

# Organic Square

オーガニックスクエア  
2010 December NO.34

## 特別講座

- 2 | ハイドロタルサイト固定化金ナノ粒子触媒による環境調和型有機合成反応  
大阪大学太陽エネルギー化学研究センター 特任教授 金田 清臣

## グリーンケミストリー

- 5 | ハイドロタルサイト固定化金(0)ナノ粒子触媒  
6 | バナジン酸固定化アパタイト触媒  
14 | PI/カーボンブラック 金(0)  
15 | PI 白金(0)/金(0)  
16 | PI 白金(0) (酸化触媒)  
17 | PI Osmium Oxide Type II

## 合成材料

- 6 | 重水素化合物の受託合成  
7 | 重水素化ビルディングブロック  
8 | ワコーケミカル新製品紹介  
10 | フラーレン・カーボンナノチューブ試薬  
11 | STREM 社カタログのご案内  
12 | 新規有機薄膜トランジスタ材料の紹介  
20 | 有機合成用 超脱水溶媒

## 合成関連機器

- 13 | 耐薬品性ダイヤフラム式真空ポンプ・デジタル真空計のご紹介

## お知らせ

- 8 | 定量 NMR (qNMR) 用内標準物質  
18 | リアルタイム化学構造検索システム ITMolgres (5)新機能類似構造検索  
株式会社 理論創薬研究所 主任研究員 高橋 哲、研究員 須永 賢、  
代表取締役 吉森 篤史

# ハイドロタルサイト固定化金ナノ粒子触媒による環境調和型有機合成反応

— 高効率なアルコール類の酸化反応とエポキシドの脱酸素反応 —

大阪大学太陽エネルギー化学研究センター 特任教授 金田 清臣

## はじめに

環境汚染や天然資源の枯渇など地球規模の問題へ社会の関心が高まっている今、化学産業の使命は、大量の資源・エネルギーを必要とする従来法のものづくりから脱却し、循環型持続性社会を構築することにある。その実現には、①原子効率の高い触媒反応、②有害試薬を用いず、廃棄物を最小限にする化学プロセス、③資源の有効利用など環境にやさしいものづくり（グリーンケミストリー）を指向した効率的な物質変換法の開発が求められている。その中で、高機能性触媒の開発は極めて重要である。

我々は、ハイドロキシアパタイト<sup>1)</sup>、ハイドロタルサイト<sup>2)</sup>、及びモンモリロナイト<sup>3)</sup>などの無機結晶性化合物の固体表面を巨大配位子（マクロリガンド）として捉え、種々の遷移金属を固定化した高機能性固体触媒を開発している。これらの触媒作用は、固定化金属種と担体の表面特性の組み合わせによりはじめて発現するため、従来の錯体触媒にはない特異な反応性を生み出すことができる。

本稿では、ハイドロタルサイト（HT）の表面に金ナノ粒子を固定化した、ハイドロタルサイト固定化金ナノ粒子触媒（Au/HT）によるアルコール類の酸化反応<sup>4)</sup>、<sup>5)</sup>及びエポキシドの選択的脱酸素反応<sup>6)</sup>、<sup>7)</sup>について紹介する。本触媒系は、i) 高い触媒活性と選択性を有する、ii) ラージスケール合成に有効、iii) 水中でも機能する、iv) 触媒の分離・回収・再使用が容易など、実用的な面で優れている。

## ・ハイドロタルサイト固定化金ナノ粒子触媒









































$Mg_6Al_2(OH)_{16}CO_3$  の一般式で表されるハイドロタルサイト（HT）は  $Mg^{2+}$  と  $Al^{3+}$  からなるカチオン性基本層と  $CO_3^{2-}$  のアニオン性中間層により形成され、基本層のカチオン交換能、中間層のアニオン交換能、表面吸着能、および表面塩基性といった優れた特徴を有する高機能性材料である。

HT を塩化金酸水溶液で処理し、HT 表面に金イオンを吸着させる。さらに還元処理を行うことによって、HT 表面に平均粒子径 2.7 nm の非常に粒子径分布の狭い ( $\sigma=0.7$  nm) 金ナノ粒子を形成できる。

## ・アルコール類の酸化反応

アルコールの酸化反応は、医薬・香料中間体として有用なアルデヒド及びケトンなどのカルボニル化合物を合成する重要な反応である。しかしこの酸化反応では、反応に必要な酸化剤としてクロム酸やマンガ酸塩などの重金属を使っている場合が未だに多く、反応後に排出される大量の廃棄物の管理や処理が大きな問題になっている。グリーンケミストリーの観点からは、反応後水のみを副生する分子状酸素 ( $O_2$ ) を酸化剤とした触媒反応系の開発が望ましい。近年、 $O_2$  を酸化剤とした様々な均一系・不均一系触媒によるアルコール酸化反応の報告が活発になされているが、高温・加圧  $O_2$  雰囲気、または添加剤が必要、金属種の溶出や触媒の回収・再使用が困難であるなど実用上の問題が残されている。

Table 1. Oxidation of various alcohols by using Au/HT<sup>[a]</sup>

Entry	Alcohol	Product	Time (h)	Conv. (%) <sup>[b]</sup>	Yield (%) <sup>[b]</sup>
1 <sup>[c]</sup>			3	99	99
2 <sup>[d]</sup>			3	99	99
3 <sup>[d]</sup>			3	98	98
4 <sup>[e]</sup>			3	98	98
5 <sup>[f]</sup>			10	99	95
6 <sup>[g]</sup>			24	93	93
7			3	99	99
8			6	98	98
9			1.5	99	94
10			4	99	96
11			15	91	90
12			12	83	83
13 <sup>[h]</sup>			36	93	93
14			7	92	91
15			8	95	94
16 <sup>[i]</sup>			24	85	78
17 <sup>[i]</sup>			8	99	81
18 <sup>[i]</sup>			6	95	85
19			24	60	60
20			24	81	81

[a] Reaction conditions : Au/HT (0.1 g, Au : 0.45 mol%), alcohol (1 mmol), toluene (5 mL).

[b] Determined by GC or HPLC using an internal standard technique.

[c] Reuse 1.

[d] Reuse 2.

[e] Reuse 3.

[f] Water (5 mL) was used as a solvent.

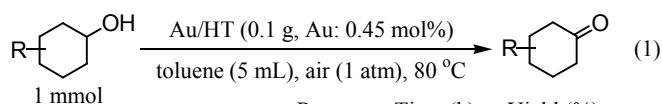
[g] Au/HT (3 mg, Au :  $4.5 \times 10^{-4}$  mol%), alcohol (30 mmol),  $O_2$  (1 atm), 150°C.

[h] Alcohol (0.5 mmol).

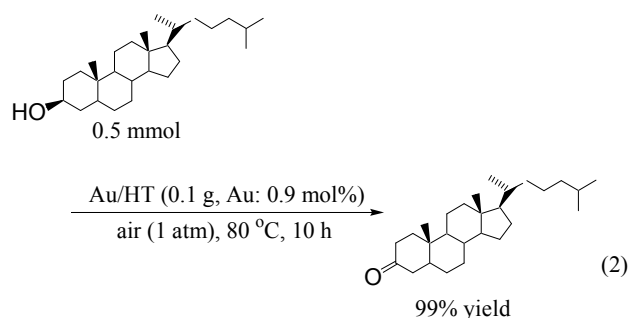
[i] The ester was formed as a byproduct.

Table 1 に示すように、Au/HT 触媒は、常圧空气中、40°C という非常に温和な条件で各種ベンジル型、アリル型、脂肪族二級アルコール類を高選択的に対応するアルデヒド及び

ケトンへと酸化できる。また、一般に反応が困難とされるシクロヘキサノール類からも、対応するシクロヘキサノンが高収率で得られる (eq.1)。さらに、嵩高いアルコール (コレスタノール) は定量的に対応するカルボニル化合物へと変換される (eq.2)。このような嵩高い基質への適用性は、医薬などのファインケミカル合成用触媒として期待できる。Au/HT は安全かつ安価な水溶媒中または無溶媒条件下でも効率よく機能する。例えば、無溶媒条件下 30 mmol の 1-フェニルエタノールは速やかに酸化され、高収率でアセトフェノンを与える。この時の Au 原子基準の触媒回転数 (TON) は、200,000 に達する (entry 6)。



R	Time (h)	Yield (%)
H	4	91
4-ethyl	2	96
4- <i>tert</i> -butyl	2	99
3-methyl	2	96
3,5-dimethyl	2	98
2-cyclohexyl	12	99
2-methyl	6	89



反応後、本 Au/HT 触媒は、反応溶液からろ過により容易に分離・回収可能であり、活性を維持したまま再使用できる。ろ液成分の ICP 発光分析では Au 種は観測されず、Au の溶出は全く起こらない。また再使用后、Au/HT の Au ナノ粒子の凝集は観測されず、粒子径に変化はない。Au/HT 触媒によるアルコールの酸化反応は、触媒活性種である Au ナノ粒子と HT 担体の塩基性との協奏効果により、効率よく進行したと考えられる。すなわち、HT 表面塩基点によるアルコールの H<sup>+</sup>の引き抜きから生成する Au-alcoholate 種を経由する。この Au-alcoholate 種の β ヒドリド脱離によりカルボニル化合物と Au-H 種が生成する。さらに Au-H 種は、O<sub>2</sub> と反応し、その後アルコールとの配位子交換により再び Au-alcoholate 種を生成し触媒サイクルが形成される。

#### ・ジオールの酸化によるラクトン合成

さらに、Au/HT 触媒は O<sub>2</sub> を酸化剤とした α,ω-ジオールの酸化によるラクトン合成へ応用できる。

Table 2 に示すように Au/HT を用いると、常圧 O<sub>2</sub> 雰囲気下で様々な α,ω-ジオールから相当するラクトンを合成できる。炭素-炭素二重結合を有するジオールの酸化反応では、基質の水素化は全く起こらず、高収率で相当するラクトンを得ることができる (entries 9 and 10)。またエーテルやアミノ基を有するジオールでも、対応するラクトンが高収率で得られる (entries 13, and 14)。

Table 2. Oxidation of various α,ω-diols using Au/HT<sup>[a]</sup>

Entry	Diol	Product	Temp. (°C)	Time (h)	Conv. (%) <sup>[b]</sup>	Yield (%) <sup>[b]</sup>
1	HO(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> OH	Lactone	80	2	99	99 (96)
2 <sup>[c]</sup>			80	2	99	99
3 <sup>[d]</sup>			80	2	97	97
4 <sup>[e]</sup>			40	2	99	96
5	Cyclohexane-1,2-diol	Cyclohexane-1,2-diol lactone	80	1	99	99 (96)
6 <sup>[e]</sup>			40	2	99	97
7	Cyclohexane-1,2-diol	Cyclohexane-1,2-diol lactone	80	1	99	99 (95)
8 <sup>[e]</sup>			40	2	99	99
9	HO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> OH	Lactone	80	2.5	96	96 (91)
10 <sup>[e]</sup>			40	2	99	98
11	HO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	Lactone	110	1	98	98 (96)
12 <sup>[e]</sup>			40	14	99	98
13	HO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> OH	Lactone	110	1	93	92 (87)
14	HO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> N(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	Lactone	110	2	90	89 (86)

[a] Reaction conditions : Au/HT(0.1 g, Au : 0.45 mol%), diol (1 mmol), toluene (5 mL), O<sub>2</sub> (1 atm).

