

# シャボン玉の伝導率測定に基づく SO<sub>2</sub> の定量

徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部 田中 秀治

はかなくも美しいシャボン玉，すなわち界面活性剤水溶液の泡は，子供だけでなく，大人にとっても興味の尽きない存在である。水面上の泡を動かすにはわずかな力で十分であり，このことを利用して微小な力の測定ができる。泡膜の表面積は，これを構成する液体の体積に比して非常に大きく，気液界面の物性がその性質と機能に大きな影響を与えうる。たとえば，洗剤溶液に添加した第三の物質によって泡膜に特有の性質を賦与し，気相中の成分を選択的に吸収あるいは透過させることが可能になる。

Kanyanee ら[1]は，微小電極間に非イオン性界面活性剤 (Triton-X 100) 水溶液による泡を生成させ，その伝導率を測定することによって同水溶液に含まれる電解質の定量を行う方法を提案した。これを気相中の sub-ppm レベルの SO<sub>2</sub> の測定へと応用した。

Figure 1 に示すように，対向する弧長  $2r_e$  の電極間に，一定の膜厚  $\delta$  を有する球状の泡が生成したとする。このとき，両電極間の電位差は次の式(1)によって表される。

$$V = \frac{I}{2\pi\delta\sigma} \int_{\theta_0}^{\pi-\theta_0} \frac{1}{\sin\theta} d\theta \quad (1)$$

ここで  $\sigma$  は伝導率 (導電率，比伝導度) であり，洗剤溶液を通常の伝導率計で測定することによって得られる。I は電流である。式(1)を解いて整理すると，次の式(2)が導かれる。

$$G = \frac{\pi\delta\sigma}{\ln(\cot(r_e/2r_b))} \quad (2)$$

すなわち，泡のコンダクタンス  $G$  は  $r_e$  と  $r_b$  (泡の半径) の比の関数となり，それぞれの大きさには無関係である。

彼らのシステムを Fig. 2 に示す。洗剤溶液 SS にはイオン交換樹脂で不純電解質を除去した 2 vol% の Triton-X

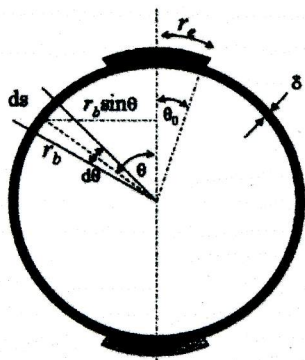


Fig.1 Model of a soap bubble with spherical cap electrodes.

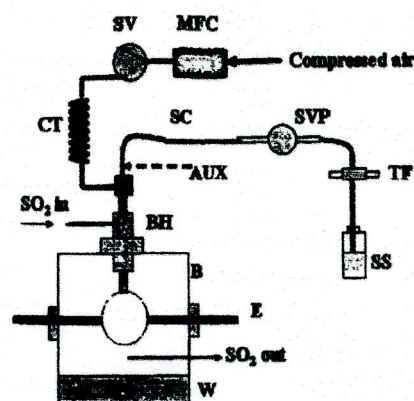


Fig. 2 Experimental setup for bubble.

100 水溶液が用いられた。膜厚を増大させ泡に十分な寿命を与えるために，10 vol% のグリセロールが添加されている。起泡部 BH は二重管構造で，内側の管から 5  $\mu$ L の洗剤溶液を BH 先端に満たしたのち，外側の管から空気を 180 cm<sup>3</sup>/min の流量で 5 秒間導入し，間隔 3 cm の電極間に泡を形成させた。泡は 15 分以上安定である。コンダクタンス  $G$  の測定値から式(2)によって求められる泡の膜厚  $\delta$  は，色素 (Food Yellow No. 6) を含む洗剤溶液を用いてつくられた泡の吸光度から得られた値 1.62  $\mu$ m (泡形成後 5 分における値: 膜厚  $\delta$  は時間とともに減少) とよく一致した。

種々濃度 (0~10 mM) の硫酸を溶解させた洗剤溶液のコンダクタンス  $G$  が測定された。 $G$  は時間とともに指数関数的に減少したが (膜厚  $\delta$  が減少するため)，いずれの時間においても硫酸濃度と良好な直線関係を示した。気相中の SO<sub>2</sub> 濃度の測定には，0.9 w/v% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を含む洗剤溶液が用いられた。起泡部 BH 付近から SO<sub>2</sub> (0~974 ppbv) を含む加湿空気を 350 cm<sup>3</sup>/min の流量で導入する。泡膜中に吸収された SO<sub>2</sub> は H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> によって SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>へと酸化され，この結果，泡のコンダクタンス  $G$  は時間とともに増加する。前試料の履歴を補正するために，泡生成後 2 分と 10 分の  $G$  の差を用いて検量線が作成された。検出限界 (S/N = 3) は 37 ppbv である。

彼らの装置は試作の域にあり改良の余地があると見受けられるが，その発想はユニークであり，注目に値すると思われる。

## Reference

- [1] T. Kanyanee, W.L. Borst, J. Jakmune, K. Grudpan, J. Li, P.K. Dasgupta, *Anal. Chem.*, 78, 2786 (2006).