

機能材料工学専攻		紹介教官氏名	伊藤 浩一
申請者氏名	四分一 敬		

## 論文要旨 (博士)

論文題目	フラクタル構造体を用いた超撥水/撥油表面の作成と濡れ現象の研究
------	---------------------------------

固体表面の濡れ現象は、我々の日常生活や工業上大変重要な現象である。濡れ現象は 2 つのファクターで説明される。1 つは表面の化学的因子、1 つは幾何学的な凹凸構造である。本研究では、固体表面の幾何学的構造に着目し、特に自己相似性を有するフラクタル表面が濡れ性のコントロールに有効であることを見出した。Wenzel は凹凸表面上の液滴の接触角  $\theta'$  を次式を用いて説明している。

$$\cos \theta' = r \cos \theta \quad (1)$$

ここで、 $r$  は実表面積/粗視化面積である表面粗度因子を現す。1 式は平ら表面における液滴の接触角  $\theta$  が  $90^\circ$  より大きいときは凹凸表面での接触角  $\theta'$  はより大きくなり、 $\theta$  が  $90^\circ$  より小さいときはより濡れるようになることを示す。平らな表面における接触角  $\theta$  とフラクタル表面における接触角  $\theta_f$  の関係は、次式で表される。

$$\cos \theta_f = \left( \frac{L}{\ell} \right)^{D-2} \cos \theta \quad (2)$$

ここで、 $(L/\ell)^{D-2}$  は表面積増倍因子、 $L$  と  $\ell$  は自己相似性が成り立つ上限のスケールと下限のスケールである。そして、 $D$  はフラクタル次元を表わす。この式は近似式であるが、接触角  $90^\circ$  付近においてはよい近似となっている。

ワックスの一種である alkylketene dimer (AKD) を融液状態から冷却固化することで微細凹凸構造が成長して超撥水表面となる。この超撥水表面のフラクタル次元は 2.29 であり、水滴の接触角はフッ素を使わないにも関わらず  $174^\circ$  以上であった。接触角  $\theta$  と接触角  $\theta_f$  を、種々の表面張力を持つ液体を用いて測定した。 $\theta$  を  $\theta_f$  の関数としてプロットすると、グラフの形は理論的に予測されたものと、比較的よく一致した。

本研究で作成した超撥水表面を用いて、工業的な応用が可能であるか様々な調査を行ったところ、表面張力が高い水をはじくだけでは実用化が難しいことが判明した。水ばかりではなく油（表面張力が低い液体）までも完全にはじくことができる表面ができれば、様々な分野で応用可能である。しかしながら、超撥油表面はこれまでに、その重要性も含めて報告されていない。超撥油表面を実現する場合、最も難しい点は平らな表面において油を接触角  $90^\circ$  以上ではじくことである。この条件を満たすためには、液滴の接触角  $\theta = 90^\circ$  において次式を満足しなければならない。

$$\gamma_s = \gamma_L / 4 \quad (3)$$

一般的な油の表面張力は 20-30mN/m 程度であり、撥油表面を実現するには、固体の表面張力  $\gamma_s$  は数 mN/m のオーダーでなければならない。アルミニウム表面に微細な凹凸構造を付加するために陽極酸化法を用いた。この表面のフラクタル次元は 2.19 であった。陽極酸化処理を施したアルミニウム表面自体は超親水性を示すが、疎水化剤としてフッ素化モノアルキルリン酸(F-MAP)を吸着させることにより、表面張力 35mN/m である菜種油の接触角は  $150^\circ$  以上となった。