

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02399

研究課題名（和文）爆発物並びに化学兵器剤の使用者を特定するための新規科学技術の開発

研究課題名（英文）Development of new technology to identify the explosives and chemical weapons used in terrorist attacks.

研究代表者

今坂 智子（Imasaka, Tomoko）

九州大学・芸術工学研究院・講師

研究者番号：90193721

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：世界各国でテロ活動が多発しており、テロ活動を抑制する技術が求められている。テロで使われた物質を解析し、残留物から実施者を特定できれば、新たなテロ活動が抑制できる。各種の計測手段が用いられているが、感度や選択性の点で問題がある。レーザーでイオン化する方法は、波長を選ぶことにより目的とする物質を選択的にイオン化でき、かつ分子の解離も少ない。そこで高出力、信頼性が高いフェムト秒Ybレーザーをイオン化源とする実用的な質量分析計の開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界各国では爆発物や向精神薬、我が国ではサリンによるテロ事件などが起こっている。もしテロ活動を検証し、実施者を特定できればその抑止力になる。質量分析法は実試料中の多くの夾雑物の影響を抑制して目的物質を選択的に分析できるが、例えば爆発物の過酸化アセトン電子でイオン化すると分子が解離するので、同定することが難しい。フェムト秒レーザーでイオン化すると分子の解離が抑制され、高い感度と“ほどよい”選択性で分析できる。また分析対象物や類似体を一斉に微量分析することができる。

研究成果の概要（英文）：Terrorist attacks are occurring frequently in various countries around the world, and it needs to develop a technique to suppress this undesirable events. If the substances used in the terrorist attacks can be identified by the scientific analysis of the residues, it will prevent new terrorism in the future. A variety of techniques have been developed for this purpose. However, there are problems in terms of sensitivity and selectivity. Laser ionization mass spectrometry is useful to selectively ionize a target substance by optimizing the wavelength, suppressing dissociation of a molecule. We developed a mass spectrometer using a femtosecond Yb laser as an ionization source for practical trace analysis.

研究分野：分析化学

キーワード：テロ安全対策 レーザーイオン化 質量分析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 社会的背景

テロ事件は世界中で頻発しており、2018年の英国ではノビチョク剤、2019年のスリランカでは爆発物による事件が発生し、邦人の死傷も報告されている。わが国でも1995年の地下鉄サリン事件で多くの被害者を出した。近隣国の中には相当数の化学兵器剤を保有している国もあると言われており、国民の不安が高まっている。もしテロ活動を検証し、実施者を特定できれば、テロ活動の抑止力となる。

(2) 学術的背景

実試料には多くの夾雑物が含まれている。質量分析法は妨害する成分を抑制して目的物質を選択的に分析できるが、スリランカで使用された爆発物の過酸化アセトン電子をイオン化すると分子が解離するので、同定が難しい。フェムト秒レーザーでイオン化すると分子の解離が抑制され、高い感度と“ほどよい”選択性で分析できる。このため分析対象物や類似体を一斉に微量分析できる。

2. 研究の目的

(1) 現在の課題

実試料には多くの妨害物質が含まれているので、これらの影響を抑制して目的物質を測定する必要がある。一方、大量生産される攻撃用の化学兵器剤には多くの副生成物が含まれ、その種類や濃度を測定できればテロ実施者を特定する知見が得られる。このため無関係な妨害物の影響を排除し、かつ化学兵器剤とその副生成物を一斉に分析できる計測技術が望まれる。しかし通常の質量分析法では、このような相反する要求を満たすことは難しい。

(2) これまでに得られた知見

量子化学計算で理論的に予測したイオン化エネルギーや吸収スペクトル(図1)を基にレーザー波長を最適化すると効率よくイオン化できる。化合物を正しく確認するには分子イオンの検出が不可欠であるが、余剰エネルギー(図2)を小さくすると解離が抑制されて分子イオンを明瞭に観測できる。また現場で採取した試料をガスクロマトグラフで分離して質量分析すると、類似物質も一斉に検出できるので試料の特徴を明らかにできる。

(3) 解決する課題

本研究では、実用性が高いファイバーレーザーをイオン化源として用いることにより、現場でオンサイト・リアルタイム計測、及びテロ事件後に採取した試料を高感度に一斉分析してテロ実施者を特定できる実用的な質量分析計を開発する。

