

名古屋大学博物館第3回特別展記録 2001年ノーベル化学賞記念 野依良治ノーベル賞への道

Records of 3rd NUM Special Exhibition

会場：名古屋大学博物館

会期：平成13年11月23日～平成13年12月27日

ごあいさつ



2001年10月10日、スウェーデンの王立科学アカデミーは21世紀最初のノーベル化学賞を名古屋大学の野依良治教授(63)と、米国のウィリアム・ノールズ(William S. Knowles)氏(84)、バリー・シャープレス(K. Barry Sharpless)氏(60)の3人に贈ると発表しました。この素晴らしいニュースにより、名古屋大学はもとより日本全体が大きな喜びに包まれました。受賞の対象となった研究は、野依さんが名古屋大学で30年以上一貫して行ってきたもので、外国の大学や研究所で行われたものではありません。名古屋オリジナルという点で、とくに価値あるノーベル賞です。そして、野依さんの研究が世界をリードしてきたことを誰にもわかる形で示すと同時に、名古屋大学を知的存在感のある大学へと大きく前進させた点で画期的なものです。

博物館では、受賞決定を機に、大学における研究成果の社会還元の一環として、『野依良治：ノーベル賞への道』という特別展を、12月10日のノーベル賞授賞式をはさんで約1ヶ月間開催することにしました。

ノーベル化学賞の受賞理由である“触媒の不斉水素化反応に関する研究”の詳細を解説することは難しく、また、それがこの特別展の目的でもありません。今回は、名古屋大学から初めて誕生したノーベル賞研究者である野依さんの研究者・教育者・科学行政マンとしての「信念、人となり、生き方」に焦点をあてたものになっています。こうした観点から、受賞決定から間もない10月19日の中日新聞に掲載された「わが国の若い世代へ」と題する寄稿記事を、特別展の場で紹介しています。この記事には、野依さん自身の体験を基に若い世代へ向けた熱いメッセージが満載されています。21世紀を担う次世代の方には、ぜひ、これを読んでほしいと思います。そして、名古屋大学へ来て、新たな研究分野の開拓(知の創造)に積極的に取り組んでいただきたいと思います。名古屋大学は若い皆さんにその場を提供したいと思います。

特別展の開催に当たり、名古屋大学物質科学国際研究センター、中日新聞社、京都大学大学院工学研究科材料化学教室、東京工業大学百年記念館、名古屋市科学館、浜島書店をはじめ、多方面からのご協力をいただきました。厚くお礼申し上げます。

平成13年11月23日

名古屋大学博物館長 足立 守

展示と解説

(1) 受賞決定翌日の新聞記事の拡大パネル

解説：新聞の見出し、野依良治教授ノーベル賞受賞・インタビュー「化学は美しい」

(中日新聞 2001年10月11日夕刊)



(2) 受賞決定の喜びを伝える写真パネルとビデオ映像



(3) これまでにノーベル賞を受賞した日本人 (パネル)

解説：日本のノーベル賞受賞者はこれまで物理学賞3人、化学賞と文学賞が各2人、医学・生理学賞と平和賞が各1人の9人で、野依さんが10人目。化学賞は昨年の白川さんに続いて2年連続で、化学分野での日本の研究レベルの高さを示している。

これまでにノーベル賞を受賞した日本人					
(:年)	化学	物理学	医学・生理学	文学	平和
1949		湯川秀樹(故人)			
1965		朝永振一郎(故人)			
1968				川端康成(故人)	
1973		江崎玲於奈			
1974					佐藤栄作(故人)
1981		福井謙一(故人)			
1987			利根川進		
1994					大江健三郎
2000	白川英樹				
2001	野依良治				

日本のノーベル賞受賞者はこれまで物理学賞3人、化学賞と文学賞が各2人、医学・生理学賞と平和賞が各1人の9人で、野依さんが10人目。化学賞は昨年の白川さんに続いて2年連続で、化学分野での日本の研究レベルの高さを示している。

湯川秀樹博士(42歳)
 日本人初の受賞者。電子と中性子が中間子をやりとりして力を及ぼし合うことを発見。素粒子物理学の発展に貢献した。

朝永振一郎博士(50歳)
 素粒子の確率論的性質を導き、素粒子物理学の発展に貢献する(量子電磁力学)をつくった。東部の人と共同受賞。

川端康成博士(69歳)
 『伊豆の舞子』などの小説で、日本人の心の奥を表現した。と評価された。

江崎玲於奈博士(44歳)
 粒子物理学の発展に貢献し、中性子と陽子の相互作用を明らかにした。素粒子物理学。

佐藤栄作博士(73歳)
 朝鮮半島に長く外交官として、ノーベル平和賞に選出された。

福井謙一博士(53歳)
 原子の仲介の電子に注目して計算することによって、化学反応の速度を決定する(フロンティア電子遷移理論)をつくった。

利根川進博士(48歳)
 生命を構成する分子の構造と機能を明らかにし、DNAの複製機構を明らかにした。分子生物学。

大江健三郎博士(69歳)
 政治小説を創出した。平和賞を授け、日本人の苦悩をいかに表現された。

白川英樹博士(64歳)
 電解を促進するプラスチックの一種、ポリイオン交換樹脂の発明。化学賞。

野依良治博士(64歳)
 電解を促進するプラスチックの一種、ポリイオン交換樹脂の発明。化学賞。

(4) 2001年のノーベル化学賞を伝えるイギリスの科学雑誌「ネイチャー」(パネル)

解説: 化学賞はオーダーメイドの(注文に応じた)化学反応研究へ。



(5) ノーベル化学賞のメダルと賞状 (レプリカ)

