三類）。
 - ・ 加熱等による分解等の自己反応により、多量の発熱をし、又は爆発的に反応が進行する個体又は液体がある（第五類）。
 - ② 毒物劇物関係
 - ・ 非常に毒性の強い物質が存在し、少量の吸入等で死傷に至るため、瞬時に多数の死傷者が発生する。
 - ・ 有毒ガス等が発生し、大気中への拡散や地下への流入によって被害が拡大する。
 - ・ 漏洩による環境汚染（河川、地下水等の汚染）によって、被害が拡大する。
 - ③ 火薬類関係
 - ・ 爆発によって、瞬時に大規模な被害が発生する。
 - ④ ガス類関係
 - ・ 爆発によって、瞬時に大規模な被害が発生する。
 - ・ 地下施設などでのガス中毒、静電気による爆発の危険がある。
- 2 運搬中における危険物等の漏洩・爆発等
《災害対応上の特性（前記 1 以外）》
 - ・ どこでも発生する可能性があり、災害発生場所の周辺状況（危険物等施設、住宅街、イベント会場等人通りが多い場所など）によって、人的・物的被害がさらに拡大する。
- 3 その他の大規模な危険物等災害

第4節 災害予防計画

第1 危険物等の安全確保《県消防保安課・薬務課、消防局防災課・警防課・指導課》

1 危険物施設

(1) 保安確保の指導

本市は、危険物施設の位置・構造・設備の状況及び危険物の貯蔵・取扱の方法が、危険物関連法令に適合しているか否かについて立入検査を実施し、災害防止上必要な助言又は指導を行う。

(2) 危険物取扱者に対する保安教育

県は、危険物の取扱作業に従事する危険物取扱者に対し、取扱作業の保安に関する講習を実施し、危険物取扱者の資質の向上に努めるものとする。

(3) 危険物施設の管理者等は、消防法第14条の2の規定に基づく予防規程の内容を常に見直し、操業実態に合ったものとするよう努めるとともに、従業員等に対する保安教育等を実施し、事故防止に努めるものとする。

2 毒物劇物施設

(1) 毒物劇物多量取扱施設に対する指導の強化

ア 県は、毒物劇物取締法の規定により登録が義務付けられている施設の所有者等に対して、危害防止規定の整備を指導するものとする。

イ 県は、毒物劇物取扱施設の管理者に対して、取扱作業の保安に関する講習を実施し、管理者の資質の向上に努めるものとする。

(2) 毒物劇物多量取扱施設における自己点検の充実等

毒物劇物取扱施設の管理者は、関連設備の点検・保守、事故時における必要な措置、教育訓練等について、危害防止規定を整備するものとする。

3 火薬類施設

(1) 保安の確保

販売者、火薬庫の所有者及び消費者は、法令に定める基準を遵守し、保安の確保を図るものとする。本市は、立入検査を実施し、法令に違反が無いことを確認するものとする。

販売業者は、従業員に対する保安教育計画を定め、これを忠実に実施するものとする。

火薬庫の所有者等は、定期自主検査を行うものとする。本市は、保安検査を毎年実施し、火薬庫の維持管理の状況を確認するものとする。

(2) 保安講習

火薬類取扱保安責任者等は、保安教育の一環として保安教育講習を毎年（2年毎）受講するものとする。

(3) 講習会等

県は、(社)広島県火薬類保安協会と協力して火薬類危害予防大会を開催し、功労者を表彰して保安意識の高揚を図るものとする。

また、これら関係団体と協力して保安教育講習及び煙火の消費に関する講習を実施し、法令の周知や保安管理技術の高揚を図るものとする。

4 ガス類施設

(1) ガス事業施設（一般ガス事業、簡易ガス事業）

本編「第9章 ライフライン災害対策 第4節」に定める災害予防計画による。

(2) 高圧ガス施設（一般高圧ガス、液化石油ガス）

ア 保安の確保

事業者は、定期自主検査等を行うとともに、従業員の保安教育や防災訓練を実施するものとする。これらの業務は自ら作成する危害予防規程に記述され、計画的に実施される。

県及び本市は、立入検査を実施し、法令に違反がないことを確認するものとする。

県及び本市は、保安検査を毎年実施し、施設の維持管理の状況を確認するとともに、教育・訓練が計画どおりに実施されているか確認するものとする。

イ 保安講習

保安係員等は、保安教育の一環として災害防止に関する講習を5年ごとに受講するものとする。

ウ 講習会等

県は、地域防災協議会と協力して高圧ガスによる事故対応や保安大会の開催を行うものとする。保安大会では法令の改正の周知や表彰を行い保安意識の高揚を図るものとする。

第2 迅速かつ円滑な災害応急対策への備え《消防局防災課・警防課・救急課・指導課》

- 1 危険物等災害に係る応急活動の関係機関(第5節第4を参照)は、それぞれの機関及び機関相互間における情報収集・伝達の体制や手段を整備するとともに、平常時より連絡窓口等を明確にしておくものとする。(資料編「防災関係機関連絡窓口」参照)
- 2 危険物等災害に係る応急活動の関係機関は、それぞれが担当する人命救助・捜索、救急・医療救護活動等に有効な資機材等を整備するとともに、その操作に習熟しておくものとする。
- 3 危険物等災害に係る応急活動の関係機関は、毒性の強い物質の性状等や解毒剤等救急医薬品の調達情報、治療等について把握しておくものとし、これについては、「化学物質による中毒事件とその対策(平成10年10月:毒物中毒事件対策連絡会)」及び「薬をめぐるチーム医療マニュアル21(平成14年3月:広島県地域保健対策協議会)」のとおりである。なお、これ以外の対処情報等の入手先は、次のとおりである。

