

触媒技術の動向と展望 2008

- 目次 -

第一編 研究動向

1. 時評「何のための触媒研究か」		
	元会長 諸岡良彦	3
2. 触媒年鑑によせて「触媒年鑑を使いこなせているか」		
	H19年度会長 岩本正和	5
3. 研究動向		
[1] 金属触媒		
	九州大学 岸田昌浩	9
[2] 酸化物触媒「プロピレンの合成法の現状とその触媒」		
	東京工業大学 馬場俊秀	19
[3] 生体・錯体触媒「ナノサイズ分子触媒の展開」		
	京都大学 辻 康之	32
[4] 有機化学「錯体触媒による炭化水素類への環境調和型酸素添加反応」		
	神奈川大学 引地史郎	40
[5] 高分子化学		
	名古屋大学 上垣外正己	51
[6] 先端研究分野とロードマップ		
[6.1] 「水素の製造と利用のための触媒技術」		
	(独)産業技術総合研究所 濱川 聡	65
[6.2] 「環境触媒研究」		
	名古屋大学 薩摩 篤	69
[7] キャラクターゼーション(NMR)		
	(独)物質・材料研究機構 清水禎、丹所正孝	72
[8] バイオマスの高度利用技術開発動向 「バイオマスの触媒転換」		
	(独)産業技術総合研究所 村田和久	82
4. 工業触媒注目技術		
[1] バナジウムメタロセン系触媒によるブタジエン重合技術		
	宇部興産(株) 村上真人	90
[2] 新規 N-ビニル - 2 - ピロリドン製造技術の開発		

	(株)日本触媒 嶋崎由治	99
[3] ディーゼルパーティキュレートフィルタ (DPF) 触媒技術		
	マツダ (株) 高見明秀	108
5. 海外触媒技術動向		
	(株)三菱化学テクノロジーサーチ 大竹正之	118
6. 平成 19 年度の科学技術政策および触媒関連国家プロジェクトの動向		
	(独)産業技術総合研究所 島田広道	153
7. 国内で開発された新規触媒技術		
	出版委員会、(株)三菱化学テクノロジーサーチ	164
8. 参照触媒部会の発足と活動方針		
	島根大学 岡本康昭	193
9. 特別寄稿：産総研 関西・中部センターの紹介		
	(独)産業技術総合研究所 松村安行、山崎 眞一、秋田知樹、 桜井宏昭、尾崎利彦、多井 豊、坪田 年	197
10. 特別寄稿：「SPring-8 の触媒研究への取り組み」		
	(財)高輝度光科学研究センター 杉浦正治、本間徹生、宇留賀朋哉	206
11. 特別寄稿：「環境ナノ触媒」プロジェクト		
	(独)科学技術振興機構 松田臣平	218

第二編 講演会等の記録

1. 第 43 回触媒フォーラム「環境/エネルギー問題を支える触媒技術とシミュレーション」		
[1] 第一原理シミュレーションから見た水素電極反応	CREST-JST、産業技術総合研究所 池庄司民夫	238
[2] クリーンディーゼル対応 NOx 浄化触媒の開発	(株)本田技術研究所 佐藤尚宏	241
[3] 酸化物の酸化還元特性とディーゼルパーティキュレート燃焼活性	九州大学 石原達己	248
[4] ゼオライトマトリックス上に存在する触媒活性点の構造および電子状態に関する研究	宇部興産(株) 後口 隆	254
[5] クリーン燃料と超深度脱硫触媒の開発	島根大学 岡本康昭	259
2. 触媒学会受賞技術 (第 100 回触媒討論会依頼講演)		
[1] 新規酢酸エチル製造プロセスの開発	昭和電工(株) 内田 博、中條哲夫、畑中 滋、辻 勝行	265
[2] スチレン製造プロセスにおける高選択性水素酸化触媒の開発	三菱化学(株) 西山貴人、滝口 真、和食 伸、岩倉具敦、伊集院隆希	270

3. 第99回・第100回触媒討論会注目発表

- [1] 第99回触媒討論会注目発表 273
[2] 第100回触媒討論会注目発表 281

第三編 国際会議の記録

1. 国内開催国際会議から

- [1] GSC-AON2007 (Joint Meeting of the 1st Asian-Oceanian Conference on Green and Sustainable Chemistry and the 7th Annual GSC Symposium)
GSC ネットワーク 事務局 内藤 豊 307
- [2] MICS2007 (The 3rd Mitsui Chemicals International Symposium on Catalysis Science)
三井化学(株) 川合浩二、藤田照典 309
- [3] SOFC-X (10th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells)
京都大学大学院工学研究科 松井敏明、江口浩一 311
- [4] Joint Symposium on Fundamental Aspects of Nanostructured Materials and Electrocatalysis
北海道大学触媒化学研究センター 大澤雅俊 313
- [5] OMCOS14 (The 14th IUPAC International Symposium on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis)
東京工業大学大学院理工学研究科 伊藤正人 315
- [6] COIL-2 (2nd International Congress on Ionic Liquids)
鳥取大学工学部 伊藤敏幸 317
- [7] MMC12 (12th IUPAC International Symposium on MacroMolecular Complexes)
九州大学先端物質化学研究所 大塚英幸 319
- [8] 20th International Catalysis Research Center Symposium on In-situ Characterization of Catalyst-Presence and Future Aspects
北海道大学触媒化学研究センター 朝倉清高 321
- [9] Nanoworkshop 2007 in Kobe (The 3rd International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites)
神戸大学大学院工学研究科 水畑 穰 323
- [10] ICIE'07 (4th International Conference on Ion Exchange)
千葉大学大学院工学研究科 島津省吾 325

2. 海外開催国際会議から

- [1] MACS-IV (4th International Symposium on Molecular Aspects of Catalysis by Sulfides)
東京農工大学大学院共生科学技術研究院 永井正敏 327
- [2] The 11th Korea-Japan Symposium on Catalysis
秋田大学工学資源学部 中田真一 329
- [3] GSC-3 (3rd International Conference on Green and Sustainable Chemistry)
東京工業大学大学院理工学研究科 山中一郎 331

[4] International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis	東京大学大学院理学系研究科 唯美津木	333
[5] ISOM17 (17th International Symposium on Olefin Metathesis)	東京工業大学資源化学研究所 竹内大介	335
[6] 15th IZC (15th International Zeolite Conference)	東京大学生産技術研究所 小倉 賢	337
[7] Europacat VIII: From Theory to Industrial Practice	九州大学大学院総合理工学研究院 永長久寛	340
[8] CRC International Symposium in Lyon "Cross-Couplings & Organometallics"	北海道大学触媒化学研究センター 高橋 保、小笠原正道	342

