

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されません

研究課題名	ナノ流体制御を利用した革新的レアアース分離に関する研究
研究機関・ 部局・職名	東京工業大学・原子炉工学研究所・准教授
氏名	塚原 剛彦

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	125,000,000	125,000,000	13,087	125,013,087	125,012,491	596	0
間接経費	37,500,000	37,500,000	0	37,500,000	37,499,821	179	0
合計	162,500,000	162,500,000	13,087	162,513,087	162,512,312	775	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	5,100,523	68,212,899	19,634,355	14,351,015	107,298,792
旅費	0	232,520	138,520	336,305	707,345
謝金・人件費等	0	0	8,174,224	7,156,934	15,331,158
その他	0	612,494	601,955	460,747	1,675,196
直接経費計	5,100,523	69,057,913	28,549,054	22,305,001	125,012,491
間接経費計	1,530,156	22,079,844	7,200,000	6,689,821	37,499,821
合計	6,630,679	91,137,757	35,749,054	28,994,822	162,512,312

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
真空グローブボックス	UNICO・SGV-65V	1	1,478,925	1,478,925	2011/3/25	東京工業大学
蛍光分光装置	日本分光・FP-8200iPM	1	1,561,875	1,561,875	2011/3/31	東京工業大学
接触角計	エキシマ・Simage02	1	697,148	697,148	2011/3/17	東京工業大学
卓上電子顕微鏡装置	TM3000	1	10,249,050	10,249,050	2011/8/30	東京工業大学
マスクアライナー	MA-10	1	5,959,590	5,959,590	2011/7/15	東京工業大学
高周波プラズマ質量分析装置	NexION 300X	1	14,941,500	14,941,500	2011/7/1	東京工業大学
ゼータ電位粒度分布測定装置	DelsaNano HC	1	9,996,000	9,996,000	2011/6/14	東京工業大学
ドラフトチャンバー	TNG-STB-1000ES	1	2,717,400	2,717,400	2011/6/27	東京工業大学
背面照射型EM-CCDカメラシステム	ImagEM C9743-13P	1	5,566,050	5,566,050	2011/8/10	東京工業大学
マグネトロンスパッタ装置	MSP-1S形	1	595,350	595,350	2011/8/26	東京工業大学
パルスNMR装置	DRX-23	1	13,650,000	13,650,000	2011/11/30	東京工業大学
3次元画像表示・計測機能3D-VIEW	日立ハイテック製 TM3000用ソフトフェア	1	623,700	623,700	2012/6/1	東京工業大学
ナノパターニング用マグネトロンスパッタ装置	下記内訳参照	1	5,024,880	5,024,880		東京工業大学
(内訳) マグネトロンスパッタ装置	真空デバイス製	1	3,817,278	3,817,278	2012/7/26	東京工業大学
(内訳) 冷却水循環装置	アドバンテック東洋製 TBG045AE	1	186,480	186,480	2012/7/26	東京工業大学
(内訳) 関連消耗品	真空デバイス製	1	1,021,122	1,021,122	2012/7/26	東京工業大学
ヒュームフード装置付きクリーンブース	CBC-F-3025	1	3,703,350	3,703,350	2012/10/23	東京工業大学
ドラフトチャンバー	SDU-157E	1	2,866,500	2,866,500	2012/10/30	東京工業大学

様式20

超純水製造装置	小松電子製 KE0119	1	1,926,750	1,926,750	2013/4/30	東京工業大学
インテリジェント紫外可視検出器 外	下記内訳参照	1	1,999,200	1,999,200	2013/11/7	東京工業大学
(内訳) インテリジェント紫外可視検出器	日本分光製 UV-2070	1	827,400	827,400	2013/11/7	東京工業大学
(内訳) インテリジェントカラムオープン	日本分光製 CO-2060	1	564,900	564,900	2013/11/7	東京工業大学
(内訳) GPC計算プログラム	日本分光製 ChemNAV- GPC	1	606,900	606,900	2013/11/7	東京工業大学
プラズマクリーナー	Harrick Plasma 製 PDC-32G	1	820,480	820,480	2013/10/18	東京工業大学
インテリジェント示唆屈折率計	日本分光製 RI-2031	1	731,850	731,850	2013/12/5	東京工業大学
卓上真空ガス置換炉	東洋製作所製 FUW112DC	1	1,976,730	1,976,730	2014/3/4	東京工業大学

5. 研究成果の概要

100ナノメートル(髪の毛の太さの1000分の1)までサイズを小さくしたナノ流路内(基板に彫り込んだ微細な溝)でのみ発現するユニークな効果(液体特性, 表面機能等)を巧みに利用することにより、通常分離が困難なレアアース元素同士を、高速かつワンステップで相互分離できる技術と方法論を世界に先駆けて開発すると共に、その分離メカニズムを分子レベルで明らかにした。ハイテク製品に不可欠なレアアースをリサイクルできるだけでなく、工場廃液の水質改善や高純度合金作製等、資源・環境・エネルギー分野に係る諸問題の解決に繋がり、環境負荷低減や経済性の向上にも寄与できる。

