赤い枠をクリックすると見本のページにジャンプします

触媒技術の動向と展望　2012
Annual Survey of Catalytic Science and Technologies – 2012 –

目次

第一編　研究動向

１．時評

愛知工業大学　服部　忠　3

２．特集号に寄せて

［2-01］触媒の将来展望：会長挨拶に代えて

首都大学東京　春田正毅　5

［2-02］触媒年鑑 20 周年記念号に寄せて

触媒工業協会会長　齋藤雄二郎　7

３．触媒技術の動向と展望　出版 20 周年記念特集

［3-01］金属触媒分野

金属触媒の変遷と今後

アイシーラボ代表　室井高城　9

［3-02］酸化物触媒分野

選択酸化用酸化物触媒に見る複雑化の歴史と進化

北海道大学触媒化学センター　上田　渉　17

［3-03］生体・錯体触媒分野

過去 20 年間の錯体・生体触媒の進歩

東京工業大学資源化学研究所　穐田宗隆　24

［3-04］重合触媒分野

オレフィン重合触媒の動向

三井化学シンガポールＲ＆Ｄセンター　槇尾晴之、藤田照典　35

［3-05］キャラクタリゼーション分野

触媒キャラクタリゼーションの過去、現在、未来

北海道大学触媒化学センター　朝倉清高　46

［3-06］光触媒分野

光触媒研究の歴史と将来動向

東京大学大学院工学系研究科　前田和彦、堂免一成　55

［3-07］石油化学分野

化学産業と触媒開発の変遷と今後の展望に関する考察

（株）三菱化学科学技術研究センター　瀬戸山　亨　66

［3-08］高分子合成分野

高分子合成触媒の研究における近年の変遷と今後の展望

首都大学東京　野村琴広　73

［3-09］バイオベース化学分野

バイオベース化学とグリーンイノベーション
京都学園大学バイオ環境学部　清水　昌　84
４．海外の触媒技術動向
（株）三菱化学テクノリサーチ　大竹正之　96
５．平成 23 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
産業技術総合研究所　島田広道 138
６．2011 年度の国内触媒技術関連動向
年鑑出版委員会、大竹正之 150

第二編　講演会等の記録

1. 第 47 回触媒フォーラム「資源エネルギー／石油化学触媒：現状と将来展望」
［1］　酸化触媒作用構造を与える結晶性複合酸化物－全体と部分
北海道大学　上田　渉 190
［2］　後周期遷移金属錯体を触媒とするエチレンの重合・オリゴメリゼーション
埼玉大学　黒川秀樹 197
［3］　燃料電池への利用を目指した燃料変換触媒の微構造制御
京都大学　江口浩一 204
［4］　今後のエネルギー触媒
アイシーラボ　室井高城 212
2. 第 107 回・第 108 回触媒討論会
［1］　第 107 回触媒討論会注目発表 220

第三編　国際会議の記録

1.　国内開催国際会議から
［1］　三井化学第 5 回 触媒科学国際シンポジウム(MICS20l1)
三井化学株式会社　竹林のぞみ 225
［2］　1st International symposium on advanced nanostructured materials for clean energy
産業技術総合研究所　小林哲彦、徐　強 227
［3］　International workshop on Improving the data quality and quantity for XAFS experiments
北海道大学　朝倉清高 230
［4］　11th International Symposium on Activation of Dioxygen and Homogeneous Catalytic Oxidation (ADHOC20lI)
九州大学　成田吉徳 232
［5］　International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2011 (C & FC2011)
大阪大学　水垣共雄 234
2. 海外開催国際会議から
［1］　Vll International Symposium on Group Five Elements
京都大学　宍戸哲也 236

［2］ The 13 th Korea-Japan Symposium on Catalysis
北陸先端科学技術大学院大学　西村　俊 238
［3］ 5th International FEZA Conference
広島大学　佐野庸治 240
［4］ 4th Asian Polyolefin Workshop (AP02011)
広島大学　塩野　毅 242
［5］ EUROPACAT X
神戸大学　西山　覚 243
［6］ 4th International Symposium on Advanced Micro-and Mesoporous Materials
東京工業大学　横井俊之 245
［7］ International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis (ISHHC-XV)
自然科学研究機構　唯美津木 247
［8］ 1st International Congress on Catalysis for Biorefineries
東北大学　冨重圭一 249

