

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2013

課題番号：21246146

研究課題名(和文) 新規なイミノビスアセトアミドを配位子とする Tc, Re 錯体の創製及びその利用

研究課題名(英文) Innovation and Utilization of New Amide Complexes for Tc and Re

研究代表者

小澤 正基 (Ozawa, Masaki)

東京工業大学・原子炉工学研究所・教授

研究者番号：80421527

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,200,000円、(間接経費) 10,560,000円

研究成果の概要(和文)：高レベル廃液中で酸素酸イオン TcO_4^- として存在するTc (Tc-99)回収のための効果的な抽出剤を開発した。新しい配位子(2,2'-メチルイミノビスジオクチルアセトアミドMIDOAは、ジグリコールアミド(DGA)の中央のエーテル結合の部位に窒素を導入した中心骨格を持ち、Tcに対し強力な抽出能を示す。MIDOAは安定で毒性がなく、検査(治療)対象の臓器に無理なく取り込まれるTc(あるいはRe)錯体を創製できた。クロマトグラフィ分離法による高レベル廃液処理分離プロセスを構築した。中性子捕獲による使用済み核燃料の核分裂生成物の元素変換挙動と創成元素の資源としての利用可能性を評価した。

研究成果の概要(英文)：MIDOA(2,2'-(Methylimino)bis(N,N-dioctylacetamide)), whose structural formulae is $C_{32}H_{64}N_2O_4$, has a high solubility in n-dodecane, and shows the very high distribution ratio over 100, for Pd(II), Tc(VII) and Re(VII) from diluted HNO_3 to n-dodecane. The D values decrease gradually with HNO_3 concentration. The EXAFS suggests that, the chemical state of $M(VII)O_4^-$ is kept during the extraction process. The results of ^1H-NMR and EXAFS assured the formation of the $M(VII)O_4^-$ -vs. $H+MIDOA$ complex in the organic solution. Comparison of the observed and calculated IR spectra elucidated that an intramolecular hydrogen bond was formed in $H+MIDOA$ and the $M(VII)O_4^-$ ion interact with $H+MIDOA$ through multiple C-H \cdots O hydrogen bonds. The transmutation feasibility of highly radioactive FP(e.g., Ba) to non radioactive rare earth(e.g., La) was suggested by neutron capture reaction.

研究分野：総合工学

科研費の分科・細目：原子力学・燃料サイクル

キーワード：MIDAA MIDOA Tc, Re 新抽出剤 核種分離 錯体構造 クロマトグラフィ 元素変換

1. 研究開始当初の背景

高レベル廃液の核種分離の高度化は重要な課題であり、特に原子力レアメタルに選択性のある有機抽出剤の開発に大きな期待がかけられている。その中でアミド系抽出剤は白金族元素に大きな選択性を有している。Tcは水溶液中では負の電荷を有する酸素酸イオン TcO_4^- として存在し、反応性に乏しく有機相中で安定な錯体を形成しにくい。このため原子力分野における Tc (Tc-99) 回収につき効果的な抽出剤はない。医療現場で利用される Tc (Tc-99m) は核医学の検査試薬として、臓器の形態・動態の異常の有無の検査に利用される。より安定で毒性がなく、検査(治療)対象の臓器に無理なく取り込まれる Tc (Re) 錯体の創製が求められている。この2つの課題を解決する新しい配位子の利用に注目した。対象の配位子(2,2'-メチルイミノビスジオクチルアセトアミド MIDOA はジグリコールアミド(DGA)の中央のエーテル結合の部位に窒素を導入した中心骨格を持ち錯形成挙動は未知であるが、強力な Tc 抽出剤として報告される。優れた機能を発現する配位子は、適正に利用することで様々な分野の産業に大きな影響を与えることができる。核種分離を効率的に実施するには、クロマトグラフィ分離手法が有効であり、有機抽出剤の造粒化が大きな課題とされている。さらに、実用化の観点から、造粒化された吸着剤の高レベル廃液処理における安定性評価を実施し、効率的な分離プロセスを構築する必要がある。一方元素変換については使用済み核燃料から核分裂生成物を元素分離し、軽水炉・高速炉の燃料に元素ごとに再装荷するというスキームを想定し、中性子捕獲による各元素の変換率を計算する。中性子照射の前後における同位体組成、及び比放射能の時間変化を求め、免除基準レベルにより評価し、創成元素の資源としての利用可能性を評価する。

