

触媒技術の動向と展望 2014

— 目次 —

第一編 研究動向

1. 時評

早稲田大学 名誉教授 菊地英一 3

2. 寄稿

[2-1] 会長寄稿 これからの触媒研究

東京大学大学院 堂免一成 5

[2-2] 触媒工業協会会長寄稿

触媒工業協会会長 小野博信 7

3. 分野別触媒技術の動向

[3-1] 金属触媒分野

エレクトライド触媒ーアンモニア合成の新しいアプローチ

東京工業大学応用セラミックス研究所 原 亨和 9

[3-2] 酸化物触媒分野

メソポーラスシリカの固定化と酵素触媒反応

産業技術総合研究所環境化学技術研究部門 遠藤 明 片岡 祥 16

[3-3] 生体・錯体触媒分野

二核銅タンパク質の機能解明と触媒への応用

大阪大学大学院工学研究科 伊東 忍 藤枝伸宇 26

[3-4] 有機化学分野

有機触媒を活用する両エナンチオ生成物の効率的合成法

京都大学大学院理学研究科 茂木 真 丸岡啓二 35

[3-5] 高分子化学分野

金属錯体を重合開始剤・触媒とする脂肪族ポリエステル合成

広島大学 中山祐正 塩野 毅 44

[3-6] バイオマス高効率転換

触媒を利用した未利用難処理バイオマスの資源化

北海道大学 増田隆夫 多湖輝興 55

[3-7] キャラクタリゼーション（環境制御TEM） 触媒材料をより理解するための透過型電子顕微鏡技術の動向－ 観察環境の制御技術	物質・材料研究機構 橋本綾子	65
[3-8] 先端分野 電場中での天然ガスからの低温水素製造用触媒	早稲田大学 大島一真 関根 泰	75
4. 工業触媒注目技術		
[4-1] 直メタ法 MMA 新プロセスメタクリル酸メチル製造用金－ 酸化ニッケルコアシェル型ナノ粒子触媒の開発と実用化	旭化成ケミカルズ（株） 鈴木 賢	85
[4-2] 新規高性能不斉触媒の開発と応用	高砂香料工業（株） 堀 容嗣	95
[4-3] 新しいグルタミン酸発酵技術	味の素（株） 伊藤久生 原 吉彦	106
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	117
6. 平成 25 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	177
7. 2013 年度の国内触媒技術関連動向		
	年鑑出版委員会	
	（株）三菱化学テクノロジーサーチ 大竹正之	189
8. 特別寄稿		
[8-1] 特別寄稿-1- 触媒・電池材料元素戦略	京都大学工学研究科 田中庸裕 東京大学大学院工学系研究科 山田淳夫	247
[8-2] 特別寄稿-2- 触媒化学融合研究センターの設立	産業技術総合研究所 佐藤一彦	256

第二編 講演会等の記録

1. 第 49 回触媒フォーラム		263
[1] ディーゼル排出ガス浄化触媒技術	産業技術総合研究所 濱田秀昭	264
[2] 自動車排ガス浄化触媒：規制と資源対応	（株）本田技術研究所 堂坂健児	272

- [3] 放射光で見たFCV用電極触媒
(株)豊田中央研究所 畑中達也・豊田英司郎・廣嶋一崇・陣内亮典・森本友 279
- [4] EV用電池の現状と触媒技術
日産自動車(株) 秦野正治 285
2. 平成24年度触媒学会賞(技術部門)受賞技術
- [1] 高酸素イオン伝導性 ZrNd 系酸化物を用いた
パティキュレート燃焼触媒の開発と実用化
マツダ(株) 原田浩一郎 293
3. 第111回回触媒討論会注目発表
- [1] 色素で修飾したGa_N:ZnO固溶体光触媒による水の光完全分解
九州大学 萩原英久・長友真聖・伊田進太郎・瀬戸千尋・石原達己 303
- [2] 活性炭触媒によるセルロースの加水分解反応
北海道大^{*1}・昭和電工^{*2} 小林広和^{*1}・藪下瑞帆^{*1}・藤田一郎^{*2}・福岡淳^{*1} 308
- [3] Pd・NHC電解触媒による炭酸ジフェニルの直接合成
東京工業大学 山中一郎・兼賀量一 312
- [4] 銅担持シリカメゾ多孔体を触媒とする不均一系Castro-Stephensカップリング
東京工業大学 石谷暖郎・鈴木達也・陳ドウ・田中大士・岩本正和 314