第四編　触媒学会活動記録

1．表彰受賞者リスト 253
2．部会・研究会アニュアルリポート
［1］ 参照触媒部会 254
［2］ ファインケミカルズ合成触媒研究会 256
［3］ 有機金属研究会 258
［4］ コンピュータの利用研究会 260
［5］ 生体関連触媒研究会 262
［6］ 表面化学と触媒設計の融合研究会 264
［7］ 重合触媒設計研究会 266
［8］ 高難度選択酸化反応研究会 267
［9］ 水素の製造と利用のための触媒技術研究会 269
［10］ GTX 研究会 270
［11］ 規則性多孔体研究会 272
［12］ ナノ構造触媒研究会 274
［13］ 燃料電池関連触媒研究会 276
［14］ 光触媒研究会 278
［15］ 環境触媒研究会 279
［16］ 工業触媒研究会 281
［17］ バイオマス変換触媒研究会 283
［18］ 固体酸の原理と応用研究会 285
3．各支部活動記録
［1］ 北海道支部活動記録 286

［2］　東日本支部活動記録　287
［3］　西日本支部活動記録　289
4. 活動カレンダー　291

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　中本博美　297
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
東洋エンジニアリング㈱　寺井　聡　305
3. 触媒が関わる主要プロジェクトの動向
年鑑出版委員会　317

