

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	エネルギー固定型メカノ反応の開発と余剰動力の直接化学的燃料化
研究機関・ 部局・職名	北海道大学・大学院工学研究院・教授
氏名	伊藤 肇

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	124,000,000	124,000,000	2,936	124,002,936	124,002,936	0	0
間接経費	37,200,000	37,200,000	0	37,200,000	37,200,000	0	0
合計	161,200,000	161,200,000	2,936	161,202,936	161,202,936	0	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	1,800,000	56,886,305	18,308,612	8,376,578	85,371,495
旅費	0	1,630,400	1,907,500	2,281,913	5,819,813
謝金・人件費等	0	2,184,864	12,882,445	12,287,863	27,355,172
その他	0	2,199,208	1,660,909	1,596,339	5,456,456
直接経費計	1,800,000	62,900,777	34,759,466	24,542,693	124,002,936
間接経費計	540,000	16,408,044	9,559,887	10,692,069	37,200,000
合計	2,340,000	79,308,821	44,319,353	35,234,762	161,202,936

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
サーモグラフィ 1ThermoGEAR G120	NEC Avio G120W2-NNU-A01	1	934,500	934,500	2011/3/10	北海道大学
顕微鏡用冷却加熱ステージ	英国リンカム社 製 10002L	1	2,995,650	2,995,650	2011/4/15	北海道大学
リサイクル分取HPLC	LC- 9210NEXT	1	4,914,000	4,914,000	2011/5/16	北海道大学
水素ガス発生装置	島津 HG260B 2709-10260GL	1	573,500	573,500	2011/6/6	北海道大学
ガスクロマトグラフ	島津製作所製 GC-2025 221-73900-41	1	1,500,000	1,500,000	2011/6/30	北海道大学
小型蛍光寿命測定装置	浜松ホトニクス (株)製	1	8,327,483	8,327,483	2011/10/12	北海道大学
絶対PL量子収率測定装置	浜松ホトニクス (株)製	1	4,986,517	4,986,517	2011/10/12	北海道大学
ハイパフォーマンス・コンピュータ	HPC5000 XW218TS-SIP	1	1,260,992	1,260,992	2011/10/31	北海道大学
多機能粉末X線回折装置	SmartLab/N LMP	1	13,944,000	13,944,000	2012/2/29	北海道大学
高感度型示差走査熱量計	DSC7020高 感度型Muse	1	3,496,500	3,496,500	2012/10/18	北海道大学
ミキサーミル	MM400	1	1,062,379	1,062,379	2014/2/14	北海道大学

5. 研究成果の概要

力学的刺激により発光特性が変化する性質(発光性メカノクロミズム)を利用して、微小な力学エネルギーを蓄積できるみられる化合物を32種類発見した。また、別の2つの化合物では、非常に弱い機械的刺激に対して、ドミノ倒しに近い原理で結晶構造の相転移が連鎖的に進行する現象(分子ドミノ)が進行することを世界で初めて発見した。また、光照射によって同様の相転移が進行するものも見出した。これを利用すると将来的には機械的刺激によるエネルギーの蓄積、光照射による開放が可能になる。また、単結晶エックス線構造解析を用いて、分子の構造をベースにしたメカノ化合物と反応の探索を行った。

課題番号	GR002
------	-------

**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)	エネルギー固定型メカノ反応の開発と余剰動力の直接化学的燃料化
	Development of Energy Fixable Mechanochemical Reaction and Direct Chemical Fuel Production
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	北海道大学・大学院工学研究院・教授
	Hokkaido University, Faculty of Engineering, Professor
氏名 (下段英語表記)	伊藤 肇
	Ito Hajime

研究成果の概要

(和文): 力学的エネルギーを結晶構造中や化学反応で固定化できる化合物を研究し、将来的に利用可能な新しい化合物を複数発見した。また、高エネルギー状態にある結晶から、非常に小さな力学的刺激を与えて低エネルギー状態に変換し、エネルギーを取り出すことができる「分子ドミノ」を世界で初めて発見した。この現象では、固体の中を「分子が整然と動く」というこれまでにない現象が見出された。また力学的刺激により促進される化学反応によって高エネルギー体を得る反応の開発を試み、基本的な結晶デザイン指針を見出した。

(英文): The compounds that can fix the mechanical energy into the solid state structure or chemical transformations were studied, and many promising compounds for this purpose were discovered. The first “molecular domino” has also been discovered. The compounds that show “molecular domino phenomena” can release the energy from their transient structure having high energy through the solid state structure alternations. In these phenomena, the molecules can move in an orderly fashion in the solid state, which is unprecedented feature. Development of new solid reaction that can afford high energy material was attempted, and basic concept for crystal structure design was obtained.

1. 執行金額 161, 202, 936円
(うち、直接経費 124, 002, 936円、 間接経費 37, 200, 000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

現代の文明社会では膨大な化石燃料が燃焼により消費され、二酸化炭素の増大による地球温暖化を招いている。本研究の動機は、産業革命以降続いていた化石燃料の燃焼による化学エネルギーからの動力の発生という流れを逆転させ、余剰動力エネルギーの化学的固定という新たな流れを生み出すというものである。固体に対して力学的な刺激を与えて反応を促進させる手法は、メカノケミカル反応として19世紀から知られており、特に無機化合物を対象にした反応は数多くの研究がある。その中で、通常加熱や加圧条件では達成不可能な特徴的な反応が発見されてきたが、有機化合物を対象とした研究は限定的なものであった。力学的エネルギーを化学的に変換する効率のよい方法がまったく不明であるという点がこのプロセスの最大の問題点であり、バルクの力を分子に伝達するための、分子レベルおよびナノサイズレベルの物質設計が必要と考えられるが、具体的な設計手法は知られていない。

この研究では、力学的刺激の化学的固定を目指して、(1)力学的エネルギーを高エネルギー状態の分子構造または結晶構造として固定できるメカノ化合物の探索・発見と、(2)力学的エネルギーを使って低エネルギー化合物を変換し、高エネルギー物質を生産するメカノ触媒反応の開発の二点について研究を行う。

4. 研究計画・方法

力学的エネルギーを直接固定化できる新規メカノ化合物の探索・発見と、力学的エネルギーを化学エネルギーに変換できるメカノ触媒反応の開発の二点を目標とし、それぞれの課題について研究を段階的に実施する。1. 力学的エネルギーを固定可能なメカノ化合物、メカノ触媒の第一段階スクリーニング 2. 精密なスクリーニングと反応最適化および計算化学的、合理的手法による化合物分子構造の最適化 3. 力学的エネルギーの化学的固定の実証の三段階である。