第三編 国際会議の記録

1. 国内開催国際会議から

- [1] 7th International Symposium on Acid-Base Catalysis (ABC-7)
東京工業大学 横井俊之 319
- [2] 8th International Mesoporous Materials Symposium (IMMS-8, IMMS2013)
大阪府立大学 堀内 悠 321
- [3] The 14th Japan-Korea Symposium on Catalysis
名古屋工業大学 羽田政明 323
- [4] The 16th International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis (ISHHC-16)
北海道大学 川嶋真弓・朝倉清高 325
- [5] The 6th Japan-China Workshop on Environmental Catalysis and Eco-Materials
愛媛大学 山浦弘之・八尋秀典 327

2. 海外開催国際会議から

- [1] The 10th Natural Gas Conversion Symposium
早稲田大学 大島一真・向井大揮・関根 泰 329
- [2] 7th World Congress on Oxidation Catalysis

	東京工業大学 山中一郎	331
[3] 10th Congress on Catalysis Applied to Fine Chemicals		
	大阪大学 森 浩亮	332
[4] 17th International Zeolite Conference (IZC17)		
	成蹊大学 里川重夫	334
[5] 6th International Conference on Green and Sustainable Chemistry (GSC-6)		
	東京大学 増井洋一	336
[6] 5th International Symposium on Advanced Micro- and Mesoporous Materials		
	横浜国立大学 稲垣怜史	338
[7] 2nd International Congress on Catalysis for Biorefineries (CatBior 2013)		
	北海道大学触媒化学研究センター 小林広和	340
[8] The 6th Asia-Pacific Congress on Catalysis (APCAT-6)		
	大阪大学 山下弘巳	342
[9] Asian Polyolefin Workshop (APO 2013)		
	広島大学 塩野 毅	344
[10] 10th Green Chemistry Conference		
	大阪大学 高橋佑輔	346
[11] International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2013 (C&FC2013)		
	兵庫県立大学 杉村高志	348

第四編 触媒学会活動記録

1. 表彰受賞者リスト	351
2. 部会・研究会アニュアルリポート	
[1] 参照触媒委員会	353
[2] 公開討論部会	355
[3] ファインケミカルズ合成触媒研究会	356
[4] 有機金属研究会	358
[5] コンピュータの利用研究会	360
[6] 生体関連触媒研究会	362
[7] 表面化学と触媒設計の融合研究会	364
[8] 重合触媒設計研究会	366
[9] 高難度選択酸化反応研究会	367
[10] 水素の製造と利用のための触媒技術研究会	369
[11] GTX 研究会	370
[12] 規則性多孔体研究会	372
[13] ナノ構造触媒研究会	374

[14] 燃料電池関連触媒研究会	376
[15] 光触媒研究会	378
[16] 環境触媒研究会	379
[17] 工業触媒研究会	381
[18] バイオマス変換触媒研究会	383
[19] 固体酸の原理と応用研究会	385
[20] 元素戦略研究会	386
3. 各地区活動記録	
[1] 北海道支部活動記録	387
[2] 東日本支部活動記録	389
[3] 西日本支部活動記録	391
4. 活動カレンダー	393

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 399
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	
	日揮株式会社 近松伸康 407
3. 触媒がかかわる主要プロジェクト動向	
	年鑑出版実行委員会 419