第六編　工業触媒リスト
359

執筆者索引
409

編集後記
410

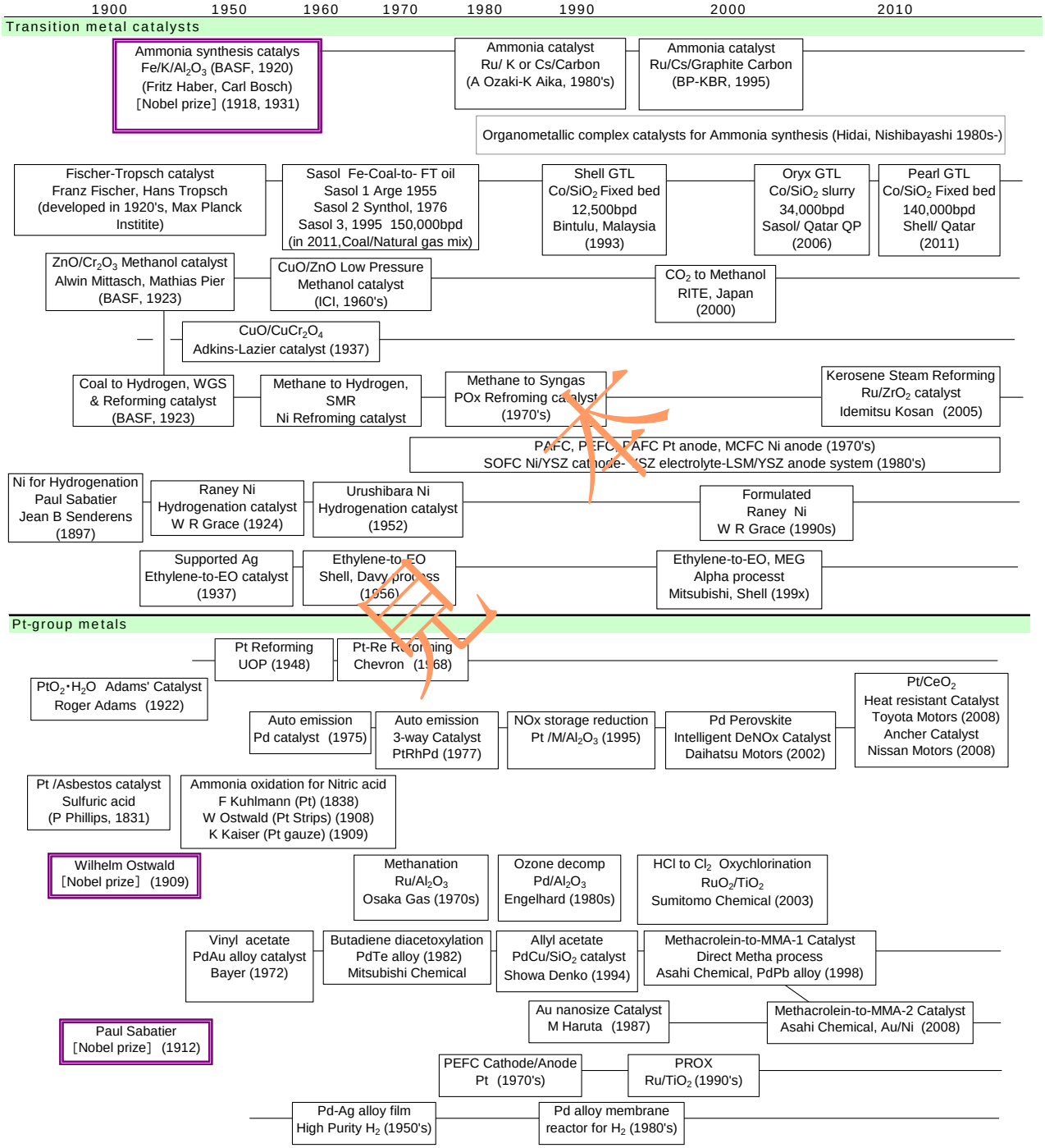
第七編　創刊 20 周年記念特集号

目次に戻る（見本用）

[3-01] 金属触媒分野

金属触媒の変遷と今後

アイシーラボ代表　室井髙城



見本

1. はじめに

過去を振り返ると 20 世紀半ばまでには現在用いられている多くの化学反応用触媒が開発されている。これらの触媒を第一世代とすると当時の触媒特性は高温、高圧、低選択性でエネルギー多消費であった。後半半世紀を第二世代とすれば低温、低圧、高選択性な触媒が用いられるようになり第三世代の現在は固定床、流動床などのプロセスに用いられる高活性、高選択性な触媒が開発され、多くの触媒プロセスで省エネルギー化とコンパクト化が図られた。更に公害防止触媒として自動車排気ガス浄化触媒が環境浄化に大きく貢献した。また新たな用途として燃料電池触媒が登場してきた。現在、化石資源が有限であることが認識され更なる触媒の進歩と役割が求められている。[1)]

2. 金属触媒の歴史

2.1 1831～1900 年(黎明期)

金属触媒の歴史は産業革命当時、木綿の漂白に使用する炭酸ソーダの製造（Leblanc 法、N Leblanc, 1791）に必要な硫酸の製造に始まる。イギリスの P. Phillips は鉛室法に替えて 1831 年 Pt/アスベスト触媒による硫酸製造を行った。1875 年には工業化しなかったが Leblanc 法から副生する塩酸を $CuCl_2$ で酸化し Cl_2 とする Deacon Process (H.Deacon)も開発されている。1866 年 Alfred Nobel がダイナマイトを発明した当時、硝酸は硝石と硫酸から得られていた。1897 年（明治 29 年）フランスの Paul Sabatier と Jean B Senderens によって不飽和化合物の還元触媒が見出された。

2.2 1900～1960 年（金属触媒の発展と石炭時代）

1900 年代後半～1920 代は金属触媒開発の黄金時代であった。現在用いられている多くの金属触媒が開発されている。爆薬やセルロイドに用いられていた硝酸は 1906 年（明治 39 年）Wilhelm Ostwald によってアンモニアの Corrugated Pt strips 触媒を用いた気相酸化法で製造されるようになった。当時、アンモニアはカーバイドを原料とし石灰窒素法で合成されていた。同年イギリスの Joseph Crosfield & Sons が硬化油の製造に成功している。1911 年には Zelinsky, Glinka によりスポンジ Pd が発明された。Pd/カーボンは 1913 年 C. Paal, A. Karl により発明されている。BASF 社が触媒としてスウェーデン産の Fe 鉱石を見つけ、更に高圧の反応器を開発しアンモニアの製造を開始したのは 1913 年である。同年 A Mittasch と J G Schneider は Ni 触媒により水蒸気改質による水素製造を行っている。1922 年には Roger Adams によりアダムス Pt 触媒が発明されている。1925 年には Pt/SiO_2 が M.Latshaw, L.H.Reyerson により発明されている。ラネーNi は 1926 年米国の Murray Raney により発明された。[2)] 可塑剤である DBP(フタル酸ジブチル)原料のブタノールはアセチレンの水和によるアセトアルデヒドのアルドール縮合によって得られるクロトンアルデヒドの Ni 触媒による水素化により 1926 年に工業化されている。1937 年には Adkins の CuCrOx 触媒が発表されている。1940 年代には Ni 触媒による魚油や椰子油の水素化による硬化油の製造が広く行われるようになった。1935 年 W H Carothers によりナイロンが発明されるとフェノールやアジポニトリルの水素化に Ni が用いられるようになった。エチレンオキサイド製造 Ag/Al_2O_3 は 1937 年に開発された。1926 年ドイツの Kaiser Wilhelm 石炭研究所の Franz Fischer らによりアルカリ含有鉄触媒を用いた合成ガスからの炭化水素とアルコールの合成法が発明された。その後、石炭合成ガスからの炭化

