

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26460881

研究課題名(和文) 定量的データベースを用いた焼死体の死因・火災原因判断基準の作成

研究課題名(英文) Creation of the criterion of the cause of death and the fire cause for fire victims, using the quantitative databases

研究代表者

工藤 恵子 (Kudo, Keiko)

九州大学・医学研究院・講師

研究者番号：10186405

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：家屋建材の燃焼ならびにガソリンや灯油などの暴露により吸引される揮発性炭化水素の血液中の濃度を推定可能な新しいNAGINATA-GC/MSスクリーニング法を開発した。続いて生体試料中のシアン化物、チオシアン酸塩ならびにアジ化物の簡便で信頼性の高い定量法を確立し、これをデータベースに登録することで、危険な毒物を所持しなくてもシアン化物とアジ化物の暴露程度が分かる画期的な方法を開発した。さらに、犯罪目的でしばしば用いられる微量の催眠鎮静剤を含む161種の薬毒物の、LC-MS/MSによる定量的スクリーニング法を開発した。本法は多機関に導入され、焼死体の死因・火災原因を判断する上で成果をあげている。

研究成果の概要(英文)：We have developed a new NAGINATA-GC/MS screening method that can easily estimate the blood concentrations of volatile hydrocarbons absorbed by combustion of house building materials, gasoline or kerosene. We also developed a reliable and simple determination method of cyanide, thiocyanate and azide in human whole blood, and created the NAGINATA-GC/MS database which can estimate the concentration of the compounds without possessing dangerous poisons as standards. Furthermore, we made a quantitative database of 161 kinds of drugs including hypnotics which are often used in crime purposes, using LC-MS/MS. The databases which we developed have already been used in many forensic laboratories and emergency hospitals, and gives good results for judging the cause of death and the fire cause of the charred body.

研究分野：法医中毒学

キーワード：焼死体 薬毒物スクリーニング NAGINATA GC/MS LC-MS/MS

1. 研究開始当初の背景

火災現場で発見される焼死体の中には、不慮の災害や過失、自殺による焼死だけでなく、無理心中などの他殺による焼死や犯罪隠ぺいのための死後焼却も含まれ、死因の判定、焼死・死後焼却の鑑別に極めて慎重な判断が要求される。

家屋等の不完全燃焼により発生する一酸化炭素による中毒は焼死を構成する主要な要因であり、かつ火災時に生存していたことを示す最も有力な所見である。しかしながら、灯油やガソリンの暴露による焼身自殺などの急死の場合や殺害後の焼却の場合、一酸化炭素ヘモグロビン(CO-Hb)濃度は低値を示す。そこで、死者がどのようなガスを吸引したかの判断には、Fig.1 に示す森永らの血液中揮発性炭化水素のパターン分析が行われている。

吸引ガスの種類	芳香族炭化水素		脂肪族炭化水素		スチレン
	C6-C8	C9	C5-C7	C8-C12	
家屋建材	+	-	-	-	+
ガソリン暴露	+	+	+	-	+
灯油暴露	+	+	-	+	+
排ガス	+	+	-	-	-

Fig.1 揮発性炭化水素の分析による吸引ガスの判別 (Int J Legal Med 1996; 109:75-79.)

本法の基本概念はすぐれたものであるが、判定は各成分が検出されるか否かの定性的手法で行われるため、現在の高感度GC/MSではマイナスとなるべき成分も検出され、判断に苦慮することが多い。一方米満らは、焼死事例について、血液中揮発性炭化水素の定量を行い、CO-Hb濃度との相関について興味ある知見を報告しているが (Forensic Sci Int 2012; 217: 71-75.)、定量分析を行うには、標準物質を用いた検量線の作成が必要である。

申請者は、GC/MSの精度管理・相対定量ソフトウェアであるNAGINATA™に着目し、乱用薬物を含む塩基性薬物210種、農薬70種、酸性薬物19種について検量線情報を含むデータベースを構築、標準物質を所持しなくても確実に薬物の存在の有無とおおよその濃度がわかる、画期的なスクリーニング法を開発した。(Forensic Toxicol 2009; 27: 21-31., Legal Med 2012; 14: 93-100., Forensic Toxicol 2012; 30: 11-18.)

