

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 13 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22550044

研究課題名（和文）ヘテロ環で機能化されたキラルフェロセン異原子配位子の創製と触媒作用

研究課題名（英文）Creation of Functionalized Chiral Heterobidentate Ferrocene Ligands bearing a Heterocyclic Group and Their Catalysis

研究代表者

福澤 信一（FUKUZAWA SHINICHI）

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：50173331

研究成果の概要（和文）：トリアゾールを側鎖に持つキラルフェロセンの異原子二座配位子（ThioClickFerrophos）を新規に開発した。酢酸銀とThioClickFerrophosとの錯体は、グリシンイミノエステルを原料に用いる反応に有効であることを見つけた。すなわち、電子不足アルケンとの環化付加反応、イミンへの付加反応、およびニトロアルケンへの共役付加反応において、生物活性を持つ、プロリン、 α 、 β -ジアミノ酸、 α 、 γ -ジアミノ酪酸の前駆体を、それぞれ高収率かつ高い鏡像体過剰率で生成した。

研究成果の概要（英文）：Chiral ferrocenyl hetero-bidentate ligand, ThioClickFerrophos was newly prepared. The complex of silver acetate with ThioClickFerrophos was efficient catalyst for the reaction using glycine imino ester as a starting compound. Thus, it catalyzed the cycloaddition with electron deficient alkenes, addition with imines, and conjugate addition to nitroalkenes to afford precursor of biologically active proline, α , β -diaminoacid, and α , γ -diaminobutyric acid in excellent yields with excellent enantiomeric excesses.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2010年度 | 1,500,000 | 450,000 | 1,950,000 |
| 2011年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 2012年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,600,000 | 1,080,000 | 4,680,000 |

研究分野：化学

科研費の分科・細目：有機化学

キーワード：フェロセン，不斉触媒，ヘテロ環，異原子配位子，環化付加反応，共役付加反応
アゾメチンイリド

1. 研究開始当初の背景

キラルフェロセンホスフィン是不斉合成反応において有効な配位子であることが認識されているが、この分野のブレークスルーとなった配位子として、**Josiphos**, **Taniaphos** や **Walphos** がある。これらは、二つのリン原子が中心金属と広い挟み角を作るように配置され、それが有効に作用し高い立体選択性をもたらす。**Taniaphos** や **Walphos** はその側鎖置換基として臭素化されたベンゼン誘導体を用意する必要がある。一方、応募者は、フェロセン側鎖をベンゼン環の代わりにヘテロ環に置き換えたキラルフェロセン配位子を提案した。クリックケミストリーを用いて、側鎖にトリアゾールを持つフェロセンを合成し、これからキラルジホスフィン配位子 **ClickFerrophos** を合成した。**ClickFerrophos** は、**Taniaphos** のベンゼン環をトリアゾール環に置き換えた同族体配位子と見なすことができるが、トリアゾールの電子のおよび構造的な特性のためか、時折 **Taniaphos** 以上の配位子の性能を発揮する。例えば、ロジウム触媒を用いるアルケンの不斉水素化では、エナミドなど幾つかの基質に対して **Taniaphos** を用いる場合よりも高い光学収率をもたらしている。

ClickFerrophos は、フェロセンのシクロペンタジエニル基とトリアゾール環にホスフィン基を持っているが、シクロペンタジエニル基とトリアゾール基は、それぞれ独立してリン原子に置換される。すなわち、シクロペンタジエニル環のオルト位およびトリアゾール環の5位のリチオ化とそれに続くリン原子による置換反応は、それぞれ、独立して行うことができる。この特性を利用して、**ClickFerrophos** 前駆体のトリアゾールフェロセンのシクロペンタジエニル基とトリアゾール基にそれぞれ異なった原子(イオウとリン)を導入することを着想した。応募者が研究に着手したのとほぼ同時期、またはそれ以降、**Zheng** や **Chan** らは、それぞれ側鎖にイミダゾールを持つキラルフェロセンを提案し、イミダゾールの2位のリチオ化が容易なことに着目し、この位置にリンまたは硫黄原子を導入した配位子の合成と不斉触媒反応を報告している。