第六編 工業触媒リスト

463

第七編 21世紀の社会が求める新しい触媒化学のロードマップ

1. 学術編	
	触媒学会理事会 WG 517
2. 産業編	
	触媒学会理事会 WG 553

執筆者索引

565

編集後記

567

[4-1] 工業触媒注目技術-1-

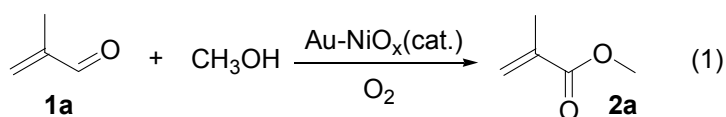
直メタ法 MMA 新プロセス

メタクリル酸メチル製造用金-酸化ニッケルコアシェル型ナノ粒子触媒の開発と実用化

旭化成ケミカルズ（株） 鈴木 賢

1. はじめに

メタクリル酸メチル（MMA）はメタクリル樹脂（PMMA）のモノマーや、塗料、接着剤、樹脂改質剤などのコモノマーとして多くの需要があり、その生産量は世界で 300 万 t/y を越える。代表的な MMA モノマーの製造方法としては、1937 年に ICI が最初に工業化したアセトンシアンヒドリン（ACH）法が現在もなお欧米で用いられているが、原料として青酸を確保しなければならないという特殊性や大量に副生する酸性硫酸の処理が問題となる。1982 年にはイソブテンまたは *tert*-ブチルアルコールを原料とし、二段階の酸化によりメタクロレイン、メタクリル酸を合成し、これをエステル化して MMA を製造する方法（直酸法）が三菱レイヨン、日本メタアクリルモノマー（日本触媒・住友化学）によってそれぞれ工業化された。直酸法は ACH 法の持つ諸問題を解決したが、収率や生産性が比較的低いとされ、今なお高性能な触媒の開発が続けられている。¹⁾²⁾ 旭化成はこれらの方法を代替する製法として Pd-Pb 金属間化合物を触媒とするメタクロレインとメタノールから直接 MMA を合成する酸化エステル化法（直メタ法）を開発し、1999 年に工業化した。³⁾ この方法では MMA 収率が高く、原料の利用効率に優れるものの、生産能力増強をめざした高負荷運転では MMA の選択率低下、ギ酸メチルの副生、触媒劣化などの課題が浮上しており、これに代わる革新的な触媒プロセスの開発が望まれていた。



筆者らは、金-酸化ニッケルコアシェル型ナノ粒子（Au-NiO_x）触媒を創製し、これを用いてメタノールの存在下、メタクロレイン（1a）を酸素により酸化エステル化し、高効率的に MMA（2a）を製造する技術を確立した（式 1）。⁴⁾ 本技術は 2008 年に 10 万 t/y の MMA 製造プラントにて実用化された。高選択性、高活性、長期触媒寿命等の優れた効果を実証し、直メタ法 MMA 製造プロセスの省エネ、省資源化、高経済性を実現した。本触媒では、金をコアとしその表面が高酸化型の酸化ニッケルで被覆されたコアシェル型ナノ粒子が担体上に担持されている。さらに高強度シリカ系担体の開発、触媒中のナノ粒子の精密分布制御、および酸化ニッケルによる触媒の化学的安定性の向上により、長期触媒寿命を保証できる工業触媒技術を確立することができた。ここでは、筆者らが行った Au-NiO_x 触媒を用いた直メタ法

2013 年度の海外の触媒技術動向

（株）三菱化学テクノロジーリサーチ 大竹正之

1. 世界の化学工業と触媒研究の動向

米国ではシェールガスの生産が順調に増加、LNG の価格（Henry Hub）は 2013 年 1 月には US\$3/mmBTU レベルになっているが、エタンも 10Cents/Lb 以下まで低下、LNG 輸出に向けた議論が活発となっている。プロパン輸出量は 2013 年末には 37 万 bpd と前年比で 3 倍に増加、原油生産量は 2012 年に 650 万 bpd と過去 15 年で最大を達成したが、さらに増大している（日刊工業新聞、2013/02/21, p26 ; FSBi、2013/02/21, p36; Chem Business, 2013/02/18-24, p13; Hydrocarbon Process, 2012/03, p11）。原料コストがナフサの半分とされる石油化学製品の収益性向上、石油化学メーカーの業績拡大が続いている。化学原料関連で消費量も増加するが、2020 年までに輸入国から輸出国に転じる。LNG 輸出基地が 20 件近く建設されるが、米国の対外競争力は確保できる（Chem & Eng News, 2013/03/11, p9）。シェールガス原料の石油化学による大規模な投資計画が進展、2020 年頃までに計画されているエチレン新設は実現性が高い案件だけで 1,000 万 t/y 強になる。2016 年に ExxonMobil(Tex、150 万 t/y)、Formosa Plastics(Tex、80 万 t/y)、Occidental Chemical(Tex、50 万 t/y)、2017 年には Chevron Phillips Chemical(Tex)、Dow Chemical(Tex)、Sasol (LA) の 150 万 t/y プラントが稼働開始予定である（Chem & Eng News, 2013/01/14, p15）。Dow Chemical は 2009/01 に休止した Saint Charles(LA)の石化コンビナートで Olefin 2 エチレン生産を 2012/12/25 に再開した他、米国内の他プラントの運転も再開する（化学工業日報、2013/01/10, p12）。米国、カナダに続き、欧州（英）、アジアでシェールガス開発が始まっている（日本経済新聞、2013/06/12, p3）。中国では重慶地区でシェールガス試掘に成功した（化学工業日報、2013/10/30, p1）。