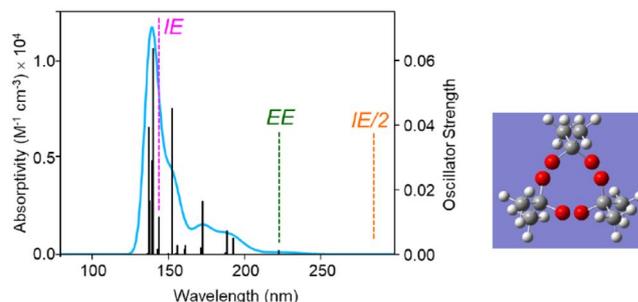


図1 TATPの吸収スペクトルの理論予測

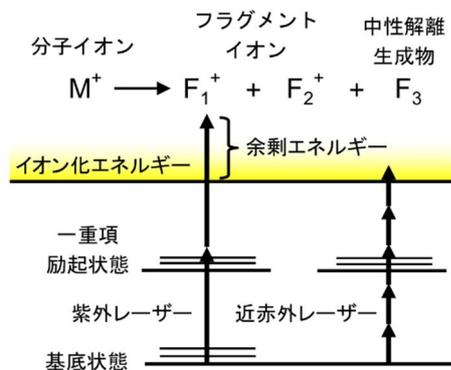


図2 分子の光イオン化過程

3. 研究の方法

(1) 飛行時間型質量分析計の開発

以下に述べる新技術により高感度、小型、高分解能、低価格、高信頼性、利便性に優れたフェムト秒レーザーイオン化質量分析計を開発する。

小型質量分析計

図3は、新規に設計した質量分析計の3次元構造である。イオンの飛行距離は6 cmであり、飛行時間を1 μsまで短縮できる。これにより高繰り返しレーザーをイオン化光源として利用できるようにする。本体の大きさはわずか20 cm角である。試料はシリカキャピラリーから連続的に導入できる。試料導入部は300 °Cまで加熱でき、高沸点化合物も分析可能である。

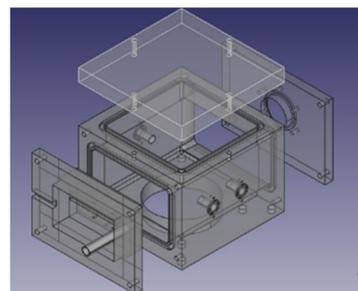


図3 小型質量分析計の設計図

時間相関単一イオン計数測定

図4のように、レーザーパルスとイオン信号パルスの時間間隔を測定し、その値を蓄積したヒストグラムから質量スペクトルを求める。この方式は計測器からの雑音を低減できるので、高感度な測定が行える。一般に測定信号の幅は検出器と計測器の応答時間により決まるので、高い時間分解能が期待できない。しかし、本研究ではレーザーと信号の時間間隔をデジタル測定するので、検出器や計測器の応答時間の制限を受けず、信号が到着する時間の揺らぎにより時間分解能が決まる。このため分解能を約10倍高くできる。この方式を用いて、実用上十分な質量分解能を達成する。

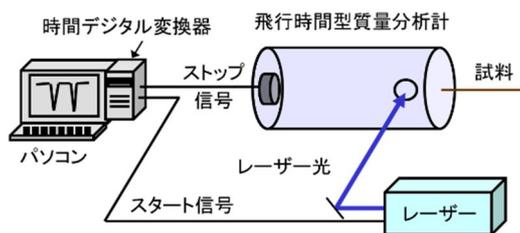


図4 質量分析装置の概略図

フェムト秒 Yb ファイバーレーザー

本研究では、繰返し速度が1 MHz 前後のフェムト秒 Yb レーザーを用い、非線形光学効果を用いて近赤外光(1030 nm)から可視光(515 nm)、近紫外光(343 nm)、紫外光(258 nm)、深紫外光(206 nm)を発生させる。これをイオン化源として上記の 1)及び 2)と組み合わせることにより、高感度、高分解能の質量分析計を開発する。

(2) オンサイト・リアルタイム計測技術の開発

試料を1秒の時間間隔でリアルタイム計測できる方法を開発する。また、10 m 前後の長尺プローブを用いて遠隔から試料を迅速に採取できるようにする。過酸化アセトンなどの爆発物については標準試料を購入し、所定の濃度、体積の溶液をガラス基板上に蒸発させて分析する。神経ガスなどについては、法律上の制約により実験できないので、図5に示した無毒で化学構造及び分光学的性質が類似した化合物(DIMP)を用いて開発した装置の有用性を示す。