[b] Determined by GC or HPLC using an internal standard technique; values in parentheses are the isolated yields.

[c] Reuse 1.

[d] Reuse 2.

[e] Substrate (0.5 mmol).

#### ・エポキシドの脱酸素反応

エポキシドからアルケンへの脱酸素反応は、エポキシドのアルケン保護基としての利用や、ビタミン K サイクルにおけるビタミン K の再生に使われており、全合成や生物学分野において重要な反応である。従来、エポキシドの脱酸素反応は、ホスフィンやシラン、ヨウ素、重金属化合物などの有害な量論試剤を用いて行われてきた。これまでに触媒反応系も開発されているが、毒性が高く危険な還元剤を必要とするほか、触媒自身が空気や水分に弱く低活性であった。そのため、よりグリーンで実用的なエポキシドの触媒的脱酸素反応系の開発が望まれている。

Au/HT 触媒は、安全・安価な還元剤であるアルコールを用いたエポキシドからアルケンへの脱酸素反応に高活性を示す。

Table 3 に示すように、本触媒系は、種々のエポキシドの脱酸素反応に応用可能であり、フェニル基、アルキル基、エーテル、カルボニル基、ヒドロキシル基を有するエポキシドから相当するアルケンが高収率で得られる。また、スケールアップした条件でも反応は効率よく進行し、TON=20,000、TOF=270 h<sup>-1</sup>を得た。この値はこれまでに報告された触媒系より 3 桁大きい値である (entry 4)。

反応のメカニズムは、前述したアルコールとの反応により生成した HT 表面上の H<sup>+</sup>と Au-H 種がエポキシドと反応することにより、アルケンと水を与えると考えられる。また、Au/HT は水性ガス変換反応を利用することで、Au/HT 固体表面上に上述した Au-H 種を形成させることができ、水溶媒中、室温でエポキシドの脱酸素反応が進行する (eq. 3)。

**Table 3.** Deoxygenation of epoxides catalyzed by Au/HT <sup>[a]</sup>

Entry	Epoxide	Product	Time (h)	Yield (%) <sup>[b]</sup>	Sel. (%) <sup>[b]</sup>
1			4	99	>99
2 <sup>[c]</sup>			4	99	>99
3 <sup>[d]</sup>			4	97	>99
4 <sup>[e]</sup>			72	95	>99
5			4	99	>99 (E/Z=2/3)
6			4	98	>99
7			6	>99	>99
8			6	93	>99
9 <sup>[f]</sup>			24	87	>99
10 <sup>[f]</sup>			12	81	>99 (E/Z=1/1)
11 <sup>[f]</sup>			24	88	>99
12 <sup>[f]</sup>			6	93	>99
13			24	72	>99

[a] Reaction conditions : Au/HT(0.1 g, Au : 0.45 mol%), substrate (1 mmol), toluene (5 mL), 2-propanol (0.6 mL).

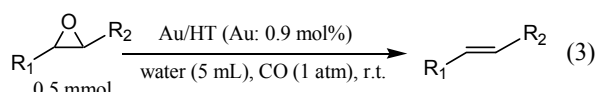
[b] Determined by GC or HPLC using an internal standard technique.

[c] Reuse 1.

[d] Reuse 2.

[e] Catalyst (0.02 g), substrate (20 mmol), 2-propanol (20 mL), 150°C.

[f] catalyst (0.2 g), substrate (0.3 mmol).



R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	Time (h)	Yield (%)
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	H	6	>99
<i>p</i> -MeC <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	H	12	90
<i>p</i> -FC <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	H	12	99
<i>m</i> -vinylC <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	H	16	90
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	CH <sub>2</sub> OH	16	96
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OCH <sub>2</sub>	H	24	90
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub>	H	24	75

#### ・おわりに

アルコール類の酸化反応とエポキシドの脱酸素反応において高機能性固体触媒の設計開発を行った。Au/HT の高い活性・選択性は、Au ナノ粒子と HT 担体の塩基性との協奏効果により発現する特異な活性種によるものと思われる。本固体触媒を用いた反応系は触媒調製が容易である点、触媒が無害かつ再使用可能な点から環境調和型触媒反応系である。

#### 参考文献

- a) K. Kaneda, T. Hara, N. Hashimoto, T. Mitsudome, T. Mizugaki, K. Jitsukawa: *Catal. Today*, **152**, 93 (2010). b) N. Hashimoto, Y. Takahashi, T. Hara, S. Shimazu, T. Mitsudome, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Chem. Lett.*, **39**, 832 (2010). c) K. Kaneda, T. Mizugaki: *Energy Environ. Sci.*, **2**, 655 (2009). d) T. Mitsudome, A. Noujima, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Chem. Commun.*, 5302 (2009). e) T. Mitsudome, Y. Mikami, H. Mori, S. Arita, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Chem. Commun.*, 3258 (2009). f) T. Mitsudome, S. Arita, H. Mori, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Angew. Chem. Int. Ed.*, **47**, 7938 (2008). g) T. Hara, T. Kaneta, K. Mori, T. Mitsudome, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Kaneda: *Green Chem.*, **9**, 1246 (2007). h) K. Kaneda, K. Ebitani, T. Mizugaki, K. Mori: *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **79**, 981 (2006). i) T. Hara, S. Kanai, K. Mori, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *J. Org. Chem.*, **71**, 7455 (2006). j) K. Mori, T. Hara, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Kaneda: *J. Am. Chem. Soc.*, **125**, 11460 (2003).
- a) S. Sueoka, T. Mitsudome, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Chem. Commun.*, 8243 (2010). b) Y. Mikami, A. Noujima, T. Mitsudome, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Tetrahedron Lett.*, **51**, 5466 (2010). c) Y. Mikami, A. Noujima, T. Mitsudome, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Chem. Lett.*, **39**, 223 (2010). d) Y. Mikami, K. Ebata, T. Mitsudome, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Heterocycles*, **80**, 855 (2010). e) T. Mitsudome, Y. Mikami, K. Ebata, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Chem. Commun.*, 4804 (2008). f) T. Mitsudome, Y. Mikami, H. Funai, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Angew. Chem. Int. Ed.*, **47**, 138 (2008). g) K. Ebitani, K. Motokura, K. Mori, T. Mizugaki, K. Kaneda: *J. Org. Chem.*, **71**, 5440 (2006).
- a) T. Mitsudome, K. Nose, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Tetrahedron Lett.*, **49**, 5464 (2008). b) T. Mitsudome, K. Nose, K. Mori, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Angew. Chem. Int. Ed.*, **46**, 3288 (2007). c) T. Mitsudome, T. Umetani, K. Mori, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Kaneda: *Tetrahedron Lett.*, **47**, 1425 (2006). d) T. Kawabata, M. Kato, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Kaneda: *Chem. Eur. J.*, **11**, 288 (2005). e) T. Mitsudome, N. Nosaka, K. Mori, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Kaneda: *Chem. Lett.*, **34**, 1626 (2005). f) T. Kawabata, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Kaneda: *J. Am. Chem. Soc.*, **125**, 10486 (2003). g) K. Ebitani, M. Ide, T. Mitsudome, T. Mizugaki, K. Kaneda: *Chem. Commun.*, 690 (2002).
- T. Mitsudome, A. Noujima, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Adv. Synth. Catal.*, **351**, 1890 (2009).
- T. Mitsudome, A. Noujima, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Green Chem.*, **11**, 793 (2009).
- T. Mitsudome, A. Noujima, Y. Mikami, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Angew. Chem. Int. Ed.*, **49**, 5545 (2010).
- T. Mitsudome, A. Noujima, Y. Mikami, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Chem. Eur. J.*, **16**, 11818 (2010).

## ハイドロタルサイト固定化金(0)ナノ粒子触媒 (Au/HT) Hydrotalcite-Supported Gold (0) Nanoparticle Catalyst



本品はハイドロタルサイトに金を固定化した触媒です。酸化反応に有用で、従来の反応条件に比べ、より穏和な条件でご利用いただけます。

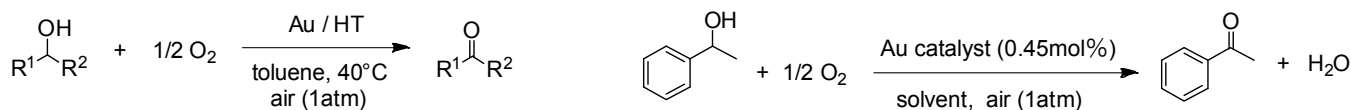


Table 1. Oxidation of 1-phenylethanol using supported gold catalysts <sup>[a][1]</sup>

Entry	Catalyst	Solvent	Temp. [°C]	Time [h]	Conv. [%] <sup>[b]</sup>	Yield [%] <sup>[b]</sup>
1	Au / HT	toluene	27	6	99	99
2	Au / HT	toluene	40	3	99	99
3	Au / HT	toluene	80	0.33	99	99
4	Au / HT	heptane	40	3	86	83
5	Au / HT	THF	40	3	66	66
6	Au / HT	ethyl acetate	40	3	47	47
7	Au / HT	acetonitrile	40	3	18	18
8	Au / HT	DMA	40	3	8	8
9	Au / HT	water	40	10	99	95

[a] Reaction conditions : Au/HT (0.1g, Au : 0.45mmol), 1-phenylethanol (1mmol), solvent (5mL)

[b] Determined by GC using internal standard technique.

Table 2. Oxidation of various alcohol by using Au/HT <sup>[a][1]</sup>

Entry		Time [h]	Conv. [%] <sup>[b]</sup>	Yield [%] <sup>[b]</sup>
1		3	99	99 (97)
2		6	98	98
3		15	91	90
4		12	83	83
5		24	90	93
6		24	81	81

[a] Reaction conditions : Au/HT (0.1g, Au : 0.45mol%), alcohol (1mmol), toluene (5mL)

[b] Determined by GC or HPLC using internal standard technique. Isolated yields were shown in parentheses.

### 参考文献

1) T. Mitsudome, A. Noujima, T. Mizugaki, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *Adv. Synth. Catal.*, **351**, 1890–1896 (2009).

コード No.	品名	略称	規格	容量	希望納入価格(円)
083-09231	Hydrotalcite-Supported Gold (0) Nanoparticle Catalyst	Au/HT	有機合成用	250mg	13,000
089-09233				1g	42,000

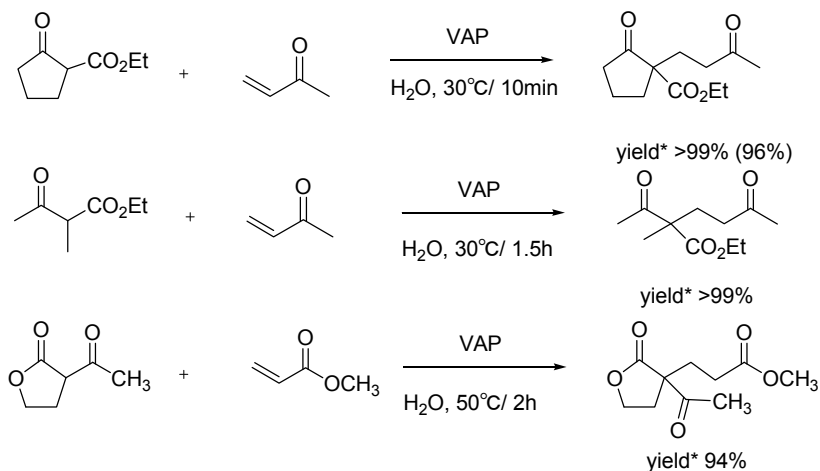
(K. IW.)

