

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02712

研究課題名(和文)リン原子上キラルな四配位リン化合物を基軸とする合成化学の展開

研究課題名(英文) Development of syntehtic reactions based on the tetracoordinate phosphorus compounds with a chrality

研究代表者

村井 利昭 (Murai, Toshiaki)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：70166239

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ビナフチル基を有するチオリン酸、チオホスホン酸、リン酸、ホスホン酸エステルと金属アルコキシドとの反応の詳細を明らかにした。反応は、ビナフチル基のキラリティーがリン原子の中心性キラリティーへの転写を伴って進行する。また反応は速度論的に制御されており、出発化合物が有する置換基とアルコキシドが有する置換基を入れ替えることによって、逆のジアステレオマーを導くこともできる。さらに得られた生成物に対して、金属アルコキシドを作用させると、リン原子上でのエステル交換反応も進行しP-キラルなリン酸、ホスホン酸、ホスフィン酸エステルやその硫黄同族体を高効率かつ高選択的に導く反応を確立することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機リン化合物は、医薬品、医薬品前駆体、さらに農薬など幅広く利用される化合物群である。それに対して、その合成は多段階を要する場合も多いこと、また導入したい置換基が限定されているという課題がある。この課題に対して本研究ではこれまで前例のないわれわれが発見した「キラリティー転写反応」という反応様式の適用範囲を明らかにした。さらに得られた化合物を基質として、リン原子上に、酸素原子や硫黄原子を連結させ、さらにアルコキシ基や炭素置換基を導入したP-キラル化合物を導く反応を提供することができた。たとえばデュシエン型筋ジストロフィーの治療薬候補の骨格も導くことに成功している。

研究成果の概要(英文)：In the present study, we have elucidated the details of the reaction of thiophosphoric acid, thiophosphonic acid, phosphoric acid, and phosphonate esters bearing a binaphthyl group with metal alkoxides. The reaction proceeds with the transfer of the chirality of the binaphthyl group to the central chirality of the phosphorus atom. The reaction is also kinetically controlled and can lead to the reverse diastereomers by changing the substituents of the starting compounds with those of the alkoxides.

Further treatment of the resulting compounds via chirality transfer reactions with metal alkoxides underwent transesterification reactions on phosphorus atoms, leading to the formation of p-chirogenic phosphoric acid, phosphonic acid, phosphinic acid esters, and their sulfur isologues with high efficiency and selectivity.

研究分野：有機合成化学

キーワード：P-キラル有機リン化合物 軸性キラリティー 中心性キラリティー キラリティー転写反応

## 1. 研究開始当初の背景

炭素上にキラリティーを有する分子に加えて、炭素以外の典型元素化合物のキラリティー制御に関する基礎的な概念の構築や、実際の化合物群の合成、それら化合物の物質機能の解明と利用は、合成化学における重要な課題である。特に周期表第三周期以降の元素へのキラリティーの選択的導入により、光学活性配位子としての応用だけでなく、光学活性な酸あるいは塩基触媒、キラル分子の識別、生理活性の発現や、蛍光発光部位との組み合わせによる円偏光発光の実現など、合成化学を端緒とした、生命化学や材料化学への展開を指向した多彩な機能創出が期待できる。ここでは炭素以外の典型元素としてリン原子に着目した。とりわけ四配位五価リン化合物はリン原子ならではの構造を持つ化合物群であり、リン原子上に四つの異なる置換基、しかも水素や炭素のみならず異なる典型元素を組み合わせることによって構築しうるリン原子上がキラル（以下 *P*-キラル）な前例のない化合物群を創出し、新しい分子キラリティーの世界を開拓することが本研究課題の核心である。

## 2. 研究の目的

すなわち本研究では、*P*-キラルリン化合物を導く独自の反応開発をベースに、合成化学、生化学さらには材料化学分野でも、発展性のある低分子有機化合物群の提供を目指す。具体的には以下の四つの項目を推進する。

- (1) リン原子上がキラルな四配位五価化合物の新規な一般的合成法の開発
- (2) 計算化学による「1」の反応の反応経路の解明と高選択的反応設計
- (3) 一連の反応により得られた化合物群を用いたキララル識別・反応開発
- (4) 得られた化合物群の構造—物性相関の解明を通じた生理活性の追求

