

平成25年度 新学術領域研究（研究領域提案型） 中間評価結果（所見）

研究領域名

有機分子触媒による未来型分子変換

研究期間

平成23年度～平成27年度

領域代表者

寺田 眞浩（東北大学・大学院理学研究科・教授）

研究領域の概要

本領域研究は、地球の資源と環境に可能な限り配慮した持続可能な「モノづくり」の科学を発展させることを目的とする。そのために、近年、新たな触媒として大きな注目を集めている「有機分子触媒」に焦点をあて、有機分子触媒の設計開発および有機分子触媒を用いた優れた合成プロセスの開発を推し進めることにより、「モノづくり」の新たな未来像を創出する。具体的には、有機合成化学者の実験的アプローチによる触媒開発と理論化学者による触媒現象の解明とを密接な連携のもとで実施し、有機分子触媒の合理的設計を行うとともに、基質／触媒間の相互作用と活性化の本質を理解し、新手法に基づく分子変換反応の開発へと結び付ける。これら有機分子触媒と触媒反応系を駆使することで、有用物質の実践的な合成プロセスとして真に優れた分子変換を実現する。

領域代表者からの報告

1. 研究領域の目的及び意義

【研究の学術的背景】

有機合成化学は、医薬品、農薬からファインケミカル、さらに機能性材料等の様々な有用物質の合成法を提供することにより、医学、薬学、農学、材料科学などの分野に大きく貢献し、高度文明社会を支えてきた。2010年ノーベル化学賞を受賞された日本人研究者 鈴木章 北海道大学名誉教授、根岸英一 パデュー大学教授に象徴されるように、高度な「モノづくり」の原点を支える基礎的かつ重要な研究分野である有機合成化学は、日本の「お家芸」とまで言われるようになってきた。しかし、天然資源の乏しい我が国の将来にとって、現段階の学術・技術水準に甘んじることなく、今世紀の最大命題である「希少・枯渇資源の有効利用と再生可能資源の活用促進を原則とした元素戦略」、「持続可能な循環型社会の確立」に即した最先端の「モノづくり」（高付加価値の新機能性材料や医薬品の創製）の科学と技術を確立し、科学技術創造立国として、21世紀も世界的優位性を保つことが肝要である。近年、産業界においても法規制や社会的要請に対応するため、環境に配慮した製造技術や生産システムの構築に多額の資金が投じられるようになり、希少資源の回収・再利用化や枯渇資源の使用回避を指向した「モノづくり」の新手法を開発できる「有機合成化学」に対する期待は今まで以上に大きくなってきている。

【有機分子触媒とは何か、新学術領域としての意義と目的】

1970年代から現在に至るまで、2010年ノーベル化学賞の受賞対象となった鈴木-宮浦カップリングや根岸カップリングを代表とする金属錯体触媒を用いた有機合成反応が活発に研究されてきた。一方、2000年ごろから、光学活性な有機小分子が優れた不斉触媒能を有することが再認識され、Organocatalyst（有機分子触媒）として一躍脚光を浴びるようになってきた。有機分子触媒は金属元素を含まないことから、金属触媒の大きな問題点である、①生成物への金属の残留、②触媒の取り扱いに特殊な技術や設備が必要、③希少金属の局在化による価格の高騰、などの諸問題に 대응する次世代のクリーンな反応触媒として、学界お

よび産業界から大きな期待が寄せられている。

有機分子触媒は極めて新しい研究分野であり、2000年を前後して世界各国の多くの研究者が参入し、急速な発展を遂げている(図1)。この分野において日本人研究者の貢献度は極めて高く、例えば、竹本は2003年にチオ尿素誘導体を、秋山、寺田は2004年に独自にキラルリン酸を、また林は2005年にプロリノール誘導体を報告した(図2)。これらの有機分子触媒を報じた初報の論文は500回以上の引用回数を誇っており、世界の注目の的となっている。同時に日本人研究者がこの分野のパイオニアとして大きく貢献していることを顕著に示している。これら有機分子触媒は学術的な研究のみならず、産業界での実用化が望まれており、まさに金属触媒から有機分子触媒へのパラダイムシフトが進行しつつあると言っても過言ではない。しかし、「有機分子触媒」は研究の歴史が未だ浅く揺籃期にあり、触媒活性、反応の多様性等、実践的な合成プロセスとするには解決すべき多くの諸問題を抱えている。本領域研究では、研究グループ間の共同研究を促進することで「有機分子触媒」をキーワードとする有益な知的基盤を共有・統合化し、学問領域として確固たる地位を確立するとともに、革新的な科学技術の開拓に基づいた「モノづくり」の新たな未来像を創出することを目的とする。