そこでこの手法を揮発性炭化水素のスクリーニングに取り入れることが出来れば定性情報と同時に定量情報も得られるため、各機関で煩雑な検量線の作成を行わなくても、吸引したガスの種類と暴露の程度を瞬時に確認することが可能となり、より迅速に焼死体の鑑定ができると考えられる。

また、焼死体の中には睡眠薬等を飲まれたのちに殺害され、犯罪隠ぺいのために死後に焼却されたものも存在する。このような事例に対処するには微量の催眠鎮静剤を迅速に確認すると同時に濃度推定が可能な

LC-MS/MSのスクリーニング法が必要である。

2. 研究の目的

本研究では火災時に吸引したガスの特定に有用な揮発性炭化水素と、一酸化炭素と共に死因への関与が疑われるシアン化物のガスクロマトグラフィー/質量分析(GC/MS)によるスクリーニング法の開発を行い、NAGINATA™ソフトウェアを用いた定量的データベースを構築する。さらに催眠鎮静剤を含む法医鑑定に重要な薬物を選定し、これらを簡便に高感度で検出し、さらに濃度推定を可能とする定量的データベースを備えたLC-MS/MSスクリーニング法を確立する。確立した方法を焼死事例に適用することで、焼死体の死因・火災原因を判断するための基準を作成、迅速・確実に焼死体の鑑別診断を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 揮発性炭化水素の一斉スクリーニング法の開発と定量的データベースの構築

森永らの報告 (Int J Legal Med 1996; 109: 75-79.)を元にベンゼン、トルエンなどのC6からC9までの芳香族炭化水素10種、ペンタン、ヘプタンなどのC5からC12までの脂肪族炭化水素8種の計18種を分析対象とした。10 ml容量のヘッドスペースバイアルに血液0.5 mlと蒸留水0.5 mlを入れて密閉し、内部標準物質であるトルエン-D₈溶液 4 µl (0.5 µg)および血液中濃度が0.01-10 µg/mlとなるように調整した炭化水素混合溶液をマイクロシリンジでバイアルに刺入し、60 で10分間インキュベートした後、気相1 mlをGC/MSに導入した。

装置 : Agilent 7890GC-5975MS, GERSTEL MPS2 多機能オートサンブラ

カラム : Agilent HP-5MS (30 m × 0.25 mm i.d. 0.25 µm)

温度 : カラム 40°C (7 min) - 10°C /min - 200°C (2 min) , 注入口 220°C, インターフェース 280°C

キャリアガス : ヘリウム,

イオン化 : EI-full scan,

スプリット比 : 20:1

定圧モード(リテンションタイムロッキング (RTL) 化合物 p-ジクロロベンゼン, RT=12.753 min)

得られた各成分のマスペクトル、保持時間、検量線情報をNAGINATAデータベースに登録した。確立したメソッドを用いて、焼死事例の血液を分析し、本法の有用性を検証した。

(2) シアン化物、チオシアン酸塩、アジ化物の高精度定量法の確立とNAGINATAスクリーニングへの応用

生体試料中のシアン化物と代謝物のチオシアン酸塩、およびアジ化物はペンタフルオロベンジル(PFB) 誘導体にして GC-MS で分析する方法が最も一般的であるが、検量線が直線性を示す範囲が狭い、カラムが劣化する等の問題がある。本研究では、鹿毛らの方法 (J Chromatogr B 1996; 675: 27-32., J Anal Toxicol 2000; 24: 429-432.)を元に各条件を詳細に検討し、より信頼性の高い全血中シアン化物、チオシアン酸塩およびアジ化物の定量法の確立を試みた。

検討項目は下記の通りである。

除タンパク法：種々の酸や溶媒による最適な除タンパク法を検討した。

内部標準物質(IS)：シアン化物の定量にはそのベンジル誘導体とシアン化カリウムの同位体 $K^{13}C^{15}N$ を、チオシアン酸塩、アジ化物の定量にはそれぞれのベンジル誘導体を IS 候補化合物として選択し、既報のトリプロモベンゼン (TBB)を用いた場合と比較した。

