

令和 2 年 9 月 11 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05859

研究課題名(和文) 高選択的な水移動型反応の開拓

研究課題名(英文) Transfer Hydration and Dehydration

研究代表者

中 寛史 (Naka, Hiroshi)

名古屋大学・物質科学国際研究センター・助教

研究者番号：70431517

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：ニトリルと一級カルボン酸アミドの間の相互変換反応は複雑分子の合成で重要な位置を占める。本研究では、水分子を分子間で移動させる反応(水移動型反応)によって効率的なニトリルの水和およびアミドの脱水手法を開拓した。より具体的には、水の供与体としてアミドを用いたパラジウム触媒によるシアノヒドリンやジニトリルの水移動型水和反応、ならびに水の受容体としてニトリルを用いたアミドの水移動型脱水反応によるペプチドに対するシアノ基の導入法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水の分子間移動を触媒的に制御する「水移動型反応の化学」の提案は、有機化学に新しい考え方をもたらすものと位置付けられる。また、本研究を通して複雑なニトリルとアミドの効率的な合成法を提供することができた。本研究で開発した合成法はすでに物質合成の場面で利用されつつあり、今後も合成化学の進歩に対する貢献が期待できる。以上を通じた医薬化学、物質科学、生命科学などの学術領域や精密合成化学産業に対する波及効果が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Interconversion reaction between nitriles and primary amides is an important process in organic synthesis. This report describes the development of palladium-catalyzed transfer hydration of nitriles using carboxamides as a water donor. Successful examples of nitriles include ketone-derived cyanohydrins and glutaronitriles. Also, palladium-catalyzed transfer dehydration of amides to nitriles was demonstrated using electron-deficient nitriles as a water acceptor.

研究分野：有機化学，触媒化学，合成化学

キーワード：ニトリル アミド 水和 脱水 パラジウム 水移動型反応 シアノヒドリン

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

医薬品分子や機能性分子の合成において、目的の生成物を選択的に与える反応の開発は重要な課題である。ニトリル (RCN) と一級カルボン酸アミド (RCONH<sub>2</sub>) は、それぞれ水和反応と脱水反応によって相互に官能基変換が可能であり、この相互変換反応は複雑分子の選択的合成で重要な位置を占める。本研究では、水分子 (H<sub>2</sub>O) を分子間で移動させる反応を水移動型反応と定義し、H<sub>2</sub>O 供与体としてアミドを、H<sub>2</sub>O 受容体としてニトリルを用いる水移動型反応を設計することで、それぞれ効率的なニトリルの水和手法およびアミドの脱水手法の開拓を目指した。

### 2. 研究の目的

水移動型反応の化学を確立し、その合成化学の有効性を明らかにすることを目的に、以下に示す 3 項目を実施した。

- (1) 高選択的なニトリルの水和反応の開発
- (2) 高選択的なアミドの脱水反応の開発
- (3) 水移動型反応の機構解明

### 3. 研究の方法

- (1) 高選択的なニトリルの水和反応の開発

従来法では選択的に水和することが難しいニトリルの標準基質として、アセトンシアノヒドリンとグルタロニトリルを設定した。これらのニトリルをアミドへと選択的に変換できる金属触媒と H<sub>2</sub>O 供与体を探索した。さらに見出した触媒系の基質適用範囲を明らかにした。

- (2) 高選択的なアミドの脱水反応の開発

ペプチド C-末端に存在するアミド ( $\alpha$ -アミノアミド) とペプチド側鎖に存在するアミドをニトリルへと水中で脱水する反応を標的に設定した。この反応を促進する金属錯体触媒と H<sub>2</sub>O 受容体を同定し、天然のアミノ酸から誘導できるアミドの脱水に対する適用範囲を明らかにした。さらに、ペプチド側鎖に含まれるアミドの選択的な脱水を試みた。

- (3) 水移動型反応の機構解明

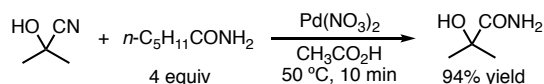
パラジウム触媒とアミドによるアセトンシアノヒドリンの水移動型水和反応について、同位体標識実験および <sup>1</sup>H NMR を用いた反応追跡による速度論実験によって水移動型反応の機構解明を試みた。