2. 研究の目的

新規に開発した MIDOA と有機合成により入手したその誘導体を利用し、これまで報告例の少ない、Tc, Re, Mo, W など酸素酸アニオンの溶液内の錯形成挙動を明らかにする。また応用例として、原子力分野における長半減期核種の Tc 分離技術の開発と既存プロセスとの適合性を検討する。加えて、還元処理不要な上記配位子の Tc (Re) 錯体を創製し、その核医学分野における検査・治療薬品としての利用性を探る。

また、新規のアミド系抽出剤(MIDOA)の造粒化手法として、アルギネートポリマーを固定化担体として利用するマイクロカプセル(MC)化手法を開発する。製造した MIDOA-MC へのレアメタル(Pd(II), Os(IV), Ir(III),

Pt(IV), Au(III), Hg(I))の基礎的なバッチ吸着特性およびクロマトグラフィ分離特性を明らかにする。さらに、MIDOA-MCの各種の安定性評価試験(耐放射線性、熱的安定性、化学的安定性および繰り返しカラム吸着特性)を実施する。評価試験は、処理試料を各種機器分析による表面観察およびキャラクタリゼーションを行ない、安定性を明らかにする。吸着特性および安定性試験結果を総合的に評価し、本吸着剤の核種分離に対する有効性を実証する。

さらに原子力の未到分野として、原子炉を利用する放射性廃棄物の処理に関する研究を行う。中性子捕獲反応を利用し、放射性核分裂生成物を極低あるいは安定(非放射性)のレアメタル、レアアース元素に核種・元素変換させるための、計算科学的、実験化学的研究を行う。

具体的には次の研究を実施する、(1) MIDOA 関連化合物の合成法の開発、(2) MIDOA - 金属錯体の構造計算、(3) MIDOA の物性評価及び安定性評価、(4) MIDOA の抽出性能評価、(5) クロマトグラフィ分離法の検討、(6) 核医学利用及び(7) 核分裂生成物の元素変換特性。

(1)に関しては、よりよい(高回収率、簡便法)方法を検討しつつ、様々な構造の関連化合物の取得を目指す。(2)は、Tc, Re のようなオキソアニオンの金属錯体の報告例が少ないため、構造計算を行い、最安定な構造を明らかにする。(3)は、沸点、各種溶媒への溶解度、粘度等の性質を抽出剤として必要な物性値を得る。また、硝酸による耐酸性を調べる。これに加えて再処理プロセスでの利用を考慮し放射線分解性についても検討する。(4)については、新規抽出剤による溶媒抽出を行う。薄い酸性度条件で高い抽出能力を示しているが、これはこれまで Tc の抽出に関する論文でも確認される挙動であり、希硝酸の条件で概ね 1000 である。Tc 及び関連のある核分裂生成物元素、その同属元素や関連する金属酸素酸イオン等について分配挙動を調べる。加えて、MIDOA やその誘導体が水溶液中で酸解離することは錯形成反応性を評価する上で大変重要である。ポテンシオメトリーを利用して類似の水溶性配位子のプロトン付加反応を調べる。また、硝酸-ドデカンの抽出条件にこだわらず、各種酸溶液、各種有機溶媒での分配比を求め、基礎的な抽出反応についての実験を行う。(5)についてはアルギネートポリマーを固定化担体として利用するマイクロカプセル(MC)化手法を検討する。バッチ吸着試験は塩酸系を想定する。カラム吸着特性は、レアメタル混合溶液からの Pd の選択的なクロマトグラフィ分離を実施する。分離手法としては、溶離剤

の濃度および種類を段階的に変化させるステップワイズクロマト分離を検討する。(6)の核医学への応用では各臓器に取り込まれる Tc 錯体の構造についての調査を行う。生体内で利用するため、水への溶解度や水溶液中での反応性について基礎検討を行う。なお、対象の化合物はペプチド結合を有するアミド化合物であることから生体内に取り込みやすい構造と推察される。なお、酸濃度の低い条件で分配比が高いことより、中性領域の体液組成でも高い錯形成が期待される。(7)については使用済み核燃料(SF)に含まれる核分裂生成物(FP)の廃棄量削減、環境負荷低減、及び有効利用を目指し、全 FP 元素に対して核変換計算をおこない元素生成率を算出する。原子番号の偶奇で、元素変換率の中性子捕獲断面積依存性を評価する。また、生成元素の比放射能の時間変化から資源としての有用性を評価する。