第四編 触媒学会活動記録

1 . 表彰受賞者リスト		347
2 . 部会・研究会アニュアルレポート		
[1] 参照触媒部会		348
[2] ファインケミカルズ合成触媒研究会		350
[3] 有機金属研究会		352
[4] コンピュータの利用研究会		354
[5] 生体関連触媒研究会		356
[6] 精密表面材料研究会		358
[7] 重合触媒設計研究会		360
[8] 高難度選択酸化反応研究会		362
[9] 水素の製造と利用のための触媒技術研究会		364
[10] メタン関連触媒研究会		366
[11] 規則性多孔体研究会		368
[12] 燃料電池関連触媒研究会		370
[13] 光触媒研究会		372
[14] 環境触媒研究会		374
[15] 工業触媒研究会		375
[16] 触媒機能の基盤研究会		377
3 . 各地区活動記録		
[1] 北海道地区		378
[2] 関東地区		379

[3] 関西地区	380
4 . 活動カレンダー	382

第五編 工業触媒の技術と動向

1 . 触媒工業の概況について		
	触媒工業協会 榊 孝雄	387
2 . エンジニアリング会社から見た最近のプラントビジネスとプロセスの動向	日揮(株) 本田一規	
	触媒化成工業(株) 堀江隆久	395
3 . 触媒が関わる主要プロジェクトの動向		
	年鑑出版実行委員会	408

第六編 工業触媒リスト

スポット情報

自然冷媒、代替フロン関係の特許出願件数推移と各種規制	18
後処理技術の技術区分別出願件数推移	81
今後の日本、米国、欧州のディーゼルエンジン排気ガス規制	107
CO 濃度の年平均推移 (1970 ~ 2005 年)	205
首都圏浮遊粒子状物質濃度環境基準達成状況(自排局)	269
欧州ディーゼル乗用車の新車登録台数推移	381

広告

株式会社日本触媒	234
川研ファインケミカル株式会社	304
昭和電工株式会社	344
日揮化学株式会社、日揮ユニバーサル株式会社	384
三井化学株式会社	444
触媒学会	498

執筆者索引

編集後記

時評、何のための触媒研究か

諸岡良彦

1. 概要

触媒研究に画期的な契機となった空中窒素固定法が成功してからほぼ一世紀を経過した。当時は産業革命の世界的な拡散の結果、増加した人口を支えるための食糧増産の解決策として、窒素肥料の供給が緊急の課題だったのである。

1898年、大英学術協会の Crookes 卿は、会長演説で人工的に大気中の窒素を固定する必要性を訴え、Ostwald、Nernst、Le Chatelier、Ramsay 等の化学史に名を残す錚々たる研究者が競い合った結果、カールスルーエ工科大学の Fritz Haber が 1909年、600℃、175気圧という当時としてはかなり厳しい条件で、オスミウムを触媒として窒素と水素よりアンモニアを合成することに初めて成功したのだった。

Haber の成功の鍵は、熱力学的なデータも不十分な時代に、化学平衡を綿密に測定し、適切な反応条件を選んだことである。1908年初からは Bosch を長とする BASF の研究グループが加わり、高圧反応装置やその材質、オスミウムに替る工業的に使用可能な触媒の探索等に努力した結果、最初の合成工場が稼動したのは第一次世界大戦直前の 1913年であった。この成功が火薬製造の不安も解消し、自国の皇太子夫妻暗殺に端を発したオーストリアからの対セルビア宣戦布告の可否を問われたドイツ軍の参謀総長と皇帝ヴィルヘルム II 世に、開戦の決断を踏み切らせたという伝説の生まれる所以である。戦争は軍首脳部の目論見とは異なり、長期戦となって、ドイツの敗戦に終わったが、当初日産数 t 規模で始まった工業生産は、敗戦時には 9万 t/年の規模に達したのである。

Haber-Bosch 法の成功は 2人のノーベル賞受賞者を生み出した。Haber は第一次大戦中中断されていたノーベル賞が再開された 1918年、直ちに化学賞を受賞した。触媒反応という概念は Berzelius や Ostwald によって既に確立されていた。金属触媒により常温で不活性な分子を活性化し反応させる例も、白金による SO₂ の酸化で大規模に行なわれていた。やはり Haber の受賞理由は、科学上の新概念の確立よりは窒素資源の開発という社会的な影響が重視されたのだろう。当時はノーベルの直接の遺志でもあったように、賞の選定理由も現在ほど純科学に片寄ってはならず、発見の与える影響や実利的結果も考慮されたのである。

Haber-Bosch 法の確立には多くの協力者がいた。触媒を使って平衡的に生成系に有利な高圧条件下で合成を行なうというアイディアは Haber の考えたことだが、高圧反応技術や実用触媒の開発は BASF の技術者達の貢献である。高圧下で水素ガスの共存する反応装置には材質の問題があった。鋼中の炭素が水素化され、それが基で破壊が起こるのである。Bosch はこの他多くの高圧反応に伴う技術的難問を解決し、1931年、石炭液化に成功した Bergius と並んでノーベル化学賞を受賞した。理由は高圧化学反応の開発であったが、事実上はアンモニア合成による二人目の受賞である。

Haber-Bosch 法の基本特許は敗戦国ドイツの賠償金の一部として、世界に公開され、これが基で多くの化学工業が発展した。日本でも現産業技術総合研究所の化学部内や旭化成、昭和電工、三井化学などの企業が何等かの意味でアンモニア合成に設立の基礎を置いている。Bosch 自身も旧 IG の社長として、大戦後のドイツ化学工業界に君臨した。

Haber-Bosch 法成立の鍵となったのは触媒である。鉄という元素に最初に着目したのは Haber もその一人であるが、鉄単独では低活性ですぐに放棄された。BASF は密かにオスミウムをヨーロッパ中から買い集めたが、その量は 1プラント分にも不十分であった。Fe₃O₄-

触媒年鑑を使いこなせているか

平成 19 年度会長 岩本正和

触媒学会は 2008 年に創立 50 周年の節目を迎える。本年鑑はこの記念すべき年に発刊される。触媒化学の現状を俯瞰することはもちろん、次の 50 年を目指すための一里塚の役目を負っていると考えられる。そのように重要な年鑑にたまたま会長を仰せつかっている身として一筆啓上することとなった。私のような文章を上梓するのに相応しいかどうかはともかく、研究時間のほとんどすべてを触媒化学に捧げつつある者としては望外のことである。本年鑑の編集委員会からいただいた仮題は「触媒年鑑に寄せて」であった。そのようなことをこれまで真剣に考えたことは無かったが、せっかくの機会なので年鑑の役割、それを考えるための学問や研究のあり方について私見を記したい。