【本研究領域の対象と取り組み】

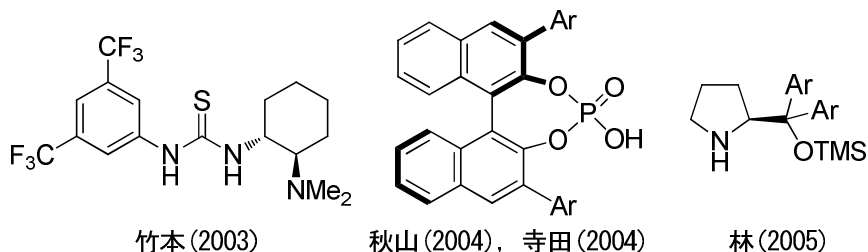
研究の対象:「多様な研究者による斬新な視点や手法を取り入れた共同研究等の推進により、当該研究領域の新たな発展を目指すもの」である。

【学術水準の向上・強化につながる点】

「モノづくり」の新たな未来像の創出を目指す本領域研究では、近年急速に進展しつつある「有機分子触媒」に焦点を絞り、1) 有機分子触媒の制御システム設計開発(A01)、2) 有機分子触媒による分子変換システム開発(A02)、3) 有機分子触媒による実践的有用物質合成(A03)の3つの研究項目を設定し、理論化学者との連携のもと、有機合成化学者を主体とする研究チームを組織し総力を挙げた開発研究を行う。①理論化学者による触媒現象の解明を進めることで、有機合成化学者によるこれまでの試行錯誤的な触媒開発から脱却し、「高い触媒活性」、「取り扱いの容易さ」、「立体化学制御能」など優れた特性を備えた有機分子触媒の合理的な設計開発を実現する。②触媒現象の解明を進展させることで、基質/触媒間の相互作用と活性化の本質に理解を深め、金属触媒では成しえない分子変換システムの開拓、あるいは新手法に基づく分子変換反応の開発へと結び付ける。③これら有機分子触媒と触媒反応系を駆使することで、有用物質の実践的な合成プロセスとして真に優れた分子変換を実現する。これら3つの開発研究を有機的・発展的に結びつけたスパイラルアップによって、有用物質合成(医薬品、農薬、機能性材料など)におけるトータル効率(低環境負荷、省エネルギー、収率、選択性、工程数など)に優れた方法論の開発が期待される。これにより有機合成化学の学術水準の飛躍的向上・強化に繋がるだけでなく、有機分子触媒の新たな骨格(privileged structure)の創製による反応開発や有用物質合成など、「モノづくり」の科学の発展に



図2. 日本人研究者が開発した有機分子触媒の代表例



竹本(2003)

秋山(2004), 寺田(2004)

林(2005)

大きく寄与することができる。このように、本領域研究の強力な推進は、この分野における基礎研究の学術水準を高めるだけでなく、地球の資源と環境に可能な限り配慮した持続可能な「モノづくり」の科学を飛躍的に発展させ、医薬品、農薬、機能性材料等の合成において我が国の国際的な優位性を強化することにつながる。

【有機分子触媒の開発研究に関する国内外の動向】

本領域研究の基軸となる「有機分子触媒」、さらに広義で言う「反応触媒」の開発研究は、有機合成化学の中心的な研究課題の一つであり、産業界への実用化にも近いため、日本はもとより欧米、アジアを含む全世界の産と学の領域で幅広く活発に研究されている。その中で本領域の日本の研究水準はトップレベルにあるが、益々複雑・多様化する医薬品や機能性材料を地球環境のあらゆる点に配慮しながら大量に安全に効率よく生産するという社会のニーズに応えるには、革新的な触媒や反応の開発による持続可能な「モノづくり」の科学を飛躍的に発展させることが急務となっている。

ドイツでは、2005年より、'Organocatalyst'に着目した6年間の研究プロジェクトが発足した。これは、日本の特定領域に類似する総額16億円規模のプロジェクトであり、30余りの研究グループが一同に会して討議と共同研究を重ねることにより、極めて多くの成果を挙げつつあり、ドイツの有機分子触媒の研究は長足の進歩を遂げている。また、中国でも極めて数多くの研究者が有機分子触媒の研究分野に参入し、顕著な業績を上げつつある。このように世界規模の開発競争が繰り広げられる中、日本の優位性を継続的に維持するためには「有機分子触媒」をキーワードとする研究グループを組織し、総力を挙げた開発研究を推し進めることでその力量を飛躍的に向上させなければならない。本研究領域は、「触媒設計」「触媒反応系の開拓」「その活用による実践的有用物質合成」3つの研究項目を設定することで「有機分子触媒」の開発研究を強力に推進し、技術創造立国・日本の「モノづくり」に新たな未来像を創出することを目標としている。