目次に戻る（見本用）

[2011]海外の触媒技術動向

（株）三菱化学テクノリサーチ　大竹正之

１．世界の化学工業と触媒研究の動向

2011 年は日本の東日本大地震ばかりでなく、米国、オースラリア、タイなどの大規模洪水など、自然災害、異常気象被害が発生、欧州の経済危機が加わって世界経済に深刻な影響を与えた一年であった。エジプト、リビアなど複数のイスラム圏諸国の政変、欧米の対イラン政策などで原油価格が再び高騰、経済不安を拡大した。

2010 年に世界で新規稼動開始したエチレン（ETY）生産能力は 850 万 t/y 超で過去最大であり、2011 年初の世界の ETY 生産能力は 1.38 億 t/y となった。中東地区の石油化学は好調で、新たな石化投資も相次いで具体化の時期を迎えている。アブダビ・Borouge 2 で世界最大のエチレンクラッカー（145 万 t/y）が稼働開始し、サウジアラビアではラービグ（Sumitomo -Aramco）、ジュベイル・イースタンペトロケミカル（SHARQ）、カタール・ラスラファン（Shell-QP）などがフル稼働に入った。世界最大の石化プロジェクトとなるジュベイルの Dow Chemical-Saudi Aramco; Sadara（ETY 150 万 t/y、PPY 40 万 t/y）は 2015-2016 年の稼動を目指して事業計画の詰めが進んでいる。カタールのプロジェクト（Qatofin）は 2001 年に開始された Qapco（Qatar Petrochemical）、Total Petrochemicals France、QP（Qatar Petroleum）の合弁事業で、130 万 t/y のエチレン生産能力、110 万 t/y の LLDPE 生産能力を有する（Hydrocarbon Process, 2011(4) p24）。クエート国内では KPC(Kuwait Petroleum Corp）が No 3 オレフィンプラント(Al Zour)の FS を終了した。9th IPF(International Petrochemical Forum)がイランで開催された。イランも順次石化プロジェクトの実現を目指している。イラクからの米軍全面撤退に伴い、同国石油産業では史上最大規模の油田開発が予定されている。石油精製の現状を含めて紹介されている（PETROTECH, 34(8) p533 p538(2011)）。

中国の 2011 年の石油・化学工業の総生産額見通しは 10 兆元（124 兆円）を突破する（化学工業日報、2011/12/01, p12、2011/08/04, p12）。中国・国家発展改革委員会発表では 2010 年中国の ETY 生産量は 1,419 万 t/y（日本の 2 倍）であった。中国石油・化学工業連合会は 2015 年発展指針で ETY 2,600 万 t/y、PPY 2,200 万 t/y の目標を発表した。中国は化学品生産額で 2010 年に米国を抜いて世界一となった。クエート KPC が中国石化（Sinopec）との合弁プロジェクト（広東省湛江：石油精製 1,500 万 t/y・石化 ETY 100 万 t/y 規模）を着工した。Sinopec グループの茂名石化（ETY 100 万 t/y）、中国海洋石油（CNOOC）と Shell Chemicals の合弁・中海シェル石油化学（ETY 95 万 t/y）が稼動開始した（化学工業日報、2011/03/23, p8、2011/05/02,p8、2011/11/24, p12；Chemical & Eng News, 2011/03/14, p22）。浙江省台州では中国石油（CNPC）、カタール QP、Shell の 3 社合弁事業計画（石油精製 2,000 万 t/y、ETY 120 万 t/y）が具体化に向かっているなど、中東産油国の石精・石化の対中投資を積極的に招請、また中国石化のサウジアラビアへの投資推進で結びつきを強化している（化学工業日報、2011/05/02, p8）。台湾の化学企業（李長英、台湾聚合化学品、中国石油化学工業開発、和銅化学）が福建省の大型石化コンプレックス計画に、大連化学が遼寧省盤錦のアリルアルコール、1,4-ブタンジオール計画に参加、投資を拡大した。