化学あるいは触媒化学の位置

触媒化学という学問体系が社会でどのように捉えられているかを考えるために、まず化学の位置づけを議論しよう。自然科学・工学の中で現代化学が占める位置は非常に曖昧になっている。現在、生物を化学物質の集合体として記述し、生命現象を化学反応で語れるようになりつつある。また、化学研究の成果である燃料電池、太陽電池、液晶、光機能材料等が普及し、化学が新しい電気製品誕生の基礎になっていることは広く知られている。これらはもちろん化学の発展・進化の発露であり、例えば生物分野が化学に置き換わりつつあると考えることが出来る。しかし、逆の立場から見ると化学は生物や電気の進化を下支えしているに過ぎないとも言える。すなわち化学が単なる手段になっている、あるいは希薄化していると捉えることも出来る。希薄化がさらに進めば、化学は科学や工学に内在してそれらを支えるだけの学問体系になってしまう恐れがある。これら二つの見方はいずれも偏っていると思う。つまり、これらの事象は、科学や工学を狭い範囲で区分・規定する従来の学問体系が種々の分野の境界がなく協働で作業する学問体系へ大きく変化していることを示しているように思う。本来何の境界も存在しない事象を人類は便宜的に理科や数学等に区分し、さらに理科を物理、化学、生物等に細分化してきた。その時代が終わりつつある。現代化学がこのような状況におかれ、我々自身が意識改革を迫られているとの現状認識に立って触媒化学の果たすべき役割を考える必要がある。

触媒化学は反応を制御する学問体系である。化学そのものと言っても過言ではない。触媒化学が学問的にも社会的にも新しい時代にふさわしい役割を果たし、世の中で評価されること、即ち触媒化学の進化こそが我々に課せられた責務である。我々はまず上記の観点から、他の研究分野や学会との協働作業を視野に入れつつ、触媒化学の活躍範囲を広げる方向で努力しなければならない。このためには研究者自身が自分の研究をリセットする勇気を持ち、形式ではなく本質にせまるための方法論を模索する必要がある。具体的には研究において多くの試行錯誤を許容すること、討論会の他学会との共同開催、触媒誌の他分野特集、研究会の幅の拡大等が求められる。これらの具体的活動を通して次の半世紀での飛躍を期すべきであろう。

日本の触媒学会は世界の触媒研究の中心の一つである。これをさらに盛り上げ、世界の科

[3-2] 酸化物触媒

プロピレンの合成法の現状とその触媒

東京工業大学 馬場俊秀

1. はじめに

石油化学が発達した今日、エチレンやプロピレンは重要な有機基幹物質である。このうちエチレンは、その生産方法が地域によって大きく異なっている。例えば、北アメリカでは天然ガス中にエタン、プロパン、ブタンなどを多く含むので、これを原料としてエチレンを得ている。これに対し西ヨーロッパでは、ナフサからエチレンを生産している。一方、これまでプロピレンはエチレンが生産される際の副産物という位置づけであった。ところが最近、オレフィンに対する需要の変化からプロピレンの需要が高まり、その合成に注目があつまっている。¹⁾ そこで本章ではプロピレンの合成法の現状について述べる。

2. プロピレンの工業的製造法

現在行なわれている主なプロピレンの工業的製造法は以下の通りである。

- 1) ナフサのクラッキング（水蒸気共存下）
- 2) ナフサの流動接触分解（Fluid Catalytic Cracking）
- 3) プロパンの脱水素（酸素共存および非共存下）
- 4) オレフィン転化（メタセシス、オレフィンの分解）
- 5) メタノール（又はジメチルエーテル）の転化

上記1)～5)の製造法は、地域性、原料の入手法、経済状況等に基づいて適したそれぞれ反応（製造法）が選択されていることは言うまでもない。このなかで1)および2)の製造法は、現在の石油化学をささえているオレフィン製造法である。²⁾³⁾⁴⁾

一方、3)のプロパン脱水素反応によるプロピレン合成法では、1)、2)に比べ極めて高い選択率でプロピレンが生成することが特徴である。例えば、プロピレンの選択率は85wt%以上である。触媒には γ - Al_2O_3 にPt担持したものや、VやMo、Cr酸化物などが用いられている。⁵⁾⁶⁾⁷⁾ 反応は吸熱反応であるので、温度を高温に保つことが必要である。この合成法が有効な所はプロパンの価格が安価であり、プロパンが容易に確保できる地域やコンビナートでは優れたプロピレンの合成法となる。例えば、ナフサの分解装置やガソリンのリファイナリーを設備している所では副生するプロパンを有効利用できる。また、プロパンを多く含む天然ガスを産出する地域や、更にはフッシャートロブシュ（FT）合成の反応装置を設備している所でも有効な製造法となる。

4)のオレフィン転化では異なる2つの合成法（オレフィンのクロスメタセシス反応とクラッキング反応によるプロピレン合成）がある。前者のオレフィンのメタセシス反応は、工業的に重要な反応のひとつである。この反応は現在のプロピレンの不足を補うための有効な反応のひとつとなっている。具体的には、クロスメタセシス反応によってエチレンと2-ブテ

[3-3] 生体・錯体触媒

ナノサイズ分子触媒の展開

京都大学大学院工学研究科 辻 康之

遷移金属を用いる均一系分子触媒反応¹⁾は、有用な化学物質を生産する上で欠かせないプロセスである。いくつかの反応はすでに工業化され、医薬品などの精密化学物質の合成などに応用されている。また、これらの反応は学術的にも極めて高い評価を受けている。不斉触媒反応（2001年）²⁾ならびにメタセシス（2005年）³⁾がノーベル化学賞の受賞対象となったことは記憶に新しい。これまでの不斉触媒反応を含む分子触媒反応の開発は、単核中心金属周りごく近傍の数オングストローム圏内の修飾と最適化を主として行い、多くの成功を修めてきたが、一方限界に近づきつつもある。このため、分子触媒の機能および効率を飛躍的に高めるためには、新たな概念の創出、そしてその実現が必要である。このような背景のもと、数ナノから数十ナノメートルの従来に比べより大きい触媒環境を有する均一系分子触媒の設計・合成に関する研究が注目されている。

1. ナノ分子触媒の特徴と設計

固体触媒系においてもゼオライトやカーボンナノチューブなどのナノ制御された空間を利用した反応が活発に研究されている。また、金属ナノ粒子の触媒作用も興味深い。⁴⁾しかし、これらナノ空間を任意に設計・修飾することは比較的困難であるのが現状である。これに対して、均一系分子触媒の場合、触媒は「分子」であり、最新の有機合成、有機金属化学的手法を用いて、任意に近い設計・合成が可能である。さらに近年、理論化学ならびにコンピューターの進歩は著しい。特に分子触媒などのような分子性を有する物質に対する理論計算の精度は実用レベルに到達している。⁵⁾