2. 研究の進展状況及び成果の概要

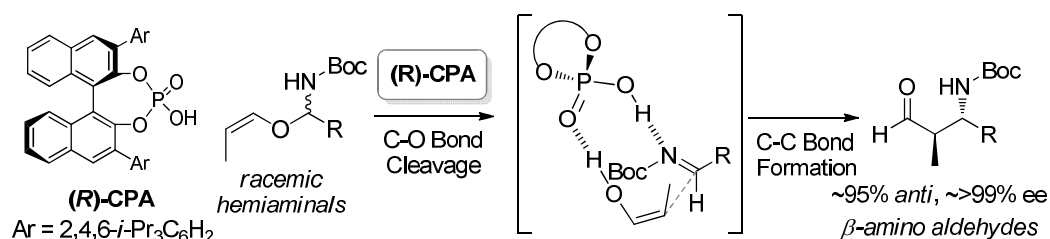
【A01：有機分子触媒の制御システム設計開発】

A01班では、有機分子触媒の開発を精力的に展開している研究者3名と有機反応の理論化学計算を専門とする研究者1名が、班内外および領域内外との共同研究を積極的に行うことで、有機分子触媒の原理原則を理解するための詳細な反応機構の解明と有機分子触媒の改良と新たな有機分子触媒の開発を行うことにより、未開拓な分子変換反応の開発へと展開する事を目指している。このような目標のもと、平成23年8月より研究を開始し、A01班では下記のような研究成果を期待通り着実に挙げている。A01班の計画班員の中で、有機分子触媒（キラル酸触媒、キラルオニウム塩触媒）を進めている3名の研究者は、班内外の理論化学および合成化学の研究者と共同研究を強力に推進し、新たな有機分子触媒、触媒反応の開発を順調に進めている。また、理論化学の研究者は本新学術領域の理論化学の研究者の中心的役割を果たし、班内外の研究者との共同研究を精力的に推進しており、触媒開発、反応開発に大きな役割を果たしている。今後、更に、班内外の共同研究を強力に推進する事により、実験および理論化学の協同作業により有機分子触媒反応の反応機構、立体制御の機構を明らかにし、生体触媒を凌駕する新たな効率的な有機分子触媒の開発を目指していく予定である。

寺田 眞浩: 水素結合のネットワーク形成に基づく有機分子触媒の制御システム設計開発 (A01班: 是永 敏伸准教授との共同研究)

我々は有機分子触媒の制御システム開発を目指しているが、高度な立体化学制御を実現する上で、反応機構の解明は大きな課題となっている。特に我々が主たる研究対象としているキラルプレンステッド酸触媒では、反応基質と触媒は比較的自由度の高い水素結合を介して相互作用しており、制御機構の理解が今後の開発研究において不可欠である。一方で、我々は高エナンチオ選択的アザ Petasis-Ferrier 転位反応の開発に成功しているが、

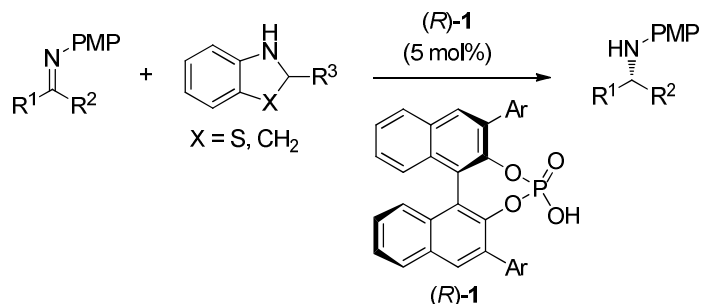
この転位反応ではラセミ体のヘミアセタールから出発しても高いエ



ナンチオ選択性でβ-アミノアルデヒドが得られるという特異なエナンチオ収束機構で進行することを見出している。C-O 結合開裂と C-C 結合生成の2段階から成る本転位反応の機構解明を、実験的なアプローチと併行し、計算化学による理論的な解析を是永敏伸准教授 (A01 班) との共同研究によって進めた結果、エナンチオ収束機構を明らかにした (学会発表済み)。今後の制御システム設計開発において重要な研究成果を挙げることに成功した。

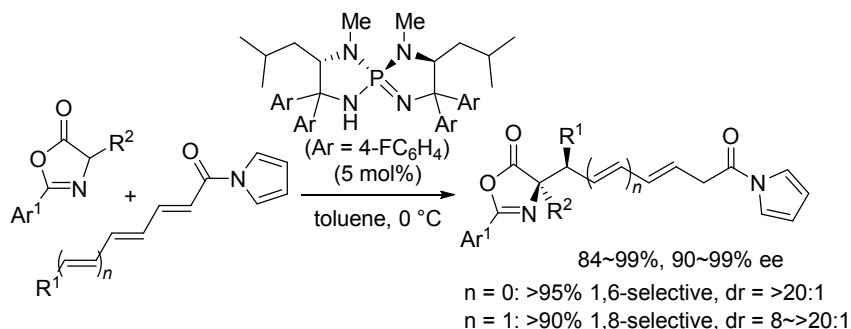
秋山 隆彦: キラルブレんステッド酸触媒の理論的制御システム設計 (A01 班: 山中 正浩 准教授との共同研究)

