

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 4 月 7 日現在

機関番号：23201

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2015

課題番号：24685023

研究課題名(和文)空間結合の特性を利用するメカノクロミックエラストマーの創成

研究課題名(英文)Creation of Mechanochromic Elastomers Exploiting Unique Properties of Interlock Bonds

研究代表者

小山 靖人 (Koyama, Yasuhito)

富山県立大学・工学部・准教授

研究者番号：10456262

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では非共有結合でありながらも共有結合と同等の結合力を持つ「インターロック結合」を架橋点に持ち、且つ応力に応答して可逆な発光変化を示すエラストマーの開発を目指し検討を行った。具体的には、応力に応じて輪成分の移動が起きるポリロタキサンネットワークのスライディング弾性を利用し、(1)ロタキサン架橋点と(2)機能性素子の化学構造を複合化した(3)ソフトマテリアルを創成することを目的として、有機化学・超分子化学・高分子化学の全サイドから研究を推進した。その結果、ユニークな応力応答性を示す新素材の開発のみならず、様々な刺激に応答するロタキサン素子・素材の開発にも成功した。

研究成果の概要(英文)：In this work, we investigated the development of mechano-chromic elastomers containing non-covalent, but chemically stable interlocked bonds at the cross-linking points. Building upon the use of stress-responsive properties (sliding elasticity) of polyrotaxane network, we planned the creation of new soft materials bearing both rotaxane-cross-linking points and functional units. As a result, we developed new polymeric materials with unique stress-responsivity. We also achieved the development of various stimuli-responsive rotaxane-based components and their related materials.

研究分野：有機化学、高分子合成、超分子化学、天然物化学

キーワード：超分子化学 高分子合成 有機化学 らせん高分子 空間集積 メカノクロミズム

1. 研究開始当初の背景

近年、様々なクロモトピズムを利用したデバイスが情報や医学、工学など幅広い分野で活用されるようになってきている。その中でも特に、今日の全世界的な規模での目標である「省エネ」や「元素戦略」に合致するような可逆的変色手段として、メカノクロミズムに特別な注目が集まってきている。

メカノクロミック材料は(1)圧力をかける、(2)引っ張るなどの機械的応力によって変色する材料であり、電力を必要としない表示デバイス等への応用が期待されている。最近、スピロピランや(Moore, *Nature*, 2009)、金錯体(伊藤, *J. Am. Chem. Soc.* 2008)等の応力応答性が報告されてきたものの、可逆性の観点からは実用的ではない。すなわち、前者は共有結合の切断を伴うクロミズムのため、繰り返し使用における耐久性の問題がある一方、後者は非共有結合を用いているものの、発色(発光)を可逆化させるために溶媒蒸気への暴露が必須である。また両者ともに発色域を変化させることはできなく、メカノクロミズム機能を応用展開可能な分子設計ではないと言える。従って、可逆的で応用可能な新しい材料が求められていた。

2. 研究の目的

そこで本研究では非共有結合でありながらも共有結合と同等の結合力を持つ「**インターロック結合**」を利用することを計画した。つまり、コンポーネントの位置関係のスイッチに伴う変色が可能なロタキサンをエラストマーの架橋点に組み込むことで、共有結合の切断を伴うことの無い**メカノクロミックエラストマー**の創成が可能になると期待した。具体的には、応力に応じて輪成分の移動が起きるポリロタキサンネットワークのスライディング弾性を利用し、(1)ロタキサン架橋点と(2)発色(発光)素子の化学構造を複合化した(3)ソフト材料を創成することを目的として、有機化学・超分子化学・高分子化学の全サイドから研究を推進した。

3. 研究の方法

本申請研究ではメカノクロミックエラストマーの創製を目指し、空間素子・素材の合成と特性評価に焦点を当て、研究を行った。特にモノマーの基本動作系と発光(発色)部位の創成に分類して研究を行った。主として初年度とそれ以降の年度に研究方法を定め、以下の点について検討した。