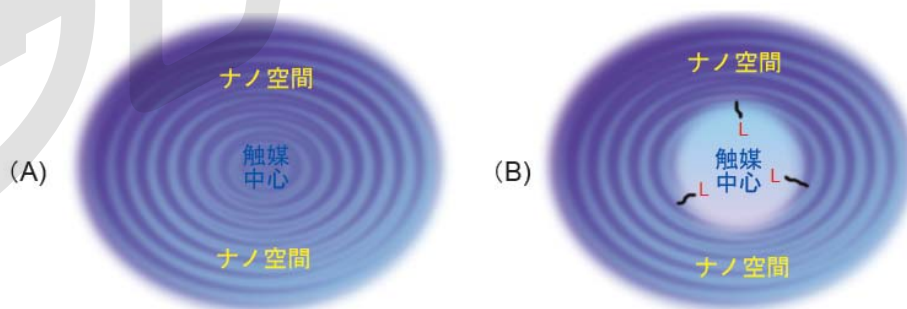


図1 ナノ空間における触媒中心

分子触媒は温和な条件下において高効率で作用するものの、立体的に込み入った環境では十分な活性を示すことが出来ないことが多い。そこで、ナノ空間に分子触媒中心を配置する場合、触媒中心金属の周辺が混み合った状態（図1(A)）ではなく、その周辺に必要な触媒反応場を確保することが重要である（図1(B)）。

海外の触媒技術動向

(株) 三菱化学テクノロジーサーチ 大竹正之

1. 世界の化学工業と触媒研究の動向

2007年の化学産業は好調な繁栄を持続してきたが、燃料、原料価格の高騰が進み、その供給安定性に対する懸念は日本ばかりでなく、欧米でも拡大している。アジアに重心の移ってきた感のある世界の石油化学産業であるが、中国、シンガポールがその頂点にある。中国の2007年のエチレン生産量は1,000万t/yの大台を超えた。台湾では台湾プラスチック(FPC)の新鋭大型エチレンプラント(麦寮、120万t/y)が4月に稼動開始した。シンガポールEDB(Economic Development Board)ではエチレン生産量を今後3年以内に400万t/yまで増強、最終的には800万t/yまで引き上げる方針である。Shell、ExxonMobilが80万t/yプラント建設を予定している。BASF、三井化学、Shellが研究所を設置するなど、基盤強化も万全である。(ICIS Chem Business, 2007/04/09-15, p14)

原油価格の高騰で豊富な資金力を手にしたサウジアラビア、クウェート、UAEは国内、対外(対米国、欧州に75%)の投資を強力に推進する。安価な原料を使用して好調な化学品事業を展開してきた中東、特にサウジアラビアでは石油以外の輸出額が増加、2007年以降、さらに大型化学プロジェクトが相次いで完成する。液化天然ガス(LNG)、GTL生産などで注目されるカタールはラスラファン、メサイードなどの工業都市建設を進め、巨大空港建設を推進する首都ドーハは繁栄を極めている。ナフサ原料に依存しているアジアなどの石油化学では、新規ガス田開発で大幅な増産がみこまれる随伴ガス(ブタンなどLPG)の原料化が進む。溢れるほどの資金力を手にしたサウジアラビアの石油鉱物資源省は、今後汎用品中心の石油化学計画を一切承認しない方針を打ち出している。Saudi Aramcoはラビーグ(住友化学と合弁)、ラストヌラ(Dow Chemicalと合弁)で、またSabicもサウジカヤンで芳香族、フェノールなどの誘導品プロジェクトを推進、中期的には汎用品ばかりでなく、機能製品の事業化を進める方針である(化学工業日報、2008/01/07, p1)。

話題としてはマレーシアでマレー半島を横断する原油パイプライン建設と製油所建設の計画が発表された。タイでも類似計画の発表があったが、現在は立ち消えとなっている。サウジアラビア、イラン、中国などが出資すると見られ、中東産油国の原油販売力強化につながると期待される(日本経済新聞、2007/04/23夕刊、p3)。中東諸国では製油所増強計画が目白押しである。高付加価値化で一層の高収益化をねらっている(Hydrocarbon Process, 2007(4) p21)。また欧州アルセナル買収で鉄鋼世界最大手となって注目されたインド実業家のラクシュミ・ミタルが、インドで複数の製油所プロジェクトに投資、石油化学に進出することを表明している。

世界の化学産業にとって、いよいよ顕在化してきた資源国による資源の国家管理の動きが課題となってきた。アジア最大(サハリン2の3倍近い)のガス田といわれながらCO₂含有量が多いため開発の遅れているインドネシア・ナツナガス田についても事業主体の米

ンサルティングや技術指導を行うとともに、試験設備利用解放等を実施、の二点により地域イノベーション創出メカニズム整備を行うこととされている。③では、「産学連携人材育成事業」（一般会計、28 億円）が新規施策として財務省予算案に計上されている。

3. 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) プロジェクトの動向⁴⁾

3.1 平成 20 年度新規発足プロジェクトの状況

政府予算案で認められた平成 20 年度新規発足予定プロジェクトおよび拡充するプロジェクトについては例年同様「NEDO POST」として公表され、広く意見が求められている。平成

表 1 平成 20 年度発足予定の化学関係プロジェクト

プロジェクト名	規模	キーワード
燃料電池・水素技術分野		
固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発／劣化機構解析とナノテクノロジーを融合した高性能セルのための基礎的材料研究	7 年 70 億円 11 億円(20)	劣化機構解析、高活性・高耐久性の触媒開発、電解質膜開発、自動車用 MEA、PL 山梨大学渡辺政廣教授
燃料電池先端科学研究事業	2 年 20 億円	電極触媒の速度論、電解質材料中の速度論、多層（相）界面速度論、PL 産総研長谷川弘燃料電池先端基盤センター長
水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発	5 年 100 億円 17 億円(20)	水素供給システム、製造・輸送・貯蔵・重点機器等要素技術、次世代技術、調査研究
エネルギー・環境技術分野		
革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト	5 年 9.3 億円(20)	発電から CCS までの FS、高効率発電のための基盤研究
環境調和型製鉄プロセス技術開発 (COURSE50)	5 年 100 億円 5.6 億円(20)	高炉からの CO ₂ 排出削減、COG 改質、CO ₂ 分離回収、廃熱利用
革新的ガラス溶融プロセス技術開発	5 年 20 億円	気中溶解法、カレット融液
革新的太陽電池国際研究拠点整備事業	7 年 20 億円(20)	変換効率 40%、発電コスト火力並、Cool-Earth
ナノテクノロジー・材料技術分野		
次世代高信頼性ガスセンサー技術開発プロジェクト	4 年 9 億円 1 億円(20)	電池駆動、CO、メタン、感ガス粒子の表面積向上
サステナブルハイパーコンポジット技術の開発	5 年 20 億円	炭素繊維、熱可塑性樹脂、複合材料、易加工性
化学物質管理技術分野		
グリーン・サステナブル・ケミカルプロセス基盤技術研究開発	8 年 6 億円	詳細次項

