

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18590044

研究課題名（和文） 脳神経系における金属輸送過程と代謝異常症の分子メカニズム解明

研究課題名（英文） Relation between Metal Transport Systems on Neural network and metabolic abnormalities of metal

研究代表者

榎本 秀一 (ENOMOTO SHUICHI)

独立行政法人理化学研究所・メタロミクスイメージング研究ユニット・研究ユニットリーダー

研究者番号：10271553

研究成果の概要：

銅の先天性代謝異常症のMenkes病(欠乏症)及びWilson病(過剰症)の病因や生体微量元素間の相互作用を調べるため、理化学研究所加速器により製造した多元素同時追跡マルチトレーサー法と⁶⁷Cu、⁶⁴Cuを用い、PET、GREIなどの分子イメージングモダリティと高感度分析技術(ICP-MSなど)を多用し、銅の細胞内動態や個体レベルでの動的挙動を解析・評価した。この研究では、臓器間(特に脳神経系)の元素ダイナミクスと疾病の進行などを総合的に解析した。この結果、世界で始めて、金属欠乏モデル動物における複数分子同時リアルタイムイメージングに成功した。これらの結果から、銅代謝異常症の関連輸送蛋白質の分布が、金属欠乏状態で異なることが示唆された。また、最適化画像再構成法を開発し、3次元画像化にも成功した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,500,000	0	1,500,000
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	630,000	4,230,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：薬学・物理系薬学

キーワード：銅代謝異常、金属欠乏症、マルチトレーサー、複数分子同時イメージング、スペシエーション

1. 研究開始当初の背景

昨今、銅は多くのタンパク質や酵素の補因子として、ミトコンドリアによる酸素還元システム、活性酸素の除去、神経伝達物質の生成、鉄代謝など重要な生理機能に関与している。しかし、同時に酸化還元反応に富むため、遊離状態の銅イオンは活性酸素種を産生し、生体組織に障害を与える要因でもある。通常、細胞内の遊離銅イオンは銅関連タンパク質・酵素によって非常に低濃度(1細胞内に1原子以下と推定されている)に保

たれており、この恒常性が大きく損なわれると貧血、癌や炎症、神経変性を引き起こし個体に致命的なダメージを与える。

現在までに肝細胞内の銅輸送に関して明らかとなっている経路と関連タンパク質・酵素がいくつかある。まず、細胞外から細胞内への銅輸送は主にCtr1(human copper transporter-1)が担っている。様々な金属イオンを輸送するDMT1(Nramp2)も銅輸送に関与している。細胞内に入ると、銅は速やかに銅要求性の様々なタンパク

質・酵素へ結合するが、それらへと特異的に輸送する数種のシャペロンタンパク質が同定されている。Cox17は銅をミトコンドリアに存在するシトクロム c オキシダーゼに運び、CCSは銅を細胞内のCu/Zn-SODに結合する。Atx1 (Atox1またはHaH1)は銅をゴルジ体膜に局在する銅輸送ATPase (ATP7A、ATP7B)に運ぶ。銅は肝細胞のゴルジ体内でセルロプラスミンに結合して胆汁へ分泌されるか、細胞膜上に存在するATP7A、ATP7Bの輸送によって細胞外へ排出される。メタロチオネイン(MT)も銅と結合し、細胞内の遊離銅イオン量を管理していると考えられている。

ここまで述べてきた様に、必須微量元素である銅は様々な生理機能に関与し、また遺伝的疾患であるMenkes病やWilson病の病態発現に関わっている。そのため細胞内、組織内での動態を詳細かつ総体的に解明することは重要である。このことについて検討するためには銅のRIを用いたトレーサー実験が有効と考えられるが、これまで充分に行われてこなかった。その要因として、

銅のRIには短半減期核種が多く長期間に渡る追跡が困難であること、トレーサー利用可能な半減期を持つ ^{64}Cu ($T_{1/2}=12.7\text{h}$)及び ^{67}Cu ($T_{1/2}=61.9\text{h}$)の内、原子炉生成により比較的容易に入手可能な ^{64}Cu は安定同位体を多量に含むため、毒性の問題があり、低濃度で厳密に恒常性が維持されている細胞内環境の銅の追跡には利用できないこと、事実上、唯一利用可能な銅のRIは加速器生成によるキャリアフリーの ^{67}Cu であるが、その入手が困難であることが挙げられる。