メカノ化合物開発の具体的方針:有機化合物の結晶状態においては、分子間相互作用が非常に重要な役割を果たしている。ある程度の複雑さをもった分子の結晶では、潜在的に可能な分子間相互作用がすべて利用されるわけではなく、一部の分子間相互作用の組み合わせによって最も安定な結晶構造が組みあがっており、固体内での分子間相互作用の切り替わりメカニズムを明らかにすることが鍵といえる。分子間相互作用を自由にデザインすることが現状では困難であるため、医薬分野で頻繁に利用されているコンビナトリアル手法とスクリーニングの考え方を取り入れた方法で化合物の探索を行う。

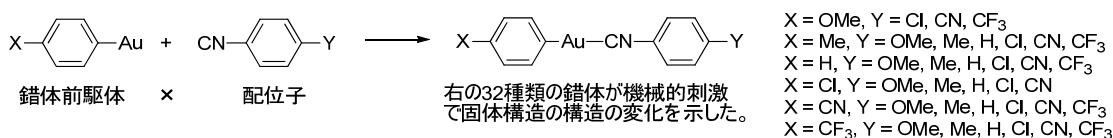
メカノ反応・メカノ触媒開発の具体的方針:触媒反応では通常生成系のエネルギーが始原系のエネルギーを上回れば反応は進行しない。メカノ反応では触媒反応で生成する安定な中間体に対し

て機械的刺激を与え、触媒中間体の分子構造に対してひずみを与えて活性化することで反応の進行が容易になると思われる。まず、機械的刺激を与えながら触媒反応を行わせて、触媒活性の向上やエネルギー的に不利と見られる反応の進行が起こるものについて初期スクリーニングを行い、わずかでも反応が進行するものを見出し、これを手がかりに合理的な反応設計を行う。一般に有機化学において全く新しい触媒反応を新たに作り上げることは難しく、時間を要する。しかし、本研究者とその共同研究者は、液相反応で数多くの反応を開発した実績があり、以前からイリジウム錯体触媒によるCH活性化反応や銅(I)触媒および塩基触媒をもちいたホウ素化反応を数多く手がけている。これらは液相系の反応であるが、本研究者はこれらについて十分なノウハウを持っているので、これらの反応をベースに、液相での新反応開発も幅広く行いながら固体反応の開発を行う。

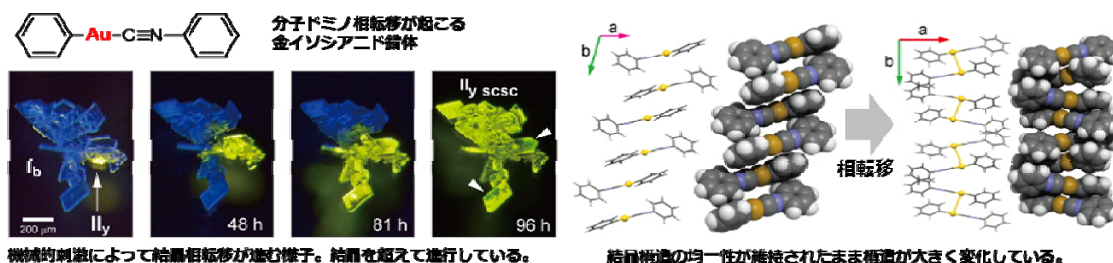
5. 研究成果・波及効果

1. 力学的エネルギーを固定化、放出するメカノ化合物

力学的エネルギーを固定化できる材料のスクリーニング: 機械的刺激によって構造が変化し、エネルギーを蓄積できる可能性のある化合物を見出すために、コンビナトリアル的な手法(複数の錯体前駆体×複数の配位子)によって金錯体を多数合成した。このうち、機械的刺激によって構造が変化し、熱的に高エネルギー側に变化していると推測されるものを新たに 32種類見出すことができた。これらの化合物は発光性メカノクロミズムの性質が有り、機械的刺激を与えた後の発光波長はどれも長波長側にシフトしているため、機械的刺激によって金原子間の相互作用が一部形成されていると推測できる。



微小な刺激により結晶構造中のエネルギーを開放できる化合物の発見(分子ドミノ): 金錯体の結晶構造に関して、分子間相互作用の切り替わり(CH-π相互作用から金原子間相互作用)が相転移を引き起こすという洞察に基づき、表面に僅かな機械的刺激を与えることで、結晶全体が単結晶-単結晶相転移によって変化する現象「分子ドミノ」を示す金錯体を、世界ではじめて見出すことに成功した(下図)。



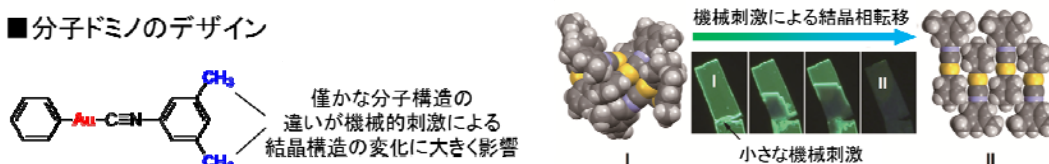
論文発表: Ito, H.; Muromoto, M.; Kurenuma, S.; Ishizaka, S.; Kitamura, N.; Sato, H.; Seki, T. *Nature Communications* 2013, 4, Article number:2009.

この相転移における熱力学的なパラメータを計測したところ、微小な機械的刺激により、この単結

晶は数 kcal/mol 程度の発熱を伴って結晶相転移すると推定される。本発見により分子間相互作用に蓄積されたエネルギーを取り出すための重要な知見が得られたといえる。

また、この「分子ドミノ」は、分子設計により分子間相互作用のパターンとエネルギー関係の切り替えが可能であることが判明した。前述の分子に対して、わずかな分子構造の改変(イソシアニド配位子上、3, 5-位のメチル基導入)を行い単結晶を作成したところ、同じように、微小な機械的刺激によって単結晶-単結晶相転移がトリガーされる化合物が得られた。しかし、分子間相互作用の切り替わりのパターンが反転し、金原子間相互作用から CH- π 相互作用への変化となることが観測された。これにより相転移前後の発光スペクトルは前述の結晶とは反対に、相転移後に短波長側へシフトする。これは「分子ドミノ」の分子デザインに成功した例といえる(次ページの図)。これらの相転移は、熱力学的には自由エネルギーが減少するため、力学的エネルギーの固定のあと、エネルギーを開放するプロセスを考える上で重要である。また微小な機械的刺激がトリガーとなって相転移が進行する現象は、センサー材料としての別分野での応用が期待できる。