注) 規模における金額は期間中の総額と平成 20 年度の予定予算額((20)で表示)

2008 年度の国内触媒技術関連動向

年鑑出版委員会、(株)三菱化学テクノリサーチ

1. 国内の化学工業と触媒研究の動向

国内化学メーカーは原油価格の高騰で経営環境が悪化しつつも、中国などアジアを中心とした海外市場の発展で収益を維持している。住友化学、三菱化学、三井化学などの中東地区、特にサウジアラビアへの大型石油化学投資があって、完成する 2009 年には海外売上高比率が大幅に拡大すると見られている。

国内の石油化学産業は 2002 年頃から鮮明になってきたオレフィン需給構造の変化に対応してプロピレンセンター化の動きが始まった。エチレン需要の低迷を背景に三井化学が最初にオレフィン・コンバージョン (OCU) を導入・稼動 (2004 年)、また新日本石油など、石油会社がケミカルリファイナリーインテグレーション (CRI) の中でプロピレンや芳香族炭化水素の増産を進めてきた。中国化学産業の拡大を背景に 2007 年にもこうした基調は続いている。

総合科学技術会議はイノベーション 25 中間とりまとめを受けて技術革新戦略ロードマップをとりまとめ、公表した。非可食性バイオマス資源の総合利用推進が前面に出しており、発酵法エタノール、ブタノールの生産とこれを原料とした低級オレフィンの生産技術開発が進むとみられる。

2. 石油化学分野での触媒技術開発

2.1 基礎原料関係

日本の石油化学設備は稼動開始から 30-40 年を経過してため、老朽化対策が活発に進められている。水島の三菱化学、旭化成や千葉・住友化学などが 2007 年の定期修理時を活用して大規模な修繕を行った。石油化学の強化・継続の意思を示している (化学工業日報、2007/08/23, p2)。三菱化学は鹿島事業所にオレフィンコンバージョンユニット (OCU) 15 万 t/y の導入を決定、2007/12 の着工、2008/11 に稼動開始する予定である。2007/12 の火災事故で成り行きが懸念される (化学工業日報、2007/04/06, p2)。

三井化学は 2004 年に導入・稼働開始した OCU プロセスで高活性・高性能触媒を新たに開発、順次導入プラントで採用すると発表した。この触媒は従来のタングステン系メタセシス触媒に複数の金属を担持したものとしており、活性を現行触媒の 30 倍に向上、反応温度を 300°C から 230~250°C に低下、プロピレン選択率を 88% から 94% まで向上できる。パイロットプラントでの実証試験を終了した。14 万 t/y プラントの触媒転換を 2008 年、2009 年に分けて実施、15 万 t/y まで増産を見込んでいる (化学工業日報、2008/02/01, p2)。

三菱グループ、住友化学がサウジアラビア大型石化事業計画を進めているが、三井物産もサウジアラビアにおける大型石化計画に参入する。サウジ・インターナショナル・ペトロケミカル (SIPCHEM) などとの合弁で東海岸アル・ジュベールに世界規模のエタンクラッカー、

「環境ナノ触媒」プロジェクト

科学技術振興機構 技術参事 松田臣平

1. はじめに

「環境保全のためのナノ構造制御触媒と新材料の創製」(略称:「環境ナノ触媒」)プロジェクトは、科学技術振興機構が推進する戦略的基礎研究推進事業「ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ」10領域の一つであり、御園生誠東大名誉教授をリーダー(研究総括)に平成14年10月に5ヵ年計画としてスタートした。平成14年度に9チーム、平成15、16年度に各1チームが採択された。表1に11研究チームの体制を示す。

本プロジェクトはチーム型研究(通称CREST)で、公募により採択が決まり、いわゆる「競争的研究資金」により支援される。平成14年度の公募においては、約70件の応募があり、9研究チームが選ばれた。選考は、アドバイザーの申請書類に基く評価結果及び候補者のヒアリングに基いて、研究総括とアドバイザーにより行われた。アドバイザーは、環境、ナノテク、触媒・材料をキーワードに広い分野から選ばれた(表2に9人のアドバイザーを示す)。

本領域では、ナノメートルオーダーで内部構造、表面構造を精度よく制御した材料を用いて、化学プロセスの高効率化、高選択化を果たし、環境への負荷を大きく低減させることを目標にした。具体的には、①ナノ構造制御された触媒を合成して、画期的に活性、耐久性、立体選択性を高めた化学プロセス、②高効率分離・吸着機能を有する物質の合成、③新しいナノ空間制御法で新材料を合成し、有害物質を完全分解する触媒、吸着除去する新プロセスの開発などを目指した。

なお、本稿は、各チーム代表者からの報告をもとに環境ナノ触媒プロジェクトの技術参事を務めた松田がその責任においてまとめたものである。

表1 「環境ナノ触媒」領域の研究チームと体制
(1-9は平成14年より、10は平成15年より、11は平成16年より参加)

NO	研究代表者	研究課題と研究チームの体制
1	魚住 泰広	「水中での分子変換を実現する遷移金属触媒」 自然科学研究機構 分子研 魚住G 佃G、小江G (九大)
2	奥原 敏夫	「グリーン化学合成のための酸化物クラスター高機能触媒の開拓」 酸触媒G (奥原/北大、馬場/東工大、小川/学芸大、犬丸/広大、松橋/北教大、橋本/和歌山大、中条/昭電、中田/秋田大)、酸化G (水野/東大、大倉/東工大)
3	黒田一幸	「高度に制御されたナノ空間材料の創製」 無機系多孔体G (黒田・菊池・小川/早大、木村/産総研中部セ)、構造評価G (寺崎/ストックホルム大)、無機・有機多孔体G (稲垣/豊田中研、福岡/北大、北川/京大)
4	辰巳 敬	「有機無機複合相の自在変換によるグリーン触媒の創製」： 辰巳G (東工大)、窪田G・荒牧G・吉武G (横国大)、浅岡G (北九州市大)、岩本G (東工大)
5	田 旺帝	「高機能規整酸化物表面創生」： 田 (北大)、大西 (神戸大)

