

08-492

ナノ空間の特性を活かした新しい固体触媒化学の開拓 Development of Novel Heterogeneous Catalyses Applying Characteristics of Micro- and Mesoporous Materials

東京工業大学資源化学研究所教授 岩本正和
Masakazu Iwamoto

略歴 昭和23年10月26日生

- ◇ 46年 九州大学工学部応用化学科卒業
- ◇ 51年 九州大学大学院工学研究科応用化学専攻博士課程単位取得退学
- ◇ 51年 工学博士(九州大学)
- ◇ 51年 長崎大学工学部助手
- ◇ 56年 同 助教授
- ◇ 62年 宮崎大学工学部教授
- 平成 2年 北海道大学触媒化学研究センター教授
- ◇ 12年 東京工業大学資源化学研究所教授
- ◇ 20年 東京工業大学フロンティア研究センター教授

受賞歴 昭和58年 日本化学会進歩賞

- 平成 3年 新技術開発財団法人村学術賞
- ◇ 6年 英国王立機械学会 Crompton Lancaster Medal (論文賞)
- ◇ 7年 日本化学会学術賞
- ◇ 12年 日本化学会化学技術賞
- ◇ 13年 触媒学会学術賞
- ◇ 19年 文部科学大臣表彰科学技術賞

業績の概要

岩本正和博士は、ナノメートル領域の規則性空間を有する無機多孔体の特性を解明するとともに、新奇な事象の発見に基づいて独創的な触媒反応系の開発に成功した。まず、銅イオン交換ゼオライトの特異な酸素脱離能を発見し、それに基づいて一酸化窒素の低温接触分解に世界で初めて成功した。博士はその後、本反応系を炭化水素による窒素酸化物の選択還元を展開し、現行自動車排ガス処理触媒の実現に先導的な原理を提供した。さらに、シリカナノ多孔体が既知の概念では予測できない酸触媒能を示すことを発見し、多くの特異な酸触媒反応系を開拓するとともに、新たに創製したニッケルイオン修飾シリカナノ多孔体を用いるとバイオエタノールからプロピレンへの変換が可能であることを究明した。また、不斉接触酸化能を有する金属イオン担持ナノ多孔体の調製、希少元素の高効率捕集剤の開発等も達成している。博士の研究は、基礎的な新事象の発見、それに基づく新触媒反応の着想、重要産業プロセスの実現と展開しており、学術・実業の両面において化学と化学工業に大きなインパクトを与えている。

岩本正和博士の研究を三分野に大別して紹介すると、まず、一酸化窒素NO無害化のための触媒反応系の開拓があげられる。大気汚染物質であるNOの無害

化には接触分解が最も優れた方法であるが、酸素による活性阻害のため有効な触媒が見つからないままに研究は中断されていた。これに対し、岩本博士は銅イオン交換ゼオライトCu-Z上の酸素が低温で脱離することを見出し、NO接触分解への適用を着想した。この着想は高活性Cu-Z触媒の発見へと展開した。同博士は、活性とゼオライト構造・Si/Al比の相関、銅ダイマー種の酸化還元サイクル等を究明した。Cu-Zの触媒活性は現在でも世界最高であり、世界中の触媒研究者の改良、反応機構解明、応用研究の対象となっている。

次いで、同博士は酸素と炭化水素の共存下でNOが選択的に還元される現象HC-SCRを見出し、NOの接触除去に新局面を開いた。同博士は高活性化を達成するとともに反応機構や活性制御因子を解明し、新しいプロセスの指導原理を確立した。本成果は「酸素共存下でのNOの選択還元はアンモニアでのみ可能」という触媒化学の常識を覆し、NOの還元で酸素共存が必要という新概念を確立した点が特筆される。約30年前、三元触媒法とアンモニア選択還元法が実用化され、世界中でNO関連の研究がほとんど行われなくなった時、独自の着眼に基づいて、本質的に優れた反応系を発見し、新たな方法論を開拓した岩本博士の独創性は国際的に高く評価されている。

二つ目はシリカナノ多孔体M41に関する研究であ

る。岩本博士は、他の反応を検討中、M41が極めて特異な酸触媒として機能することを発見した。その酸特性は従来の固体酸や均一系酸の作用とは著しく異なっており、カルボン酸によるフリーデルクラフツァシル化、アセタール選択的な向山-アルドール縮合、エポキシドのシス選択的ジオール化等が進行する。同博士は、この酸触媒能が表面シラノールの集合、すなわち弱酸点の協奏によって誘起されることを提案している。

岩本博士はシリカナノ多孔体への新奇な金属イオン担持法を開拓し、その方法で調製したニッケルイオン担持体Ni-M41がエチレンをプロピレンへ転換できること、反応が二量化・異性化・メタセシスで進んでいることを見出した。博士はさらに本反応系を拡張し、バイオエタノール→プロピレンをも達成した。これはバイオポリマー合成に道を拓くものとして実業界の大きな注目を集めている。