### 4. 研究成果

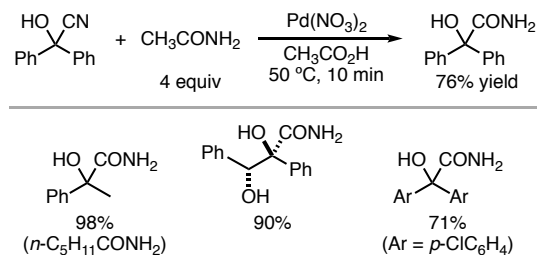
- (1)-1. シアノヒドリンの水移動型水和反応

シアノヒドリンの水和反応は医薬品や高分子原料である  $\alpha$ -ヒドロキシアミドを与える重要な反応である。金属触媒を用いたシアノヒドリンの水和反応は原理的に優れた手法であるが、熱安定性の低いシアノヒドリンの水和は困難であった。その理由は、多くの触媒系が有効に働く中性~塩基性条件ではシアノヒドリンは分解しやすい上に、分解によって生じたシアン化水素が金属触媒を失活させるためである。

検討の結果、パラジウム触媒と脂肪族アミド (H<sub>2</sub>O 供与体) を酢酸中で用いることで、シアノヒドリンの形式的な水和反応が効率的に進行することが分かった<sup>[1]</sup>。例えば、アセトンシアノヒドリンとヘキサナムド (4 equiv) を硝酸パラジウム (2 mol %) 存在下、酢酸中、50 °C、10 分加熱攪拌すると、対応する  $\alpha$ -ヒドロキシアミドが単離収率 94% で得られた。

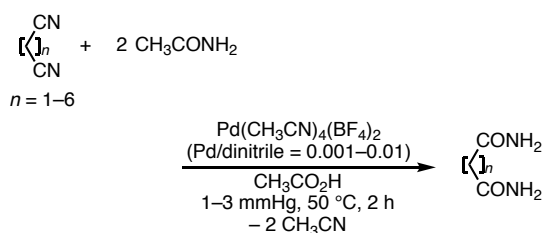


本手法は微酸性条件で実施できるため、塩基性条件で分解するシアノヒドリンも効率的に水和できる。さらに従来法とは異なり、 $\alpha$  位がアリール基で置換された  $\alpha$ -ヒドロキシニトリルからも、対応するヒドロキシアミドが収率よく得られることが分かった。



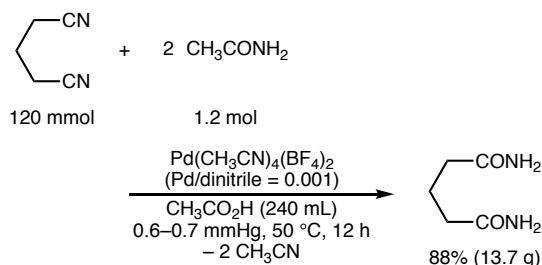
### (1)-2. ジニトリルの水移動型水和反応

ジアミドは医農薬品の合成中間体や工業材料として有用な化合物であり、ジニトリルの触媒的な水和反応はジアミドの合成手法として有力な手法の一つである。しかし、ジニトリルの水和反応は、隣接する二つのシアノ基が関与する副反応を伴うため、一般に制御が難しい。これに対して、アセトアミドを H<sub>2</sub>O 供与体として用いる水移動型水和反応では、多様なジニトリルから選択的にジアミドが得られることがわかった<sup>[2]</sup>。

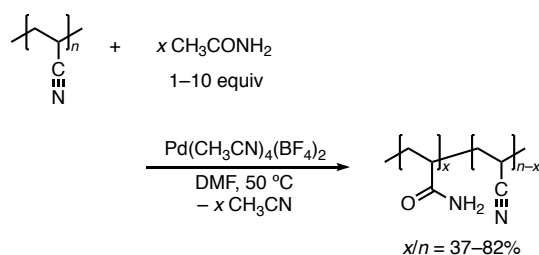


触媒としては Pd(CH<sub>3</sub>CN)<sub>4</sub>(BF<sub>4</sub>)<sub>2</sub> が好ましく、酢酸溶媒中、グルタロニトリルをはじめとする様々なジニトリルの水移動型水和反応が進行することを明らかにした。

