

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25502002

研究課題名(和文) 化学発光を用いる安全計測システムの構築

研究課題名(英文) Construction of systems for safety assessment of chemical substances with luminescence

研究代表者

齊藤 惠逸 (SAITO, Keiitsu)

神戸大学・人間発達環境学研究所・教授

研究者番号：50162194

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：高速液体クロマトグラフィーあるいはフローインジェクション分析法の検出系にトリス(2,2'-ピリジン)ルテニウム(III)錯体あるいはルミノールの化学発光を用いる4-メチルイミダゾール、ホモシステイン、ホモシスチン、メチルマロン酸、第二級アミン及びグルコースの計測システムを開発し、実試料に適用した。フローインジェクション分析法の検出系にN,N'-ビス(2-メチルキノリル)ジメチルエチレンジアミンあるいはN,N'-ビス(2-メチルキノリル)ジメチル-1,3-プロパンジアミンの銅(I)錯体の蛍光を用いる亜ジチオン酸ナトリウム及びヒドラジンの計測システムを開発し、実試料に適用した。

研究成果の概要(英文)：Measurement systems for 4-methylimidazole, homocysteine, homocystine, and methylmalonic acid using high-performance liquid chromatography (HPLC) with tris(2,2'-bipyridine)ruthenium(III) chemiluminescence detection were developed and applied to cola beverage, serum, and urine samples. Measurement systems for secondary amines and glucose using HPLC or flow injection analysis (FIA) with luminol chemiluminescence detection were developed and applied to tap water and non-carbonated soft drink samples. Copper(I) complexes with N,N'-bis(2-methylquinolyl)dimethylethylenediamine (BQEN) and N,N'-bis(2-methylquinolyl)dimethyl-1,3-propanediamine (BQPN) were found to fluoresce in aqueous media. Measurement systems for sodium dithionite and hydrazine using FIA with copper(I)-bqen or -bqpn complex fluorescence detection were developed and applied to spring water samples.

研究分野：分析化学

キーワード：化学発光 蛍光 HPLC FIA ルテニウム(III)錯体 ルミノール 銅(I)錯体

1. 研究開始当初の背景

トリス(2,2'-ピリジン)ルテニウム(III)錯体 (Ru 錯体) の化学発光 (CL) は、水溶液中において特定の還元剤による Ru(III)錯体から Ru(II)錯体への還元に伴い起こる。Ru(II)錯体は容易に Ru(III)錯体に酸化することができることから、電極酸化反応と組み合わせた電気化学発光法として高速液体クロマトグラフィー (HPLC) やフローインジェクション分析法 (FIA) などの様々な分析機器の検出系に利用されている。中でも Ru 錯体の発光ラベルとしての利用は、電気化学的に発光反応を制御でき、高い S/N 比、広い測定範囲という特徴を持つため、放射性同位体ラベル、蛍光ラベルを超える技術として注目され、高感度化に向けた様々な研究がおこなわれている。報告者らはどのような物質が Ru 錯体を発光させる還元剤となるのかの解明を目的に研究をおこない、活性メチレン化合物、共役二重結合を有する有機化合物やヘテロ五員芳香環化合物が還元剤となることを見出した。

ルミノールの化学発光は、酸化剤の高感度検出法として用いられている。最近、塩基性条件下で *N*-ニトロソアミン類に紫外線を照射すると酸化性物質が生成し、ルミノールと強い化学発光反応を起こすことが見出され、HPLC オンライン紫外線照射 CL 検出システム (HPLC-PR-CL システム) による sub-ng/L レベルの *N*-ニトロソアミン類の測定法が開発された。

遷移金属イオンの d 軌道に不対電子があると磁性が生じ常磁性を示す。常磁性は蛍光性配位子の蛍光強度に影響を与え、蛍光 (FL) を消光させることが知られている。一方、典型金属イオンの Zn(II) や Cd(II) では不対電子が存在せず、蛍光増強されることが報告されている。Cu(II) では不対電子が存在するが、Cu(I) では存在せず d^{10} 錯体となる。そのため反磁性であり、蛍光性配位子をもつ Cu(I) 錯体の常磁性消光は起こらないはずであるが、蛍光性配位子を含む単核 Cu(I) 錯体の水溶液中での蛍光についてはほとんど報告例がない。