区 分	時 間 制 限 等	
	あ り	な し
(財)日本中毒情報センター	○大阪中毒110番(365日24時間体制) 072-727-2499 ○つくば中毒110番(365日9~21時対応) 029-852-9999 ●消防機関専用(緊急ホットライン) 072-430-2562	
広島中毒119番 (社)広島県薬事衛生会館	082-248-8268 0120-279-119 平日9:00~17:00	
広島大学医学部 法医学教室	082-257-5172	

- 4 消防局は、危険物等災害に対応した出動計画を策定するものとする。また、有毒ガス発生、爆発の危険性等を考慮した対応について、あらかじめ定めておくものとする。

第3 防災訓練の実施《消防局防災課・警防課、各消防署》

関係機関が一体性のある効果的な現場活動を展開するため、各種の危険物等災害を想定した実践的な訓練や情報連絡訓練を実施するなど、平素から関係機関相互の連携を図るものとする。

第5節 災害応急対策

第1 災害対策本部の体制《消防局防災課》

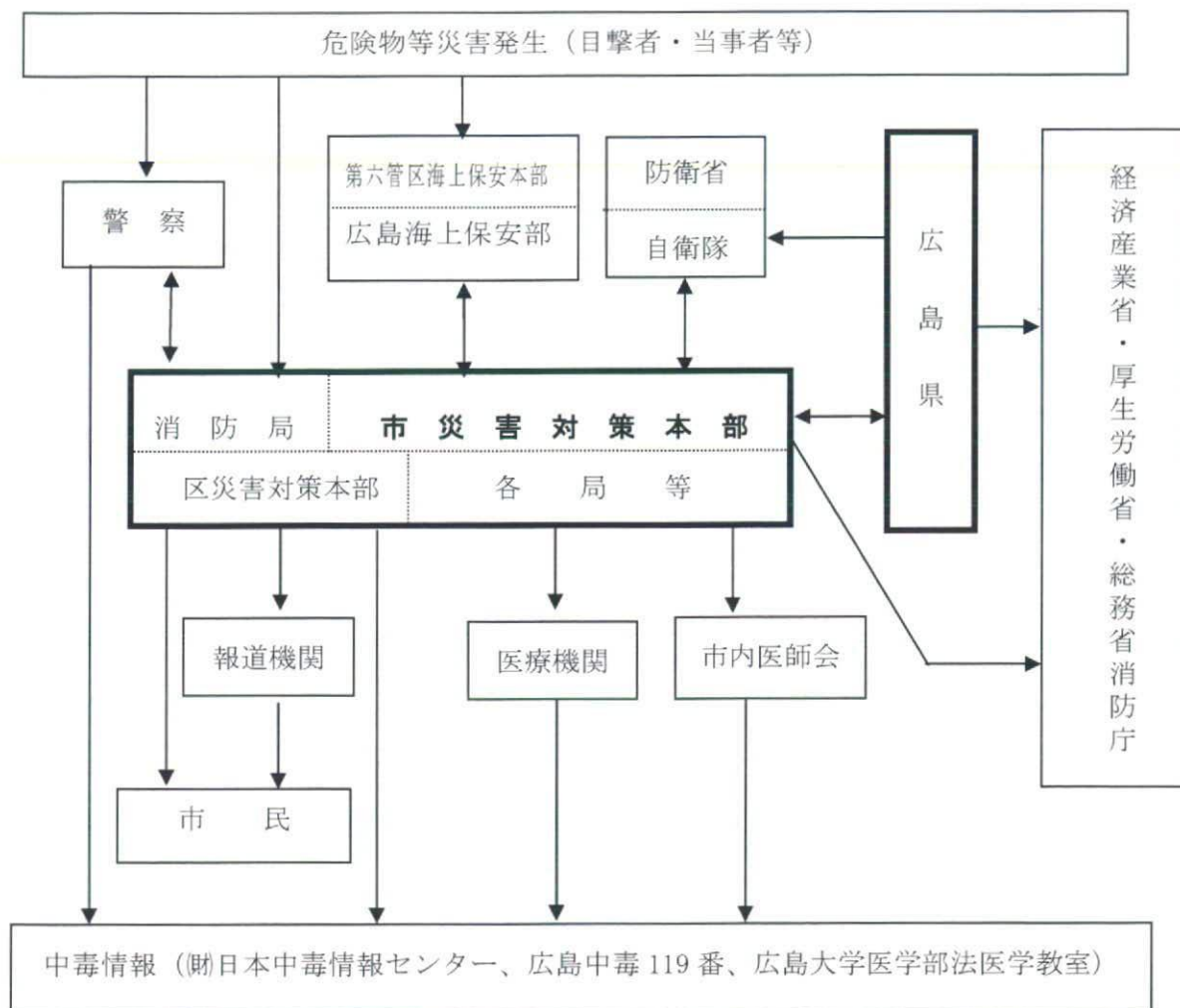
危険物等災害が発生した場合における本市の災害対応の体制は、災害対策本部（第一次体制）の設置を基本とし、市災害対策本部長又は本部員は必要に応じて関係部局の体制を強化する。

