

触媒技術の動向と展望 2026

— 目次 —

第一編 触媒研究の動向と展望

1. 時評

世界に飛び出せ触媒研究者

大阪大学・産業科学研究所 山下弘巳 3

2. 会長寄稿

触媒科学の研究・個人の履歴

2025年度触媒学会会長・東京都立大学 野村琴広 5

3. 未来展望

[3-1] 物質閉鎖系地球におけるこれからの触媒化学が狙うべき道筋を考える

早稲田大学 関根 泰 7

[3-2] グリーン・トランスフォーメーション (GX) に貢献する触媒技術

— 化石資源・エネルギー・環境問題の解決を目指した人工光合成系の開発 —

東京理科大学 工藤昭彦 23

4. 分野別触媒研究の現状と将来動向

[4-1] 触媒材料

(a) 金属触媒

ゼオライト内包超微小金属ナノ粒子触媒

北海道大学 織田 晃 41

(b) 酸化物触媒

結晶性複合酸化物の局所構造で発現する触媒作用の解明

東京科学大学 石川理史 52

(c) 錯体・有機合成触媒

疎水性第2配位圏を有する金属錯体触媒によるメタン酸化反応

筑波大学 小島隆彦 65

(d) その他

高機能炭化金属ナノ粒子触媒の開発と液相水素化反応系への応用

神戸大学 山口 渉 75

大阪大学 水垣共雄

[4-2] 触媒反応

(a) 高分子分野

難分解性樹脂分解触媒の開発

東京大学 野崎京子 84

理化学研究所 高橋講平

(b) 資源・エネルギー変換分野 二酸化炭素の水素化によるメタノール合成 —PdMo 金属間化合物触媒と IGZO 担持 Pd 触媒—	東京科学大学	北野政明・細野秀雄	95
(c) 環境触媒分野 排ガス浄化触媒の最前線		北海道大学	村山 徹 104
(d) 光触媒分野 光加熱を利用したメタン改質触媒反応系		近畿大学 京都大学	山本 旭 114 吉田寿雄
(e) 電極触媒分野 アニオン交換膜型水電解用電極触媒の設計論	東京科学大学	菅原勇貴・山口猛央	124
[4-3] 触媒解析			
(a) キャラクターリゼーション分野 DNP-NMR による固体触媒の表面構造解析		産業技術総合研究所	永島裕樹 134
(b) コンピュータ利用分野 触媒開発における計算機利用の変遷：モデル、手法の発展と AI 利用の展望について		九州大学	塩田淑仁 145
[4-4] 先端技術			
(1) マイクロ波駆動触媒反応の理解と応用		九州大学	椿 俊太郎 155
(2) ハイスループット実験による触媒開発の加速		産業技術総合研究所	藤谷忠博 166
5. 2025 年の科学技術政策動向および触媒関連国家プロジェクトの状況		産業技術総合研究所	花岡隆昌 176

第二編 工業触媒の技術と動向

1. 国内の触媒工業の概況について	(一社) 触媒工業協会	伊藤宏行	189
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	株式会社 IHI	武藤 潤	201
3. 触媒が関わる主要プロジェクトの動向	コスモ石油株式会社	大野琢也	207
4. 工業触媒注目技術 持続可能な航空燃料 (SAF) の概要と ReNewFine 触媒の商業実績	日本ケッチェン株式会社	石崎泰司	213

5. 2025 年の海外の触媒技術動向	早稲田大学 アイシーラボ	関根 泰 室井高城	223
6. 2025 年の国内の触媒技術動向	アイシーラボ	室井高城	254

第三編 国際会議の記録

1. 国内開催国際会議から			
[1] The 20th Japan-Korea Symposium on Catalysis (20JKSC)実施報告	鳥取大学	片田直伸	285
[2] The 7th International Symposium on Porous Materials 2025 (ISPM2025)	東京科学大学	横井俊之	287
2. 海外開催国際会議から			
[1] 国際会議の記録			289
[2] The 29th North American Catalysis Society Meeting (NAM29)	東北大学	藪下瑞帆	290
[3] Gold 2025	北海道大学	村山 徹	292
[4] 13th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2025)	大阪大学	山下弘巳	294
[5] 248th ECS Meeting	東京科学大学	孔 永遠	296
[6] 29th Annual Green Chemistry & Engineering Conference	産業技術総合研究所	宮崎眞太	298
[7] 10th Asia-Pacific Congress on Catalysis (APCAT-10)	大阪公立大学	天尾 豊	300