本研究は、図1に示すキラリティー転写反応の発見が発端である。すなわちビナフチル基を有するチオホスホン酸エステル **I** の加水分解反応では、分子内に二つある P-O 結合のうち片方のみ切断が進行し、チオホスホン酸 **II** を高いジアステレオマー過剰率で与える。この反応ではビナフチル基の軸性キラリティーが生成物のリン原子上の中心性キラリティーに高い選択性で転写している。しかも生成物 **II** は、軸性キラリティーとその近傍にリン原子中心性キラリティーを併せ持つ、独自でかつ幅広い応用が期待できる化合物である。そこでこの反応の出発化合物（一般式 **III, IV**）（図2）を起点として、キラリティー転写反応による新規化合物合成や、得られた化合物のさらなる変換反応を経て、化合物 **V** や **VI** に至る一般的合成法を確立する。これによって GABA<sub>B</sub> アゴニスト **VII** や、われわれが独自に発見した小胞体ストレス応答を示す化合物 **VIII** や、リン原子上さらにその隣接炭素上にキラリティーを有するホスホン酸希土類金属錯体 **IX** を導き、リン原子周辺の置換基を工夫し、大きな異方性因子の発現による円偏光発光を目指すとともに、新たな材料設計の指針を提案する。

## 3. 研究の方法

- (1) リン原子上がキラルな四配位五価化合物の新規な一般的合成法の開拓
- ・キラリティー転写反応の適用限界の解明とその拡大（図3）

化合物 **1** あるいは **2** に対して様々な炭素、窒素、酸素、硫黄求核剤を作用させた場合に得られる生成物 **3-6** および **7-10** が有する置換基とジアステレオ選択性の相関の解明と高効率かつ高選択的反応のための条件最適化を行う。例えばチオホスホン酸エステル **2a**

の加水分解（図4）の場合、水酸化リチウムとの室温での反応は反応の完了までに144時間を必要とする。70 °C での反応は反応時間の大幅な短縮を可能にし、しかも生成物 **9a** の選択性は低下しない。一方で水酸化ナトリウムとの反応では長時間でも原料は完全に消失しない。すなわち様々な求核剤を用いる場合には、反応パラメーターとして・反応溶媒・反応温度・カウンターカチオンの選択が重要であり、さらにリン原子の求電子性を向上させるためのルイス酸添加も有効である。例えば P=O ではホウ素のようなハードなルイス酸を、P=S や P=Se では亜鉛のようなソフトなルイス酸の選択で反応効率向上を達成しうる。

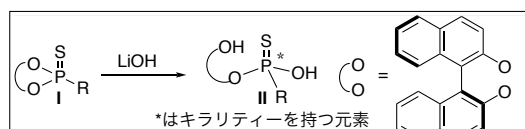


図1. キラリティー転写反応

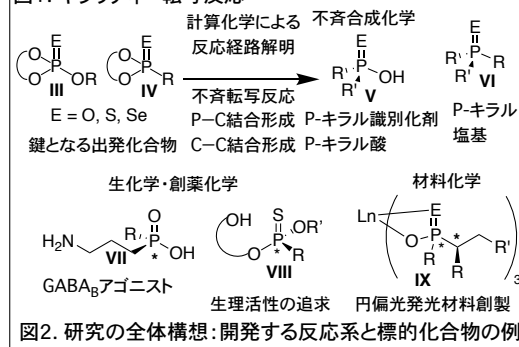


図2. 研究の全体構想: 開発する反応系と標的化合物の例

**VII** や、われわれが独自に発見した小胞体ストレス応答を示す化合物 **VIII** や、リン原子上さらにその隣接炭素上にキラリティーを有する

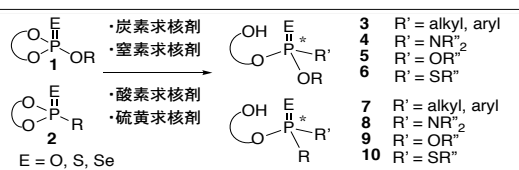


図3. 不斉転写反応の適用限界の解明と拡大

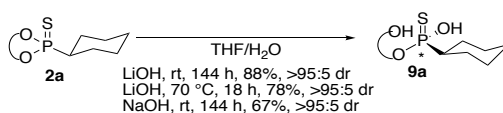


図4. 反応条件最適化の具体例

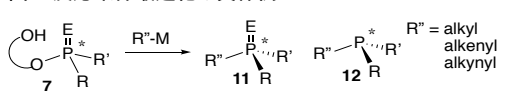


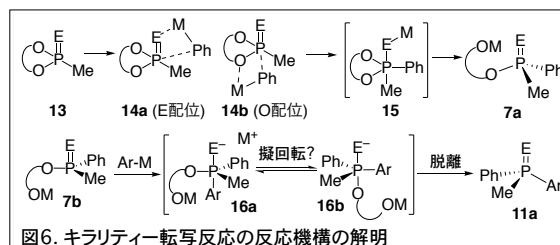
図5. ビナフチル基の脱離によるP-キラル化合物の合成例

・ビナフチル基の脱離による *P*-キラル化合物の合成法の開発 (図5)