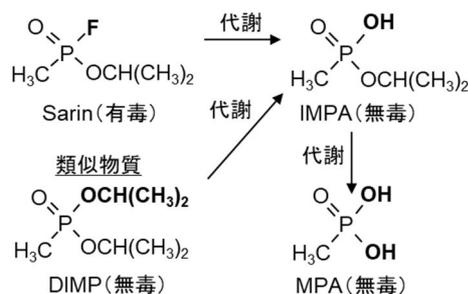


図5 化学兵器剤と類似物質と代謝物

(3) テロ実施者の特定のための計測技術の開発

化学兵器剤を吸入した被害者の尿に含まれる代謝物を測定すれば、テロ実施者に関する知見が得られる。しかし、神経ガス代謝物は水酸基(-OH)があり、分子の極性が高い。このためガスクロマトグラフ/質量分析では、気化できるように試料分子を誘導体化しておく必要がある。そこで、イオン化効率が高い置換基にプロモメチル基(-CH₂Br)を結合した誘導体化試薬を用いて神経ガス代謝物の水酸基(-OH)部分と反応させて測定する(文献1)。

4. 研究成果

実試料には多くの妨害物質が含まれているので、その影響を抑制して目的物質を測定する必要がある。一方、大量生産される化学兵器剤には多くの副生成物が含まれ、その種類や濃度を測定できればテロ実施者を特定する知見が得られる。このため妨害物の影響を排除し、かつ化学兵器剤とその副生成物を一斉に分析できる計測技術が望まれる。そこで本研究では、実用性が高いフェムト秒 Yb レーザーをイオン化源としてオンサイト・リアルタイム計測、及びテロ事件後に採取した試料を高感度に一斉分析してテロ実施者を特定できる実用的な質量分析計を、以下のように開発した。

(1) 飛行時間型質量分析計の開発

(2020年)・・・イオンの飛行距離が6.5 cm(図6)で、飛行時間を1 μs 前後まで短縮できる小型の飛行時間型質量分析計(図7)を開発した。これにより高繰り返しフェムト秒 Yb レーザーをイオン化光源として利用できるようになった。試料はシリカキャピラリーから連続的に導入し、高沸点化合物を分析できるようにした。レーザーパルスとイオン信号パルスの時間間隔を測定し、その値を蓄積したヒストグラムから質量スペクトルを求めるため、市販装置のTimeHarpを用いて時間相関単一イオン計数測定を行った。クロロベンゼンを用いて質量分解能を確認したところ670の値が得られた。また検出感度についても、積算時間を1時間程度延長することにより、毎秒0.3 カウント程度の微弱なイオン信号でも明瞭な質量ピークが観測できることがわかった。また、繰返し速度が120 kHzの

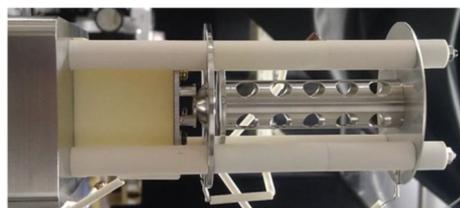


図6 質量分析計内の飛行管部分



図7 開発した小型質量分析計内

フェムト秒 Yb レーザーの基本波 (1030 nm) から可視光 (515 nm)、近紫外光 (343 nm)、紫外光 (257 nm)、深紫外光 (206 nm) を発生させた。これをイオン化源として、各要素を組み合わせた質量分析計を開発した。

(2021 年)・・・当初の研究計画に従って研究を行い、概ね順調に進展した。すなわち、繰返し速度が 1 MHz 前後のフェムト秒 Yb レーザーを用い、非線形光学効果を用いて近赤外光 (1030 nm) から可視光 (515 nm)、近紫外光 (343 nm)、紫外光 (257 nm)、深紫外光 (206 nm) を発生させ、これらの 2 つを組み合わせると同時にイオン化源として用い、小型飛行時間型質量分析計及び時間相関単一イオン計数装置と組み合わせる高感度、高分解能の質量分析計を開発した。