2. 研究の目的

本研究では、HPLC あるいは FIA の検出系に Ru 錯体の化学発光、ルミノールの化学発光あるいは Cu(I) 錯体の蛍光を利用する環境の安全、食の安全、医療の安全に関わる重要な物質の計測システムの構築を目的として研究を進めた。

3. 研究の方法

2 流路あるいは 3 流路の FIA システムあるいは HPLC システムを用いて最適検出条件及び分離条件を検討し、実試料中の目的成分の分析に適用した。本研究で用いた計測システムの一例として、検出系に Ru 錯体の化学発光を利用する 3 流路 HPLC システムの構成を図 1 に示す。

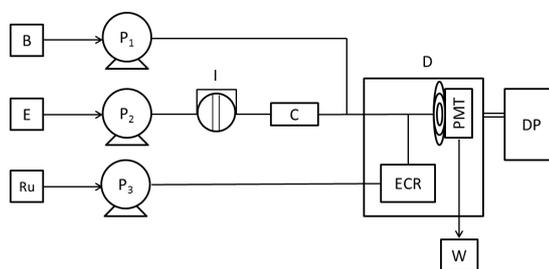


図 1 3 流路 HPLC システムの構成

B: 緩衝液, E: 溶離液, Ru: Ru(II)錯体溶液, P₁, P₂, P₃: ポンプ, I: インジェクター, C: カラム, D: 化学発光検出器, ECR: 電解セル, PMT: 光電子増倍管, DP: データ処理装置, W: 廃液

4. 研究成果

(1) Ru 錯体の化学発光を利用する計測システムの構築

4-メチルイミダゾール (4-MI)

4-MI はカラメル色素製造の際の副生成物で、国際がん研究機関によって発がん性リスクリストのグループ 2B (possibly carcinogenic to humans) に分類されるなど、近年大きな関心を集めている物質である。2011 年にアメリカ合衆国のカリフォルニア州が発がん性物質に指定し、その重大リスク非発生レベルを 29 µg/日と設定したため、この基準値を上回る 4-MI を含有するコーラ飲料の製造会社がレシピを変更するなど大きな話題となった。そこで、Ru 錯体が 4-MI と反応して発光することを利用するコーラ飲料中 4-MI の高感度分析法の開発を目指した。

4-MI をより高感度に検出するため、2 流路 FIA システムを用いて発光反応時の pH、キャリアー流量、緩衝液組成及び電解電流値の発光強度への影響を検討し最適発光条件を確立した。実試料に適用するため、HPLC システムによる分離条件を検討した。実試料として用いたコーラ飲料中の共存物質と分離するため、イオン対試薬としてオクタンシルホン酸ナトリウム (OSA) を含む酸性溶離液を用い、第 3 のポンプで発光反応時の pH を調節するための緩衝液を送液する 3 流路とした。コーラ飲料中の 4-MI を迅速に分析するため、溶離液中のアセトニトリル含量について検討したところ、12.5%としたとき短時間で 4-MI をコーラ飲料中の共存物質と分離することが可能となった。検出条件及び分離条件の検討結果を基に HPLC-CL システムの条件を次のように設定した。溶離液としてアセトニトリル 5 mM OSA を含む 10 mM 酢酸系緩衝液 (pH 4.9) (1/7, v/v) を用い、0.4 mL/min で送液した。Ru(II)錯体溶液として 1 mM 硫酸を含む 100 mM 硫酸ナトリウムに Ru(II)錯体を 0.5 mM となるように溶かした溶液を用い、0.3 mL/min で送液した。緩衝液として 100 mM ホウ酸系緩衝液 (pH 9.4) を用い、0.1 mL/min で送液した。この条件で作成した 4-MI の検量線の直線範囲は 0.5-5 µM (r^2