カラム劣化の原因：誘導体化試薬や相間移動触媒などカラム劣化の原因物質を探索し対策法を検討した。

GC-MS の条件：誘導体化試薬 PFBBBr とアジ化物誘導体が良好に分離できる条件を検討した。分析条件は下記に示す通りである。

装置：Agilent 7890B GC-5977B MS,
 カラム：Agilent HP-5MS UI (30 m × 0.25 mm i.d. 0.25 μm),
 温度：カラム 40°C (2 min) - 10°C/min - 100°C - 20°C/min - 300°C (5 min),
 注入口 250°C, インターフェース 280°C,
 キャリアガス：ヘリウム,
 イオン化：EI-full scan, 定圧モード
 (RTL 化合物 diazepam-d5, RT=17.919 分)

NAGINATA-GC-MS スクリーニングに用いるために、上記 3 化合物と IS (TBB)の質量スペクトルと保持時間、ならびに定量イオンと定性イオンの比率をデータベースに登録した。合わせてブランク血液に各化合物を添加した試料を用いて作成した検量線の情報をデータベースに登録した。

(3) 法医鑑定のための最重要薬毒物の LC-MS/MS スクリーニング法の開発

現在の法医学分野における要求度の高い化合物として催眠鎮静剤を含む 161 の薬毒物を選択し、これらを全血に添加した試料を用いて検討を行った。

サンプル調製は QuEChERS をベースとした前処理法 (改良 QuEChERS 法)を採用した。処理したサンプルは下記の条件で分析した。

装置：Nexera / LCMS-8040 (島津製作所製)
 カラム：Phenomenex Kinetex XB-C18

(100x2mm, 2.6μm)

カラム温度：40 °C

流速：0.3 mL/min

クラジエント条件：5% B (0 min) - 95% B (7.5 - 10 min) - 5% B (10.01 - 15 min)

移動相 A：10mM ギ酸アンモニウム, 0.1%ギ酸 - 水, 移動相 B：10mM ギ酸アンモニウム, 0.1%ギ酸 - メタノール

161 化合物それぞれの血液中濃度から 3 グループに分け、夾雑物の影響を受けにくい MRM (Multiple Reaction Monitoring: 多重反応モニタリング) で検量線を作成し、その情報を登録した。加えてプロダクトイオンによる化合物データベースを構築した。

4. 研究成果

(1) 揮発性炭化水素の一斉スクリーニング法の開発と定量的データベースの構築

18 種の揮発性成分は 2.0 分から 16.0 分に溶出し、良好な分離が得られた。揮発性炭化水素を添加した血液の TIC クロマトグラムを Fig. 2 に示す。

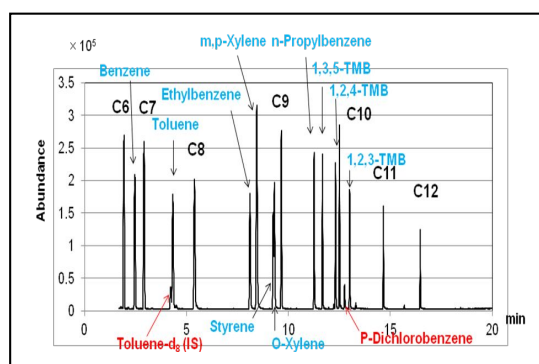


Fig. 2 揮発性炭化水素を添加した血液の TIC クロマトグラム

p-ジクロロベンゼンを RTL 化合物に設定することで、常に同じ保持時間で各成分が溶出し、再現性のあるデータが得られることが判明した。今回は利便性の観点から、難揮発性薬毒物のスクリーニングに用いている HP-5MS カラム (30 m) を使用したが、今後対象となる揮発性成分を増やすためには、カラムの種類や長さを検討する必要があると思われた。

検量線は 0.01-10 μg/ml の範囲で良好な直線性を示した。予め NAGINATA データベースに検量線の情報を登録しておくことで、検量線を作成することなしに、迅速に血液中の燃焼ガス成分の大よその濃度が得られ、火災時の吸引ガスへの暴露程度を速やかに判断することが可能となった。

開発したメソッドを灯油の暴露が疑われた事例に応用したところ、Fig.3 に示すように、一般家屋の燃焼時に見られる C6-C8 までの芳香族炭化水素の他に、灯油成分が多数検出された。Fig.4 に本事例で得られた検出パターン