2. 研究の目的

われわれは上述の問題を詳細に検討するため、理化学研究所加速器により製造した多元素同時追跡マルチトレーサー法と高感度分析技術を多用し、銅の細胞内動態及び細胞間レベルから個体レベルでの動的挙動を解析・評価し、細胞の銅輸送の新たな担い手を探索し、臓器間(特に脳神経系)との銅のやり取りと疾病の進行、他の微量元素との相互作用などを総合的に解析することを目的として、研究を行った。

3. 研究の方法

(1) **マルチトレーサーの製造と ^{67}Cu の製造** ^{67}Cu は総じて短半減期な銅の同位体中最長の半減期(61.9 h)を持ち、細胞内の銅追跡に利用可能なキャリアフリーのRIとして製造できる。理化学研究所AVFサイクロトロン陽子ビームを ^{70}Zn (酸化亜鉛)に照射することで、 $^{70}\text{Zn}(p, \cdot)^{67}\text{Cu}$ 反応を起こし、この手法で ^{67}Cu を製造する。また、マルチトレーサーはTi、Agのターゲットを用い、種々のRIを化学分離し、動物、細胞などの実験に供する。

(2) **脳神経の初代培養細胞を用いた細胞内銅のダイナミクス**

Wilson病モデル動物であるLECラット及びMenkes病モデル動物であるmacularマウスの脳から神経細胞、グリア細胞の初代培養を試みる。

(1)により製造した ^{67}Cu を培地に添加し、RI含有培地中にて神経細胞株を培養する。これら培養実験により細胞内に取込まれた ^{67}Cu の各タンパク質・酵素への分布を明らかにし、併せてメタロチオネインやSOD活性などの測定も行う。その後、細胞内への銅輸送を担うCtr1、DMT1、さらに細胞内銅代謝に関与する各タンパク質群をRNA干渉(RNAi)法によりknockdownし、これらの輸送系タンパク質が一種、あるいは複数欠損した場合の銅の動態変化を明らかにする。また、2次元電気泳動を用いた新規輸送機構の調査も併せて行う。

(3) **銅と他の必須微量元素との相互作用** 鉄の細胞内取込みに銅が必須であり、銅の細胞内取込みに鉄が必須であることが知られており、この様にある元素の代謝の変化が他元素の代謝に影響を及ぼすことが考えられるため、(1)で製造、化学分離したマルチトレーサーによる多元素同時追跡の技術を用いて銅代謝経路の変化による他元素(特に鉄、亜鉛、マンガン)の細胞内動態への影響を検討する。細胞は(2)における培養細胞を用いて検討を行う。

(4) **脳内神経伝達と銅の細胞間輸送(モデル動物の病態変化と銅のダイナミクス)**

近年、亜鉛やマンガンが神経刺激によりシナプス間隙に放出されることが明らかとなり、神経伝達調節因子としての可能性を持つことが報告されている。これら元素も細胞内のMT、SODと密接にリンクしており、活性酸素除去など細胞生存・機能維持に関わる働きを持つことから、銅でも同様に神経活動に付随した挙動が見られる可能性が高い。このことについてLECラット及び正常Wistarラットなどに ^{67}Cu を静脈投与し、複数分子同時イメージングによって局所における銅の動態を観測し、生命活動と ^{67}Cu 輸送の関連を検討する。また、同様にマルチトレーサーを併用することにより、神経活動における銅輸送挙動と他元素の挙動も比較検討する。

(5) 総括

以上の研究で得られた知見に基づき、銅の細胞内及び脳内における代謝過程の総合的な解析を試み、世界初の複数分子同時イメージングを試みる。

4. 研究成果

銅の先天的代謝異常症のMenkes病(欠乏症)及びWilson病(過剰症)の病因や生体微量元素間の相互作用を調べるため、理化学研究所加速器により製造した多元素同時追跡マルチトレーサー法と ^{67}Cu 、 ^{64}Cu を用い、PET、GREIなどの分子イメージングモダリティと高感度分析技術

(ICP-MSなど)を多用し、銅の細胞内動態や個体レベルでの動的挙動を解析・評価した。この研究では、臓器間(特に脳神経系)の元素ダイナミクスと疾病の進行などを総合的に解析した。この結果、世界で始めて、金属欠乏モデル動物における複数分子同時リアルタイムイメージングに成功した。これらの結果から、銅代謝異常症の関連輸送蛋白質の分布が、金属欠乏状態で異なることが示唆された。また、最適化画像再構成法を開発し、3次元画像化にも成功した。