= 0.9998) で、検出限界 ($S/N = 3$) は $0.3 \mu\text{M}$ であった。3 種類のコーラ飲料に含まれる 4-MI を定量した結果、 $1.9\text{-}7.1 \mu\text{M}$ の範囲であった。4-MI 標準溶液を $1 \mu\text{M}$ あるいは $2 \mu\text{M}$ となるように添加して回収率を評価したところ 84-98% であった。 $10 \mu\text{M}$ 標準溶液及びコーラ飲料のクロマトグラムを図 2 に示す。

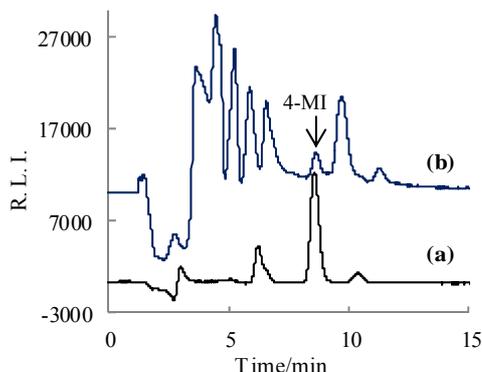


図 2 (a) 4-MI 標準溶液と(b) コーラ飲料のクロマトグラム

ホモシステイン (Hcy) 及びホモシスチン (HSSH)

Hcy はチオール基をもつアミノ酸で、メチオニンの中間代謝物である。この代謝異常によって血中に Hcy が蓄積し、尿中に Hcy の二量体である HSSH が排泄される疾患、ホモシスチン尿症がある。これは、新生児マス・スクリーニングの対象疾患とされている。したがって、安価で簡便な Hcy および HSSH 分析法の開発は重要である。そこで、Ru 錯体が Hcy, HSSH と反応して発光することを利用する血中及び尿中 Hcy, HSSH の高感度同時分析法の開発を目指した。

Hcy, HSSH をより高感度に検出するため、2 流路あるいは 3 流路の FIA システムを用いて発光反応時の pH, キャリアー流量, 有機溶媒含量及び Ru(II)錯体濃度の発光強度への影響を検討し最適発光条件を確立した。有機溶媒としてメタノールとアセトニトリルを選び比較した。ポンプの前に脱気装置を取り付けた 2 流路 HPLC-CL システムを用いて溶離液の pH, イオン対試薬 (OSA) 濃度及びアセトニトリル含量の保持時間への影響を検討した。検出条件, 分離条件の検討結果及び分析時間を考慮して HPLC-CL システムの条件を次のように設定した。溶離液としてアセトニトリル 1 mM OSA を含む 10 mM リン酸系緩衝液 (pH 2.4) ($1/9, \text{v/v}$) を用い、 1.0 mL/min で送液した。Ru(II)錯体溶液として 100 mM 酢酸系緩衝液 (pH 5.0) を含む 100 mM 硫酸ナトリウムに Ru(II)錯体を 0.5 mM となるように溶かした溶液を用い、 0.2 mL/min で送液した。この条件で作成した Hcy, HSSH の検量線の直線範囲はそれぞれ $5\text{-}50 \mu\text{M}$ ($r^2 = 0.9988$), $0.5\text{-}50 \mu\text{M}$ ($r^2 = 0.9977$) で、検出限界 ($S/N = 3$) は Hcy が $4 \mu\text{M}$, HSSH が $0.3 \mu\text{M}$ であった。Hcy, HSSH の他に 7 種類の含硫

黄化合物を含む混合溶液について測定したところ、分離と相対発光強度から妨害にならないと予想される結果が得られた。コントロール血清及び人工尿に Hcy, HSSH を添加し、実試料への適用が可能か検討した。共存物質の影響を軽減するため、コントロール血清及び人工尿をリン酸系緩衝液で 10 倍に希釈し、Hcy 及び HSSH 標準溶液を $6 \mu\text{M}$ あるいは $30 \mu\text{M}$ となるように添加して回収率を評価したところ、コントロール血清では 81-106%, 人工尿では 76-90% であった。10 倍希釈したコントロール血清に Hcy 及び HSSH を $10 \mu\text{M}$ となるように添加した試料のクロマトグラムを図 3 に示す。