欧州では European Petrochemical Association (EPCA) の 47th Annual Meeting(2013/10/5-9, Berlin)が開催され、SABIC から欧州石油化学産業の当面する課題が抽出された。Ineos は米国での生産コストは欧州の 1/2 になるとみている（Chem Week, 2013/10/14, p10, p12）。

石油輸出国機構（OPEC）は、2035 年の世界のナフサ需要を 2012 年比 44%増の 850 万 bpd と見ている（化学工業日報、2013/11/13, p1）。欧米化学大手の 2012 年業績はいずれも前年を上回り、高水準を維持した。しかし欧州の化学企業が抱える 40 以上のクラッカーは中東地域からの石油化学製品の流入で存続危機にさらされつつある。欧州への化学関連投資を期待して、R&D 設備の新設が進んでいる。EU Framework Programme 7 (FP7) と Horizon 2020 の支援があり、蘭 Chemlot、独 Aachen Maastricht Institute for Bio-based Materials、Chempark、INVITE Center など、多数の研究設備が建設された（Chem Business, 2013/02/11-17, p32）。

世界の化学製品出荷量の 29%を占めるまでに肥大化した中国（エチレン生産量は 2013 年に 1,600 万 t/y）の動向には注目する必要がある。アジアのナフサクラッカーの収益構造も変化している。韓国化学大手が 2012 年は軒並み大幅減益となった。製品では 2010 年以降エチレンは赤字状態、プロピレンも 2011 年以降は基本的に採算限界レベルで、ブタジエンなど C4 事業が収益を支えつつあるが、芳香族製品（BTX）の-margin が向上し、ガス原料法と競

平成 25 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

1. 科学技術政策を巡る動向¹⁾

1. 1 全般動向

空白となっていた総合科学技術会議有識者議員 3 名が国会同意を得た直後、平成 25 年 3 月 1 日には新政権下で初めてとなる第 107 回総合科学技術会議本会議が開催された。以後 12 月に第 116 回本会議が開催されるまで年間計 10 回の本会議が開催され、活発な議論が行われた。22 年、23 年には持ち回り開催を含めてもわずか年 5、6 回の開催に終わっていた状況と比較すれば、総合科学技術会議（首相を議長として国の科学技術政策を推進する司令塔と位置づけられ、原則として月一回開催）に本来の機能が回復したとともに、新政権の科学技術イノベーションに対する期待の高さが表れている。事実、日本経済再生本部の下に設けられた産業競争力会議では科学技術イノベーションが重点課題として取り上げられ、6 月にとりまとめられた「成長戦略」では最重点課題の一つとして科学技術イノベーションの強化が謳われた。

107 回本会議では、有識者議員から総合科学技術会議の検討課題についての提案がなされ、まず 25 年前半に取り組むべき項目として、**(1)科学技術イノベーション総合戦略**（以下、総合戦略）の策定、**(2)成長戦略策定への参画**、**(3)総合科学技術会議の具体的な機能強化策の検討**が挙げられた。112 回本会議（6 月）にとりまとめられた総合戦略の第 2 章では科学技術イノベーションに取り組むべき課題として下記Ⅰ～Ⅴが挙げられ、主な取り組みと要素技術について 2030 年までの工程表と関連指標が示されている。

- Ⅰ. クリーンで経済的なエネルギーシステムの実現
- Ⅱ. 国際社会の先駆けとなる健康長寿社会の実現
- Ⅲ. 世界に先駆けた次世代インフラの整備
- Ⅳ. 地域資源を‘強み’とした地域の再生
- Ⅴ. 東日本大震災からの早期の復興再生

