

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 28 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22550081

研究課題名（和文） ナノスケール大気粉塵中微量元素のリアルタイム分析による発生源の推定

研究課題名（英文） Estimation of airborne particulate sources by real time analysis of trace elements in nano-scale airborne particulates

研究代表者

古田 直紀（NAOKI FURUTA）

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：90101055

研究成果の概要（和文）：1 μm 以下のナノスケール大気粉塵を ICP-MS に直接導入し大気粉塵中微量元素濃度をリアルタイムモニタリングすることに成功した。大気粉塵（AP）のリアルタイムデータと走査透過型電子顕微鏡（STEM）を用いた大気粉塵一粒子の形状観察結果を、風向・降雨等の気象要素と照合して、大気粉塵の発生源を解明した。

研究成果の概要（英文）：It was succeeded that nano-scale airborne particulates (AP) were directly introduced into ICP-MS. Based on the real time data of AP, morphology of a single AP observed by STEM, and meteorological data such as wind direction and precipitation, the sources of AP were elucidated.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012 年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・分析化学

キーワード：ナノ粒子・リアルタイムモニタリング・ナノスケール大気粉塵・大気粉塵一粒子計測・ICP 直接導入・ICP-MS・起源の推定・風向・風速との相関

1. 研究開始当初の背景

疫学的な調査により、2.5 μm 以下の大気粉塵濃度（PM_{2.5}）と死亡率とに強い相関があることが 1993 年に報告されて以来、アメリカでは PM_{2.5} の規制が開始されている。日本でも 2009 年より PM_{2.5} の規制が始まった。最近、ナノテクノロジーによって生成されるナノ粒子による健康影響が問題となっているが、より身近な大気粉塵にも、ナノ粒子が多量に存在している。数濃度で考えると大気粉塵中にはナノ粒子が圧倒的に多いことを我々の研究室で明らかにした。大気粉塵中に含まれるナノ粒子の起源としては、ディーゼル排ガス粒子、廃棄物焼却飛灰、自動車関連磨耗物質（ブレーキパッド、タイヤの磨耗等）、天

然植物燃焼（野焼）等が考えられる。

これまで、我々の研究室では、東京都文京区にある中央大学理工学部校舎内で、1995 年 5 月より 18 年間に渡り、大気粉塵を粒径別（< 2 μm、2-11 μm、11 μm 以上の 3 段階）に捕集し、その中の微量元素濃度をモニタリングし続けている。重量濃度で比較すると 2 μm 以下の大気粉塵が最も多く、全体の約 70% を占めている。その < 2 μm の大気粉塵中に鉛（Pb）、カドミウム（Cd）、ヒ素（As）、セレン（Se）、アンチモン（Sb）などの元素が、地殻の濃度と比較して 1000 倍から 10000 倍も濃縮していることを明らかにした。

さらに、我々はナノスケール大気粉塵のキャラクタリゼーションのため、大気粉塵を粒径

別に 13 段階 (< 0.06, 0.06-0.12, 0.12-0.20, 0.20-0.30, 0.30-0.50, 0.50-0.70, 0.70-1.2, 1.2-2.1, 2.1-3.6, 3.6-5.2, 5.2-7.9, 7.9-11, > 11 μm) に分級し、走査型電子顕微鏡 (SEM) -エネルギー分散型 X 線分光計 (EDX) を用いた解析も行った。その結果、フィルター上に捕集した大気粉塵の粒径分布、一粒子の形状及びその化学組成を計測すると、その起源を推定するのに有用な情報が得られることが分かった。しかしながら、SEM-EDX で一粒子計測を行なおうとすると、炭素 (C) や硫黄 (S) などの主成分元素は検出できるが、発生源を同定する上で重要な指標となる微量元素濃度を正確に測定することは困難であった。粒径が 1 μm 以下のナノスケールとなると、1 粒子中に含まれる原子の個数が急激に減少するので、SEM-EDX による微量元素の定量は不可能になる。そこで、1 μm 以下のナノスケール大気粉塵を捕集して、その中の微量元素濃度を測定することをあきらめ、その代わりに、1 μm 以下の大気粉塵を直接プラズマの中に導入し、その中の微量元素を測定するという着想に至った。