■分子ドミノのデザイン

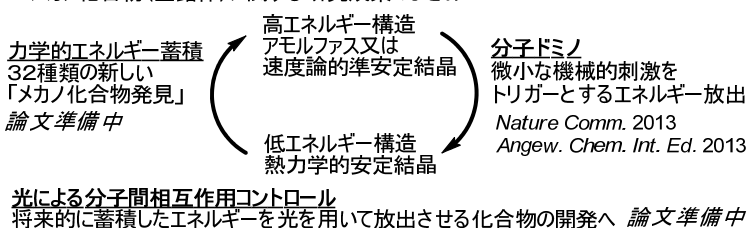


論文発表: Seki, T.; Sakurada, K.; Ito, H. *Angew. Chem., Int. Ed.* **2013**, *52*, 12828. (VIP 論文)

またさらに、最近新しく合成した化合物において、光誘起相転移による金原子間相互作用の増強が、単結晶-単結晶相転移を伴いながら進行することを明らかにした(論文準備中)。この結果は、

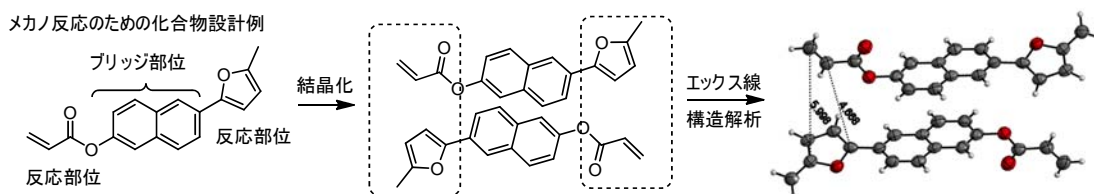
機械的刺激により蓄積したエネルギーを、光照射をトリガーとして放出できる化合物を合成できる可能性を示しており、一連の研究において今後重要となる発見である。

■メカノ化合物(金錯体)に関する研究成果のまとめ



2. メカノ反応とメカノ触媒反応の開発

Diels-Alder 反応を元にした化学量論反応を促進する結晶構造デザインについて: 機械的刺激によって化学反応を誘起させ、エネルギーを固体内に蓄積するための反応開発の一環として、エネルギーがアップヒルとなる固体反応の半合理的な設計を試みた。下図の左下の化合物は、Diels-Alder 反応が可能な反応部位(アクリル酸エステル、フラン)をもつが、これらの部位の反応は、量子化学計算では熱力学的に約 15 kcal 不利(自由エネルギーがアップヒル)となっている。この二つの反応部位を結晶中でどのように適切に配置するかが問題であったが、この二つの部位を、結晶性を向上させるブリッジ(ナフタレン)で結合し、結晶化すれば、ダイポールモーメントの最小化を伴って head to tail ダイマーが形成されると予想し、検討を行ったところ、予想通りの結晶構造が得られた(下図右)。ただし、この錯体は弱い力学的刺激のみでは十分な反応性を示さなかった。今後結晶デザインを最適化することが必要である。



溶液系化学量論反応をベースにした、固体状態での触媒反応スクリーニングについて：

力学エネルギー固定型の反応開発を目指して、下記のような反応の検討を行った。有機ハロゲン化物の化学量論量で低活性な金属によるメタル化を機械的刺激で促進する試み、光学活性アミンによるナフトール類の不斉カップリング、シリルボランによる機械的刺激によるアリールハライドのホウ素化などを試みたが、反応が大幅に促進されたり、液相系とは異なるような特徴のある反応性を示さなかった。

溶液系触媒反応をベースにした、固体状態での触媒反応スクリーニングについて：

イリジウム錯体触媒や Pd/C 触媒、塩基触媒の存在下で反応基質（芳香族化合物とホウ素化合物）を無溶媒で混合し、ボールミルなどで機械的刺激を与え、反応を促進させる組み合わせを見つけるスクリーニングを行った。多くの反応条件、反応基質を検討したが、反応が液相反応を超えて効率よく進行する条件を見つけるに至らなかった。さらにより強い力学的エネルギーを与えることのできるボールミルを用いても反応は進行しなかった。しかし、この検討と同時に液相系で働く有用な有機合成反応を発見し（遷移金属を必要としないホウ素化、銅(I)触媒による環化ホウ素化、CH 活性化による選択的ホウ素化など）これらは別途報告している。

目的の達成度：メカノ化合物の開発については、80%以上の達成度であり、機械的刺激を分子レベルおよびナノサイズレベルに伝える物質設計について基礎的な知見が得られた。さらに「分子ドミノ」というこれまでに誰も予想したことのない、セレンディピティともいえる発見ができた。この発見は高エネルギー状態にある結晶から、外部からエネルギーをつぎ込まずにエネルギーを取り出すという点で、本研究目的において重要である。一方より挑戦的な目標であるメカノ反応に関しては、反応設計に関する基礎的な知見はある程度蓄積したものの、当初想定していたレベルの成果には至らなかった。ただし、固体反応に適した反応を開発する過程で、固相反応ではないが、有用な合成反応（遷移金属触媒を必要としないホウ素化や選択的 CH 活性化反応）を複数発見して有機合成化学分野の発展には大きく寄与している。

関連研究分野の進展：特に「分子ドミノ」の成果に関しては、世界トップレベルの論文誌 (Nature Communication, Angew. Chemie. Int. Ed.の VIP 論文)に掲載され、大きく注目を集めた。この現象はこれまで予測されていなかった画期的なものである。端的にいうと「結晶中で固体が自由に動く現象」の発見といえ、固体化学、結晶工学の分野での大きなブレイクスルーといえる。

社会的な問題解決への波及効果：本研究の成果に対するプレスリリースを2回行い、日経産業新聞、北海道新聞などのメディアに取り上げられた。また成果を広く一般にしらしめるとともに、アウトリーチ活動として一般向け講演を2回、高校生向け出張講義を2回行った。得られた成果のうち、特に「分子ドミノ」に関しては、極めて微小な機械的刺激を数万倍に増幅して応答するという現象

であり、機械的刺激に対する超高感度センサーへの応用が可能である。これが実現すれば、例えば、これまで不可能とされてきた細胞表面に加わる力などを測定でき、医療診断分野で有用な材料となる。副次的に見出された新規有機合成反応(ホウ素化等)も世界トップレベルの論文誌(J. Am. Chem. Soc.など)に掲載され当該分野で大きく注目されると共に、機能性材料や医薬品のコストダウン(1/20)と製造エネルギーの軽減につながる成果である。