見本

目次に戻る（見本用）

平成 23 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

産業技術総合研究所　つくばセンター　島田広道

１．科学技術政策全般を巡る動向 [1)]

1.1　平成 23 年度科学技術予算

平成 21 年の政権交代は科学技術政策全般にも大きな影響を与えた。平成 22 年最初の総合科学技術第 79 回本会議(2 月 3 日)では、科学・技術関係予算の**重点化・効率化**に加えて、早期に方針を打ち出す**通年化**、施策立案の**透明化**を図るために、従来から実施されていた「科学技術施策の重要課題」、「科学技術に関する予算等の資源配分方針」の決定に加えて、**「科学・技術重要施策アクション・プラン(AP)」**を策定することを決定した。AP はわが国を取り巻く課題の克服を目指し、2020 年を見据えて策定するものと位置づけられ、平成 23 年度に向けては、先行的に新成長戦略の重要課題である**「グリーン及びライフの２大イノベーション」**と**「研究の生産性向上に速効性が期待できる競争的資金の使用ルール等の統一化」**を対象とした。

表１　科学技術重要施策アクション･プラン(AP)の８つの施策パッケージと主な成果目標

グリーン・イノベーション
(1) 太陽光発電の飛躍的な性能向上と低コスト化の研究開発 ・太陽光発電コスト¥14/kWh を、2030 年に他の発電方式並みの¥7/kWh を目指す。
(2) 木質系バイオマス利用技術の研究開発 ・2015 年にセルロース系バイオマスからのエタノール製造コスト¥100/L を目指す、等。
(3) 蓄電池/燃料電池の飛躍的な性能向上と低コスト化の研究開発 ・2020 年における蓄電池（電気自動車）のエネルギー密度を 2006 年(100Wh/kg)の 2.5 倍に、蓄電池（プラグインハイブリッド車）のエネルギー密度を 2006 年(70Wh/kg)の約 3 倍に、蓄電池（電気自動車、プラグインハイブリッド車）のコストを 2006 年(約¥20 万/kWh)の約 1/10 に、また燃料電池(自動車)のシステムコストを約 80 万円、耐久性を現状(約 2,000 時間)の約 2.5 倍に、水素供給価格を約¥60/Nm^3 にすることを目指す。
(4) 情報通信技術の活用による低炭素化 ・超低電圧デバイスにより消費電力を 1/10、光ルータにより消費電力を 1/50、パワー半導体の電力損失を 1/100、にするとともに、ネットワークシステム及びその活用により消費電力の 30%以上削減を目指す。
(5) 地球観測情報を活用した社会インフラのグリーン化 ・地球観測データの統合化を進め、統合データの割合を 90%以上に引き上げる、等。
ライフ・イノベーション
(6) ゲノムコホート研究と医療情報の統合による予防法の開発
(7) 早期診断・治療を可能とする技術、医薬品、機器の開発
(8) 高齢者・障害者の生活支援技術の開発

見本

目次に戻る（見本用）

2011 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　大竹正之

１．国内の化学工業と触媒研究の動向

好調なアジアと海外の需要に支えられて 2010 年度の国内総合化学メーカーは軒並み増益を達成した。国内需要の伸びは期待できないことから、化学・繊維大手は中国、東南アジア、中東など、海外石化工場建設で活路を見出そうとしている。国内産業は、2011/03/11 の東日本大地震で大きな打撃を受け、化学関連産業でも鹿島（三菱化学）、千葉（丸善石化）、さらに川崎地区でエチレン装置が停止した他、石油精製で 6 製油所が操業停止に追い込まれた。

NEDO はグリーン・サステイナブル（GSC）プロセス技術開発の研究プロジェクトを推進、触媒技術研究組合では革新的ナフサ接触分解、多孔性配位高分子、高度水分離膜技術、アクアファクトリー、サステナブル酸化の研究プロジェクトが進められている。