2. 研究の目的

粒径 1 μm 以下のナノスケール大気粉塵に含まれる微量元素のリアルタイム分析結果と、気象データ、元素のデータベース、粒子形状のデータベースとを照合して統計解析することで、人体への有害性が懸念されているナノスケール大気粉塵の発生源を明らかにする。本研究で得られた結果は、大気粉塵規制に関する行政施策の際に、何を規制すれば良いかの貴重な情報を与える。

本研究は、空気と Ar のガス置換を可能にする多孔質膜ガス交換器を ICP-MS の導入系に連結することによって、大気中の大気粉塵を希釈することなく直接プラズマに導入し、大気粉塵中の微量元素濃度をリアルタイムモニタリングしようとするものである。このシステムを構築することで、大気粉塵における微量元素濃度の時間的変化を追跡し (3 分毎)、これまで困難であった大気中微量元素濃度のリアルタイム変化を明らかにすることが可能になる。さらに、大気粉塵を粒径ごとに捕集し、その形状を走査型透過電子顕微鏡 (STEM) により観察を行い、大気粉塵の粒径分布及び形状を明らかとする。これら 2 種類の測定データに加えて、風向・降雨などの気象データ、これまで蓄積した元素のデータベース及び粒子形状のデータベースの 3 種類のデータベースと照らし合わせることで、人体への有害性が懸念されているナノスケール大気粉塵の詳細な発生源を解明する。

3. 研究の方法

(i) ナノスケール大気粉塵中微量元素のリアルタイム分析

大気粉塵を大気中に浮遊させたまま多孔質膜ガス交換器を通した後、PM_{1.0}インパクタを用いて、粒径 1 μm 以下のナノスケール大気粉塵を ICP-MS に導入する。粒径 1 μm 以下の粒子であれば、プラズマ中で完全に分解することができると考えた。1 粒子毎の多元素分析ができるのが理想的であるが、多元素を分析するには、観測されるスパイク状の信号を 3 分間積分し、3 分間の平均値を測定する方が実用的である。3 分間の間隔でも、従来、数時間から数日かかっていたことを考えると、時々刻々と変化する変動を押さえることができる。対象とする測定元素は、Pb, Cd, As, Se, Sb, Cu, Ba, Tl, Mn の 9 元素とする。なお、ICP-MS の感度は、レーザーアブレーション装置によりガラス標準物質をアブレーションし、アブレートしたガラス粒子の内、1 μm 以下の粒子を PM_{1.0}インパクタで選別してプラズマに導入させることで校正する。

(ii) 各気象要素とリアルタイム分析結果の解析による大気粉塵発生源の解明

大気試料の直接導入による大気粉塵中微量元素のリアルタイムモニタリングと STEM を用いた大気粉塵一粒子の形状観察結果を、風向・降雨等の気象要素 (アメダス、気象台等の公開データ)、当研究室で集積してきた元素のデータベース (固定発生源の元素プロフィールや季節変化) 及び粒子形状のデータベースと照合して統計解析を行い、大気粉塵の発生源を解明する。感度校正のもう一つの方法として、常温で僅かに昇華圧を有する金属のカルボニル錯体を封入したセルとアルゴンガスの流路を連結させた標準ガス発生装置内で、金属カルボニル錯体を昇華させ ICP-MS に導入させることで校正する。さらに、Pb, Cd, As, Se, Sb, Cu, Ba, Tl, Mn の 9 元素以外の微量元素を、ICP-MS を用いて定量する。

4. 研究成果

2010 年度

【積分時間 10 ms を用いた大気粉塵単一ナノ粒子の測定】80 m のタイゴンチューブを 5 号館屋上より 1 階の実験室まで設置し大気粉塵を 750 ml/min で吸引できるようにした。その一部を 250 ml/min の速度で取り出し、DMA (微分型静電分級器) を用い粒径毎に分け更にエアロゾルパーティクル質量分析計 (APM) を用いて質量毎に分け、特定の比重を持つ大気粉塵を選択した。その後、選択した大気粉塵を損失することなく空気ガスをアルゴンガスに変換するため、ガス交換装置を通し ICP-MS に直接導入した。検出されるスパイク状の信号を校正するため、脱溶媒装置を取り付けた超音波ネブライザーにより