野依教授が12月10日にストックホルムで授賞したノーベル化学賞のメダルと賞状を、12月18日から12月27日まで、ガードマンをつけて展示。

解説: ノーベル化学賞メダル
直径: 6.6 cm、重さ: 203 g
(レプリカは 118.5 g)



解説: ノーベル化学賞賞状

野依さんの不斉合成研究をあらわす「右と左」をデザインして、右巻きの貝殻と左巻きの貝殻が画かれている。



(6) 2001年ノーベル化学賞受賞理由：「不斉触媒反応の研究」(パネル)

解説：有機化合物には原子の構成が全く同じでも、右手と左手の関係のように、立体構造が左右の関係にあり異なっているものがある。これらはキラルな化合物と呼ばれる。右手系と左手系の物質(鏡像異性体、光学異性体)では、香りや味をはじめ、生物に与える影響が大きく違うことが多い。

生物は酵素を使って右手系と左手系の物質を巧みに作り分けているが、人工合成では右手系と左手系の物質が同じ量できてしまう。生体に安全で必要なものだけを合成する手法の開発は、100年以上にわたり化学者の大きな夢であった。フランスの偉大な科学者パスツールは、右手系と左手系の物質を人工的に作り分けることは不可能と唱えていた。

2001年のノーベル化学賞は、この右手系と左手系の物質を選択的に化学合成する手法＝不斉合成反応を確立した功績に対して与えられたもの。受賞者たちは、金属とキラルな有機化合物を組み合わせた分子触媒を使って、数々の有用物質の化学合成に成功した。同じ不斉反応でも野依さんとノールズ博士は不斉水素化反応を、一方、シャープレス博士は不斉酸化反応を研究した点で異なっている。

2001年ノーベル化学賞受賞理由：「不斉触媒反応の研究」

有機化合物には原子の構成が全く同じでも、右手と左手の関係のように、立体構造が左右の関係にあり異なっているものがある。これらはキラルな化合物とよばれる。右手系と左手系の物質(鏡像異性体、光学異性体)では、香りや味をはじめ、生物に与える影響が大きく違うことが多い。

生物は酵素を使って右手系と左手系の物質を巧みに作り分けているが、人工合成では右手系と左手系の物質が同じ量できてしまう。生体に安全で必要なものだけを合成する手法の開発は、100年以上にわたり化学者の大きな夢であった。フランスの偉大な科学者パスツールは、右手系と左手系の物質を人工的に作り分けることは不可能と唱えていた。

2001年のノーベル化学賞は、この右手系と左手系の物質を選択的に化学合成する手法＝不斉合成反応を確立した功績に対して与えられたもの。受賞者たちは、金属とキラルな有機化合物を組み合わせた分子触媒を使って、数々の有用物質の化学合成に成功した。同じ不斉反応でも野依さんとノールズ博士は不斉水素化反応を、一方、シャープレス博士は不斉酸化反応を研究した点で異なっている。

必要な一方の物質だけを合成できる

(7) 野依教授のプロフィール (パネル)

- ・ 1938(昭和13)年9月3日兵庫県生まれ
- ・ 1957(昭和32)年4月私立灘中学・灘高校をへて、京都大学工学部入学
- ・ 1961(昭和36)年3月京都大学工学部工業化学科卒業
- ・ 1963(昭和38)年3月京都大学大学院工学研究科修士課程修了
- ・ 1963(昭和38)年4月京都大学工学部助手
- ・ 1967(昭和42)年9月京都大学工学博士
- ・ 1968(昭和43)年2月名古屋大学理学部助教授
- ・ 1969(昭和44)年1月から1970(昭和45)年3月までハーバード大学博士研究員
- ・ 1972(昭和47)年8月から名古屋大学理学部教授
- ・ 1995(平成7)年度から文部省COE形成プログラムの研究リーダー
- ・ 1997(平成9)年1月から1999(平成11)年12月まで名古屋大学大学院理科学研究科長・理学部長
- ・ 2000(平成12)年4月から名古屋大学物質科学国際研究センター長

野依教授のプロフィール

1938 (昭和13年) 9月3日兵庫県生まれ
1957 (昭和32年) 4月私立灘中学・灘高校をへて、京都大学工学部入学
1961 (昭和36年) 3月京都大学工学部工業化学科卒業
1963 (昭和38年) 3月京都大学大学院工学研究科修士課程修了
4月京都大学工学部助手
1967 (昭和42年) 9月京都大学工学博士
1968 (昭和43年) 2月名古屋大学理学部助教授
1969 (昭和44年) 1月から1970(昭和45)年3月までハーバード大学博士研究員
1972 (昭和47年) 8月名古屋大学理学部教授
1995 (平成7年) 度から文部省COE形成プログラムの研究リーダー
1997 (平成9年) 1月から1999(平成11)年12月まで名古屋大学大学院理科学研究科長・理学部長
2000 (平成12年) 4月名古屋大学物質科学国際研究センター長

多忙な教育と研究のかたわら、文部省科学官(1992-1996年)、文部省(現文部科学省)学術審議会委員(1996年-)などを歴任し、学術行政にも大きく貢献したことは特筆すべきこと。

専門分野:有機化学、とくに分子触媒化学を中心とする新方法論の開拓とその応用に関する研究
発表論文:400篇以上
総引用回数:22,000以上
特許:160件以上
受賞:日本学士院賞、テトラヘドロン賞、A.C.コープ賞、キング・ファイナル国際賞、文化勲章、ウォルフ賞、R.アダムス賞など多数

研究のフィロソフィー
研究は瑞々しく、単純明快に!