第四編 触媒学会活動記録

1. 2025 年度表彰受賞者および業績一覧			305
2. 2025 年度触媒討論会の記録			306
3. 第 135 回触媒討論会注目発表			
[3-1] Au/CeO ₂ 触媒による <i>m</i> -フェニレンジアミン誘導体への脱水素芳香環形成	東京大学	木村平蔵	310
[3-2] 担持 Ru 触媒上での天然型単糖類縁体の位置選択的エピ化とその反応機構の解明	東北大学	藪下瑞帆	311
4. 触媒 Vol. 67 (2025) 総索引			312
5. 研究会アニュアルレポート			
[1] ファインケミカルズ合成触媒研究会			316
[2] 有機金属研究会			318

[3] コンピュータの利用研究会	320
[4] 生体関連触媒研究会	322
[5] 界面分子変換研究会	324
[6] 高難度選択酸化反応研究会	325
[7] 水素の製造と利用のための触媒技術研究会	327
[8] 天然ガス転換触媒研究会	329
[9] 規則性多孔体研究会	330
[10] ナノ構造触媒研究会	332
[11] 燃料電池関連触媒研究会	333
[12] 光触媒研究会	335
[13] 環境触媒研究会	336
[14] 工業触媒研究会	337
[15] 有機資源循環触媒研究会	339
[16] 固体酸塩基点の作用と設計研究会	340
[17] 二酸化炭素変換触媒研究会	341
[18] 先端放射光活用研究会	343
[19] 元素循環に係る触媒技術のための超・研究会	344
6. 各支部活動記録	
[1] 北海道支部活動記録	345
[2] 東日本支部活動記録	348
[3] 西日本支部活動記録	350
7. 2025年触媒学会活動カレンダー	352

第五編 工業触媒リスト

355

執筆者氏名索引

407

編集後記

408

物質閉鎖系地球における これからの触媒化学が狙うべき道筋を考える

早稲田大学先進理工学研究科教授・研究戦略センター長 関根 泰

1. はじめに～地球の閉鎖性と地上資源活用の必要性

私たちが暮らす地球は1周4万kmの球体で、大気に覆われていますがその厚みは高々数十kmです。いわば薄皮一枚の大気に覆われ、その外には虚無の宇宙空間が広がります。宇宙の星間分子はせいぜい4個/m³程度と言われ、いま呼吸しているこの大気の子の密度である2.5×10²⁵個/m³とは大きく異なります。一方で、宇宙空間との物質のやり取りは、隕石によるごく微小な入りと、ガスの放出や惑星探査衛星などの微小な出、を無視すると、ほとんど出入りがなく、地球は完全な物質閉鎖系と見ることができます。このような系の中で、地球上では太陽のエネルギーを受け入れて植物が獲得した光合成という機能が積み重ねられてきました。四十数億年の地球の歴史の中で3億年のあいだ重ねられてきた植物の生育の遺産として、私たちはいま地球奥深くから化石資源を取り出して使うことができます。化石資源はこれら植物が湖沼などで生育後に沈降、堆積し、ケロジェンと言われる石油根源岩となったものを起源としています。地殻変動などが重なって土中深くでケロジェンが熟成を重ね、深さが深ければ高温高压となりそこで熱力学的に安定なメタンに、浅ければ低温低压な環境の中で熟成され原油になります。さらなる地殻変動を経てキャップロックと呼ばれる蓋をする岩(帽岩)の下で背斜構造をとると在来型ガス田・油田として、あるいはそのまま頁岩層の中に水平に閉じ込められたままのものを無理やり水圧破碎し掘り出してシェールガス田・油田として、それぞれ日々大量に掘り出しています。

このように掘り出された地球の太古の遺産である化石資源は、大規模な貿易を経て産油国・産ガス国であるアメリカやロシア、中東諸国、マレーシア、オーストラリアなどから消費地へと運ばれ、原油はトッパーによる蒸留とクラッキングや異性化・脱硫などを経てLPG、ナフサ、ガソリン、軽油、灯油、航空燃料、アスファルトなどの多様な用途に、天然ガスはガスタービンコンバインドサイクル発電・ガスエンジン発電や都市ガスでの熱利用などとして、日々の暮らしに大量に使われています。現在日本では、17.4 EJ (Eは10の18乗)の一次エネルギー(再エネ・石炭・石油・天然ガス・原子力などすべて)を国内外から集めて使っていますが、そのうち4.3 EJ(約1/4)が石炭、6.0 EJ(約1/3)が石油、3.6 EJ(約1/5)が天然ガス、そして再生可能エネルギーと水力と原子力はそれぞれ1.5 EJ、0.6 EJ、0.8 EJ(約1/10と1/20程度)です。このように現時点では太陽光や風力、バイオマスと言った再エネは1割程度しか全体の中に組み込まれていません(図1参照)¹⁾。