(2022 年)・・・高感度、小型、高分解能、低価格、高信頼性、利便性に優れたフェムト秒レーザーイオン化質量分析計を開発した。レーザーの繰返し速度を大きくしたときに質量スペクトルが重ならないように、イオンの飛行時間をできるだけ短くするためリペラー電極に 5 kV (MHV コネクターの最大電圧) まで印加できるようにした。

(2) オンサイト・リアルタイム計測技術の開発

(2020 年度)・・・試料を 1 秒間隔で測定できる方法を開発した。また、30 m 前後の長尺プローブで遠隔から試料を迅速に採取できるようにした。過酸化アセトンなどの爆発物については標準試料を購入し、ガラス基板上に蒸発させて分析した。サリンなどの化学兵器剤については、化学構造及び分光学的性質が無毒な類似物質を用いて、オンサイト・リアルタイム測定できることを確認した (図 8)。

(2021 年度)・・・質量分析計と光電子分光装置を同時に測定できる新しい計測装置を開発し、クロロベンゼンを用いてその性能を明らかにした。まず、サブナノ秒 YAG レーザー (第四高調波 266 nm、出力 80~100 mW) をイオン化光源とする質量分析計を開発した。レーザーを含めた分析装置のサイズは約 40 × 45 × 105 cm、質量分解能は 350~400 であった。さらにフェムト秒 Yb レーザーを用いて同様の結果が得られた。開発装置を用いて質量分析と光電子分光の両方が行えることを示し、期待した成果が得られることを確認した。

(2022 年度)・・・第四高調波 (257 nm)、第五高調波 (206 nm) 及びその組み合わせ (257 + 206 nm) を用いる方法について検討し、分子イオンが増強できる分析条件を探索し、検出感度を求めた。

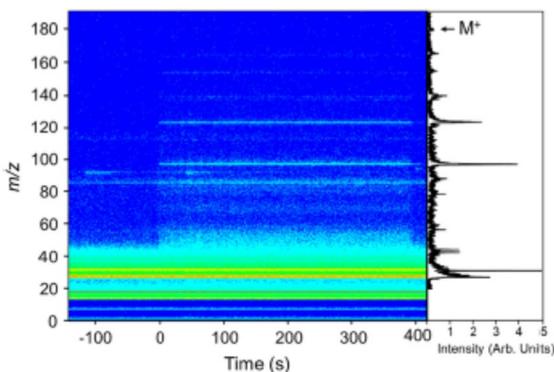


図 8 サリンの類似物質 DIMP のオンサイト・リアルタイム計測の結果

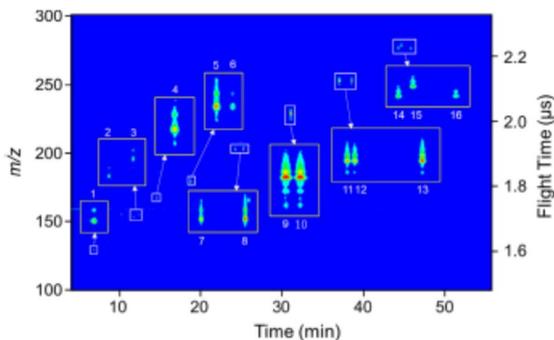


図 9 多環芳香族の測定。16 種全てを検出できた。

(3) テロ実施者の特定のための計測技術の開発

(2020 年度)・・・精密測定を行うため、開発装置をガスクロマトグラフ装置と結合した。有用性を示すため、発がん性多環芳香族化合物の混合物を分析した (図 9)。検出限界等により既報の結果と比較して十分な分析感度をもつ事を示した。

(2022 年度)・・・試料に含まれる多数の化合物を正確に測定するためガスクロマトグラフと組み合わせた。フェムト秒 Yb レーザーの第三高調波 (343 nm)、第四高調波 (257 nm)、第五高調波 (206 nm) 及びこれらを組み合わせるとニトロ芳香族化合物を測定する方法について検討した。その結果、第三高調波と第四高調波を組み合わせると共鳴イオン化となり、かつ余剰エネルギーが最小化できることがわかった。また、検出限界は通常の電子イオン化質量分析計の場合より数桁低いことが確かめられた。2 つの光パルスの時間遅延を変化させるポンプ - プローブ法によりフェムト秒時間スケールの励起寿命を測定できた。またディーゼル排ガスから採取した微粒子に含まれるニトロ芳香族化合物を網羅的に測定できることも示した。

(引用文献)