多忙な教育と研究のかたわら、文部省科学官（1992 - 1996年）、文部省（現文部科学省）学術審議会委員（1996年 -）などを歴任し、学術行政にも大きく貢献したことは特筆すべきこと。

- * 専門分野： 有機化学、とくに分子触媒化学を中心とする新方法論の開拓とその応用に関する研究
- * 発表論文： 400 篇以上
- * 総引用回数： 22,000 以上
- * 特許： 160 件以上
- * 受賞： テトラヘドロン賞、日本学士院賞、A. C. コープ賞、キング・ファイサル国際賞、文化勲章、ウォルフ賞、R. アダムス賞など多数
- * 研究のフィロソフィー： 研究は瑞々しく、単純明快に！

（8）少年時代：自然の中で感性を高める（パネル）

解説：〈自然が好きな元気な少年〉

子供の頃、兄弟や友達といっしょに六甲山のふもとの野山を駆けめぐり、自然に親しんだ。自然にふれることが直観力や感性を磨くのに役立った。日頃から、「野山で遊んだ体験が僕にとっての生き方の根源になっている」と語っている。

〈化学を志すきっかけ〉

化学工業会社の研究者であった父親の影響を受け、少年の時から化学に興味を持っていた。化学への道を進むことを決定づけた出来事は、12才の時に父親の金城氏に連れられて参加した講演会。東レの新製品発表会で演者が「ナイロンは水と空気と石炭からできている」という話を聴いて、「化学の力はすごい」と感動し、将来、化学をやって社会に貢献してみようと決意。

〈文武両道〉

灘中学・灘高校時代の6年間は勉学とともにスポーツ（柔道や相撲）にも熱心な、典型的な文武両道の若者であった。柔道の団体戦では先鋒（5人の選手の中で最初に相手チームと対戦する選手）として活躍。得意技は左大内刈り。柔道で得た集中力と体力が、化学実験や論文の作成にも役立っている。

（9）京大時代：知性とスキルをみがく（パネル）

解説：〈恩師、野崎 一 先生との出会い〉

1957年に京都大学工学部工業化学科に入学。4年生で宍戸圭一研究室を選ぶ（野球好きの宍戸先生のところなら勉強以外に野球もできると判断?）。実験の指導は助教授の野崎 一 先生で、「活性中間体の有機化学反応」の研究に従事。卒業研究で有機化学の面白さに目覚め、実験の虫となる。実験に没頭しすぎて、大爆発を起こし首に18針縫う大けがを負ったこともあるが、3日後には研究室に戻り、“不死身の野依”と仲間を驚かせた。

少年時代：自然の中で感性を高める

自然が好きな元気な少年

子供の頃、兄弟や友達といっしょに六甲山のふもとの野山を駆けめぐり、自然に親しんだ。自然にふれることが直観力や感性を高めるのに役立った。日頃から、「野山で遊んだ体験が僕にとっての生き方の根源になっている」と語っている。



▲小学時代の
校舎の中庭で遊ぶ少年（左長中心）

化学を志すきっかけ

化学工業会社の研究者であった父親の影響を受け、少年の時から化学に興味を持っていた。化学への道を進むことを決定づけた出来事は、12才の時に父親の金城氏に連れられて参加した講演会。東レの新製品発表会で「ナイロンは水と空気と石炭からできている」という話を聴いて、「化学の力はすごい」と感動し、将来、化学をやって社会に貢献してみようと決意。



▲東レ新製品
講演会での金城氏

文武両道

灘中学・灘高校時代の6年間は勉学とともにスポーツ（柔道や相撲）にも熱心な、典型的な文武両道の若者であった。柔道の団体戦では先鋒（5人の選手の中で最初に相手チームと対戦する選手）として活躍。得意技は左大内刈り。柔道で得た集中力と体力が、化学実験や論文の作成にも役立っている。



▲高校時代の柔道部
灘の文武入り柔道部を率った橋本正太郎（前中央）

(12) 名大へ移ってから：高い志で“価値の発見” (パネル)

解説：〈京大から名大への移籍〉

1968 (昭和43) 年2月に京都大学工学部助手から名古屋大学理学部助教授に転任。理学部化学教室に新設された9番目の講座「反応有機化学講座」の担当助教授としてすべてを任された。当時は研究予算は少なかったが、化学教室には「生活の120%研究に没頭できる」雰囲気があった。フグの毒の研究で有名な「有機化学講座」の平田義正教授も側面から野依さんを支援。

〈シャープレス博士との出会い〉

1969 (昭和44) 年1月から1970 (昭和45) 年3月までハーバード大学博士研究員として、1990年ノーベル化学賞受賞のE.J. コーリー教授の下で研究を行う。名古屋大学の化学をぜひとも世界第一級水準にという気持ちで帰国。ハーバード大学時代に、今回のノーベル化学賞の共同受賞者の1人であるシャープレス博士と出会い、親密な友情関係を築く。

名大へ移ってから：高い志で“価値の発見”

京大から名大への移籍

1968(昭和43)年2月に京都大学工学部助手から名古屋大学理学部助教授に転任。理学部化学教室に新設された9番目の講座「反応有機化学講座」の担当助教授としてすべてを任された。当時は研究予算は少なかったが、化学教室には「生活の120%研究に没頭できる」雰囲気があった。フグの毒の研究で有名な「有機化学講座」の平田義正教授も側面から野依さんを支援。



▲名大理学部化学教室(1968年)の職員(左から、野依さん、野依さん、野依さん、野依さん、野依さん)



▲平田義正



▲ハーバード大学時代に(1969年)

シャープレス博士との出会い

1969(昭和44)年1月から1970(昭和45)年3月までハーバード大学博士研究員として、1990年ノーベル化学賞受賞のE.J. コーリー教授の下で研究を行う。名古屋大学の化学をぜひとも世界第一級水準にという気持ちで帰国。ハーバード大学時代に、今回のノーベル化学賞の共同受賞者の1人であるシャープレス博士と出会い、親密な友情関係を築く。