一方で、2024年には初めて全球平均気温が平年比で1.5度を超えたとされ、プラネタリー・バウンダリーの観点からも、IPCCの指摘をはじめとして温暖化への危機感

グリーン・トランスフォーメーション（GX） に貢献する触媒技術 — 化石資源・エネルギー・環境問題の解決を 目指した人工光合成系の開発 —

東京理科大学 理学部第一部 応用化学科 工藤昭彦

1. はじめに

現代社会は、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料に大きく依存している。自動車や家庭の燃料、電気をとって、化石燃料は欠かせないものとなっている。一方、化学工業において、多くの化学製品は、石油などの化石資源を原料に用いて多段階の触媒プロセスを経て生産されている。しかし、化石燃料・資源の埋蔵量には限りがある。また、その使用に伴って多量の二酸化炭素が排出される。これらのことが、エネルギー・化石資源の枯渇問題や地球環境問題を引き起こす原因となっている。したがって、将来的に化石燃料に替わるクリーンなエネルギーや化石資源に頼らない化学工業プロセスの開発が求められている。将来、再生可能エネルギーと安価で豊富な原料を使ったエネルギー・物質変換が不可欠であることは疑いない。この代表例が、「グリーン水素製造」である。

水素は、二酸化炭素排出の観点からグレー、ブルー、グリーン水素に分類される。グレー水素は、化石資源を原料として水蒸気改質によって製造されるものである。このプロセスでは、化石資源を食い潰しかつ二酸化炭素を大気中に排出している。一方、ブルー水素製造過程はグレー水素と同じであるが、CCS 技術により二酸化炭素を大気中に排出せずに地殻中に埋蔵する。これらに対して、グリーン水素は、再生可能エネルギーを使って水を分解して得られる。すなわち、化石資源を食い潰さずに、二酸化炭素も排出しない理想的な水素である。一方で、ホワイト水素、すなわち天然に存在する水素（ H_2 ）も注目を集めている。公開された米国地質調査所の調査結果によれば、全世界の埋蔵量は5兆トンに達し、これは年間消費量1億トンを基準とすると、5万年分という膨大な規模になるようだ¹⁾。日本では、長野県の白馬地方に多く埋蔵されているようだ。地殻中でカンラン石のような鉄を多く含む鉱物中の Fe^{2+} のような低酸化数イオンが水により酸化され、ホワイト水素が生成する²⁾。



ここでは、 Fe^{2+} が水を還元して H_2 を生成するための不可逆的な電子ドナーとなっている。したがって、真のクリーンな水素とは言えない。ただ、埋蔵量が多量ならば、石油に変わる天然資源になるかもしれない。しかし、いずれにしても理想的なグリーン水素製造法の確立とその利用が重要である。この視点から、触媒技術のさらなる発展が不可欠となる。

[4-1-b] 触媒材料 酸化物触媒

結晶性複合酸化物の局所構造で発現する 触媒作用の解明

東京科学大学 総合研究院 フロンティア材料研究所 石川理史

1. はじめに

複合酸化物は、その多様な組成・構造に基づき電子構造、欠陥構造、表面物性などを制御可能であり、さまざまな機能の創出、集積が可能である¹⁻³⁾。この点に着目し、エネルギー変換材料、吸着材料、電子材料、耐熱材料、触媒材料など、幅広いフィールドで基礎・応用研究が盛んに行われてきた。とりわけ触媒分野において複合酸化物は重要な研究領域であり、化学工業における基幹触媒として広く実用化されている。

近年、炭素循環社会の構築に向けた取り組みが加速する中、複合酸化物触媒にかかる期待はますます大きくなっている。しかし、要求される触媒機能が高度化する一方で、触媒開発の進捗は必ずしも十分とは言えない。高性能触媒を創出するためには何が必要なのか。今後取り組むべき方向性について、私見を述べたい。