課題番号	GR039
------	-------

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	ナノ流体制御を利用した革新的レアアース分離に関する研究
	Development of A Novel Nanofluidic-based Separation System for Rare-Earth Elements
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	東京工業大学・原子炉工学研究所・准教授
	Tokyo Institute of Technology, Research Laboratory for Nuclear Laboratory, Associate Professor
氏名 (下段英語表記)	塚原 剛彦
	Takehiko Tsukahara

研究成果の概要

(和文): 100 ナノメートル(髪の毛の太さの1000分の1)までサイズを小さくしたナノ流路内(基板に彫り込んだ微細な溝)でのみ発現するユニークな効果(液体特性, 表面機能等)を巧みに利用することにより、通常分離が困難なレアアース元素同士を、高速かつワンスルーで相互分離できる技術と方法論を世界に先駆けて開発すると共に、その分離メカニズムを分子レベルで明らかにした。ハイテク製品に不可欠なレアアースをリサイクルできるだけでなく、工場廃液の水質改善や高純度合金作製等、資源・環境・エネルギー分野に係る諸問題の解決に繋がり、環境負荷低減や経済性の向上にも寄与できる。

(英文): A nanofluidic space (10 – 100 nm scale space) makes it possible to control actively the ion transport behavior at single molecular cluster level. By using the unique liquid properties and surface functions in nanofluidic space, we realized even similar ion species such as rare-earth metals could be mutually separated by only flowing into nanofluidic spaces. The research outcomes of this project will create recovery and recycling techniques of valuable materials such as rare metal elements,

the management of liquid wastes, and their related social science for solving many global and environmental problems, which threat to human life. It will also have important advances for the understanding of basic science and for evolution in various fields of chemistry.

1. 執行金額 162,512,312 円
(うち、直接経費 125,012,491 円、 間接経費 37,499,821 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

3. 研究目的

化学的性質が極めて類似しているレアアースは、各イオンの単離が極めて難しく、その分離精製技術の高度化が不可欠である。一般的に溶媒抽出法やクロマト法が用いられているが、いずれも長時間・多段の工程が必要で、レアアースの相互分離が困難である。一方、我々はこれまで、10 - 100 nm スケールの拡張ナノ空間では、壁面の静電的な効果が空間全体に波及して、分子クラスター（拡張ナノサイズに近い数百分子程）の特性が顕在化するため、バルク空間とは全く異なるユニークな溶液物性や流動特性（低運動性，高プロトン移動度など）を発現することを見出してきた。そこで本研究では、この拡張ナノ空間の特異性と表面化学を巧みに組み合わせて、“拡張ナノ流路に溶液を流すだけで、標的レアアースを溶媒和イオンレベルで選択的に分離できる極限ナノデバイス”を構築すると共に、その分離メカニズムを明らかにすることを目的とする。表面機能の異なる拡張ナノ流路を作製し、流路壁面と溶媒和イオンとの静電相互作用，自由エネルギー，移動度等の僅かな差を顕在化させると共に、これらの差に応じて流れを制御することによって、バルク的操作では不可能な精緻なレアアース分離の技術と方法論を創成する。

4. 研究計画・方法

具体的には、以下の3項目の研究を推進する。

項目1. ナノ表面機能制御法の確立： トップダウンとボトムアップナノ加工技術を駆使し、閉鎖空間である拡張ナノ流路の表面に、分子ふるいを可能とするナノ構造物，電荷の異なる自己組織化膜，原子価数調整しうるナノ電極等の物理化学的な機能を、多段階かつ部分的に付与する手法を確立する。また、光ラジカル重合反応等を利用して、拡張ナノ流路内に金属イオン選択性のある感応性高分子膜を固定化する。これにより、ナノ流路表面の表面電位・機能の自在な制御を実現する。

項目 2. ナノ流体制御による分離試験と評価： 拡張ナノ流路内では、金属イオンと壁面間の静電相互作用の強さに応じたイオン分布が形成されるため、電荷分布と流速分布の重ね合わせで分離の選択性が決まると期待できる。そこで本項では、試料溶液の送液制御および回収ができるナノ流体制御システムを構築すると共に、拡張ナノ流路内にレアアースを含む水溶液を送液して、レアアースの相互分離試験を実施する。誘導プラズマ分析装置（ICP）、ゼータ電位計、蛍光顕微鏡等の各種装置を用いて各イオンの濃度を解析し、分離条件を最適化する。また、拡張ナノ空間の形状、性状、溶液条件と分離能との関係を系統的に評価し、拡張ナノにおける分離の原理を明らかにする。