また、市災害対策本部長は、原則として、災害発生区に区災害対策本部（第一次体制）を設置する。区災害対策本部長は必要に応じて関係部課の体制を強化する。

第2 応援要請《消防局防災課》

- 1 自衛隊の応援を必要とするときは、災害対策基本法及び自衛隊法の規定に基づき、市長は県知事に対し派遣要請を依頼する。
- 2 他の地方公共団体や民間団体等の応援・協力が必要と認められるときは、市長は災害対策基本法などの関係法令及び相互応援協定等に基づき直接要請する。

第3 関係機関との情報連絡系統《消防局防災課》



第4 関係機関の災害応急活動《消防局防災課》

区 分	危険物等 事業者	広島海上 保安部	県	県警察	消 防	市 災 害 対策本部	区 災 害 対策本部
現地指揮所の設置		○		○	○	△	
情 報 収 集	○	○	○	○	○	○	○
警戒区域の設定	△	△		○	○	△	○
中和剤等の散布	○			○	○		
人命救助・捜索	○	○	△	○	○		○
応急消火活動	○						
消 火 活 動		○			○		
避 難 誘 導	○		△	○	○		○
救急・医療救護	○	○	△		○	○	
海上交通の安全確保		○					
環境汚染対策	○	○	△	○	○	○	○
群 衆 整 理				○			○
交 通 整 理				○			
被災者の支援						○	○
市 民 相 談				△		○	○

※ 表中の○印は本務として行う活動、△印は必要に応じて行う活動を示す。

※ 自衛隊等要請に基づき災害応急活動に当たる機関については、要請時に活動内容を調整する。

第5 情報の収集及び広報

《消防局防災課・警防課・予防課、各消防署、企画総務局広報課、各区区政振興課》

- 1 災害現場において活動を行う消防、警察等の各機関は、応急対策の実施に必要な情報を迅速に収集し、早期の原因物質の特定に努めるとともに、収集した情報は共有できるよう連携を図るものとする。

特に、危険物等災害は、有毒ガス発生、爆発の危険性があり、危険物等に関する情報が災害対応を左右することから、収集した情報は直ちに現場活動隊員へ周知し、現場の安全管理の徹底、二次災害防止等に万全を図るものとする。

- 2 市（区）災害対策本部は、警戒区域内からの退去や立入禁止、住民等の避難等について、関係機関及び報道機関と連携して迅速かつ適切な広報活動を行うものとする。

第6 迅速かつ効率的な人命救助・捜索、消火活動《消防局警防課、各消防署》

- 1 消防・警察等の各機関は、災害現場における人命救助・捜索、消火活動を迅速かつ効率的に実施するため、原則として合同の現地指揮所を設置し、共有する情報を基に現場活動方針等を協議・確認するなど連携体制を確保する。

- 2 消防、警察等の各機関は、一連の人命救助・捜索、消火活動を円滑に行い、かつ、人命に対する危険を防止するため、災害発生地を中心として風向き及び地形等を考慮して警戒区域を設定し、関係者以外の区域外への退去など出入制限及び火気使用の制限を行い、活動環境を整える。また、有毒ガス検知管等を活用して、警戒区域の中でも特に危険な区域（爆発、中毒など）を設定し、消防機関を含む全ての者の出入の制限を行い、区域内での活動を統制する。

- 3 消防、警察等の各機関は、有毒物質に汚染された者を除染する区域を設定し、清拭、脱衣、水等による除染措置を実施後、救護所に搬送する。

- 4 消防、警察等の各機関は、危険物等又は消火活動等で使用した汚染水の側溝等への流入を防止するとともに、汚染水を適切に処理し、二次災害の防止を図るものとする。
- 5 警察は、交通規制により緊急交通路を確保するなど、現場活動が円滑に行える体制を確保するものとする。

第7 活動上の安全管理《消防局警防課、各消防署》

- 1 現場活動を行う各機関の現場指揮者は、風向等の気象情報を把握し、有毒ガス発生、爆発の危険性に常に注意するとともに、特に危険な区域への進入については、防毒衣など身体防護措置を講じた者以外の出入を禁止するものとする。
- 2 消防、警察等は、物質が特定されていない場合で、特に危険な区域に進入する際には、原則として、陽圧式化学防護衣等の密閉型防護服により身体を防護した者に限るものとする。

第8 救護所の設置と医療救護班の派遣《健康福祉局保健医療課、各市立病院》

- 1 健康福祉局長は、多数の負傷者が一度に発生し、又は発生すると見込まれた場合は、必要に応じて現地指揮所に近接した場所に救護所を設置し、医療救護班を派遣して医療救護活動を行う。なお、救護所に派遣する医療救護班は、負傷者数等の状況に応じて追加派遣する。
- 2 市の医療救護班ではその活動が十分に行えない場合は、市内の医師会に応援要請する。

第9 トリアージの実施

《健康福祉局保健医療課、各市立病院、消防局警防課・救急課、各消防署》

- 1 多数の死傷者が発生すると見込まれた場合は、救護所において、医師及び救急隊員が連携してトリアージ（多数の死傷者が同時に発生した場合、緊急度や重傷度に応じて適切な処置や搬送を行うために、死傷者の治療等の優先順位を決定すること。）を実施し、その結果に基づいた救急搬送を行うものとする。
- 2 消防局は、広島県救急医療情報ネットワークシステムなどを利用したリアルタイムな医療情報の収集を図るとともに、健康福祉局及び医療機関と連携し、救急搬送体制を確保するものとする。