リン酸をブレんステッド酸触媒として、ベンゾチアゾリン (X=S) を水素供与体として用いる事により、ケトイミンの水素移動型還元反応が効率良く進行し、対応するアミン類が極めて高い光学純度で得られる事を見出した。様々なケトイミンの還元反応に有効である事を明らかにしている。また、炭素類縁体であるインドリン (X=CH₂) が安定かつ優れた水素供与体として機能する事も見出している。立教大学山中准教授 (A01 班) が立体制御機構の理論的解析を担当し、共同で研究を進めている。



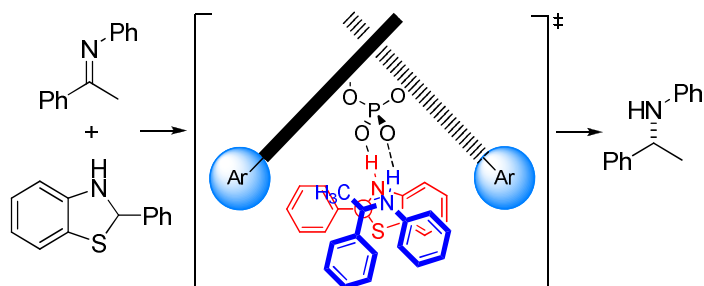
浦口 大輔: 機能型キラルオニウム塩の設計に基づく高選択的分子変換法の開拓 (A01 班: 山中 正浩 准教授, 坂田 健 准教授との共同研究)

キラルテトラアミノホスホニウムイオンの「共役塩基の触媒作用」を利用することで、電子不足な二重結合への共役付加反応における三つの選択性 (位置・ジアステレオ・エナンチオ選択性) を同時に制御することに初めて成功した (*JACS* **2012**, *134*, 19370)。本反応では、4 位に置換基を持つアズラクトンを様々な δ-アルキル置換ジェニルアシルピロールへほぼ完全な 1,6 および立体選択性で付加させる上で、天然型のロイシンから簡単に合成できるキラルイミノホスホランが有機強塩基触媒として決定的な役割を果たす。さらに、この知見を δ-アルキル置換トリエンルアシルピロールを用いる 1,8 選択的共役付加反応へと展開させ、反応条件をわずかに調整するのみで高い立体選択性の獲得に成功した。現在、反応の詳細に理論化学的に迫るため、山中准教授・坂田准教授 (A01 班) と共同研究を進めている。



山中 正浩: キラルブレんステッド酸触媒による制御システムの理論的検討 (A01 班: 秋山 隆彦 教授, A02 班: 川端 猛夫 教授, A03 班: 林 雄二郎 教授との共同研究)

理論研究と実験研究の緊密な連携のもとに、様々な不斉有機触媒反応の制御システム(基質/触媒間の相互作用や活性化、立体制御機構)の本質を解明し、得られた知見に基づく合理的・革新的な有機分子触媒の設計へと展開する。これまでに、キラルリン酸触媒やプロリノール系触媒を中心に秋山教授(A01 班)、川端教授(A02 班)、林教授(A03 班)らとの共同研究が進展している。特に、キラルリン酸触媒によるケチミンの水素移動型不斉還元反応については、秋山(A01 班)が見出したベンゾチアゾリンを水素源とする不斉還元反応について理論的検討を行い、本反応がリン酸の酸・塩基複合機能による二重活性化機構で進行することを見出した。また、反応基質とキラルリン酸触媒の 3,3'-位置換基との立体相互作用によって、ベンゾチアゾリンの一方の光



学活性体が優先的に反応して高立体選択性を達成していることを解明した。さらに得られた知見に基づき、水素源をインドリンに替えることで類例のないインドリンの酸化的速度論分割へと展開し、秋山教授(A01班)による実験検討と連携して理論的検討を推進している。

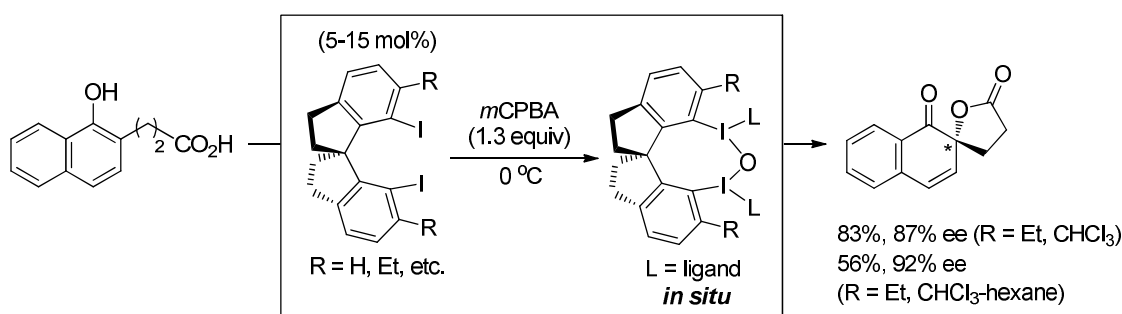
【A02：有機分子触媒による分子変換システム開発】

A02班では、有機分子触媒反応の開発を精力的に展開している研究者4名が核となり、班内外および領域内外との共同研究を積極的に行うことで、触媒反応の原理原則を理解するための詳細な反応機構の解明と有機分子触媒の改良と未開拓な分子変換反応の開発を行う。