(1) 平成24年度:モノマー及びポリマーの合成法の開発と、それらの成果報告。具体的には①新規発光素子の合成 ② [3]ロタキサン架橋剤の構築について実施。

(2) 平成25年度以降:前年度の知見を活用し、メカノクロミックエラストマーの創成を目指し、機能性素子と空間材料の複合化法を検討

した。また学術誌、学会等で成果を発表した。具体的には③ポリマーとロタキサン素子の複合化の検討 ④ロタキサン素子の構造簡略化、最適化に向けた検討 ⑤高分子の構造に依存する発光特性の評価を実施した。

4. 研究成果

前項の研究の方法に沿って研究を実施し、それぞれについて成果を得た。以下に順次説明する。

①新規発光素子の合成

新規発光素子であるボランエナミノケトナートを任意の高分子骨格への導入する簡便な方法論を開発した。すなわち様々なビニルモノマーから得られる高分子ニトリルオキシド反応剤を用い、アセチレン含有高分子と反応後に適切な高分子反応を行うことで高分子間の連結点にボランエナミノケトナートを導入することが可能となった。

②, ③ [3]ロタキサン架橋剤の構築及びポリマーとロタキサン素子の複合化の検討

芳香族ジスルフィド結合を軸成分に組み込み、且つ2つの輪成分上に重合性ビニル基を導入した [3]ロタキサン架橋剤を開発した。それをラジカル重合系に架橋剤として添加すると、架橋点にロタキサン構造を含むゲルの創製に成功した。得られたゲルは光照射によってジスルフィド結合の開裂が進行するため、照射位置のみが選択的に分解する光応答性超分子ゲルであることを明らかとした。

一方で簡便にロタキサン架橋点を高分子中に導入する超分子架橋剤の開発についても重点的に検討した。その結果、オリゴシクロデキストリンあるいはγ-シクロデキストリンとマクロモノマーを混合して得られる超分子架橋剤を開発し、これをビニルモノマーのラジカル重合系に添加することで、汎用ビニルポリマーへロタキサン架橋点を導入できることを明らかとした。こうして得られた架橋高分子はロタキサン架橋に特異的な優れた応力緩和性を示すことも分かった。またその他にも刺激応答性ロタキサン架橋点へのモデル素子として、シクロデキストリン型サイズ相補性[3]ロタキサンの合成と特性評価、熱応答性ロタキサンシャトルリングシステムの開発についてもそれぞれ検討した。

④ロタキサン素子の構造簡略化、最適化に向けた検討

安定ニトリルオキシド反応剤を用いる末端封鎖反応を開発し、機能性ロタキサン素子や[2]カテナンなどのインターロック分子を高効率に合成することが可能となった。

一方でロタキサンの代替素子の開発についても研究を実施した。具体的にはらせんポリマーのらせん内孔を空間素子として利用すべく、アミロースをモチーフとした新規ホストポリマーの創製について検討した。その結果、アミロースの主鎖骨格にアルキル基を規則的

に組み込んだ構造改変アミロースの合成に成功した。アルキン含有オリゴマルトシルアジドの簡便合成法を開発し、それを重合することでグルコースユニットの向きを完全に制御し、スパーサーを主鎖に規則的に含むポリマー（構造改変アミロース）各種を簡便に調製することが可能となった。

また金属イオンで構造を変化させらせんフォルダマーとして、1,2-グリコシド型ポリマーの研究を推進した。その結果、糖型環状サルファイトのカチオン性開環縮合重合によって、主鎖からの完全なSO₂の脱離が進行し、対応するポリマーを得る手法を確立した。

さらにペプチド型空間材料の創製についても検討を進める中で、従来までないペプチドの完全交互共重合体のワンポット合成法を開発した。

⑤ 高分子の構造に依存する発光特性の評価

特に構造改変アミロースをホストポリマーとして用いて検討を実施した。その結果、スパーサーの導入間隔の制御によって、らせんの内孔の形・サイズが変化し、ゲスト取り込み能が変化することが分かった。またゲストとして発光性素子を用いると、らせんの内孔径の変化に伴い、ゲストの発光特性が大きく変化することを明らかとした。