Ⅰ.～Ⅳ.は、それぞれ、**エネルギー、健康長寿、インフラ、地域**をキーワードとしており、成長戦略における戦略市場創造プランと同様になっていることから、政権の強い意志がうかがえる。第 3 章では科学技術イノベーションに適した環境創出、第 4 章では総合科学技術会議の司令塔機能強化について記載されている。司令塔機能強化の具体的内容としては、政府全体の科学技術関係予算編成を主導する「**科学技術イノベーション予算戦略会議**（科学技術政策担当大臣を議長、各省局長級を構成員以下、予算戦略会議）」の設置、府省横断型プログラムとして「**戦略的イノベーション創造プログラム**（Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program, SIP）」、FIRST 後継施策として「**革新的研究開発支援プログラム**（Impulsing Paradigm Change through disruptive Technologies, ImPACT）」の設置が示されている。内容の詳細は次項で紹介する。

総合戦略には、別表として、第 2 章の各課題の 2030 年までの工程表が付されている。上記、

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

2012年の化学工業は、前年の東日本大震災、タイ洪水からの回復が見られた一方で海外経済の減速の影響を受けた。前年対比で生産指数は約4%減少、また出荷指数は約5%減少となり、生産・出荷指数は共に2年ぶりの低下となった。

このような背景の下で、結果として、2012年の触媒工業は、2年ぶりに生産量・出荷量・出荷金額の全てで前年を下回った。生産量・出荷量は共に10万トンを下回り、生産量が10万トンを割ったのは2004年以来8年ぶり、また、出荷量は3年連続で10万トンを割った。

環境保全用は、その他環境保全用が好調に推移し、自動車排ガス浄化用が好調に転じた。一方の工業用は、特に最大用途用の石油精製用が大幅に落ち込んで振るわなかったことから全体の数量を引き下げた。

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。2012年の生産量は約97,000トン（前年対比6%減）、出荷量は約93,800トン（前年対比4%減）、出荷金額は約3,070億円（前年対比2%減）であった。

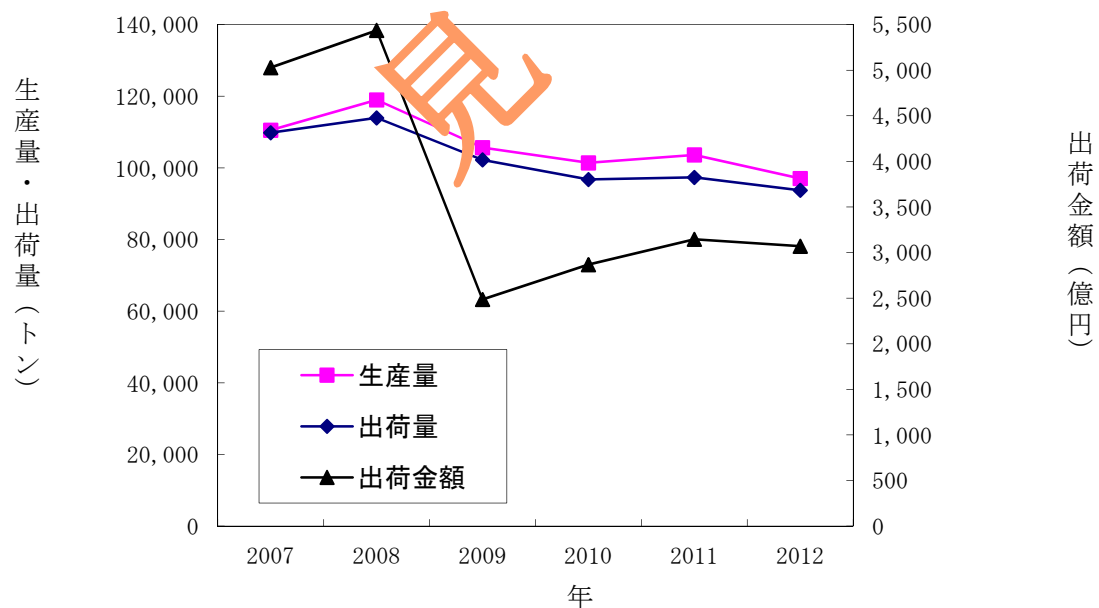


図1. 触媒生産量、出荷量、出荷金額の推移

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) 近松伸康

1. プラントビジネスの動向

本項の目的の1つは、エンジニアリング産業のプラントビジネス動向の中長期的なモニタリングである。その目的に従い、ここでは業界誌の特集を参考にして2011～2012年を中心に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 概況 ^{1),2),3)}