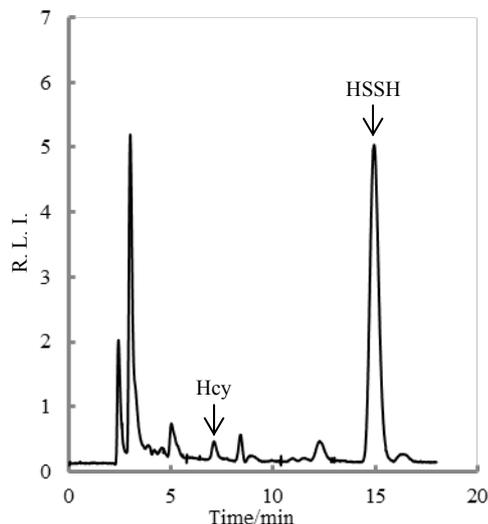


図 3 10 倍希釈したコントロール血清のクロマトグラム

メチルマロン酸 (MMA)

MMA はメチルマロン酸血症の指標物質である。メチルマロン酸血症は先天的な代謝異常に起因する疾患であり、脂肪酸の分解過程に障害が起こり、MMA が尿中に多量に排泄される。MMA の測定には GC/MS/MS がよく用いられるが、GC/MS/MS の前処理は複雑で時間がかかる上、高度な技術を要する。また装置が高価である。そこで、Ru 錯体が MMA と反応して発光することを利用する尿中 MMA の安価で簡便な分析法の開発を目指した。

人工尿の成分表 (JIS T3214) を基に、成分毎に MMA の分離・検出に及ぼす影響を調べ、前処理法も含めて MMA の分析法を検討したが既存のカラムを用いた定組成溶離では良好な結果が得られなかった。そこで、合成高分子基材の表面をアルブミンで覆い、細孔の内部表面に第二級アミンを導入した浸透制限型弱陰イオン交換樹脂を自作した。樹脂を内径 4.6 mm , 長さ 150 mm のカラムに充填し、陰イオンとして硝酸イオン, タンパク質としてアルブミン, 陽イオンとしてニトロペンタアンミンコバルト(III)錯体 (Co(III)錯体) を用いて基本的な性能を評価したところ硝酸イオンは保持されたが、アルブミンと Co(III)

錯体は保持されずに溶出した。溶離液中の塩化物イオン濃度の保持時間への影響を検討したところ、通常の陰イオン交換カラムにおける挙動と同様の挙動を示した。ポンプの前に脱気装置を取り付け、自作弱陰イオン交換樹脂充填カラムを組み込んだ 2 流路 HPLC-CL システムを用いて尿中 MMA の定量を検討した。より高感度に検出するため、発光反応時の pH, Ru(II)錯体濃度及び流量の発光強度への影響を検討し最適発光条件を確立した。また、尿中の共存物質と分離するため、溶離液の pH 及び塩化物イオン濃度の保持時間への影響を検討した。検出条件及び分離条件の検討結果を基に HPLC-CL システムの条件を次のように設定した。溶離液として 10 mM 酢酸系緩衝液 (pH 3.5) を含む 50 mM 塩化ナトリウム溶液を用い、1.0 mL/min で送液した。Ru(II)錯体溶液として 1 mM 硫酸を含む 100 mM 硫酸ナトリウムに Ru(II)錯体を 1 mM となるように溶かした溶液を用い、0.3 mL/min で送液した。この条件下で、コントロール尿に MMA 標準溶液を添加して作成した検量線の直線範囲は 1-10 mM ($r^2 = 0.9915$) で、検出限界 ($S/N = 3$) は 0.8 mM であった。コントロール尿に MMA 標準溶液を 7 mM となるように添加して回収率を評価したところ 104% であった。コントロール尿に MMA を 7 mM となるように添加した試料のクロマトグラムを図 4 に示す。