6. 研究発表等

雑誌論文 計 17 件	<p>(掲載済み一査読有り) 計 17 件</p> <p>(1) Sasaki, I.; Amou, T.; Ito, H.; Ishiyama, T. "Iridium-catalyzed ortho-C- borylation of aromatic aldimines derived from pentafluoroaniline with bis(pinacolate)diboron" <i>Org. Biomol. Chem.</i> 2014, <i>12</i>, 2041-2044.</p> <p>(2) K. Kawaguchi; T. Seki; T. Karatsu; A. Kitamura; H. Ito; S. Yagai "Cholesterol-Aided Construction of Distinct Self-Organized Materials from Luminescent Gold(I)-Isocyanide Complex Exhibiting Mechanochromic Luminescence" <i>Chem. Commun.</i> 2013, <i>19</i>, 11391-11394.</p> <p>(3) Kubota, K.; Yamamoto, E.; Ito, H. "Regio- and Enantioselective Monoborylation of Alkenylsilanes Catalyzed by an Electron-Donating Chiral Phosphine-opper(I) Complex" <i>Advanced Synthesis & Catalysis</i> 2013, <i>355</i>, 3527-3531.</p> <p>(4) Ishiyama, T.; Saiki, T.; Kishida, E.; Sasaki, I.; Ito, H.; Miyaura, N. "Aromatic C- silylation of arenes with 1-hydrosilatrane catalyzed by an iridium(I)/2,9-dimethylphenanthroline (dmphen) complex" <i>Org. Biomol. Chem.</i> 2013, <i>11</i>, 8162-8165.</p> <p>(5) Seki, T.; Kurenuma, S.; Ito, H. "Luminescence Color-Tuning through Polymorph Doping: Preparation of a White-Emitting Solid from a Single Gold(I)-socyamide Complex by Simple Precipitation", <i>Chem. Eur. J.</i> 2013, <i>19</i>, 16214-16220.</p> <p>(6) Seki, T.; Sakurada, K.; Ito, H. Controlling "Mechano- and Seeding-Triggered Single-Crystal-to-Single-Crystal Phase Transition: Molecular Domino with a Disconnection of Auophilic Bonds" <i>Angew. Chem., Int. Ed.</i> 2013, <i>52</i>, 12828-12832 (VIP paper).</p> <p>(7) Hasegawa, T. Ohkubo; T. Nakanishi; A. Kobayashi; M. Kato; T. Seki; H. Ito; K. Fushimi, Y. "Effect of Ligand Polarization on Asymmetric Structural Formation for Strongly Luminescent Lanthanide Complexes" <i>Eur. J. Inorg. Chem.</i> 2013, 5911-5918.</p> <p>(8) Sasaki, I.; Doi, H.; Hashimoto, T.; Kikuchi, T.; Ito, H.; Ishiyama, T. "Iridium(I)-catalyzed vinylic C-H borylation of 1-cycloalkenecarboxylates with bis(pinacolato)diboron" <i>Chem. Commun.</i> 2013, <i>49</i>, 7546 - 7548.</p> <p>(9) Ito, H.; Muromoto, M.; Kurenuma, S.; Ishizaka, S.; Kitamura, N.; Sato, H.; Seki, T "Mechanical stimulation and solid seeding trigger single-crystal-to-single-crystal molecular domino transformations" <i>Nature Communications</i> 2013, <i>4</i>, Article number:2009</p> <p>(10) Kubota, K.; Yamamoto, E.; Ito, H. "Copper(I)-Catalyzed Borylative Exo-Cyclization of Alkenyl Halides Containing Unactivated Double Bond" Kubota, K.; Yamamoto, E.; Ito, H. <i>J. Am. Chem. Soc.</i> 2013, <i>135</i>, 2635.</p> <p>(11) Yamamoto, E.; Izumi, K.; Horita, Y.; Ito, H. "Anomalous Reactivity of Silylborane: Transition-Metal-Free Boryl Substitution of Aryl, Alkenyl, and Alkyl Halides with Silylborane/Alkoxy Base Systems" <i>J. Am. Chem. Soc.</i>, 2012, <i>134</i>, 19997.</p> <p>(12) Ito, H.; Horita, Y.; Yamamoto, E. "Potassium <i>tert</i>-butoxide-mediated regioselective silaboration of aromatic alkenes" Ito, H.; Horita, Y.; Yamamoto, E. <i>Chem. Commun.</i>, 2012, <i>48</i>, 8006.</p> <p>(13) Ito, H.; Kubota, K. "Copper(I)-Catalyzed Boryl Substitution of Unactivated Alkyl Halides" <i>Org. Lett.</i> 2012, <i>14</i>, 890.</p> <p>(14) Ito, H.; Miya, T.; Sawamura, M. "Practical Procedure for Copper(I)-Catalyzed Allylic Boryl Substitution with Stoichiometric Alkoxide base" <i>Tetrahedron</i> 2012, <i>68</i>, 3423.</p> <p>(15) Ito, H.; Horita, Y.; Sawamura, M. "Copper(I)-Catalyzed Allylic Substitution of Silyl Nucleophiles through Si-Si Bond Activation" <i>Adv. Synth. Cat.</i> 2012, <i>354</i>, 813.</p> <p>(16) Sasaki, Y.; Sawamura, M.; Ito, H. "Mechanistic Insight into the Anomalous syn-Selectivity</p>
----------------	---