▲ハーバード大学でE.J. コーリー教授(左)と1969年ノーベル化学賞受賞者と1990年1970年に共同受賞者のシャープレス博士(右)と出会う(1969年)



▲ハーバード大学でE.J. コーリー教授(左)と1969年ノーベル化学賞受賞者と1990年1970年に共同受賞者のシャープレス博士(右)と出会う(1969年)



▲ハーバード大学でE.J. コーリー教授(左)と1969年ノーベル化学賞受賞者と1990年1970年に共同受賞者のシャープレス博士(右)と出会う(1969年)

(13) 名古屋大学理学部化学教室の歴史 (パネル)

解説：2002年に創立60年を迎える名古屋大学理学部は、1942(昭和17)年に発足した。当時は名古屋帝国大学で、医学部、理学部、工学部の3学部しかなかった。初代理学部長は化学教室の柴田雄次教授であった。戦中・戦後の混乱期を経て、新制大学になってから化学教室も徐々に整備されていった。

昭和14年 名古屋帝国大学(医学部、理工学部の2学部)が創設された。

昭和17年 理学部化学教室が開設(3講座、教授 柴田雄次、菅原 健、佐野 果、助教授 山崎一雄、江上不二夫)

昭和18年 2講座が増設され、
分析化学(教授 菅原 健)
無機化学(現在、無機化学I研究室)
(教授 山崎一雄)

有機化学(教授 江上不二夫、昭和29年より平田義正が教授に昇任、)
物理化学第1(現在、物理化学研究室)
(教授 佐野 果)
物理化学第2(現在、物性化学研究室)
(教授 森野米三、昭和24年より久保昌二が教授に着任)の5講座となる。

昭和19年 化学教室旧制第1回卒業生

名古屋大学理学部化学教室の歴史

- 1939 (昭和14年) 名古屋帝国大学(医学部、理工学部の2学部)が創設される
- 1942 (昭和17年) 理学部化学教室が開設(3講座、教授 柴田雄次、菅原 健、佐野 果、助教授 山崎一雄、江上不二夫)
- 1943 (昭和18年) 2講座が増設され、5講座となる
分析化学(教授 菅原 健)
無機化学(現在、無機化学I研究室)(教授 山崎一雄)
有機化学(教授 江上不二夫、昭和29年より平田義正が教授に昇任)
物理化学第1(現在、物理化学研究室)(教授 佐野 果)
物理化学第2(現在、物理化学研究室)(教授 森野米三、昭和24年より久保昌二が着任)
- 1944 (昭和19年) 化学教室旧制第1回卒業生
- 1947 (昭和22年) 化学教室会議、運営委員会の制度設けられる
- 1949 (昭和24年) 理学部A館の一部完成
- 1954 (昭和29年) 生物化学講座(教授 江上不二夫)の新設
- 1965 (昭和40年) 固体化学講座(現在、理論化学研究室)(教授 田仲二期)の新設
- 1967 (昭和42年) 同位体化学講座(現在、無機化学II研究室)(教授 山寺秀雄)の新設
- 1968 (昭和43年) 反応有機化学講座(助教授 野依良治、昭和47年より教授)
- 1979 (昭和54年) 理学部A-2館の完成
- 1995 (平成7年) 理学部研究科物理学専攻への重点化に伴い、
有機化学・生物化学講座(有機化学、反応有機化学、生物化学研究室)
無機・分析化学講座(分析化学、無機化学I、無機化学II研究室)
物質物理化学講座(物理化学、物性科学、理論化学研究室)
の大講座制に移り、さらに相關化学講座が新設される
- 2001 (平成13年) 物質科学国際研究センターの設置(平成10年度)に伴い、相關化学講座に分子機能化学研究室(教授 阿波賀邦夫)が新設される



▲化学教室旧制第1回卒業生と当時のスタッフ(1944年3月)



▲野依さんが名大へ転任した際(1968年2月)

- 昭和 22 年 化学教室会議、運営委員会の制度が設けられる。
- 昭和 24 年 理学部 A 館の一部完成
- 昭和 29 年 生物化学講座（教授 江上不二夫）の新設
- 昭和 40 年 固体化学講座（現在、理論化学研究室）（教授 田仲二郎）の新設
- 昭和 42 年 同位体化学講座（現在、無機化学 II 研究室）（教授 山寺秀雄）の新設
- 昭和 43 年 反応有機化学講座（助教授 野依良治、昭和 47 年より教授）
- 昭和 54 年 理学部 A-2 号館の完成
- 平成 7 年 理学研究科物質理学専攻への重点化に伴い、
有機化学・生物化学講座（有機化学、反応有機化学、生物化学研究室）
無機・分析化学講座（分析化学、無機化学 I、無機化学 II 研究室）
物質物理化学講座（物理化学、物性化学、理論化学研究室）
の大講座制に移り、さらに相関化学講座が新設される。
- 平成 13 年 物質科学国際研究センターの設置（平成 10 年度）に伴い、相関化学講座に分子機能化学研究室（教授 阿波賀邦夫）が新設される。

(14) 《不斉合成反応研究の開花》（パネル）

解説：名大における主要な研究は、不斉合成反応をより効率よくすすめる触媒の開発であった。その到達点の一つが、1980（昭和 55）年に開発されたロジウム（Rh）を使った分子触媒である。現在、BINAP^{*}金属触媒と呼ばれる分子触媒の開発は、高谷秀正博士（名大、分子研をへて後に京大教授、故人）との共同研究で、1974 年の研究開始から 6 年を要した。この間、世界の 10 以上の研究グループが BINAP の開発に挑戦したが、すべて失敗に終わった。