2. 研究の目的

Taniaphos 前駆体のベンゼン側鎖だと異種の原子を導入することは合成上困難であるが、側鎖にヘテロ環を有しているキラルフェロセンは、そのシクロペンタジエニル基とヘテロ環に独立して異原子(ヘテロ原子)を導

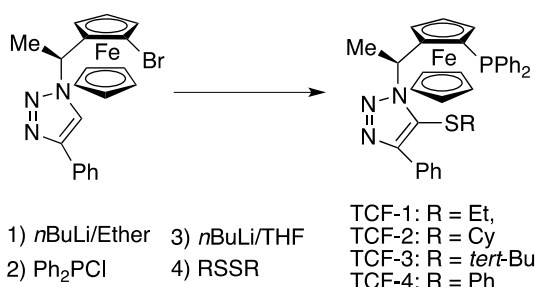
入できる。すなわち、分子の構成部分のモジュラリティの高さであり、異種原子導入、置換基の変更などファインチューニングを施す箇所が多様である。この特性を活かして、フェロセン上とトリアゾール上に異なる原子を配置した異原子フェロセン二座配位子(heterobidentate ligand)を合成し、その金属錯体触媒の特性について明らかにする。応募者は **ClickFerrophos** が不斉触媒反応において有効な配位子であることを明らかにしてきた。例えば、銅錯体を用いる電子不足アルケンとアゾメチンイリドとの不斉1,3-双極子付加反応において、*exo* 生成物を優先的に、高い不斉収率で生成する(最大 99% ee)。なお、この反応は、プロリン骨格を持つ生理活性物質や、最近注目されている不斉有機触媒の構造を作ることができる重要な反応として注目されている。このジホスフィン配位子は不飽和ケトンとの1,3-双極子付加反応には有効に作用せず、収率・選択性ともに低い。**ClickFerrophos** の片方のリン原子を硫黄原子に置き換え **P,S**-配位子を合成し、その銀触媒を用いると、反応の立体選択性が *endo* 選択的となることが明らかとなった。異原子配位子を用いることで、ジホスフィン配位子の金属錯体とは異なる立体化学で反応が進行したり、達成できない反応が可能になったりするのではないかと研究することを目的とする。また、上記の不斉反応の他に、**ClickFerrophos-P,S**-配位子の特性が活かされた不斉触媒反応の探索を目的とする。

3. 研究の方法

ThioClickFerrophos 配位子の合成

市販の光学活性フェロセニルエチルアミンから出発し、位置選択的なオルトリチオ化、臭素化、アミノ基のアジド基への変換をへてクリックケミストリーでトリアゾールフェロセンへと変換する。ここまでの合成はし、**ClickFerrophos** 合成で確立している。まず、シクロペンタジエニル基上の臭素基を再びリチオ化し、リン原子を導入、その後トリアゾール環のリチオ化し、ジアルキルジスルフィドと反応させて目的の **P,S**-配位子(**ThioClickFerrophos**, **TCF** と略す)を合成した。ファインチューニングポイントとしては、原料の入手のしやすさと合成の簡便さを考慮し、イオウ原子上の置換基 **R** のみのチューニングにとどめることにした。本研究では、イオウ上の置換基 **R** として、エチル (**TCF-1**)、シクロヘキシル (**TCF-2**)、*tert*-ブチル (**TCF-3**)、フェニル基 (**TCF-4**) の4種類を合成した。また、シクロペンタジエニル基に硫

黄原子 (R = Et), トリアゾールにリン原子を導入した配位子 (TCF-5)も合成し, ヘテロ原子の位置関係の配位子特性に及ぼす影響について検討した。



不斉合成反応としては, 銀触媒を用いて, グリシンイミノエステルと 1) 電子不足アルケンとの不斉 1,3-双極子環化付加反応, 2) イミンとの不斉マンニッヒ反応, 3) ニトロアルケンとの不斉共役付加反応および環化付加反応に関して検討した。なお, 各反応は, 通常, 触媒量 (5 mol%) の銀塩, 配位子 (TCF), 所定の温度, 所定時間反応を行い, 定法処理後, 粗生成物の状態で生成物のジアステレオ選択性を NMR 装置で決定をした。分取薄層クロマトで生成物を単離生成し, キラルカラムを備えた高速液体クロマトグラムで鏡像体過剰率を決定した。