そもそも複合酸化物触媒とはどのようなものであるか。これを考えるうえで、触媒作用とは何か、原点に立ち返って考えてみたい。触媒作用は、構造中の特定部位、すなわち触媒活性点の上で生じる。触媒活性点は基質との電子授受や化学吸着を適度に許容する必要がある、構造的にも電子的にも過度に安定であってはならない。基質と相互作用する際、活性点近傍では局所的な組成・構造変化が生じる。その際に形成される中間的な物質状態の安定性は触媒活性点の再生に関与し、触媒活性の持続性を左右する。このような観点から、触媒作用とは原理的に、準安定な物質状態上で生じると言える。複数の金属元素を適切に組み合わせることで、単一成分系では形成が困難な異常原子価やカチオン/アニオン欠陥などの準安定物質状態を創出できる点は、複合酸化物が魅力的な触媒材料となる理由の一つである⁴⁻⁵⁾。

複合酸化物触媒は多くの場合、目的反応に好適な金属元素を複数混合して得られる多成分前駆体を、低温焼成することで合成される。この過程では溶液化学や固相反応に由来する非平衡中間体が多様に出現し、結果として組成・構造が不均質な複雑系が生成する。この中に触媒的に有効な準安定構造が形成されれば、触媒活性が発現する。この観点からは、所望の活性構造の形成確率を高めること、より高活性な準安定構造を創出することが、触媒の高活性化に重要と言える。前者に関しては、触媒分析において触媒機能と直接関連する物理化学的パラメーターが見出されれば、そのパラメーターから推定される物質状態を積極的に形成させるように合成条件を最適化できる。近年では分析技術が大きく進展し、触媒物質状態の解明は著しく深化している。しかし、推定される物質状態を積極的に構築するための触媒合成法の発展は限定的であり、より選択的に特定構造を構築するための方法論の開発・発展が望まれる。

[4-2-a] 触媒反応 高分子分野

難分解性樹脂分解触媒の開発

東京大学工学系研究科化学生命工学専攻 野崎京子
理化学研究所環境資源科学研究センター 高橋講平

1. はじめに

プラスチックの廃棄による環境汚染は深刻な問題である。また、プラスチックはそのほとんどが化石資源を原料とすることから、その一方通行的な生産—廃棄は炭素資源の枯渇をもたらす。これらの問題を解決するには、廃プラスチックを回収・リサイクルすることが必要となる。プラスチックのリサイクル手段としては、使用済み製品を洗浄して再利用するか、熔融・再成形を経て再利用するマテリアルリサイクルが最も効率的とされているが、プラスチックの劣化が避けられない。燃料として利用するサーマルリサイクルはプラスチックを構成する炭素原子が二酸化炭素として大気中に放出されてしまうため、炭素資源の回収には直結しない。これらに対して、一度その化学結合を切断し、小分子に戻してから化学原料として再利用する、ケミカルリサイクルは持続的な資源循環につながるため、近年注目を集めている。しかしながら、プラスチックは日常での使用に耐える安定性を担保するため一般に強固な結合で構築されており、その切断は容易ではない。既存のプラスチックの分解手段としては熱分解や超臨界溶媒を用いた分解などがすでに実用化されているが、実施には高いエネルギーを必要とする。これらのエネルギー源を風力などの再生可能エネルギーから賄わない限りは二酸化炭素を放出してしまう(例：火力発電)ため、プロセス全体で見ると二酸化炭素の排出を低減する効果が損なわれてしまう。また、これらプラスチックのリサイクルを事業として行う場合、採算が取れるかという点も重要である。特に、汎用プラスチックは化石燃料から安価に生産するプロセスが確立されており、回収・リサイクルを経て生産されたいわゆるリサイクルプラスチックを想定するとほとんどの場合においてコスト高となる。従って、低エネルギー(低温、低圧など)で進行し、かつ低いコストで行えるプラスチックのケミカルリサイクル手法の開発が重要な研究対象として各国で掲げられており、活発に研究されているのが現状である。

このような背景のもと、我々の研究グループでは、“触媒”を軸としたプラスチックのケミカルリサイクル手法の開発に取り組んできた。触媒を活用することでプラスチックの分解反応をより低い活性化エネルギーで進行させることができるため、低エネルギーなプロセスの開発につながる。また、触媒の活用により通常はプラスチックとは反応しない水、酸素、水素など安価かつ豊富に得られるものを相手とした反応が実現できるため、より低コストなプロセスの開発にもつながる。本稿では、触媒を軸としたプラスチックの分解反応並びに分解性プラスチックの開発について、特に我々が研究対象としてきた 1) エポキシ樹脂と、2) ポリオレフィン類に焦点を当ててその背景と