バナジン酸固定化アパタイト触媒 Calcium Vanadate Apatite (VAP) 

水中で Michael 反応に使用できるほか、重水中でケトンと反応させると、 $\alpha$  位の水素を効率よく重水素に交換できます。

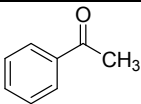
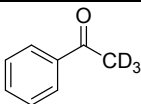
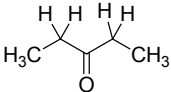
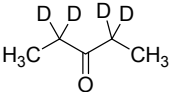
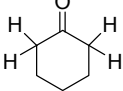
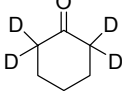
反応例

● Michael 反応



\* Determined by GC using an internal standard technique. Values in parentheses are isolated yields.

● 重水素化\*\*

Substrate	Product	Isotopic[D]:[H] ratio (%)***	
		First run	Second run
		90	100 (89)
		94	100 (86)
		79	100 (88)

\*\* Substrate (5mmol), VAP (0.05g), D<sub>2</sub>O (5mL), 50°C, 2h, Ar.

\*\*\* Determined by <sup>1</sup>H NMR. Values in parentheses are isolated yields.

参考文献

1) T. Hara, S. Kanai, K. Mori, T. Mizugaki, K. Ebitani, K. Jitsukawa, K. Kaneda: *J. Org. Chem.*, **71**, 7455–7462 (2006).

コード No.	品名	略称	規格	容量	希望納入価格(円)
037-20751	Calcium Vanadate Apatite	VAP	有機合成用	1g	6,000
033-20753				5g	18,000

(K. IW.)

合成材料

重水素化合物の受託合成 重水素交換サービス 

お手持ちの化合物の水素を重水素に交換いたします。

当社または当社代理店にご相談下さい。正式注文をいただくまでは一切の費用は発生致しません (mg~kg オーダーで可能)。

※化合物によっては重水素交換率が低い場合や交換できない場合があります。

古くから薬物動態に利用されてきた重水素化合物は、分析機器の発達に伴い微量定量分析の内部標準物質として、また近年は有機 EL や光ファイバーなどの電子工業材料としても利用されています。最近では、ヘビードラッグ<sup>1)</sup> (重水素化された医薬品) が、元の医薬品と比較し生体内での代謝分解作用に対する抵抗性を示すことから、薬効を持続させる可能性があるとして、新薬開発の分野での用途が注目されています。当社では特色ある合成の一つとして重水素化率の高い化合物を簡便に合成する重水素交換反応<sup>2)</sup>を開発し、広範な重水素化合物を安価かつ大量に提供しています。

※ Phenyl-d <sub>5</sub> -boronic Acid  167-24521 1g 22,000円	※ p-Methylphenyl-d <sub>7</sub> -boronic Acid  133-16651 500mg 照会	※ o-Methylphenyl-d <sub>7</sub> -boronic Acid  130-16661 500mg 照会	※ 3-pyridine-d <sub>4</sub> -boronic Acid  161-24781 500mg 照会	※ 追加ラインアップ商品
※ Methyl α-D-Mannopyranoside-2,3,4,6,6-d <sub>5</sub>  132-16501 1g 60,000円	※ Methyl α-D-Glucopyranoside-2,3,4,6,6-d <sub>5</sub>  138-16461 1g 60,000円	※ Methyl β-D-Glucopyranoside-2,3,4,6,6-d <sub>5</sub>  135-16471 1g 60,000円	※ Methyl α-D-Galactopyranoside-2,3,4,6,6-d <sub>5</sub>  132-16481 1g 60,000円	※ Methyl β-D-Galactopyranoside-2,3,4,6,6-d <sub>5</sub>  139-16491 1g 60,000円
2-(Methyl-d <sub>3</sub> )-8-quinolinol-3,4,5,6,7-d <sub>5</sub>  131-16071 1g 80,000円	Carbazole-1,2,3,4,5,6,7,8-d <sub>8</sub>  033-20971 1g 80,000円	2-Hydroxybenzimidazole-4,5,6,7-d <sub>4</sub>  083-08991 1g 80,000円	7-Azaindole-2,3,4,5,6-d <sub>5</sub>  014-22501 1g 80,000円	2-Aminopyridinium-3,4,5,6-d <sub>4</sub> p-Toluenesulfonate  016-22441 1g 68,000円
3-Aminopyridine-2,4,5,6-d <sub>4</sub>  013-22451 1g 80,000円	4-Aminopyridine-2,3,5,6-d <sub>4</sub>  010-22461 1g 80,000円	2-Hydroxy-6-(methyl-d <sub>3</sub> )pyridine-3,4,5-d <sub>3</sub>  089-08971 1g 80,000円	2-Hydroxy-4-(methyl-d <sub>3</sub> )pyridine-3,5,6-d <sub>3</sub>  086-08981 1g 80,000円	2-Amino-6-(methyl-d <sub>3</sub> )pyridine-3,4,5-d <sub>3</sub>  017-22471 1g 80,000円
2-Amino-5-(methyl-d <sub>3</sub> )pyridine-3,4,6-d <sub>3</sub>  014-22481 1g 80,000円	2-Amino-4-(methyl-d <sub>3</sub> )pyridine-3,5,6-d <sub>3</sub>  011-22491 1g 80,000円	o-Phenylenediamine-3,4,5,6-d <sub>4</sub>  164-23931 1g 80,000円	4,4'-Diaminodi(phenyl-2,3,5,6-d <sub>4</sub> )Ether  049-30901 1g 80,000円	Pyrocatechol-3,4,5,6-d <sub>4</sub>  167-23921 1g 60,000円
Resorcinol-2,4,5,6-d <sub>4</sub>  187-02381 1g 60,000円	o-Iodotoluene-d <sub>7</sub>  095-05691 500mg 70,000円	m-Iodotoluene-d <sub>7</sub>  098-05701 500mg 70,000円	p-Iodotoluene-d <sub>7</sub>  095-05711 500mg 70,000円	o-Iodophenol-3,4,5,6-d <sub>4</sub>  095-05711 500mg 70,000円

## 参考文献

1) 佐藤健太郎: *Organic Square.*, **33**, 2 (2010).

2) 江崎啓祥, 栗田貴教, 藤原佑太, 前川智弘, 門口泰也, 佐治木弘尚: *有機合成化学協会誌*, **65**, 1179 (2007).

(T.S.)



NMRでの定量分析に！

## 定量 NMR (qNMR) 用内標準物質



当社が供給する定量 NMR 用内標準物質は、NMIJ<sup>\*</sup>を通して SI にトレーサブルです。計量トレーサビリティを確保しているため、信頼性の高い、純度が保証された標準物質としてご使用いただけます。

<sup>\*</sup> NMIJ: (独) 産業技術総合研究所計量標準総合センター



証明書  
(製品 1 本毎に添付)

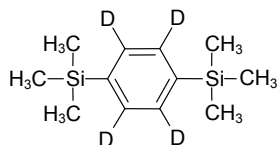
### 特長

- 第三者 (NMIJ) による純度保証 (不純物が少なく、不確かさの小さな純度値を付加)
- 揮発性 (昇華性) が低く、質量測定 (秤量) がしやすい
- 測定対象物質と化学シフトが重ならない (0 ppm 付近)

### qNMR 用内標準物質

#### ● 非水系溶媒用

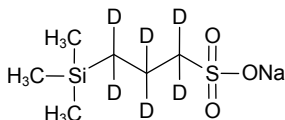
1,4-BTMSB-d<sub>4</sub> [1,4-Bis(trimethylsilyl)benzene-d<sub>4</sub>]



分子式: 分子量 = C<sub>12</sub>H<sub>18</sub>D<sub>4</sub>Si<sub>2</sub>: 226.50

#### ● 水系溶媒用

DSS-d<sub>6</sub> [Sodium 3-(Trimethylsilyl)-1-propane-1,1,2,2,3,3-d<sub>6</sub>-sulfonate]



分子式: 分子量 = C<sub>6</sub>H<sub>9</sub>D<sub>6</sub>NaO<sub>3</sub>SSi: 224.36

#### 【Solubility】

Chloroform-d [CDCl<sub>3</sub>] : 可溶  
 Acetone-d<sub>6</sub> [(CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO] : 可溶  
 Methanol-d<sub>4</sub> [CD<sub>3</sub>OD] : 溶けにくい  
 Dimethyl Sulfoxide-d<sub>6</sub> [DMSO-d<sub>6</sub>] : 溶けにくい  
 \*each 1 mg/mL, at 20°C

#### 【Solubility】

Deuterium Oxide [D<sub>2</sub>O] : 可溶  
 Dimethyl Sulfoxide-d<sub>6</sub> [DMSO-d<sub>6</sub>] : 可溶  
 \*each 1 mg/mL, at 20°C

コード No.	品名	規格	容量	希望納入価格(円)
021-16441	1,4-BTMSB-d <sub>4</sub> Reference Material	Traceable Reference Material	50mg	30,000
048-31071	DSS-d <sub>6</sub> Reference Material	Traceable Reference Material	50mg	30,000

(K.S.)

## 合成材料

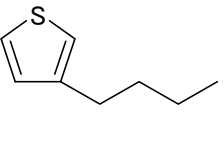
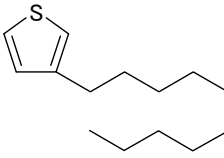
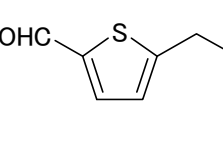
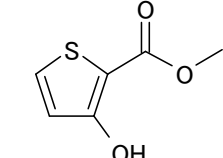
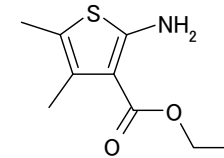
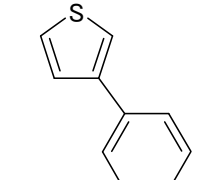
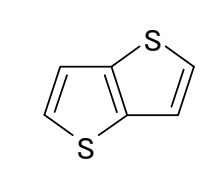
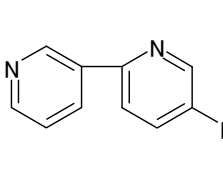
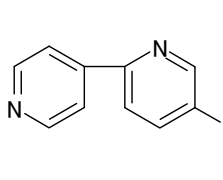
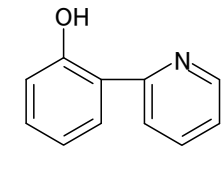
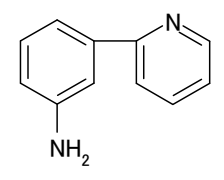
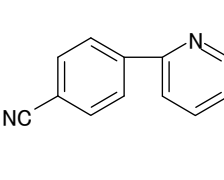
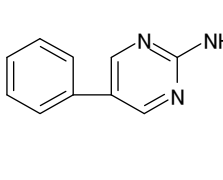
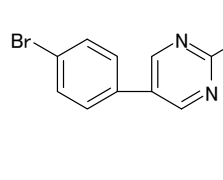
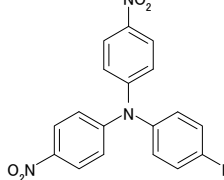
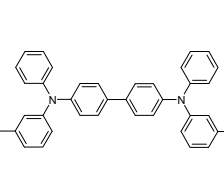
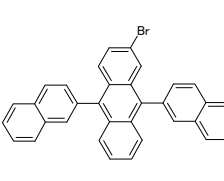
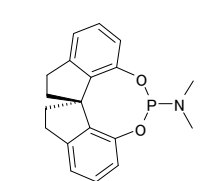
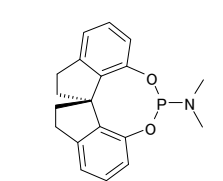
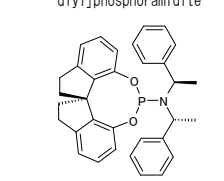
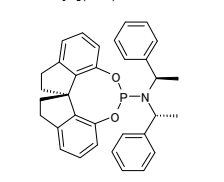
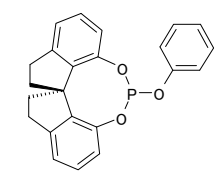
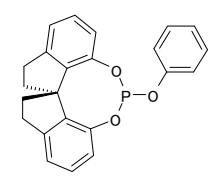