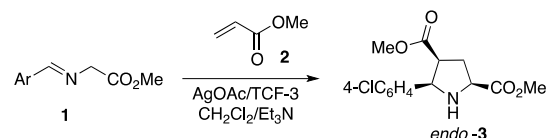
4. 研究成果

4.1 酢酸銀と TCF 錯体を用いるグリシンイミノエステルと電子不足アルケンとの不斉 1,3-双極子環化付加反応

先にも述べたが, この反応は, プロリン骨格を持つ生理活性物質や, 最近注目されている不斉有機触媒の構造を作ることができる重要な反応である。グリシンイミノエステル (1) とアクリル酸メチル (2) との反応をモデル反応として用い, 生成物の収率, ジアステレオ及びエナンチオ選択性の観点から, 配位子と銀塩の最適化を行った。触媒量の銀塩, 配位子 (TCF-1) の存在下, 塩化メチレン中, 0 °C で 12 時間反応を行った。生成物は, 酢酸銀を用いたときに, *endo* 体 (3) が, ほぼ単一のジアステレオマー (*endo/exo* = 99/1) として, 最も高い収率とエナンチオ選択性で生成した。酢酸銀, トリフルオロメタンスルホン酸銀, ヘキサフルオロホスホン酸銀, ヘキサフルオロアンチモン酸銀, トリフルオロ酢酸銀を検討したが, 酢酸銀を用いたときに, *endo* 体を最も高い収率とエナンチオマー過剰率で生成した。次に, 酢酸銀を銀塩として用い配位子の最適化を行うと, TCF-3 (R=*tert*-Bu) が最も高い収率とエナンチオ

選択性を与えた。従って, 酢酸銀と TCF-3 の組み合わせが最適な触媒であり, これを用いて基質の適用限界について検討した。グリシンイミノエステルとして, 置換フェニル誘導体を用いて反応を行い, 反応に対する置換基効果を研究した。表 1 に結果を示す。置換基の電子的性質とは関係なく, *endo* ジアステレオマーを優先的に, 高収率および高エナンチオ選択的に得られた。

表 1 置換グリシンイミノエステルとアクリル酸メチルとの反応



| Entry | Ar | Yield (%) | <i>Ee</i> (%) (<i>endo</i>) |
|-------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|
| 1 | Ph | 71 | 97 |
| 2 | 4-ClC ₆ H ₄ | 78 | 98 |
| 3 | 4-BrC ₆ H ₄ | 91 | 98 |
| 4 | 2-MeC ₆ H ₄ | 81 | 95 |
| 5 | 3-MeC ₆ H ₄ | 84 | 98 |
| 6 | 4-MeC ₆ H ₄ | 78 | 98 |
| 7 | 4-MeOC ₆ H ₄ | 91 | 98 |
| 8 | 4-CNC ₆ H ₄ | 57 | 97 |

電子不足アルケンに関して, 基質の適用限界を調べた (表 2)。アクリル酸 *tert*-ブチルとの反応は, 対応するメチルエステルとの反応とほぼ同じ結果を与えた。メタクリル酸メチルとの反応は興味深く, エステル基とメチル基の立体は区別され, エステル基がフェニル基とシスの関係にある *endo* 体のみが生成した。マレイン酸ジメチルのような不飽和ジエステルとの反応でも反応は高収率・高エナンチオ選択的に進行したが, フマル酸ジメチルとの反応では *endo* 体の選択性が低下した。また, N-メチルマレイミド, N-フェニルマレイミドでは窒素置換基の大きさに関係なく *endo* 体が優先して生成するが, N-フェニル置換体の時はエナンチオ選択性が低下した。