3. 研究の方法

(1) MIDOA 関連化合物の合成法の開発：MIDOA の従来の合成方法は、アミンとイミノ二酢酸の縮合反応である。ここでは、より簡便な方法を検討し、得られた化合物の分析(NMR、IR 等)を行い、目的物であるかどうかを確認する。併せて、回収率も検討する。

(2) MIDOA - 金属錯体の構造計算：新配位子の性能を構造計算により予測する。構造最適化は Gaussian 03 プログラムを用いて結合角、長さ金属錯体のエンタルピーの算出を試みる。計算は原子力機構と愛知県岡崎の計算科学センターにある大型計算機を用いる。

(3) MIDOA の物性評価及び安定性評価：沸点、各種溶媒への溶解度、粘度等の性質を抽出剤として必要な物性値を既存の装置を用いて測定する。分析が困難な物性(蒸気圧、旋光度等)について、業者に委託して測定値を得る。酸と振り混ぜた後、分解生成物があればそのマススペクトルを測定し、初期濃度との比較を行う。耐放射線性については、原子力機構、高崎研にあるガンマ線照射施設を使って MIDOA を照射し、照射後の試料のマススペクトルや水溶性の有機炭素測定などを行い、分解生成物を同定する。

(4) MIDOA の抽出性能評価：様々な元素、抽出条件での抽出挙動を調べる。抽出実験は通常の方法を用いる。測定には、水溶液中の元素濃度測定を行うが、安定元素については ICP-AES や ICP-MS による元素濃度測定を行う。また、放射性元素については、液体シンチレーション計数装置や NaI シンチレーション計数装置を用いる。

(5) アルギネートポリマーを固定化担体として利用するマイクロカプセル(MC)化手法

はゾル・ゲル法を利用して、混練ゾルを Ca 溶液でゲル化する方法を採用した。MIDOA-MC の基礎的なバッチ吸着は塩酸系で、塩酸濃度、吸着速度、吸着機構および吸着容量等について検討した。カラム吸着特性は、レアメタル混合溶液からの Pd の選択的なクロマトグラフィ分離を実施した。分離手法には、溶離剤の濃度および種類を段階的に変化させるステップワイズクロマト分離を採用した。

(6) 核医学利用の検討：Tc 又は Re を含む金属錯体の結晶を合成し、これを溶解して溶液中の溶存状態を調べる。また、可能ならば、取り込まれやすい臓器の特定を試みる。

(7) 核計算コード ORIGEN2.2 と断面積ライブラリー ORLIBJ40 を用いて解析した。軽水炉は中性子束 $3.29 \times 10^{14} \text{cm}^2/\text{s}$ の PWR を、高速炉は中性子束 $2.70 \times 10^{15} \text{cm}^2/\text{s}$ のもんじゅの径方向ブランケット領域を想定し、1125 日運転後 5 年冷却を仮定し、取り出し時における元素生成率を求めた。資源利用の可否を判断するために、生成元素の比放射能が IAEA による免除基準レベルを下回るまでに必要な冷却期間を求めた。

4. 研究成果

(1) MIDOA 関連化合物の合成法の開発：MIDOA 以外に本研究では、イミノビスジオクチルアセトアミド、メチルイミノビス 2-エチルヘキシルアセトアミド等の合成に成功した。また、新規合成法としてメチルイミノ 2 酢酸とメチルイミダゾールを氷温下でトシルクロライドを加えながら 1 時間攪拌する。次に 2 級アミンを加えて 1 昼夜攪拌すると、MIDAA 化合物を生成できる。本法につき特許出願した。

(2) MIDOA - 金属錯体の構造計算：MIDAA と ReO_4^- の錯形成時の構造を明確にするため、XAFS、IR 測定や理論計算を行った。その結果、MIDAA にプロトンが付与した H^+ -MIDAA と ReO_4^- の酸素原子が水素結合をするような構造で反応していると予想された。 ReO_4^- 内の酸素と水素結合する H^+ -MIDAA 中のプロトンは現時点で、酸解離で付与した H^+ 又は窒素原子に結合するメチル基のプロトンのどちらかと推定される。

(3) MIDOA の物性評価及び安定性評価：MIDOA 比重：0.91g/ml、Re 抽出容量：37mM/100 mM MIDOA による、MIDOA の水への溶解度：0.058mM、などである。安定性について、耐放射線性を検討した。その結果、他のアミド抽出剤とほぼ同様かそれより優れた耐放射線性を示した。MIDOA や固体金属錯体の Re-MIDEA について熱分析を行った。その結果、MIDOA は 350 度付近で熱分解すること、固体の Re-MIDEA の融点が 208 度であり、345 度付近で熱分解することなどが分かった。いずれの試

