機能性材料の製造技術と用途開発に関する研究調査
～吸着・脱離・触媒作用を有する新材料の活用～

阿部 淑人[*]，桂沢 豊[**]，永井 直人[**]，林 成実[**]，
内藤 隆之[**]，笠原 勝次[**]，山田 昭博[*]，森田 渉[***]

A Survey Report of Manufacturing and Industrial Applications of Functional Materials

ABE Yoshito[*]， KATSURAZAWA Yutaka[**]， NAGAI Naoto[**]， HAYASHI Narumi[**]，
NAITOH Takayuki[**]， KASAHARA Katsuji[**]， YAMADA Akihiro[*], and MORITA Wataru[***]

1. 緒　　言

本研究調査では材料表面の微細構造等が深く関与する機能性材料の製造技術と加工技術，応用技術に関して調査を行った。機能性材料とは主に熱・光・化学・電気・力学などの機能を有している材料である。その中でも物質選択性材料は，特定の物質を選択的にろ過したり反応させたりする機能を有する材料のことである。例えば分子インプリント高分子材料では，目的とする物質(ビスフェノール A など)を高分子合成時に混入させることで，選択的にビスフェノール A のみを捕まえることのできる材料となる。機能性材料の例としては，生体にも多く存在する燐灰石(HAp)などの成分を既存の担体(金属，セラミック，樹脂，繊維，ガラスなど)表層に塗工することで抗菌性や防汚性などの物質選択性機能を与えることが期待できる。さらには担体の材料と構造を選択する事によって浄化や精製，改質などの様々な用途にも応用が可能であると考えられている。また機構材料・構造材料としてよく用いられる金属材料においても，機械的強度・軽量性などの基本的性質と併せて，耐食性，熱伝導率，潤滑性，硬度などの機能性を持たせることでより高い付加価値を得ている例が多々ある。

以降の章では，動向調査の結果と関連技術の俯瞰について述べた後，全体をまとめる。

2. 調査結果

2.1 県内企業の動向・意向

県内企業へ赴いての意見聴取や技術講演会開催時のアンケートなどを行って，合計 47 社から意向を調査した結果を記す。なお，複数の項目に対して重複回答を含んでいる。またいずれの統計も母集団となる企業別の業種は，めっき等表面処理関係 18 社，電機機械金属関係 18 社，化学材料関係 5 社，その他 6 社である。

まず関心のある材料機能についての割合を示す。最も多いのが耐食性で 42%，次いで，抗菌・抗黴，接着，環境浄化，撥水・親水，触媒・吸着・脱離，トライボロジー・潤滑，発色・退色，硬化，RoHS についてそれぞれ 15%ないし 20%である。次に，興味のある表面処理技術についての割合を示す。乾式で約 35%，湿式で約 30%，次いで熱処理および陽極酸化で約 20%の企業が興味を示している。MEMS や自己組織化，溶射，ナノインプリントについても 10 数%程度の企業が興味を示している。また，興味のある適用業種についての割合を示す。機械関連で 32%，半導体関連で 25%，自動車関連で20%，家電関連と医歯薬関連でそれぞれ17%，光学関連で 13%，土木建設関連で 9%の企業が関心を示している。

処理業者，ユーザー企業ともに乾式処理に関

[*] 研究開発センター
[**] 下越技術支援センター
[***] 企画管理室

する期待は高いことがわかったが，湿式処理に比して装置の導入や維持管理に関してのコスト，運用技術などの点がネックになっているという声も多い。機械メーカーでは，半導体やディスプレイなど電子産業の製造装置がクリーンルーム内での運用になることから，防塵・固体潤滑の性能向上が強く求められていることがうかがわれた。また，いずれの企業においても，昨今の環境規制によって脱クロム，脱塩素，脱鉛などの材料難に瀕しており，逆手にとれば材料業者，処理業者にとっては新たな市場開拓の好機にもなる変革期であることを痛感した。

これまで主に材料科学荻的機能性向上(潤滑，硬度など)のための表面処理が広く行われてきたが，新たに抗菌･抗黴や環境浄化，触媒などの機能性に着目した材料･製法について，興味を示す企業は数社あったものの具体的に事業化に向けて取り組むところまでに至っている企業は少なかった。