表 2 電子不足アルケンとの反応

| Entry | Alkene | Yield (%) | <i>endo/exo</i> | <i>Ee</i> (%) (<i>endo</i>) |
|-------|---------------------|-----------|-----------------|----------------------------------|
| 1 | アクリル酸 <i>t</i> -ブチル | 82 | 98/2 | 96 |
| 2 | メタクリル酸メチル | 79 | 98/2 | 94 |
| 3 | マレイン酸ジメチル | 85 | 94/6 | 91 |
| 4 | フマル酸ジメチル | 86 | 85/15 | 95 |
| 5 | N-メチルマレイミド | 91 | 98/2 | 99 |
| 6 | N-フェニルマレイミド | 93 | 98/2 | 86 |

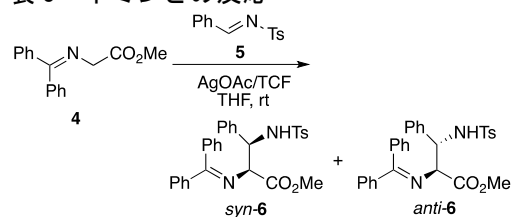
4.2 グリシンイミノエステルとイミンとの不

斉マンニッヒ反応

金属錯体を触媒とするグリシンイミノエステルとトシルイミンとの不斉マンニッヒ型反応は、植物など天然に存在する α 、 β -ジアミノエステルが合成できる反応として重要である。不斉マンニッヒ型反応では、銅錯体触媒を用いたジアステレオおよびエナンチオ選択的な生成物合成の成功例が報告されている。しかし、銀錯体触媒を用いた場合は生成物のジアステレオ選択性の制御が難しく、報告例はほとんどない。本研究では、銀/TCF 錯体触媒の他の反応への拡張を目的とし、グリシンイミノエステルとトシルイミンの不斉マンニッヒ型反応を検討した。

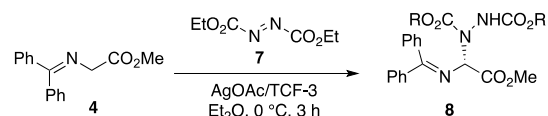
ジフェニレンイミノグリシンメチルエステル (**4**)とベンズアルデヒドトシルイミンとの反応をモデル反応として、4.1 の反応で最適化された触媒、すなわち酢酸銀と TCF-3 との錯体を用いて、反応条件の最適化を行った。触媒量の酢酸銀、配位子 (TCF) の存在下、テトラヒドロフラン中、室温で所定の時間反応を行うと、生成物が *syn*-**6** と *anti*-**6** のジアステレオマーの混合物として、ほぼ定量的に得られた。ジアステレオ選択性がほとんど見られないけれど、それぞれの不斉収率は高い。最適化された条件で、置換ベンズアルデヒドイミンの基質適用範囲を検討した。結果を表 3 に示す。オルト位にハロゲン置換基を有するアリール基については、ハロゲンの原子半径が大きくなるほど生成物の *syn/anti* 比が向上しているが、メチル基を有する場合は低下が見られた。次に、パラ位の置換基効果を検討したところ、電子求引基または電子供与基が置換した場合でも、高いエナンチオ選択性を示した。

表 3 イミンとの反応



| Entry | Ar | <i>syn/anti</i> | <i>Ee</i> (%) |
|-------|---|-----------------|---------------|
| 1 | Ph | 60/40 | 98/98 |
| 2 | <i>o</i> -FC ₆ H ₄ | 68/32 | 98/97 |
| 3 | <i>o</i> -ClC ₆ H ₄ | 71/29 | 98/97 |
| 4 | <i>o</i> -BrC ₆ H ₄ | 75/25 | 95/98 |
| 5 | <i>o</i> -MeC ₆ H ₄ | 58/42 | 95/98 |
| 6 | <i>p</i> -ClC ₆ H ₄ | 58/42 | 98/98 |
| 7 | <i>p</i> -CF ₃ C ₆ H ₄ | 56/44 | 97/96 |
| 8 | <i>p</i> -MeC ₆ H ₄ | 60/40 | 85/94 |
| 9 | <i>p</i> -MeOC ₆ H ₄ | 57/43 | 91/91 |