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 12 件)

本村 信治, 榎本 秀一, "核医学における分子イメージング技術の動向; コンプトンカメラと複数分子同時イメージング" *メディカルバイオ*, 5, 47-52 (2009) 査読有

榎本 秀一, "複数分子の同時イメージングを実現した世界初の診断装置を開発" *メディカルバイオ*, 11, 14-15 (2008) 査読有

榎本 秀一, 羽場 宏光, "マルチトレーサーの開発と利用" *Isotope News*, 9-15 (2008) 査読有

S. Motomura, Y. Kanayama, H. Haba, K. Igarashi, Y. Watanabe, S. Enomoto, "Development of multielemental imaging on semiconductor Compton telescope" *Pure and Applied Chemistry*, 80, 2657-2666 (2008) 査読有

S. Motomura, Y. Kanayama, H. Haba, Y. Watanabe, S. Enomoto, "Multiple molecular simultaneous imaging in a live mouse using semiconductor Compton camera" *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 23, 1089-1092 (2008) 査読有

M. Kidera, K. Takahashi, S. Enomoto, A. Goto, Y. Yano, "New fragment ion production method using super cold electrons in electron cyclotron resonance plasma" *European Journal of Mass Spectrometry*, 13, 355-358 (2007) 査読有

Y. Yamashita, Y. Takahashi, H. Haba, S. Enomoto, H. Shimizu, "Comparison of reductive accumulation of Re and Os in seawater - sediment systems" *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71 3458-3475 (2007) 査読有

S. Motomura, S. Enomoto, H. Haba, K.

Igarashi, Y. Gono, Y. Yano, "Gamma-Ray Compton Imaging of Multitracer in Biological Samples using Strip Germanium Telescope" *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 54, 710-717 (2007) 査読有

榎本 香織, 金山 洋介, 本村 信治, 松田 芳和, 榎本 秀一, "牡蠣抽出物の胃液分泌能" *微量栄養素研究*, 24, 56-58 (2007) 査読有

K. Igarashi, Y. Nakanishi, R. Hirunuma, S. Enomoto, S. Kimura, "Multitracer study on the uptake of various trace elements in anemic rats: influence of NaFeEDTA and ferrous sulfate", *Nutrition Research*, 26, 173-179 (2006) 査読有

N. Asano, M. Kondoh, C. Ebihara, M. Fujii, T. Nakanishi, N. Utoguchi, S. Enomoto, K. Tanaka, Y. Watanabe, "Induction of zinc transporters by forskolin in human trophoblast BeWo cells", *Reproductive Toxicology*, 21, 285-291 (2006) 査読有

榎本 秀一, 木村 信治, "多核種同時ガンマ線イメージング装置の開発", *Isotope News*, 4, 2-5 (2006) 査読無

[学会発表](計 41 件)

榎本 秀一, "種々のγ線放出核を用いた早期疾患診断プローブ開発とコンプトンカメラによる複数核種同時イメージング" 平成 20 年度厚生労働科学研究費研究成果等普及啓発事業医療機器開発推進研究「ナノメディシン研究成果発表会」, 2009 年 2 月 25 日、東京

榎本 秀一, "半導体コンプトンカメラによる複数分子同時イメージング機器の研究開発に係る先導研究" 総合科学技術会議科学技術連携施策群 ナノバイオテクノロジー連携群成果報告会、2009 年 1 月 28 日、東京

榎本 秀一, "種々のγ線放出核を用いた早期疾患診断プローブ開発とコンプトンカメラによる複数核種同時イメージング" 総合科学技術会議科学技術連携施策群 ナノバイオテクノロジー連携群成果報告会、2009 年 1 月 28 日、東京

榎本 秀一, "先端計測技術の開発と応用研究 分子イメージングによる創薬科学へのアプローチ" 岡山大学創薬科学セミナー、2008 年 12 月 25 日、岡山

本村 信治, "複数分子同時イメージング法の実用化に向けた半導体コンプトンカメラの高度化開発" 分子イメージング研究シンポジウム 2008 飛躍を迎えた創薬・疾患診断研究、2008 年 12 月

14日~15日、神戸

H. Haba, "RIKEN GARIS for superheavy element chemistry" 7th Workshop on Recoil Separator for Superheavy Element Chemistry (TASCA08), 31 Oct., 2008, Darmstadt, Germany