をグラフで示したが、家屋の燃焼で発生したベンゼンなどの成分に加えて、星印で示した灯油成分が高濃度で検出されているのが判明した。

化合物名	RT[min]	実測	差[sec]	Area値	QT	MS HR	相対定量子	判定
(IS)Toluene-D8 [HS]	4.22	0.48	531985	1.00	64	1.000	++++	
Benzene C6	2.48	0.52	73837	1.38	86	0.101	++++	
Heptane C7	2.92	1.19	19668	0.34	52	0.075	++++	
Toluene C7	4.32	-0.58	38462	1.02	64	0.058	++++	
Octane C8	5.39	0.28	154710	0.61	76	0.812	++++	
m-Xylene C8	8.44	-0.73	110193	0.98	81	0.242	++++	
o-Xylene C8	9.32	-0.66	50250	1.02	87	0.112	++++	
Nonane C9	9.85	-0.37	479190	0.53	64	2.842	++++	
Propylbenzene C9	11.26	-0.81	64359	1.04	53	0.078	++++	
1,3,5-Trimethylbenzene C9	11.67	-0.74	43935	1.26	74	0.090	++++	
1,2,4-Trimethylbenzene C9	12.31	-0.72	162409	1.01	97	0.300	++++	
Decane C10	12.50	-0.22	355191	0.67	94	2.287	++++	
1,2,3-Trimethylbenzene C9	13.01	-0.20	43099	1.28	62	0.088	++++	
Undecane C11	14.08	-0.06	152070	0.73	91	1.381	++++	
Dodecane C12	16.46	-0.06	43104	0.55	80	0.399	++++	
Ethylbenzene C8	8.11	-1.22	45553	1.04	40	0.074	+++	
p-Xylene C8	8.44	-2.23	107882	1.02	42	0.224	+++	
Styrene C8	9.26	-0.76	7295	1.03	7	0.013	+++	

Fig.3 NAGINATA スクリーニングの Quant Screener Report の一部

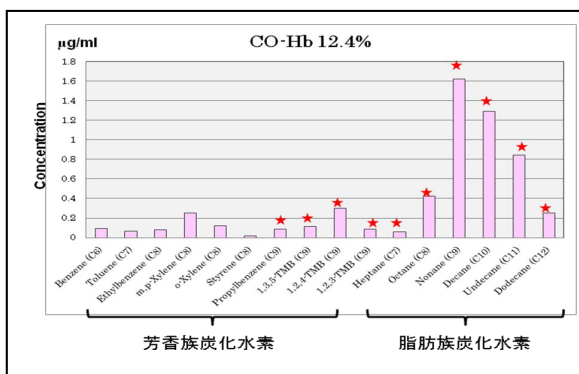


Fig. 4 灯油暴露事例の検出パターン

以上のように、開発したスクリーニング法を用いると死因と火災原因を判断する上で有用な情報が簡単に得られることが判明した。

(2) シアン化物，チオシアン酸塩，アジ化物の高精度定量法の確立と NAGINATA スクリーニングへの応用

前処理法の検討結果

シアン化物の分析にはトリクロロ酢酸による除タンパクが最も良好な結果を示し、チオシアン酸塩とアジ化物はいずれの除タンパク法でも回収率が低下したので全血のまま分析することとした。IS としてはシアン化物の定量には $K^{13}C^{15}N$ が最も適しており、アジ化物とチオシアン酸塩はベンジル誘導体、TBB のいずれを用いても良好な結果を示した。カラムの劣化は相間移動触媒がカラムに残存することに起因していることが判明し、エチルベンゼンスルホン酸シリカゲルカラム (Agilent Bond Elut-SCX, 50 mg) を用いて効率的に除去することに成功した。確立した前処理法を Fig. 5 に示す。

3種の化合物共に検量線は 0.02-1.0 $\mu\text{mol/ml}$ の範囲で良好な直線性を示し (Fig. 6)、真度と精度も基準の範囲内であった。NAGINATA-GC/MS スクリーニングでは3種の化合物の存在の有無と濃度推定が迅速に

判定可能となった。本法は危険な毒物を所持することなく、シアン化物やアジ化物の摂取が証明できることから、警察や法医学の鑑定のみならず、救急医療の現場でも大変有用と考える。