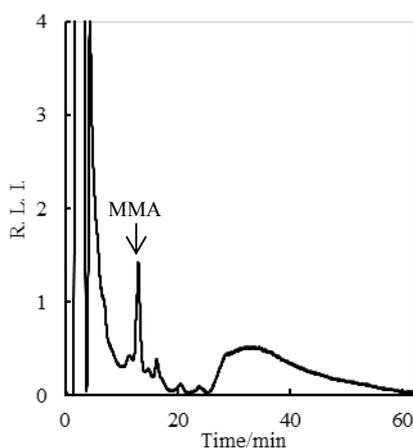


図 4 コントロール尿のクロマトグラム

(2) ルミノールの化学発光を利用する計測システムの構築

第二級アミン

脂肪族第二級アミンは、生物によって生産・排出され、また化学的方法によって大量に合成されるなど、環境に広く分布している。近年、強い発がん性が疑われている *N*-ニトロソアミン類の前駆体として注目されており、水道水中の第二級アミンの濃度評価が重要となっている。第二級アミンは、酸性条件下で亜硝酸イオンにより容易にニトロソ化することが知られている。そこで、ニトロソ化反応を利用する第二級アミンの高感度分析法の開発を目指した。

ジエチルアミン (DEA) を代表試料として硫酸を用いた弱酸性下でのニトロソ化を試みたが、亜硝酸ナトリウム溶液を弱酸性にすると巨大な妨害ピークが出現し (図 5)、分離・検出に支障をきたした。妨害ピークは

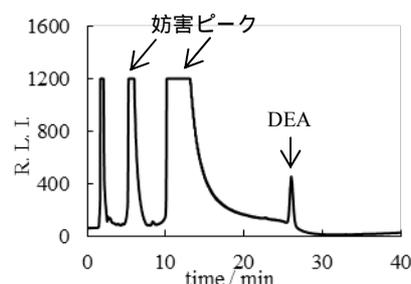


図 5 酸性条件下でニトロソ化したときのクロマトグラム

窒素酸化物の生成によるものと考え、加熱 (90 で 10 分)、還元剤 (1 mM アスコルビン酸) の添加、脱気による妨害ピークの除去を試みたが抑制されなかった。そこで、新たにトリクロロエタナールを触媒とするニトロソ化を検討したところ、妨害ピークの出現が抑制された。最適反応条件を検討したところ、pH は 9、トリクロロエタナール濃度は 1 μ M、亜硝酸ナトリウム濃度は 45 mM、反応温度・時間は 30 で 15 分であった。この条件下で DEA をニトロソ化し、HPLC-PR-CL システム (Kodamatani et.al, J. Chromatogr. A, 1216, 3163-3167, 2009) を用いて作成した検量線の直線範囲は 0.3-300 μ M ($r^2 = 0.9992$) で、検出限界 ($S/N = 3$) は 30 nM であった。この方法は、他の脂肪族第二アミンへの適用も可能であった。トリクロロエタナールを触媒とするニトロソ化では、妨害ピークは抑制されるが、変換効率が低く検出限界が 30 nM と比較的高かった。そこで、ジメチルアミンを代表試料として酸性下でのニトロソ化を再検討したところ、亜硝酸ナトリウムを 0.2 M、酢酸を 0.8 M となるように添加し、80 で 1 時間反応させるとほぼ 100% の効率でニトロソ化された。妨害ピークは反応溶液を塩基性にするにより抑制され、sub-nM レベルの測定が可能であることが示唆された。水道水中第二級アミンの濃度評価へ適用中である。グルコース (Glc)

Glc は糖尿病の指標物質である。Glc を直接ルミノール溶液に添加しても発光反応は起こらないが、グルコースオキシダーゼを用いて分解すると過酸化水素が生成し検出可能となる。そこで、ルミノールの化学発光を利用する Glc の高感度分析法の開発を目指した。