鉛標準溶液を噴霧して生成したエアロゾルをバイパスより ICP-MS に直接導入した。直径 90 nm で質量が 0.458 fg の大気粉塵単一ナノ粒子中の鉛濃度は 14~17%であった。30 秒間に検出されたスパイク状の信号から鉛全量を求め、鉛の大気粉塵濃度として 34.4 pg/m³を算出した。粒径別大気粉塵を 13 段階に濾紙上に捕集した後、フィルターごと酸分解して求めた鉛全量濃度は 26.3 pg/m³であり、2σ 以内で一致を示した (雑誌論文 3 番)。

【積分時間 10 ms を用いた 2.5 μm 以下の大気粉塵の測定】DMA と APM を取り外し、2.5 μm 以下の大気粉塵 (PM_{2.5}) を吸引しサンプリングした。その後、選択した大気粉塵を損失することなく空気ガスをアルゴンガスに変換するため、ガス交換装置に通し ICP-MS に直接導入した。検出されるスパイク状の信号を校正するため、脱溶媒装置を取り付けた超音波ネブライザーにより鉛標準溶液を噴霧して生成したエアロゾルをバイパスより ICP-MS に直接導入した。PM_{2.5} の大気粉塵中の鉛平均濃度は 3.92 ng/m³であったが、一つ一つの粉塵中の鉛濃度は 0~2000 ng/m³と大きく変動した。粒径別大気粉塵を 3 段階に濾紙上に捕集した後、フィルターごと酸分解して求めた鉛全量濃度は 9.01 ng/m³であり、2σ 以内で一致を示した。

2011 年度

【装置の校正】装置校正のため、超音波ネブライザー (USN) 及び脱溶媒装置から導入したエアロゾル状の Cr と、標準ガス発生装置から導入した Cr(CO)₃ ガスの信号強度の比較から USN の導入効率を正確に求めた。同様に USN から噴霧されたエアロゾルをシリンジフィルター上に捕集した。これを 0.1 M HNO₃ 10 mL を用いて抽出を行い、抽出物の信号強度から Pb を含む 12 元素 (Cr, Ti, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Sb, Ba, Pb) の導入効率を算出した。標準ガスを用いて算出した USN の Cr 導入効率及びフィルター捕集により算出した USN の Cr 導入効率は、それぞれ 11.1±0.1 及び 11.6±0.1% と良い一致を示した。同様に、フィルター捕集により算出した導入効率は Cr 及び検討を行ったその他 11 元素で良い一致を示した (雑誌論文 8 番)。

【粒径 1.0 μm 以下の大気粉塵のリアルタイムモニタリング】インパクターを通して粒径 < 1.0 μm の AP を選定し、その一部を分岐させた。その後、ガス交換器を通してガス分子を空気から Ar に変換させ (雑誌論文 8 番)、ICPMS に直接導入し、リアルタイム測定を行った。同時に AP をニトロセルロースフィルター (孔径 0.025 μm) 上に捕集した。測定終了と同時にフィルターを回収し、マイクロ波分解を行った。測定は Pb を含む 15 元素の多元素分析を行った。リアルタイム測定及びフィルター捕集による平均濃度は 7 元素で良い一

致を示したが、残りの 8 元素では一致しなかった。酸化物の融点及び沸点が低い元素は 62-132% と比較的良い回収率を示したが、酸化物の融点及び沸点の高い元素に関しては回収率が 50% 以下であった。このことから、AP が ICPMS のプラズマに導入された際に酸化物として存在している元素が完全に気化されていない事実が明らかとなった。

2012 年度

【リアルタイムモニタリングの実施】粒径 1 μm 以下の大気粉塵を直接プラズマ (ICP) に導入し、ICP-MS を用いて 2.5 分の間隔でリアルタイムモニタリングを 2011 年 11 月 9 日、16 日及び 12 月 12 日、13 日に実施した。