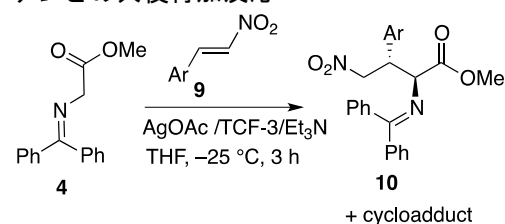
イミンの代わりにアゾジエステル (**7**)を用いてグリシンイミノエステルとの反応を行うと、 α 位-アミノ化反応が進行し、対応するアミノイミノエステル(**8**)が 98% ee の鏡像体過剰率で得られた。



4.3 酢酸銀と TCF 錯体を用いるグリシンイミノエステルとニトロアルケンとの共役付加反応と環化付加反応

グリシンイミノエステルのニトロアルケンへの共役付加反応は、 α 、 γ -ジアミノ酪酸誘導体を合成する優れた手段である。イミノ基の加水分解とニトロ基の還元により付加物は α 、 γ -ジアミノ酪酸誘導体へ誘導され、これは、神経毒などの生物活性を示す。この反応では、共役付加生成物だけでなく、ときおり環化付加生成物も生成するので、この問題を克服するための手法の開発が重要である。触媒量の酢酸銀、TCF-3を用い、トリエチルアミン存在下、THF中、 -25 °Cでジフェニレンイミノグリシンメチルエステル (**4**)と β -ニトロスチレン (**9**: Ar = Ph)との反応を行うと、共役付加生成物 (**10**)が優先的に得られた。この反応には、環化付加生成物も副生成物として生成するが、トリエチルアミンを添加することで、その生成を極小にすることができた。また、共役付加生成物の立体化学は、*syn*体が優先して生成し、不斉収率も

表 4 グリシンイミノエステルとニトロアルケンとの共役付加反応



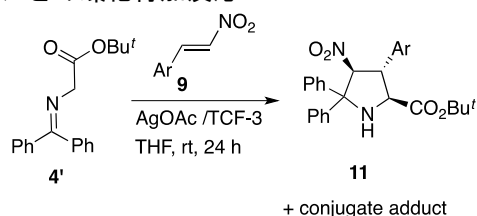
| Entry | Ar | Yield (%) | <i>Ee</i> (%) |
|-------|---|-----------|---------------|
| 1 | Ph | 97 | 99 |
| 2 | <i>p</i> -MeC ₆ H ₄ | 96 | 97 |
| 3 | <i>o</i> -MeC ₆ H ₄ | 93 | 97 |
| 4 | <i>p</i> -MeOC ₆ H ₄ | 96 | 98 |
| 5 | <i>p</i> -FC ₆ H ₄ | 93 | 95 |
| 6 | <i>p</i> -ClC ₆ H ₄ | 93 | 98 |
| 7 | <i>p</i> -BrC ₆ H ₄ | 95 | 97 |
| 8 | <i>p</i> -CF ₃ C ₆ H ₄ | 95 | 99 |

高い結果となった。最適化条件下、置換ニト

ロスチレンに対し基質の検討を行い、置換基の反応に及ぼす効果に関して検討を行った。結果を表4にまとめた。置換基の電子的性質や置換位置は、反応にほとんど影響がなく、電子供与性および電子吸引性置換基で置換されたニトロスチレンはいずれも、高収率・高エナンチオ選択性で対応する共役付加生成物を与えた。なお、生成物の絶対配置は、3-フェロセニル置換誘導体の X 線結晶解析により明らかにした。

ジフェニレンイミノグリシン *tert*-ブチルエステル (**4'**)と β -ニトロスチレンとの反応を、トリエチルアミンを添加せずに室温で反応を行うと、興味深いことに、環化付加生成物 (**11**)であるピロリジン誘導体が優先的に生成することが分かった。結果を表5にまとめた。すなわち、アミンを添加する・しないで生成物の選択性を切り替えることができることが判明した。置換ニトロスチレンに対し基質の検討、置換基効果に関して検討を行った。電子供与性の置換基では、電子的に中性の場合とほぼ同等の収率、エナンチオマー過剰率で環化生成物を与えた。一方、ハロゲン基のような電子吸引性置換基では、相当量の共役付加生成物の生成が観察された。しかし、反応生成物のエナンチオ選択性は高かった。また、オルト置換ニトロスチレンとの反応でも、共役付加生成物が相当量生成した。

