

# 樹脂表面の機能化技術開発と応用

材料技術課 大永 崇、住岡淳司\*

## 1. はじめに

これまでに、非極性かつ高結晶性であるPPの表面に種々の官能基含有ポリマーをグラフト共重合できること、さらにはそれを利用したPPの接着強度改良について報告している。このような表面改質は、接着以外にも塗装、印刷、メタライジングなどに広く応用が可能であり、現在検討を進めている。

一方、筆者らはこれまでにPP系材料によるマイクロ流路チップ等を開発しているが、上記表面改質方法はこのようなマイクロチップを高機能化させる上で極めて有用である。樹脂からなるマイクロチップは、現状では一般に種々の熱可塑性樹脂から成形できるようになり、実用化を見据えた射出成形による開発も進められている。しかしこのような熱可塑性樹脂からなるチップは、加工面から素材に化学的安定性が求められるため、そのままでは我々のチップを含め表面機能化は困難である。よって現状のほとんどの樹脂製マイクロチップにおいては、流路や液だめなどを形成することにより構造的機能を利用することしかできない。一方、本検討で開発したPPの表面機能化手法によれば、筆者らのPP系マイクロチップに機能物質を導入し、それ自体が高機能を保持できるようになる。すなわち機能物質として酵素、抗体、蛍光分子、キレート分子などをチップ表面に固定することにより、チップだけで反応、検出、分離などが可能となる。

本検討ではこのような指針のもと、PPの表面機能化手法をマイクロチップに応用したので報告する。

## 2. マイクロチップ表面機能化方法

マイクロチップは共同開発したPP系樹脂からなる市販品（リッチェル製、ナチュラルフローチップ I 型：[http://www.richell.co.jp/static\\_cojp/micro01.html](http://www.richell.co.jp/static_cojp/micro01.html) 参照）を用いた。流路表面に光重合開始剤を導入したのち、流路内部にアクリル酸の気体をフローさせながら照射し、流路表面にポリアクリル酸(PAA)をグラフトした。

マイクロチップへの抗体固定は次のように行った。抗体溶液（抗体：Cy3 Goat F(ab')<sub>2</sub> Anti-Mouse IgG(H+L)）にカルボキシル基・アミノ基を結合する架橋剤を混合した水溶液を、流路に充填して室温で一定時間放置したのち、流路内部を蒸留水で洗浄した。

また別途、抗体と同様な方法でグルコースオキシダーゼ(GOD)を固定したマイクロチップを用意した。

## 3. 抗体固定化マイクロ流路チップ

マイクロ流路表面にPAAをグラフトしたチップおよび未処理のチップに抗体固定を行い、得られたチップについて光学顕微鏡観察した結果を図1に示す。使用したマイクロ流路の構造はY型であり、幅50 $\mu$ mと20 $\mu$ mの流路が合流し（図1(a)は合流点付近の構造）70 $\mu$ mとなっている（深さ50 $\mu$ m）。蛍光観察からは、未処理チップでは何も認められなかった（図1(b)）のに対し、PAAグラフトチップでは抗体に標識された蛍光物質からの赤色光が流路内部全体に認められた（図1(c)）。この結果から、PAAをグラフトすることによりマイクロ流路表面に抗体を固定できることが確認できた。



(a) 明視野観察：未処理チップ  
(PAA グラフトチップも同じ)