ルミノールの化学発光反応における触媒として、Co(II)、Fe(III)、Cu(II)などが比較・検討されており、Co(II)が強い触媒作用を持つことが報告されているが、本研究では、最近優れた触媒作用をもつことが見出された Co(III)錯体 (河田ら, 分析化学, 59, 665-671, 2010) を用いた。流路にグルコースオキシダ

ーゼカラムを組み込んだ2流路FIAシステムを用いて、発光反応時のpH、発光試薬流量及びキャリアー（水）流量の発光強度への影響を検討した。この結果と河田らの報告を基にFIA-CLシステムの条件を次のように設定した。発光試薬として50 mM炭酸系緩衝液（pH 10.5）にルミノール及びCo(III)錯体をそれぞれ10 μ M及び1 mMとなるように溶かした溶液を用いて1.0 mL/minで送液し、キャリアーを2.5 mL/minで送液した。この条件で作成したGlcの検量線の直線範囲は10-1000 μ M ($r^2 = 0.9977$)で、検出限界 ($S/N = 3$)は0.1 μ Mであった。実試料として市販のジュースを用い、前処理はせず、1000倍に希釈して測定した。2種類のジュースに含まれるグルコースを定量した結果、どちらも58 mM程度であった。1000倍希釈した試料にグルコース標準溶液を120 μ Mとなるように添加して回収率を評価したところ95%付近であった。この方法は、カラムによる分離を必要とせず、簡便で迅速な分析法である。

(3) Cu(I)錯体の蛍光を利用する計測システムの構築

水溶液中で蛍光性をもつ単核Cu(I)錯体の探索を行い、蛍光団としてキノリル基を2個もつ2種類の配位子 N,N' -ビス(2-メチルキノリル)ジメチルエチレンジアミン (BQEN) 及び N,N' -ビス(2-メチルキノリル)ジメチル-1,3-プロパンジアミン (BQPN) のCu(I)錯体が水溶液中で蛍光を発することを見出した。配位子、Cu(I)錯体及びCu(II)錯体の蛍光スペクトルを図6に示す。配位子の溶解性を考慮して、エタノール-水あるいは1-プロパノール-水混合溶媒中で蛍光スペクトルを測定した。Cu(I)錯体溶液は、Cu(II)錯体を過剰のアスコルビン酸で還元して調製した。Cu(II)錯体では蛍光が消光しており、Cu(I)錯体では蛍光が観測された。

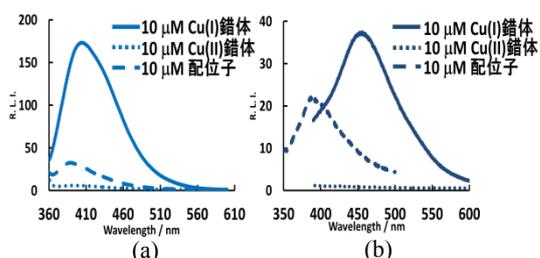


図6 (a) エタノール-水 (1/1, v/v) 中のBQEN, $[Cu(bqen)]^+$ 及び $[Cu(bqen)]^{2+}$ と (b) 1-プロパノール-水 (1/5, v/v) 中のBQPN, $[Cu(bqpn)]^+$ 及び $[Cu(bqpn)]^{2+}$ の蛍光スペクトル

Ru錯体の化学発光を利用する方法は、弱い還元剤の検出には有効であるが、強い還元剤の検出には不向きである。そこで、Cu(I)錯体の蛍光を利用する還元剤分析法の開発を目指した。

塩基性側では錯体の寿命が短いため、酢酸

系緩衝液 (pH 5.5) を用いて、Cu(II)錯体溶液をキャリアーとする1流路FIA-FLシステムによる還元剤の分析を検討したが検出可能な還元剤はほとんどなかった。そこで、インジェクターの直前で弱塩基性緩衝液とCu(II)錯体溶液を混合することにより、錯体の分解をできるだけ抑制した2流路FIA-FLシステムとした (図7)。