このような目標のもと、平成23年8月より研究を開始し、A02班では下記の様な研究成果を期待通り着実に挙げている。A02班の計画班員4名がそれぞれ得意とする有機分子触媒（超原子価ヨウ素触媒、アミノチオ尿素触媒、DMAP触媒、オニウム塩触媒）に焦点をあて、触媒構造を改変することで反応効率を飛躍的に向上させることに成功し、さらには新反応の開発もすでに幾つか達成している。また、触媒活性化機構や触媒—基質間相互作用の詳細を明らかにするため、新学術領域内あるいは研究課題によっては領域外の研究者間で共同研究が活発に行われており、すでに異分野研究者間での学術交流と共同研究実施の駆動力になりつつある。今後は、本領域研究に必要な共同研究者を新たに発掘・確保することでこの現象をさらに加速させ、有機分子触媒研究の更なる発展と多様な研究者による新たな視点や手法を活用した共同研究の推進や学際領域の創成を目指したい。

北 泰行：レアメタルを用いないカップリング反応による精密合成設計

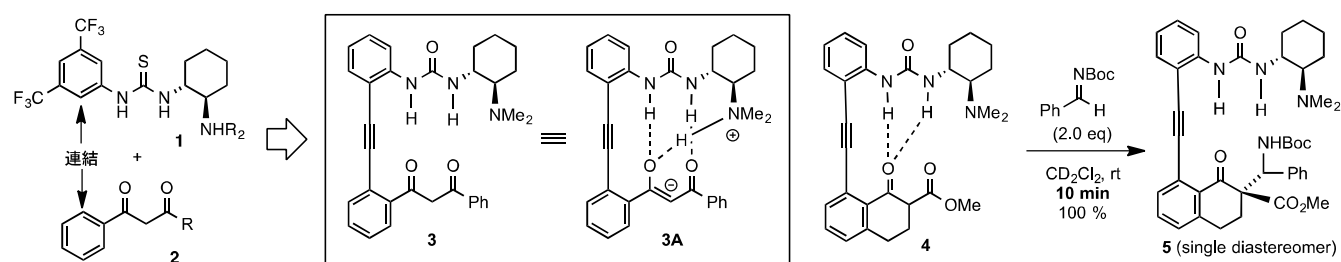
我々は、酸素架橋構造を有する二核超原子価ヨウ素化合物がフェノール類に



対して高い反応性と化学選択性を示すことを明らかとしている。今回その構造修飾を行い、ヨウ素のオルト位の置換基が大きく不斉収率を向上させることを見出した。これにより室温付近で世界最高水準の触媒的な分子内スピロ環化に成功し、共同研究で行ったX線構造解析の結果より、フェノール脱芳香族化の不斉誘起メカニズムを明らかとした。

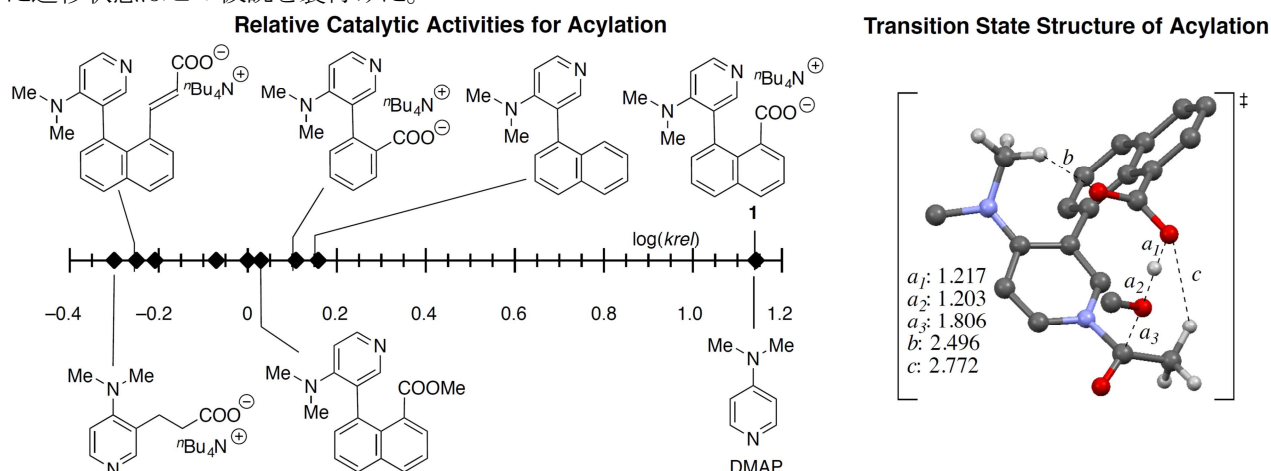
竹本 佳司：分子間相互作用ネットワークを駆使した革新的有機分子触媒による新反応開発 (A01班：坂田 健 准教授との共同研究)

