

シャボン玉膨脹の際の帯電現象について(第3報)

高 橋 八 郎

On the Electrification of a Soap Bubble

by Expansion (3)

Hachiro TAKAHASHI

緒 言

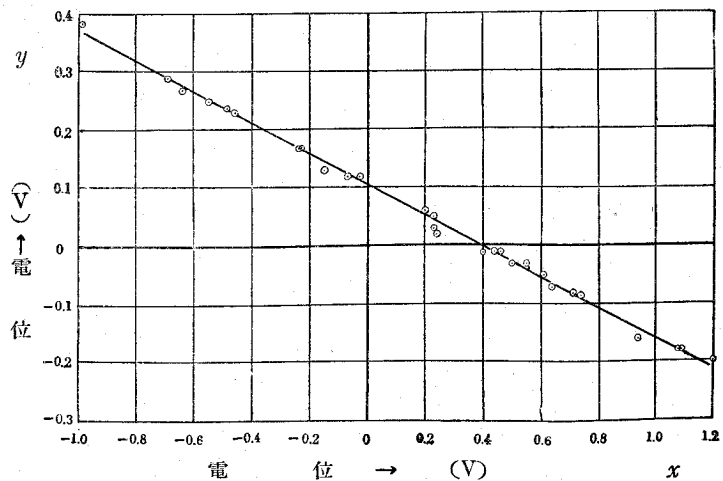
シャボン玉が膨脹する際にその電位が変化することは今迄にはつきりと認められたが、これが果してどんな原因によるものか、どんな性質のものかよくわからない。第1報⁽¹⁾、第2報⁽²⁾とこれが性質を逐次あきらかにしてきたが、本報告もこの続きで特に第2報と深い関連を持つものである。第2報では使用シャボン液の溶媒として学芸学部自家用水道水を用ひ、液の濃度をいろいろに変え、シャボン玉を一定の大きさに膨脹させたとき電位にどんな変化があるかを述べたが、本報告ではこの第2報のシャボン液の溶媒“水道水”をもつと純粋な“蒸溜水”に変えて第2報に述べたところと同様な実験を行つた結果について述べる。更に最後に前報告⁽³⁾の結果との比較検討を行う。

実験の結果および検討

緒言にも述べたように実験は只溶媒を蒸溜水にし、使用シャボン液の濃度の種類を若干かえただけで他は前報告と同じであるから、実験装置、諸操作その他の説明は省略して直ちに結果の説明から入ることにする。

測定結果を前報告と同じように処理し、整理して得たものが第1~7図である。使用シャボン液の濃度は溶媒(蒸溜水)100cc中の溶質(市販粉末洗剤モノゲン)のグラム数で示し、第1図から順に1.25, 2.50, 5.00, 5.00, 10.00, 15.00, 20.00となつている。測定時の条件等は各図左側に附記してある通りである。尚シャボン玉の大きさは第2報と同じく各図の場合とも直径14cmであり、溶質の粉末モノゲンも前回と同じものを用ひている。

第 1 圖
1954. 2. 5. 00^h45^m~02^h10^m測定
使用シャボン液 { 蒸溜水 80cc
 { モノゲン 1g
室温 7.1°C 湿度 41.5%
氣 壓 763.3mm-Hg
電位計感度 43.25目盛/V