T. Fukuchi, S. Motomura, Y. Kanayama, H. Haba, S. Enomoto, Y. Watanabe, "Gamma-ray tracking for Ge telescope Compton camera imaging" 2008 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Satellite Workshops: Compton Cameras for Medical and Industrial Application "Compton Camera III", 19-25 Oct., 2008, Dresden, Germany

T. Fukuchi, S. Motomura, Y. Kanayama, H. Haba, S. Enomoto, Y. Watanabe, "Gamma-ray tracking for Ge telescope Compton camera imaging" 2008 Nuclear Science Symposium, Medical Imaging Conference and 16th Room Temperature Semiconductor Detector Workshop, 19-25 Oct., 2008, Dresden, Germany

S. Motomura, T. Fukuchi, Y. Kanayama, H. Haba, Y. Watanabe, S. Enomoto, "Sophistication of Semiconductor Compton Camera for Multiple Molecular Imaging--Fast and Accurate Image-Reconstruction Method for Three-Dimensional Imaging" 2008 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Satellite Workshops: Compton Cameras for Medical and Industrial Application "Compton Camera III", 19-25 Oct., 2008, Dresden, Germany

S. Motomura, T. Fukuchi, Y. Kanayama, H. Haba, Y. Watanabe, S. Enomoto, "Sophistication of semiconductor Compton camera for multiple molecular imaging--fast and accurate image-reconstruction method for three-dimensional imaging" 2008 Nuclear Science Symposium, Medical Imaging Conference and 16th Room Temperature Semiconductor Detector Workshop Dresden, 19-25 Oct., 2008, Dresden, Germany

Y. Kanayama, S. Motomura, T. Fukuchi, S. Nozaki, H. Haba, Y. Watanabe, S. Enomoto, "

Simultaneous imaging of ^{18}F -FDG, ^{54}Mn - MnCl_2 , ^{65}Zn - ZnCl_2 in mice using semiconductor Compton camera " 2008 World Molecular Imaging Congress, 10-13 Oct., 2008, Nice, France

福地 知則, 本村 信治, 金山 洋介, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一, "ガンマ線直線偏光を利用したコンプトンカメラの高度化" 日本物理学会 2008 年秋季大会、2008 年 9 月 22 日、山形

M. Hiromura, D. Saito, K. Igarashi, S. Enomoto, "Regulation of intracellular zinc by extracellular stimuli" 4th International Conference on Metals and Genetics, 21-24 Jul., 2008, Paris, France

S. Enomoto, "Multiple Molecular Imaging Using the γ -Ray Emission Imaging GREI as a Tool for Metallomics Researches" 4th International Conference on Metals and Genetics, 21-24 Jul., 2008, Paris, France

榎本 秀一, 羽場 宏光, "新しいIRIの利用促進を目指して理研加速器によるRiの製造とその応用" 第 45 回アイソトープ・放射線研究発表会、2008 年 7 月 2 日~4 日、東京

廣村 信, 齋藤 大地, 東 文香, 五十嵐 香織, 榎本 秀一, "細胞外刺激による細胞内亜鉛の変化" 第 19 回日本微量元素学会、2008 年 7 月 3 日~4 日、東京

五十嵐 香織, 齋藤 大地, 中西 由季子, 鈴木 美季子, 坂口 騰, 廣村 信, 木村 修一, 榎本 秀一, "CoQ10 製剤の吸収および各種元素との相互作用の検討" 第 19 回日本微量元素学会、2008 年 7 月 3 日~4 日、東京

金山 洋介, 本村 信治, 福地 知則, 羽場 宏光, 廣村 信, 五十嵐 香織, 野崎 聡, 渡辺 恭良, 榎本 秀一, "複数分子同時イメージングの実現とその生体微量元素研究への応用" 第 19 回日本微量元素学会、2008 年 7 月 3 日~4 日、東京

金山 洋介, 本村 信治, 福地 知則, 羽場 宏光, 野崎 聡, 渡辺 恭良, 榎本 秀一, "半導体コンプトンカメラによるPETプローブを用いた複数分子同時イメージングの試み" 第 18 回金属の関与する生体関連反応シンポジウム、2008 年 6 月 5 日~6 日、名古屋

廣村 信, 齋藤 大地, 五十嵐 香織, 榎本 秀一, "細胞外刺激による細胞内亜鉛の変化" 第 18 回金属の関与する生体関連反応シンポジウム、2008 年 6 月 5 日~6 日、名古屋