我々が世界に先駆けて開発したチオ尿素触媒 **1** が多くの触媒的不斉反応に有効であることを報告してきたが、その詳細な不斉発現機構は明らかではなく、より優れた新触媒を設計する障害となっていた。今回この問題を解決するため、触媒 **1** と基質 **2** を連結した擬似中間体モデル **3, 4** を合成し、その構造解析から **3, 4** が水素結合とイオン結合からなる多点相互作用により興味深い立体構造 **3A** と **4** をとることを明らかにした。さらに A01 班の坂田らと計算化学的手法を用いた共同研究を実施することにより、不斉 Mannich 反応の全エネルギープロファイルを求め、最も確からしい不斉発現メカニズムを含む触媒反応機構を提唱した。



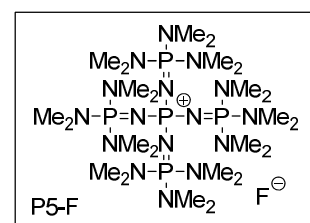
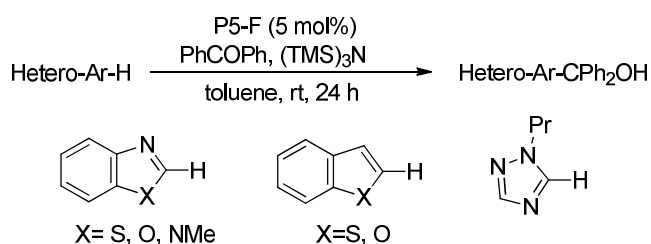
川端 猛夫：基質認識型有機触媒による位置選択的分子変換 (A01 班：山中 正浩 准教授との共同研究)

DMAP と酸無水物を用いるアルコールのアシル化では、活性種 *N*-アシルピリジニウムイオンのカウンターアニオンが一般塩基として作用し、アシル化を加速すると推測される。実際に、DMAP 部とカルボキシラート部を連結した一連の触媒の中で、ピリジン環に近接するカルボキシラートを持つ触媒 **1** が特異的に高いアシル化の触媒活性を示した。山中正浩准教授 (A01 班) との共同研究で進めた DFT 計算により求めた遷移状態はこの仮説を裏付けた。



根東 義則：有機触媒芳香族脱プロトン化による分子変換システム開発

フッ化オニウムとアミノシランから系内で発生させたオニウムアミドを用い芳香環とカルボニル化合物との有機触媒的な付加反応が円滑に進行することを見出した。このオニウムアミドを用いる触媒系は、比較的酸性度の高い sp^3 炭素の修飾反応にも適用可能であり、アルケン類、エナミン類の合成にも有用と考えられる。



【A03：有機分子触媒による実践的有用物質合成】

A03 班では、有機分子触媒を用いて実践的な有用物質合成へと応用展開することを主たる研究項目とし、A01、A02 班で開発された有機分子触媒あるいは触媒反応系を駆使し、医薬品などの生理活性化合物や機能性材料などの有用物質合成へと展開する。

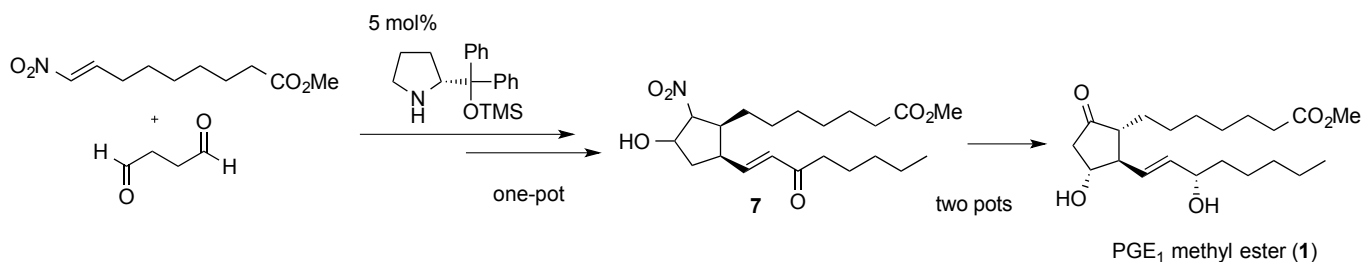
このような目標のもと、平成 23 年 8 月より研究を開始し、A03 班の計画班員 4 名が有機分子触媒を実際の医薬品・天然有機化合物の合成に適用し、以下の優れた成果をあげている。