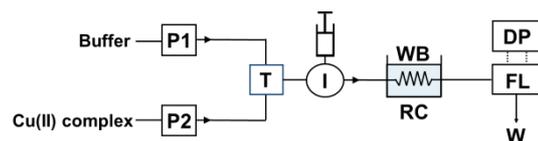


図7 2流路FIA-FLシステムの構成

Cu(II) complex: Cu(II)錯体溶液, Buffer: 緩衝液, P₁, P₂: ポンプ, T: ミキシングティー, I: インジェクター, WB: 湯浴, RC: 反応コイル, FL: 蛍光検出器, DP: データ処理装置, W: 廃液

酸化還元反応のpH、Cu(II)錯体濃度及び流量、緩衝液流量、反応温度及び時間の蛍光強度への影響を検討し最適検出条件を確立した。この検討結果と配位子の溶解性を考慮してFIA-FLシステムの条件を次のように設定した。キャリアーとして $[Cu(bqen)]^{2+}$ 溶液を用いた場合は、Cu(II)錯体溶液としてエタノール 10 mM 酢酸系緩衝液 (pH 5.5) (1/4, v/v) に $[Cu(bqen)](NO_3)_2$ を 0.16 mM となるように溶かした溶液を用い、0.3 mL/min で送液した。緩衝液としてエタノール 30 mM ホウ酸系緩衝液 (pH 9) (1/4, v/v) を用い、0.3 mL/min で送液した。反応温度は 65 °C、反応時間は 3 分とした。この条件で種々の還元剤の蛍光検出を試みたところ、5種類の還元剤の検出が可能であった。食品添加物として用いられている亜ジチオン酸ナトリウムの検量線の直線範囲は 6-20 μ M ($r^2 = 0.9967$) で、検出限界 ($S/N = 3$) は 4 μ M であった。キャリアーとして $[Cu(bqpn)]^{2+}$ 溶液を用いた場合は、Cu(II)錯体溶液として 1-プロパノール 10 mM 酢酸系緩衝液 (pH 5.5) (1/4, v/v) に $[Cu(bqpn)](NO_3)_2$ を 0.2 mM となるように溶かした溶液を用い、0.3 mL/min で送液した。緩衝液として 1-プロパノール 40 mM ホウ酸系緩衝液 (pH 9) (1/4, v/v) を用い、0.3 mL/min で送液した。反応温度は 70 °C、反応時間は 3 分とした。この条件下で種々の還元剤の蛍光検出を試みたところ、感度は $[Cu(bqen)]^{2+}$ を用いた場合より低いが、選択性は $[Cu(bqpn)]^{2+}$ の方が高く、国際がん研究機関によって発がん性リスクリストのグループ 2B に分類されているヒドラジンが選択的に検出された。ヒドラジンの検量線の直線範囲は 50-1000 μ M ($r^2 = 0.9994$) で、検出限界 ($S/N = 3$) は 15 μ M であった。湧水にヒドラジン標準溶液を 100 μ M, 300 μ M あるいは 600 μ M となるように添加して回収率を評価したところ 100-124% であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

Makoto SAGA, Genta SAKANE, Shigeo YAMAZAKI, and Keiitsu SAITO, Crystal Structure of a Copper(II) Complex with *N,N'*-Bis(2-methylquinolyl)dimethyl-1,3-propane diamine, X-ray Structure Analysis Online, 査読有, 31 (8), 2015, pp. 41-42, <http://www.jsac.or.jp/cgi-bin/xraystruct/toc/31/8/>

Makoto SAGA, Tatsuya ANAMUSHI, Wakayo MIYAHARA, Shigeo YAMAZAKI, and Keiitsu SAITO, Fluorescent Character of Cu(I/II) Complexes with Bisquinoline-based Ligands and Fluorometric Detection of Reductants, Analytical Sciences, 査読有, 31 (3), 2015, pp. 185-189, DOI: 10.2116/analsci.31.185