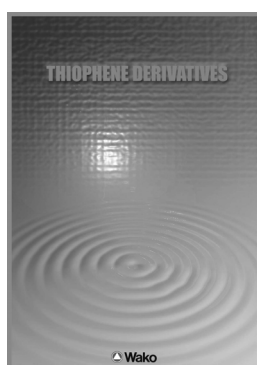
## ワコーケミカル新製品紹介



<p>2,5-Dichloro-3-thiophenesulfonamide</p> <p>[53595-68-9]</p> <p>351-15991 1g 16,000円</p>	<p>5-Chloro-2-thiophenesulfonamide</p> <p>[53595-66-7]</p> <p>358-15901 1g 10,000円 354-15903 5g 34,000円</p>	<p>2,5-Dibromo-3-butylthiophene</p> <p>[116971-10-9]</p> <p>356-15941 1g 20,000円</p>	<p>2,5-Dibromo-3-hexylthiophene</p> <p>[116971-11-0]</p> <p>357-15971 1g 12,000円 353-15973 5g 41,000円</p>	<p>2,5-Dibromo-3-octylthiophene</p> <p>[149703-84-4]</p> <p>354-15981 1g 20,000円</p>
<p>2,5-Dibromo-3-decylthiophene</p> <p>[158956-23-1]</p> <p>353-15951 1g 18,000円</p>	<p>2,5-Dibromo-3-dodecylthiophene</p> <p>[148256-63-7]</p> <p>350-15961 1g 15,000円 356-15963 5g 55,000円</p>	<p>2,5-Diiodothiophene</p> <p>[625-88-7]</p> <p>355-16011 1g 5,000円 351-16013 5g 13,000円</p>	<p>2-Iodo-5-methylthiophene</p> <p>[16494-36-3]</p> <p>359-16411 1g 5,500円 355-16413 5g 17,000円</p>	<p>2-Propylthiophene</p> <p>[1551-27-5]</p> <p>356-16161 1g 5,000円 352-16163 5g 15,000円</p>



<p>3-Butylthiophene</p>  <p>[34722-01-5] 358-15881 1g 8,000 円 354-15883 5g 25,000 円</p>	<p>3-Decylthiophene</p>  <p>[65016-55-9] 352-15921 1g 7,000 円 358-15923 5g 22,000 円</p>	<p>5-Ethyl-2-thiophenecarbaldehyde</p>  <p>[36880-33-8] 352-16401 1g 6,000 円 358-16403 5g 18,000 円</p>	<p>Methyl 3-Hydroxythiophene-2-carboxylate</p>  <p>[5118-06-9] 358-17961 1g 4,000 円 354-17963 5g 12,000 円</p>	<p>2-Amino-3-(ethoxycarbonyl)-4,5-dimethylthiophene</p>  <p>[4815-24-1] 358-18201 5g 8,000 円 356-18202 25g 22,000 円</p>
<p>3-Phenylthiophene</p>  <p>[2404-87-7] 352-16021 1g 10,000 円 358-16023 5g 35,000 円</p>	<p>Thieno[3,2-b]thiophene</p>  <p>[251-41-2] 350-17781 1g 10,000 円 356-17783 5g 35,000 円</p>	<p>5-Bromo-2,3'-bipyridine</p>  <p>[774-53-8] 357-17171 1g 19,000 円</p>	<p>5-Bromo-2,4'-bipyridine</p>  <p>[106047-33-0] 350-17161 1g 19,000 円</p>	<p>2-(2-Hydroxyphenyl)pyridine</p>  <p>[33421-36-2] 354-17181 1g 19,000 円</p>
<p>2-(3-Aminophenyl)pyridine</p>  <p>[15889-32-4] 354-17201 1g 17,000 円</p>	<p>2-(4-Cyanophenyl)pyridine</p>  <p>[32111-34-5] 351-17191 1g 18,000 円</p>	<p>2-Amino-5-phenylpyrimidine</p>  <p>[31408-23-8] 351-17211 1g 16,000 円</p>	<p>2-Methyl-5-(4-bromophenyl)pyrimidine</p>  <p>[131548-21-5] 358-17221 1g 12,000 円</p>	<p>Tris(4-nitrophenyl)amine</p>  <p>[20440-93-1] 352-16761 5g 5,500 円 350-16762 25g 16,500 円</p>
<p><i>N,N'</i>-Diphenyl-<i>N,N'</i>-di(3-methylphenyl)benzidine</p>  <p>[65181-78-4] 359-16271 1g 5,000 円 355-16273 5g 13,000 円</p>	<p>2-Bromo-9,10-di(naphthalen-2-yl)anthracene</p>  <p>[474688-76-1] 352-17361 1g 8,000 円 358-17363 5g 24,000 円</p>	<p><i>N</i>-Dimethyl-[(<i>R</i>)-1,1'-spirobiindane-7,7'-diyl]phosphoramidite</p>  <p>[443965-14-8] 352-16881 100mg 14,000 円</p>	<p><i>N</i>-Dimethyl-[(<i>S</i>)-1,1'-spirobiindane-7,7'-diyl]phosphoramidite</p>  <p>[443965-10-4] 359-16891 100mg 14,000 円</p>	<p><i>N</i>-Di[(<i>R</i>)-1-phenylethyl]-[(<i>R</i>)-1,1'-spirobiindane-7,7'-diyl]phosphoramidite</p>  <p>[500997-69-3] 356-16921 100mg 16,000 円</p>
<p><i>N</i>-Di[(<i>R</i>)-1-phenylethyl]-[(<i>S</i>)-1,1'-spirobiindane-7,7'-diyl]phosphoramidite</p>  <p>[500997-70-6] 353-16931 100mg 16,000 円</p>	<p>Phenyl-[(<i>R</i>)-1,1'-spirobiindane-7,7'-diyl]phosphite</p>  <p>[656233-53-3] 352-16901 100mg 15,000 円</p>	<p>Phenyl-[(<i>S</i>)-1,1'-spirobiindane-7,7'-diyl]phosphite</p>  <p>[885701-71-3] 359-16911 100mg 15,000 円</p>	<p>※別容量の注文にも対応致しますのでお問い合わせ下さい。 ※今回ご紹介した製品以外にも、多種そろえております。</p>	



「Thiophene Derivatives」のパンフレットをご用意しています。  
ご請求ください。

他にも下記のパンフレットがございますのでご請求ください。

Acetylene Derivatives  
Aromatic Bromide Compounds  
Biphenyl Compounds  
Boronic Acid  
Heterocyclic Compounds  
Pyridine Compounds  
Organic Electronic Materials

Adamantane Derivatives  
Aromatic Fluoride Compounds  
Thiol Compounds  
Ionic Liquid  
SUZUKI-MIYaura COUPLING REAGENTS  
Wittig & Horner-emmons Reagents  
*N*-BOC Protected Compounds

【カタログ請求先】  
Wako Organic Square 係  
E-mail : org@wako-chem.co.jp  
Fax : 03-3270-8582

(K.IW.)



## フラーレン・カーボンナノチューブ試薬



当社では、フラーレンやカーボンナノチューブといったカーボンナノ材料を取り扱っております。今回製品の一部をご紹介します。他の製品に関しましては当社または当社代理店にお問い合わせ下さい。

### フラーレン

コード No.	品名	メーカー	メーカーコード	容量	希望納入価格(円)
-	Fullerene powder 99.5% C60	ALF	39722	100mg	20,900
-				1g	82,900
-				5g	259,500
-	Fullerene powder mixed refined, typically 77% C60, 22% C70, <2% higher	ALF	40968	250mg	13,000
-				1g	43,700
-	Fullerene powder mixed, typically 98% C60, 2% C70	ALF	40970	250mg	18,400
-				1g	53,200
-	Fullerene powder mixed refined, typically 73% C60, 22% C70, higher 5%	ALF	41181	250mg	29,400
-				1g	46,200
-				5g	194,100
-	Fullerene powder 99.9+% C60	ALF	42007	250mg	33,200
-				1g	99,100
-				5g	344,800
-	Fullerene powder sublimed, 99.9+% C60	ALF	42008	50mg	14,500
-				250mg	38,900
-				1g	119,300
-				5g	479,300
-	Fullerene - C60 min. 99.9% (Buckminsterfullerene)	SRM	06-0502	25mg	8,700
-				100mg	17,700
-				500mg	40,800
519-29561	Fullerene - C60 99.9+% (Buckminsterfullerene)	SRM	06-0602	25mg	8,900
515-29563				100mg	17,800
-				500mg	45,000
-	Fullerene powder hydroxylated, C60(OH) <sub>n</sub>	ALF	41182	25mg	40,500
-				100mg	132,600
-	Fullerene powder mixed hydrogenated, typically 77% C60H <sub>x</sub> , 22% C70H <sub>y</sub>	ALF	40967	0.1g	21,200
-				0.5g	85,600
-	Fullerene powder 97% C70	ALF	39720	10mg	22,100
-				50mg	60,800
-				250mg	94,200
-	Fullerene powder 99+% C70	ALF	42600	250mg	110,200
-				1g	296,500
-	Fullerene powder 98+% C70	ALF	42601	250mg	90,500
-				1g	266,200
574-43591	Fullerene - C70 min. 98%	SRM	06-0503	10mg	9,400
570-43593				50mg	31,200
-				250mg	136,800
577-43601	Fullerene - C70 min. 99%	SRM	06-0603	10mg	10,400
-				50mg	38,400
-				250mg	151,800
-	Fullerene powder mixed, 2-12% C70	ALF	36202	25mg	6,300
-				100mg	15,400
-				0.5g	71,000
-	Fullerenes - C60/C70 mixture (contains ~20% C70 and ~1% higher fullerenes)	SRM	06-0500	50mg	4,800
-				250mg	16,500
-				1g	52,200
574-43611	Fullerene carbon soot (contains 2-20% C60/C70 and higher fullerenes)	SRM	06-0510	500mg	13,600
-				2.5g	55,500
-	Fullerene - C76 min. 95%	SRM	06-0525	5mg	217,800
-	Fullerene - C76 min. 98%	SRM	06-0526	5mg	272,400
-	Fullerene - C76 99.9%	SRM	06-0527	5mg	321,900