[4-2-e] 触媒反応 電極触媒分野

アニオン交換膜型水電解用電極触媒の設計論

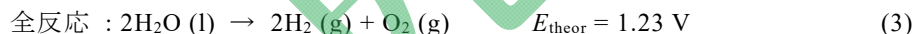
東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所 菅原勇貴・山口猛央

1. はじめに

大気中の二酸化炭素濃度は2023年の時点で415 ppmを超えており¹⁾、さらに今後の発展途上国での人口爆発と経済発展により、2050年のエネルギー消費は現状の180%に達するとの試算もある²⁾。よって地球温暖化抑止は喫緊の課題である。それゆえ、風力発電や太陽電池発電で得た電力を一度エネルギーキャリアとしての化学燃料に変換し、大規模に貯蔵・運搬する"Power to Gas"のアプローチが提唱されている。水素は重量エネルギー密度が30 kWh/kg以上と大きく、燃やしても二酸化炭素を排出しないため有望な化学燃料である。水電解は、地球に無尽蔵に存在する水から水素を生成し、二酸化炭素を発生させない手法であることから、炭素循環社会実現のためのキーテクノロジーとして期待されている。従って、水電解の高効率化と普及拡大が必要不可欠である。

従来研究されてきたプロトン交換膜型水電解、アルカリ水電解に対し、近年はアニオン交換膜型水電解(AEMWE)の研究が注目を集めている³⁾。アルカリ環境で行うAEMWEでは、マンガン・鉄・ニッケルなどの酸に溶解する安価な卑金属の使用が可能であり、レアメタルフリーとすることで設備投資の抜本的な低コスト化が期待できる。さらにAEMWEは薄い高分子電解質膜を用いるため高電流密度化可能で高純度水素を製造可能などの利点を有するため期待されている。これまでは電解質膜に用いるアニオン交換ポリマーの耐久性が低いことがAEMWEの課題であったが、近年の研究で耐久性の高いAEMWE用電解質膜が続々と開発されてきており^{4,5)}、実用的なレベルに近づきつつある。一方で電極反応の過電圧が大きく非効率であることがAEMWEのボトルネックとなっているため、AEMWE用の高活性な卑金属電極触媒の開発が強く望まれている。

アルカリ環境での水電解では、以下のようにカソードで水素発生反応(HER)、アノードで酸素発生反応(OER)が起こっている。



理論的には、電極間に1.23 Vの電圧をかけることで上記反応が進行するはずだが、両極の過電圧のために大きな電圧が必要となる。その過電圧を低減し反応を促進するため、触媒を電極に導入することが必須となっている。特に2電子反応であるHERに比べ4電子反応であるOERの過電圧が大きく全体の律速となっているため、OER用触媒の開発が重要な課題となっている。ニッケル・鉄などの3d遷移金属は低価格という利点があるが、前述のように酸に溶解するために使用はアルカリ環境に限定される。卑

[4-3-b] 触媒解析 コンピュータ利用分野

触媒開発における計算機利用の変遷： モデル、手法の発展と AI 利用の展望について

九州大学先導物質化学研究所 塩田淑仁

1. はじめに

触媒は近代化学産業の根幹を支える技術であり、エネルギー変換、環境浄化、資源循環に至るまで幅広い分野で不可欠な役割を果たしている。アンモニア合成における Haber-Bosch 法はその代表例であり、20 世紀初頭に確立されたこの技術は世界人口の増加を支える肥料生産を可能にした。また石油精製におけるクラッキング触媒、自動車排ガス浄化に用いられる三元触媒、さらには水素製造や二酸化炭素還元反応に関わる触媒など、現代社会は触媒技術に依存していると言っても過言ではない。触媒は反応速度を飛躍的に高め、選択性を制御し、エネルギー消費を削減することで産業の効率化に寄与してきた。

しかし、新しい触媒の開発は従来、膨大な試行錯誤的実験に依存していた。研究者は数百から数千の候補物質を合成し、反応条件を変えながら評価を繰り返す必要があり、その過程は時間とコストを要する。さらに、触媒性能は活性点の電子状態や表面構造に強く依存するため、経験則だけでは設計指針を得ることが難しい。このような背景から、計算科学の進展により量子化学計算や分子シミュレーションが触媒設計に導入されるようになった。1960 年代以降の量子化学計算は、触媒表面の電子状態や反応機構の理解に大きく貢献し、従来はブラックボックス的に扱われていた触媒作用を理論的に説明する手がかりを与えた。