第 1 圖

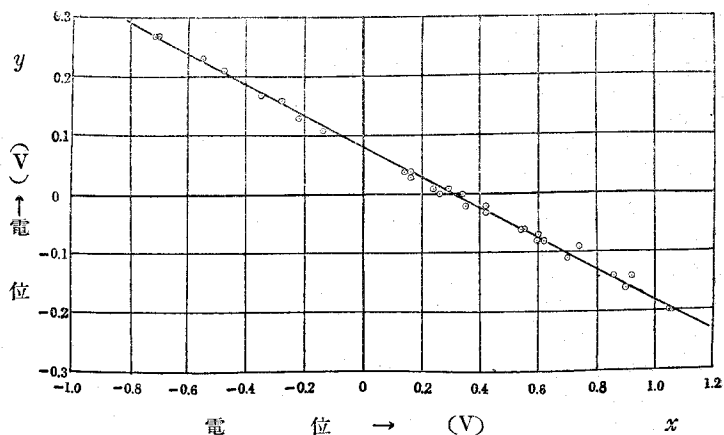
第 2 圖

1954. 2. 4. 02^h30^m~03^h14^m測定

使用シャボン液 { 蒸溜水 40cc
モノゲン 1g

氣 壓 763.4mm-Hg

電位計感度 48.68目盛/V



第 2 圖

第 3 圖

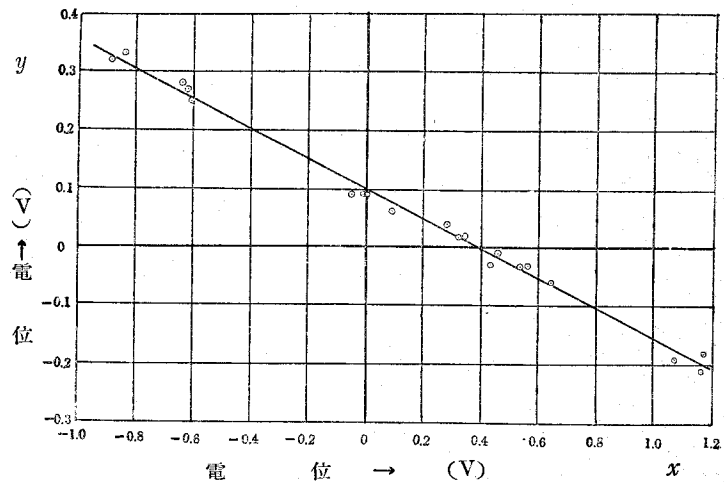
1954. 2. 5. 04^h03^m~04^h47^m測定

使用シャボン液 { 蒸溜水 20cc
モノゲン 1g

室 温 7.3°C 濕 度 41.3%

氣 壓 763.2mm-Hg

電位計感度 44.31目盛/V



第 3 圖

第 4 圖

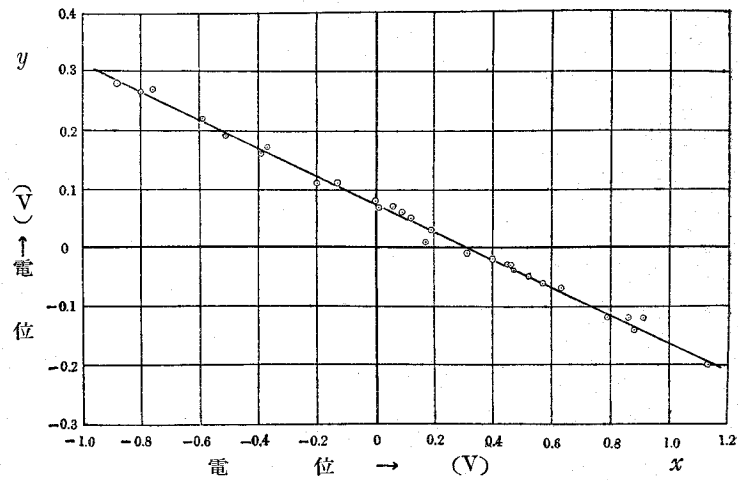
1954. 2. 8. 09^h15^m~10^h07^m測定

使用シャボン液 { 蒸溜水 20cc
モノゲン 1g

室 温 9.5°C 濕 度 38.5%

氣 壓 755.9mm-Hg

電位計感度 44.82目盛/V



第 4 圖

第 5 圖

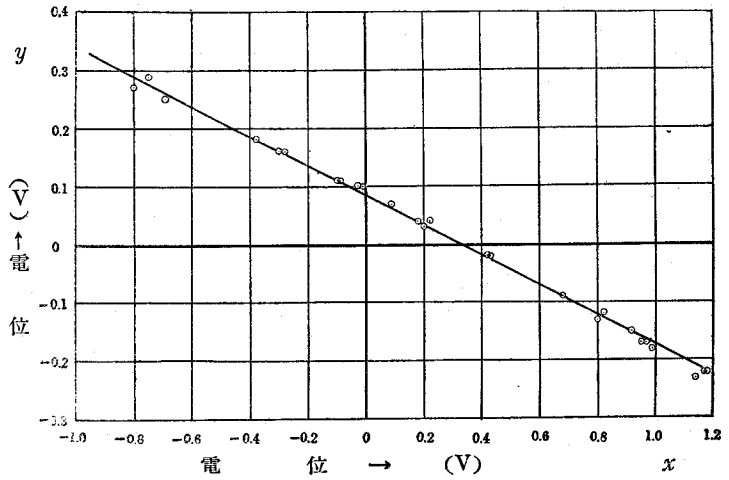
1954. 2. 6. 02^h08^m~03^h34^m測定

使用シャボン液 { 蒸溜水 20cc
モノゲン 2g

室温 7.6°C 湿度 42.1%

気圧 761.0mm-Hg

電位計感度 46.08目盛/V



第 5 圖

第 6 圖

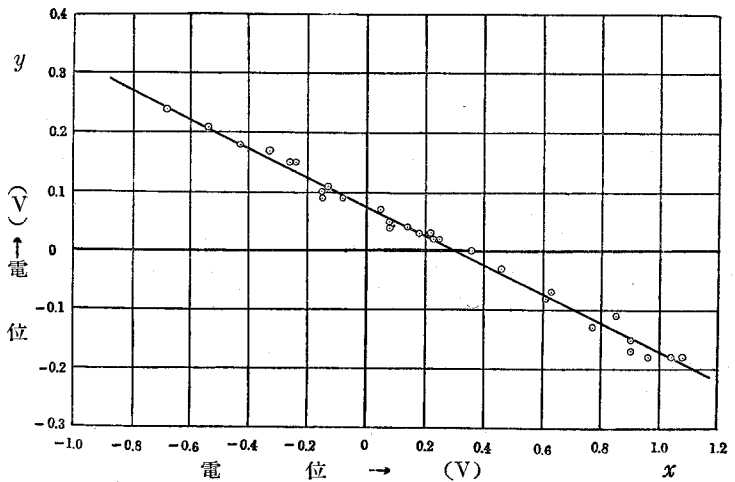
1954. 2. 2. 03^h25^m~04^h32^m測定

使用シャボン液 { 蒸溜水 20cc