項目 3. 溶媒和イオンの構造とダイナミクス解析： 拡張ナノ空間は、壁面の電気二重層厚さ（デバイ長）に近く、内部の水物性もバルクとは異なる空間である。従って、溶媒和イオンそのものの分子構造、ダイナミクスおよび溶媒和パラメーターも、バルク・マイクロ空間と異なる可能性があるが、未解明のままである。本項では、NMR、赤外（IR）等の各種分光分析装置を駆使し、拡張ナノ空間内における溶媒和金属イオンそのものの挙動を解明する。これらの知見を項目 2 にフィードバックして、溶媒和イオンの分子挙動と分離機構との関係の解明に繋げる。

5. 研究成果・波及効果

【項目 1】では、流路および構造物の作製、電極作製、流路壁面への官能性ポリマー固定化を実現し、当初の目標であった“拡張ナノ流路への物理的、電気的、化学的な機能付与”を達成した。特に、化学的機能については、新しい合成法を考案して、温度応答のみで標的の希土類元素を選択的に吸・脱着できる感応性ポリマーを作製することに成功した。特に、化学的機能については、原子移動ラジカル重合(ATRP)法を用いて、温度応答のみで標的の希土類元素を選択的に吸・脱着できる感応性ポリマーを世界に先駆けて合成し、僅かな水和イオン半径の違いを駆動力としてレアアース (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Lu 等) を相互分離させることに成功した (図 1)。

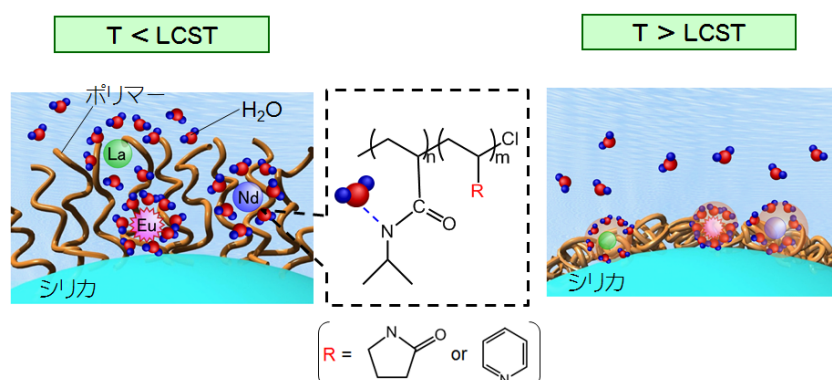


図 1 感応性ポリマーによるレアアース元素の吸・脱着

【項目 2】では、試料溶液の連続送液や規定量の切り取りができる新しいナノ流体システ

ムを構築し、蛍光分子を用いた性能評価を行って、極微量・迅速・高効率な分離ができることを確認した。このシステムを用いて、レアアース及び他金属イオン（3 価のレアアースとは価数が異なる Cs, Sr 等）が混在した溶液に対して分離試験を実施した（図 2）。ICP 質量分析、蛍光分光、ゼータ電位等により測定した結果、ナノ流路に流すだけでこれら元素の相互分離ができることを実証した。レアアースと他金属イオン間の分離は空間サイズや酸濃度・イオン濃度に依存せず、空間サイズが小さく酸・イオン濃度が高いほど、分離効率は高くなる。これは、流路表面へのイオンの吸着が要因と考えられる。一方、レアアース元素間の相互分離の場合、酸濃度が低い方が水和イオン半径、すなわち水和エネルギーの違いが顕在化されるため、その分離効率は高くなることが分かった。この時、水和エネルギーの大きい順（重希土類 Lu、中希土類 Eu、軽希土類 La）にナノ流路を速く流れて、その分離効率は、元素の組み合わせや溶液性状によって異なるが、最大 10 程度となる。さらに、分離した元素の回収・精製法について検討を進め、試料を超臨界状態（400 - 500°C、40MPa）下にて処理することで、酸化物粒子として回収できることを見出した（図 3）。これらを元に、模擬都市鉱山廃液（蛍光管を破碎・強酸溶解・ろ過し一部金属を沈殿分離したもの）の分離試験を実施した。その結果、これまでの試験結果と同様、ナノ流路内では、酸・イオン濃度の調整によって、レアアースと他金属イオンあるいはレアアース間を分離できることが確認できた。レアアース分離・評価から回収・精製・粒子化まで一連のシステム設計を検討しており、当初の目標を達成したと言える。今後は、ナノ空間を利用することによる処理量の少なさと、不十分な前処理による流路閉塞、を改善することが、実用化への課題と考えられる。