diphenylprolinol silyl ether を用いたプロスタグランジンの短工程合成、アルカロイド触媒を用いる (一)-englerine A の既知合成中間体への効率的変換を達成した。従来法では困難であった抗寄生虫活性、抗昆虫活性を有する Avermectin の位置選択的アシル化を達成し、創薬化学への展開の足がかりが得られた。グアニジン型新規触媒を用いた β -ケトエステルの不斉酸化反応を開発し、Daunomycin の鍵中間体の合成に成功した。これらの研究において、反応機構解析を A01 班と共同研究で行っている例が 2 例、さらに A02 班の開発した触媒を天然物合成に利用した共同研究があり、成果が着実に上がっている。領域内だけでなく、領域外さらには海外との共同研究にも発展している。これらの共同研究を通して、領域の研究が多いに進展している。

林 雄二郎：有機触媒を用いた有用物質の独創的合成 (A01 班：内丸 忠文 博士との共同研究)

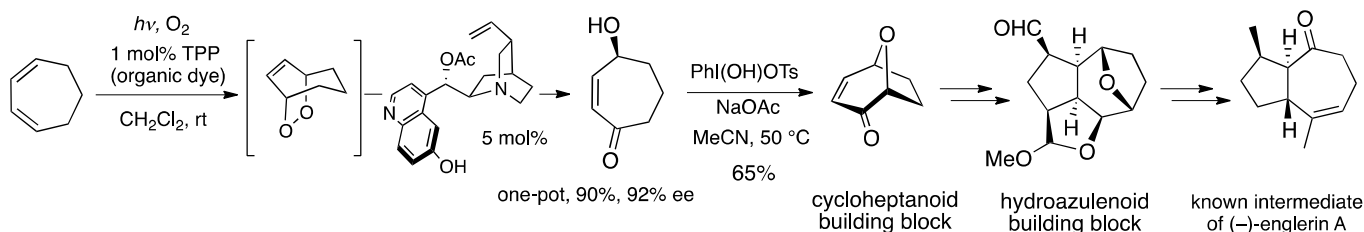
プロスタグランジンは多種多様な生理活性を有する天然物であり、種々な誘導体が知られている。今回我々の研究室で開発した diphenylprolinol silyl ether という有機触媒を用いる形式的な不斉触媒[3+2]付加環化反応を鍵反応とすることにより、短工程でのプロスタグランジン E1 メチルエステルの合成に成功した。従来の合成法では 20 段階近くの反応を必要としていたが、有機触媒を用いる one-pot 合成を駆使すること

により、わずか3ポットでの合成を達成した。なお、diphenyl prolinol silyl ether を用いる不斉触媒反応の反応機構解明に関して内丸忠文博士 (A01 班) との共同研究を推進している。



岩淵 好治: 有機分子触媒による高機能キラル合成素子の環境調和合成

有機色素増感光—酸素付加反応と有機触媒による不斉 Kornblum-DeLaMare 反応をワンポットで行い、高光学純度を有するシクロヘプタノンを経由して 10 グラムスケールで獲得した。超原子ヨウ素試薬による新規分子内架



橋エーテル化により多機能キラルシクロヘプタノイド素子を合成し、このものとシクロペンタジエンの Diels-Alder 反応を経て、初期に設定した bicyclo[5.3.0]decane 型合成素子を獲得することに成功した。これより腎腫瘍治療薬リードとして期待される(-)-englerin A の既知合成中間体に導き、有用性を実証した。

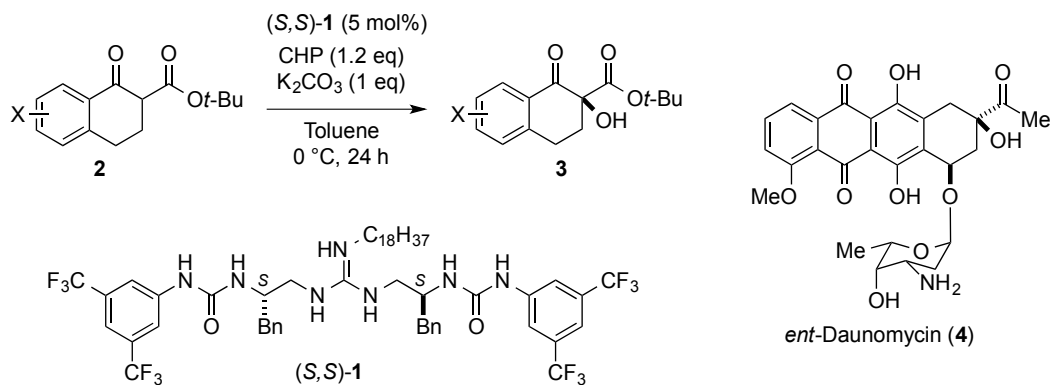
砂塚 敏明: 有機触媒を用いた創薬を指向した生理活性天然物の実践的合成 (A02 班: 川端 猛夫 教授との共同研究)