この反応は可逆であるため、減圧条件で反応を実施することで平衡を生成系に傾け、収率よくジアミドを得ることができる。反応はデカグラムスケールで実施できること、生成したジアミドはクロマトグラフィーを用いることなく再結晶によって精製できることも分かった。



さらに、この触媒系はポリアクリロニトリルの部分水和にも有効であることが判明した。溶媒を酢酸からジメチルホルムアミドに変更することで、ポリアクリロニトリルから精密にアクリロニトリルとアクリルアミドの共重合体を得られることが分かった。



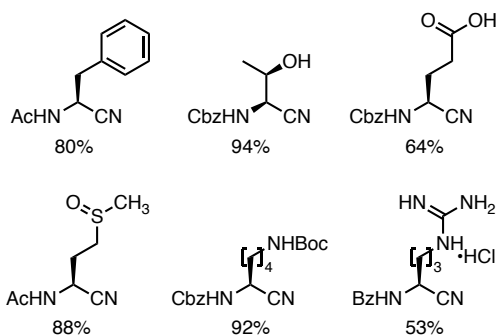
### (2)-1 α-アミノアミドの水移動型脱水反応

タンパク質やペプチドに導入されたシアノ基は、医薬品やプローブにおける鍵官能基として重要な役割を果たしている。タンパク質やペプチドに含まれる一級アミドの脱水は、シアノ基を

直接導入する強力な手法である。しかし多くのタンパク質やペプチドを、従来法では収率よく脱水できない。そこで、この問題を解決すべく、アミドからニトリルへの水移動型脱水反応を開発した<sup>[3]</sup>。

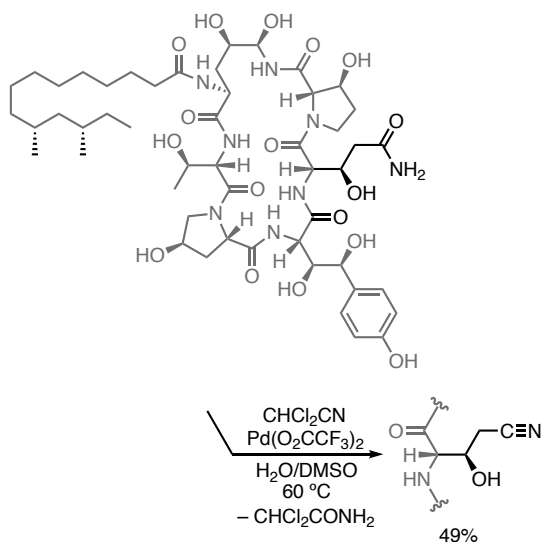
クロロアセチル化されたプロリンアミドの脱水をモデルとして検討した結果、トリフルオロ酢酸パラジウムを触媒に用い、ジクロロアセトニトリルを H<sub>2</sub>O 受容体に使えば効率的にアミドを含水アセトニトリル中で脱水できることがわかった。

天然に存在する 20 種類のアミノ酸から誘導できるアミドのうち、17 種類のアミノ酸由来のアミドについて脱水反応が進行し、対応するニトリルを与えた。疎水性側鎖のみならず、ヒドロキシ基、カルボキシ基、スルホキシド、Ac/Cbz/Boc/Bz 保護されたアミノ基、グアニジウム基、および不斉炭素の立体化学も保持された。下に代表的な生成物の構造と収率を示す。



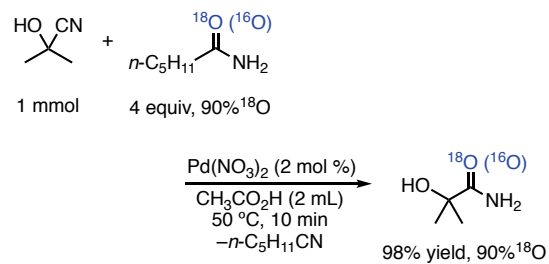
## (2)-2 ペプチド側鎖にあるアミドの脱水

環状ペプチド pneumocandin B<sub>0</sub> (抗真菌剤) に含まれる一級アミドの選択的な脱水を試みた。その結果、水-ジメチルスルホキシド混合溶媒中、ジクロロアセトニトリルと Pd 触媒で処理することで、ヒドロキシ基や二級および三級アミドなど他の官能基を損なうことなく一級アミドをシアノへ導けることが判明した。