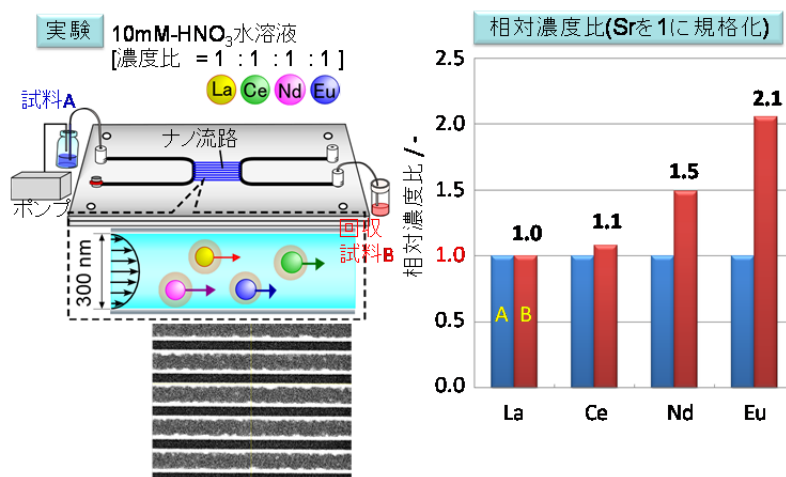


図 2 連続送液システムの概念図とレアアース相互分離結果の例

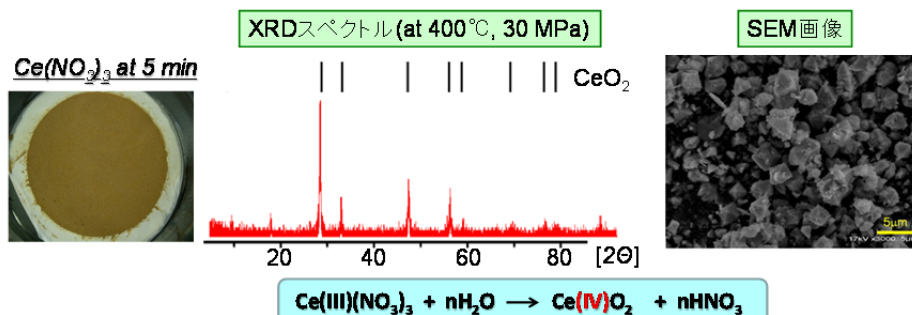


図3 超臨界水処理の処理による希土類元素の回収精製の結果

【項目3】では、拡張ナノ流路内における水及び水和イオンの分子構造とダイナミクスを調べるため、NMR 測定用のガラスチップを作製すると共に、内部の溶液の NMR スペクトル、NMR 緩和時間、拡散係数等の測定を行った（図4）。また、比較のため、拡張ナノスケールよりも1桁小さいナノ細孔(1nmスケール)中においても同様の測定を行って、分子構造とダイナミクスに対する空間サイズ効果を評価した。その結果、空間サイズを小さくするほど水の分子運動は抑制され、また、水和エンタルピーの大きいレアアース元素ほど、空間サイズ効果は大きくなることが分かった。すなわち、安定な水和イオン形成によって水分子運動が制限されていると考えられる。この安定な水和イオン形成は流路壁面との相互作用を小さくするため、圧力送液に伴う水和イオンの流動性、つまり流速を増加させ、結果、分離効率が向上したと考えられる。