【回収率の補正】粒径 1 μm 以下の大気粉塵をサンプリングしている時に、一部の粉塵をフィルター上に捕集し、大気粉塵中の金属元素を定量した。リアルタイムモニタリングで観測されたスパイク状の信号は、脱溶媒装置を取り付けた超音波ネブライザーを用いて定量した。モニタリングデータをフィルター捕集のデータで割り、金属の回収率を求めた結果、V, Co, As, Mo, Sb, Tl, Pb などの酸化物の融点の低い元素は回収率が 100% であるのに対し、Ti, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Sn, Ba などの酸化物の融点の高い元素は回収率が低かった。この原因はプラズマの中に直接導入された大気粉塵が、完全に原子化されイオン化されていない為だと考えられる。リアルタイムモニタリングのデータは回収率を考慮に入れ、補正を行った。

【発生源の推定】粒径 1 μm 以下の大気粉塵中に含まれる 15 元素 (Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Sn, Sb, Ba, Tl, Pb) の濃度を求めることに成功した。その結果、風向と元素の濃度に相関のあることが明らかとなった。南風が吹く時、V, Ni, Cu, Zn, Ba の濃度は高くなり、Cr, Mn, As, Sn, Tl は北風が吹く時、高くなる傾向が見られた。一方、Ti, Sb, Pb は南風が吹く時にも北風が吹く時にも共に濃度が高くなった。それぞれの起源を推定し、重油燃焼 (V, Ni)、金属工業 (Co, Cu, Zn, Ba)、焼却場 (Cr, Mn, As, Sn, Tl)、焼却場と重油燃焼 (Sb, Pb)、土壌 (Ti) などの起源を推定した (雑誌論文 8 番)。

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 11 件)

1. Y. Suzuki, Y. Hashiura, T. Sakai, T. Yamamoto, T. Matsukawa, A. Shinohara and N. Furuta, "Selenium metabolism and excretion in mice after injection of ⁸²Se-enriched selenomethionine", *Metallomics*, 5(5), 445-452 (2013). 査読有
2. Y. Suzuki, H. Sato, K. Hiyoshi and N.

