

流動電位に対する流れの様式の影響

The influence of the flow regime on the streaming potential

渡辺 了[1]

Tohru Watanabe[1]

[1] 富山大・理・地球科学

[1] Dept. Earth Sciences, Toyama Univ.

はじめに

界面動電現象とは、固液界面に生じる電気二重層内でのイオンの移動により生じる現象であり、流動電位はそのひとつである。電解質溶液に飽和した多孔質媒質の両端に圧力差を与えると流れが生じる。流れにより電気二重層内のイオンが移動し、両端に電位差を発生する。これが流動電位と呼ばれるものであり、界面の研究や地下流体のモニターに応用されている。

バルクとしての流量は、圧力勾配が小さいとき、すなわち空隙内の流速が小さいときには、圧力勾配に比例することが知られており（ダルシーの法則）、この比例係数から浸透率が求められる。しかし、この比例関係が成り立つのは、流速が小さく、流体にはたらく抵抗力として粘性抵抗が支配的なときのみである。流速が大きくなり慣性抵抗が無視できなくなってくると、流量と圧力勾配との比例関係は成立しなくなる。一方、流動電位と圧力差との比例係数はカップリング係数と呼ばれ、固液界面の荷電状態を表すゼータ電位を推定するのに用いられている。ただし、ゼータ電位を求めるために用いられているカップリング係数との関係式は、粘性抵抗が支配的な条件で導かれたものであり、流速が大きくなり慣性抵抗が無視できない流れの状態での妥当性はほとんど検討されてこなかったように思える。本研究では、このゼータ電位とカップリング係数との関係が流れの状態にどう影響されるかを調べた。

実験

アクリル・パイプ（内径：19mm、長さ：40mm）に詰めたガラス・ビーズ（粒径は 200, 400, 800 μ m の 3 種類）を多孔質媒質試料として用いた。空隙率はどれも約 35%である。これらの試料に塩化ナトリウム水溶液（濃度： $1e-5$ - $1e-3$ mol/l）を流し、圧力差（0-12kPa）を制御して流量、流動電位を測定した。電位差測定には銀 塩化銀電極を用いた。

結果と議論

圧力差が小さいところでは流量は圧力差に比例し、ダルシーの法則が成立する。しかし、圧力差が大きくなるにつれ徐々にその比例関係からのずれが大きくなっていく。これはとくに粒径の大きな試料で顕著にみられる。粒径を a (m)、空隙内の平均流速（流量と空隙率から求められる）を v (m/s)、水の密度および粘性率を ρ (kg/m³), η (Pas)とすると、レイノルズ数が 20 よりも大きなところでダルシーの法則が成立しなくなる。

同時に測定した流動電位は、実験した範囲内では常に圧力勾配との比例関係を示し、流量にみられたような比例関係からのずれは認められなかった。このことは、固液界面に生じる電気二重層内の流れが、空隙の中央部での流れの状態にほとんど影響されないことを示唆している。このことは、慣性抵抗が無視できない流れの状態でも、ミクロなゼータ電位からマクロな流動電位を推定することが可能であることを意味する。講演では境界付近での流れの詳細についても述べる予定である。