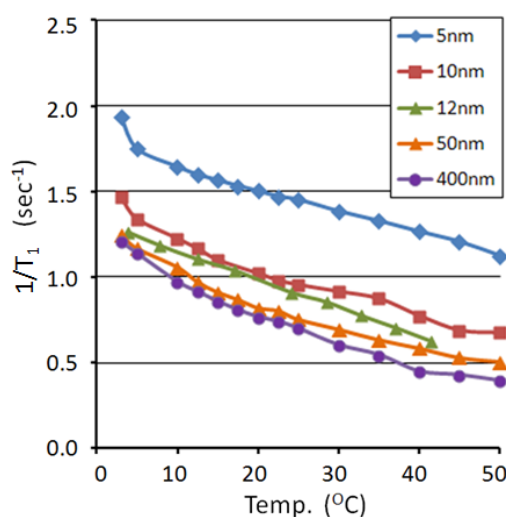


図4 ナノ空間水の 1/T₁ 値の温度・サイズ依存性

6. 研究発表等

雑誌論文 計 17 件	<p>(掲載済み一査読有り) 計 13 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Synthesis of NIPAAm-based polymer-grafted silica beads by surface-initiated ATRP using Me₄Cyclam ligands and the thermo-responsive behaviors for lanthanide(III) ions, Ki Chul Park, Naokazu, Idota, <u>Takehiko Tsukahara</u>, <i>Reactive and Functional Polymers</i>, in press (2014). 2. Behavior of Polyhydric Alcohols at Ice/Liquid Interface, <i>Journal of Physical Chemistry C</i>, Makoto Uyama, Makoto Harada, <u>Takehiko Tsukahara</u>, Tetsuo Okada, 117, 24873 – 24882 (2013). 3. Enhancement of Proton Mobility in Extended Nanospace Channels, Hiroyuki Chinen, Kazuma Mawatari, Yuriy Pihosh, Kyojiro Morikawa, Yutaka Kazoe, <u>Takehiko Tsukahara</u>, and Takehiko Kitamoria, <i>Angewandte Chemie Int. Ed.</i>, 51(15), 3573 – 3577 (2012), (selected as VIP). 4. Highly Efficient Electrochemical Valence Control of Uranium in a Microfluidic Chip equipped with Microelectrodes, <u>Takehiko Tsukahara</u>, Hiroyasu Hotokezaka, Masayuki Harada, Yoshikuni Kikutani, Manabu Tokeshi, and Yasuhisa Ikeda, <i>Microfluid Nanofluid</i>, 14, 989 – 994 (2012). 5. NMR Spectroscopic Evidences of Lewis Acid-Lewis Base Complex Formation of Perfluoroborane with Uranyl β-Diketonato Complexes, Naomi Miyamoto, <u>Takehiko Tsukahara</u>, and Yasuhisa Ikeda, <i>Chemistry Letters</i>, 41, 513 – 515 (2012). 6. Direct Measurements of the Saturated Vapor Pressure of Water Confined in Extended Nanospaces using Capillary Evaporation Phenomena, <u>Takehiko Tsukahara</u>, Taku Maeda, Kazuma Mawatari, Akihide Hibara, and Takehiko Kitamori, <i>RSC Advances</i>, 2, 3184 – 3186 (2012) 7. Investigation of Solubility of Uranyl Complexes in Supercritical Carbon Dioxide and Their Intermolecular Interactions using UV-Visible and 17O- and 19F-NMR Spectroscopy, Naomi Miyamoto, <u>Takehiko Tsukahara</u>, Yoshihiro Kachi, Masayuki Harada, Yoshihito Kayaki, Takao Ikariya, and Yasuhisa Ikeda, <i>Journal of Nuclear Science and Technology</i>, 49(1), 1 – 10 (2012). 8. Temperature-Swing Separation of Uranyl Ion using Thermoresponsive N-isopropylacrylamide copolymer in a Microchannel, <u>Takehiko Tsukahara</u>, and Naokazu Idota, <i>Chemistry Letters</i>, 40(12), 1381 – 1382 (2011) . 9. Simultaneous control of molecular weight and tacticity of thermoresponsive polymer brushes by surface-initiated living radical polymerization, Idota Naokazu, Ebara Mitsuhiro, <u>Tsukahara Takehiko</u>, Nagase Kenichi, Okano Teruo, Annaka Masahiko, and Aoyagi Takao, ABSTRACTS OF PAPERS OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, 241, 254-coll (2011). 10. Shift of Isoelectric Point in Extended Nanospace Investigated by Streaming Current Measurement, Kyojiro Morikawa, Kazuma Mawatari, Yutaka Kazoe, <u>Takehiko Tsukahara</u>, and Takehiko Kitamori, <i>Applied Physics Letters</i>, 99, 123115 (2011). 11. Mutual Separation of Strontium, Cerium, and Uranium Using Pressure-Driven Flow in 100 nm-sized Nanofluidic Channels, <u>Takehiko Tsukahara</u>, and Yasuhisa Ikeda, <i>Progress in Nuclear Energy</i>, 53, 935 – 939 (2011). 12. Microflow Systems for Chemical Synthesis and Analysis: Approaches to Full Integration of Chemical Process, Kazuma Mawatari, Yutaka Kazoe, Arata Aota, <u>Takehiko Tsukahara</u>, Kae Sato, and Takehiko Kitamori, <i>Journal of Flow Chemistry</i>, 1, 3 – 12 (2011). 13. Extended nanospace chemical systems on a chip for new analytical Technology, Kazuma Mawatari, <u>Takehiko Tsukahara</u>, Takehiko Kitamori, <i>Analyst</i>, 136, 3051-3059 (2011). <p>(掲載済み一査読無し) 計 4 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Synthesis of Stimulus-Responsive Polymer-Silica Hybrid Particles using Surface-Initiated Atom Transfer Radical Polymerization (SI-ATRP) and its application for the mutual separation of lanthanides, <u>Takehiko Tsukahara</u>, <i>Bull. Res. Nucl. React.</i>, 37, 39 (2013). 2. Highly effective solvent extraction of radioactive elements using microfluidic device, <u>Takehiko Tsukahara</u>, <i>Bull. Res. Nucl. React.</i>, 37, 40 (2013). 3. Dynamics Studies on Water Confined in Polymer Brushes by Low-Field Pulsed NMR,
----------------	---