以上のように、本研究によって有用な空間結合性素子・素材を多数開発することに成功し、以下に示すような数多くの研究成果を発表した。

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 36 件）

- ① "One-Pot Synthesis of Alternating Peptides Exploiting a New Polymerization Technique based on Ugi's 4CC Reaction", Yasuhito Koyama*; Prashant G. Gudeangadi, *Chem. Commun.*, **2017**, 53, 3846-3849. DOI: 10.1039/C6CC09379E. (査読有り)
- ② "Synthesis and properties of rotaxane-cross-linked polymers using a double-stranded γ -CD-based inclusion complex as a supramolecular cross-linker", Keumhee Jang, Keisuke Iijima, K. Yasuhito Koyama, Satoshi Uchida, Shigeo Asai, Toshikazu Takata*, *Polymer*, **2017**, in press. DOI: 10.1016/j.polymer.2017.01.062. (査読有り)
- ③ "One-pot synthesis of glycyrrhetic acid polyglycosides based on grafting-from method using cyclic sulfite", Sangeetha S. Shetty, Yasuhito Koyama*, *Tetrahedron Lett.*, **2016**, 57, 3657-3661. DOI: 10.1016/j.tetlet.2016.07.001. (査読有り)
- ④ "Synthesis and properties of modified amylose containing an aryl spacer at a regular interval in its main chain", Yasuhito Koyama*, Tamaki Nakano, T. *Chem. Lett.*, **2016**, 45, 1018-1020. DOI:

10.1246/cl.160383. (査読有り)

- ⑤ "Ionic polymerization of a sugar-based cyclic sulfite: synthesis of (1 \rightarrow 2)-D-glucopyranan via cationic polymerization", Sangeetha S. Shetty, Yasuhito Koyama, Tamaki Nakano,* *Chem. Lett.*, **2016**, 45, 1021-1023. DOI: 10.1246/cl.160416. (査読有り)

- ⑦ "クリック反応のためのニトリルオキシド反応剤：炭素-炭素結合形成を伴う無触媒環化付加反応", 小山靖人*, 高田十志和*, *有機合成化学協会誌*, **2016**, 74, 866-876. DOI: 10.5059/yukigoseikyokaishi.74.866. (査読有り)

- ⑧ "Thermotriggered catalyst-free modification of a glass surface with an orthogonal agent possessing nitrile N-oxide and masked ketene functions", Sumitra Cheawchan, Satoshi Uchida, Hiromitsu Sogawa, Yasuhito Koyama, Toshikazu Takata*, *Langmuir*, **2016**, 32, 309-315. DOI: 10.1021/acs.langmuir.5b03881. [Selected as a Cover Page Picture] (査読有り)

- ⑨ "Structural analysis and inclusion mechanism of native and permethylated α -cyclodextrin-based rotaxanes containing alkylene axles", Yosuke Akae, Yasuhito Koyama, Hiromitsu Sogawa, Yoshihiro Hayashi, Susumu Kawauchi, Shigeki Kuwata, Toshikazu Takata*, *Chem. Eur. J.*, **2016**, 22, 5335-5341. DOI: 10.1002/chem.201504882. (査読有り)

- ⑩ "Synthesis, ¹³C NMR, and UV spectroscopic study of ¹³C-labeled nitrile N-oxide", Yasuhito Koyama*, Young-Gi Lee, Shigeki Kuroki, Takata Takata*, *Tetrahedron Lett.* **2015**, 56, 7038-7042. DOI: 10.1016/j.tetlet.2015.11.011. (査読有り)

- ⑪ "Exact helical polymer synthesis by a two-point-covalent-linking protocol between C₂-chiral spirobifluorene and C₂- and C_s-symmetric anthraquinone monomers", Zhaozhong Yi, Hitoshi Okuda, Yasuhito Koyama, Ryota Seto, Satoshi Uchida, Hiromitsu Sogawa, Shigeki Kuwata, Toshikazu Takata*, *Chem. Commun.* **2015**, 51, 10423-10426. DOI: 10.1039/C5CC02086G. (査読有り)