	<p>Observed during the Addition of Allenylboronates to Aromatic Aldehydes" <i>Chem. Lett.</i> 2011, <i>40</i>, 1044.</p> <p>(17) Sasaki, Y.; Horita, Y.; Zhong, C.; Sawamura, M.; Ito, H. Copper(I)-Catalyzed Regioselective Monoborylation of 1,3-Enynes with an Internal Triple Bond: Selective Synthesis of 1,3-Dienylboronates and 3-Alkynylboronates <i>Angew. Chem., Int. Ed.</i> 2011, <i>50</i>, 2778.</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件</p> <p>(未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議発表 計 96 件</p>	<p>専門家向け 計 94 件</p> <p>(1) 伊藤 肇 「銅触媒による有機ホウ素化合物の新合成法とメカノ応答性をもつ発光性金錯体の開発」 日本化学会第 94 春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(2) 竹ノ内 雄太・山本 英治・尾崎 太一・伊藤 肇 “Enantioselective Synthesis of α-Chiral (E)-γ-Alkoxyallylboronates via Copper(I)-Catalyzed Nucleophilic γ-Boryl-Substitution of Allyl Acetals” 日本化学会第 94 春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(3) 久保田 浩司・山本 英治・伊藤 肇 “Enantioselective Monoborylation of Alkenylsilanes Catalyzed by a Chiral Phosphine-Copper(I) Complex” 日本化学会第 94 春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(4) 岩本 紘明・久保田 浩司・山本 英治・伊藤 肇 「銅(I)触媒によるケイ素架橋基を用いた分子内ボリル環化反応」 日本化学会第 94 春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(5) 小島 遼人・山本 英治・久保田 浩司・伊藤 肇 「銅(I)触媒によるアルケニルケトンのエキソボリル環化反応」 日本化学会第 94 春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(6) 山本 英治・泉 清孝・浮海 智・伊藤 肇 「シリルボランとアルコキシ塩基を用いる形式的極性転換型ホウ素置換反応の反応機構研究」 日本化学会第 94 春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(7) 浮海 智・山本 英治・伊藤 肇 「シリルボランとアルコキシ塩基を用いた官能基を有するアリール及びヘテロアリールハライドの形式的極性転換型ホウ素置換反応」 日本化学会第 94 春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(8) 関 朋宏・櫻田 健太・伊藤 肇 “ Luminescent Polymorphism of Gold Complexes: Mechano-Triggered Single-Crystal-to-Single-Crystal Phase Transition and White Luminescence through Mixed Polymorphs” 日本化学会第 94 春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(9) 田口 純平・佐々木 郁雄・開 翔太郎・伊藤 肇・石山 竜生 「キレーションおよび立体効果を利用した官能基化ヘテロアレーン類のイリジウム触媒を用いた位置選択的 C-H ホウ素化反応」 日本化学会第 94 春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(10) 天羽 龍之介・大場 晃央・佐々木 郁雄・伊藤 肇・石山 竜生 「イミノ基を配向基とするイリジウム触媒を用いたヘテロ芳香族アルジミン類の位置選択的 C-H ホウ素化反応」 日本化学会第 94 春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(11) 白井 智彦・伊藤 肇・山本 靖典 「カチオン性イリジウム/Me-BIPAM 触媒を用いる α-ケトアミドの分子内直接不斉ヒドロアリール化反応」 日本化学会第 94 春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(12) 佐々木 郁雄・石山 竜生・伊藤 肇</p>

<p>“Synthesis of Triarylboranes via Iridium-Catalyzed C-H Borylation” 日本化学会第94春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(13) 櫻田 健太・関 朋宏・伊藤 肇 「金原子間相互作用の形成を伴う金イソシアニド錯体の光に誘起される単結晶-単結晶相転移」 日本化学会第94春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(14) 高松 雄輝・関 朋宏・伊藤 肇 「金(I)イソシアニド錯体の発光特性およびメカノクロミズム特性に対する置換基効果」 日本化学会第94春季年会(2014.3.27~30 名古屋大学東山キャンパス)</p> <p>(15) Yuta Takenouchi, Eiji Yamamoto, Taichi Ozaki, Hajime Ito “Cu(I)-Catalyzed Enantioselective Synthesis of α-Chiral (E)-γ-Alkoxyallylboronates” 第1回リーディングプログラム国際シンポジウム(2014.3.7 北海道大学)</p> <p>(16) Masaaki Yohda, Hajime Ito, Yasunori Yamamoto “Synthesis of Optically Active 3-Aryl-3-Hydroxy-Benzofuranones by Ruthenium-Catalyzed Addition of Arylboronic Acids” 第1回リーディングプログラム国際シンポジウム(2014.3.7 北海道大学)</p> <p>(17) Ryoto Kojima, Eiji Yamamoto, Koji Kubota, Hajime Ito “Copper(I)-Catalyzed Borylative Cyclization of Alkenyl Ketones” 第1回リーディングプログラム国際シンポジウム(2014.3.7 北海道大学)</p> <p>(18) Hajime Ito “Luminescent Mechanochromism and Single-Crystal to Single Crystal Phase Transformation of Gold(I) Complexes” 2013 SNU-HU Chemistry Symposium(2013.12.13 Seoul National University)</p> <p>(19) Koji Kubota, Eiji Yamamoto, and Hajime Ito “Copper(I)-Catalyzed Enantioselective Monoborylation of Alkenylsilanes” 2013 SNU-HU Chemistry Symposium(2013.12.13 Seoul National University)</p> <p>(20) Hajime Ito “Mechano-Triggered Single-Crystal-to-Single-Crystal Transformation of Gold(I) Isocyanide Complexes” The 12th Conference of the Asian Crystallographic Association (AsCA13)(2013.12.7~10 HKUST, Hong Kong)</p> <p>(21) Hajime Ito “Luminescent Mechanochromism and Single-Crystal to Single-Crystal Phase Transformation of Gold(I) Isocyanide Complexes” 2nd International Conference on Mechanoluminescence and Novel Structural Health Diagnosis (ML-2)(2013.11.10~13 Tongji University, Shanghai, China)</p> <p>(22) 櫻田 健太・室本 麻衣・関 朋宏・伊藤 肇 「微小な機械的刺激をトリガーとした金(I)イソシアニド錯体の単結晶-単結晶相転移」 錯体化学会第63回討論会(2013.11.2~24 琉球大学千原キャンパス)</p> <p>(23) 関 朋宏・榎沼 紗也佳・伊藤 肇 「金(I)イソシアニド錯体のポリモルフィズムに基づく単一化合物白色発光」 錯体化学会第63回討論会(2013.11.2~24 琉球大学千原キャンパス)</p> <p>(24) 尾崎 太一・大倉 拓真・関 朋宏・伊藤 肇 「フッ素置換ピリジルニ核金(I)イソシアニド錯体の結晶多形と多色発光特性」 錯体化学会第63回討論会(2013.11.2~24 琉球大学千原キャンパス)</p> <p>(25) 伊藤 肇 「発光性アリール金イソシアニド錯体:機械的刺激によって誘起される単結晶-単結晶相転移」 第22回有機結晶シンポジウム(2013.10.30~11.1 北海道大学)</p> <p>(26) 櫻田 健太・室本 麻衣・関 朋宏・伊藤 肇 「金(I)イソシアニド錯体の機械的刺激に誘起される単結晶-単結晶相転移」 第22回有機結晶シンポジウム(2013.10.30~11.1 北海道大学)</p> <p>(27) 尾崎 太一・大倉 拓真・関 朋宏・伊藤 肇 「フッ素置換ピリジルニ核金(I)イソシアニド錯体の結晶多形とマルチクロミズム発光特性」 第22回有機結晶シンポジウム(2013.10.30~11.1 北海道大学)</p> <p>(28) 大場 晃央・佐々木郁雄・伊藤 肇・石山竜生 「イリジウム触媒による共役ジエンの位置選択的 C-H ホウ素化反応の開発」</p>