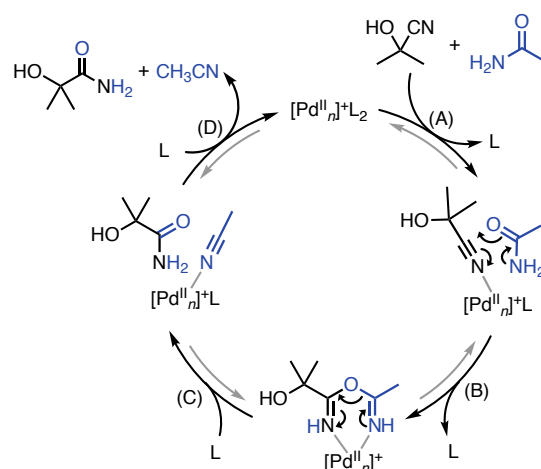


## (3) 水移動型水和反応の機構

<sup>18</sup>O で同位体標識したヘキサナムドを水供与体を用いてアセトンシアノヒドリンを水和すると、アミドのカルボニル基に含まれる <sup>18</sup>O 酸素が目的生成物のカルボニル基に導入された。このことから、この反応では文字通りアミドに含まれる H<sub>2</sub>O (水) の酸素原子が基質のニトリルへと移動することが分かった。



また NMR 追跡から、反応開始 1 分後に触媒の濃度に対する反応次数が一次から二次へと変  
 化し、それぞれ一分子と二分子の Pd 種が反応に関与することも示唆された。以上の実験結果を踏  
 まえて (A) カチオン性パラジウムに対するシアノヒドリンの配位; (B) シアノヒドリンのヒドロ  
 ロアミド化; (C) (B) と逆のプロセス; (D) 生成物の解離、の 4 過程によって進行する反応機構を  
 提案した。



<引用文献>

- [1] T. Kanda, A. Naraoka, H. Naka, Catalytic Transfer Hydration of Cyanohydrins to alpha-Hydroxyamides, *J. Am. Chem. Soc.* **141**, 825–830 (2019).
- [2] A. Naraoka, H. Naka, Transfer Hydration of Dinitriles to Diamides, *Synlett*, **30**, 1977–1980 (2019).
- [3] H. Okabe, A. Naraoka, T. Isogawa, S. Oishi, H. Naka, Acceptor-Controlled Transfer Dehydration of Amides to Nitriles, *Org. Lett.* **21**, 4767–4770 (2019).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Naka Hiroshi, Naraoka Asuka	4. 巻 61
2. 論文標題 Recent Advances in Transfer Hydration of Nitriles with Amides or Aldoximes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 151557-151557
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2019.151557	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 Naraoka Asuka, Naka Hiroshi	4. 巻 30
2. 論文標題 Transfer Hydration of Dinitriles to Dicarboxamides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 1977-1980
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0039-1690026	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 Okabe Hiroyuki, Naraoka Asuka, Isogawa Takahiro, Oishi Shunsuke, Naka Hiroshi	4. 巻 21
2. 論文標題 Acceptor-Controlled Transfer Dehydration of Amides to Nitriles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4767-4770
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1021/acs.orglett.9b01657	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 Kanda Tomoya, Naraoka Asuka, Naka Hiroshi	4. 巻 141
2. 論文標題 Catalytic Transfer Hydration of Cyanohydrins to $\alpha$ -Hydroxyamides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 825 ~ 830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b12877	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 Kitamura Yuki, Murata Yuki, Oguri Ayaka, Matsumura Mio, Kakusawa Naoki, Naka Hiroshi, Yasuike Shuji	4. 巻 8
2. 論文標題 Pd Catalyzed Selective C-H Arylation of Thiophenes with Triarylantimony Difluorides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 138-143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201800654	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 -