2.2 国の産業政策など

国際競争が激しい現状で製造業の競争力強化のためには，積極的な技術開発投資および設備投資あるいは経営資源の集中などが不可欠であるとして，研究開発促進税制の導入や減価償却税制の見直し，産業活力再生特別措置法，産業技術力強化法の改正などが2003年度から2007年度にかけて行われた [1]。この効果が明らかになるには，暫くの時間を要するとみられる。

また国全体としては景気回復基調にある反面，地方格差や企業間格差が進行している中で，従来のような公共事業投資によるテコ入れが不可能な地方経済の活性化が必要であるとして，中小企業地域資源活用促進法を施行し地域産業発展の核となる事業創出を今後 5 年間で 1000 件行うことを目標に挙げている [2)-4)]。これらの施策を活用しながらいかにして地域産業の競争力強化につなげていくかが我々にとっての今後の課題となる。

これまで日本では，大学や研究所で行われた科学的な研究が企業におけるイノベーションに与える影響があまり高くなくサイエンス型イノベーションの競争力が弱いと言われてきたが，近年その影響力が高まりつつあり，特に化学･バイオ分野や創薬分野などではその傾向が顕著である。材料開発などが先端研究により大きなブレークスルーを達成できる可能性が高いことを表している。

文部科学省では，科学技術の振興の成果を社会に還元することが重要であるとして産学官連携システムなどの施策を講じている [5)]。共同研究の数は平成17年度に国公私立大学全体で1万3千件に達し，研究総額は 323 億円であった。今後も科学と産業の融合による競争力強化は国家レベルでの課題であり，様々な施策が講じられると思われる。

特許庁の報告 [6)]によると，第 3 期科学技術基本計画で指定された重点推進分野の一つであるナノテク･材料について，2005 年度の公開公表件数を日米欧で比較すると約 4 万対約 3 万対約 2 万と日本が突出している。国内では 2002 年から 2006 年の 5 カ年間で毎年 1000 件程度ずつ増加する傾向にあり，引き続き情報通信分野についで活性の高い分野であることがわかる。このような状況の中，国は知的財産戦略本部を組織して知的財産推進計画 2007 を策定し，国際競争力の強化や地域中小企業の支援，大学等における知財の創造と産学連携の推進に向けた取り組みを行っている。

一方，資源エネルギー庁では，西暦 2050 年を視野に入れたCool Earth計画 [7)]において種々のエネルギー資源開発･省エネ開発と併せて革新的材料･製造･加工技術の開発･導入･普及を上げておりさまざまなイノベーションに係る材料開発の重要度を伺い知ることができる。地球温暖化および環境悪化への対処は地球レベルでの恒常的かつ抜本的な対策が必要であり，経済効率を多少犠牲にしてでも対応しなければならない重要課題である。

3. 関連技術の俯瞰

本節では表面材料･機能性材料および表面処理手法に関して比較的多用されるものを一覧表にまとめる。

3.1 表面材料・機能性材料の例

表面材料・機能性材料の一例をあげると，表1のような材料の機能が利用されている。一般的に粉末あるいは薄膜で，構造体の表面や界面に存在してその機能を発揮する。また担体材料中に分散したり担体材料表面に製膜したりした複合材料も多種開発されており，その機能は，光学反射防止，反射，帯電防止，制電，耐熱，赤外線遮断，紫外線遮断，対候，電磁遮蔽，放射線遮蔽，耐傷，耐水，撥水，防湿，吸湿，耐油，撥油，濡れ性改善，接着性，ガスバリア，抗菌，抗黴，消臭，防臭，防虫，防汚，親水，生分解，水溶，難溶，硬化，軟化，衝撃吸収，光沢，非光沢，感触，表面改質，蓄熱，遮熱，放熱，耐熱，熱収縮，導電，耐電，絶縁，難燃，磁性，消泡，分散，防食，防錆，耐摩耗，吸音，遮音など多種多様に及んでいる[8)9)]。

3.2 コーティング技術・表面処理の例

表面修飾手法としては様々な手法が存在するが，表 2 に示したような手法が工業的によく使われる。化学的な手法から物理的な手法，電気化学的な手法，光化学的な手法など多様である。一般的には，構造材料・担体材料に表面材料・機能性材料を塗布したり分散したりすることで新たな機能を発現させる。一方，切削や研削などの除去操作によって表面に微細構造を形成し新たな機能を発現させることもできる[10)11)]。

4. 結　　言

本研究調査では，機能性材料の創成と応用に関する産業活性化について，国内企業の動向や県内企業の意向を調査するとともに，関連する技術分野の講演会を開催し，啓蒙を行った。

