

## Wilhelmy 法を用いた動的接触角測定器 DCA-100W

玉井 好美\*

### 1. 概要

写真-1 に示す動的接触角測定装置 Model DCA-100W は、界面物性値としての表面張力と動的接触角を Wilhelmy 法を用いて測定する装置である。

固体平板を液中に浸漬(しんせき)し引き上げを行う時、固体平板の先端が液面に接触し浸漬および引き上げする際に固体平板と液面の接触した外周に加わる力から接触角を求める。浸漬方向時には前進接触角が、引き上げ時には後退接触角が求められる。また、表面張力は白金リングを使用しても測定できるようになっている。

測定は本体部と制御・データ処理ソフトにより自動化されており、力の波形グラフおよび結果が出力される。

### 2. 濡(ぬ)れと接触角

一滴の液体を清浄な固体の表面に垂らした時、その液面は固体の表面全体に広がるか、または固体の表面に液滴となって留(とど)まるかが考えられる。

この時、固体の表面が空気と接触しており、固体が気体を吸着して、そこには固体-気体間の界面が生じている。液体が固体に直接に接触するためには、固体-気体間の界面を押し退

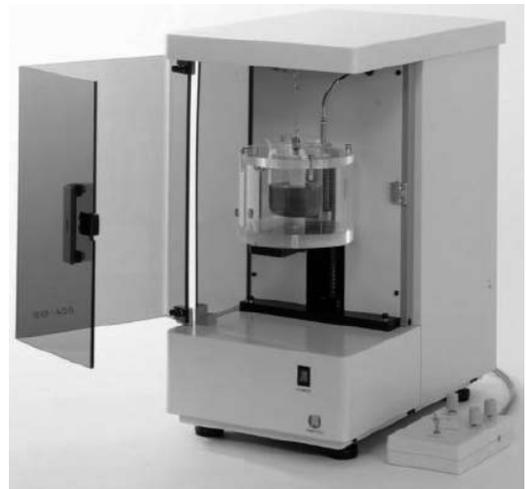


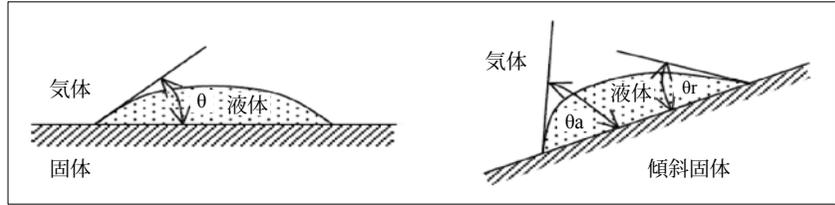
写真-1 動的接触角測定装置 DCA-100W

(の)けなければならず、このように固体-気体の界面が消失して新しく固体-液体の界面が生じる現象を「濡れ(Wetting)」と呼ぶ。

第1図に示すように、水平に保たれた固体の表面に液体が液滴として溜(た)まる場合、液体と固体が接する点で液面に引いた接線と、固体表面とのなす角度を接触角： $\theta$  (Contact angle) という。ここで固体表面を傾斜させていくと、液滴は転がるように移動を始めるが、この移動を開始する瞬間の接触角を動的接触角 (Dynamic Contact angle) といい、進行方向とその逆方向の接触角を、それぞれ前進接触角： $\theta_A$  (Advancing contact angle)、後退接触角： $\theta_R$  (Receding contact angle) と呼ぶ。

\*たまい よしみ (株)エー・アンド・デイ販売促進部  
企画課

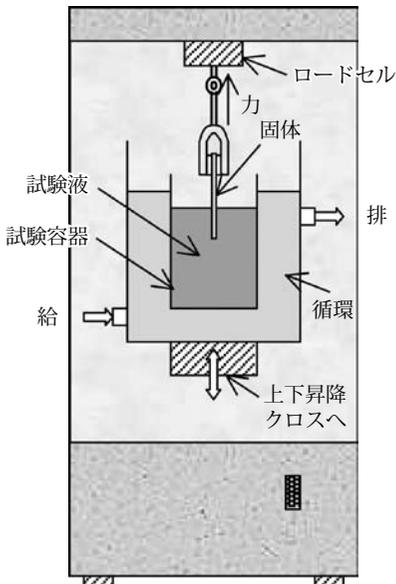
第1図  
接触角イメージ



### 3. 構造および原理

装置の構造を第2図に示す。

天板に取り付けられたロードセルは微細な力の変化を高精度、高速応答にて検出することができる。固体平板は自在継ぎ手を介してロードセルに吊(つ)り下げられており、固体平板に



第2図 装置の構造

加わる力が検出される。試験容器は循環水槽内に設置され循環水温度を適宜コントロールすることにより、容器内にある試験液体の温度を制御できるようになっている。試験容器は循環水槽と共に上下昇降クロスヘッドに取り付けられていて、昇降する構造となっており、クロスヘッドが昇降によって試験容器が上昇・下降すると固体平板は液中に入ったり出たりする。