料も350度より低い温度では比較的安定に存在することが理解された。

(4) MIDOAの抽出性能評価：硝酸系と塩酸系で周期律マッピングを作成した。この中で、比較的高い分配比を示す元素として、硝酸系ではCr, Mo, W, Tc, Re, Pd, Au, Hg, Puが、塩酸系ではMo, W, Tc, Re, Fe, Os, Ir, Pd, Pt, Au, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Sn, Bi, Uの分配比が10を超えた。関連の結果の特許出願を行った。

(5) 新規アミド系抽出剤(MIDOA)をアルギネートキセロゲルポリマーでマイクロカプセル(MC)化することに成功した。開発したMCに対する各種レアメタルのバッチおよびカラム特性を評価した。MIDOA抽出剤をアルギネートキセロゲルに内包したマイクロカプセル(MIDOA-MC)へのレアメタル(Pd(II), Os(IV), Ir(III), Pt(IV), Au(III), Hg(I))のバッチ吸着特性評価では、6Mまでの高濃度HCl溶液からOs, Pt, AuおよびHgを1時間以内にほぼ100%吸着できることを見出した。Pd吸着は、30分以内で90%、12時間で平衡に到達した。レアメタルのMCへの吸着はラングミュア型吸着等温式に従いことが分かった。Pdの吸着容量は0.5 mmol/gであり、0.1Mチオ尿素-1M塩酸により定量的に溶離可能であった。以上のことから、MIDOA-MCはレアメタルの分離回収に有効であることが明らかとなった。マイクロカプセルの高レベル廃液処理への実用化を視野に入れ、各種安定性評価試験(耐放射線性、熱的安定性、化学的安定性および繰り返しカラム吸着特性)を実施した。高レベル放射性廃液処理で処理が困難とされているTcおよびReを対象として、MCの安定性に関して機器分析(SEM, IR, TG/DTA)による評価を実施するとともに、TcおよびReの吸着特性の変化を調べた。MCは3-7 M HNO₃共存まで安定で、180まで構造を維持する。1.5 × 10⁷ Rまでの⁶⁰Co照射でも構造変化は認められず、吸着特性は保持される。繰り返しカラム特性は、28成分系模擬高レベル廃液を用いて、Reのクロマトグラフィ分離を同一カラムを用いて3回実施して評価した。Reの回収率は98.92%、98.04%および97.53%であり、3回の吸着・溶離を繰り返しても変化しない。これらの結果から、MIDOA-MCは高レベル廃液での核種分離に有効であり、安定性も高いことが確認された。

(6) 核医学利用の検討：MIDAAの一種であり、水溶性のMIDEA(メチルイミノビスジエチルアセトアミド)の毒性評価(エイムズ試験)を行った。ネズミチフス菌を使用して、突然変異誘発能の有無を調査した結果、MIDEAは突然変異能を有しないと判断できた。Re-MIDEA結晶を合成することに成功し、錯体の基準物質を得た。この結晶を擬似血液の水溶液に溶解した場合、ReとMIDEAにイオン化して存在することがGC-MS分析より理解された。

(7) 1つ前の原子番号のFP元素を原子炉に装荷した場合の年間の元素生成率を求めた。断面積及び安定同位体数の違いから、奇

数の原子番号の元素は生成し難いが、偶数の元素は付近の奇数元素に比べて10~100倍程度生成率が高いという傾向が得られた。例として、Tc Ru: 8.03%(FBR), Ru Rh: 0.674%(FBR), Rh Pd: 20.6%(PWR), Eu Gd: 23.4%(PWR), Gd Tb: 0.613%(FBR), Tb Dy: 17.1%(FBR)が挙げられる。特筆すべき結果として一部の元素変換系では²³⁵Uの核分裂で生成したFP元素(一次原子力レアメタル)よりも、FPの元素変換で生成した元素(二次原子力レアメタル)の比放射能の方が低くなった。例えば、元素変換で生成したRu, Pd, La, 及びNdでは、取り出し時の比放射能がそれぞれの免除レベル以下の、21.3Bq/g, 95.1Bq/g, 0.0111Bq/g及び1.63 × 10⁻⁵Bq/gであり、特にLa及びNdについては天然由来の比放射能濃度をも下回ることから取り出し後の冷却及び遮蔽が全く不必要であり、資源としての有効性が示唆された。

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 7 件)