第10 一時収容場所又は避難場所等の開設

《企画総務局市民相談センター、各区区政振興課、消防局防災課、各消防署》

- 1 区長は、多数の被災者の一時収容又は災害発生地を中心として設定した警戒区域内の住民等の一時避難が必要であると認めた場合は、一時収容（避難）場所を開設するとともに、適切な避難誘導や被災者に対する給水・給食、毛布・日用品の貸与等の救援活動を行うものとする。
- 2 市（区）災害対策本部は、必要があると認めた場合は、市民等相談窓口を開設し、市民等から寄せられる安否確認や被災者支援の問い合わせ等に対応するものとする。

1 毒物劇物の特性等

区 分	消 火 活 動	性 状	人 体 へ の 影 響	
アンモニア (劇物) (消防法～届出)	水又は熱を加えること等により、人体に重大な障害をもたらすガスを発生する等、消火活動に重大な支障を生じる。 (消火剤) 水、粉末、泡、炭酸ガス	無色で刺激臭あり、空気との混合で爆発の危険がある。 ガスは空気より軽い。	吸 入	肺や気管支に炎症。高濃度だと喉頭痙攣起こす。
			皮 膚	直接液に触れると、腐食性薬傷や凍傷を起こす。
			目	結膜や角膜が炎症、失明の危険性がある。
メタノール 別名：メチルアルコール (劇物) (消防～第四類)	引火しやすく、蒸気は空気と混合して爆発性混合ガスを形成する。容器が火に包まれた場合は爆発のおそれがある。容器の周囲に散水して冷却する。 (消火剤) 多量の水、粉末、二酸化酸素、アルコール泡、	無色透明、特異な香気がある。水に任意の割合で混和する。蒸気は空気より重く引火性で空気と混合して爆発性混合ガスを形成する。	吸 入	濃厚な蒸気を吸収すると酔酩、頭痛、目のかすみ等、昏睡に至る。
			皮 膚	粘膜を刺激。皮膚からも吸収するため、吸入と同様の症状となる。
			目	粘膜を刺激する。
トルエン (劇物) (消防～第四類)	火気厳禁で静電気対策を考慮し、泡消火剤を用いて、空気を遮断することが有効である。 (消火剤) 粉末、二酸化酸素、乾燥砂、泡	無色透明、芳香がある。蒸気は空気より重く引火性である。	吸 入	はじめに短時間の興奮期を経て、深い昏睡状態に陥ることがある。
			皮 膚	皮膚を刺激。皮膚からも吸収し吸入と同様の症状
			目	粘膜を刺激し炎症する。
ホルムアリデヒド 別名：ホルマリン (劇物)	水が一番有効である。 (消火剤) 水、粉末、泡、炭酸ガス	無色透明の催涙性で刺激臭がある。	吸 入	のど、気管支、肺などを激しく刺激し炎症を起こす。
			皮 膚	皮膚炎を起こす。
			目	粘膜を激しく刺激し催涙する。濃い液だと失明の危険性がある。
六弗化ウラン (劇物)	水分との反応によりフッ化水素(毒物)を発生する。汚染水を適切に処理する。	白色の揮発性固体である。 熱に安定(約1,600℃まで分解しない。)している。	身 体	被ばく線量によるが、脱毛・不妊などの急性障害、白内障、ガン・白血病などの晩発性障害が発生する。
過酸化水素 (劇物)	容器及び周囲に散水して冷却する。	無色透明で弱い特有の臭いがある。 物質自体は不燃性である。分解が起こると激しく酸素を発生する。	吸 入	呼吸困難等の症状が時間をおいて現れる。
			皮 膚	腐食性薬傷を起こす。
			目	角膜が侵され、失明の危険性がある。

区 分	消 火 活 動	性 状	人体への影響	
水酸化カリウム (劇物)	特に腐食性が強いいため身体防護措置が必要である。 容器及び周囲に散水して冷却する。	無臭の強アルカリ性で腐食性が強く、不燃性である。	吸 入	のど、気管支、肺を刺激する。
			皮 膚	激しく腐食する。
			目	結膜や角膜を激しく刺激し、失明の危険性がある。
硫酸 (劇物) (消防法～届出)	可燃物・有機物と接触させない。 容器に水が入らないように、容器及び周囲に散水して冷却する。 水と急激に接触すると多量の熱を発生し、酸が飛散することがある。	無色無臭、油状で濃硫酸は水と接触すると激しく発熱する。	吸 入	
			皮 膚	激しい薬傷を起こす。
			目	粘膜を激しく刺激し、失明することがある。
クロム酸ストロンチウム (劇物) (消防～第一類)	容器及び周囲に散水して冷却する。	淡黄色粉末で、水に溶けにくく、酸、アルカリに可溶である。	吸 入	クロム中毒を起こすことがある。
			皮 膚	皮膚炎又は潰瘍を起こすことがある。
			目	粘膜を刺激し結膜炎を起こす。
水酸化ナトリウム (劇物)	物質自体に爆発性、引火性はない。 アルミニウム、すず、亜鉛等の金属を腐食して、水素ガスを発生させるので注意する。	無色又は灰色で無臭である。濃度、温度で固化することがある。強アルカリ性で腐食性が強く、不燃性である。	吸 入	鼻、喉、気管支、肺を刺激する。
			皮 膚	皮膚が激しく腐食される。
			目	結膜や角膜を激しく侵し、失明の危険性が高い。
酢酸エチル (劇物) (消防～第四類)	初期の火災には粉末、二酸化炭素を用いる。 大規模な場合は水噴霧又は泡消火剤を用いて空気を遮断することが有効である。 (消火剤) 粉末、二酸化炭素、アルコール泡、水、乾燥砂	無色透明、果実様の芳香がある。 蒸気は空気より重く引火性で爆発の危険性もある。 水に溶けやすい。	吸 入	はじめに短時間の興奮期を経て、深い昏睡状態に陥ることがある。
			皮 膚	わずかに皮膚を刺激し炎症を起こすことがある。
			目	粘膜を刺激し炎症を起こすことがある。
キシレン 別名：キシロール (劇物) (消防～第四類)	初期の火災には粉末、二酸化炭素を用いる。 大規模な場合は水噴霧又は泡消火剤を用いて空気を遮断することが有効である。	無色透明で芳香がある。蒸気は空気より重く引火しやすい。	吸 入	はじめに短時間の興奮期を経て、深い麻酔状態に陥ることがある。
			皮 膚	皮膚を刺激し、皮膚からも吸収され、吸入と同様の症状を起こすことがある。
			目	粘膜を刺激し炎症を起こす。