図3の反応で得られた化合物と求核剤との反応で、異なる三つの求核基をリン原子上に組込んだ誘導体を導く。この際高いジアステレオマー比を示す7の比を生成物11でも保持させるために、先と同様の反応パラメーターの最適化を行う。例えばこれによってその生理活性に興味を持たれる光学活性オキシド11を導くこともできる。さらに化合物11 (E = S, Se)は容易に光学活性三価リン化合物12に変換できる。12は、*P*-キラル光学活性リン配位子として利用できること、光学活性プラスチックプレパレーションも形成できることから、重要な化合物群であり、様々な脂肪族、芳香族炭素置換基の導入で、適用限界の拡大に貢献できる。

## (2) 計算化学による「1」の反応の反応経路の解明と高選択的反応設計

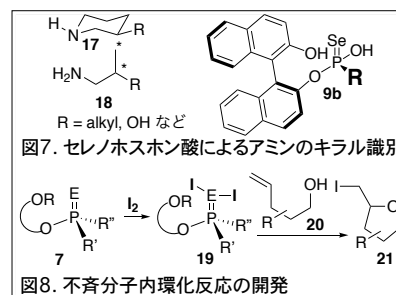
四配位五価リン化合物のリン原子上での置換反応では、リン原子の立体化学が保持か反転かを解明しなくてはならない (図6)。とりわけ化合物13は、従来の報告例では説明できないビナフチル基を介した環状化合物であるため、その反応は非常に興味深い。しかし13と炭素求核剤による反応を理解するためには、図6に示したような様々な中間体や遷移状態(例えば14a, 14bや16a, 16b)の存在を考慮しなければならない。そこで本研究では、ポテンシャルエネルギー超曲面上を効率良く探索し、取りうる全ての中間体を漏れなく自動的に発見できるGRRM法を用い、反応に関与する全ての中間体を考慮した解析を行う。特に15や16が、五配位リン化合物では特徴的なベリー擬回転を引き起こすかどうか、といった点にも着目しつつ反応経路の全貌を確立し、反応の選択性と導入した置換基との相関を明らかにするとともに、高選択的反応のための設計指針を提案する。



## (3) 一連の反応により得られた化合物群を用いたキラル識別・反応開発

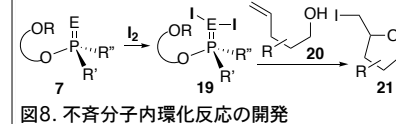
・キラル識別分子の開発 (図7)

キラルアミンの識別は、アミンの鏡像体過剰率を決定するためにも重要な課題である。その有用な方法がキラルな酸との間で塩を形成させてそのジアステレオマーを識別する方法である。とりわけ<sup>31</sup>Pや<sup>77</sup>Se NMRを利用すれば、ジアステレオマーに由来する二本のシグナルのみが観測されて識別が容易になる。そこで17や18のような脂肪族アミンでかつアミノ基より遠隔位にキラリティーを持つ誘導体の識別をセレノホスホン酸9bを用いて達成する。すなわち9bの中の置換基Rとして、識別すべきアミンと類似の炭素骨格や高い芳香環を組み込み、キラル識別場を構築する。



・キラルルイス塩基触媒反応の開発 (図8)

硫黄原子やセレン原子は、ハロゲンなどと反応して超原子価化合物を与えることが期待される。例えば化合物7とヨウ素との反応で19が得られるとともに、化合物19に含まれるヨウ素は高い求電子性を持つ。そこでこの求電子性ヨウ素と化合物20のアルケニル基との相互作用を経たキラリティー制御分子内反応の構築を目指す。このタイプの環化反応では、20が持つ水酸基の求核性の向上も鍵である。化合物19の中の三つの置換基 (R, R', R'')のいずれかに塩基を組み込み、水酸基からの脱プロトン化も促す系を構築する。