計画班の川端猛夫教授 (A02 班) らによって開発された光学活性ピリジン誘導体を利用し、北里研究所で発見された顕著な抗寄生虫活性、抗昆虫活性を有する Avermectin (現在世界で 2.5 億人に投与) の天然テトラオール類縁体である Avermectin B2a (1) の位置選択的モノアシル化を検討した。その結果、アシル基および光学活性有機分子触媒の選択により Avermectin B2a の位置選択的アシル基導入が可能となった。現在、さらに北里で開発した農薬の ME5343 の簡便な合成法を開発するため川端触媒を用いて検討を行っている。

また、北里研究所で発見された新規アセチルコリンエステラーゼ(AChE)阻害剤 Arisugacin 類を標的化合物とし、簡便かつ効率的でしかも誘導体合成にも応用可能な収束的な全合成ルートの開発を行った結果、鍵反応に有機触媒を用いた所、一挙に多くの環が縮環した Arisugacin 骨格を効率的に構築する方法を確立し、初めて全合成を達成した。

長澤 和夫: 触媒の動的構造制御に基づくタンデム型反応と効率的有用物質合成への展開 (A01 班: 山中 正浩准教授との共同研究)

強力な二本鎖 DNA インターカレータ能をもつ Daunomycin (4) の母骨格を基盤に、一本鎖からなる DNA グアニン四重鎖構造に対する選択的新規リガンドの創製を目的とし、不斉触媒 1 を用いたテトラロン誘導体 2 から 3 への不斉酸化反応を検討した。その結果、対応する 3 が 85-97% 収率、76-90% ee で得られた。さらに本触媒反応を基盤とし、4 の鍵中間体の不斉合成に成功した。なお本反応の立体選択性、エナンチオスイッチングの効果発現の可能性について、山中正浩准教授 (A01 班) との共同研究により理論的な考察を検討中である。また 4 の類縁化合物を用いた DNA グアニン四重鎖に対する安定可能、抗腫瘍活性について、清宮啓之博士 (癌研究会がん化学療法センター) との共同研究を開始した。



審査部会における所見

A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる)

1. 総合所見

本研究領域は、世界における日本の触媒化学の優位性が極めて重要で、これを発展・深化させることが喫緊の課題と捉え、論理的に触媒合成の開発指導原理を明確にしようとする精力的な領域である。領域内のみならず、協力企業との共同研究が実施され、成果が着実に出ていることから、本領域は当初の目的に照らして、順調に進展していると判断できる。今後は有機分子触媒を大きな観点で捉え、有機分子触媒でなければ成し得ない反応を開発すべく研究を推進し、新たな展開につなげることを期待する。

2. 評価に当たっての着目点ごとの所見

(a) 研究の進展状況

各研究者が開発した種々の優れた有機触媒により、個々の成果は十分出ている。研究組織内の連携は機能的に進められており、企業との多くの共同研究を積極的に実施することによって、実用化が見込める研究成果を得ている点も高く評価できる。「多様な研究者による新たな視点や手法による共同研究等の推進により、当該研究領域の新たな展開を目指すもの」としてのこれまでの進展は順調と考えられるが、今後は斬新なアイデアでの研究推進、理論的な触媒化学の発展を期待する。

(b) 研究成果

計画研究間のみならず、企業との共同研究も実施されており成果が着実に現れている。計算化学を用いて、触媒の機構の理論的な研究が大きく進展し、新たな触媒開発指導原理につながる知見が見出されており、将来の展開が期待できる。若手研究者の育成にも注力し、若手を含めて多くの受賞、また雑誌のカバーページを飾るような論文の成果が得られている。本研究領域の成果は産業界からの期待も大きく、影響力もある。

(c) 研究組織

研究組織は、日本のトップクラスの研究者により構成されており、研究項目内外での多くの共同研究に加え、協力企業と共同研究も多数行われているが、新しい学術領域の創出には、領域全体で共通課題意識を持って本分野ならではの基礎概念創出に向けて努力することが必要と考えられる。

(d) 研究費の使用

特に問題点はなかった。

(e) 今後の研究領域の推進方策

多様な研究者による個別研究の集まりとならないよう、領域全体を統一する概念を明確にする必要があ

る。触媒の開発指導原理を論理的に構築し、世界に先駆けた概念による新触媒の開発が重要である。領域名にもある「未来型分子変換」に見合う成果につながるよう、既存の反応の制御に留まらず、有機分子触媒でなければ成し得ない反応を開発すべく共同研究や新視点・手法の開発を望みたい。

(f) 各計画研究の継続に係る審査の必要性・経費の適切性

各計画研究において順調に成果があがっており、今後の研究計画・方法も意欲的かつ妥当であることから、継続に係る審査の必要はない。研究経費も適切に計上されており、問題はない。