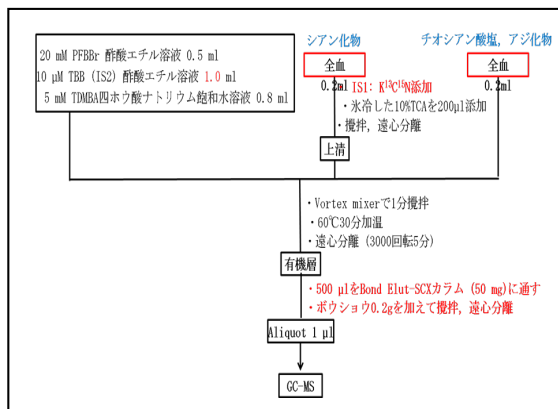


Fig. 5 確立した前処理法(赤字が改良した点)

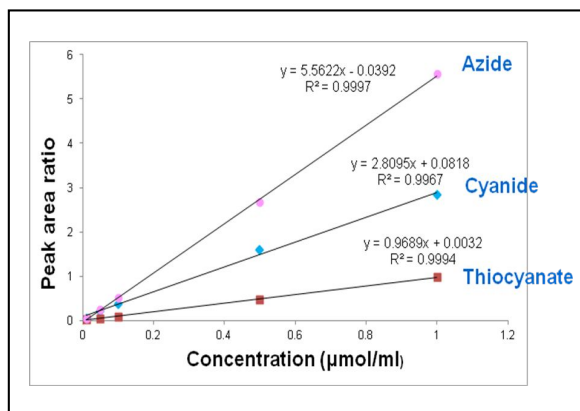


Fig. 6 シアン化物，チオシアン酸塩，アジ化物の検量線

(3) 法医鑑定のための最重要薬毒物の LC-MS/MS スクリーニング法の開発

生体サンプル中の薬毒物の定量分析を行うためには、標準品を用いた検量線の作成が必要であり、試料調製に多大な労力と時間を要する。当然ながら標準品がなければ定量分析を行う事は不可能である。

今回、diazepam- d_5 と Phenobarbital- d_5 を内部標準とし、標準物質を添加した血液試料の分析で得られた検量線情報(傾きおよび切片)をメソッドに登録することにより、おおよその濃度がスクリーニング時に分かる新しい方法を開発することに成功した。加えてMRMの閾値を超えると自動的にMS/MSを行う Synchronized Survey Scan 機能を用いることで、1回の分析でMRMとそれに従属したプロダクトイオンスキャンを組み合わせることが可能となった。

Fig. 7 にトラゾドンとアモキサピンのMRMクロマトグラムとプロダクトイオンスペクトルを示す。

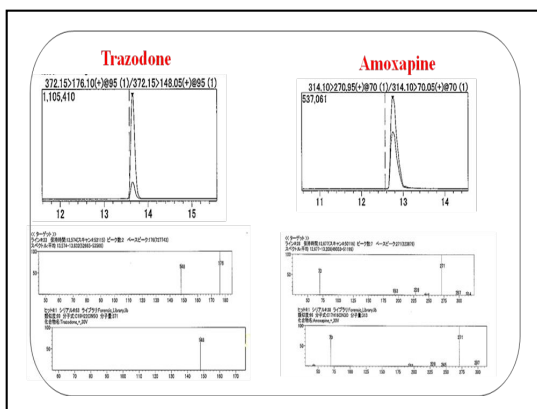


Fig. 7 MRM クロマトグラムとプロダクトイオンスペクトル

このメソッドについて、23 薬物を血液に添加した試料を用いて評価したところ、改良 QuEChERS 法は酸性・塩基性薬物に関係なく安定した回収率を示し、生体サンプルに十分応用可能であることを確認した。MRM によりおおよその定量値が得られ、同時にプロダクトイオンスキャンを行い、得られた MS/MS スペクトルからライブラリとの比較により同定まで行えることを確認した。

今回開発したメソッドは定性分析と同時に薬毒物濃度を概算したい場合や、特に標準試料が直ぐに準備できない場合においては、迅速におおまかな薬毒物濃度を把握することができるため有用な方法であるといえる。