(1) M.C. Ali, T. Kawasaki, Y. Sasaki, and Y. Ikeda, "Syntheses and crystal structures of Eu(III) and Sm(III) perrhenate complexes with 2,2'-(imino)-bis(*N,N'*-diethylacetamide)," J. Nucl. Sic. Technol., in press (査読有)

(2) Yuji Sasaki, Yoshihiro Kitatsuji, Yumi Sugo, Yasuhiro Tsubata, Takaumi Kimura, and Yasuji Morita, Proceedings of ISEC2014 (査読有。投稿中)

(3) Yuji Sasaki, Morihisa Saeki, Yumi Sugo, Yasuhiro Ikeda, Takeshi Kawasaki, Tomoya Suzuki, Akira Ohashi, Solvent Extr. Res. Develop. Jpn (査読有。投稿中)

(4) Yuji Sasaki, Yasuhiro Tsubata, Yoshihiro Kitatsuji, Yumi Sugo, Noriko Shirasu, Yasuji Morita, Takaumi Kimura, Solvent Extr. Ion Exch. 31, 2013, 401-415 (査読有)

(5) HAN Chi Young, OZAWA Masaki, SAITO Masaki, Resourceability on Nuclear Fuel Cycle by Transmutation Approach, *SCIENCE CHINA Chemistry*(SPECIAL TOPIC: Nuclear Fuel Cycle Chemistry), Vol.55 No.9, pp.1746-1751, September 2012. (査読有)

(6) Yuji SASAKI, Morihisa SAEKI, Yumi SUGO,

Yasuji MORITA, Akira OHASHI and Takeshi ORIYAMA, Yasuhisa IKEDA, Mohammad Chand ALI, ISEC2011国際会議Proceedings (査読有)

(7) Morihisa Saeki, Yuji Sasaki, Ayaka Nakai, Akira Ohashi, Dipanjan Banerjee, Andreas C. Scheinost and Harald Foerstendorf, Inorganic chemistry 51, 2012, 5814-582143. (査読有)

[学会発表](計 15 件)

(1) Hitoshi Mimura, Rana Syed Masud, Yuichi Niibori, "Actinide and Fission Product Partitioning and Transmutation", 13th Information Exchange Meeting, 23-26 September 2014, Seoul, Republic of Korea (accepted).

(2) Mikael Nilsson and Masaki Ozawa, "Urban Mining of Used Nuclear Fuel as a Source of Valuable Materials", Symposium on New Frontiers in Sustainable Fuels and Chemicals "What's Beyond the Horizon", UC Santa Barbara, Thursday February 6, 2014

(3) Atsunori Terashima, Masaki Ozawa, "Numerical Analysis about Creation of Strategic Important Elements by Nuclear Transmutation Process of Fission Products", The 2nd China-Japan Academic Symposium on Nuclear Fuel Cycle (ASNFC 2013), Abstract Book, pp66-67, Nov.27-Nov.30 2013, Shanghai, China

(4) Masaki Ozawa, "Après ORIENT, A New P&T Challenge to Transmute Radioactive Wastes into Resources", The 2nd China-Japan Academic Symposium on Nuclear Fuel Cycle (ASNFC 2013), Abstract Book, pp64-65, Nov.27- Nov.30 2013, Shanghai, China

(5) Masaki Ozawa, Chi Young Han, Toshitaka Kaneshiki, Masao Nomura, Shinichi Koyama, Mikael Nilsson, "Après ORIENT; A P&T-based New Resource Strategy in Nuclear Fuel Cycle", No.7477, 4x. Advanced Aqueous Separations, Salt Lake City, USA, September 29-October 3, 2013.

(6) Rana Syed Masud, Hitoshi Mimura, Yuji Sasaki, Masaki Ozawa, The 2nd China-Japan Academic Symposium on Nuclear Fuel Cycle (ASNFC 2013), Nov.29, Shanghai,

China.(2013).

(7) Masaki Ozawa, "From Radioactive Wastes to Resources, by Neutronic Transmutation to Create New Rare Metals, Rare Earth", PIM2013 Processes in Isotopes and Molecules, **Plenary PI-11, Invited Lecture**, 25-27 September 2013, Cluj-Napoca, Romania.

(8) Rana Syed Masud, Hitoshi Mimura, Yuji Sasaki and Masaki Ozawa, "Adsorption Properties of Rare Metals by Functional Xerogels Impregnated with MIDOA Extractant", 2013 Asian Pacific Conference on Chemical, Material and Metallurgical Engineering (APCCMME 2013), May 22- 23, 2013, Beijing, China.