- ⑫ "Reversible transformation of one-handed helical foldamer utilizing planarity-switchable spacer and C₂-chiral spirobifluorene units", Hitoshi Okuda, Yasuhito Koyama, Satoshi Uchida, Tsuyoshi Michinobu, Hiromitsu Sogawa, Toshikazu Takata*, *ACS Macro Lett.* **2015**, 4, 462-466. DOI: 10.1021/acsmacrolett.5b00176. (査読有り)

- ⑬ "Synthesis of rotaxane cross-linked polymers derived from vinyl monomers using metal-containing supramolecular cross-linker", Masahiro Ogawa, Hiromitsu Sogawa, Yasuhito Koyama, Toshikazu Takata*, *Polym. J.* **2015**, 47, 580-584. DOI: 10.1038/pj.2015.34. [Selected as Cover Page Picture] (査読有り)

- ⑭ Takahiro Ogawa, Naoya Usuki, Kazuko Nakazono, Yasuhito Koyama, Toshikazu Takata*,

Linear-cyclic polymer structural transformation and its reversible control using a rational rotaxane strategy, *Chem. Commun.*, **2015**, *51*, 5606-5609. DOI: 10.1039/C4CC08982K.

⑮ “Cyclodextrin-based size-complementary [3]rotaxanes: selective synthesis and specific dissociation”, Yosuke Akae, Yasuhito Koyama, Shigeki Kuwata, Toshikazu Takata*, *Chem. Eur. J.* **2014**, *20*, 17132-17136. DOI: 10.1002/chem.201405005. (査読有り)

⑯ “Fluorescent poly(boron enaminoketonate)s: synthesis via the direct modification of polyisoxazoles obtained from the click polymerization of a homoditopic nitrile *N*-oxide and diynes” Tohru Matsumura, Yasuhito Koyama*, Satoshi Uchida, Morio Yonekawa, Tatsuto Yui, Osamu Ishitani, Toshikazu Takata*, *Polym. J.* **2014**, *46*, 609-616. DOI: 10.1038/pj.2014.31. [Selected as a Cover Art Picture] (査読有り)

⑰ “Synthesis of highly reactive polymer nitrile *N*-oxides for effective solvent-free grafting” Chen-Gang Wang, Yasuhito Koyama*, Satoshi Uchida, Toshikazu Takata*, *ACS Macro Lett.* **2014**, *3*, 286-290. DOI: 10.1021/mz500069f. (査読有り)

⑱ “Stimuli-degradable cross-linked polymers synthesized by radical polymerization using a size-complementary [3]rotaxane cross-linker” Keisuke Iijima, Yasuhiro Kohsaka, Yasuhito Koyama, Kazuko Nakazono, Satoshi Uchida, Shigeo Asai, Toshikazu Takata*, *Polym. J.* **2014**, *46*, 67-72. DOI: 10.1038/pj.2013.63. [Selected as a Cover Art Picture] (査読有り)

⑲ “ニトリルオキシドのクリック反応を用いる高効率グラフト反応及び架橋反応”, 小山靖人, * 高田十志和 * *日本ゴム協会誌*, **2014**, *87*, 96-102. DOI: 10.2324/gomu.87.96. (査読有り)

⑳ “Synthesis of topologically crosslinked polymers with rotaxane-crosslinking points” Yasuhito Koyama*, *Polym. J.* **2014**, *46*, 315-322. DOI: 10.1038/pj.2014.9. (査読有り)

㉑ “Fluorescence control of boron enaminoketonate using a rotaxane shuttle”, Yasuhito Koyama*, Tohru Matsumura, Tatsuto Yui, Osamu Ishitani, Toshikazu Takata*, *Org. Lett.* **2013**, *15*, 4686-4689. DOI: 10.1021/ol401984. (査読有り)