新化学発展協会、化学技術戦略推進機構戦略推進室が事業統合、4 月に「新化学技術推進協会」を発足させた。GSC を中心に活動を継続する。また三菱ケミカル、住友化学など化学大手 11 社と産業技術総合研究所は次世代化学材料の研究組織、「次世代化学材料評価技術研究組合（CEREBA）」を設立した。

日本学術会議は「理学・工学分野における科学・夢ロードマップ」を公表した。2020-2030 年代にかけて実用化を目指す研究テーマを 11 分野に分けて発表した。この中には人工光合成や超高選択的触媒など新規開発が必要な案件が多く、触媒研究者の新たな挑戦が求められる。

見本

２．石油化学分野での触媒技術開発

2.1　基礎原料関係

三菱化学、旭化成は岡山県倉敷市にある水島地区コンビナートのエチレン製造設備を共同運営する西日本エチレン有限責任事業組合（LLP）を 2011/03 に設立、2011/04/01 から事業を開始した（日経産業新聞、2011/004/28, p14）。旭化成ケミカルズはプロピレン(PPY)、ブタジエンの新製法（E-Flex, BB-Flex）を開発、2011 年内にもこれを完成させて実用化する予定である。E-Flex はエタン、エタノール、エチレンを原料にする ETY、PPY 製造、BB-Flex はブテンからブタジエンを製造する。三菱化学、三井化学もブタジエン新規プロセスを 2012 年にも実用化する（特開 2011-148720；化学工業日報、2011/10/14, p2; 2011/12/13, p2）。

三井化学は現行の約 5.6 倍の活性、4 倍の寿命を有する次世代メタセシス触媒「ハイパーIII」を大阪工場 OCU（Olefin Conversion Unit, PPY 14 万 t/y）に導入した。市原工場では RING（石油コンビナート高度統合運営技術研究組合） III 事業として 2010 年から OCU 実証設備に導入しているが、さらに外販を検討する（WO2006/093058、WO2008/136280；化学工業日報、2011/09/15, p2；日経産業新聞、2011/10/28, p1）。また 2010 年 10 月に産業技術総合研究所との連携事業としてエチレン設備に LNG 冷熱を利用した ETY、PPY 分離精製、液体窒素、ドライアイス製造などの省エネルギー化工事を 2011 年 1 月に完成した（化学工業日報、2011/01/21, p2、2011/04/26, p2；特開 2004-211969）。三井化学市原工場では、新設した 1-Hexene プラント

目次に戻る（見本用）

触媒工業の概況について

触媒工業協会　　中本　博美

１．触媒の生産・出荷の動向

１．１　概 況

2010 年の化学工業は、リーマンショック以降の世界的な同時不況という中で、回復に向けて着々と前進した。前年対比で生産指数は約 6%増加、また出荷指数は約 5%増加となり、生産・出荷指数は共に増加している。

このような背景の下で、結果として、2010 年の触媒工業は、生産・出荷数量は２年連続して前年を割ったが、出荷金額は前年を上回った。

数量の減少は、最大用途の石油精製用合計、その他環境保全用などが振るわなかった事が主因と見られる。石油化学製品製造用、高分子重合用、自動車排ガス浄化用などはリーマンショク後の回復の兆しが顕著に見られて大きく伸張するも、全体をプラスに押し上げるまでには至らなかった。

出荷金額が出荷数量減にも係わらず再び増加したのは、触媒に使用されているレアメタルなどの価格の上昇の影響があるものと思われる。

見本

１．２　生産・出荷の動向

触媒の生産・出荷の動向を（図 1）および（表１）に示す。2010 年の生産量は約 101, 400 トン（前年対比約 4%減）、出荷数量は約 96, 800 トン（前年対比約 5%減）、出荷金額は約 2, 868 億円（前年対比約 15%増）であった。