モノゲン 3g

室温 8.2°C 湿度 41.3%

気圧 759.6mm-Hg

電位計感度 47.85目盛/V



第 6 圖

第 7 圖

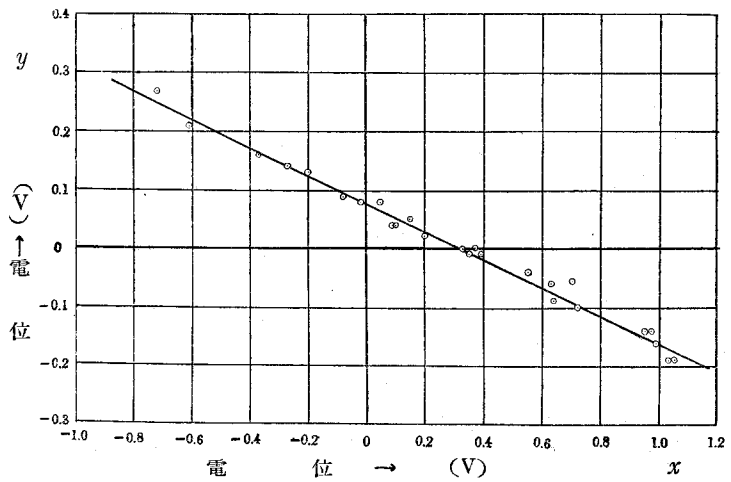
1954. 2. 8. 07^h10^m~08^h10^m測定

使用シャボン液 { 蒸溜水 20cc
モノゲン 4g

室温 7.4°C 湿度 40.1%

気圧 759.8mm-Hg

電位計感度 46.98目盛/V



第 7 圖

各図の測定点の値から計算によつて求めた実験式は次の通りである。

$$y = -0.266x + 0.105 \quad (1)$$

$$y = -0.257x + 0.079 \quad (2)$$

$$y = -0.258x + 0.100 \quad (3)$$

$$y = -0.238x + 0.075 \quad (4)$$

$$y = -0.258x + 0.085 \quad (5)$$

$$y = -0.249x + 0.076 \quad (6)$$

$$y = -0.242x + 0.077 \quad (7)$$

但しこゝで上式(1), (2), (3), (4), (5), (6), (7)は夫々第1図, 第2図, 第3図, 第4図, 第5図, 第6図, 第7図に対応するものであり, 各式とも夫々各図の縦軸を y 軸に, 横軸を x 軸にとつてゐる. 従つて x, y 共単位は "volt" になつてゐる. 各図に記入されている直線は夫々対応している上記各式の示す直線である.