以上の結果、焼死体の解剖事例において重要となる、揮発性炭化水素、シアン化物ならびに催眠鎮静剤を含む薬毒物の定量的スクリーニング法が完成し、実務応用が充分可能であることが証明できた。構築したデータベースは九州大学のみならず、多くの機関で使用され、着実な成果をあげている。

今後はさらにデータを蓄積し、本研究の最終目的である、焼死体の死因・火災原因を判断するための基準を作成したいと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 6 件)

Usumoto Y, Kudo K, Sameshima N, Tsuji A, Ikeda N. A case of acute lidocaine intoxication due to tumescent liposuction. *Acta Crim Japon* 2017; 83: 9-14.

Kudo K, Usumoto Y, Kikura-Hanajiri R, Sameshima N, Tsuji A, Ikeda N. A fatal case of poisoning related to new cathinone designer drugs, 4-methoxy PV8, PV9, and 4-methoxy PV9, and a dissociative agent, diphenidine. *Leg Med (Tokyo)* 2015; 17: 421-426.

臼元洋介, 工藤恵子, 鮫島直美, 佐藤和雄, 辻 彰子, 池田典昭. ゾルピデムにより異常行動をとったと考えられる 1 剖検例. *福岡医学雑誌* 2015; 106: 202-205.

Kudo K, Usumoto Y, Usui K, Hayashida M, Kurisasi E, Saka K, Tsuji A, Ikeda N. Rapid and simultaneous extraction of acidic and basic drugs from human whole blood for reliable semi-quantitative NAGINATA drug screening by GC-MS. *Forensic Toxicol* 2014; 32: 97-104.

Usumoto Y, Kudo K, Sameshima N, Tsuji A, Ikeda N. Effective detection of flunitrazepam and its metabolite by GC/MS and LC/MS during autopsy in 2 cases. *Acta Crim Japon* 2014; 80: 33-38.

臼元洋介, 工藤恵子, 鮫島直美, 辻 彰子, 池田典昭. 勤務中に発生した硫化水素中毒死の 3 例. *法医学の実際と研究* 2014; 57: 17-21.

〔学会発表〕(計 16 件)

Kudo K, Usumoto Y, Sameshima N, Okumura M, Tsuji A, Ikeda N. Reliable determination of cyanide, thiocyanate, and azide in whole blood by GC-MS and its application in NAGINATA- GC-MS screening. 2017 SOFT-TIAFT Joint Annual Meeting 2017, Boca Raton, USA

工藤恵子, 鮫島直美, 奥村美紀, 辻 彰子, 池田典昭. GC-MS による全血中シアン化物、チオシアン酸塩およびアジ化物の定量法の再検討. 第 101 次日本法医学会学術全国集会. *日本法医学雑誌*. 2017; 71: p96, 岐阜

工藤恵子, 臼元洋介, 鮫島直美, 奥村美紀, 辻 彰子, 池田典昭. GC-MS による全血中シアン化物、チオシアン酸塩、アジ化物の定量方法の改良と NAGINATA スクリーニングへの応用. 日本法中毒学会第 36 年会. 2017; 東京

坂 幹樹, 中園裕紀子, 工藤恵子, 箕畑俊和, 兼城昌敏, 平野一郎, 古田一匡, 藤井祐介, 榎野陽介, 池田典昭, 岩瀬博太郎. *In silico* による LC/MS を用いた血中薬物スクリーニング法の構築. 日本法中毒学会第 35 年会. 講演要旨集. 2016; p41, 福岡.

石橋正太, 工藤恵子, 辻 彰子, 鮫島直美, 奥村美紀, 池田典昭. 胃内容が鮮やかな青色を呈していた 3 症例. 第 66 回日本法医学会学術九州地方集会. 講演要旨集. 2016; p32, 久留米

Minohata T, Kudo K, Shima N, Katagi M,

Usui K, Tsuchihashi H, Ikeda N. Rapid screening method covers common 161 forensic drugs by ultra-high speed LC/MS/MS with synchronized survey scanning. 53rd TIAFT meeting 2015. Abstracts 2015; p139, Florence, Italy.