## (4) 得られた化合物群の構造—物性相関の解明を通じた生理活性の追求

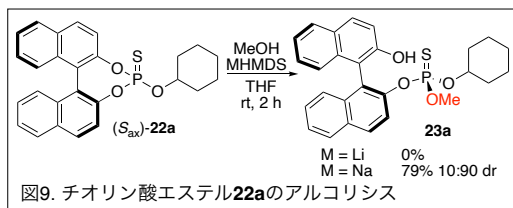
新規化合物の生物活性は、1)細胞死(LDHアッセイ)及び細胞生存率(WST-1アッセイ)の測定による毒性評価、2)ウェスタンブロット法、RT-PCR法、レポーターアッセイ法による細胞内シグナルタンパク質の挙動解析により明らかにする。すなわち1)により化合物の培養細胞に対する毒性の有無、濃度依存性、時間依存性を評価できる。さらに2)により化合物が小胞体ストレス、酸化ストレスなど細胞死を誘導するシグナル経路、または細胞生存に関連するシグナル経路に与える影響を評価できる。有機リン化合物は一般に、コリンエステラーゼ阻害作用を有し、農薬、アルツハイマー病治療薬として用いられる。そこで本研究で開拓されるホスホン酸、チオおよびセレノホスホン酸エステル化合物の生理活性作用を生化学的・細胞生物学的手法で評価し、構造活性相関に関する知見を蓄積することにより、生物活性の高い化合物の創製を目指す。なお予備的実験は、ビナフチル基を有するチオホスホン酸エステルVIIIは海馬神経由来HT22細胞において小胞体ストレスを伴う神経細胞死を誘導するが、ビナフチル基を持たないチオホスホン酸にはこのような作用は認められなかったことから、ビナフチル基の重要性を示唆していた。

一連の研究を通して、*P*-キラルな有機リン化合物を導く様々なタイプの新反応を確立した。以下、その詳細である。

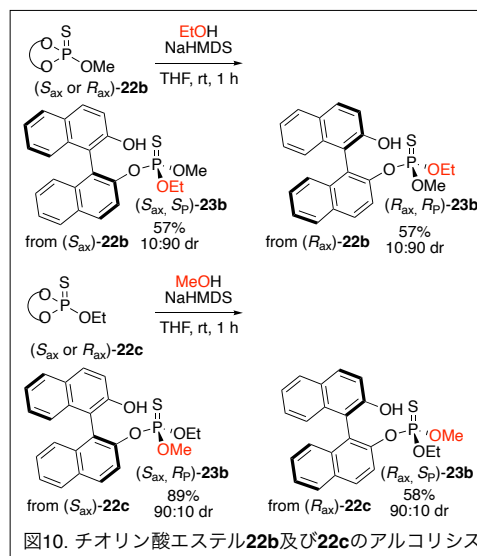
(1) ビナフチル基の軸性キラルティーのリン原子中心性キラルティーへの転写を経由する反応

① チオリン酸エステルのアルコリス

ビナフチル基を有するチオリン酸エステル **22a** のアルコリスを行なった。金属アルコキシドとして、Li アルコキシドあるいは Na アルコキシドを用いた。その結果、前者を用いた反応は進行しない一方で、後者を用いた反応は進行し生成物 **23a** を高いジアステレオ選択性で与えた。この反応では基質 **22a** が有する三つの P-O 結合のうち、一つだけが切断されている。しかもその際二つある P-OAr 結合の片側のみの選択的切断に伴い、求核剤として用いたアルコキシドが組み込まれて、生成物をジアステレオ選択的に与えている。さらに得られた生成物 **23a** も P-OAr 結合を有しているもののこの切断を経由した生成物は観測されていない。