- Furuta, “Quantative real-time monitoring of multi-elements in airborne particulates by direct introduction into an inductively coupled plasma mass spectrometer”, *Spectrochim. Acta Part B*, 76(10), 133-139 (2012). 査読有
3. Y. Suzuki, T. Sakai and N. Furuta, “Isolation of Selenoprotein-P and determination of Se concentration incorporated in proteins in human and mouse plasma by tandem heparin affinity and size-exclusion column HPLC-ICPMS”, *Anal. Sci.*, 28(3), 221-224 (2012). 査読有
 4. Y. Suzuki, H. Sato, K. Hiyoshi and N. Furuta, “Quantative real-time monitoring of multi-elements in airborne particulates by direct introduction into an inductively coupled plasma mass spectrometer”, *Spectrochim. Acta Part B*, 76, 133-139 (2012). 査読有
 5. Y. Suzuki, T. Sakai and N. Furuta, “Isolation of Selenoprotein-P and determination of Se concentration incorporated in proteins in human and mouse plasma by tandem heparin affinity and size-exclusion column HPLC-ICPMS”, *Anal. Sci.*, 28(3), 221-224 (2012). 査読有
 6. Y. Suzuki, S. Hikida and N. Furuta, “Cycling of rare earth elements in the atmosphere in central Tokyo”, *J. Environ. Monit.*, 13(12), 3420-3428 (2011). 査読有
 7. Y. Suzuki, T. Suzuki and N. Furuta, “Determination of rare earth elements (REEs) in airborne particulate matter (APM) collected in Tokyo, Japan, and a positive anomaly of europium and terbium”, *Anal. Sci.*, 26(9), 929-935 (2010). 査読有
 8. 倉田圭悟, 鈴木美成, 古田直紀, “イオンクロマトグラフィー-誘導結合プラズマ質量分析法及びエレクトロスプレーイオン化-質量分析法を用いた水道水中の臭素の化学形態別分析”, *分析化学*, 59(9), 811-816 (2010). 査読有
 9. Y. Suzuki, H. Sato, S. Hikida, K. Nishiguchi and N. Furuta, “Real-time monitoring and determination of Pb in a single airborne nanoparticle”, *J. Anal. At. Spectrom.*, 25(7), 947-949 (2010). 査読有
 10. Y. Suzuki, Y. Hashiura, K. Matsumura, T. Matsukawa, A. Shinohara and N. Furuta, “Dynamic pathways of selenium metabolism and excretion in mice under different selenium nutritional statuses”, *Metallomics*, 2(2), 126-132 (2010). 査読有
 11. A. Iijima, K. Sato, T. Ikeda, H. Sato, K. Kozawa and N. Furuta, “Concentration distribution of dissolved Sb(III) and Sb(V) species in size-classified inhalable airborne particulate matter”, *J. Anal. At. Spectrom.*, 25(3), 356-363 (2010). 査読有
- [学会発表] (計 40 件)
1. D. Suzuki, Y. Suzuki, and N. Furuta, 「Signal enhancement effects by co-existing carbon in inductively coupled plasma optical emission spectrometry」, SCIX2012, 2012.10.2, Kansas City Hotel at Crown Center, Kansas City, U.S.A..
 2. N. Furuta, Y. Suzuki, Y. Hashiura, T. Sakai, T. Yamamoto, T. Matsukawa, and A. Shinohara, 「Elucidation of selenium metabolism by tracer experiment of mice injected with selenium stable isotopes」, SCIX2012, 2012.10.1, Kansas City Hotel at Crown Center, Kansas City, U.S.A., Invited Lecture.
 3. 佐藤旬、五百磐徹、鈴木美成、古田直紀 「LA-ICPMS 及び Au 標識化抗体を用いた Se 及び Au 同時検出による Selenoprotein P の同定」日本分析化学第 61 年会 2012 年 9 月 20 日、金沢大学.
 4. 鈴木美成、辻野絢也、古田直紀 「Nano HPLC-ICPMS を用いた定量的リン酸化解析」第 3 回メタロミクス研究フォーラム 2012 年 8 月 30 日、昭和薬科大学.
 5. N. Furuta, 「Cycling of rare earth elements in the environment」, 2012 Asia-Pacific Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, 2012.8.27, Ramada Hotel, South Korea, Invited Lecture.
 6. 日吉一浩、鈴木美成、古田直紀 「粒径別大気粉塵中の主要元素と微量元素の長期モニタリングと発生源の解明」第 72 回分析化学討論会 2012 年 5 月 20 日、鹿児島大学.
 7. 辻野絢也、鈴木美成、古田直紀 「Nano HPLC-ICPMS を用いて硫黄とリンを測定することによる β -カゼインの定量および定量的なリン酸化解析」第 72 回分析化学討論会 2012 年 5 月 20 日、鹿児島大学.
 8. 居原寛之、鈴木美成、古田直紀 「多摩川上流から下流にかけての希土類元素の動態解明」第 72 回分析化学討論 2012 年 5 月 20 日、鹿児島大学.
 9. 加藤裕樹、鈴木美成、古田直紀 「イオンクロマトグラフィー (IC)-ICPMS による水道水中の臭素化合物の化学形態別分析」第 72 回分析化学討論会 2012 年 5 月 19 日、鹿児島大学.
 10. 鈴木大介、鈴木美成、古田直紀 「ICPMS 及び ICPOES における共存する炭素によ