2011～2012年の世界経済は、新興国の経済成長に支えられて拡大した。2008年9月のリーマン・ブラザーズの破綻（いわゆるリーマン・ショック）や2010年以降の欧州債務危機に見舞われた世界経済であるが、2010年半ば以降に回復基調となった。中国、インド、ブラジル等の2010年以降のGDP成長率は徐々に鈍化したものの堅調に推移した。中国をはじめとする新興国は、比較的高い成長率を示し、経済規模等の面において存在感が一層高まっている。

エネルギー価格の動向では、国際市場では原油価格が高止まりするなか、アメリカ国内では「シェール革命」の恩恵によって安価な天然ガスと軽質原油が流通し、アメリカ国内の石精・石化産業の収益性は大幅に向上した。

世界情勢に目を向けると、2011年では「アラブの春」と呼ばれる中東・北アフリカ地域の各国で本格化した一連の民主化運動が見られた。この大変動により、チュニジアやエジプト、リビアでは政権が交代した。その他の国では政府が民主化デモ側の要求を受け入れる動きがある一方、混沌とした情勢が続き国民を苦しめている国々もある。中東地域の政変や不安定な情勢はグローバル化により世界が狭くなった現在、資源価格の高騰以上に看過できない影響を世界経済に与えている。また、2013年1月にはアルジェリアのプラント建設現場においてテロ事件が発生し、邦人を含む多数の犠牲者を出す痛恨の事態となった。地域紛争やテロリズムはプラントビジネスを進める上での重大課題であり、エンジニアリング企業にとっては世界の政治的、経済的、社会的、地域的な動向から一瞬たりとも目が離せない状況がますます強まっている。

日本経済は、2011年3月11日に発生した東北大地震によって甚大な影響が生じた。景気は、大地震による落ち込みからは緩やかな回復基調が見られたが、円高や海外経済の減速により輸出が伸長せず、国内の復興需要も遅れたことから横這いに推移した。大地震からの復興は2013年時点でもまだ道半ばであり、解決すべき多くの課題が残っている。エネルギー動向に関しては、原子力発電所の運転停止に伴い、火力発電所の燃料としてLNGの輸入が大幅に増加している。

21世紀の社会が求める新しい触媒化学のロードマップ 学術編

触媒学会理事会 WG

1. はじめに

持続可能な発展を支える科学技術として触媒の果たす役割はきわめて大きく、資源・エネルギー、環境、素材、食糧、健康などあらゆる分野でその重要性が高まっている。このような状況において今後の触媒化学ならびに触媒技術の発展に向けて、長期的なビジョンを議論し、共有することは有意義である。触媒学会では、平成24年度後半から「21世紀の社会が求める新しい触媒化学のロードマップ」の策定を進めてきた。ロードマップは「産業編」と「学術編」とから構成される。「産業編」ではこれまでのわが国の産業の中での触媒技術の位置づけを総括するとともに将来の方向性について取りまとめている。一方、「学術編」では触媒化学の基礎と応用に関連する各研究分野の現状と将来の方向性について取りまとめている。これら二つのロードマップに基づいて産学官の会員が問題意識を共有し、互いに協力連携して戦略的な研究開発を展開することによって、世界を先導する革新的な触媒化学および触媒技術の創出が期待できる。

「産業編」に比べて「学術編」の裾野が広く、基礎科学から応用まで多岐にわたる分野が対象となるため、触媒学会の各研究会の協力を得てまとめることができた。応用分野には「産業編」と重複する内容も多いが、ここではあくまで学術的な視点から、触媒化学の現状と将来を展望した。ここでは、触媒学会の各研究会から16分野を網羅したが、さらに、非平衡反応場を利用した非従来型触媒反応の分野を新たに加え、以下の17分野の現状と今後の展望をまとめた。

- [1]表面化学・キャラクタリゼーション分野
- [2]計算化学分野
- [3]元素戦略分野
- [4]有機金属触媒分野
- [5]ファインケミカル合成触媒分野
- [6]生体関連触媒分野
- [7]重合触媒分野
- [8]バイオマス変換触媒分野
- [9]燃料電池触媒分野
- [10]水素製造・利用触媒技術分野
- [11]天然ガス利用触媒分野
- [12]光触媒分野
- [13]環境触媒分野
- [14]非平衡反応場を利用した非従来型触媒反応分野
- [15]酸化(高難度選択酸化)分野
- [16]ナノ構造触媒分野