区 分	消 火 活 動	性 状	人体への影響	
塩化水素 (劇物)	容器及び周囲に散水して冷却する。	激しい刺激臭で不燃性である。 空気中の水や湿気と作用して塩酸ミストとなり強い腐食性を示す。 アルコールに溶けやすい。	吸 入	のどや気管支、肺などを刺激し粘膜が侵される。 多量に吸入すると喉頭痙攣、肺気腫を起し呼吸困難・呼吸停止となる場合がある。
			皮 膚	皮膚を激しく侵し、液に触れると薬傷や凍傷を起す。
			目	粘膜などが激しく刺激
シュウ酸ナトリウム (劇物)	容器及び周囲に散水して冷却する。	白色、結晶性粉末で水に溶けやすい。	吸 入	鼻の粘膜を刺激する。 肺や気管支に炎症する。
			皮 膚	
			目	粘膜を刺激し炎症を起す。

2 高圧ガスの特性等

区 分	容器色	毒性	呼吸	におい	性 状	比重(対空気)
炭酸ガス(二酸化炭素)	緑	なし	中毒	無臭	不燃性	重い
ア ル ゴ ン	ねずみ	なし	なし	無臭	不燃性	重い
酸 素	黒	なし	なし	無臭	支燃性	重い
液 化 石 油 ガ ス	ねずみ	なし	麻酔性	着臭あり	可燃性	重い
ア ル ゴ ン 酸 素 (アルゴン90%以上、残酸素)	ねずみ	なし	窒息性	無臭	不燃性だが、空気より弱い支燃性	重い



Brief Communication

Preliminary screening method for the determination of inorganic arsenic in urine

Li Hua^a, Manami Nishida^a, Akira Fujiwara^b, Mikio Yashiki^a, Masataka Nagao^a, Akira Namera^{a,*}^a Department of Forensic Medicine, Graduate School of Biomedical Sciences, Hiroshima University, Kasumi 1-2-3, Minami-ku, Hiroshima 734-8551, Japan^b Department Critical Care Center, Seinan Medical Center Hospital, Sakaimachi 2190, Sashimagun, Ibaraki 306-0433, Japan

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 April 2008

Received in revised form 1 October 2008

Accepted 2 October 2008

Available online 28 November 2008

Keywords:

Arsenic

Urine

Preliminary screening

Poisoning

ABSTRACT

A simple and rapid method was developed for the routine determination and classification of inorganic arsenic based on its clinical and forensic properties. Inorganic arsenic was isolated from urine by using copper granules, which was then made to react with ammonium molybdate in order to detect its presence with the naked eye. Based on studies of extraction and reaction conditions, e.g., reaction temperature and time, a colorimetric screening method was established. The reaction mixture was measured by a spectrophotometer, and there was linearity from 0.05 to 2.0 µg/ml and the correlation coefficients of the calibration curves were greater than 0.99. The coefficients of intra-day variation at 0.2 and 2.0 µg/ml of inorganic arsenic in urine were 9.6 and 4.2%, respectively (n = 5). The minimum detectable level in urine is 0.03 µg/ml, and it is possible to detect the lowest level of poisoning according to the published reports. The proposed method was applied to a poisoning case wherein the patient ingested NEOARSEN BLACK® with alcohol, which contained 45% of arsenic trioxide. This method produced positive results in all the urine samples tested, and this method is useful for the screening of inorganic arsenic based on its clinical properties because it enables the detection of inorganic arsenic in urine without expensive equipment.

© 2008 Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Arsenic is widely distributed in the environment and biological materials. Although only a small amount of arsenic exists in the human body, it is thought to be an essential element for humans. Medicines that contain arsenic are still used in dental treatments, although there is a poor impression on arsenic compounds because they have been used in homicides and as components of chemical weapons. It is well known that groundwater pollution of inorganic arsenic is global occurrence such as South Asia, Southeastern Asia and South American countries. Recently, it has been focused that arsenic decomposed chemical weapons and these ingredients pollute soil and water, and this health hazard has occurred in Japan and China. Therefore, a simple and rapid method is required for the routine determination and classification of arsenic based on its clinical properties. Many methods have been reported for the determination of arsenic in the environmental and in biological materials [1–5]. Form separation analysis by high-performance liquid chromatography with inductively coupled plasma mass spectrometry (HPLC–ICP–MS) is a current trend in biological analysis because the toxicity of arsenic depends on its chemical species and forms. However, it is difficult for everyone to use this equipment.