- 21 金山 洋介, 廣村 信, 五十嵐 香織, 本村 信治, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一, "正常およびMg欠乏マウスにおける²⁴Na, ²⁸Mg, ⁴³Kの同時イメージング"第25回日本微量栄養学会学術集会、2008年5月30日、京都
- 22 齋藤 大地, 廣村 信, 東 文香, 五十嵐 香織, 榎本 秀一, "細胞内亜鉛の変化の観察"第25回日本微量栄養学会学術集会、2008年5月30日、京都
- 23 本村 信治, 福地 知則, 金山 洋介, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一, "複数分子同時イメージングのための半導体コンプトンカメラの高度化"第3回日本分子イメージング学会総会・学術集会、2008年5月22日~23日、さいたま
- 24 金山 洋介, 本村 信治, 野崎 聡, 廣村 信, 五十嵐 香織, 福地 知則, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一, "病態モデルマウスを用いた複数分子同時生体イメージングの検討"第3回日本分子イメージング学会総会・学術集会、2008年5月22日~23日、さいたま
- 25 S. Enomoto, "Development and Application Studies of Multitracer Technology" 6th International Conference on Isotopes、2008年5月12-16日、Seoul Korea
- 26 T. Fukuchi, S. Motomura, Y. Kanayama, Y. Watanabe, S. Enomoto, "Development of a gamma-ray Compton camera for multi-molecular imaging" 6th International Conference on Isotopes、2008年5月12-16日、Seoul Korea
- 27 榎本 秀一, "複数分子イメージングとメタロミクス研究の展開"日本薬学会第128年会、2008年3月、横浜
- 28 榎本 秀一, "種々の線放出核を用いた早期疾患診断プローブ開発とコンプトンカメラによる複数核種同時イメージング"平成19年度厚生労働科学研究費研究成果等普及啓発事業医療機器開発推進研究「ナノメディシン研究成果発表会」、2008年2月、東京
- 29 榎本 秀一, "マルチトレーサーの開発と利用"第4回新しいアイソトープの利用等に関する作業グループ報告会、2008年2月、東京
- 30 榎本 秀一, "複数分子イメージング開発とその現状"分子イメージング研究シンポジウム2008「社会のニーズに向けた分子イメージング研究の展開」、2008年1月28日、東京
- 31 金山 洋介, 本村 信治, 福地 知則, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一, "複数分子同時イメージング法の開発と現状"分子イメージング研究シンポジウム2008「社会のニーズに向けた分子イメージング研究の展開」、2008年1月28日、東京
- 32 S. Enomoto, "Development of Multi-Elemental Molecular Imaging on Semiconductor Compton Telescope" International Symposium on Metallomics 2007 (ISM 2007)、2007年11月28日~12月1日、Nagoya, Japan
- 33 Y. Kanayama, S. Motomura, H. Haba, K. Enomoto, Y. Watanabe, S. Enomoto, "Preliminary study for multiple molecular imaging: simultaneous imaging of ¹⁸F-FDG, ⁵⁴Mn-MnCl₂, and ⁶⁵Zn-ZnCl₂ in normal and tumor-bearing mouse" International Symposium on Metallomics 2007 (ISM 2007) 2007年11月28日~12月1日、Nagoya, Japan
- 34 J. Furukawa, H. Haba, S. Enomoto, S. Satoh, "Heavy Metal Accumulation in Lotus japonicas" International Symposium on Metallomics 2007 (ISM 2007)、2007年11月28日~12月1日、Nagoya, Japan
- 35 S. Motomura, Y. Kanayama, H. Haba, Y. Watanabe, S. Enomoto, "Multiple Nuclide Imaging in Live Mouse Using Semiconductor Compton Camera for Multiple Molecular Imaging" 2007 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference、2007年10月27日~11月3日、Honolulu, USA
- 36 榎本 秀一, "半導体コンプトンカメラによる複数分子同時イメージング"バイオジャパン2007、2007年9月19日~21日、横浜
- 37 金山 洋介, 本村 信治, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一, "半導体コンプトンカメラによる複数分子同時イメージング装置の開発: マウスにおける⁶⁵Zn, ⁸⁵Sr, ¹³¹I同時線イメージング"第18回日本微量元素学、2007年7月5日~7月6日、福井
- 38 金山 洋介, 本村 信治, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一, "多核種同時イメージング装置を用いた生体マウスにおける⁶⁵Zn, ⁸⁵Sr, ¹³¹I同時イメージング"第17回金属の関与する生体関連反応シンポジウム、2007年6月21日~6月22日、京都
- 39 本村 信治, 金山 洋介, 羽場 宏光, 渡辺 恭良, 榎本 秀一, "半導体コンプトンカメラによる複数分子同時イメージング装置の開発: マウスにおける複数核種同