1. Determination of Nerve Agent Metabolites in Human Urine by Femtosecond Laser Ionization Mass Spectrometry Using 2-(bromomethyl)naphthalene as a Derivatizing Reagent, V. V. Son, H. Nakamura, T. Imasaka, T. Imasaka, Analytica Chimica Acta, 1069, 82-88 (2019).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Madunil Siddihalu Lakshitha, Imasaka Totaro, Imasaka Tomoko	4. 巻 94
2. 論文標題 Determination of Barbiturates by Femtosecond Ionization Mass Spectrometry	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 14691 ~ 14698
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.2c03077	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yoshinaga Katsunori, Hao Nguyen V., Imasaka Totaro, Imasaka Tomoko	4. 巻 1203
2. 論文標題 Miniature time-of-flight mass analyzer for use in combination with a compact highly-repetitive femtosecond laser ionization source	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Analytica Chimica Acta	6. 最初と最後の頁 339673 ~ 339673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.aca.2022.339673	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Madunil Siddihalu Lakshitha, Imasaka Totaro, Imasaka Tomoko	4. 巻 33
2. 論文標題 Comprehensive Analysis of Analogues of Amine-Related Psychoactive Substances Using Femtosecond Laser Ionization Mass Spectrometry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Society for Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 90 ~ 99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jasms.1c00282	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Wen Lu, Jin Fengdan, Imasaka Totaro, Imasaka Tomoko	4. 巻 1656
2. 論文標題 Esterification of perfluorinated carboxylic acids with bromomethyl aromatic compounds for gas chromatography combined with laser ionization mass spectrometry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Chromatography A	6. 最初と最後の頁 462546 ~ 462546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chroma.2021.462546	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Totaro Imasaka, Tomoko Imasaka	4. 巻 1642
2. 論文標題 Femtosecond ionization mass spectrometry for chromatographic detection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Chromatography A	6. 最初と最後の頁 462023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chroma.2021.462546	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Thang Dinh Phan, Adan Li, Hiroshi Nakamura, Tomoko Imasaka, Totaro Imasaka	4. 巻 31
2. 論文標題 Single-Photon Ionization Mass Spectrometry Using a Vacuum Ultraviolet Femtosecond Laser	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Society for Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 1730-1737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jasms.0c00154	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Siddihalu Lakshitha Madunil, Totaro Imasaka, and Tomoko Imasaka	4. 巻 92
2. 論文標題 Suppression of Fragmentation in Mass Spectrometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 16016-16023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.0c03615	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuta Nakano, Tomoko Imasaka, and Totaro Imasaka	4. 巻 92
2. 論文標題 Generation of a Nearly Monocycle Optical Pulse in the Near-Infrared Region and Its Use as an Ionization Source in Mass Spectrometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 7130-7138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.0c00542	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tiantian Ju, Katsunori Yoshinaga, Tomoko Imasaka, H. Nakamura, Totaro Imasaka	4. 巻 36
2. 論文標題 Time-Correlated Single Ion Counting Mass Spectrometer with Long and Short Time-of-Flight Tubes and an Evaluation of Its Performance for Use in Trace Analysis of Allergenic Substances	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 539-543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.19SBP03	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Tomoko Imasaka, Totaro Imasaka
2. 発表標題 Development of a Miniature Time-of-Flight Mass Analyzer for Combination with a Highly-Repetitive Femtosecond Laser Source and a Time-Correlated Single Ion Counting System
3. 学会等名 The 12th International Conference on Photonics and Applications (ICPA-21) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoko Imasaka, Totaro Imasaka
2. 発表標題 Generation of an Ultrashort Optical Pulse in the Near-Infrared and Vacuum-Ultraviolet Regions for Use as the Ionization Source in Mass Spectrometry