(1) 当初多いと目論んでいた，吸着・脱離・触媒などの機能性材料の製造に関与するか，今後事業化を考えている企業は現時点で少なく，従来から関連する企業が多い湿式表面処理産業における，技術高度化に活路を見いだす意向であることがわかった。

(2) 県内の表面処理関連企業としては，めっきなど湿式技術を用いている事業所が大半で，CVD・PVD などの乾式技術を用いている事業所は少ない。今後も当面この傾向は大きく変わるとは考えにくい。

(3) 表面硬化・固体潤滑などに関しても，国内市場で近年普及しつつある DLC などの乾式技術に対して，ダイヤモンドめっきなどの湿式技術の方が県内においては定着の可能性が高いと考えられる。

(4) 種々の材料のいずれの機能性を利用するにしても，従来から長きにわたって広範囲に多用されてきた Pb, Cr, Cd などの環境汚染物質を排除しようという規制が強まっているため代替材料への転換が急務であり，そこに新市場開拓の余地も推進力もあることが分かった。

参考文献

1) 2007年版ものづくり白書（ものづくり基盤技術振興基本法第8条に基づく年次報告），経済産業省，平成19年5月
2) 技術戦略マップ2007，経済産業省，平成19年4月
3) 平成19年版通商白書，経済産業省，平成19年7月
4) 中小企業白書2007年版，中小企業庁，平成19年4月
5) 平成19年版科学技術白書，文部科学省，平成19年6月
6) 特許行政年次報告書2007年版，特許庁，平成19年7月
7) Cool Earth ― エネルギー革新技術計画，資源エネルギー庁，平成20年3月
8) 機能性材料総覧2006，加工技術研究会，平成18年1月
9) 2006年ハイブリッドマテリアルの現状と将来展望，富士キメラ総研，平成18年10月
10) 諸貫信行編，微細加工と表面機能，リアライズ，平成19年5月
11) 2007年版高機能コーティングの現状と将来展望，富士キメラ総研，平成19年5月

表 1　表面材料・機能性材料の例

材料	機能例
二酸化チタン	光触媒，超親水
酸化亜鉛(亜鉛華)	圧電，透明電極，顔料
二酸化マンガン	酸化剤，触媒
アルミナ	耐蝕，脱水，吸着，乾燥
ハイドロキシアパタイト	吸着，骨誘導
ベントナイト	化粧品，保湿，増粘
ゼオライト	吸着，NOx 分解
タルク	磁器材料，樹脂添加
カオリナイト	医薬，化粧品，食品添加
ポーラスシリカ，粉末シリカ	吸着，(耐水，ガスバリア)
金	導通，宝飾
銀，銅	抗菌，感光，導通，宝飾
白金，パラジウム	宝飾，触媒
窒化ホウ素	固体潤滑
窒化チタン	耐摩耗，装飾
窒化アルミ	高熱伝道，低熱膨張，絶縁
DLC	低摩擦，硬化，低摩耗

表 2　表面処理手法の例

手法	特徴
CVD	金属酸化物の化合反応を利用した気相コーティング
PVD	気化した材料を物理的に衝突させる気相コーティング
イオンプレーティング	真空蒸着とプラズマの複合技術
スパッタ	高速に原子やイオンを衝突させて飛び出した固体原子を表面にコーティング
LIGA	X 線リソグラフィによる電鋳
FIB	集束イオンビームで成膜，剥膜
イオンミリング	表面研磨と粗化
電子ビーム	重合・結合・切断
マイクロ放電加工	放電加熱で溶融・蒸発し除去
レーザー加工	レーザー加熱で溶融・蒸発し除去
溶射	熱して軟化した材料を吹付コーティング
ゾルゲル	ゾル加水分解重合して得たゲルを加熱して酸化物を取得
ナノインプリント	ナノサイズに加工した原板を型押しして形状を転写
フォトリソ	フォトレジストを用いてエッチングとプレーティングをパターンニング
めっき	液中で金属薄膜を生成
エッチング	気中あるいは液中で材料を熔解除去
固体分散・液体分散	粒子を凝集状態から分散状態に変化させる
蒸着	金属を気化させたのち表面に成膜
電鋳	電解液中で電気的に行う鋳造
塗布	機械的に液滴を塗る処理
粉末冶金	粉末金属を焼結して造形
陽極酸化	電解液内の陽極側で電圧印加し成膜