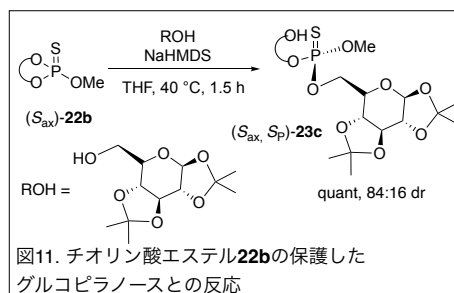


ついでメトキシ基やエトキシ基を有するエステル **22b**, **22c** の鏡像異性体をそれぞれ NaOEt および NaOMe と反応させた (図 10)。その結果、図 9 と同様の反応が進行し対応する化合物 **23** をそれぞれ良好な収率で与えた。ここで得られた生成物 4 つは、ビナフチル基の軸性キラルティーとリン原子上のキラルティーが異なる立体異性体である。そのうち 2 つずつは鏡像異性体の関係である。それぞれを導くためには、出発化合物であるエステル **22** と求核剤であるアルコキシドの組合せを置き換えることによって選択的に導くことができることがわかった。すなわちチオリン酸エステルに対してナトリウムアルコキシドが攻撃する際に生成物の立体化学が決まり、その後一旦生成した生成物は異性化していない。すなわち反応は速度論的に制御されていることが示唆された。



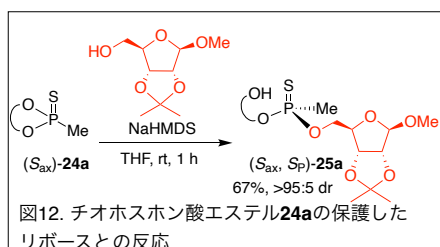
さらに **22b** に対して保護したグルコピラノース

から導いたアルコキシドを反応させた (図 11)。この場合も同様のキラルティー転写反応が進行し、二つのジアステレオマーを 84:16 の比で与えた。これらのうち主生成物の X 線構造解析に成功し、リン原子上の絶対配置が *S* であることを決定することができた。

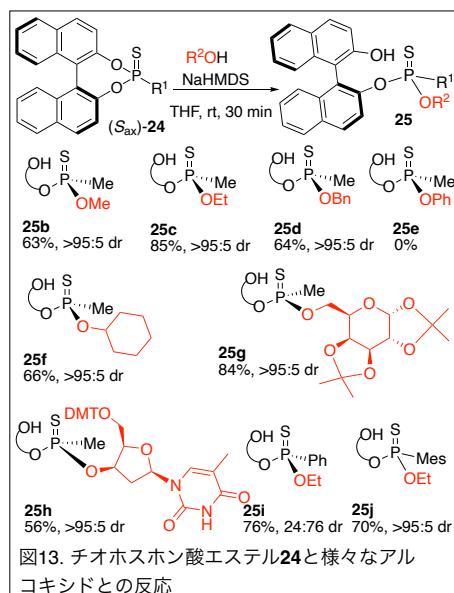


② チオホスホン酸エステルのアルコリス

さらに同様のキラルティー転写が進行するかどうかを、ビナフチル基を有するチオホスホン酸エステル



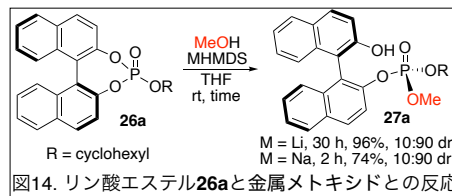
でも検証した。すなわちリン原子上にメチル基を有するエステル **24a** に対して保護したリボース由来の金属アルコキシドを 1 時間作用させた (図 12)。系中で発生させた Li 塩、Na 塩、Cs 塩いづれもキラルティー転写反応が進行した。そのうち Li 塩や Cs 塩では収率が 50%以下にとどまった。それに対して Na 塩の反応はキラルティー転写生成物を良好な収率かつ高ジアステレオ選択性で与えた。この反応は、塩基として DBU を用いても進行し、Na 塩と同様の収率で生成物 **25a** を与えたが、ジアステレオ選択性は 75:25 に低下した。さらに **24** と様々な



アルコールから導かれるアルコキシドとの反応も行った (図 13)。メタノール、一級アルコールであるエタノール、ベンジルアルコール、二級アルコールであるシクロヘキシルアルコールを用いた反応は対応するアルコールを良好な収率、高いジアステレオ選択性で生成物 **25b–25d** と **25f** を与えた。一方フェノール由来のアルコキシドとの反応は進行せず、対応する化合物 **25e** を得ることはできずに原料回収にとどまった。一方、保護したガラクトピラノースやヌクレオシドを用いた反応は良好に進行し、対応する生成物 **25g**、**25h** を高い選択性で与えた。ついでリン原子上に芳香族置換基を有するチオホスホン酸エステルを用いた。フェニル基あるいはメシチル基を有する出発化合物にナトリウムエトキシドを作用させたところ、キラリティー転写反応は進行したものの、Ph 基を有する原料では生成物のジアステレオ選択性が低下した。