時 線イメージング" 第2回日本分子イメージング学会総会・学術集会、2007年6月28日~29日、福井

- 40 榎本 秀一, 本村 信治, 金山 洋介, 羽場 宏光, 石澤 篤, "複数核種同時 線イメージング装置の開発と分子イメージング研究の展開" 第68回分析化学討論会、2007年5月19日~20日、宇都宮
- 41 榎本 秀一, "マルチトレーサー法の生物分野における応用研究とバイオイメージング" バイオ応用技術研究ユニットワークショップ 2007「RIを用いた植物分子イメージング技術の開発と植物機能解析研究への応用」、2007年1月30日、高崎

〔図書〕(計 5件)

榎本 秀一, 廣村 信, 五十嵐 香織, シーエムシー出版(糸川嘉則監修) ミネラルの科学と最新応用技術(第6編第2章「ミネラルのイメージング技術」) 2008年、pp397-419

榎本 秀一, 日本放射化学会, 放射化学研究50年のあゆみ 第二章、第五章、2007年、CD-ROM版

榎本 秀一, オーム社(桜井弘編) 生命元素事典(微量元素の研究法 放射性同位元素トレーサー法とマルチトレーサー法) 2006年、pp363-370

五十嵐香織, 榎本 秀一, オーム社(桜井弘編) 生命元素事典(微量元素の研究法 加速器による微量元素分析法) 2006年、pp371-377

榎本 秀一, 放射化学用語辞典、日本放射化学会(日本放射化学会編) (分担執筆) 2006年

〔産業財産権〕

出願状況(計3件)

名称: 半導体放射線計測装置
発明者: 福地知則、本村 信治、榎本 秀一、金山洋介

権利者: 独立行政法人理化学研究所

種類: 特許

番号: 特願 2008-278727

出願年月日: 2008年10月29日

国内外の別: 国内

名称: ガンマ線検出装置

発明者: 本村信治、榎本秀一

権利者: 独立行政法人理化学研究所

種類: 特許

番号: 特願 2006-220446

出願年月日: 2006年8月11日

国内外の別: 国内

名称: ガンマ線検出装置

発明者: 本村信治、榎本秀一

権利者: 独立行政法人理化学研究所

種類: 特許

番号: WO 2008/018534

出願年月日: 2007年8月9日

国内外の別: 国外(PCT 国際出願)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.riken.jp/metallomics/>

<http://www.pharm.okayama-u.ac.jp/lab/bunseki/>

<http://read.jst.go.jp/>

新聞記事

榎本秀一監修, サイエンス チャンネル, 2009年放映予定, 「生命と金属 ~メタロミクスの世界~」全13話

榎本秀一, 記事, X線天文衛星、実用にも一役, 2008.8.22.

榎本秀一, 記事, 群馬大などと研究協定, 日刊工業新聞, 2008.8.21.

榎本秀一, サイエンスページ記事, イメージング技術, 読売新聞, 2008.7.20.

榎本秀一, 記事, マウス体内の放射性薬剤 複数個所の作用 同時撮像, 科学新聞, 2008.7.18.

榎本秀一, 記事, 複数薬剤の動きを体内で同時画像化, 毎日新聞, 2008.7.13.

榎本秀一, 記事, 次世代分子イメージング装置 放射性薬剤を同時撮影, 化学工業日報, 2008.7.4.

榎本秀一, 理研の最前線 44, 複数分子同時イメージング装置の開発, 日刊工業新聞, 2007.10.9.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

榎本 秀一 (ENOMOTO SHUICHI)

独立行政法人理化学研究所・メタロミクスイメージング研究ユニット・研究ユニットリーダー

研究者番号: 10271553

(2) 研究分担者

羽場 宏光 (HABA HIROMITSU)

独立行政法人理化学研究所・森田超重元素研究室・専任研究員

研究者番号: 60360624

本村 信治 (MOTOMURA SHINJI)

独立行政法人理化学研究所・メタロミクスイメージング研究ユニット・研究員

研究者番号: 20360654