表5 グリシンイミノエステルとニトロアルケンとの環化付加反応



| Entry | Ar | Yield (%) | 10/11 | Ee (%) |
|-------|---|-----------|--------------|--------|
| 1 | Ph | 99 | 4/96 | 96 |
| 2 | <i>p</i> -MeC ₆ H ₄ | 99 | 8/92 | 92 |
| 3 | <i>o</i> -MeC ₆ H ₄ | 99 | 16/84 | 93 |
| 4 | <i>p</i> -MeOC ₆ H ₄ | 99 | 8/92 | 92 |
| 5 | <i>p</i> -FC ₆ H ₄ | 94 | 33/67 | 97 |
| 6 | <i>p</i> -ClC ₆ H ₄ | 99 | 17/83 | 98 |
| 7 | <i>p</i> -BrC ₆ H ₄ | 95 | 12/88 | 97 |
| 8 | <i>p</i> -CF ₃ C ₆ H ₄ | 91 | 8/92 | 97 |

4.4 今後の展望

応募者の開発したトリアゾール環を有するキラル異原子二座配位子 ThioClickFerrophos は、様々な不斉金属錯体

触媒反応において優れた配位子であることを明らかにしてきた。本研究では、銀/TCF 錯体がアゾメチンイリド発生に有効かつこれの関与する反応の立体化学の制御に極めて有効であることを明らかにした。今後の研究の展開として、アゾメチンイリドは多様性指向合成に優れた活性種であることに注目し、この前駆体として、イミノラクトン、イミノトリアゾールおよびアズラクトンのような新たなアゾメチンイリド前駆体を開拓したり、またビニルセレンや活性シクロプロパンのようなあらたな求双極子も探索したりすることで、更に有用な化合物の合成が達成できる。今後は以下の点を考慮して研究を進展させて行く。すなわち、(1)電子不足アルケンの選択、および環化付加と共役付加の反応選択性の制御、(2)アゾメチンイリド双極子活性種前駆体の選択と分子設計、(3)金属塩の選択、金、銀、または銅錯体で触媒活性と選択性の最適化(4)金属錯体触媒の配位子設計、高選択性発現のための配位子選択および設計や click chemistry による配位子設計のコンセプトに基づき高効率的・高選択的に反応を触媒する配位子・金属錯体の探索を遂行する。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計7件)

1. T. Takahashi, K. Ogata, S. Fukuzawa, Stereochemistry of Substitution of the α -Dimethylamino Group by Dialkylzinc in Chiral Benzylferrocene, *J. Org. Chem.* **77**, 6638-6642 (2012). 査読有

2. T. Konno, K. Shimizu, K. Ogata, S. Fukuzawa, Rhodium-Catalyzed Enantioselective Hydrogenation of Unsaturated Phosphonates by ClickFerrophos Ligands, *J. Org. Chem.* **77**, 3318-3324 (2012). 査読有

3. K. Imae, T. Konno, K. Ogata, S. Fukuzawa, Silver/ThioClickFerrophos-Catalyzed Enantioselective Conjugate Addition and Cycloaddition of Glycine Imino Ester with Nitroalkenes, *Org. Lett.* **14**, 4410-4413 (2012). 査読有

4. T. Nakamura, T. Terashima, K. Ogata, S. Fukuzawa, Copper(I) 1,2,3-Triazol-5-ylidene Complexes as Efficient Catalysts for Click Reactions of Azides with Alkynes, *Org. Lett.* **13**, 620-623 (2011). 査読有

5. K. Imae, K. Shimizu, K. Ogata, S. Fukuzawa, Ag/ThioClickFerrophos-Catalyzed Enantioselective Mannich Reaction and Amination of Glycine Schiff Base, *J. Org. Chem.*