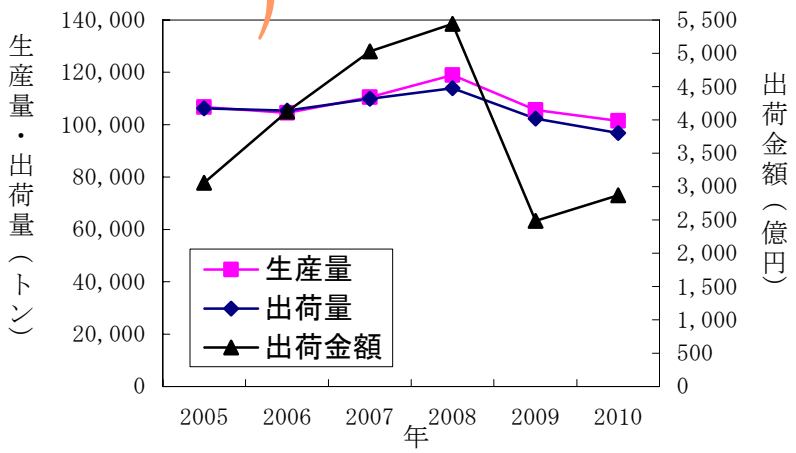


図１．触媒生産量、出荷量、出荷金額の推移

生産量・出荷量は 2 年連続して前年を割り、生産量は約 4,300 トン減少、出荷量は約 5,500 トン減少、出荷金額は約 380 億円増加した。出荷量の減少の内訳は、工業用は約 5,300 トンの減少、環境保全用は約 200 トンの減少であり、工業用の減少が大きい。一方、出荷金額の増加の内訳は、

目次に戻る（見本用）

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動向

東洋エンジニアリング（株）　寺井　聡

1.　プラントビジネス動向

本編ではエンジニアリング産業の定点観測が慣例となっているため、本章では業界紙の特集をもとに、2009～2010 年を中心としたエンジニアリング産業のプラントビジネス動向を振り返る。

1.　1　世界のプラントビジネス動向

EnB 誌に公表されたデータによれば [1),2),3),4)]、世界のエンジニアリング企業の売上高（本社所在国以外からの売り上げ）は、2001 年を底にほぼ前年比 10%以上の伸び率で順調に成長していた時代から、リーマンブラザーズが破綻した 2008 年を境に、総額ベースではほぼ横ばいとなってきている（図 1）。2009、2010 年で見ると、売上げは 3,838 億ドル、3,837 億ドルとなっており、前年比で 0.4%、0.0%の伸び率で低調であるが、受注高ではそれぞれ、4,846 億ドル、5,282 億ドル、前年比で 7.4%、9.0%となっており、回復の傾向が出てきている。なお、本統計は石油・ガス化学など触媒の関係が深いプロセス産業に加えて、電力・通信・交通・建設・インフラなど全てのプラントを含んだものである。

見本

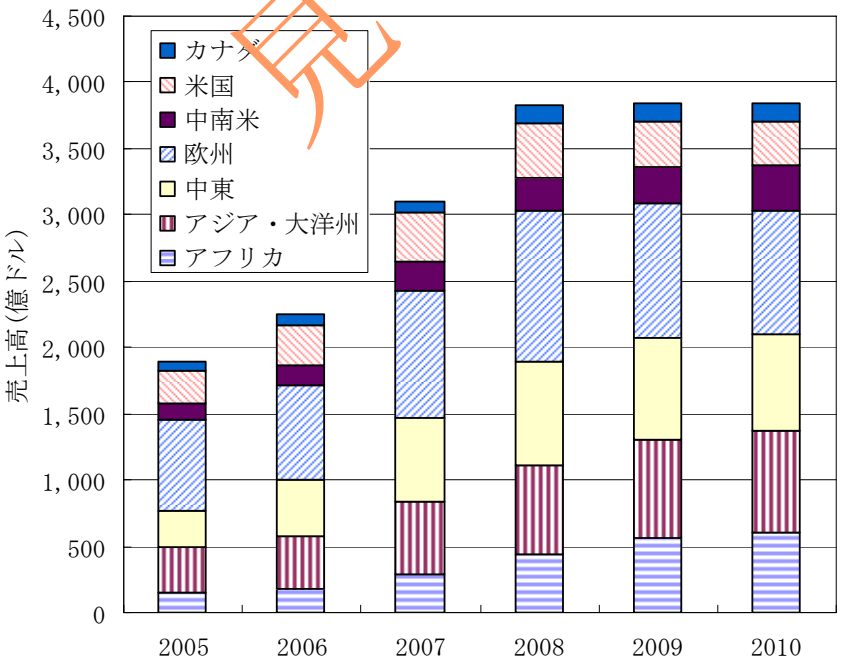


図 1　世界のプラントビジネス海外売上高の地域別推移
(EnB 誌 [1),2),3),4)]データより作成)