(b) 蛍光観察：未処理チップ

(c) 蛍光観察：PAA グラフトチップ

図1 蛍光標識抗体を固定化したマイクロチップの光学顕微鏡観察像

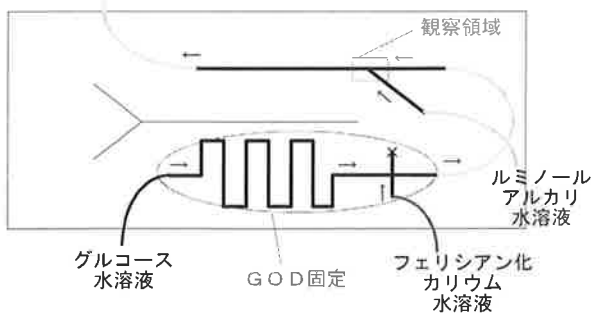


図2 グルコースオキシダーゼ固定化チップを用いた基質分解のルミノール発光による検出システム

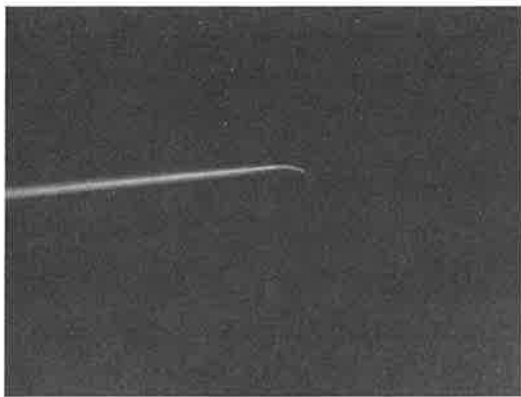


図3 ルミノール発光観察

#### 4. 酵素固定化マイクロ流路チップ

マイクロ流路の一部にGODを固定し、そこに基質を流したときの分解を、ルミノール発光により調べた(図2参照)。チップに10%グルコース水溶液およびルミノール発光のための各溶液を流したところ、図の観察領域に青白いルミノール発光が認められた(図3参照)ので、発光強度を測定した。蒸留水のみを流した時のバックグラウンドについても測定し、結果を図4にプロットした。図4より、発光強度のピーク値はバックグラウンドに対しグルコース溶液が2倍以上になっており、流路内部でグルコースの分解反応が起きていることが確認された。またグルコース溶液の発

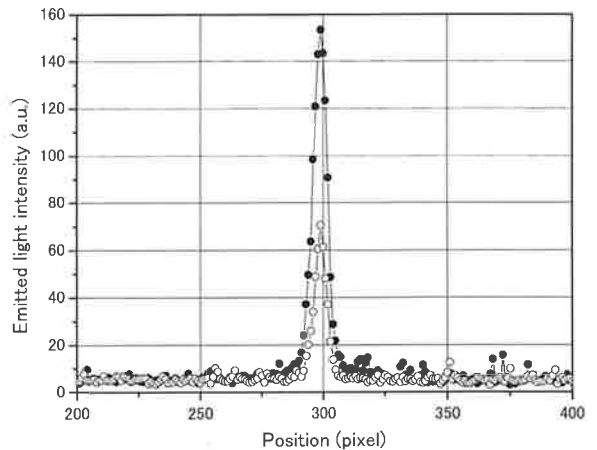


図4 ルミノール発光強度

● : 10%グルコース水溶液、○ : 蒸留水

光強度は数時間継続してもほとんど低下しないことから、GODはマイクロ流路に強固に固定され脱落等がないことが分かった。

#### 5. まとめ

本検討により、量産可能なPP系樹脂製マイクロ流路チップに抗体、酵素が固定化できること、また固定された酵素の活性が保持されることを確認した。ここで用いた技術は、抗体、酵素の種類や流路構造を選択することで、マイクロチップによる検査、分析、合成などに広く応用が可能であると考えられる。また本検討ではマイクロチップ上でのルミノール発光による測定の可能性を示した。ルミノール発光は、一般に過酸化水素を生成する数多くの酵素反応を高感度かつ容易に測定できることが知られており、今後マイクロチップアプリケーションを開発していくうえで有効に利用できると考えられる。

#### 出願特許

特願2009-63486号「機能性マイクロチップおよびその製造方法」

キーワード： マイクロチップ、 固定化、 酵素、 抗体、 ルミノール

### Development and Application of Surface-functionalized Polymers

Takashi OHNAGA and Junji SUMIOKA

Surface functionalization techniques we have reported so far were applied to development of the advanced micro-channel chips. Polyacrylic acid chains were grafted on the surface of the channels with the technique and antibodies or enzymes were fixed to the surface by the reaction between carboxyl group and amino group. Micro-channels which had glucose oxidase on the surface worked as a reactor for glucose and the resulting product induced light emission by the reaction with luminol. Thus we developed the micro-channel chip having not only microstructures but also an ability to make reactions.