〔学会発表〕(計 11 件)

金谷 暢浩, 岩谷 江里子, 山崎 重雄, 齊藤 惠逸, 浸透制限型陰イオン交換樹脂の試作, 2015 年 日本イオン交換学会・日本溶媒抽出学会連合年会, 2015.10.23, 金沢工業大学扇が丘キャンパス(石川県)

佐川 保奈美, 岩谷 江里子, 児玉谷 仁, 山崎 重雄, 齊藤 惠逸, ルテニウム錯体の化学発光を用いた血中・尿中のホモシステイン及びホモシステイン分析法の開発, 日本分析化学会第 64 年会, 2015.9.9, 九州大学伊都キャンパス(福岡県)

岩屋 良美, 児玉谷 仁, 山崎 重雄, 齊藤 惠逸, ニトロソアミンを経由した第 2 アミンの HPLC 化学発光検出 (2), 日本分析化学会第 64 年会, 2015.9.9, 九州大学伊都キャンパス(福岡県)

嵯峨 慎, 森 弘多, 児玉谷 仁, 山崎 重雄, 齊藤 惠逸, グルコースオキシダーゼ及び Co(III)錯体を用いるグルコースのルミノール化学発光検出, 日本分析化学会第 64 年会, 2015.9.9, 九州大学伊都キャンパス(福岡県)

嵯峨 慎, 山崎 重雄, 齊藤 惠逸, 蛍光性配位子を含む銅錯体を利用したアスコルビン酸の蛍光検出, 日本分析化学会第 63 年会, 2014.9.19, 広島大学東広島キャンパス(広島県)

佐川 保奈美, 児玉谷 仁, 山崎 重雄, 齊藤 惠逸, ルテニウム錯体化学発光法を用いた血中・尿中ホモシステイン定量のための基礎的検討, 日本分析化学会第 63 年会, 2014.9.17, 広島大学東広島キャンパス(広島県)

岩谷 江里子, 児玉谷 仁, 山崎 重雄, 齊藤 惠逸, ルテニウム錯体化学発光法を用いた尿中メチルマロン酸定量のための基礎的検討, 日本分析化学会第 63 年会, 2014.9.17,

広島大学東広島キャンパス(広島県)

永井 めぐみ, 栗崎 愛子, 廣田 将義, 山崎 重雄, 齊藤 惠逸, Ru 錯体化学発光法の温度依存性, 日本分析化学会第 63 年会, 2014.9.17, 広島大学東広島キャンパス(広島県)

速水 祐人, 岩屋 良美, 児玉谷 仁, 山崎 重雄, ルテニウム錯体化学発光法を用いたメチルイミダゾール定量法の開発, 日本分析化学会第 63 年会, 2014.9.17, 広島大学東広島キャンパス(広島県)

嵯峨 慎, 山崎 重雄, 齊藤 惠逸, 蛍光性配位子を含む Cu(I)錯体の蛍光を利用した還元剤の分析法の開発, 生物発光化学発光研究会第 30 回学術講演会, 2013.11.2, 東京工業大学蔵前会館(東京都)

永井 めぐみ, 安藤 舞美, 栗崎 愛子, 山崎 重雄, 齊藤 惠逸, 希硝酸による試料酸化過程をもつ化学発光検出, 日本分析化学会第 62 年会, 2013.9.10, 近畿大学東大阪キャンパス(大阪府)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齊藤 惠逸 (SAITO, Keiitsu)
神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・教授
研究者番号: 50162194

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

山崎 重雄 (YAMAZAKI, Shigeo)
岡山理科大学・理学部・教授

坂根 弦太 (SAKANE, Genta)
岡山理科大学・理学部・准教授

児玉谷 仁 (KODAMATANI, Hitoshi)
鹿児島大学・大学院理工学研究科・助教

嵯峨 慎 (SAGA, Makoto)
神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・博士課程後期課程大学院生