野依さんのグループは、いったん決心したら絶対にあきらめない。失敗の原因を徹底的に検討し、問題点を洗い出し、新しいアイデアで次の実験に取りかかる。信念をもって忍耐強く研究を続け、ついに BINAP の合成に成功した。

^{*} BINAP はビナフチル（binaphthyl = C₂₀H₁₄）構造をもつホスフィン（phosphine）の意味

BINAP-ロジウム触媒により、右手系と左手系の物質をほぼ完全に振り分けて合成する反応に成功し、学術面だけでなく実用面で大きな貢献をした。この触媒は世界最大規模の不斉合成であるメントール（化学式 = C₁₀H₂₀O；はっか油の主成分）の合成に使われている。野依さんの合成法により、世界のメントールの約 1/3 が日本で生産されている。

その後、ロジウム触媒よりも汎用性の高いルテニウム（Ru）を用いた触媒の開発に成功。BINAP-ルテニウム触媒を用いる不斉水素化反応によって、多くの医薬品や香料の合成ができるようになった。BINAP 触媒は、現在、世界中で有用物質の研究と生産に使われている。野依さんの不斉合成研究は 30 年以上の長きにわたるが、この功績がノーベル賞の主要部分を占める。

不斉合成反応研究の開花

名大における主要な研究は、不斉合成反応をより効率よくすすめる触媒の開発であった。その到達点の一つが、1980（昭和 55）年に開発されたロジウム（Rh）を使った分子触媒である。現在、BINAP^{*}金属触媒と呼ばれる分子触媒の開発は、高谷秀正博士（名大、分子研をへて後に京大教授、故人）との共同研究で、1974 年の研究開始から 6 年を要した。この間、世界の 10 以上の研究グループが BINAP の開発に挑戦したが、すべて失敗に終わった。

野依さんのグループは、いったん決心したら絶対にあきらめない。失敗の原因を徹底的に検討し、問題点を洗い出し、新しいアイデアで次の実験に取りかかる。信念をもって忍耐強く研究を続け、ついに BINAP の合成に成功した。

^{*} BINAP はビナフチル（binaphthyl = C₂₀H₁₄）構造をもつホスフィン（phosphine）の意味



▲高谷秀正博士の肖像写真
高谷秀正（1928-2019）



▲野依良治博士の肖像写真
野依良治（1930-2019）



▲BINAP-ロジウム触媒の合成実験の様子
高谷秀正博士（左）と野依良治博士（右）の共同研究で、1974 年の研究開始から 6 年を要した。

BINAP-ロジウム触媒により、右手系と左手系の物質をほぼ完全に振り分けて合成する反応に成功し、学術面だけでなく実用面で大きな貢献をした。この触媒は世界最大規模の不斉合成であるメントール（化学式 = C₁₀H₂₀O）はっか油の主成分の合成に使われている。野依さんの合成法により、世界のメントールの約 1/3 が日本で生産されている。

その後、ロジウム触媒よりも汎用性の高いルテニウム（Ru）を用いた触媒の開発に成功。BINAP-ルテニウム触媒を用いる不斉水素化反応によって、多くの医薬品や香料の合成ができるようになった。現在、世界中で有用物質の研究と生産に使われている。野依さんの不斉合成研究は 30 年以上の長きにわたるが、この功績がノーベル賞の主要部分を占める。



▲野依良治博士の講演の様子
野依良治（1930-2019）



▲野依良治博士の講演の様子
野依良治（1930-2019）

(15) BINAP 触媒の解説 DVD

(16) キラリティー (chirality) の説明と *l*-メントールの合成法 (パネル)

解説: 分子の左右 (キラリティー) は化学における中心的課題である。多くの分子に右手系と左手系の構造 (*R*体と *S*体) があり、鏡像異性体と呼ばれる。一方は偏光を右方向にまわし、他方は偏光を左方向にまわすので光学異性体とも呼ばれる。英語で右旋性は dextrorotatory、左旋性は levorotatory なので、それぞれの物質名には *d* と *l* の頭文字がつく。

右手系と左手系の違いは、生命現象において重要な影響をもたらす。その一つが香りや味である。ミントのいい香りがするメントールは左手系 (*l*-メントール) で、右手系 (*d*-メントール) のものはいい香りがしない。左手系のグルタミン酸ソーダ (味の素) はうまいが、右手系のもは味が無い。深刻な問題となったサリドマイド薬害は、催眠性のある右手系サリドマイドと催奇性のある左手系サリドマイドが 50:50 に混ざった薬を服用したために起きてしまった。その原因は、我々の体には左手系のアミノ酸しか存在しないことによる。体内には、そのアミノ酸からできているタンパク質の受容体 (レセプター) があり、薬物や香りの素を受け入れるポケットの役目をしている。このポケットは手袋や靴のように左右の区別があり、左手系の分子はピタッと入るが、右手系のもはうまく入らないからと考えられている。

l-メントールの合成法

l-メントールの原料は、天然に大量に存在するミルセン (myrcene=C₁₀H₁₆) という精油成分。ミルセンは月桂樹、クスノキ、松ヤニなどに含まれている。下の一連の反応で、(S)-BINAP-ロジウム触媒を使って、ジエチルゲラニルアミンから (*R*)-シトロネラルエナミンをつくる 2 番目の工程が一番重要。

キラリティー (chirality)

分子の左右 (キラリティー) は化学における中心的課題である。多くの分子に右手系と左手系の構造 (*R*体と *S*体) があり、鏡像異性体とよばれる。一方は偏光を右方向にまわし、他方は偏光を左方向にまわすので光学異性体ともよばれる。英語で右旋性は dextrorotatory、左旋性は levorotatory なので、それぞれの物質名には *d* と *l* の頭文字がつく。