第 43 回触媒フォーラム

「環境/エネルギー問題を支える触媒技術と シミュレーション」

「最近、地球温暖化に代表される環境問題が深刻になりつつあることをあらためて実感させられている。環境問題はエネルギー問題とも直接関係しており、我々が直面している最大の課題である。この解決なしでは明るい未来像は描けない。これらの諸課題を解決するキーとなる技術が触媒技術であり、それを理論的に支えるのがシミュレーションである。これらを縦軸・横軸として課題解決を目指す試みや、それぞれの現状をあらためて認識し、相互の関係を強化する一助となる会議としたい。」との趣旨で、触媒学会の学術委員会、環境触媒研究会、及びコンピュータの利用研究会により、「環境/エネルギー問題を支える触媒技術とシミュレーション」と題して第 43 回触媒フォーラムが開催された。

開催日時 2007 年 10 月 31 日(水) 10 時 30 分~ 17 時

開催場所 名古屋大学ベンチャービジネスラボラトリ

内容

- | 講演題目 | 講演者 |
|---|--------------------------------|
| 1) 「第一原理シミュレーションから見た水素電極反応」 | 池庄司民夫
(CREST-JST、産業技術総合研究所) |
| 2) 「クリーンディーゼル対応 NO _x 浄化触媒の開発」 | 佐藤尚宏
(本田技術研究所) |
| 3) 「酸化物の酸化還元特性とディーゼル
パティキュレート燃焼活性」 | 石原達己
(九州大学) |
| 4) 「ゼオライトマトリックス上に存在する
触媒活性点の構造および電子状態に関する研究」 | 後口 隆
(宇部興産) |
| 5) 「クリーン燃料と超深度脱硫触媒の開発」 | 岡本康昭
(島根大学) |

見学会

名古屋大学 触媒関係研究室の見学

GSC-3 (3rd International Conference on Green and Sustainable Chemistry)

東京工業大学理工学研究科 山中一郎

会議の概要

開催日：2007年7月1日～5日

場 所：Delft University of Technology, The Netherlands

歴史やバックグラウンド

環境に優しく持続可能な社会の確立のために必要な化学技術に焦点をあてた GSC (Green and Sustainable Chemistry) 国際会議は、まず第1回が2003年に日本(東京、早大)で開催され、アカデミアだけでなく多くの日本の化学産業関連企業が参加し、GSC に対する期待の大きさが反映されていた。第2回会議(GSC-2)は2005年に米国(ワシントン D.C.)で開催され、そして今回の第3回会議(GSC-3)は Roger A. Sheldon (Delft Univ. Tech.) 教授が議長を務められ、20社以上の EU 化学関連企業の協賛を得て開催された。

講演件数

4日間の会議で口頭発表は44件、その内 Plenary lecture 4件、Invited lecture 13件であり、一般口頭発表は非常に狭き門であった。ポスター発表は150件程度(Extended Abstract に載っていない発表数あり?)であり、定常的な出席者は100～150名程度であった。前2回に比較するとややごんまりとした会議であった。

特別講演 Plenary lecture

(1) Matthias Beller, Univesität Rostock, DE, Development practical catalysts for organic synthesis: from palladium- to iron-catalyzed process. (2) Shu Kobayashi, University of Tokyo, Japan, Novel catalysts for green sustainable chemistry. (3) Michael Braungart, Univesität Lüneberg/EPEA Hamburg, DE, Cradle to cradle design: A new approach for molecular and conceptual design. (4) Robert H. Grubbs, California Institute of Technology, USA, The efficient synthesis of large and small molecules using olefin metathesis.

招待講演 Invited lecture

(1) Graham Hutchings (Cardiff University, UK), (2) Richard Henderson (GlaxoSmithKine, USA), (3) John Grate (Codexis, USA), (4) Peter Dunn (Pfizer, UK), (5) Matyn Poliakoff (University of Nottingham, UK), (6) Peter Wasserscheild, (University of Erlagen-Nürnberg, DE), (7) Takao Ikariya (Tokyo Institute of technology, Japan), (8) J.C. Schouten, Eindhoven (University of technology, NL), (9) Peter Saling (BASF, DE), (10) Jan van der Eijk (Shell, NL), (11) Istvan Horvath (Eotvos University, HU), (12) Xumu Zhang (the Pennsylvania State University, USA), (13) Michel Philippe (L'Oreal, FR).

所感

口頭発表の4割弱が特別・依頼講演であり、講演内容は主催者側が考えるGSCのイメージが色濃く反映されていると解釈できる。44件の口頭発表の主題を分類すると、溶媒関連（イオン性液体・超臨界）9件、選択酸化関連5件、バイオ関連5件、金触媒作用関連4件、高効率触媒関連4件、GSC一般論4件と多く、コンビケム、マイクロリアクター、光触媒、リサイクルプロセス等は少数の発表に止まっていた。GSCをキーワードにしているものの、発表内容が広範囲に渡り、かつ観点あるいは考え方の相違から、非常にブロードな会議となってしまった感がある。“観点の違い”は諸刃の刃であり、吉と出るか凶と出るか難しいところである。



ポスター発表は、やや会場が手狭だったもののEU諸国の学生の積極的なコミュニケーションのおかげで大いに盛り上がっていた。

会議の行われたデルフト工科大学は、オランダの玄関口のキスポール空港から列車に乗り、車窓から平坦な田園風景と風車（観光用）を眺めながら1時間ほどの距離にあるデルフト市にある。デルフトの町は、運河と緑そして教会に囲まれた大変美しい町であった。その一角にあるキャンパスも緑、運河、教会が組み込まれ、大変美しくうらやましい限りであった。気候はヒートアイランドとは無縁の涼しさであり、非常に過ごしやすかった。

オランダの人々の普段の交通手段は噂通りの自転車と路面電車だった。町中は自転車道が整備され、車と人と自転車がきちりと区分されており、なるほど平坦な国土だけにはかなりのスピードで行き来していた。日本の自転車と異なり、足の長いオランダ人に合った背高のっぼの自転車に長身のオランダ人が乗っているシルエットは、ますます背高のっぼでちょっとユーモラスであった。