コード No.	品名	メーカー	メーカーコード	容量	希望納入価格 (円)
-	Fullerene - C78 min. 95%	SRM	06-0530	5mg	217,800
-	Fullerene - C84 min. 95%	SRM	06-0507	5mg	181,500
-	Fullerene - C84 min. 99%	SRM	06-0607	5mg	279,600
-	Carbon soot Fullerene precursor powder	ALF	40971	1g	7,900
-				5g	27,300

## カーボンナノチューブ

コード No.	品名	メーカー	メーカーコード	容量	希望納入価格 (円)
570-42231	Carbon Nanotube Single-walled	SRM	06-0508	250mg	29,300
-				1g	95,700
328-94001	Carbon Nanotube Single-walled 50% below 2nm(diam.), 5-15µm(length)	ワコーケミカル	-	500mg	20,000
325-94011	Carbon Nanotube Double-walled 50% below 5nm(diam.), 5-15µm(length)	ワコーケミカル	-	500mg	20,000
323-43381	Carbon Nanotube Multi-walled, 3 - 20nm	ワコーケミカル	-	1g	10,000
329-43383				5g	35,000
320-43391	Carbon Nanotube Multi-walled, 10 - 30nm	ワコーケミカル	-	1g	10,000
326-43393				5g	37,000
323-43401	Carbon Nanotube Multi-walled, 20 - 30nm	ワコーケミカル	-	1g	10,000
320-43411	Carbon Nanotube Multi-walled, 20 - 50nm	ワコーケミカル	-	1g	10,000
326-43413				5g	35,000
329-43403	Carbon Nanotube Multi-walled, 20 - 30nm	ワコーケミカル	-	5g	35,000
329-94031	Carbon Nanotube Aligned Multi-walled 10-20nm(diam.), 5-15µm(length)	ワコーケミカル	-	1g	10,000
325-94033				5g	32,200
326-94041	Carbon Nanotube Herringbone, 10-20nm(diam.), 5-15µm(length)	ワコーケミカル	-	1g	15,000
322-94043				5g	35,000
579-42201	Carbon Nanotube Multi-walled as produced cathode deposit	SRM	06-0504	1g	11,800
-				5g	34,500
576-42211	Carbon Nanotube Multi-walled, core material	SRM	06-0505	1g	27,800
-				5g	120,000
573-42221	Carbon Nanotube Multi-walled, ground core material	SRM	06-0506	250mg	11,800
-				1g	36,000
-				5g	108,600

(メーカー略号 SRM : Strem 社 ALF : Johnson Matthey 社 Alfa Aesar ブランド)  
(U. TN.)

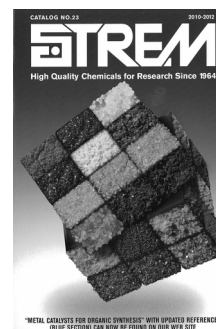
## STREM 社カタログのご案内



STREM 社はスペシャリティケミカルを扱う米国の試薬メーカーです。金属カルボニル・金属触媒を中心として数千品目を取り扱っております。新カタログを配布しておりますので、是非ご請求ください。

Metal foils, wires, powders & elements  
Metal halides & hydrides  
Metal oxides, nitrates & chalcogenides  
Metal acetates & carbonates  
Precious metals & rare earth chemicals  
Fullerenes  
Catalysts & chiral catalysts  
Organometallics  
Organophosphines & arsines  
Organofluorines  
Metalloenes

Porphines & phthalocyanines  
Metal carbonyls & derivatives  
Ligands & chiral ligands  
Metal alkoxides & beta-diketonates  
Metal alkyls alkylamides  
Volatile precursors for MOCVD&CVD and ALD  
Electronic grade chemicals  
Stainless steel bubblers for CVD  
Ionic liquids  
Nanomaterials  
Metal Scavengers



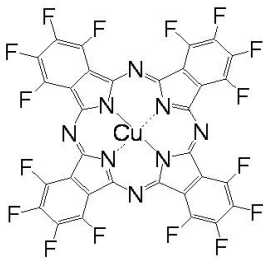
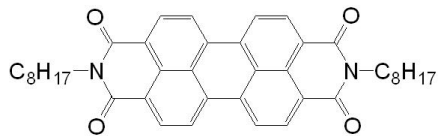
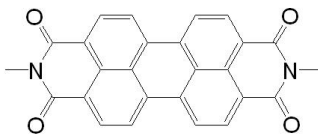
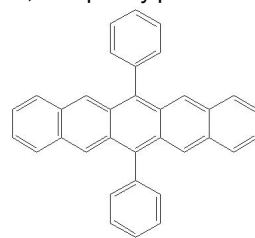
【カタログ請求先】  
Wako Organic Square 係  
E-mail : org@wako-chem.co.jp  
Fax : 03-3270-8582

(U. TN.)

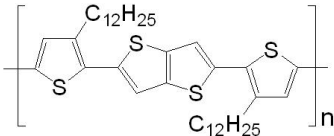
## 新規有機薄膜トランジスタ材料の紹介

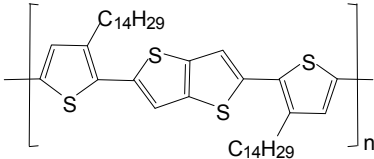
台湾 Luminescence Technology 社は最新の有機薄膜トランジスタ材料を開発・製造しております。ここに注目製品の一部をご紹介します。その他の製品につきましては Luminescence Technology 社のウェブサイト (<http://www.lumtec.com.tw>) をご覧下さい。

### ■低分子材料

メーカーコード	品名	容量	希望納入価格 (円)
LT-S928	F16CuPC	1g	107,000
	Copper (II) 1,2,3,4,8,9,10,11,15,16,17,18,22,23,24,25-hexadecafluoro-29H,31H-phthalocyanine	5g	398,400
		CAS No.	: 14916-87-1
		Formula	: C <sub>32</sub> N <sub>8</sub> F <sub>16</sub> Cu
		Molecular Weight	: 863.92 g/mole
		Grade	: Sublimed grade
		Thermal Gravimetric Analysis	: 430°C (0.5% weight loss)
		Photoluminescence	: 590nm (in THF)
LT-S970	PTCDI-C8	1g	99,200
	Perylene-3,4,9,10-tetracarboxylic acid N,N'-dioctylimide	5g	373,600
		Formula	: C <sub>40</sub> H <sub>42</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
		Molecular Weight	: 614.77 g/mole
		Grade	: Sublimed grade
		Thermal Gravimetric Analysis	: 426°C (0.5% weight loss)
		Absorption	: 456,486,524nm (in CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )
		Photoluminescence	: 542,573nm (in CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )
LT-S925	MePTC	1g	88,400
	Perylene-3,4,9,10-tetracarboxylic acid N,N'-dimethylimide	5g	331,700
		CAS No.	: 5521-31-3
		Formula	: C <sub>26</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
		Molecular Weight	: 419.40 g/mole
		Grade	: Sublimed grade
		Thermal Gravimetric Analysis	: 500°C (0.5% weight loss)
		Absorption	: 522nm (in CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )
		Photoluminescence	: 532,571nm (in CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )
LT-S968	6-13-DP-Penta	1g	99,200
	6,13-diphenylpentacene	5g	373,600
		Formula	: C <sub>34</sub> H <sub>22</sub>
		Molecular Weight	: 430.54 g/mole
		Grade	: Sublimed grade
		Thermal Gravimetric Analysis	: 318°C (0.5% weight loss)
		Absorption	: 307nm (in CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )
		Photoluminescence	: 428,477nm (in CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )

### ■ポリマー材料

メーカーコード	品名	容量	希望納入価格 (円)
LT-S981	PBTTT-C12 Poly(2,5-bis(3-dodecylthiophen-2-yl)thieno[3,2-b]thiophenes)	1g	221,700
		Formula	: (C <sub>38</sub> H <sub>54</sub> S <sub>4</sub> ) <sub>n</sub>
		Molecular Weight	: 40,000~80,000
		Thermal Gravimetric Analysis	: 260°C (0.5% weight loss)
		Absorption	: 547nm (in CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )
		Reference: <i>Nature Materials.</i> , 5,328 (2006).	

メーカーコード	品名	容量	希望納入価格(円)
LT-S982	PBTTT-C14 Poly(2,5-bis(3-tetradecylthiophen-2-yl)thieno[3,2-b]thiophene)	1g	221,700
		Formula	: (C <sub>42</sub> H <sub>62</sub> S <sub>4</sub> ) <sub>n</sub>
		Molecular Weight	: 40,000~80,000
		Thermal Gravimetric Analysis	: 260°C (0.5% weight loss)
		Absorption	: 547nm (in CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )
		Reference:	<i>Nature Materials.</i> , 5,328 (2006).

## ITO ガラス受託サービス

ITO(Indium Tin Oxide)は導電性を持ち、近赤外から紫外(約 300nm~2600nm 以上)までの光を透過します。ITO コートガラスは有機 EL 材料の理想的な電極として使用されています。

Luminescence Technology 社はお客様のニーズに応じて、二種類の有機 EL 用 ITO 導電ガラスを提供しております。また各種 ITO ガラスのパターニング受託サービスも行っております。

メーカーコード	LT-G001	LT-G002
ITO 膜厚(Thickness)	1200~1600Å	3100~3700Å
ITO 表面抵抗(Resistance)	9~15 Ω/sq	4~6 Ω/sq
ITO 透過率(Transparency)	>84% (at 550nm)	>78% (at 550nm)
ガラス種類	Polished soda lime glass	
サイズ(Dimension)	370mm×470 mm or 希望サイズ	
ガラス厚	0.7 or 1.1mm	
SiO <sub>2</sub> 膜厚(Thickness)	≧200Å	
R <sub>a</sub> (算術平均粗さ)	Less than 6nm	
R <sub>max</sub> (最大高さ)	Less than 35nm	



ご希望ガラスサイズと枚数をご指定頂き、当社営業員もしくは当社代理店までお問い合わせ下さい。希望納入価格と納期をお見積り致します。

(U.MX.)

## 合成関連機器

## 耐薬品性ダイヤフラム式真空ポンプ・デジタル真空計のご紹介

vacuubrand

### ME1C



635-21431 希望納入価格 160,000 円

- 到達真空度：100 hPa
- 排気速度：11 %/分
- 減圧ろ過や液体吸引容器の減圧などに最適。
- ガス接触部にフッ素系樹脂を使用。

\*周辺器具は含まれておりません

### DVP 2C-TYRO12



633-18301 希望納入価格 210,000 円

- 到達真空度：15 hPa
- 排気速度：31 %/分
- エバポレータやデシケータ、減圧ろ過などに最適。
- 消耗品の耐久性が高く、交換作業も容易。学生実習に最適。
- ガスバラスト機能搭載。
- 低騒音、低振動。

### 耐薬品性デジタル真空計 DVR2



635-18241 希望納入価格 120,000 円

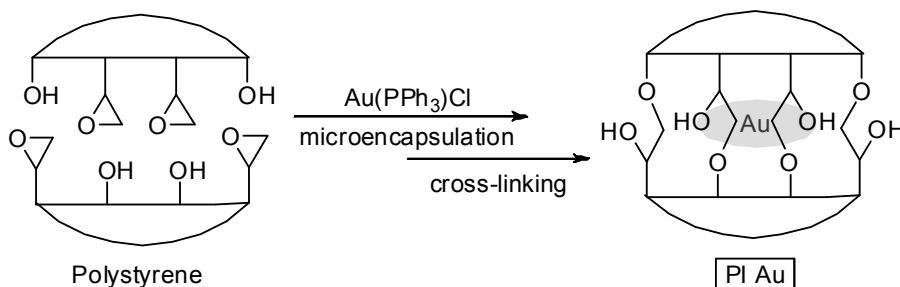
- 測定範囲：1~1100 hPa
- 測定精度：±1 hPa
- 水銀マンオメーターからの切換に最適。
- センサー一体型構造で電池内蔵のため扱い易くコンパクト。
- デジタル・アナログ両表示なので直感的に読み取り可能。
- hPa・mbar・Torr 表示に対応。

(M.TE.)