右手系と左手系の違いは、生命現象において重要な影響をもたらす。その一つが香りや味である。ミントのいい香りがするメントールは左手系 (*l*-メントール) で、右手系 (*d*-メントール) のものはいい香りがしない。左手系のグルタミン酸ソーダ (味の素) はうまいが、右手系のもは味が無い。深刻な問題となったサリドマイド薬害は、催眠性のある右手系サリドマイドと催奇性のある左手系サリドマイドが 50:50 に混ざった薬を服用したために起きてしまった。その原因は、我々の体には左手系のアミノ酸しか存在しないことによる。体内には、そのアミノ酸からできているタンパク質の受容体 (レセプター) があり、薬物や香りの素を受け入れるポケットの役目をしている。このポケットは手袋や靴のように左右の区別があり、左手系の分子はピタッと入るが、右手系のもはうまく入らないからと考えられている。

***l*-メントールの合成法**
l-メントールの原料は、天然に大量に存在するミルセン (myrcene=C₁₀H₁₆) という精油成分。ミルセンは月桂樹、クスノキ、松ヤニなどに含まれている。下の一連の反応で、(S)-BINAP-ロジウム触媒を使って、ジエチルゲラニルアミンから (*R*)-シトロネラルエナミンをつくる 2 番目の工程が一番重要。

(17) BINAP 金属触媒による不斉合成反応の原理 (パネル)

解説: 野依さんのグループによって研究開発された不斉合成反応の一般原理を右の図に模式的に示す。金属原子 M (ルテニウム、ロジウムなど) に BINAP のような左右識別能をもつ分子を組合せた不斉分子触媒 (左右識別能をもつのでキラル触媒ともいう) をつくる。この組み合わせが大切で不斉合成の成否の鍵となる。

BINAP はキラルな分子 (*R*体と *S*体*がある) なので、目的に応じて右手系の物質も左手系の物質も合成することができる。

* *R* はラテン語の rectus (右)、*S* は sinister (左) に由来
BINAP 触媒の大きさは数ナノメートル (1 億分の 1 メートル)

触媒サイクルの図では、まず有機配位子に反応分子が取り込まれ、次にA分子とB分子が金属によって活性化され、反応し、左右いずれかのAB分子が選択的にできる。AB分子は生成場から直ちに離脱して元の不斉分子触媒に戻るため、触媒として100万回以上も繰り返し反応を促進することができる。これによって、次から次へと生成物を作ることができるので、不斉増幅と言われている。

目的とする反応に応じて、思うがままに分子触媒を設計、合成できるところにこの方法の特徴がある。

BINAP金属触媒による不斉合成反応の原理

野依さんのグループによって研究開発された不斉合成反応の一般原理を右の図に模式的に示す。金属原子M(ルテニウム、ロジウムなど)にBINAPのような左右識別能をもつ分子を組合せた不斉分子触媒(左右識別能をもつでキラル触媒ともいう)をつくる。この組み合わせが適切で不斉合成の成否の鍵となる。BINAPはキラルな分子(R体とS体*)があるので、目的に応じて左手系の物質も右手系の物質も合成することができる。

*Rはラテン語のrectus(右)、Sはsinister(左)由来
BINAP触媒の大きさは数ナノメートル(1億分の1メートル)

触媒サイクルの図では、まず有機配位子に反応分子が取り込まれ、次にA分子とB分子が金属によって活性化され、反応し、左右いずれかのAB分子が選択的にできる。AB分子は生成場から直ちに離脱して元の不斉分子触媒に戻るため、触媒として100万回以上も繰り返し反応を促進することができる。これによって、次から次へと生成物を作ることができるので、不斉増幅と言われている。目的とする反応に応じて、思うがままに分子触媒を設計、合成できるところにこの方法の特徴がある。

BINAP-ルテニウム触媒を用いた水素化反応の例(模式図)

(18) *l*-メントールと*d*-メントールの香りの違い体験コーナー

解説:メントールの入っているガラスビンのかぶりをとって、*l*-メントールと*d*-メントールの香りの違いをくらべてみよう。

(19) *l*-メントールが使われている清涼剤・医薬品紹介コーナー (約50点)

解説: *l*-メントールは様々な清涼剤や医薬品に使われています。

(20) 金属原子として、なぜルテニウム (Ru) やロジウム (Rh) か? (パネル)

解説: 野依さんのグループのBINAP触媒には、金属原子としてルテニウム (Ru) やロジウム (Rh) が使われている。これらの元素は、パラジウム (Pd)、オスmium (Os)、イリジウム (Ir)、白金 (Pt) とともに、元素周期表で第5・第6周期の8~10族のもので白金族元素と呼ばれている。白金族元素は酸化あるいは還元作用が強いので、反応を促進する触媒として有効に働く。

不斉水素化反応を研究している野依さんのグループは、ルテニウムやロジウムを、不斉酸化反応を研究しているシャープレス博士はオスmiumや元素周期表で4族のチタン (Ti) を使用している。

金属原子として、なぜルテニウム (Ru) やロジウム (Rh) か?