このシルエットも眺めながら、自転車と路面電車による移動は、緑と運河と教会の美しい町並みと環境に調和した合理的な回答であることに気がついた。



このシルエットも眺めながら、自転車と路面電車による移動は、緑と運河と教会の美しい町並みと環境に調和した合理的な回答であることに気がついた。



GSCのコンセプトは普段の生活や研究活動の中にも反映されるべきであり、化学者として改善すべき点が多々ある。無意味に冷房した講演会場、やたらに空き時間の多い連続稼働の実験装置、断熱措置の施されていない加熱装置、過剰な溶媒使用、実験器具洗浄の際の水道の垂れ流し等々、帰国してやたら気になった次第である。

エンジニアリング会社から見た 最近のプラントビジネスとプロセスの動向

日揮株式会社 本田 一規
触媒化成工業株式会社 堀江 隆久

1. プラントビジネス動向

1.1 世界のプラントビジネス

本編では、Engineering News Record (ENR)誌あるいはエンジニアリング・ビジネス (EnB) 誌など業界紙の特集を元にエンジニアリング産業の定点観測を続けることが慣例となっており、ここでも 2005～2006 年を中心にプラントビジネスの状況を振り返ってみる。

EnB 誌に公表されたデータによれば、世界エンジニアリング企業の海外コントラクト売上高(本社所在国以外からの売上)は 2001～2002 年を底とし、それ以降は前年比で毎年 10%以上の伸び率を維持し続けている¹⁾。2005 年および 2006 年について見ると、売上はそれぞれ 1,894 億ドル、2,244 億ドルとなっており、前年比で 13.1%、18.5%の伸び率を示している。また、受注高についても、それぞれ 2,200 億ドル、3,002 億ドルと前年比で 32.2%、36.5%の急激な伸びとなっており、国際建設市場は引き続きブームが続いている状況である。

地域別に見た場合(図 1)、2006 年の地域別シェアは欧州(32.0%)、中東(18.4%)、アジア(17.9%)の順となっている。欧州では景気回復を背景とした需要増加が見込まれるほか、特に中・東欧において、インフラニーズ、安価な人件費を背景に市場成長が見込まれている²⁾。一方、伸び率で見た場合は欧州の 4.8%を除けば全ての地域で 15%以上の伸び率となっており、特に中東は 47.0%と急激な伸びを示している。中東では、石油価格高騰による主に産油国における自国、近隣国への富の投資が引き続き非常に活発である²⁾。

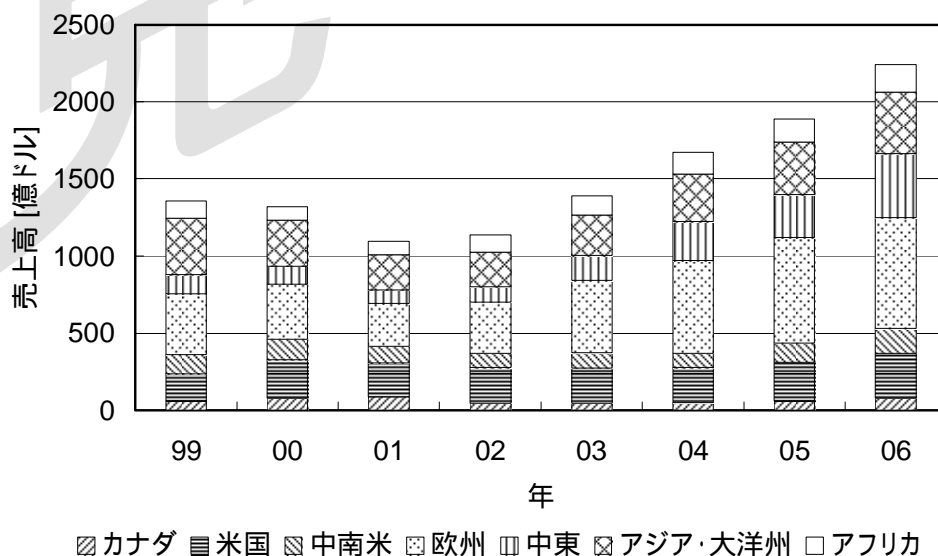


図 1 地域別海外コントラクト売上高の推移

地域	国	発注者	プロジェクト名	建設規模	状況	完成年	ライセンス
欧州	England	Biofuels Corp plc	Biodiesel	600 kt/y	計画	2008	Lurgi
	England	Biofuels Corp plc	Biodiesel	600 kt/y	計画	2008	Lurgi
	Estonia	Biodiesel Ltd	Biodiesel	100 kt/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Finland	Neste Oil	Biodiesel	170 kt/y	建設	2009	
	France	Diester Industrie	Biodiesel	250 kt/y	設計	2007	Axens
	France	Diester Industrie	Biodiesel	250 kt/y	設計	2007	Axens
	France	Diester Industrie	Biodiesel	250 kt/y	建設	2007	Axens
	France	INEOS Enterprises France	Biodiesel	230 kt/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	France	Centre Quest Cereales	Biodiesel	300 t/d	設計	2009	Lurgi
	Hungary	MOL/Rossi Biofuel Ltd JV	Biodiesel	150 ky/y	計画	2008	
	Ireland	Bioverda	Biodiesel	200 kt/y	計画	2008	
	Italy	OXEN	Biodiesel	200 kt/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Italy	Eni SpA	Biodiesel	6500 b/d	設計	2009	Eni SpA/UOP
	Lithuania	UAB Mestilla	Biodiesel	100 kt/y	建設	2007	
	Netherlands	Biopetrol Rotterdam	Biodiesel	400 kt/y	設計	2008	Lurgi
	Netherlands	Dutch Biofuels	Biodiesel	250 kt/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Netherlands	Rosendaal Energy	Biodiesel	250 ky/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Netherlands	WHEB Biofuels	Biodiesel	400 kt/y	計画	2009	
	Netherlands	Golden Hope Plantations	Biodiesel	600 t/d	設計	2009	Lurgi
	Portugal	Martifer	Biodiesel	100 kt/y	設計	2008	Lurgi
	Scotland	INEOS Enterprises	Biodiesel	500 kt/y	計画	2008	Desmet Ballestra
	Serbia	Victoria Group	Biodiesel	300 kt/y	設計	2007	Lurgi
	Slovakia	Meroco a.s	Biodiesel	100 kt/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Slovenia	Petrol/Pinus JV	Biodiesel	43 kt/y	計画	2009	
	Spain	Acciona/Bunge JV	Biodiesel	200 kt/y	計画	2007	
	Spain	SARAS Energia	Biodiesel	200 ky/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Spain	ISOLUX	Biodiesel	300 ky/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Spain	Green Fuel	Biodiesel	110 kt/y	設計	2008	
	Spain	ISOLUX	Biodiesel	300 ky/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Spain	ISOLUX	Biodiesel	300 ky/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Spain	Abengoa Bioenergia	Biodiesel	200 ky/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Spain	Spanish Biodiesel Comp	Biodiesel	600 t/y	建設	2008	Lurgi
	Spain	Natura Energia Renovable	Biodiesel	500 kt/y	建設	2009	
Spain	Biodiesel Esfa Campos	Biodiesel	100 kt/y	計画	2009		
中東	UAE	Takreer	Biodiesel	40 kb/d	計画	2010	
中南米	Argentina	Renova S. A.	Biodiesel	600 t/d	設計	2008	Lurgi
	Argentina	Biodiesel Patagonia	Biodiesel	250 kt/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Argentina	Europort Asset Ltd	Biodiesel	600 t/d	設計	2009	Lurgi
	Brazil	ADM	Biodiesel	180 kt/y	計画	2007	
	Brazil	Caramuru	Biodiesel	100 ky/y	完成	2007	Desmet Ballestra
	Brazil	Agrencia Bio-Energia	Biodiesel	135 kt/y	計画	2008	
	Brazil	Agrencia Bio-Energia	Biodiesel	135 kt/y	計画	2008	
	Brazil	Agrencia	Biodiesel	100 ky/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Brazil	Agrencia	Biodiesel	200 ky/y	建設	2008	Desmet Ballestra
	Colombia	Ecopetrol	Biodiesel	100 kt/y	計画	2008	
Peru	Pure Biofuels	Biodiesel	52.5 MMgal/y	建設	2007		
北米	Canada	Canadian Bioenergy	Biodiesel	60 MMgal/y	設計	2009	Renewable Energy Group
	USA	Renewable Power & Light	Biodiesel	60 MMgal/y	建設	2007	Greenline Industries
	USA	Lake Erie Biofuels	Biodiesel	45 MMgal/y	完成	2007	Desmet Ballestra
	USA	Alterra Bioenergy Corp	Biodiesel	10 MMgal/y	建設	2007	
	USA	Alterra Bioenergy Corp	Biodiesel	30 MMgal/y	建設	2007	
	USA	Agri-Source Fuels, LLC	Biodiesel	10 MMgal/y	建設	2007	
	USA	Memphis Biofuels	Biodiesel	36 MMgal/y	建設	2007	
USA	Scott Petroleum	Biodiesel	20 MMgal/y	完成	2007	Nova Biosource	