	<p><u>Takehiko Tsukahara</u>, Bull. Res. Nucl. React., 30, 35 (2012).</p> <p>4. Nanospace Confinement Effects on Capillary Evaporation Phenomena of Water, <u>Takehiko Tsukahara</u>, Bull. Res. Nucl. React., 35, 60 (2011).</p> <p>(未掲載) 計0件</p>
<p>会議発表 計43件</p>	<p>専門家向け 計34件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 超臨界水を用いた金属イオンの酸化物ナノ粒子化プロセスの検討, <u>塚原剛彦</u>・Hwang Dong ki・宮本尚美・田中康介・逢坂正彦・池田泰久, 日本原子力学会 2011年春の年会, 福井大学 2011/3/28-30. 2. 超臨界二酸化炭素-ウラニル錯体間相互作用に及ぼすルイス酸性ホウ素化合物の添加効果, 宮本尚美・<u>塚原剛彦</u>・加知良浩・原田雅幸・池田泰久, 日本原子力学会 2011年春の年会, 福井大学 2011/3/28-30. 3. 拡張ナノ空間内擬似細胞間構造創成と水分子運動解析, 衛門久樹・馬渡和真・<u>塚原剛彦</u>・北森武彦, 日本化学会 第91年会, 神奈川大学, 2011/3/26-29. 4. 宮本尚美・<u>塚原剛彦</u>・C. Wai・池田泰久, Cu(II)錯体を内包した水/超臨界二酸化炭素マイクロエマルジョンの合成と特性評価, 日本化学会 第91年会, 神奈川大学, 2011/3/26-29. 5. Creation of Mimicked Intercellular Structure and Solution Properties Analysis by NMR in the Extended-nano Space, H. Emon, K. Mawatari, <u>T. Tsukahara</u>, T. Kitamori, International Symposium on Microchemistry and Microsystems 2011 (ISMM 2011), Seoul, Korea, 2011/6/2-4 6. Determination of Electrical Conductivity of Water in Extended-Nano Space Using Streaming Potential System, K. Morikawa, K. Mawatari, <u>T. Tsukahara</u>, T. Kitamori, IUPAC International Congress on Analytical Sciences 2011 (ICAS 2011), Kyoto, Japan, 2011/5/22-26 7. パルス NMR で見るソフト界面間隙水のダイナミクス, <u>塚原剛彦</u>, ワークショップ「ソフト界面のダイナミクス」, プレブラン富山, 2011/11/3-4 8. 電気伝導度測定による拡張ナノ空間のプロトン挙動評価, 森川響二郎・嘉副裕・馬渡和真・<u>塚原剛彦</u>・北森武彦, 第24回化学とマイクロ・ナノシステム研究会, 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス 2011/11/17-18 9. 低磁場パルス NMR で見るナノ間隙水のダイナミクスとその空間サイズ効果, <u>塚原剛彦</u>, 第34回溶液化学シンポジウム, 名古屋大学, 2011/11/15-17 10. 超臨界水熱法によるアクチノイド・ランタノイド酸化物ナノ粒子の合成とその反応機構解析, Dong ki Hwang・<u>塚原剛彦</u>・宮本尚美・池田泰久・田中康介・逢坂正彦, 日本原子力学会 2011年秋の年会, 北九州国際会議場, 2011/9/19-22 11. 低磁場 NMR を用いた温度応答性ポリマーブラシの相転移挙動のその場観察, 井戸田直和・<u>塚原剛彦</u>・荏原充宏・青柳隆夫, 第60回高分子討論会, 岡山大学 津島キャンパス, 2011/9/28-30 12. Study on Proton Transfer Dynamics in Water Confined in Extended Nanospaces, <u>Takehiko Tsukahara</u>, Micro and Extended-Nano Space Chemistry and Perspective of Next-Generation Analytical Devices, Univ. of Tokyo, 2013/3/26-27 (Invited). 13. Advanced Separation Processes for nuclear fuel cycle and radioactive waste treatment, <u>Takehiko Tsukahara</u>, The 2nd Asian Symposium on Material Testing Reactors, Bangkok, Thailand, 2012/10/29-30 (Invited). 14. DEVELOPMENT OF DIELECTRIC CONSTANT MEASUREMENT METHOD FOR UNIQUE REACTION IN EXTENDED-NANO SPACE, K. Morikawa, Y. Kazoe, K. Mawatari, <u>T. Tsukahara</u>, T. Kitamori, The 16th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (μTAS2012), Okinawa,