[学会発表] 計37件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Asuka Naraoka, Hiroshi Naka
2. 発表標題 Transfer Hydration of Dinitriles to Diamides
3. 学会等名 The 3rd IRCCS - The 2nd Reaction Infography Joint International Symposium, Jan 31-Feb 1, 2020, Nagoya University, Nagoya (poster). (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoyo Tamura, Taimeng Liang, Ryoji Noyori, Hiroshi Naka
2. 発表標題 Synthesis of $\alpha$ -Amino Amides by Transfer Hydration of Nitriles
3. 学会等名 The 3rd IRCCS - The 2nd Reaction Infography Joint International Symposium, Jan 31-Feb 1, 2020, Nagoya University, Nagoya (poster). (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroshi Naka
2. 発表標題 (Photo)catalytic Conversion of Water and Alcohols for Selective Chemical Synthesis
3. 学会等名 Department Seminar, Nov 19, 2019, Nanjing University of Science and Technology, China (invited). (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Kanda, Asuka Naraoka, Hiroshi Naka
2. 発表標題 Catalytic Transfer Hydration of Cyanohydrins to $\alpha$ -Hydroxyamides
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Process Chemistry, Jul 24-26, 2019, Kyoto International Conference Center, Kyoto (oral and poster) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Asuka Naraoka, Hiroyuki, Okabe, Takahiro Isogawa, Shunsuke Oishi, Hiroshi Naka
2. 発表標題 Acceptor-controlled Transfer Dehydration of Amides to Nitriles
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Process Chemistry, Jul 24-26, 2019, Kyoto International Conference Center, Kyoto (poster). (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奈良岡 あすか, 有津 拓, 内山 峰人, 浅井 駿輝, 野依 良治, 上垣外 正己, 中 寛史
2. 発表標題 水移動型反応によるアクリロニトリル-アクリルアミド共重合体の精密合成
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会, 2020年3月22-25日, 東京理科大学, 千葉 (ポスター) .
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Asuka Naraoka, Ryoji Noyori, Hiroshi Naka
2. 発表標題 Palladium-Catalyzed Transfer Hydration of Dinitriles to Diamides
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会, 2020年3月22-25日, 東京理科大学, 千葉 (口頭) .
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Tomoyo Tamura, Taimeng Liang, Ryoji Noyori, Hiroshi Naka
2. 発表標題 Transfer Hydration of $\alpha$ -Amino Nitriles for Amino Acid Synthesis
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会, 2020年3月22-25日, 東京理科大学, 千葉 (ポスター) .
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoyo Tamura, Taimeng Liang, Ryoji Noyori, Hiroshi Naka
2. 発表標題 Synthesis of $\alpha$ -Amino Amides by Transfer Hydration of Nitriles
3. 学会等名 統合物質創製化学研究推進機構 第5回国内シンポジウム 物質創製化学のフロンティア, 2019年11月18-19日, 北海道大学, 北海道 (ポスター) .
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中 寛史
2. 発表標題 人の生き方を変える化学
3. 学会等名 名古屋市立向陽高校模擬授業, 2019年10月31日, 向陽高校, 名古屋 (招待) . (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中 寛史
2. 発表標題 水とアルコールを使った(光)触媒的合成化学
3. 学会等名 京大人環物質機能相關論セミナー, 2019年10月16日, 京都大学, 京都 (招待) . (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田村 知世, 野依 良治, 中 寛史
2. 発表標題 触媒的水移動型水和反応による -アミノアミドの迅速合成
3. 学会等名 第 36 回有機合成化学セミナー, 2019年9月17-19日, 長良川国際会議場, 岐阜 (ポスター) .
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中 寛史
2. 発表標題 水移動型水和反応によるジアミド合成
3. 学会等名 AIKOC-3, 2019年8月31日, 大阪大学, 大阪 (ポスター) .
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田村 知世, 野依 良治, 中 寛史
2. 発表標題 新しい化学反応を使って未知のアミノ酸をつくる!
3. 学会等名 名古屋大学若手女性研究者サイエンスフォーラム, 2019年7月17日, 名古屋大学, 名古屋 (ポスター) .
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田村 知世, 野依 良治, 中 寛史
2. 発表標題 触媒的水移動型水和反応による -アミノアミドの迅速合成
3. 学会等名 日本薬学会第139年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奈良岡 あすか, 神田 智哉, 田村 知世, 野依 良治, 中 寛史
2. 発表標題 ニトリルの触媒的水移動型水和反応の開発
3. 学会等名 日本薬学会第139年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奈良岡 あすか, 神田 智哉, 中 寛史
2. 発表標題 パラジウム触媒を用いた水移動型水和反応の反応機構
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Naka
2. 発表標題 Transfer (De)hydration Catalysis