エヌ・イー ケムキャット株式会社(1)

販売名/品番	主成分	形状	用途・反応例
Pdカーボン NXタイプ	1-20%Pd/カーボン	粉末	ろ過性向上品、ニトロ、オレフィン、加ポニル、芳香族環等の水添用
Pdカーボン NXタイプ	1-20%Pd/カーボン	粉末	水素化標準触媒、ニトロ、オレフィン、加ポニル、芳香族環等の選択水添用
Pdカーボン Kタイプ	1-20%Pd/カーボン	粉末	高活性水素化触媒、ニトロ、オレフィン、加ポニル、芳香族環等の水添用
Pdカーボン Pタイプ	1-20%Pd/カーボン	粉末	選択性向上品、ニトロ、オレフィン、加ポニル、芳香族環等の水添用
Pdカーボン Eタイプ	1-20%Pd/カーボン	粉末	高活性水素化触媒、ニトロ、オレフィン、加ポニル、芳香族環等の水添用
Pdカーボン NAタイプ	1-20%Pd/カーボン	粉末	選択性向上品、フェノールのシロキサンの水素化用
Pdカーボン PEタイプ	1-20%Pd/カーボン	粉末	高活性選択性向上品、脱ベンゾール用、高分子化合物の水素化用
Pdカーボン BAタイプ	1-20%Pd/カーボン	粉末	選択性向上品、加ポニルを水素化せずオレフィンのみ水素化
Ptカーボン MBタイプ	1-20%Pd/カーボン	粉末	アルコール、加ポニルの酸化用
Pdカーボン OXタイプ	1-20%Pd/カーボン	粉末	アルコール、加ポニルの酸化用
HXA 触媒	Pd/カーボン	粉末	オランダ DSM 社のナイロン6 製造プロセス用水素化触媒
Ptカーボン	1-20%Pt/カーボン	粉末	水素化触媒
Pt-Sカーボン	1-20%Pt、S/カーボン	粉末	水素化触媒、ニトロ化合物のみの選択的水添用
Ruカーボン	1-20%Ru/カーボン	粉末	水素化触媒、脂肪族加ポニル、芳香族環等の水添用
Ruカーボン A	1-20%Ru/カーボン	粉末	アルキル芳香族環等の水添用
Ruカーボン B	1-20%Ru/カーボン	粉末	塩基性芳香族環(ピリジン、アクリン)等の水添用
Ruカーボン ACタイプ	1-10%Ru/カーボン	粉末	加ポニル水添用
Rhカーボン	1-20%Rh/カーボン	粉末	水素化触媒、オレフィン、芳香族環等の選択水添用
Pdアルミナ	1-20%Pd/アルミナ	粉末	水素化触媒、ニトロ、オレフィン、加ポニル等の水添用
Pdアルミナ HP	Pd/アルミナ	粉末	過酸化水素製造用
Pdアルミナ OXタイプ	1-20%Pd/アルミナ	粉末	アルコール、加ポニルの酸化用
Pdシリカ・アルミナ HP	Pd/シリカ・アルミナ	粉末	過酸化水素製造用
Ptアルミナ	1-20%Pt/アルミナ	粉末	水素化触媒
Ruアルミナ	1-20%Ru/アルミナ	粉末	水素化触媒、ニトロ、オレフィン、加ポニル、芳香族環等の水添用
Pd/アルミナペレット	Pd/アルミナ	ペレット 1/8"	固定床水添
PTA 触媒	Pd/カーボン	破碎状 4-8Mesh	高純度テレフタル酸の製造プロセス中の水添用
HD-101	Pd/アルミナ	ペレット 1/8"	固定床水添、ホリマーの水添用
VAM 触媒	Pd/シリカ	球状	バニール社酢酸ビニルの製造プロセス中の水添用
M 触媒	Pt/アルミナ	ペレット 1/8"	ベンゼンからシロキサンの完全水添、ホリマー中の不飽和化合物の水添用
R 触媒	Pt/アルミナ	ペレット 1/8"	不活性ガス中の H ₂ ガスの除去精製用
Ptチタニア	1-20%Pt/チタニア	粒状	液相酸化用
Ruチタニア	1-20%Ru/チタニア	粒状	液相酸化用
リントラー触媒	Pd-Pb/CaCO ₃	粉末	アセトン化合物からオレフィン化合物、ジオレフィンからモノオレフィンへの選択水添用