尙上記各式から夫々 x 截片 (Δx), y 截片 (Δy) および勾配 ($\Delta y/\Delta x$) を求めて使用シヤボン液の濃度 (n) と一緒に表にしたものが第1表である. 上記各式では勾配は皆負になつてゐるがこゝでは単にその大きさを問題にする關係上その絶対値をとつてゐる.

第 1 表 (溶 媒 ; 蒸 溜 水)

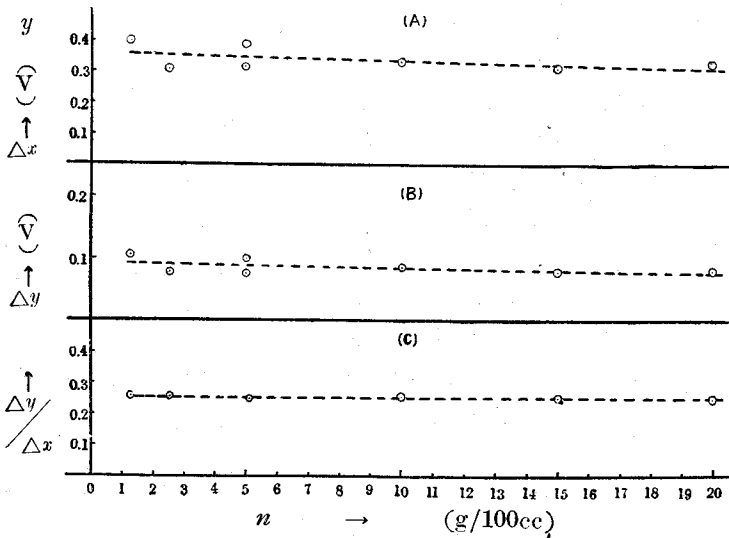
| n (濃度) | Δx (volt) | Δy (volt) | $\Delta y/\Delta x$ | 備 考 |
|-------------|-------------------|-------------------|---------------------|---|
| 1.25 | 0.397 | 0.105 | 0.266 | 第 1 圖 參 照 $\Delta x, \Delta y$ 他のもより異常に大きい. |
| 2.50 | 0.308* | 0.079* | 0.257* | 第 2 圖 參 照 |
| 5.00 | 0.387 | 0.100 | 0.258 | 第 3 圖 參 照 使用モノゲン他のもとの購入時期がちがう. 測定點の數も他のもより10少く20だけ. |
| 5.00 | 0.315* | 0.075* | 0.238* | 第 4 圖 參 照 |
| 10.00 | 0.328* | 0.085* | 0.258* | 第 5 圖 參 照 |
| 15.00 | 0.303* | 0.076* | 0.249* | 第 6 圖 參 照 |
| 20.00 | 0.319* | 0.077* | 0.242* | 第 7 圖 參 照 |
| 全 平 均 | 0.337 | 0.085 | 0.253 | |
| * 印 平 均 | 0.315 | 0.078 | 0.249 | |