㉒ “Click annulation of pseudo[2]rotaxane to [2]catenane exploiting homoditopic nitrile *N*-oxide”, Tatsuya Yuki, Yasuhito Koyama*, Tohru Matsumura, Toshikazu Takata*, *Org. Lett.* **2013**, *15*, 4438-4441. DOI: 10.1021/ol401986u. (査読有り)

㉓ “Polymer nitrile *N*-oxides directed toward catalyst- and solvent-free click grafting”, Chen-Gang Wang, Yasuhito Koyama*, Morio Yonekawa, Satoshi Uchida, Toshikazu Takata*, *Chem. Commun.* **2013**, *49*, 7723-7725. DOI: 10.1039/C3CC42992J. (査読有り)

㉔ “9,9-Diaryl-4,5-diazafluorene-based cardo

polymer; synthesis and characteristic properties”, Hitoshi Okuda, Yasuhito Koyama, Takahiro Kojima, Toshikazu Takata*, *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.* **2013**, *51*, 4541-4549. DOI: 10.1002/pola.26870. (査読有り)

㉕ “Catalyst-free click cascade functionalization of unsaturated-bond-containing polymers using masked-ketene-tethering nitrile *N*-oxide”, Sumitra Cheawchan, Yasuhito Koyama*, Satoshi Uchida, Toshikazu Takata*, *Polymer*, **2013**, *54*, 4501-4510. DOI: 10.1016/j.polymer.2013.06.020. (査読有り)

㉖ “Polyester-containing α -cyclodextrin-based polyrotaxane: synthesis by living ring-opening polymerization, polypseudorotaxanation, and end capping using nitrile *N*-oxide”, Hiroyuki Iguchi, Satoshi Uchida, Yasuhito Koyama*, Toshikazu Takata*, *ACS Macro Lett.* **2013**, *2*, 527-530. DOI: 10.1021/mz4002518. (査読有り)

㉗ “Exact helical polymer synthesis by directionally fixed connection of a C_2 -chiral 9,9'-spirobifluorene unit with a C_2 - or C_s -symmetric unit”, Ryota Seto, Yasuhito Koyama, Kun Xu, Susumu Kawauchi, Toshikazu Takata*, *Chem. Commun.* **2013**, *49*, 5486-5488. DOI: 10.1039/C3CC41685B. (査読有り)

㉘ “Macromolecular [2]rotaxane: effective synthesis and characterization”, Daisuke Aoki, Satoshi Uchida, Kazuko Nakazono, Yasuhito Koyama, Toshikazu Takata*, *ACS Macro Lett.* **2013**, *2*, 461-465. DOI: 10.1021/mz400197d (査読有り)

㉙ “Photo-degradable cross-linked polymer derived from a vinylic rotaxane cross-linker possessing aromatic disulfide axle” Yasuhito Koyama, Takahiro Yoshii, Yasuhiro Kohsaka, Toshikazu Takata*, *Pure Appl. Chem.* **2013**, *85*, 835-842. DOI: 10.1351/PAC-CON-12-08-14 (査読有り)

㉚ “Versatile supramolecular cross-linker: a rotaxane cross-linker that directly endows vinyl polymers with movable cross-links”, Takayuki Arai, Keumhee Jang, Yasuhito Koyama, Shigeo Asai, Toshikazu Takata*, *Chem. Eur. J.* **2013**, *19*, 5917-5923. DOI: 10.1002/chem.201204402. (査読有り)

㉛ “Cascade functionalization of unsaturated bond-containing polymers using ambident agents possessing both nitrile *N*-oxide and electrophilic functions”, Yasuhito Koyama*, Kaori Miura, Sumitra Cheawchan, Akishige Seo, Toshikazu Takata*, *Chem. Commun.* **2012**, *48*, 10304-10306. DOI: 10.1039/c2cc35158g. (査読有り)

㉜ “Selective synthesis of a [3]rotaxane consisting of size-complementary components and its stepwise deslippage” Yosuke Akae, Hisashi Okamura, Yasuhito Koyama, Takayuki Arai, Toshikazu Takata*, *Org. Lett.* **2012**, *14*, 2226-2229. DOI: 10.1021/ol300578q. (査読有り)