<p>第3回 CSJ 化学フェスタ 2013(2013.10.21~23 タワーホール船堀) (29) 生櫻 和也・伊藤 肇・山本 靖典 「アルキルトリオールボレート塩を用いたクロスカップリング反応」 第3回 CSJ 化学フェスタ 2013(2013.10.21~23 タワーホール船堀) (30) 山本 英治・泉 清孝・浮海 智・伊藤 肇 「シリルボランとアルコキシ塩基を用いた有機ハロゲン化合物の形式的極性転換型ホウ素置換反応」 第60回有機金属化学討論会(2013.9.12~14 学習院大学) (31) 天羽 龍之介・佐々木 郁雄・石山 竜生・伊藤 肇 「イミノ基を配向基とするイリジウム-ホスフィン系触媒を用いた芳香族アルジミン類の位置選択的C-Hホウ素化反応」 第60回有機金属化学討論会(2013.9.12~14 学習院大学) (32) 坂下 昌平・伊藤 肇・山本 靖典 「芳香族塩化物との鈴木-宮浦カップリング反応のための2-ピリジントリオールボレートテトラブチルアンモニウム塩」 第60回有機金属化学討論会(2013.9.12~14 学習院大学) (33) 竹ノ内 雄太・尾崎 太一・山本 英治・伊藤 肇 「銅(I)触媒を用いた光学活性γ-アルコキシアリルホウ素化合物の不斉合成」 第60回有機金属化学討論会(2013.9.12~14 学習院大学) (34) Eiji Yamamoto, Kiyotaka Izumi, Hajime Ito “Unexpected Formal Nucleophilic Boryl Substitution of Organic Halides with Silylborane/Alkoxy Base System” ISHHC-16(2013.8.4~9 北海道大学) (35) Koji Kubota, Eiji Yamamoto, Hajime Ito “Copper(I)-Catalyzed Enantioselective Synthesis of Optically Active γ-Alkoxyallylboronates” ISHHC-16(2013.8.4~9 北海道大学) (36) Yuta Takenouchi, Taichi Ozaki, Eiji Yamamoto, Hajime Ito “Copper(I)-Catalyzed Enantioselective Synthesis of Optically Active γ-Alkoxyallylboronates” ISHHC-16(2013.8.4~9 北海道大学) (37) Tatsunosuke Amou, Ikuo Sasaki, Hajime Ito, Tatsuo Ishiyama “Iridium-catalyzed Ortho-C-Borylation of Aromatic Aldimines with Diboron” ISHHC-16(2013.8.4~9 北海道大学) (38) Hajime Ito, Koji Kubota “Copper(I)-Catalyzed Boryl Substitution of Alkyl Halides” OMCOS 17(2013.7.28~8.1 コロラド州立大学) (39) Koji Kubota, Eiji Yamamoto, and Hajime Ito “Copper(I)-Catalyzed Intramolecular Borylative exo-Cyclization of Unactivated Alkenes” OMCOS 17(2013.7.28~8.1 コロラド州立大学) (40) Eiji Yamamoto, Kiyotaka Izumi, Satoshi Ukigai, Hajime Ito “Unexpected Formal Nucleophilic Boryl Substitution of Organohalides with Silylborane/Alkoxy Base” OMCOS 17(2013.7.28~8.1 コロラド州立大学) (41) Shohei Sakashita, Hajime Ito, and Yasunori Yamamoto “Cross-Coupling Reactions of 2-Pyridyltriorborate with Aryl Chlorides” OMCOS 17(2013.7.28~8.1 コロラド州立大学) (42) 伊藤 肇 「有機ホウ素化合物の新しい合成方法:銅触媒と塩基活性化剤」 第53回オーラセミナー(2013.7.21~22 旭川・ホテル花神楽) (43) 生櫻 和也・伊藤 肇・山本 靖典 「アルキルトリオールボレート塩を用いたクロスカップリング反応」 日本化学会北海道支部 2013 年夏季研究発表会(2013.7.20 北見工業大学) (44) 伊藤 肇 「金イソシアニド錯体の結晶構造と発光特性:メカノ結晶工学への手がかり」 平成 25 年度 有機合成セミナー(2013.7.13 名古屋大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー) (45) 関 朋宏・伊藤 肇</p>
--