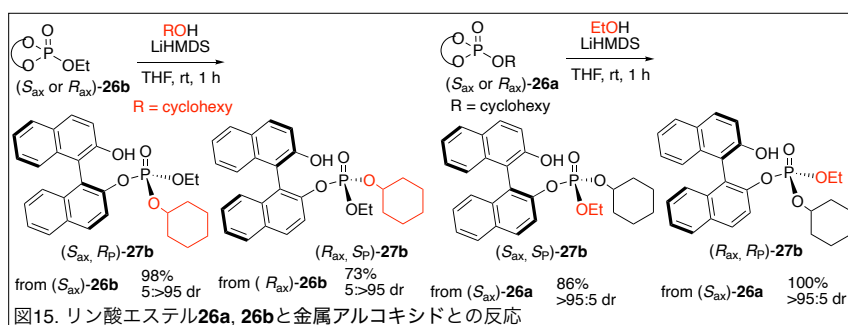
### ③ リン酸エステルのアルコリシス

次にビナフチル基を有するリン酸エステルとアルコキシドとの反応も行った (図 14)。エステル **26a** と金属メトキシドとの反応では、リチウム塩、ナトリウム塩いずれを用いてもリン原子上での置換反応は進行した。



いずれも生成物 **27a** を高いジアステレオ選択性で得た。ただし Li 塩では高収率で生成物を与えるものの長時間を要した。

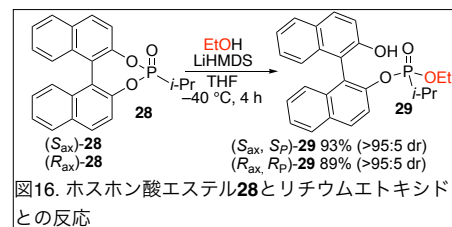
次にリン酸エステルが有する置換基とアルコキシドの



組合せを置き換えた場合の反応の選択性についても検証した (図 15)。エトキシ基を有する **26b** に対するシクロヘキサノール由来のアルコキシドの反応、シクロヘキシル基を有する **26a** に対するエトキシドの反応はいずれも同様の効率で進行し対応する化合物 **27b** を高選択的に与えた。図 10 に示したチオリン酸エステルの反応と同様に、生成物の立体化学は、基質に対してアルコキシドが攻撃する段階で決まり、速度論的に制御されていた。

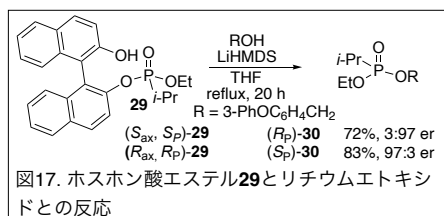
### ④ ホスホン酸エステルのアルコリシス

最後にリン原子上に炭素置換基を有するホスホン酸エステルへのアルコキシドの反応を行った (図 16)。ホスホン酸エステル **28** に対して金属エトキシドを反応させた。金属としては Li, Na どちらもこれまでと同様の反応、すなわち **28** が有する二つの P-O 結合のうち片方のみが切断する反応が進行し、リン原子上にエトキシ基が導入された。ただし 0 °C での反応ではジアステレオ選択性がこれまで程は高くはなかった。そこで反応温度を -40 °C に下げたところ選択性も向上した。なおこの反応の生成物の立体化学は X 線構造解析によって決定している。



### (2) 生成物のリン原子上での置換反応

最後にこれまで得られたキラリティー転写生成物を出発化合物に用いた *P*-キラル光学活性有機リン化合物の合成法を開発した (図 17)。キラリティー転写生成物に対して、3-フェノキシベンジルアルコールから導いたリチウムアルコキシドを加えた。これらを室温で混ぜても反応は進行しなかったため、THF 中還流温度で反応を行った。その結果、**29** のリン原子上での置換反応が進行し、期待する *P*-キラルホスホン酸エステルを良好な収率かつ高い鏡像異性体比で与えた。