㉝ “One-pot synthesis of permethylated α -CD-based rotaxanes having alkylene chain axles and

their structural characteristics”, Yosuke Akae, Takayuki Arai, Yasuhito Koyama, Hisashi Okamura, Kohei Johmoto, Hidehiro Uekusa, Shigeki Kuwata, Toshikazu Takata*, *Chem. Lett.* **2012**, *41*, 806–808. DOI: 10.1246/cl.2012.806. (査読有り)

③④ “Thermoresponsive shuttling of rotaxane containing trichloroacetate ion” Yoko Abe, Hisashi Okamura, Kazuko Nakazono, Yasuhito Koyama, Satoshi Uchida, Toshikazu Takata*, *Org. Lett.* **2012**, *14*, 4122–4125. DOI: 10.1021/ol301771w. (査読有り)

③⑤ “Catalyst- and solvent-free click synthesis of cyclodextrin-based polyrotaxanes exploiting a nitrile *N*-oxide” Keumhee Jang, Kaori Miura, Yasuhito Koyama, Toshikazu Takata*, *Org. Lett.* **2012**, *14*, 3088–3091. DOI: 10.1021/ol3011024. (査読有り)

③⑥ “Intramolecular 1,3-dipolar cycloaddition of nitrile *N*-oxide accompanied by dearomatization” Morio Yonekawa, Yasuhito Koyama*, Shigeki Kuwata, Toshikazu Takata*, *Org. Lett.* **2012**, *14*, 1164–1167. (査読有り) **[Introduced by Synfacts 2012]**

[学会発表] (計 10 件)

①小山靖人, 巨大分子間を無触媒で連結するニトリルオキシド反応剤の開発と応用, 平成 28 年度トメックス第 15 回研究会, 富山県民会館, 2016/8/30 (招待講演)

②小山靖人, オリゴ糖の 2 次構造を利用した機能性材料の創製, バイオテクノロジー講演会, 富山県民会館, 2016/7/2, (招待講演)

③Y. Koyama, T. Nakano, Synthesis and Properties of Modified Amylose Containing Alkyl Spacer at a Regular Interval in the Main Chain, Spring Meeting of the Polymer Society of Korea, Daejeon, Korea, 2015/4/8-10. (招待講演)

④小山靖人, 主鎖にスパーサー構造を有する構造改変アミロースの合成と特異なゲスト包接挙動, 文部科学省 科学研究費 新学術領域研究「元素ブロック高分子材料の創出」第 7 回公開シンポジウム、東京ビッグサイト、2016/1/29 (招待講演)

⑤ Y. Koyama, Syntheses and Applications of Supramolecular Polymers Exploiting Saccharide Skeletons, Special Lecture at Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 2015/1/27. (招待講演)

⑥小山靖人, ロタキサン連結点を持つ超分子ポリマーの創製と応用, 若手研究者のための有機化学札幌セミナー, 北海道大学, 札幌, 2013/12/4. (招待講演)

⑦小山靖人, 長嶋将毅, 川崎あゆみ, 宮川賀人, 高田十志和, マクロサイクル触媒システム: 軸成分の異動に伴う高分子軸上での効率的な触媒反応, 第 4 回統合物質シンポジウム, 北海道大学, 札幌, 2013/10/31. (招待講演)

⑧ Y. Koyama, A. Kawasaki, N. Miyagawa, M. Nagashima, T. Takata, Efficient Polymer Reaction

Using Macrocyclic Catalyst as a Result of Wheel Translation along the Polymer Axle, Joint Symposium of PCOSS, Xiamen Univ. and CRC, Hokkaido Univ., Hokkaido University, Sapporo, 2013/5/9-13. (招待講演)

⑨小山靖人, 王晨綱, 米川盛生, 高田十志和, ニトリルオキシドで末端停止したビニルポリマーを用いる汎用ポリマーの直截的グラフト法, 第 61 回高分子討論会, 名古屋, 名古屋工業大学, 2012/9/21. (招待講演)

⑩小山靖人, 安定ニトリルオキシド反応剤を用いるゴムの無触媒架橋・グラフト法の開発, 第 187 回ゴム技術シンポジウム, 東京, 東京電業会館, 2012/12/5. (招待講演)

[図書] (計 3 件)

①小山靖人, 中野環, “らせんの不斉内孔を利用する光学活性元素ブロックの創製”, 元素ブロック高分子材料, 中條善樹監修, 株式会社シーエムシー出版, 東京, **2015**, pp. 158-165.