	<p>「単一化合物の固体白色発光: 金(I) イソシアニド錯体の結晶多形とその共存による発光色制御」 第 59 回高分子研究発表会(2013.7.12 兵庫県民会館)</p> <p>(46) 櫻田 健太・室本 麻衣・関 朋宏・伊藤 肇 「金錯体が表示分子ドミノ現象: 微弱な機械的刺激をトリガーとした単結晶-単結晶相転移」 第 25 回万有札幌シンポジウム(2013.7.6 北海道大学工学部)</p> <p>(47) 伊藤 肇「有機ホウ素化合物の新しい合成方法: ごく最近の知見」 平成 25 年度 前期(春季)有機合成化学講習会(2013.6.19~20 日本薬学会 長井記念ホール)</p> <p>(48) 伊藤 肇「金イソシアニド錯体の結晶構造と発光特性: 分子ドミノ」 分子研シンポジウム 2013(2013.5.31~6.1 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター)</p> <p>(49) 伊藤 肇「有機金(I)錯体における微小な機械的刺激をトリガーにした単結晶-単結晶相転移」 物講研談話会(2013.5.13 高エネルギー加速器研究機構)</p> <p>(50) Hajime Ito “Formal Nucleophilic Boryl Substitution of Alkyl- and Aryl Halides in the Presence of Copper(I) Catalyst or Base Promoter ” UK/Japan Conference in Catalytic Asymmetric Synthesis(2013.4.19~20 仙台国際センター)</p> <p>(51) 伊藤 肇「金イソシアニド錯体の機械的刺激による単結晶-単結晶相転移」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.22</p> <p>(52) 山本 英治・泉 清孝・伊藤 肇「シリルボランとアルコキシ塩基を用いた有機ハロゲン化合物の形式的求核ホウ素置換反応」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.22</p> <p>(53) 泉 清孝・山本 英治・伊藤 肇「シリルジアリールボランとアルコキシ塩基を用いたトリアリールボランの新規合成法の開発」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.22</p> <p>(54) 生櫻 和也・伊藤 肇・山本 靖典「リチウムメチルトリオールボレート塩を用いたクロスカップリング反応」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.22</p> <p>(55) 関 朋宏・伊藤 肇「金(I)イソシアニド錯体の結晶多形共存に由来する固体白色発光」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.24</p> <p>(56) 室本 麻衣・関 朋宏・伊藤 肇「機械的刺激に誘起される金(I)イソシアニド錯体の単結晶-単結晶相転移: 金原子間相互作用の形成」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.24</p> <p>(57) 櫻田 健太・関 朋宏・伊藤 肇「機械的刺激に誘起される金(I)イソシアニド錯体の単結晶-単結晶相転移: 金原子間相互作用の消失」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.24</p> <p>(58) 土井 花・佐々木 郁雄・橋本 郁哉・菊池 貴夫・伊藤 肇・宮浦 憲夫・石山 竜生「イリジウム触媒を用いた α, β-不飽和エステル類のジボロンによるビニル位 C-H ホウ素化反応」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.24</p> <p>(59) 大場 晃央・佐々木 郁雄・石山 竜生・伊藤 肇「イリジウム触媒を用いた共役ジエンの位置選択的 C-H ホウ素化反応の開発」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.24</p> <p>(60) 久保田 浩司・山本 英治・伊藤 肇「銅(I)触媒によるアルケニルハライドへのエキソポリル環化反応」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.25</p> <p>(61) 小島 遼人・山本 英治・久保田 浩司・伊藤 肇「銅(I)触媒によるアルケニルケトンの分子内ポリル環化反応の開発」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.25</p> <p>(62) 竹ノ内 雄太・山本 英治・尾崎 太一・宮 貴紀・伊藤 肇「不斉銅(I)錯体-ジボロン触媒系による光学活性アルコキシアリルホウ素化合物の不斉合成」 第 93 日本化学会春季年会, 2013.3.25</p> <p>(63) Koji Kubota “Copper(I)-Catalyzed Borylation of Unactivated Alkyl Halides” IKCOC-12(第 12 回 国際有機化学京都会議), 2012.11.13</p> <p>(64) Eiji Yamamoto “Transition Metal-Free Boryl Substitution of Aryl Halides with Alkoxy Silylboron Reagents” IKCOC-12(第 12 回 国際有機化学京都会議), 2012.11.15</p> <p>(65) 関 朋宏・樽沼 紗也佳・伊藤 肇「ナフチル金(I)イソシアニド錯体のクロミック発光特性の制</p>
--	--

	<p>御]</p> <p>錯体化学会第 62 回討論会, 2012.9.21</p> <p>(66) 室本 麻衣・関 朋宏・伊藤 肇「アリアル金(I)イソシアニド錯体の構造変化と発光特性」 錯体化学会第 62 回討論会, 2012.9.22</p> <p>(67) 尾崎 太一・大倉 拓真・関 朋宏・伊藤 肇「テトラフルオロピリジル基を有する金(I)イソシアニド錯体の多様な発光クロミズム特性」 錯体化学会第 62 回討論会, 2012.9.22</p> <p>(68) 久保田 浩司・山本 英治・伊藤 肇「銅(I)触媒によるアルキルおよびアルケニルハライドへのホウ素化反応」 第 59 回有機金属化学討論会, 2012.9.15</p> <p>(69) 坂下 昌平・伊藤 肇・山本 靖典「2-ピリジルトリオールポレート塩とクロロベンゼン類のクロスカップリング反応」 第 59 回有機金属化学討論会, 2012.9.15</p> <p>(70) 伊藤 肇「アリアル金イソシアニド錯体の固体構造と発光特性」 第 44 回構造有機化学若手の会 夏の学校, 2012.8.3</p> <p>(71) 土井 花・佐々木 郁雄・橋本 俊哉・菊池 貴夫・伊藤 肇・宮浦 憲夫・石山 竜生「イリジウム触媒を用いた 1-シクロアルケン-1-カルボン酸エステル類のジボロンによるビニル位 C-H ホウ素化反応」 日本化学会北海道支部 2012 年夏季研究発表会, 2012.8.4</p> <p>(72) Hajime Ito “Luminescence Properties of Gold(I)-Isocyanide Complexes” 北京大学-北海道大学ジョイントシンポジウム, 2012.7.17</p> <p>(73) 伊藤 肇「有機元素化学の可能性: 新しい合成反応開発と刺激応答有機結晶の発見」 日本工学アカデミー北海道・東北地区講演会, 2012.7.13</p> <p>(74) 伊藤 肇「直接エナントチオ収束反応による光学活性アリルホウ素化合物の合成」 第 22 回万有福岡シンポジウム, 2012.5.19</p> <p>(75) 尾崎太一; 宮貴紀; 伊藤肇 “銅(I)触媒による光学活性アルコキシアリルホウ素化合物の不斉合成” 第92日本化学会春季年会, 4L1, 2012.3.28.</p> <p>(76) 久保田浩司; 伊藤肇 “銅(I)触媒によるアルキルハライドへのホウ素置換反応の開発” 第92日本化学会春季年会, 4L1, 2012.3.28.</p> <p>(77) 室本麻衣; 伊藤肇 “アリアル金(I)イソシアニド錯体の発光性メカノクロミズムと構造変化” 第92日本化学会春季年会, 3F6, 2012.3.27.</p> <p>(78) 養王田昌昭; 白井智彦; 伊藤肇; 山本靖典 “ルテニウム/Me-BIAPAM錯体を用いるアリアルボロン酸のイサチン類への不斉付加反応” 第92日本化学会春季年会, 1L2, 2012.3.25.</p> <p>(79) 開翔太郎; 石山竜生; 宮浦憲夫; 伊藤肇 “イリジウム/アルシン系触媒を用いたカルボニル基を有するヘテロアレーンの位置選択的な C-H ホウ素化反応” 第92日本化学会春季年会, 1L1, 2012.3.25.</p> <p>(80) 小林謙也; 伊藤肇; 山本靖典 “パラジウム/Josiphos 触媒によるシリルケテンアセタールの不斉アリアル化反応におけるトランスメタル化および不斉発現機構” 第92日本化学会春季年会, 1K8, 2012.3.25.</p> <p>(81) 天羽龍之介; 石山竜生; 伊藤肇 “イリジウム触媒を用いたジボロンによる芳香族アルジミンのオルト位 C-H ホウ素化反応” 第92日本化学会春季年会, 1L1, 2012.3.25.</p> <p>(82) 伊藤肇 “ホウ素-ホウ素結合の銅触媒による活性化を利用した有機ホウ素化合物合成” 第92日本化学会春季年会, 1S7, 2012.3.25.</p> <p>(83) 伊藤肇 “金イソシアニド錯体の発光特性: メカノクロミズムと結晶構造” 大阪大学大学院工学研究院化学系講演, 2012.1.17.</p> <p>(84) 伊藤肇 “金錯体の発光性メカノクロミズム” JST さきがけ物質と光作用 公開シンポジウム, 2011.12.15-16.</p> <p>(85) H.Ito “Enantioselective Allylboronate Synthesis by Copper(I)-Catalyzed Direct Enantio-Convergent Transformation” ICCEOCA-6(第 6 回アジアにおける最先端有機化学国際会議), 2011.12.12.</p> <p>(86) H. Ito “New enantio-convergent reaction and synthesis of optically active organoboron compounds” The East Japan Scripps Biomedical Forum 2011, 2011.12.3.</p> <p>(87) 室本麻衣 “アリアル金(I)イソシアニド錯体の結晶構造とメカノクロミック発光” 錯体化学会第61回討論会, 2Fa, 2011.9.18.</p>
--	---