野依さんのグループのBINAP触媒には、金属原子としてルテニウム (Ru) やロジウム (Rh) が使われている。これらの元素は、パラジウム (Pd)、オスmium (Os)、イリジウム (Ir)、白金 (Pt) とともに、元素周期表で第5・第6周期の8~10族のもので白金族元素と呼ばれている。白金族元素は酸化あるいは還元作用が強いので、反応を促進する触媒として有効に働く。

不斉水素化反応を研究している野依さんのグループは、ルテニウムやロジウムを、不斉酸化反応を研究しているシャープレス博士はオスmiumや元素周期表で4族のチタン (Ti) を使用している。

(21) 不斉合成研究のこれから (パネル)

解説:20年ほど前までは、鏡像異性体のつくりわけはひじょうに難しく、酵素を含む生体系を使わなければ実質的に不可能であった。しかし、今日、BINAP金属錯体のような人工的な分子触媒を用いて数々の不斉合成反応が可能となり、種々の医薬・農薬・香料などの生理活性物質の工業生産などに広く活用されている。

野依さんらの触媒は人工酵素とも呼ばれているが、その力量は天然酵素に匹敵する。さらに非天然型の反応を行い、自然界にない化合物も広くつくることも可能であり、この観点からは超酵素と言えるかもしれない。

21世紀の生命科学やナノテクノロジーの発展、さらには環境問題にも大きく貢献する分子のキラリティーの研究は無限に続く。

不斉合成研究のこれから

20年ほど前までは、鏡像異性体のつくりわけはひじょうに難しく、酵素を含む生体系を使わなければ実質的に不可能であった。しかし今日、BINAP金属錯体のような人工的な分子触媒を用いて数々の不斉合成反応が可能となり、種々の医薬・農薬・香料などの生理活性物質の工業生産などに広く活用されている。

野依さんらの触媒は人工酵素とも呼ばれているが、その力量は天然酵素に匹敵する。さらに非天然型の反応を行い、自然界にない化合物も広くつくることも可能であり、この観点からは超酵素と言えるかもしれない。

21世紀の生命科学やナノテクノロジーの発展、さらには環境問題にも大きく貢献する分子のキラリティーの研究は無限に続く。



(22) 野依さんを取り巻く人々の輪 (パネル)

解説:野依さんの不斉合成研究は30年以上続いている。この間、家族の支えとともに、国内外の多くの友人、先輩、同僚らとの交流が研究面でも大きな役割を果たしてきた。

野依さんの「信念」と「人とのふれあい」とが相まって、有機化学のブレイクスルーへつながった。

野依さんを取り巻く人々の輪

野依さんの不斉合成研究は30年以上続いている。この間、家族の支えとともに、国内外の多くの友人、先輩、同僚らとの交流が研究面でも大きな役割を果たしてきた。野依さんの「信念」と「人とのふれあい」とが相まって、有機化学のブレイクスルーへつながった。



(23) 分子模型によるキラリティー体験コーナー

解説:キラリティー(鏡像関係)を炭素四面体の模型で確かめよう。炭素原子のまわりに、4つの異なった原子(あるいは原子団)がついたものを不斉炭素といい、こうした構造を炭素四面体構造といいます。

左右2つの分子模型はどちらも炭素四面体構造をもち、全く同じ原子からできているので、重さなどの物理量は同じです。しかし、両者は鏡像関係にあるので、決して重ね合わせることはできません。

(24) 不斉合成研究に関する書籍コーナー

(25) これまでの主な受賞および顕彰 (パネル)

- 1971(昭和46)年 日本化学会進歩賞
1978(昭和53)年 松永賞
1982(昭和57)年 中日文化賞
1985(昭和60)年 日本化学会賞
1988(昭和63)年 台北プロスタグランジン会議および中国中央研究院賞
1989(平成元年)年 内藤記念科学振興賞
1989(平成元年)年 センテナリーメダル (イギリス王立化学会)
1989(平成元年)年 フルカ賞 (スイス)
1990(平成2)年 東レ科学技術賞
1990(平成2)年 メルク・シューハルト・チェア (ベルギー)
1991(平成3)年 カークウッド賞 (アメリカ化学会・エール大学)
1993(平成5)年 朝日賞
1993(平成5)年 テトラヘドロン賞 (イギリス)
1994(平成6)年 マックス・ティシュラー賞 (アメリカ合衆国・ハーバード大学)
1994(平成6)年 生命科学啓明賞
1995(平成7)年 日本学士院賞
1996(平成8)年 A. C. コープ学術賞 (アメリカ化学会)
1996(平成8)年 ボン化学賞 (ドイツ)
1997(平成9)年 A. C. コープ賞 (アメリカ化学会)
1997(平成9)年 キラリティーメダル (キラリティー識別国際会議)
1997(平成9)年 G. ケナー賞 (イギリス・リバプール大学)
1998(平成10)年 文化功労者顕彰
1999(平成11)年 キング・ファイサル国際賞 (サウジアラビア)
1999(平成11)年 C. S. ハミルトン賞 (アメリカ合衆国・ネブラスカ大学リンカーン校)
2000(平成12)年 引用最高栄誉賞 (化学部門) (ISI-トムソン・サイエンティフィック)
2000(平成12)年 文化勲章
2001(平成13)年 有機合成化学協会特別賞
2001(平成13)年 ウォルフ賞 (イスラエル)
2001(平成13)年 R. アダムス賞 (アメリカ化学会)

野依さんの主な受賞および顕彰

- 1971 (昭和46年) 日本化学会進歩賞
1978 (昭和53年) 松永賞
1982 (昭和57年) 中日文化賞
1985 (昭和60年) 日本化学会賞
1988 (昭和63年) 台北プロスタグランジン会議および中国中央研究院賞
1989 (平成元年) 内藤記念科学振興賞
センテナリーメダル(イギリス王立化学会)
フルカ賞(スイス)
1990 (平成2年) 東レ科学技術賞
メルク・シューハルト・チェア(ベルギー)
1991 (平成3年) カークウッド賞(アメリカ化学会・エール大学)
1993 (平成5年) 朝日賞
テトラヘドロン賞(イギリス)
1994 (平成6年) マックス・ティシュラー賞(アメリカ合衆国・ハーバード大学)
生命科学啓明賞
1995 (平成7年) 日本学士院賞
1996 (平成8年) A. C. コープ学術賞(アメリカ化学会)
ボン化学賞(ドイツ)
1997 (平成9年) A. C. コープ賞(アメリカ化学会)
キラリティーメダル(キラリティー識別国際会議)
G. ケナー賞(イギリス・リバプール大学)
1998 (平成10年) 文化功労者顕彰
1999 (平成11年) キング・ファイサル国際賞(サウジアラビア)
C. S. ハミルトン賞(アメリカ合衆国・ネブラスカ大学リンカーン校)
2000 (平成12年) 引用最高栄誉賞(化学部門) (ISI-トムソン・サイエンティフィック)
文化勲章
2001 (平成13年) 有機合成化学協会特別賞
ウォルフ賞(イスラエル)
R. アダムス賞(アメリカ化学会)
ノーベル化学賞(スウェーデン) (授賞式は12月10日)