第8図(A), (B), (C)は第1表の値を濃度 (n) を横座標に, x 截片 (Δx), y 截片 (Δy), 勾配 ($\Delta y/\Delta x$) を夫々縦座標にして画いたものである. (A), (B) 共に縦座標の一目盛は第1~7図でとつたものと同じにしてある. 各図とも座標点は大体一直線上にのるものと思われるので, その直線を各点の座標から計算して求めてみると次のようになる.

$$y_A = -2.59 \times 10^{-3}n + 0.358 \quad (8)$$

$$y_B = -7.76 \times 10^{-4}n + 0.092 \quad (9)$$

$$y_C = -7.94 \times 10^{-4}n + 0.259 \quad (10)$$



第 8 図

但しこの(8), (9), (10)各式は夫々(A), (B), (C)各図に対応するものである。勿論(8), (9)式の示す y_A, y_B は夫々 $\Delta x, \Delta y$ でその単位は“volt”, n はシャボン液の濃度(蒸溜水 100cc 中のモノゲンのグラム数)である。(10)式の y_σ は勾配 ($\Delta y/\Delta x$) で, n は前記と同じである。

これらの関係式で $n=1.25$, 及び $n=20.00$ の時の左辺を夫々

$(y_A)_{n=1.25}, (y_A)_{n=20.00}, (y_B)_{n=1.25}, (y_B)_{n=20.00}, (y_\sigma)_{n=1.25}, (y_\sigma)_{n=20.00}$ で示すと,

$$(y_A)_{n=20.00} - (y_A)_{n=1.25} = -0.049 \text{ (volt)} \quad (11)$$

$$(y_B)_{n=20.00} - (y_B)_{n=1.25} = -0.014 \text{ (volt)} \quad (12)$$

$$(y_\sigma)_{n=20.00} - (y_\sigma)_{n=1.25} = -0.015 \quad (13)$$

となり, 測定の濃度範囲 18.75 の間に夫々これだけ変化, 即ち平均として濃度が 18.75 増加する間に $\Delta x, \Delta y, \Delta y/\Delta x$ は, 夫々これらの値だけ減少したことになる。 $\Delta x, \Delta y$ の変化量を示すこれらの値は測定の誤差と略同位になるものと思はれるが, 兎も角傾向的には識別できるものである。 $\Delta y/\Delta x$ が斯様に小さい値であるということは, 第 1~7 図各直線は近似的に平行線となつてゐることを示しているものである。

尙第 1 表の備考欄にも述べたように, 濃度 5.00 (第 3 図) のものは使用モノゲンが他のものとのちがひ, なかなかシャボン玉が所定の大きさに成りにくく, 又所定の大きさに膨脹したシャボン玉も比較的寿命が短かつたりして, その性質(多分表面張力等)が他のものと多少ちがうらしく, そのため同じ濃度の他のもの(第 4 図)とも比較的大きな違いを生じたものと考えられるので一応これを除外し, 又濃度 1.25 (第 1 図) も原因はわからないが兎も角他のものに較べて異常に大きいのでこれも除外することにして, 残る五つから (8), (9), (10) と同様な直線を求めてみると,

$$y_A' = 1.63 \times 10^{-4} n + 0.313 \quad (8')$$

$$y_B' = -6.34 \times 10^{-5} n + 0.079 \quad (9')$$

$$y_\sigma' = 3.61 \times 10^{-4} n + 0.252 \quad (10')$$

となる。 y_A', y_B', y_σ' は前記の二つを除外した場合の夫々 y_A, y_B, y_σ に当るものである。従つて y_A', y_B' の単位はやはり“volt”である。