	<p>(88) 伊藤肇 “アリール金(I)イソシアニド錯体:多様なクロミズムを示す新しい固体発光分子” 錯体化学会第61回討論会, S2, 2011.9.17.</p> <p>(89) 伊藤肇 “直接エナンチオ収束反応による光学活性アリールホウ素化合物の合成” 第58回有機金属化学討論会, P2B, 2011.9.9.</p> <p>(90) 宮貴紀 “高活性銅(I)触媒を用いるアリールホウ素化合物の合成” 第58回有機金属化学討論会, P2B, 2011.9.8.</p> <p>(91) 伊藤肇 “11 族金属錯体の触媒反応と固体発光特性” 名古屋大学G-COE化学系セミナー, 2011.7.13.</p> <p>(92) 室本麻衣; 澤村正也; 伊藤肇, 新規アリール金イソシアニド錯体の合成とメカノクロミック発光, 第91日本化学会春季年会, 横浜市, 日本化学会主催, 2011.3.26-29.</p> <p>(93) 宮貴紀; 澤村正也; 伊藤肇, 銅(I)触媒によるジボロンを用いたホウ素化反応の高活性化と簡便化, 第91日本化学会春季年会, 横浜市, 日本化学会主催, 2011.3.26-29.</p> <p>(94) 國井峻; 澤村正也; 伊藤肇, 銅(I)触媒を用いた 1-シリル-2-ボリルシクロブタンの不斉合成, 第91日本化学会春季年会, 横浜市, 日本化学会主催, 2011.3.26-29.</p> <p>一般向け 計2件</p> <p>(1) 北海道大学工学系イノベーションフォーラム 2012 「メカノ発光性化合物と新合成反応の開発研究状況」 北海道大学工学部オープンホール(工学) 2012年10月5日</p> <p>(2) 第59回サイエンス・カフェ札幌「キセキが光る -動く分子のミラクルパズル-」 紀伊國屋書店札幌本店, 2011.10.1</p>
<p>図書</p> <p>計1件</p>	<p>錯体化学 基礎から応用まで (エキスパート応用化学テキストシリーズ) 長谷川 靖哉 (著), 伊藤肇 (著)</p> <p>単行本(ソフトカバー): 256 ページ</p> <p>出版社: 講談社</p> <p>言語: 日本語</p> <p>ISBN-10: 4061568019</p> <p>ISBN-13: 978-4061568013</p> <p>発売日: 2014/3/21</p>
<p>産業財産権 出願・取得 状況</p> <p>計1件</p>	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計1件</p> <p>有機ホウ素化合物の製造方法 伊藤 肇、山本 英治、和光純薬工業(株) P2013-020-JP02 平成25年5月10日 国内特願 2014-95207</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>大学院工学研究院 有機プロセス工学部門有機工業化学分野 有機元素化学研究室 HP http://labs.eng.hokudai.ac.jp/labo/organoelement/ 北海道大学「NEXT」サイト http://or.research.hokudai.ac.jp/next/researcher/ito/</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>(1) 出張講義「小さな有機分子で世界を変える」2013.10.21 立命館慶祥高等学校, 約30名</p> <p>(2) 出張講義「小さな有機分子で世界を変える」2013.11.20 札幌南高等学校, 約40名</p> <p>「有機化学」という学問分野について高校生が理解できるようになるための講義を行った。本助成で行われた研究に関しても、高校生向けの説明を行った。高等学校における勉強と大学での研究の違いも詳しく説明した。</p> <p>(3) 北海道大学工学系イノベーションフォーラム 2012 「メカノ発光性化合物と新合成反応の開発研究状況」北海道大学工学部オープンホール(工学) 2012.10.5 来場者 234名 一般参加者向けの講演会および、ポスターを用いた相互対話を実施</p> <p>(4) 第59回サイエンス・カフェ札幌「キセキが光る -動く分子のミラクルパズル-」 紀伊國屋書店札幌本店, 2011.10.1</p>

様式21

<p>新聞・一般 雑誌等掲載 計6件</p>	<p>(1) 日経産業新聞 2013年7月19日10面「針でつくと結晶構造変化」 (2) マイナビニュース 2013年6月18日「北大、結晶中の分子の“ドミノ倒し”の観測に成功」(転載記事がインターネットニュースサイト上に多数あり) http://news.mynavi.jp/news/2013/06/18/070/ (3) ナノテクジャパン「結晶中の分子の《ドミノ倒し》を世界で初めて観測 ～医薬品や有機半導体の劣化メカニズムの解明に前進～」2013年7月1日 https://nanonet.go.jp/topics_ntj/?mode=article&article_no=2127 (4) ワイリー・サイエンスカフェ 2013年11月12日「金原子間結合の切断を伴う、機械的刺激による「分子ドミノ」型単結晶－単結晶相転移 北海道大・伊藤肇教授らの論文が ACIE の VIP に選ばれる」 http://www.wiley.co.jp/blog/pse/?p=24725 (5) 「北大が安価な合成法」 日刊工業新聞 2012年12月7日 (6) 「有機化合物 安く早く」 北海道新聞夕刊 2013年2月1日</p>
<p>その他</p>	

7. その他特記事項

伊藤肇 平成25年 日本化学会学術賞受賞