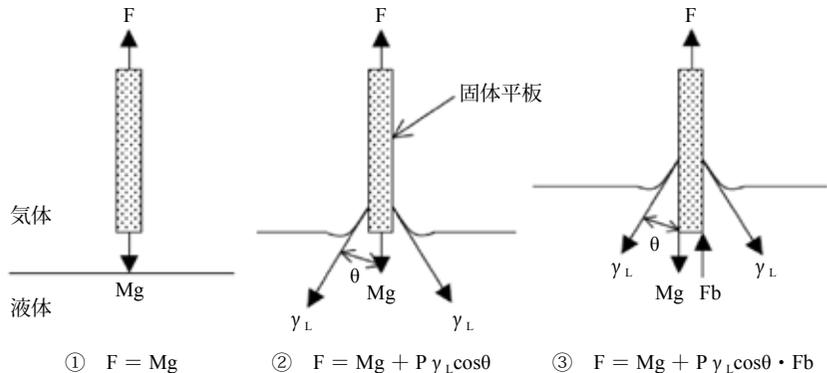
固体平板と液体との相互動作は

- ① 固体平板が浸漬していない状態
- ② 浸漬を開始した瞬間
- ③ 固体平板が進入した状態

の3種の状態がある。第3図に、液体が固体平板に作用する力と、ロードセルに加わる力の関係を示す。

ロードセルに作用する力を  $F$ 、平板の質量を  $M$ 、重力加速度を  $g$ 、平板の断面周囲長を  $P$ 、液体の表面張力を  $\gamma_L$ 、液体の固体平板に対する接触角を  $\theta$ 、固体平板の進入に対する浮力を  $F_b$  とすると、この状態における力のバランスが式で表せる(第3図参照)。

ここで、平板の質量  $M$ 、重力加速度  $g$ 、平板の断面周囲長  $P$ 、液体の表面張力  $\gamma_L$  は既知の値であり、平板の進入量とロードセルに作用する力  $F$  を計測することにより、固体平板の進入に対する浮力  $F_b$  を求め、次いで、液体の固

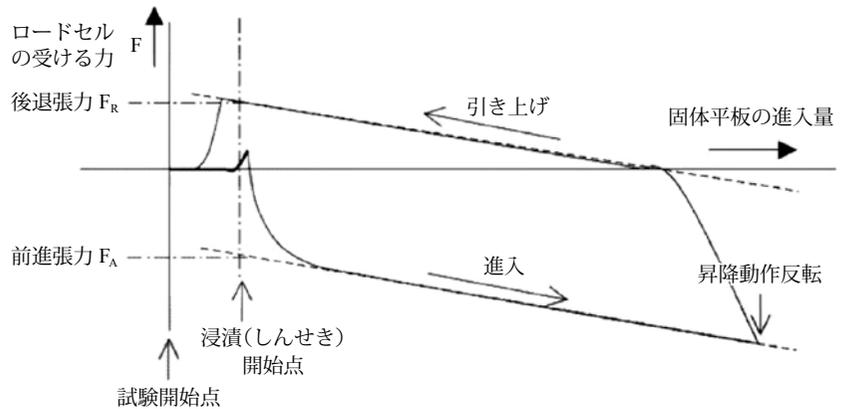


第3図  
固体平板と液体との相  
互動作と作用する力

①  $F = Mg$

②  $F = Mg + P \gamma_L \cos\theta$

③  $F = Mg + P \gamma_L \cos\theta \cdot F_b$



第4図  
平板の進入量とロードセルに作用する力

体に対する接触角  $\theta$  を求めることができる。

試験容器を一定速度で上昇させることにより、液面を上昇させて固体平板を液中に浸漬させ、進入量が一定値に達した後に反転させて固体平板を引き上げる。この時の進入量と、ロードセルに作用する力  $F$  の関係を連続的に計測すると、第4図のような状態線となる。

固体平板と液面が接触していない状態(第3図①式)から試験を開始する。移動クロスヘッドは一定速度で上昇を開始し、固体平板と液面が接触すると両者間に表面張力が作用し、ロードセルには瞬間に引っ張る力が発生する。この点が浸漬開始点となり、第3図②式の位置になる。

さらに進入を続けると、力のバランスは進入状態(前進接触角)での平衡状態となり、次いで浮力の影響から右下がりの傾斜となる。この傾斜は浮力の影響の大小により変化する。進入を反転すると、ヒステリシスを持った曲線となる。このヒステリシスの大小は固体表面の性状により異なり、濡れ性の特性を表すことになる。反転状態(後退接触角)での平衡状態では左肩上がりの曲線となり、浸漬開始点を通じた後、少し遅れて固体平板が液面から離れ、同時に力

は消失する。この遅れは表面張力の影響で、固体平板と液体とが液膜でブリッジし、液膜が切れるまでの時間である。

進入と反転での平衡状態の状態線図に近似直線を描き(通常は振動や表面状態の不均質により、平衡状態の状態線図はきれいな直線にならない)、その直線が浸漬開始点に当たる点の力を読み取る。この値は浮力の影響をキャンセルした値となり、進入時のものが前進張力( $F_A$ )、後退時のものが後退張力( $F_R$ )と定義される。

動的接触角  $\theta$  (前進  $\theta_A$ , 後退  $\theta_R$ ) は、次の関係式により求められる。

$$F(F_A, F_R) = P_{\gamma L} \cos \theta(\theta_A, \theta_R)$$

界面現象は普遍的なものであるため物理学、化学、薬学、医学、生物学、農学、工学などの広範囲な学問で共通して扱われている。本装置は表面解析の物理的手法の一手段として提供されるものであり、その用途は界面活性剤のような直接的な利用(洗浄剤、化粧品、食品、薬品、接着剤、塗料、等々)以外にも、材料表面の汚れや分子運動性の評価などのように界面現象を間接的に応用して用いるなど、多くの分野と方法で利用されている。