これらから(11), (12), (13)に相当するものを求めてみると,

$$(y_A')_{n=20.00} - (y_A')_{n=1.25} = 0.000 \quad (11')$$

$$(y_B')_{n=20.00} - (y_B')_{n=1.25} = -0.001 \quad (12')$$

$$(y_\sigma')_{n=20.00} - (y_\sigma')_{n=1.25} = 0.006 \quad (13')$$

となり, 測定の濃度範囲では殆んど変化が認められず(測定の誤差の範囲内), 結局少くとも測定の濃度範囲内では (8'), (9'), (10)' 式は夫々

$$y_A' \doteq 0.313 \quad (11)''$$

$$y_B' \doteq 0.079 \quad (12)''$$

$$y_{\sigma}' \doteq 0.252 \quad (13)''$$

と書き表わせる。或は n 軸に平行な直線として更に近似度をよくすれば、第1表*印平均をとつて

$$y_A' = 0.315 \quad (11)'''$$

$$y_B' = 0.078 \quad (12)'''$$

$$y_{\sigma}' = 0.249 \quad (13)'''$$

となる。これらの式(11)'''~(13)'''は夫々 Δx , Δy , $\Delta y/\Delta x$ はシャボン液の濃度には無関係であると云うことを表わしている。

以上からして結局、溶媒を蒸留水としたとき、溶質のモノゲンを性質の同じものを使ひ、測定時の条件(特に装置の絶縁度、湿度等)をできるだけ同じくすれば、シャボン玉を一定の大きさに膨脹させる際に現れる電位の変化は、使用シャボン液の濃度には殆んど無関係になると思われる。若し濃度に関係するとしても、その量は極く僅かであつて殆んど測定の誤差の範囲をでないものではないかと思う。

前報告との比較検討

前報告第2報では定性的にはあるが、学芸学部自家水道水を溶媒とした場合について、“使用シャボン液の濃度をかえるとき、シャボン玉を一定の大きさに膨脹させる際に現れる電位の変化は、測定誤差の範囲内に於て殆んどその濃度に関係する”との結論をだしたが、前記蒸留水を溶媒とした場合の結論もこれに共通するものであり、これを再確認するものである。

この似かよつた二つの溶媒の結果だけから“一般にシャボン玉を膨脹させる際に現れる電位の変化はそのシャボン液の濃度には無関係である”との結論を下すのは些か早計のようであるが、類推から一般的にもそのような結論になるらしく思へる。更に将来もつとちがつた溶媒を用いて確かめてみたいと思う。

結 言

本報告の実験は前報告第2報のものに続いて第2報未整理のうちに行つたものである。従つて第2報に指摘した不備な点、留意検討すべき点等に別に注意が払はれていない。尙将来の検討事項についても一部これを再確認した程度である。これらの是正すべき点の是正、留意検討すべき点の検討は将来にゆずることとする。

終りに、この研究を進めるにあつて種々御指導、御鞭達、御援助をいたゞいた東北大学理学部地球物理学教室加藤愛雄教授、当学芸学部物理研究室橋元鷹二教授に深甚なる謝意を表する次第である。またこの実験を行うにあつて器械器具を提供して下さるなど種々御便宜をいただいた工学部土居茂樹教授の御好意にも深く御礼申し上げる次第である。尙測定は当物理研究室山谷秀雄君の奉仕的協力によつてなされたものである。茲に厚く同君に謝意を表する次第である。

1954年12月20日

文 献

- (1) 高橋 八 郎 : 岩手大學學藝学部研究年報 3, Pt. 2, 14-18 (1951)
 (2) 同 上 : 同 上 7, Pt. 2, 40-45 (1954)