[17]規則性多孔体分野

以下では，各学術分野の背景，現状および将来展望について記載する．それらをもとに全体をまとめたロードマップを図 1 に掲載する．

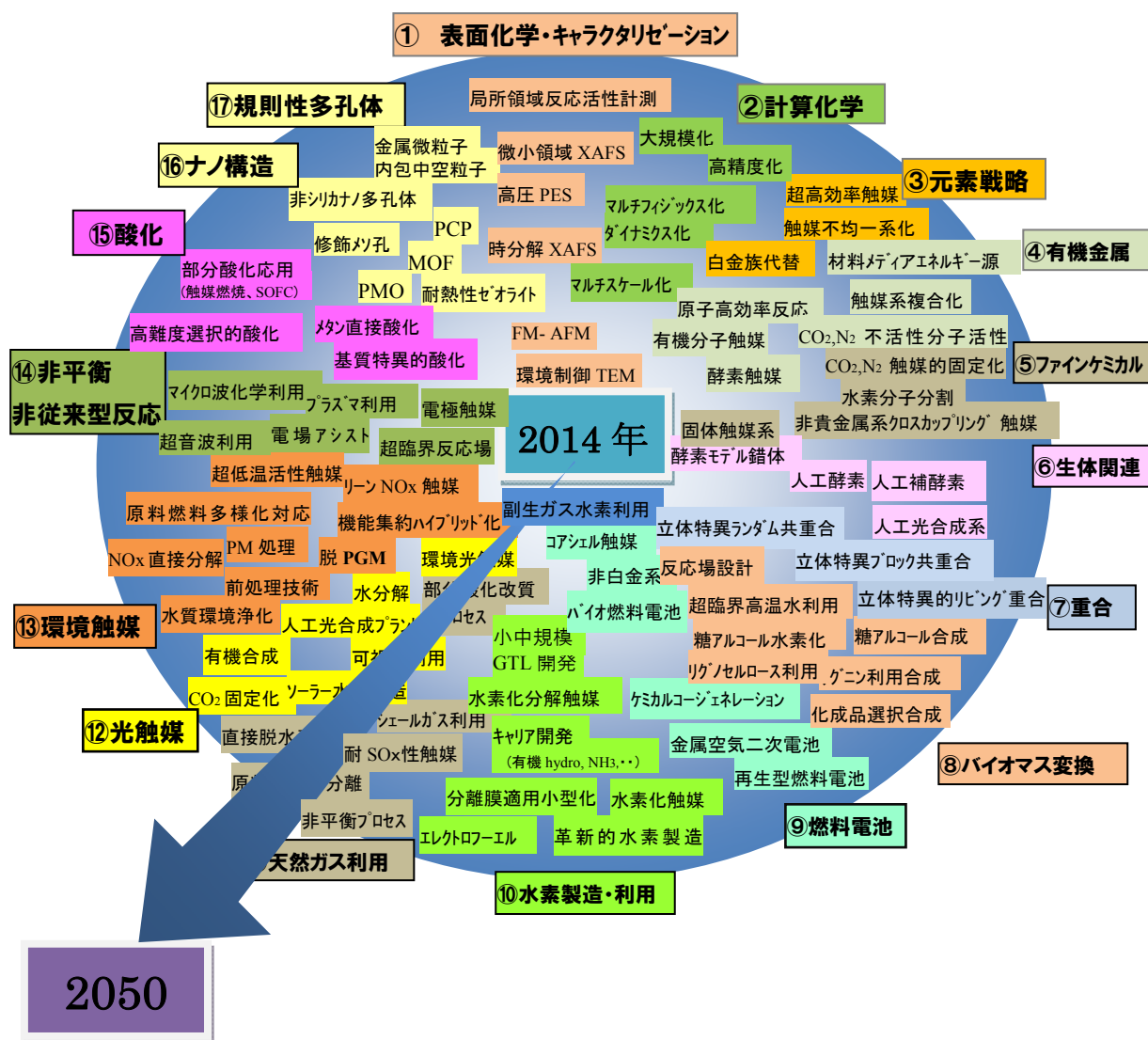


図 1 触媒化学の各学術分野におけるロードマップ