- る増感効果の解明」第72回分析化学討論会 2012年5月19日、鹿児島大学。
11. 山本貴雄、鈴木美成、古田直紀
「HPLC-ICP3DQMS を用いた species-specific な同位体希釈分析法によるセレンイースト標準物質中のセレンメチオニンの定量」第72回分析化学討論会 2012年5月19日、鹿児島大学。
 12. Y. Suzuki, J. Tsujino, A. Nobusawa, and N. Furuta「Protein quantification and quantitative phosphorylation analysis by measuring hetero atoms (S and P) with using ICP-MS」, 2012 Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, 2012.1.12, Hilton Tucson El Conquistador Golf & Tennis Resort, Tucson, U.S.A..
 13. N. Furuta, H. Sato, and Y. Suzuki, 「Determination of trace elements in airborne nano-particles (ANPs) and real time monitoring by direct introduction into ICP-MS」, 2012 Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, 2012.1.9, Hilton Tucson El Conquistador Golf & Tennis Resort, Tucson, U.S.A., Invited Lecture.
 14. N. Furuta, H. Sato, Y. Suzuki, and A. Iijima, 「Speciation analysis of antimony in size-classified airborne particulate matter by HPLC-ICPMS」, 2nd International Workshop on Antimony in the Environment, Institute of Geosciences in Jena, 2011.8.23, Jena, Germany.
 15. 佐藤旬、鈴木美成、古田直紀
「LA-ICPMS 及びウェスタンブロッティング法を用いた Se 及び Au の同時検出による Se 含有タンパク質の同定」日本分析化学会第60年会 2011年9月16日、名古屋大学。
 16. 信沢歩、鈴木美成、古田直紀
「nanoHPLC-ICPMS 法を用いた硫黄測定よりペプチド濃度を定量し、酵素分解効率を考慮したヒト血漿中アルブミンの同定および定量」日本分析化学会第60年会 2011年9月16日、名古屋大学。
 17. 小山真吾、鈴木美成、古田直紀 「神田川河川水及び東京湾海水中に含まれる希土類元素の化学形態別分析」日本分析化学会第60年会 2011年9月16日、名古屋大学。
 18. 佐藤光、鈴木美成、古田直紀 「大気粉塵中微量元素のリアルタイムモニタリング」日本分析化学会第60年会 2011年9月16日、名古屋大学。
 19. 坂井達也、松川岳久、篠原厚子、鈴木美成、古田直紀 「濃縮 ^{82}Se 垂セレン酸またはセレンメチオニンを静脈注射したマウス体内におけるセレン化合物の分布と相違」日本分析化学会第60年会 2011年9月16日、名古屋大学。
 20. N. Furuta, A. Nobusawa, and Y. Suzuki, 「Protein quantification and quantitative phosphorylation analysis by using nano-HPLC-ICPMS」, Third International Symposium on Metallomics, 2011.6.16, University of Munster, Munster, Germany, Plenary Lecture.
 21. S. Koyama, Y. Suzuki, and N. Furuta, 「Speciation analysis of rare earth elements (REEs) in fresh water of Kanda River and sea water of Tokyo Bay」, International Congress on Analytical Sciences 2011, 2011.5.25, Kyoto International Conference Center, Kyoto.
 22. H. Sato, Y. Suzuki, and N. Furuta, 「Real time monitoring and determination of trace elements in airborne particulates (PM_{2.5})」, International Congress on Analytical Sciences 2011, 2011.5.25, Kyoto International Conference Center, Kyoto.
 23. T. Sakai, Y. Hashiura, K. Matsumura, Y. Suzuki, T. Matsukawa, A. Shinohara, and N. Furuta, 「Differences of distribution and dynamic pathway of selenium species in mice injected with ^{82}Se -enriched selenite and ^{82}Se -selenomethionine」, International Congress on Analytical Sciences 2011, 2011.5.25, Kyoto International Conference Center, Kyoto.
 24. A. Nobusawa, Y. Suzuki, and N. Furuta, 「Quantitative measurement of human serum albumin with measuring sulfur using nano-HPLC-ICPMS」, International Congress on Analytical Sciences 2011, 2011.5.25, Kyoto International Conference Center, Kyoto.
 25. Y. Suzuki, A. Nobusawa, and N. Furuta, 「Protein quantification and quantitative phosphorylation analysis by measuring hetero atoms (S AND P) with using ICP-MS」, International Congress on Analytical Sciences 2011, 2011.5.25, Kyoto International Conference Center, Kyoto.
 26. N. Furuta, H. Sato, H. Fujiwara, K. Nishiguchi, and Y. Suzuki, 「Determination of lead in single airborne nanoparticles by direct introduction into ICP-MS」, International Congress on Analytical Sciences 2011, 2011.5.25, Kyoto International Conference Center, Kyoto, Invited Lecture.
 27. N. Furuta, Y. Hashiura, T. Sakai, Y. Suzuki, T. Matsukawa, and A. Shinohara, 「Speciation analysis and metabolism of selenium in mice injected with ^{82}Se -enriched selenite and selenomethionine」,