3. 学会等名 Core-to-Core Symposium "Elements Function for Transformative Catalysis and Materials" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Naka
2. 発表標題 (Photo)catalytic Conversion of Water and Alcohols for Selective Chemical Synthesis
3. 学会等名 Chemistry Department Seminar, Jan 31, 2019, Dalhousie University, Canada (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Naka
2. 発表標題 (Photo)catalytic Conversion of Water and Alcohols for Selective Chemical Synthesis
3. 学会等名 McGill Chemical Society Seminar, Jan 30, 2019, McGill University, Canada (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Naka
2. 発表標題 (Photo)catalytic Conversion of Water and Alcohols for Selective Chemical Synthesis
3. 学会等名 Chemistry Department Seminar, Jan 28, 2019, Queen 's University, Canada (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Naka
2. 発表標題 (Photo)catalytic Conversion of Water and Alcohols for Selective Chemical Synthesis
3. 学会等名 The 2nd International Symposium of IRCCS, Jan 25 - 26, 2019, Kyoto University, Kyoto (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Naka
2. 発表標題 (Photo)catalytic Conversion of Water and Alcohols for Selective Chemical Synthesis
3. 学会等名 Special Department Seminar, Jan 25, 2019, University of Ottawa, Canada (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Naka
2. 発表標題 (Photo)catalytic Conversion of Water and Alcohols for Selective Chemical Synthesis
3. 学会等名 Special Chemistry Seminar, Jan 24, 2019, University of Toronto, Canada (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Naka
2. 発表標題 (Photo)catalytic Conversion of Water and Alcohols for Selective Chemical Synthesis
3. 学会等名 Department Seminar, Jan 23, 2019, University of Alberta, Canada (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Naka
2. 発表標題 (Photo)catalytic Conversion of Water and Alcohols for Selective Chemical Synthesis
3. 学会等名 Organic Seminar, Jan 21, 2019, University of British Columbia, Canada (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Asuka Naraoka, Tomoya Kanda, Hiroshi Naka
2. 発表標題 Palladium-Catalyzed Transfer Hydration of Cyanohydrins
3. 学会等名 The 2nd International Symposium of IRCCS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中 寛史
2. 発表標題 水とアルコールを使った(光)触媒的合成化学
3. 学会等名 京大人環 分子環境相関論ウインターセミナー-2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroschi Naka, Tomoya Kanda, Asuka Naraoka, Ryoji Noyori
2. 発表標題 Transfer Hydration of Cyanohydrins
3. 学会等名 The 14th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-14),
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中 寛史
2. 発表標題 水の分子変換化学
3. 学会等名 講演会-分子変換の深化-(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神田 智哉, 野依 良治, 中 寛史
2. 発表標題 シアノヒドリンの水移動型水和反応による $\alpha$ -ヒドロキシアミドの合成
3. 学会等名 日本薬学会第138年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神田 智哉, 野依 良治, 中 寛史
2. 発表標題 シアノヒドリンの水移動型水和反応
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中 寛史
2. 発表標題 水で有機物質をつくる
3. 学会等名 JPIJS 関西地区討論会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroyuki Okabe, Takahiro Isogawa, Asuka Naraoka, Ryoji Noyori, Hiroshi Naka
2. 発表標題 Transfer Dehydration of Primary Amides Using Electron-Deficient Nitriles
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡部 弘幸, 五十川 貴裕, 奈良岡 あすか, 野依 良治, 中 寛史
2. 発表標題 電子不足ニトリルを用いた一級カルボン酸アミドの水移動型脱水反応
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡部 弘幸, 五十川 貴裕, 野依 良治, 中 寛史
2. 発表標題 パラジウム触媒と電子不足ニトリルを用いた一級アミドの水中脱水反応
3. 学会等名 第34回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中 寛史
2. 発表標題 水で有機物質をつくる
3. 学会等名 バイオ元素戦略懇談会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究グループ <a href="http://noy.chem.nagoya-u.ac.jp/H_Naka-J/">http://noy.chem.nagoya-u.ac.jp/H_Naka-J/</a> 野依特別研究室 <a href="http://noy.chem.nagoya-u.ac.jp/noy_j/">http://noy.chem.nagoya-u.ac.jp/noy_j/</a>
---

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