アルコールの酸化反応は有機合成化学において重要な合成反応です。しかし、汎用性の高い酸化反応はしばしば化学両論量の金属酸化物を必要とし、多量の副生成物（廃棄物）を生み出します。近年、グリーンサステナブルケミストリー（GSC）の観点から、再利用可能な不均一系触媒と酸素を用いる酸化方法の開発が試みられています。東京大学大学院理学系研究科の小林らは、基質適用性が広く酸化反応に有用な高分子カルセラド（Polymer-Incarcerated）型金触媒 [PI Au] を開発しました（下図参照）<sup>1)</sup>。この触媒は、架橋型ポリスチレンに金を担持させた固定化触媒であり、酸素雰囲気下、温和な条件でアルコールをケトンに酸化することができます。本品は、PI Au を発展させ、従来の架橋型ポリスチレンに加えてカーボンブラックを担体に用い、両者に金を担持させた固定化触媒です<sup>2)</sup>。担体にカーボンブラックを加えることで金の凝集による触媒の不活性化を防ぎ、かつ金の担持量を増加させる事が可能となりました。取り扱いが容易で、より安定な触媒活性が得られます。

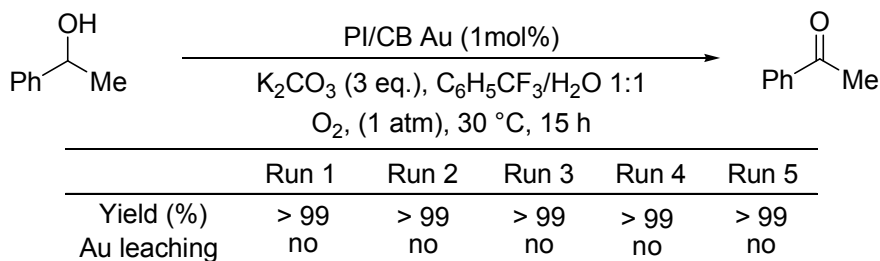
## 特長

- 反応生成物または原料との分離が容易
- 取り扱いが容易
- 温和な条件で酸化反応が可能
- 繰り返し使用が可能

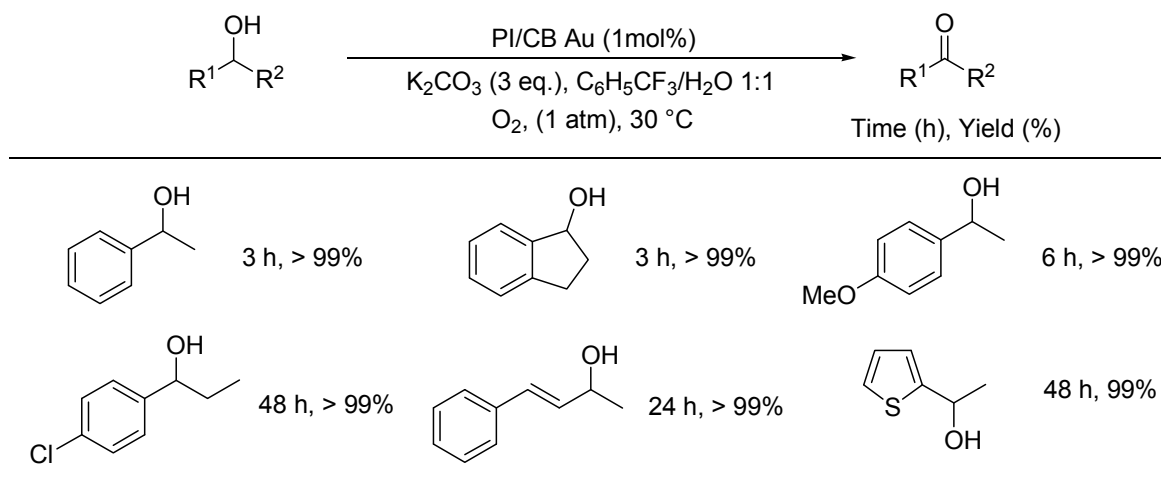


## 反応例

1-フェニル-1-エタノールの酸化反応で触媒の回収・再使用を5回行うと、いずれも金の流出を伴うことなく定量的にアセトフェノンが得られます。



PI/CB Au を用いて様々な2級アルコールの酸化反応を行うと、それぞれ対応するケトンが高収率で得られます。



## 参考文献

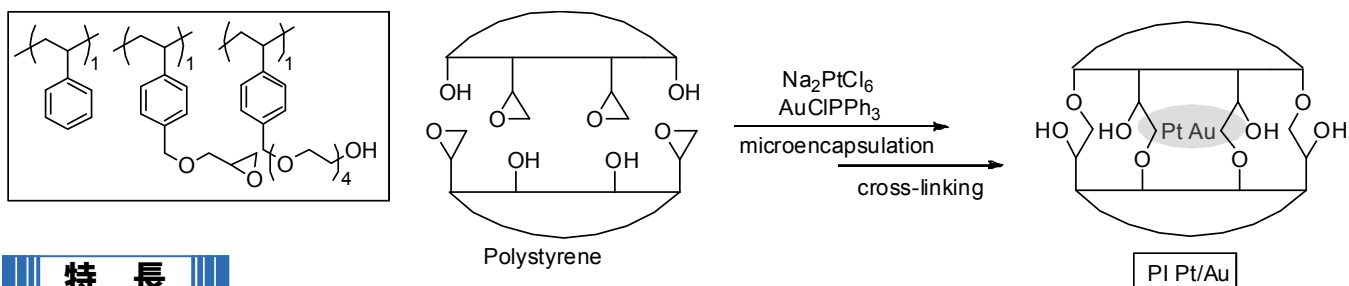
- 1) H. Miyamura, R. Matsubara, Y. Miyazaki, S. Kobayashi: *Angew. Chem. Int. Ed.*, **46**, 4151 (2007).
- 2) C. Lucchesi, T. Inasaki, H. Miyamura, R. Matsubara, S. Kobayashi: *Adv. Synth. Catal.*, **350**, 1996 (2008).

コード No.	品名	規格	容量	希望納入価格(円)
166-24611	PI/Carbon Black Gold (0)	有機合成用	500mg	20,000

(T.M.)

アルコールの酸化反応は有機合成化学において重要な合成反応です。しかし汎用性の高い酸化反応は、しばしば化学両論量の金属酸化物を必要とし、多量の副生成物（廃棄物）を生み出します。このような観点から、温和な条件下で再利用可能な不均一系触媒と酸素分子とを用いるアルコール酸化反応の開発が望まれています。酸素を用いてアルコールを対応するアルデヒドやケトンに酸化する触媒はいくつか報告されていますが、そのほとんどは加熱や塩基の添加を必要とします。これらはエネルギー効率、廃棄物の低減化、生成物の選択性等の観点から見ると望ましい条件ではありません。実際に不均一系触媒を用いるアルコールの酸素酸化反応を室温で塩基を添加せずに達成した例はありませんでした。

本品は、東京大学大学院理学系研究科の小林らが開発した高分子カルセランド（Polymer-Incarcerated）型白金/金触媒 [PI Pt/Au] です（下図参照）<sup>1)</sup>。架橋型ポリスチレンに白金と金を担持させた、初めて塩基を添加せずに室温でアルコールの酸素酸化反応を達成した不均一系触媒です。1級または2級アルコールをアルデヒドまたはケトンに酸化でき、金に強く配位する硫黄や窒素などのヘテロ原子を持つアルコールでも酸化が可能です。



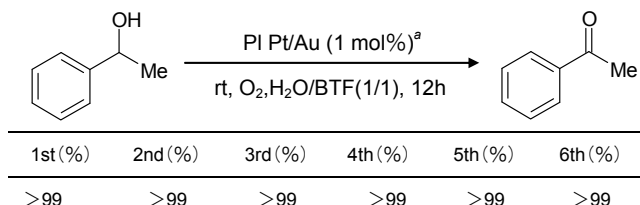
### 特長

- 反応生成物または原料との分離が容易
- 繰り返し使用が可能
- 室温で酸化反応が可能
- 塩基の添加が不要

### 反応例

- 1-フェニル-1-エタノールの酸化反応  
1-フェニル-1-エタノールの酸化反応において、触媒の回収・再使用を6回行うと、いずれも定量的にアセトフェンが得られます（Table 1.）。
- 様々なアルコールの酸化反応  
様々なアルコールの酸化反応において、高収率でアルデヒドまたはケトンが得られます（Table 2.）。

Table 1. 触媒のリサイクル



<sup>a</sup> Catalyst loading based on Au. Ratio of Pt to Au is 1:1. Collected catalyst was heated at 170°C for 5h under hydrogen atmosphere without solvent before next use.

Table 2. 様々なアルコールの酸化反応

Entry	Product	$\chi$	Time/h	Yield <sup>b</sup> (%)
1	Acetophenone	1	5	>99
2	Benzaldehyde	1	5	93
3	<i>p</i> -Tolualdehyde	1	5	88
4	<i>o</i> -Tolualdehyde	1	5	84
5	<i>p</i> -Anisaldehyde	1	5	90
6	<i>p</i> -Chlorobenzaldehyde	2	5	86
7	2-Acetonaphthone	1	18	>99
8	1-Naphthalaldehyde	1	18	93
9	Cinnamaldehyde	1	36	94
10	4-Phenyl-2-butanone	3	72	>99
11	2-Butanone	1	8	67
12	Cyclopentanone	2	115	90
13	2-Acetylthiophene	2	96	94
14	2-Acetylpyridine	1.5	48	80

<sup>a</sup> Catalyst loading based on Au. Ratio of Pt to Au is 1:1.  
<sup>b</sup> Determined by GC analysis.

### 参考文献

1) H. Miyamura, R. Matsubara, S. Kobayashi: *Chem. Commun.*, 2031 (2008).

コード No.	品名	規格	容量	希望納入価格(円)
160-24631	PI Platinum(0)/Gold(0)	有機合成用	500mg	20,000

(T.M.)