Minohata T, Kudo K, Shima N, Katagi M, Usui K, Tsuchihashi H, Suzuki K, Ikeda N. Rapid screening method covers common 161 forensic drugs by ultra-high speed LC/MS/MS with synchronized survey scanning. 63rd ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics. Abstracts 2015; p149, St. Louis, Missouri, USA.

Minohata T, Kudo K, Shima N, Katagi M, Usui K, Tsuchihashi H, Ikeda N. Rapid forensic screening of 161 drugs by ultra-high speed LC/MS/MS with synchronized survey scanning. MSACL 2015 EU. Abstracts 2015; p96, Salzburg, Austria.

臼元洋介, 鮫島直美, 工藤恵子, 奥村美紀, 辻彰子, 池田典昭. 高濃度のトルエンが検出された腐敗の進行した1剖検例. 第3回法医中毒研究会勉強会. 2015, 高知

工藤恵子, 臼元洋介, 花尻(木倉)瑠理, 鮫島直美, 奥村美紀, 辻彰子, 池田典昭. 睡眠薬およびアルコールの影響下での危険ドラッグによる中毒死の一例. 第99次日本法医学学会学術全国集会. 日本法医学雑誌 2015; 69: p74, 高知.

工藤恵子, 臼元洋介, 花尻(木倉)瑠理, 辻彰子, 池田典昭. 危険ドラッグによる中毒死事例における, 血液および尿中 4-methoxy PV8, PV9, 4-methoxy PV9, diphenidine の同時分析. 日本法中毒学会第34年会. 講演要旨集 2015; p74, 福岡.

箕畑俊和, 工藤恵子, 志摩典明, 片木宗弘, 臼井聖尊, 土橋均, 池田典昭. MRM トリガー自動 MS/MS 機能を用いた法薬毒物 161 成分の一斉分析法の開発. 日本法中毒学会第34年会. 講演要旨集 2015; p72, 福岡.

Kudo K, Usumoto Y, Usui K, Hayashida H, Kurisaki E, Saka K, Tsuji A, Ikeda N. Rapid and simultaneous extraction of acidic and basic drugs using modified QuEChERS method and protein-lipid removal filter cartridge. 9th International Symposium on Advances in Legal Medicine (ISALM). Abstracts 2014; p154, Fukuoka, Japan.

Minohata T, Kudo K, Usui K, Shima N, Katagi M, Tsuchihashi H, Suzuki K, Ikeda N. Simultaneous analysis for forensic drugs in human blood and urine using ultra-high speed

LC-MS/MS. 62th ASMS Conference on Mass Spectrometry. Abstracts 2014; p181, Baltimore, MD, USA.

臼元洋介, 工藤恵子, 鮫島直美, 辻彰子, 池田典昭. 硫化水素中毒の3例. 第4回日本中毒学会九州地方会. 抄録集 2014; p15, 沖縄.

工藤恵子, 臼元洋介, 鮫島直美, 辻彰子, 池田典昭. 定量的データベースを用いた焼死体の死因・火災原因判断基準の作成(第1報). 第61回日本法医学学会学術近畿地方集会. 抄録集 2014; p28, 西宮.

〔図書〕(計2件)

工藤恵子, 池田典昭: 差分解説. 法医学. 薬毒物スクリーニング検査の精度向上と迅速化. 日本医事新報 2015; 4771: 56.

工藤恵子: 鈴木修・大野陽吉・須崎紳一郎・花尻(木倉)瑠理 監修. 薬毒物情報インデックス. 東京: 日本医事新報社. 2014.

〔その他〕

ガスクロマトグラフィー・質量分析用薬毒物データベース 著作権: 九州大学所有 (QC80006)

工藤恵子. アジ化物. 第5回法医中毒研究会セミナー 「シアン化物, アジ化物, 硫化物の分析」セミナーテキスト. 2016: p30-36, 東京.

6. 研究組織

(1)研究代表者

工藤 恵子 (KUDO KEIKO)
九州大学・大学院・講師
研究者番号: 10186405

(2)研究分担者

臼元 洋介 (USUMOTO YOSUKE)
横浜市立大学・大学院・講師
研究者番号: 50596822

辻 彰子 (TSUJI AKIKO)
九州大学・大学院・助教
研究者番号: 10171993

池田 典昭 (IKEDA NORIAKI)
九州大学・大学院・教授
研究者番号: 60176097