1980 年代以降、分子動力学 (MD) やモンテカルロ法 (MC) が触媒研究に導入され、原子レベルでの反応過程や拡散挙動を時間発展として追跡可能となった。MD は表面での吸着や拡散の動的挙動を理解する上で有効であり、MC は統計的手法により反応速度や吸着平衡を予測する。これらの計算手法は、触媒研究を経験則から理論的根拠に基づくものへと進化させた。

1990 年代後半には、量子化学計算の一種である密度汎関数理論 (DFT) が、遷移金属触媒の活性中心解析に広く用いられるようになり、反応機構の理解を深めた。例えば、炭化水素酸化反応や水素化反応における遷移状態の電子構造解析は、触媒設計における重要な知見を提供した。筆者らは DFT を用いた電子状態解析によりメタン酸化反応を対象に遷移金属酸化物イオン (FeO^+ , MnO^+ など) の反応機構を決定し、反応選択性の起源を明らかにした。さらに、ポテンシャルエネルギー面におけるスピン状態の交差が反応速度に与える影響を定量化し、高活性触媒の設計に必要な電子的要因を提示した。これらの成果は、理論計算が触媒設計に直結することを示した代表例であり、後のデータ科学や AI 利用における特徴量設計の枠組みを築いた。

[4-4-1] 先端技術

マイクロ波駆動触媒反応の理解と応用

九州大学大学院農学研究院 椿 俊太郎

1. はじめに

マイクロ波加熱は 1970～1980 年代に化学反応へ応用され始め、これ以降、急速に普及してきた^{1,2)}。マイクロ波は被照射物自体が直接加熱されるため、炉壁や雰囲気との加熱が不要である。さらに、試料内部から加熱され、かつ、試料全体から発熱するため、熱伝導に依存せず均一に加熱しやすくなる。誘電特性の異なる材料から選択的な加熱が起こり、触媒活性点や金属成分のみを高温化することが可能である。また、急速昇温だけでなく、マイクロ波を照射停止後に急速冷却することが可能であり、反応時間を短縮するだけでなく、触媒材料を合成する際には準安定相が形成されやすくなるなども利点も有する¹⁾。近年、マイクロ波による局所高温場を、幅広い触媒反応に活用されている。炭化水素の脱水素反応や^{3,4,5)}、メタンのドライリフォーミング⁶⁾、メタンの脱水素芳香族化⁷⁾、プラスチックの触媒的熱分解反応⁸⁾、バイオマス変換反応^{9,10)}、アンモニア合成¹¹⁾など広く研究されており、一部は産業化の検討も始まりつつある。さらに、触媒材料となるナノ粒子や¹²⁾、ゼオライト¹³⁾、MOF¹⁴⁾、ポリオキシメタレート¹⁵⁾などの合成にも用いられる。触媒分野の産業においては、触媒用ハニカムの乾燥にも用いられている。

物質のマイクロ波加熱は、双極子の分極に基づく誘電損失や、イオンや電子などの荷電粒子に基づく導電損失（ジュール加熱）によって生じ、これによって電磁波エネルギーが効率的に触媒に伝送される（図 1）¹⁶⁾。そのため、固体触媒の誘電正接（ $\tan \delta$ ）や電気伝導度がマイクロ波エネルギーの伝送効率を決定する。また、加熱中の温度上昇に伴って誘電特性や熱物性が変化することで、熱暴走や自己制御的加熱挙動を引き起こす可能性がある。マイクロ波の電磁場を効果的に形成させるためには、マイクロ波照射装置の設計も重要となる。従来広く用いられてきた、家庭用電子レンジと同じマルチモード型はマイクロ波の電磁界分布の制御と再現性に課題がある。一方、シングルモードキャビティは電磁場分布を精密に制御することができる。マイクロ波を発生させる発振器も大きく発展しており、従来、マグネトロン（真空管）が用いられてきたが、近年では半導体式の高出力発振器が普及してきた。白色のマイクロ波に対して、単一周波数（単色）のマイクロ波が得られ、さらに、出力や位相、周波数を精密に制御することができる。これにより、材料のマイクロ波吸収特性に合わせて最適なマイクロ波照射条件での反応が可能となる。

このように、マイクロ波加熱は、物質選択的な急速加熱により、さまざまな触媒反応や、材料合成プロセスを効果的に加速できる。マイクロ波による反応加速は、触媒上の微視的な高温場の形成によるものと考えられてきたが、その直接観測が困難であったため十分に反応加速機構が理解されていない。従来の温度計測手法では、反応器の平