三つ目は、活性点構造の精密制御に関する業績である。まず、ゼオライト中の交換カチオン位置を精密制御し、酸素が選択的に吸着するZn-K-A型ゼオライトを調製した。また、シリカナノ多孔体の細孔径を光制御する方法を開発し、ジアリールエテンの光異性化効率を大きく向上させた。さらに、ナノ多孔体の調製においてテンプレートイオン交換TIE法および壁イオン交換WIE法等の新しい方法を開拓した。TIE法は、シリカナノ多孔体の細孔壁に金属イオンを高分散担持できる方法として世界中で多用されている。また、本法で調製したTi系触媒、Cu系触媒が補助剤の存在化、不斉酸化に活性であることを世界で初めて実証した。さらに、WIE法を活用して種々の複合酸化物多孔体を調製するとともに、水中のヒ酸イオンやリン酸イオンの高効率イオン交換除去法を開拓した。

最後に、同博士の研究の基盤となっている基本理念に触れたい。即ち、このような新分野の発見・開拓は、同博士が規則性ナノ空間物質を「規則性細孔」や「大表面積」等の既知の概念で捉えるのではなく、「細孔内表面の均一性を活用する」、「細孔内で基質を多点的に活性化する」、「すべての構成元素がほぼ表面に位置する特性を利用する」等の独自の着眼・着想で捉え、それまで実現困難と考えられていた事象に果敢に挑戦したからこそ可能になったと言える。これらの研究が未知の分野を開拓し、「夢の反応」を実現したものであったが故に、世界的な研究動向に決定的な影響を及ぼすとともに、実業界へも大きなインパクトを与えた。ここで紹介した触媒反応の多くが実用化あるいは企業との共同研究に発展していることを特筆したい。これらの成果によって、同博士は世界の主要な国際会議で多くの基調講演を行っている。また、論文被引用回数も極めて多い。以上のように岩本博士は研究・実業の両面において世界の触媒化学・環境化学・工業化学を先導している。

業績に関する主要文献

- 1) M. Iwamoto, H. Yahiro, K. Tanda, N. Mizuno, Y. Mine, S. Kagawa, "Removal of Nitrogen Monoxide through a Novel Catalytic Process. 1. Decomposition on Excessively Copper Ion Exchanged ZSM-5 Zeolites", *J. Phys. Chem.*, 95, 3728-3732 (1991).
- 2) M. Iwamoto, H. Hamada, "Removal of Nitrogen Monoxide from Exhaust Gases through Novel Catalytic Processes", *Catal. Today*, 10, 57-71 (1991).
- 3) M. Iwamoto, N. Mizuno, "NO_x Emission Control in Oxygen-rich Exhaust through Selective Catalytic Reduction by Hydrocarbon", *J. Automobile Eng.*, 207, 23-31 (1993).
- 4) M. Iwamoto, Y. Hoshino, "Assignment of Nonclassical [Cu(CO)_n]⁺ (n=1, 2) Complexes in Zeolite Cages", *Inorg. Chem.*, 35, 6918-7922 (1996).
- 5) M. Iwamoto, T. Zengyo, A. M. Hernandez, "Intermediate Addition of Reductant between an Oxidation and a Reduction Catalyst for Highly Selective Reduction of NO in Excess Oxygen", *Appl. Catal. B: Environmental*, 17, 259-264 (1998).
- 6) Y. Tanaka, N. Sawamura, M. Iwamoto, "Highly Effective Acetalization of Aldehydes and Ketones with Methanol on Siliceous Mesoporous Material", *Tetrahedron Lett.*, 39, 9457-9461 (1998).
- 7) M. Iwamoto, Y. Tanaka, "Preparation of Metal Ion-planted Mesoporous Silica by Template-ion Exchange Method and Its Catalytic Activity for Asymmetric Oxidation of Sulfide", *Catal. Surv. from Jpn.*, 5, 25-35 (2001).
- 8) M. Iwamoto, Y. Tanaka, N. Sawamura, S. Namba, "Remarkable Effect of Pore Size on the Catalytic Activity of Mesoporous Silica for the Acetalization of Cyclohexanone with Methanol", *J. Am. Chem. Soc.*, 125, 13032-13033 (2003).
- 9) M. Iwamoto, H. Yahiro, "Zeolites in Science and Technology of Removal of Nitrogen Monoxide", *Handbook of Zeolite Science and Technology*, P. K. Dutta Ed., Marcel Dekker, Inc., New York, 951-978 (2003).
- 10) H. Okada, N. Nakajima, T. Tanaka, M. Iwamoto, "Improvement in Photocyclization Efficiency of Diaryl Ethenes by Adjusting Pore Size of Mesoporous Silica", *Angew. Chem. Int. Ed.*, 44, 7233-7236 (2005).
- 11) P. Wu, Y. Liu, M. He, M. Iwamoto, "Postsynthesis of Hexagonally Packed Porous Zirconium Phosphate through a Novel Anion Exchange between Zirconium Oxide Mesophase and Phosphoric Acid", *Chem. Mater.*, 17, 3921-3928 (2005).
- 12) M. Iwamoto, Y. Kosugi, "Highly Selective Conversion of Ethene to Propene and Butenes on Nickel Ion-Loaded Mesoporous Silica Catalysts", *J. Phys. Chem. C*, 111, 13-15 (2007).