### (3) 総括

以上示してきたように本研究では、*P*-キラルな光学活性化合物を導く新反応として、キラリティー転写反応を基軸とした反応の全体像を明らかにした。ついで得られた生成物のリン原子上でのさらなる置換反応は、ビナフチル基が脱離基として作用する反応が進行し、*P*-キラルホスホン酸エステル、ホスフィン酸エステルさらにその硫黄類縁体を導く系も確立した。いずれの反応も鏡像異性体を用いた反応様式から、反応は速度論的に制御されており、系中で一旦生成した中間体の異性化が進行し、熱力学的に安定な生成物に落ち着く過程は除外される。いくつかの系については計算化学によって考えられる中間体の構造も類推できた。さらにチオホスホン酸エステルについては、生理活性を示すことも明らかにできた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Murai Toshiaki, Wada Ryota, Iwata Kouji, Maekawa Yuuki, Kuwabara Kazuma, Minoura Mao	4. 巻 2
2. 論文標題 Primary Phosphines and Phosphine Oxides with a Stereogenic Carbon Center Adjacent to the Phosphorus Atom: Synthesis and Anti-Markovnikov Radical Addition to Alkenes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organics	6. 最初と最後の頁 395 ~ 403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/org2040023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Puji Pamungkas Khurnia Krisna, Maruyama Toshifumi, Murai Toshiaki	4. 巻 2021
2. 論文標題 Boron complexes of thiazole-bridged 1,5-bidentate nitrogen ligands: synthesis and acid-responsive photophysical properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 6804-6811
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1ob00828e	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Murai Toshiaki, Krisna Puji Pamungkas Khurnia, Hattori Shizuka, Maruyama Toshifumi, Ebihara Masahiro	4. 巻 103
2. 論文標題 Synthesis of 5-H Thiazoles via Thioamide Dianions with Thioformamides: Pyridylmethyl Group on the Nitrogen Atom of Thiazole Promotes the Formation of 5-H Thiazoles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 HETEROCYCLES	6. 最初と最後の頁 258 ~ 258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-20-S(K)7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kuwabara Kazuma, Maekawa Yuuki, Minoura Mao, Maruyama Toshifumi, Murai Toshiaki	4. 巻 85
2. 論文標題 Chemoselective and Stereoselective Alcoholysis of Binaphthyl Phosphonothioates: Straightforward Access to Both Stereoisomers of Biologically Relevant P-Stereogenic Phosphonothioates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 14446 ~ 14455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.0c00687	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hirata Yoko, Kuwabara Kazuma, Takashima Madoka, Murai Toshiaki	4. 巻 33
2. 論文標題 Hormetic Effects of Binaphthyl Phosphonothioates as Pro-oxidants and Antioxidants	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Research in Toxicology	6. 最初と最後の頁 2892 ~ 2902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemrestox.0c00345	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kawajiri Akari, Udagawa Taro, Minoura Mao, MURAI Toshiaki	4. 巻 なし
2. 論文標題 212.Transesterification of P-Chirogenic Hydroxybinaphthyl Phosphinates	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ChemsitryOpen	6. 最初と最後の頁 e202100294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/open.202100294	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 村井利昭
2. 発表標題 キラリティー転写反応：発見と展開
3. 学会等名 令和3年度 有機合成化学協会東海支部 若手研究者のためのセミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村井利昭
2. 発表標題 リン原子, 硫黄原子が鍵となる反応開発, 機能性分子開拓
3. 学会等名 第37回有機合成化学セミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toshiaki Murai
2. 発表標題 New molecular tools: phosphorichalcogenoic acid derivateives having a binaphthyl group
3. 学会等名 International conference of selenium and tellurium chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村井利昭
2. 発表標題 元素の置き換えを端緒とした新反応・新規機能性分子の開発
3. 学会等名 近畿大学総合理工学研究科「学際研究」・「課外セミナー」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryota Wada, Yuuki Maekawa, Koji Iwata, Toshiaki Murai
2. 発表標題 Chiral Primary Phosphines Having Chiral Xenters Adjacent to the Phosphorus Atom: Synthesis and Applications
3. 学会等名 International Joint Symposium on Synthetic Orgaic Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村井利昭
2. 発表標題 典型元素不飽和結合を軸とする反応開発と機能性分子創出への展開
3. 学会等名 有機合成化学協会受賞記念講演会
4. 発表年 2022年



〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	平田 洋子 (Hirata Yoko) (50271523)	岐阜大学・工学部・教授  (13701)	
研究分担者	宇田川 太郎 (Udagawa Taro) (70509356)	岐阜大学・工学部・助教  (13701)	
研究分担者	今井 喜胤 (Imai Yoshitane) (80388496)	近畿大学・理工学部・准教授  (34419)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------