	<p>Japan, 2012/10/28-11/1.</p> <p>15. Unique Electrical Conductivity in Extended-nano Space Investigated by Streaming Potential/Current System, K. Morikawa, Y. Kazoe, K. Mawatari, <u>T. Tsukahara</u>, T. Kitamori, The 4th International Symposium on Microchemistry and Microsystems (ISMM2012), Hsinchu, Taiwan, 2012/6/10-13.</p> <p>16. The electrical conductivity of water in extended-nano channels determined by streaming potential measurement, K. Morikawa, Y. Kazoe, K. Mawatari, <u>T. Tsukahara</u>, T. Kitamori, Tsukuba, Japan, 2012/5/20-24.</p> <p>17. 拡張ナノ空間の特異性を利用したレアアース分離, <u>塚原剛彦</u>, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川工科大学, 2013/3/27-30.(招待講演)</p> <p>18. マイクロ多相層流を利用したウランイオンの高速溶媒抽出, <u>塚原剛彦</u>・朴基哲, 日本原子力学会 2013 年春の年会, 近畿大学, 2013/3/26-28.</p> <p>19. ランタノイド選択的吸脱着を可能とする温度応答性ポリマーブラシの創成, 藤川はる奈・新井剛・朴基哲・<u>塚原剛彦</u>, 日本原子力学会 2013 年春の年会, 近畿大学, 2013/3/26-28.</p> <p>20. 拡張ナノ空間水の特異性を利用した金属イオン相互分離, <u>塚原剛彦</u>, 第 35 回溶液化学シンポジウム, 2012/11/12-14.</p> <p>21. 中性 DGA 化合物を配位子としたランタノイド(III)錯体の NMR による溶液中構造の解析, 奥村森・川崎武志・<u>塚原剛彦</u>・池田泰久, 第 35 回溶液化学シンポジウム, 2012/11/12-14.</p> <p>22. Separation of actinoid/lanthanoid species using nanofluidic device, <u>Takehiko Tsukahara</u>, 第 2 回アクチノイドマネジメント研究会 - アクチノイド化学の最近の研究 -, 2012/10/23. (招待講演)</p> <p>23. パルス NMR による温度応答性高分子間隙の水のダイナミクス解析, <u>塚原剛彦</u>・井戸田直和, 第 28 回日本イオン交換研究会, 2012/10/18-19.</p> <p>24. 流動電位法を用いた拡張ナノ空間の特異水物性評価, 森川響二郎・嘉副裕・馬渡和真・<u>塚原剛彦</u>・北森武彦, 第 25 回化学とマイクロ・ナノシステム研究会, 崇城大学, 2012/5/17-18.</p> <p>25. 固液界面選択的な水分子挙動解析を志向した低磁場パルス NMR, <u>塚原剛彦</u>・井戸田直和, 第 25 回化学とマイクロ・ナノシステム研究会, 崇城大学, 2012/5/17-18.</p> <p>26. Highly effective solvent extraction of uranium using microfluidic devices. <u>Takehiko Tsukahara</u>, GLOBAL2013, Salt Lake City, USA, 2013/9/29 - 10/3</p> <p>27. Spectrophotometric study on solubility of lanthanide complexes in supercritical carbon dioxide, Dongki Hwang, <u>Takehiko Tsukahara</u>, Yasuhisa Ikeda, The Fourth International Symposium on Innovative Nuclear Energy Systems (INES4), Tokyo, Japan, 2013/11/6-8.</p> <p>28. Studies on Liquid-Liquid Extraction of Radionuclide using Nanoliter Droplets in Microfluidic Channels, <u>Takehiko Tsukahara</u>, The Fourth International Symposium on Innovative Nuclear Energy Systems (INES4), Tokyo, Japan, 2013/11/6-8.</p> <p>29. Complexation and Structural Studies on Trivalent Lanthanides with Dioxaoctanediamide (DOODA), S. Okumura, <u>T. Tsukahara</u>, and Y. Ikeda, 33rd International Conference on Solution Chemistry, Kyoto, Japan, July 7-12, 2013.</p> <p>30. 表面開始原子移動ラジカル重合法(SI-ATRP)による感応性ポリマー/シリカハイブリッド粒子の合成とランタノイド分離への応用, <u>塚原剛彦</u>・朴基哲, 日本原子力学会 2014 春の年会, 東京都市大学, 2014/3/27</p> <p>31. 流動電位法による拡張ナノ空間の溶液物性評価, 森川響二郎・嘉副裕・馬渡和真・<u>塚原剛彦</u>・北森武彦, 第 33 回キャピラリー電気泳動シンポジウム, 東京大学武田先端知ビル・日本女子大学目白キャンパス, 2013/11/13-15</p> <p>32. ランタノイド(III)と中性 DGA 化合物の溶液中における錯形成と構造についての研究, 奥村森・川崎武志・<u>塚原剛彦</u>・池田泰久 日本原子力学会 2013 年秋の大会, 八戸工業大学</p>
--	---