高分子固定化白金触媒

PI白金（酸化触媒）PI/Platinum (0), Oxidation Catalyst



キノン誘導体は重要な化合物群であり、その構造は植物性色素やバクテリアや菌の色素など天然に存在する化合物によく見られます。キノン構造を持つ化合物は典型的な有色物質であるため、多くのキノンの誘導体が合成染料として利用されています。またアントラサイクリン系の抗腫瘍性抗生物質など、生物学的に活性な合成化合物にも含まれています。キノン構造の最も重要な性質はヒドロキノンとキノンの間の酸化還元反応であり、有機化学においては DDQ やクロラニルなどが一般的な酸化剤（脱水素剤）として用いられています。

様々な酸化剤がヒドロキノンからキノンへの酸化のために使われてきましたが、量論反応では、用いた酸化剤が還元された化合物が、副生成物として残ってしまいます。アトムエコノミーや環境化学的な観点からみると、酸素分子を用いる触媒的な酸化方法が望まれます。これまでいくつかの触媒の報告例はありますが、基質適用性に限りがあり、特にクロロヒドロキノンのような電子吸引性基を有するヒドロキノンの酸化は困難とされてきました。PI白金（酸化触媒）は東京大学大学院理学系研究科の小林らが開発した高分子カルセランド（Polymer-Incarcerated）型触媒で、広範なヒドロキノンやカテコール誘導体の酸素酸化を室温でスムーズに行えます。

特長

- 反応生成物または原料との分離が容易
- 室温で酸化反応が可能
- 繰り返し使用が可能

反応例

1,4-hydroquinone <b>1a-p</b> or catechol <b>2a-b</b>				PI Pt RT O <sub>2</sub> (1 atm), RT, CH(D)Cl <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O				<i>p</i> -quinone <b>3a-p</b> or <i>o</i> -quinone <b>4a-b</b>			
Product	Amount PI Pt [mol% Pt]	t [h]	Yield [%]	Product	Amount PI Pt [mol% Pt]	t [h]	Yield [%]	Product	Amount PI Pt [mol% Pt]	t [h]	Yield [%]
	0.1 0.05	1 5 1	>99 <sup>[b]</sup> 90 <sup>[b]</sup> >99 <sup>[b,d]</sup>		0.1	1	75 <sup>[a]</sup>		1 0.5	3 3	99 <sup>[b]</sup> 90 <sup>[a]</sup>
	0.1	2	75 <sup>[b]</sup>		1	3	76 <sup>[c]</sup>		1	3	65 <sup>[b]</sup>
	0.2%	3.75	89 <sup>[a]</sup>		0.1	2	>99 <sup>[a]</sup>		2	3	92 <sup>[c]</sup>
	0.1	2	93 <sup>[a]</sup>		1	0.5	80 <sup>[b]</sup>		2	6	88 <sup>[a]</sup>
	0.1	3.5	>99 <sup>[b]</sup>		0.5	7	93 <sup>[b]</sup>		1	3	98 <sup>[c]</sup>
	0.1	1	94 <sup>[b]</sup>		1	3	99 <sup>[b]</sup>		1	8	>99 <sup>[a]</sup>

[a] Yield of isolated product. [b] Yield determined by GC (internal standard: anisole), standard curve method. [c] Yield was determined by <sup>1</sup>H NMR analysis (internal standard: acetophenone). [d] HCl (1 equiv) was added.

参考文献

1) H. Miyamura, M. Shiramizu, R. Matsubara, S. Kobayashi: *Angew. Chem. Int. Ed.*, **47**, 8093 (2008).

コード No.	品名	規格	容量	希望納入価格(円)
166-24731	PI Platinum(0), Oxidation Catalyst	有機合成用	500mg	20,000

(T.M.)



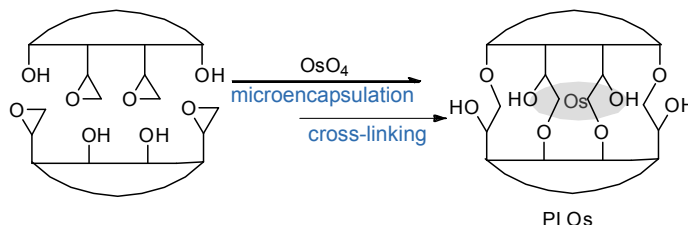
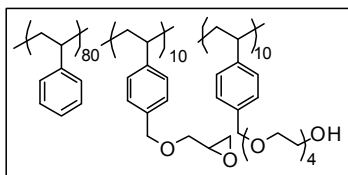


高分子固定化オスミウム触媒

## PI Osmium Oxide Type II



四酸化オスミウムはオレフィンのジヒドロキシル化反応に用いられます。しかし昇華性があり毒性が強いため、取り扱いに注意を必要とします。また回収が困難であることから、環境に与える影響も懸念されています。これらの問題点を解決するための試薬として、高分子カルセラド (Polymer-Incarcerated) 型触媒 [PI Os] があります。これはオスミウムをポリマーに担持させるマイクロカプセル化技術と、それに続くポリマーの架橋反応によって調製された固定化触媒です (下図参照)<sup>1)</sup>。今回紹介する PI Osmium Oxide Type II は、オスミウムを担持させるポリマーの分子量を大幅に増大させることにより、PI Os に比べ高い耐溶剤性を実現しました。スチレン誘導体で不斉ジヒドロキシル化反応を行うと、オスミウムの漏れ出しを従来の触媒よりさらに抑制し、高収率かつ高選択的に反応が進行します<sup>2)</sup>。



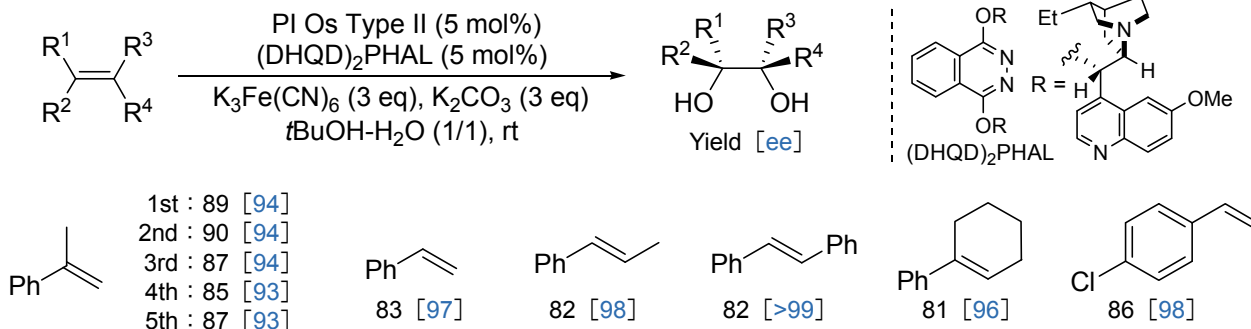
PI Os

### 特長

- 反応生成物および原料との分離が容易 (触媒の回収が容易)
- 異華性抑制により毒性、刺激臭を低減
- 繰り返し使用が可能
- 耐溶剤性が向上

### 反応例

基質に  $\alpha$ -メチルスチレンを用いて触媒の回収・再使用を 5 回連続して行ったところ、活性の低下を伴うことなく高収率かつ高選択的にジヒドロキシル化体が得られました。また、様々なスチレン誘導体でも高収率かつ高選択的に目的物が得られました。



$\alpha$ -メチルスチレン

### 参考文献

- 1) 秋山 良, 小林 修: 日本化学会第 90 春季年会 1F6-39 (2010).
- 2) 三宅 寛, 秋山 良, 小林 修: 日本化学会第 90 春季年会 1F6-40 (2010).

コード No.	品名	規格	容量	希望納入価格(円)
163-24121	PI Osmium(VIII) Oxide [PI Os]	有機合成用	1g	25,000
160-24491	PI Osmium Oxide Type II [PI Os II]	有機合成用	1g	25,000

(T.M.)

リアルタイム化学構造式検索システム

Siyaku.Com Chemical Search Online

### 類似構造検索機能追加! 探索範囲を効率的に拡張!

リアルタイム化学構造式検索システムに、新たに類似構造検索機能を追加しました。独自の類似性基準に基づき探索範囲が効率的に拡張されることにより、試薬検索の幅が広がります。詳しくは本誌 18 ページをご覧ください。

<http://www.siyaku.com/> で **構造式検索** のボタンをクリックしお試し下さい。

## (5) 新機能「類似構造検索」

株式会社 理論創薬研究所 主任研究員 高橋 哲、研究員 須永 賢、代表取締役 吉森 篤史

## ■はじめに

類似構造検索は分子設計ならびにコンピュータを用いた創薬スクリーニング等に広く利用されており、“構造的に類似した分子は、類似した物性、または類似した生物活性を示すと期待される”という類似特性原則に基づいた手法である<sup>1)</sup>。

今回は、類似構造検索の概要を説明した後、ITMolgres 上で類似構造検索を使用するメリットについて述べる。さらに、ITMolgres における類似構造検索の具体例を挙げ、その有用性について紹介する。

## ■類似構造検索

化合物の類似度とは、比較する2つの分子が保持する記述子（分子の持つ性質）の一致度合いを数値で表現したものである（以下類似度スコアと呼ぶ）。ITMolgres においては、2つの化合物間の類似度スコアを以下のように計算している。まず、比較する分子Aと分子Bをフラグメントに分解する。図1の例においては、分子Aは6フラグメントに分解され、分子Bは7フラグメントに分解されている。次に、分子Aと分子Bのフラグメントを比較し、一致したフラグメントの数およびフラグメントの総数を基に類似度スコアを計算する。類似度スコアの計算には、類似性基準として Tanimoto 係数がよく使用されている。Tanimoto 係数は以下のように定義されており、0から1の範囲をとる。

$$\text{Tanimoto 係数} = \frac{A \text{ の記述子の集合} \cap B \text{ の記述子の集合}}{A \text{ の記述子の集合} \cup B \text{ の記述子の集合}}$$

Tanimoto 係数の値が大きいほど類似性が高い。図の例においては、分子Aのフラグメントと分子Bのフラグメントで一致するフラグメント数は2、一致するフラグメントの重複を省いたフラグメント数は6+7-2=11であることから、

$$\text{Tanimoto 係数} = \frac{2}{11} = 0.18$$

と計算される。

ITMolgres においては Tanimoto 係数を基にした独自の類似性基準を用いることにより、効率的な試薬検索を実現している。

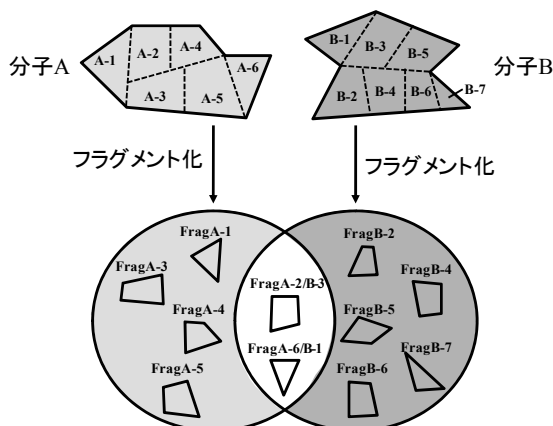


図1. ITMolgres における類似性評価の概要

## ■ITMolgres における類似構造検索のメリット

ITMolgres において類似構造検索機能が追加されたことにより、試薬の検索範囲が大幅に拡大した。

ITMolgres は、業界初のリアルタイム構造検索を可能とした Web アプリケーションであり、高速に化合物検索を行うことができるのが特徴である。リアルタイム構造検索の実現は、“インクリメント検索”、“デクリメント検索”、“フィードバック（再帰的）検索”という3つの新しい検索手段を生み出した（インクリメント検索、デクリメント検索については、Organic Square No.30(2009年12月号)を参照のこと）。さらに今回 ITMolgres に類似構造検索機能を追加することによって、新しいフィードバック検索機能が生まれることとなった。