(9) Masaki Ozawa, "Turning Wastes into Resources, by Neutron Capture Transmutation of Radioactive Wastes", BIT's 2nd Low Carbon Earth Summit-2012, 2nd New Energy Forum 2012 (NEF-2012) Booklet pp222, Oct. 19-21, 2012, Guangzhou, China.

(10) Masaki Ozawa, "New Element Strategy on Nuclear Fuel Cycle - Creation of New Rare Earth by Transmutation - "8th International Conference on f-Elements (ICFE8), August 26-31, 2012 UDINE, ITALY.

(11) Masaki Ozawa, "From Radioactive Waste to Resource, a New Transmutation Strategy" 4th International Congress on Ceramics including 3rd Ceramic Leadership Summit Track Shaping the Future of Ceramics, Environments, Energy and Transportation: Energy Production and Storage II, ICC-049-2012 **Invited Lecture**, Abstracts pp.80,95, July 15-19, 2012 Sheraton Chicago Hotel& Towers Chicago, Illinois, USA.

(12) 佐々木 祐二, 須郷 由美, 川崎 武志, 鈴木 智也, 池田 泰久, 中瀬 正彦, 竹下 健二, "窒素ドナー系アミド化合物を用いる金属錯形成", 第 32 回溶媒抽出討論会, 平成 24 年 11 月 22-23 日, 名古屋

(13) 佐々木祐二, "窒素ドナーを持つ新抽出剤 MIDOA を用いる様々な元素の溶媒抽出" 第 31 回溶媒抽出討論会, 平成 24 年 11 月 16 日, 17 日, 金沢

(14) Yuji SASAKI, Morihisa SAEKI, Yumi SUGO, Yasuji MORITA, Akira OHASHI and Takeshi ORIYAMA, Yasuhisa IKEDA, Mohammad Chand ALI, " 2-(IMINO)BIS (N,N-DIALKYLACETAMIDE) (IDAA), A NOVEL COMPLEXING AGENT FOR Pd(II) ", Tc(VII) AND Re(VII), ISEC2011 国際会議, 平成 23 年 10 月 3-7 日, チリ、サンチアゴ

(15) M. Saeki, Y. Sasaki, D. Banerjee, A. C. Scheinost, H. Foerstendorf, Structural study on complex between MO4- (M=99Tc and Re) and MIDOA by ATR FT-IR and EXAFS spectroscopy and DFT calculation", Actinide XAS 2011 国際会議, 平成 23 年 3 月 2 日, 播磨

〔図書〕(計 0 件)

なし

〔産業財産権〕

出願状況 (計 3 件)

(1) 名称: 塩酸溶液中の貴金属の回収方法

発明者: 佐々木祐二

権利者: 原子力機構

種類: 特許権

番号: 特願 2012-136715

出願年月日: 2012 年 12 月 12 日

国内外の別: 国内

(2) 名称: 新規Tc, Re用抽出剤、MIDAAの合成法

発明者: 佐々木祐二、大橋明、折山剛

権利者: 原子力機構

種類: 特許権

番号: No. 1250176

出願年月日: 2012 年 1 月 6 日

国内外の別: 国外 (フランス)

(3) 名称: 新規Tc, Re用抽出剤、MIDAAの合成法

発明者: 佐々木祐二、大橋明、折山剛

権利者: 原子力機構、茨城大学

種類: 特許権

番号: 特願 2011-0018095

出願年月日: 2011 年 1 月 7 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小澤正基 (東京工業大学・原子炉工学研究所・教授)

研究者番号: 80421527

(2) 研究分担者

佐々木祐二 (原子力機構・原子力基礎工学研究部門・研究主幹)

研究者番号: 20354839

三村 均 (東北大学・工学研究科・教授)

研究者番号: 10091753

池田泰久 (東京工業大学・原子炉工学研究所・教授)

研究者番号: 40323836

大橋 朗 (茨城大学・理学部・准教授)

研究者番号: 50344833

(3) 連携研究者

須郷由美 (原子力機構・原子力基礎工学研究部門・研究員)

研究者番号: 90354836

森田泰治 (原子力機構・原子力基礎工学研究部門・グループリーダー)

研究者番号: 10355050

佐伯盛久 (原子力機構・量子ビーム応用研究部門・研究副主幹)

研究者番号: 30370399

橋本和幸 (原子力機構・原子力基礎工学研究部門・研究主幹)

研究者番号: 80414530