②クリックケミストリー-基礎から応用まで-, 高田十志和, 小山靖人, 深瀬浩一監修, 株式会社シーエムシー出版, 東京, **2014**, 総ページ数 260 ページ.

③小山靖人, 高田十志和, “ニトリルオキシドを用いる高効率架橋”, 高分子の架橋と分解 III, 角岡正弘, 白井正充監修, 株式会社シーエムシー出版, 東京, **2012**, pp. 82–92.

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

名称: 多官能性ニトリルオキシド化合物
発明者: 神原将, 野口剛, 増田晴久, 毛利晴彦, 高田十志和, 打田聖, 小山靖人, 王晨綱, 文字山俊輔

権利者: ダイキン工業株式会社

種類: 特許

番号: 特許願 2014-045585

出願年月日: 2014 年 3 月 7 日

国内外の別: 国内

名称: フッ素ニトリルオキシド化合物

発明者: 神原将, 野口剛, 毛利晴彦, 高田十志和, 小山靖人, 打田聖, 王晨綱

権利者: ダイキン工業株式会社

種類: 特許

番号: 特許願 2013-045759

出願年月日: 2013 年 3 月 7 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 6 件)

名称: ニトリルオキシド化合物、変性高分子材料並びにその製造方法及び成形体

発明者: 瀬尾明繁、今井英幸、岩瀬直生、近藤秀明、高田十志和、小山靖人、王 晨綱、米川盛生

権利者: 豊田合成株式会社

種類：特許
番号：特許 5661600 号
取得年月日：2014 年 12 月 12 日
国内外の別：国内

名称：スピロビフルオレン骨格含有ポリスルホン及びその製造方法
発明者：高田十志和、小山 靖人、奥田一志、山田昌宏、小堀香奈
権利者：大阪ガスケミカル株式会社
種類：特許
番号：特許 5416518 号
取得年月日：2013 年 11 月 22 日
国内外の別：国内

名称：スピロビフルオレン骨格含有ポリチオエーテル及びその製造方法
発明者：高田十志和、小山 靖人、奥田一志、山田昌宏、小堀香奈
権利者：大阪ガスケミカル株式会社
種類：特許
番号：特許 5416517 号
取得年月日：2013 年 11 月 22 日
国内外の別：国内

名称：3 官能性ニトリルオキシドおよびその製造方法
発明者：伊藤育夫、高田十志和、小山 靖人
権利者：エア・ウォーター株式会社
種類：特許
番号：特許 5371033 号
取得年月日：2013 年 9 月 27 日
国内外の別：国内

名称：ニトリルオキシドで変性した変性高分子材料及びその製造方法
発明者：瀬尾明繁、今井英幸、岩瀬直生、高田十志和、小山 靖人
権利者：豊田合成株式会社
種類：特許
番号：特許 5289244 号
取得年月日：2013 年 6 月 14 日
国内外の別：国内

名称：ポリイソオキサゾール類の製造方法
発明者：伊藤育夫、高田十志和、小山 靖人
権利者：エア・ウォーター株式会社
種類：特許
番号：特許 5171469 号
取得年月日：2013 年 1 月 1 日
国内外の別：国内

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.pu-toyama.ac.jp/PH/koyama/>

6. 研究組織
(1) 研究代表者
小山 靖人 (KOYAMA, Yasuhito)
富山県立大学・工学部医薬品工学科・准教授

研究者番号：10456262

(2) 連携研究者
高田 十志和 (TAKATA, Toshikazu)
東京工業大学・物質理工学院・教授
研究者番号：40179445