フィードバック（再帰的）検索とは、検索により取得されたヒット化合物の構造を、クエリー構造としてフィードバックさせて、再帰的かつ連続的に検索する手段である。この手段により、ヒット化合物の構造をその都度、描画して検索する必要がない。従来のフィードバック検索においては、図2（上）（点線の矢印）に示すように、部分構造検索により得られたヒット化合物のみがフィードバックの対象となる。一方、類似構造検索機能が付加された新しい ITMolgres においては、クエリーの部分構造を保持する化合物だけにとどまらず、類似化合物全てがフィードバック検索の対象となる（図2（上）（太線の矢印））。部分構造検索を行った結果に対して更に類似構造検索を行うこともできるし、逆に類似構造検索を行った結果に対して部分構造検索を行うこともできる。その結果、図2（下）に示すように、化合物の探索範囲を効率的に拡張することができる。

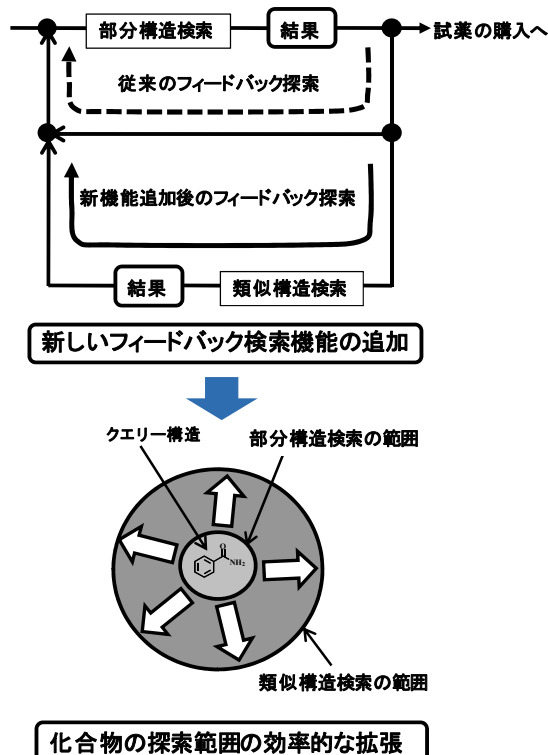


図2. ITMolgres における類似構造検索のメリット

## ■類似構造検索の具体的な検索例

ここでは、ITMolgres における類似構造検索の具体的な検索例を挙げ、その有用性について紹介する。また、類似構造検索の操作方法についても合わせて紹介する。尚、例として Methyl 3-amino-5-phenylthiophene-2-carboxylate をクエリーとして用いることにする。

類似構造検索が追加された新しい ITMolgres には、図 3 に示すように類似構造検索ボタン (①) が設置されている。構造式を分子エディタ (②) に描画した後、類似構造検索ボタンをクリックすると、類似構造検索が行われる。尚、図 3 の分子エディタには上記クエリー分子を描画した。

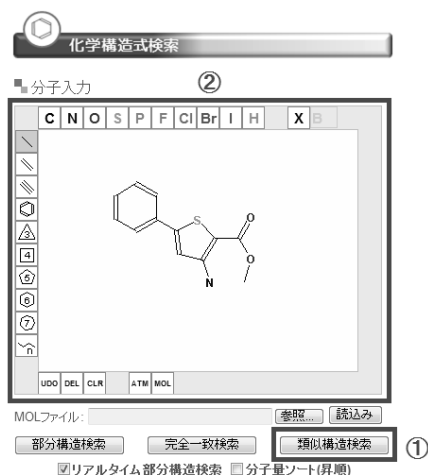


図 3. 類似構造検索が追加された ITMolgres の画面構成

まず、クエリーの部分構造検索を行うと、図 4 に示すように 6 化合物のみが検索された。

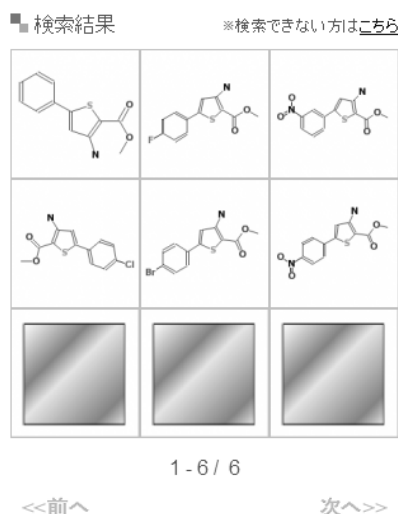


図 4. 部分構造検索の例

次に、クエリーの類似構造検索を行うと、図 5 に示すように 1000 件以上の類似化合物が検索された。また、検索された化合物は、構造式の左上に記載される類似度スコアの高い順にソートされて表示される。

検索された化合物について、いくつか例に挙げて説明する。図 5 の①の化合物はクエリーに含まれる 2 つの環構造を縮合環構造に変換したものである。②の化合物はクエリーに含ま

れるメチルエステル基をカルバモイル基に変換したものである。③の化合物はクエリーに含まれるベンゼン環をトブチル基に変換したものである。このように、類似構造検索においては、クエリーの構造式に非常に類似した化合物が検索される。また、クエリーの部分構造である化合物④も検索された。これらの化合物は、部分構造検索ではヒットしないものである。ITMolgres においては、これらの類似化合物を基にフィードバック検索を行うことができるため、広範囲の化合物を効率的に検索することができる。

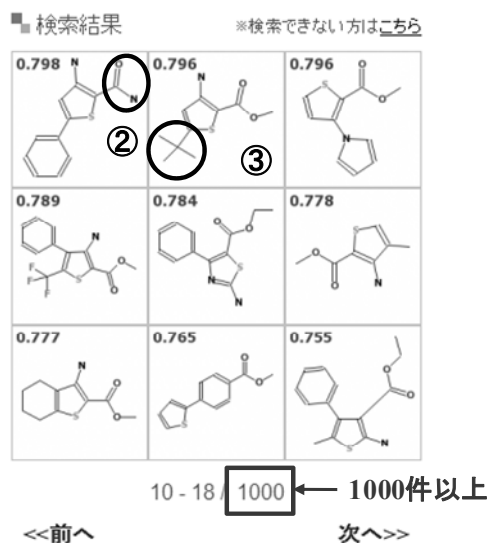
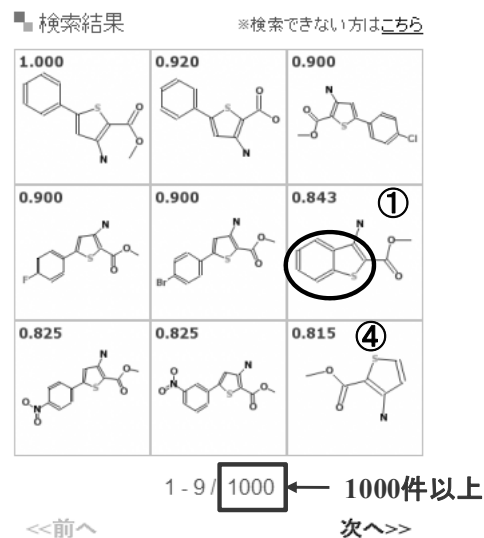


図 5. 類似構造検索の例

## ■最後に

リアルタイム化学構造検索システム ITMolgres に新たに類似構造検索機能が追加されました。本機能の追加により、試薬検索の幅が大幅に広がりました。ぜひとも本システムを実際に試していただき、その威力を感じていただければ幸いです。今後もユーザーの皆様にとって、快適な構造検索環境を提供していきたいと考えております。

## ■参考文献

- 1) J.Gasteiger・T.Engle 編, 船津公人 監訳, ケモインフォマティクス 予測と設計のための化学情報学 (丸善) (G.M.)



水分含量 10ppm 以下

## 有機合成用 超脱水溶媒



水分含量 10ppm 以下を保証した超脱水溶媒シリーズにこの度 500mL 容量を追加しました。使いきりサイズの便利な容量です。

500mL 容量品は、開栓せずシリンジで溶媒を抜き取れる特殊キャップを使用しています。

### ●500mL 容量品溶媒抜き取り方法

**超脱水溶媒**

N<sub>2</sub> ガス

図のように N<sub>2</sub> ガスを吹き込みながら、シリンジにて溶媒を抜き取ってください。

**●500mL 容量品 特殊キャップ**

← カバー  
← 特殊キャップ



### 【製品規格(例)】

Tetrahydrofuran, Super Dehydrated, Stabilizer Free

試験項目	規格値
外観	無色澄明の液体
密度 (20°C)	0.884~0.889g/ml
屈折率 $n_D^{20}$	1.406~1.409
<b>水分</b>	<b>0.001%以下</b>
含量 (キャピラリーカラム GC)	99.5%以上

コード No.	品名 (安定剤)	水分含量	容量	希望納入価格(円)
<b>NEW</b> 010-22905	Acetonitrile, Super Dehydrated	10ppm 以下	500mL	4,800
016-22907			18L	照会
<b>NEW</b> 044-31235	Dichloromethane, Super Dehydrated (2-Methyl-2-butene 0.0005-0.005%)		500mL	3,800
040-31237			18L	照会
<b>NEW</b> 088-09105	Hexane, Super Dehydrated		500mL	3,600
084-09107			18L	照会
164-24391	Pentane, Super Dehydrated		9L	照会
<b>NEW</b> 207-17905	Tetrahydrofuran, Super Dehydrated, with Stabilizer (BHT 0.03%)		500mL	4,300
203-17907			18L	照会
<b>NEW</b> 207-17765	Tetrahydrofuran, Super Dehydrated, Stabilizer Free		500mL	4,200
205-17761		9L	照会	
203-17767		18L	照会	
<b>NEW</b> 204-17915		500mL	3,500	
200-17917	Toluene, Super Dehydrated	18L	照会	

- 9L、18L 容量品は SUS 製キャニスター缶を使用しています。ご使用の際は別途接続配管が必要となります。当社代理店にお問い合わせ下さい。
- キャニスター缶はリンク容器です。ご使用後は当社代理店までご返却下さい。
- 超脱水溶媒には使用期限がございます。使用期限内にご使用下さい。

(K. K.)

本文に記載しております試薬は試験・研究の目的にのみ使用されるもので、「医療品」、「食品」、「家庭用品」などとして使用できません。価格はすべて希望納入価格であり、消費税等が含まれておりません。

## 和光純薬工業株式会社

本社 ☎540-8605 大阪市中央区道修町三丁目 1 番 2 号 Tel. (06) 6203-1788 (試薬学術部)  
支店 ☎103-0023 東京都中央区日本橋本町四丁目 5 番 13 号 Tel. (03) 3270-8243 (試薬学術部)

- 九州営業所 Tel. (092) 622-1005 (代) ●中国営業所 Tel. (082) 285-6381 (代)
- 東海営業所 Tel. (052) 772-0788 (代) ●横浜営業所 Tel. (045) 476-2061 (代)
- 筑波営業所 Tel. (029) 858-2278 (代) ●東北営業所 Tel. (022) 222-3072 (代)
- 北海道営業所 Tel. (011) 271-0285 (代)

フリーダイヤル **0120-052-099** フリーファックス **0120-052-806**

**Wako Chemicals USA, Inc.**  
http://www.wakousa.com  
●Head Office (Richmond, VA)  
Tel:+1-804-714-1920  
●Los Angeles Sales Office  
Tel:+1-949-679-1700  
●Boston Sales Office  
Tel:+1-617-354-6772

**Wako Chemicals GmbH**  
http://www.wako-chemicals.de  
**European Office**  
Tel:+49-2131-311-0

■ご意見・お問い合わせ、本誌の DM 新規登録・変更等については、  
**E-mail : org@wako-chem.co.jp** まで  
**URL : http://www.wako-chem.co.jp**

10Z07.5 学<sub>0</sub>1R