In order to satisfy the demand for arsenic detection, we developed a colorimetric method for clinical and forensic use. In the first stage, we examined the colorimetric detection of inorganic arsenic

in drinks or gelled foods by commercially available test kits (Pack Test and Merckoquant produced by Kyoritsu Rikagaku Kenkyusho, Japan, and Merck, Germany, respectively). The results revealed that these kits can detect inorganic arsenic in drinks and gelled foods [6,7]. Their detection limits were 0.5–25 µg/ml; however, they could not identify whether the inorganic arsenic is trivalent or tetravalent. In order to confirm inorganic arsenic poisoning, it is expected to detect concentrations as low as 0.1 µg/ml because the normal concentration range of arsenic in urine was from 0.01 to 0.3 mg/l and the fatal poisoning concentration range was from 0.1 to 0.4 mg/l [8]. However, it is impossible to detect the inorganic arsenic concentration in urine by using these kits. In this study, we attempt to utilize previously existing knowledge to develop a simple and rapid method through which a routine determination and classification of inorganic arsenic based on its clinical and forensic properties can be carried out. In biological materials, inorganic arsenic is adsorbed on to the surface of copper. Following desorption from copper, inorganic arsenic is then detected by a colorimetric reagent.

2. Material and methods

2.1. Materials

Inorganic arsenic standard solution (As(III), 1 mg/ml and pH 5) of analytical grade for atomic absorption spectrometry and distilled water were purchased from Wako Pure Chemicals (Osaka, Japan). Disodium hydrogen arsenate (As(V)) and other chemicals were of analytical grade. Hydrochloric acid (35.0–37.0%) used

* Corresponding author. Tel: +81 82 257 5172; fax: +81 82 257 5174.

E-mail address: namera@hiroshima-u.ac.jp (A. Namera).

別添5

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
L. Hua, M. Nishida, A. Fujiwara, M. Yashiki, M. Nagao, A. Namera	Preliminary screening method for the determination of inorganic arsenic in urine.	Legal Med.	11	80-82	2009

was of inorganic arsenic analytical grade. Copper granules (purity 99.99%, 12–16 mesh) were purchased from Mitsuwa Pure Chemicals (Osaka, Japan). The granules were washed with hydrochloric acid and distilled water before use.

Drug-free urine was collected from healthy adult males and used to make urine samples containing inorganic arsenic and for use as blank urine controls. Urine samples collected from a case of inorganic arsenic poisoning were frozen at -20°C and stored until analysis.

2.2. Sample preparation

We put 5 ml of urine, 3 g of copper granules, and 3 ml of hydrochloric acid in a polypropylene bottle (10 ml) and heated it at 100°C for 20 min to facilitate adsorption of inorganic arsenic to the copper surface. After cooling to room temperature, the solution was poured and the copper granules were washed three times by distilled water. The adsorbed inorganic arsenic was then removed with 0.5 ml of sodium hydroxide solution (0.1 M) and the procedure was repeated three times. The combined eluate was neutralized with hydrochloric acid and subsequently used for the colorimetric detection.

2.3. Colorimetric detection

The method of colorimetric detection used was a modified version of that had reported previously [9]. Briefly, the eluate and $50\ \mu\text{l}$ KMnO_4 ($10^{-4}\ \text{M}$) were added to a glass tube. After 5 min, $50\ \mu\text{l}$ of l-ascorbic acid (0.1 g/ml) and $100\ \mu\text{l}$ of ammonium molybdate ($13\ \text{g}[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]/100\ \text{ml}\ 9\ \text{M}\ \text{H}_2\text{SO}_4$) were added into the tube and the mixture was heated at 50°C for 20 min. The absorbance (840 nm) of the reaction mixture was measured using a spectrophotometer (Shimadzu, UV-200S double beam spectrophotometer).

2.4. Optimal conditions

To obtain an optimal condition for adsorption of inorganic arsenic in urine, the amount of copper granules (0.5, 1.0, 3.0, 5.0, and 10 g), the added volume of hydrochloric acid (1.0, 2.0, and 3.0 ml), and the heating times (10, 20, and 30 min) were examined in triplicates using urine samples spiked with $2\ \mu\text{g}/\text{ml}$ of inorganic arsenic. After achieving optimal conditions for the adsorption of inorganic arsenic, the effects of NaOH concentration and number of repetitions were determined to remove inorganic arsenic from the surface of the copper granules.

2.5. HPLC–ICP–MS

The Agilent 1100 series HPLC model was used for separating inorganic arsenic species, and the Agilent 7500i ICP–MS was used for inorganic arsenic-specific detection. Chromatographic separation was performed on an L-column ODS (250 mm; internal diameter (i.d.), 4. mm; $5\ \mu\text{m}$; CERI, Tokyo, Japan) with water as the mobile phase. The sample was diluted with ultrapure water. The injection volume was $100\ \mu\text{l}$, and separation was carried out at 30°C . The eluate from the HPLC system was introduced online to the ICP–MS. Signals at m/z 35, 75, 77, and 78 were monitored. Inorganic arsenic species in the samples were identified by matching their retention time with those of the inorganic arsenic standards.