	<p>33. レアアース相互分離に向けた拡張ナノ空間水の分離機能解析, 塚原剛彦, ナノ学会第11回大会, 東京工業大学, 2013/6/6-8</p> <p>34. 硝酸ランタノイド(III)-中性ジアミド配位子錯体中における硝酸イオンの配位状態の解析, 奥村 森、川崎武志、塚原剛彦、池田泰久 2013年 第63回錯体化学討論会 琉球大学</p> <p>一般向け 計9件</p> <p>1. パターンを描く, 作る~マイクロからナノサイズの加工技術~, ナノ・マイクロイノベーション川崎スクール「これから始める人のためのナノ・マイクロ基礎講座 2. 加工基礎編」, 4大学ナノ・マイクロファブ리케이션コンソーシアム, 2011/11/19</p> <p>2. ナノ化学デバイスの創成ーナノスケール空間の液体を操るー, 東工大公開講演会「東工大が誇る若手研究者たち」, 東工大, 2011/10/29</p> <p>3. さらに小さく! 10^{-6} と 10^{-9} の間...拡張ナノ化学, ナノ・マイクロイノベーション川崎スクール「これから始める人のためのナノ・マイクロ基礎講座 1. 化学編」, 4大学ナノ・マイクロファブ리케이션コンソーシアム, 2011/9/21</p> <p>4. レアアース、レアメタルの高効率分離・回収技術, 塚原剛彦, 日本テクノセンター講習会, 2013/3/13.</p> <p>5. さらに小さく! 10^{-6} と 10^{-9} の間...拡張ナノ化学, 塚原剛彦, 「これから始める人のためのナノ・マイクロ基礎講座 2012 化学編」, 4大学ナノ・マイクロファブ리케이션コンソーシアム, 2013/2/22.</p> <p>6. 構造解析法, 塚原剛彦, 「マイクロ・ナノデバイスを観る、測る 分析・検出コース」かわさき新産業創造センターNANOBIIC, 2013/3/11.</p> <p>7. ナノ空間が生み出す“手のひらサイズの化学工場”, 塚原剛彦, 東工大公開講演会「東工大が誇る若手研究者たち」, 東工大, 2012/8/20.</p> <p>8. ガラスチップの作り方 製造・加工技術/特徴・利点/現状と課題, 塚原剛彦, 先進環境材料・デバイス創製スクールーマイクロ化学チップコースー, かわさき新産業創造センターNANOBIIC, 2013/12/2.</p> <p>9. ナノ空間が生み出す“手のひらサイズの化学工場”, 東工大公開講演会「東工大が誇る若手研究者たち」, 東工大, 2013/9/25.</p>
<p>図書 計1件</p>	<p>1. Extended-Nano Fluidic Systems, edited by Kazuma mawatari, Yo Tanaka, Yutaka Kazoe, <u>Takehiko Tsukahara</u>, Takehiko Kitmaori, 230 pages, Imperial College Press, 2011.</p>
<p>産業財産権 出願・取得 状況 計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件 (出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>http://www.nr.titech.ac.jp/~ptsuka/ http://www.youtube.com/watch?v=U4BXaXbrd3c</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>[平成23年度]</p> <p>1. 本学の研究支援管理室や社会連携センターと連携した公開講演会 高校生・一般向け公開講演会「ナノ化学デバイスの創成ーナノスケール空間の液体を操るー」塚原剛彦 (2011.10.29) 東京工業大学大岡山キャンパス・西2号館4階1号室(東工大主催、58名参加)</p> <p>2. 地域の教育講座におけるナノテクノロジーに係る講演・体験実験 2-1 ナノ・マイクロイノベーション川崎スクール「これから始める人のためのナノ・マイクロ基礎講座 1) 化学編ーさらに小さく! 10^{-6} と 10^{-9} の間...拡張ナノ化学」(2011.9.20-21) かわさき新産業</p>

	<p>創造センター(約 20 名参加)</p> <p>2-2 ナノ・マイクロイノベーション川崎スクール「これから始める人のためのナノ・マイクロ基礎講座 2) 加工編 ーパターンを描く、作る マイクロからナノサイズの加工技術①リソグラフィ技術の基礎」(2011.12.19-20) かわさき新産業創造センター(約 20 名参加)</p> <p>3. 大学の学園祭における研究室公開</p> <p>4. WEB サイト作製</p> <p>[平成 24 年度]</p> <p>1. 以下の講義実習を実施した。 ・高校生・一般向け公開講演会「ナノ空間が生み出す“手のひらサイズの化学工場”」 2012 年 8 月 20 日 東京工業大学大岡山キャンパス(東工大蔵前会館 ロイヤルブルーホール) 参加者 40 名 ・マイクロ・ナノスクール「これから始める人のためのナノ・マイクロ基礎講座 2012 化学編」 2013 年 2 月 22 日かわさき新産業創造センター 参加者 32 名 ・学生・一般向け講義「マイクロ・ナノデバイスを観る、測る 分析・検出コース」2013 年 3 月 11 日 かわさき新産業創造センター-NANOBIIC, 2013/3/11. 参加者 24 名 ・一般向け講義実習「レアアース、レアメタルの高効率分離・回収技術」2013 年 3 月 13 日 日本テクノセンター講習会 参加者 6 名</p> <p>2. 大学の学園祭における研究室公開</p> <p>3. 研究室紹介ビデオ撮影(Youtube への update), WEB サイト作製, Twitter・Facebook 作製</p> <p>[平成 25 年度]</p> <p>1. 高校生・一般向け公開講演会「ナノ空間が生み出す“手のひらサイズの化学工場”」 2013 年 9 月 25 日 東京工業大学 田町キャンパスイノベーションセンター (4 階 410 号室) 参加者 50 名</p> <p>2. 先進環境材料・デバイス創製スクールーマイクロ化学チップコースー「ガラスチップの作り方 製造・加工技術／特徴・利点／現状と課題」2013 年 12 月 2 日 かわさき新産業創造センター-NANOBIIC 参加者 34 名</p> <p>3. 大学の学園祭における研究室公開</p> <p>4. 研究室紹介ビデオ撮影(Youtube への update), WEB サイト改訂</p>
<p>新聞・一般雑誌等掲載 計 0 件</p>	
<p>その他</p>	<p>平成 25 年度東京工業大学挑戦的研究賞受賞</p>

7. その他特記事項