76, 3604-3608 (2011).査読有

6. I. Oura, K. Shimizu, K. Ogata, S. Fukuzawa, Highly Endo-Selective and Enantioselective 1,3-Dipolar Cycloaddition of Azomethine Ylide with α -Enones Catalyzed by a Silver(I)/ThioClickFerrophos Complex, *Org. Lett.* **39**, 1752-1755 (2010).査読有

7. K. Shimizu, K. Ogata, S. Fukuzawa, Ag/ThioClickFerrophos catalyzed highly enantioselective 1,3-dipolar cycloaddition of azomethine ylides with alkenes, *Tetrahedron Lett.* **51**, 5068-5070 (2010).査読有

[学会発表] (計 11 件)

1. 渡部紗世, 徳光千尋, 紺野貴史, 緒方賢一・福澤信一, 二官能性触媒-酢酸銀/ThioClickFerrophos 錯体を用いるアゾメチンイリドと電子不足アルケンとの不斉 1,3-双極子環化付加反応, 日本化学会第 93 春季年会, 2013 年 3 月 22 日, 立命館大学, 草津.

2. 紺野貴史, 緒方賢一, 福澤信一, 銀(I)/ThioClickFerrophos 錯体触媒を用いるグリシンイミノエステルと α,β -不飽和エステルとの不斉共役付加反応, 第 64 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 2012 年 12 月 1 日, 長岡技術科学大学, 長岡.

3. Shin-ichi Fukuzawa, Asymmetric Conjugate Addition of Glycine Imine to Nitroalkenes catalyzed by Ag/ThioClickFerrophos Complex, Cambodian Malaysian Chemical Conference (招待講演), 2012 年 10 月 19 日, シェムリアップ, カンボジア.

4. Takashi Konno, Kazumi Imae, Kenichi Ogata, Shin-ichi Fukuzawa, Silver ThioClickFerrophos-Catalyzed Enantioselective conjugate Addition and Cycloaddition of Glycine Schiff Base with Nitroalkenes, International Conference on Organometallic Chemistry, 2012 年 09 月 07 日, リスボン, ポルトガル.

5. 渡部紗世, 緒方賢一, 福澤信一, ビニルセレノンとアゾメチンイリドとの 1,3-双極子環化付加反応を経るピロール合成, 第 63 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 2012 年 5 月 19 日, 東京理科大, 野田.

6. 高橋樹生, 福澤信一, 緒方賢一, 光学活性アミノフェロセンの α 位置換反応の立体化学の再検証, 第 63 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 2012 年 5 月 19 日, 東京理科大, 野田.

7. 紺野貴史・緒方賢一・福澤信一, 新型 ClickFerrophos-ロジウム錯体を用いる α,β -不飽和リン酸エステルの不斉水素化反応, 日本化学会第 92 春季年会, 3 月 26 日 2012, 慶應義塾大学, 日吉.

8. S. Fukuzawa, T. Terashima, Synthesis of Palladium 1,2,3-Triazol-5-ylidene Complexes and Their Catalysis in Coupling Reactions with Aryl Halides, XIX EuCheMS Conference on Organometallic Chemistry, 2011 年 7 月 5 日, トゥルーズ, フランス.

9. 今柴麗仁, 緒方賢一, 福澤信一, ClickFerrophos/銀錯体触媒を用いるイミノエステルの不斉 α -アミノ化反応および Mannich 反応, 日本化学会第 91 春季年会, 2011 年 3 月 29 日, 神奈川大学, 横浜.

10. K. Imae, K. Shimizu, K. Ogata, S. Fukuzawa, Preparation of new ClickFerrophos ligands and their application to asymmetric synthesis, PACHIFICHEM2010, 2010 年 12 月 17 日, ホノルル, USA.

11. K. Shimizu, K. Imae, K. Ogata, S. Fukuzawa, Asymmetric C-C-Bond Formation by Ag and Cu/ClickFerrophos Ligands, 第 57 回有機金属化学討論会, 2010 年 9 月 17 日, 中央大学, 八王子.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.chem.chuo-u.ac.jp/~fukuzawaweb/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

福澤信一 (FUKUZAWA SHINICHI)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号: 50173331

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

緒方賢一 (OGATA KENICHI)

中央大学・理工学部・助教

研究者番号: 60431970