2.6. A case of poisoning

A 47-year-old male drank NEOARSEN BLACK® with alcohol. NEOARSEN BLACK® contains 45% of arsenic trioxide and is commonly used in dental clinics. The estimated amount of the prepara-

tion consumed was 1 g. Three hours later, he was sent to the hospital in an ambulance. He felt nausea and suffered from consciousness disorder. Diarrhea continued as a typical symptom of inorganic arsenic poisoning. Urine samples were collected at 3, 6, 12, 24, and 36 h after he was admitted to the hospital.

3. Results and discussion

Although the Reinsch test has been performed for more than a hundred years, a detailed examination with this test did not provide definite results [10,11]. To achieve optimal conditions for inorganic arsenic adsorption in urine and its' desorption from the surface of copper granules were examined using urine samples spiked with $2\ \mu\text{g}/\text{ml}$ of inorganic arsenic. Different types of copper, such as small thin strips, coils, and wires were examined for use in inorganic arsenic adsorption. Copper granules were used in this study because of the large surface area of each granule as compared to the other types of the same weight. The effect of the amount of the copper granules is illustrated in Fig. 1. The mixture was heated at 100°C for 20 min. The absorbance of the reaction mixture was dramatically enhanced in the amount of copper up to 1 g, but this increase was not observed beyond 3 g of copper. The effect of heating time and the added volume of hydrochloric acid are illustrated in Fig. 2. The volume of hydrochloric acid did not affect the absorbance, however, the absorbance was maximal for 20 min heating. Therefore, the following conditions were adopted as the optimal condition for inorganic arsenic adsorption; 5 ml of urine, 3 g of copper granules, and 3 ml of hydrochloric acid were heated at 100°C for 20 min.

With these conditions for inorganic arsenic adsorption, the effects of NaOH concentration and number of repetitions on the removal of inorganic arsenic from the surface of copper granules were examined. When inorganic arsenic was removed from the surface of copper granules with 0.1 M NaOH, there was a frequency-dependent increase in the absorbance; it was maximized at a three-time removal. Furthermore, the effect of NaOH concentration on the removal of inorganic arsenic was examined. Differences in the NaOH concentration (0.01, 0.05, 0.1, 0.5, and 1.0 M) did not result in any differences in the absorbance. Therefore, the above conditions were adopted as the optimal condition for inorganic arsenic elution.

The urine samples spiked with inorganic arsenic were prepared at the inorganic arsenic concentrations of 0, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, and $5.0\ \mu\text{g}/\text{ml}$ and analyzed by three times of each point using the above procedure. The calibration curves were obtained by plotting the absorbance against the inorganic arsenic concentration. Linearity was observed from 0.05 to $2.0\ \mu\text{g}/\text{ml}$ and the corre-

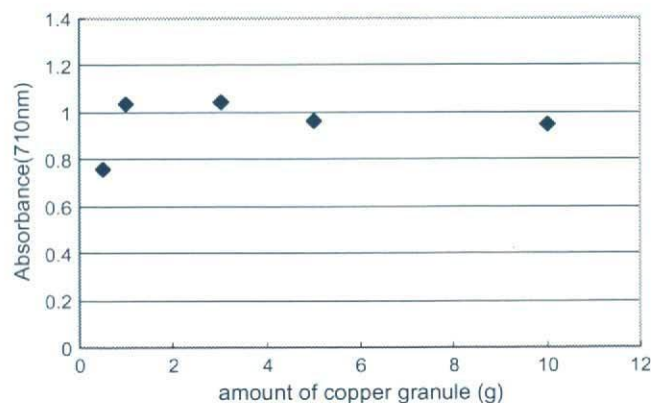


Fig. 1. Effect of an amount of copper granule on the recovery of inorganic arsenic in urine. Each point represents the mean of three samples.

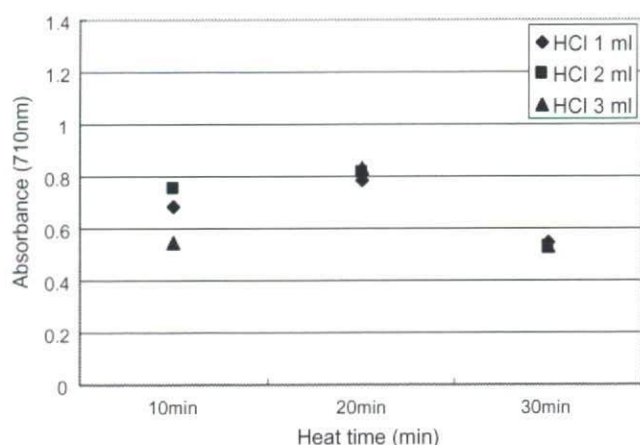


Fig. 2. Effect of a volume of hydrochloric acid and heating time on the recovery of inorganic arsenic in urine. Each point represents the mean of three samples.

lation coefficients of the calibration curves were more than 0.99. The coefficients of intra-day variation at 0.2 and 2.0 $\mu\text{g/ml}$ of inorganic arsenic in urine ($n = 5$) were 9.6 and 4.2%, respectively. The minimum detectable levels in urine were 0.03 $\mu\text{g/ml}$ and it is possible to detect the lowest level of poisoning according to published reports. In the case of inorganic arsenic poisoning in humans, urine inorganic arsenic concentrations are 1.9–51.4 $\mu\text{g/ml}$ [12–15]. Intoxication with inorganic arsenic mixed in curry occurred in Wakayama, Japan, in July 25, 1998; 4 people died and 63 people were injured. The inorganic arsenic concentrations in the 3 survived children were 9.6, 12.3, and 21.2 $\mu\text{g/ml}$ [16]. These concentrations are measurable by this proposed method. The absolute recovery was 50% at the optimal condition, which seems acceptable as compared to that by the published report [17].