(26) 代表的な賞状 (レプリカ)

テトラヘドロン賞、日本学士院賞、A. C. コープ賞、文化勲章、ウォルフ賞の賞状を展示。

(27) 野依教授から次世代の若者へのメッセージ (パネル)

2001年10月19日の中日新聞に掲載された「わが国の若い世代へ」と題する野依教授の寄稿記事を大形パネルに加工し展示。主要なメッセージは特別展のパフレットの裏面(下図)にも再録された。

第3回 名古屋大学博物館特別展

■生きる力を身に付けよ

僕の通っていた神戸大付属住吉小学校は、神戸市の六甲山のふもと、赤塚山にあった。僕はいつも放課後は道草して裏山で遊び、木の枝を折って刀代わりにしてチャンバラをしたり、勉強は二の次だった。野山で遊んだこの体験が、僕にとっての生き方の根源になっている。

人生を豊かに生きていくためには、難しい数学や英文法を勉強するというのは、実は枝葉末節の話。知性や感性、技術、体力など、さまざまなものが必要で、つまり人間性が一番大事なのだ。そのためには、若い時代に広い自然の中で一人で生きていく力をつける必要があると思う。

■人間の中でもまれよ

基礎的な力をつけることに加え、人生の節目節目で具体的な問題を達成していくことも大切だ。大局的にものを見ることと、節目で集中して取り組むこと。対立しているようで両方が大切なことだ。方程式はないが、どう整合性を持たせるか。若いときから、自然や社会、人間とはどういうものかを常に考える基本姿勢を持つことが大事だ。

■「現場」に身を置け

君たちが理科離れをしているという話がある。理科の授業時間が少ない、先生の質が問題など、いろいろ原因はあるが、一番大きな問題は、君たちが小さいときから自然に接する機会がないということだ。

化学式とか物理の法則をただ学ぶということではなく、自然を理解し、自然の力や知恵を借りて人生をどう豊かに送るかが、理科を学ぶ一番の目的だと知ってほしい。

授業というのは君たちが自ら学ぶためのきっかけや要点を与え、基礎原理を少し手ほどきするだけ。君たち自身が自然の中で行動することによって、理科の知識や考え方が本当に身に付く。

野依良治

わが国。若い世代へ

■「個」と「私」の違い

まずは個人の能力を確立し、優れた個人となってほしい。ただ、「個」イコール「私」ではない。優れた個人になることは大事だが、その個たちが公に資する気持ちを持つ必要がある。リーダーとしての立場を得た人たちは、その期待にこたえて「公」に対して成果を返さなければならない。ノーブレス・オブリージュという言葉がある。高い身分を持つ者には、それ相応の責任と義務があるということだ。日本にはたくさん優秀な人がいるが、この点を忘れていないのだろうか。

■現実世界に生きる

最近、僕がよく言うのは「リアル・ワールド(現実の世界)に生きる」ということだ。モデルとかシミュレーションとか言い過ぎる。モデルはあくまでモデル。決して実物ではあり得ない。「仮想社会」で人間をしているつもりだが、それは人間ではない。

■リーダーたちの責任

今の社会はどうだろう。あらゆる組織のリーダーたちが、激動する国際社会に付いていけず、場当たりのしか物を考えられないように見える。それを思うと、現代は全然、豊かではない。次世代、次々世代につけを回す借金で豊かに見えるだけだ。二十代で幕府を倒した坂本龍馬のような強い個性と意志を持った人間がいるだろうか。リーダーをきちんと養成する必要がある。

■人との調和が大事

何よりも大事なのは、友達だ。最近、少年非行が問題になっている。今の君たちは、幼いときから「小さな社会」づくりに慣れていない。社会は、いろんな人の集団だ。例えば、腕っ節の強いやつがいたとして、それにどう対応していくか。柔道のように押したり引いたりを体で覚えること、そして知恵が人間社会では大事なのだ。

中日新聞10月19日付朝刊より一部抜粋

NUM

特別展関連イベント

- (1) 2001年12月26日に野依教授のノーベル化学賞受賞記念式典と祝賀会がウェスティンナゴヤキャッスルで行われた。祝賀会場の一角に特別展のパネルが展示され、遠山文部科学大臣をはじめとする約800人の見学者があった（下図）。



- (2) 野依教授のノーベル化学賞受賞を記念した植樹（下図左）と碑の除幕式が、2001年12月28日に名古屋大学博物館（古川総合研究資料館）の前庭で行われた。

次世代の若者に「明日は野依先生のようになろう」、そういう気持ちでがんばってほしいという趣旨から、記念樹にはヒノキ科常緑樹のアスナロが選ばれた。アスナロの横には野依教授の研究フィロソフィーである「研究は瑞々しく単純明快に」の文字（野依教授の直筆）が彫られた縦75 cm、横100 cm、高さ90 cmの記念碑（下図右）が設置された。記念碑は野依教授の研究を代表するBINAP触媒のベンゼン環を模して六角形に成型されている。この記念碑の岩石にはノーベルの故郷であるスウェーデン産の約19億年前の赤色御影石が使われた。



(報告者：足立 守)