3. 学会等名 The 12th International Conference on Photonics and Applications (ICPA-21) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuta Nakano, Katsunori Yoshinaga, Totaro Imasaka, and Tomoko Imasaka
2. 発表標題 Generation of an Ultrashort Optical Pulse in the Near-Infrared and Ultraviolet Regions and Mass Spectrometry Using an Ultrashort Optical Pulse as the Ionization Source
3. 学会等名 NTNU-Kyushu University Joint Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今坂 智子
2. 発表標題 レーザーイオン化質量分析の開発と応用
3. 学会等名 日本学術振興会R026 先端計測技術の将来設計委員会 第11回研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 L. Wen, K. Yoshinaga, T. Imasaka, T. Imasaka
2. 発表標題 Femtosecond laser ionization mass spectrometry of nitro polycyclic aromatic hydrocarbons in the ultraviolet
3. 学会等名 第82回 分析化学会討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野原 千聖、吉永 勝法、今坂 藤太郎、今坂 智子
2. 発表標題 小型サブナノ秒レーザーをイオン化光源とする実用的な飛行時間型質量分析計の開発と応用
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Nakano, T. Imasaka, T. Imasaka
2. 発表標題 Generation of a Nearly-Monocycle Optical Pulse in the Near-Infrared Region and Its Application to Mass Spectrometry
3. 学会等名 2021 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Nakano, T. Imasaka, T. Imasaka
2. 発表標題 Generation of a Shortest Optical Pulse in the Near Infrared and Its Application to the Ionization Source in Mass Spectrometry
3. 学会等名 Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS XV) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Yoshinaga, T. Imasaka, T. Imasaka
2. 発表標題 Compact Mass Analyzer for Application to Laser Ionization Mass Spectrometry
3. 学会等名 Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS XV) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Yoshinaga, T. Imasaka, T. Imasaka
2. 発表標題 On-line Monitoring of Acetone in the Air Using Femtosecond Laser Ionization Mass Spectrometry
3. 学会等名 Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS XV) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 L. Wen, T. Imasaka, T. Imasaka
2. 発表標題 Derivatization of Perfluorinated Carboxylic Acids for Gas Chromatography Combined with Laser Ionization Mass Spectrometry
3. 学会等名 Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS XV) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中野雄太、今坂智子、今坂藤太郎
2. 発表標題 近赤外超短パルス光の発生とこれをイオン化光源とする質量分析の研究
3. 学会等名 日本分析化学会 第70回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉永勝法、今坂智子、今坂藤太郎
2. 発表標題 時間相関単一イオン計数法に基づくフェムト秒Ybレーザーイオン化 / 超小型飛行時間型質量分析計の開発
3. 学会等名 日本分析化学会 第70回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 L. Wen, F. Jin, T. Imasaka, T. Imasaka
2. 発表標題 Benzyl esterification of perfluoroalkyl carboxylic acids for gas chromatography combined with laser ionization mass spectrometry
3. 学会等名 日本分析化学会 第70回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. D. Phan, A. Li, 中村博、今坂智子、今坂藤太郎
2. 発表標題 真空紫外フェムト秒光パルスの発生とこれをイオン化光源とするアミノ多環芳香族化合物の質量分析
3. 学会等名 日本分析化学会 第70回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今坂智子、S. L. Madunil、L. Wen、吉永勝法、今坂藤太郎
2. 発表標題 フェムト秒レーザーイオン化質量分析法の開発とその応用
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Lu Wen, Totaro Imasaka, Tomoko Imasaka
2. 発表標題 Derivatization of Perfluorocarboxylic Acids with 2-Bromomethylnaphthalene for Gas Chromatography Combined with Flame Ionization Detection/Laser Ionization Mass Spectrometry
3. 学会等名 日本分析化学会 第69回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Siddihalu Lakshitha Madunil, Totaro Imasaka, Tomoko Imasaka
2. 発表標題 Laser Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry of Drug-Related Compounds
3. 学会等名 日本分析化学会 第69回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉永勝法、今坂藤太郎、今坂智子
2. 発表標題 高繰り返しフェムト秒Ybレーザーをイオン化光源とする小型飛行時間型質量分析計の開発
3. 学会等名 日本分析化学会 第69回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Ju, K. Yoshinaga, T. Imasaka, H. Nakamura, T. Imasaka
2. 発表標題 Time-Correlated Single Ion Counting Mass Spectrometer with Long and Short Time-of-Flight Tubes and the Use in Trace Analysis of Allergenic Substances
3. 学会等名 Pittcon 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

九州大学 研究者情報 https://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K003584/research.html 九州大学-pure https://kyushu-u.pure.elsevier.com/ja/persons/tomoko-imasaka 今坂智子研究室 http://imasaka-lab-kyushu-univ.com/index.html Tomoko Imasaka Laboratory http://english.imasaka-lab-kyushu-univ.com/

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
ベトナム	ベトナム科学技術アカデミー		
中国	燕山大学		