When normal and inorganic arsenic-spiked urine samples were directly examined by commercially available kits, false negative and positive results were observed. These commercially available kits can be used for the detection of inorganic arsenic in urine by pretreatment of the proposed method. Organic arsenic such as dimethylarsinate and diphenylarsinate were not determined by this method; therefore, this method can distinguish between the organic and inorganic forms of arsenic.

The proposed method was applied to a poisoning case wherein the patient ingested 1 g of NEOARSEN BLACK® with alcohol, which contained 45% of arsenic trioxide. This method produced positive results in all the urine samples collected at 3, 6, 12, 24, and 36 h after admission and the concentrations were 0.72, 0.22, 0.48, 0.14, and 0.10 $\mu\text{g/ml}$, respectively. A tendency of correlation was obtained between these results and results obtained using the HPLC–ICP–MS method. The proposed method is useful for the screening of inorganic arsenic in clinical and forensic sciences because it is easy to detect inorganic arsenic in urine without the use of expensive equipments and also to diagnose the possibility of poisoning. However, it is difficult to calculate the accurate inorganic arsenic concentration in urine at this stage. Although the pro-

posed method was applied to only one case of arsenic poisoning in this study, we are planning to assess the correlation between arsenic levels obtained by this method and those by the instrumental method in more poisoning cases.

4. Conclusion

A simple colorimetric method combined with Reinsch test was developed for use in the clinical and forensic laboratory. This method detects as low as 0.03 $\mu\text{g/ml}$ of inorganic arsenic in urine and is useful for the pre-screening to perform the form separation analysis by HPLC–ICP–MS based on its clinical properties. In addition, inorganic arsenic in various fluids can be purified with our extraction method; therefore, it can be potentially used as a sample preparation procedure for other apparatus.

Acknowledgement

This work was supported in part by a Health and Labour Sciences Research Grants for Research on Community Health Crisis Management from the Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan.

References

- [1] Gong Z, Lu X, Ma M, Watt C, Le XC. Arsenic speciation analysis. *Talanta* 2002;58:77–96.
- [2] Suzuki KT, Mandal BK, Ogra Y. Speciation of arsenic in body fluids. *Talanta* 2002;58:111–9.
- [3] Hung DQ, Nekrassova O, Compton RG. Analytical methods for inorganic arsenic in water: a review. *Talanta* 2004;64:269–77.
- [4] Oki A. Analysis of arsenic in living organisms and environment. *Bunseki* 2004;27–32.
- [5] Melamed D. Monitoring arsenic in the environment: a review of science and technologies with the potential for field measurements. *Anal Chim Acta* 2005;532:1–13.
- [6] Namera A, Okajima K, Utsumi Y, Yashiki M, Imamura T, Kojima T. Evaluation of PackTest for detection of arsenites. *Jpn J Acute Med* 1999;23:738–42.
- [7] Hua L. Simple detection of arsenic compound using the Merckoquant Arsen-Test. *Chudoku Kenkyu* 2004;17:279–80.
- [8] Baselt RC. Disposition of toxic drugs and chemicals in man. Foster City: Biomedical Publications; 2002. pp. 79–82.
- [9] Lenoble V, Deluchat V, Serpaud B, Bollinger JC. Arsenite oxidation and arsenate determination by the molybdene blue method. *Talanta* 2003;61:267–76.
- [10] Reinsch H. On the action of metallic copper on solutions of certain metals, particularly with reference to the detection of arsenic. *Phil Mag* 1841;19:480–3.
- [11] Marsh J. Account of a method of separating small quantities of arsenic from substances with which it may be mixed. *Edinb New Philos J* 1836;21:229–36.
- [12] Pinto SS. Arsine poisoning: evaluation of the acute phase. *J Occup Med* 1976;18:633–5.
- [13] Petery JS, Rennert OM, Choi H, Wolfson S. Arsenic poisoning in childhood. *Clin Toxicol* 1970;3:519–26.
- [14] Gerhardsson L, Dahlgren E, Eriksson A, Lagerkvist BE, Lundstrom J, Nordberg GF. Fatal arsenic poisoning: a case report. *Scand J Work Environ Health* 1988;14:130–3.
- [15] Kamijo Y, Soma K, Asari Y, Ohwada T. Survival after massive arsenic poisoning self-treated by high fluid intake. *J Toxicol Clin Toxicol* 1998;36:27–9.
- [16] Kobayashi M, Minami K, Koike M, Takeuchi T, Yoshimasu T, Sugimoto T, et al. Urinary arsenic levels concerning acute inorganic arsenic poisoning in ten children. *J Jpn Pediatr Soc* 1999;103:926–9.
- [17] Gettler AO, Kaye S. A simple and rapid analytical method for Hg, Bi, Sb and As in biologic material. *J Lab Clin Med* 1950;35:146–51.