

インテリジェント機能紙の創製

自己発色性マイクロカプセルの調製

市浦英明 森川政昭 藤原勝壽

Preparation of microcapsules that produce color in response to humidity for use in smart paper

ICHIURA Hideaki, MORIKAWA Masaaki and FUJIWARA Katsuhisa

Journal of Materials Science, 40, 1987-1991 (2005).

キーワード: インテリジェント材料, 自己発色性, インテリジェント機能紙

インテリジェント材料¹⁾は、第5世代の材料ともいわれ、周囲の環境条件や外部刺激によって、その材料特性を変化させることができる材料である。このインテリジェント材料の研究は幅広く行われ、例として、自己修復性金属材料²⁾、ドラッグデリバリーシステム³⁾が挙げられる。本研究では、マイクロカプセル化技術⁴⁾を利用して、インテリジェント性を付与した紙の創製を試みた。本報告では、空気中の水分を検知して、一定時間経過後、自己発色するマイクロカプセルの調製を行った。このマイクロカプセルと紙との複合化により、例えば、契約書などの締め切りを知らせる機能紙などへの応用が期待される。

実験方法

1. マイクロカプセルの調製

6% Span 85を含有したシクロヘキサン 10 ml に25% ゼラチン(和光純薬)水溶液 1.5 ml および0.5% 硫酸鉄・七水和物水溶液 1 ml を添加し、10 分間攪拌 (500 rpm) した。これに、1% 二塩化テレフタロイル/シクロヘキサン溶液 10 ml を添加し、一定速度で20分間攪拌後、10 以下で 12 時間冷却した。シクロヘキサン、水の順で過剰の二塩化テレフタロイルおよび硫酸鉄を除去後、2-プロパノールを用いて、マイクロカプセル中の水を脱水し、マイクロカプセルを得た。

2. 発色性試験

基材は、ろ紙に1% タンニン酸(和光純薬)水溶液を含浸、乾燥させたものを使用した。この基材を0-70% グリセリン/2-プロパノール溶液に含浸させた後、0~70% グリセリン/2-プロパノール溶液で修飾処理を施した自己発色性マイクロカプセルを置いた。マイクロカプセルが自壊して、硫酸鉄とタンニン酸が接触後、青紫色に自己発色するまでの時間(発色時間)を測定した。

結果と考察

1. マイクロカプセルの調製

二塩化テレフタロイル未添加の場合、マイクロカプセルの色が赤褐色を呈し、マイクロカプセル膜が形成しなかった(写真 (a))。これは、ゼラチンのカルボキシル基と Fe^{2+} が反応したと考えられる。

一方、実験に示した調製法に準じた場合、白色のマイクロカプセルが得られ、マイクロカプセル膜が形成された(写真 (b))。これより、ゼラチンのアミノ基と二塩化テレフタロイルのカルボニル基の界面重合反応により、ゼラチン分子間が架橋形成したと推測される。

2. 発色性試験

20% グリセリン/2-プロパノール溶液で処理を施した場合、発色しなかった。20% グリセリン/2-プロパノール溶液では、空気中の水分を吸収することができず、マイクロカプセル膜が膨潤・溶解しないため、発色しなかったと考えられる。一方、50% グリセリン/2-プロパノール溶液で処理した場合、約 42 時間後、70% グリセリン/2-プロパノール溶液で処理した場合、約 36 時間後に発色した。また、予め、基材に70% グリセリン/2-プロパノール溶液を含浸させた場合、発色時間が短くなり、70% グリセリン/2-プロパノール溶液で処理した自己発色性マイクロカプセルは、約14時間後に発色した。これより、発色時間の調節が可能であると考えられる。

マイクロカプセル膜の主成分である水溶性高分子のゼラチンは、水分があると膨潤する、補助溶媒として水があればグリセリンに溶解する性質を有している。また、グリセリンは、非常に高い吸湿能を有している。自己発色性マイクロカプセルは、ゼラチンとグリセリンの性質の組み合わせにより、機能を発現する。つまり、グリセリンによって、吸湿された水分により、ゼラチンの自壊が生じ、硫酸鉄とタンニン酸が接触して、自己発色したと考えられる。



(a) (b)
写真 マイクロカプセルの実体顕微鏡写真(×32)

文献

- 1) 日本機械学会編: インテリジェント技術 - 材料・構造 - (日刊工業新聞社) (2001).
- 2) WHITE S. R., et. al.: Autonomic healing of polymer composites, Nature, **409**, 794-797 (2001).
- 3) K. Kataoka, et. al.: Totally Synthetic Polymer Gels Responding to External Glucose Concentration: Their Preparation and Application to On-Off Regulation of Insulin Release, J. Am. Chem. Soc., **120**, 12694-12695 (1998).
- 4) 例えば、近藤 保、小石 真純: 新版マイクロカプセル - その製法・性質・応用 - (三共出版株式会社) (1987).