- European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, 2011.2.4, World Trade Center Zaragoza, Zaragoza, Spain, Invited Lecture.
28. T. Mukai, Y. Suzuki, and N. Furuta, 「Determination of total selenium and selenomethionine in certified reference material of selenium enriched yeast (SELM-1) by isotope dilution analysis using ICP-3DQMS」, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2010, 2010.12.18, Hawaii Convention Center, Honolulu, U.S.A..
29. Y. Suzuki and N. Furuta, 「Straightforward phosphorylation analysis using nano HPLC-ICPMS」, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2010, 2010.12.18, Hawaii Convention Center, Honolulu, U.S.A.,
30. N. Furuta, T. Sakai, K. Ishimi, and Y. Suzuki, 「Identification of selenoprotein P (Sel-P) in plasma and liver by using HPLC-ICPMS and SDS-PAGE」, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2010, 2010.12.18, Hawaii Convention Center, Honolulu, U.S.A., Invited Lecture.
31. N. Furuta, 「Rare earth elements (REEs) cycle in the environment - a positive anomaly of europium, gadolinium and terbium」, The 4th Asia-pacific Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, 2010.11.30, Wangjiang Hotel at Chengdu, Chengdu, China, Invited lecture.
32. S. Hikida, Y. Suzuki, and N. Furuta, 「Determination of rare earth elements (REEs) in airborne particulate matter (APM) and rain ,water collected in Tokyo, Japan」, The 4th Asia-pacific Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, 2010.11.28, Wangjiang Hotel at Chengdu, Chengdu, China.
33. Y. Suzuki and N. Furuta, 「Protein quantification from peptides quantification by sulfur determination with using nano HPLC-ICPMS」, The 4th Asia-pacific Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, 2010.11.27, Wangjiang Hotel at Chengdu, Chengdu, China.
34. N. Furuta, H. Sato, S. Hikida, and Y. Suzuki, 「Real time monitoring and determination of trace elements in single airborne nanoparticles (ANPs) by continuous introduction into ICP-MS」, The Federation of Analytical Chemistry and Spectroscopy Societies 2010, 2010.10.18, Raleigh Convention Center, Raleigh, U.S.A.,
35. 佐久間啓範、鈴木美成、古田直紀 「誘導結合プラズマ質量分析法及び誘導結合プラズマ発光分析法における As 及び Se の信号に対する炭素による増感効果の解明」日本分析化学会第 59 年会 2010 年 9 月 16 日、東北大学.
36. 鈴木美成、佐藤光、匹田慎平、古田直紀 「ICP-MS による単一大気ナノ粒子中鉛のリアルタイム定量分析」日本分析化学会第 59 年会 2010 年 9 月 16 日、東北大学.
37. 小山真吾、鈴木美成、古田直紀 「オンラインカラム濃縮 ICPMS 法による神田川河川及び海水中に含まれる希土類元素の化学形態別分析」第 71 回分析化学討論会 2010 年 5 月 16 日、島根大学.
38. 佐藤光、飯島明宏、鈴木美成、古田直紀 「HPLC-ICPMS による粒径別大気粉塵中アンチモン(Sb)の化学形態別分析」第 71 回分析化学討論会 2010 年 5 月 16 日、島根大学.
39. 坂井達也、鈴木美成、古田直紀 「マウス血漿中及びヒト血漿中のセレンを含むタンパク質の分離と定量」第 71 回分析化学討論会 2010 年 5 月 16 日、島根大学.
40. 信澤歩、鈴木美成、古田直紀 「nanoHPLC-ICPMS 法を用いて硫黄を測定することによるヒト血漿中アルブミンの定量」第 71 回分析化学討論会 2010 年 5 月 15 日、島根大学.
- 〔図書〕(計 1 件)
- ① 古田直紀、三共出版、これならわかる機器分析化学 2010、118
- 〔その他〕
ホームページ等
<http://envsun.chem.chuo-u.ac.jp/>
6. 研究組織
- (1)研究代表者
古田直紀 (FURUTA NAOKI)
中央大学・理工学部・教授
研究者番号：90101055
- (2)研究分担者
鈴木 美成 (SUZUKI YOSHINARI)
中央大学・理工学部・助教
研究者番号：40469987