

# シャボン玉破裂の際の電位の変化について (第2報)

高 橋 八 郎

On the Change of Electrostatic Potential  
when a Soap Bubble Explodes (2)

Hachiro TAKAHASHI

## §1 緒 言

シャボン玉が或る大きさに膨脹する際に電位が変化し<sup>(1)</sup>、いろいろ複雑な条件に従つて或る値の電位に落ちつく。この電位に落ちついたシャボン玉は大体1分以内に破裂するが、この際にも電位に変化を来し、その変化は一般にシャボン玉破裂直前の電位に比例している。しかしこの電位の変化が実際のところどんな原因、どんな機構、どんな条件でおこっているか殆んどわからない。勿論Lenard 効果からは当然期待されるが果してこれがそれのみによつておこっているかどうか疑問である。

今度は第1報<sup>(2)</sup>に続いてこれらを更に深く究明するため条件を変えて、即ちシャボン液の濃度および溶媒を変えて、第1報と同様な実験を行つてみた。以下はその報告である。勿論まだ理論的に考察するまでに実験が進んでいないので単なる実験の結果の報告である。

## §2 実験装置および方法

実験装置は第1報<sup>(1)</sup>のときのものと同様で、違うところは只“膨脹装置<sup>(1)</sup>”へ空気を送るゴム管の途中、膨脹装置の直ぐ上部に目の細かい金網を横断面に幾重(六重)にも張つた金属の管を挿入、地絡したことである。これは荷電をもつた微粒子に対する一種の濾過装置で、荷電をもつた微粒子が“ふいこ”からゴム管を通つて膨脹装置、延いてはシャボン玉の中に送り込まれるのを防ぐためのものである。そのほかこの実験装置に関する説明は文献(1)に細かに述べたからこゝでは省略する。

以下文献(1)を単に(1)と書くことにする。

使用シャボン液は(1)のときの経験から(1)と同様、溶質としては市販の粉末洗剤モノゲンを、溶媒としては蒸溜水および学芸学部自家用の水道の水を、使用して作つたものである。その濃度は蒸溜水 100cc に対して粉末モノゲン夫々 20g, 15g, 10g, 5g, 2.5g, 1.25g の割合の6種類と、水道の水 100cc に対して同じ粉末モノゲン夫々 15g, 10g, 7.5g, 3.75g, 2.5g, 1.25g の割合の6種類とである。

これらの溶液を使つてのシャボン玉の作り方、その大きさの定め方は(1)に述べたところと同じである。

電位計の感度を求める装置も(1)に述べたところと大体同じであるが、今回は特に(1)の第3図の回路中の電圧計に負の目盛もあるものを用ひ、回路の蓄電池の⊕、⊖をつなぎ変えるだけで電位計の読取顕微鏡<sup>(3)</sup>の目盛の端から端迄読みとれるようにした。

これによる電位計の感度測定は次のように行つた。即ち(1)の第3図の回路の抵抗を適当に加減して電圧の変化に伴う電位計の読取顕微鏡の読みを求め、回路の電圧計の示す電圧対顕微鏡の読みのグラフを画き、これが直線をなすことから、単位の電圧変化に対する読取顕微鏡の読みの平均を求め、これをその感度とした。ただしこの際出来るだけ誤差を少くするために電位計の吊り線の示す示度<sup>(3)</sup>は読取顕微鏡の目盛の概ね端から端迄一往復して示すように特に留意して電圧を加減した。

なほシャボン玉を所定の大きさに膨脹させる迄の諸注意、操作も(1)に述べたところと同じであるが、この実験では前記12種類の濃度の溶液に対して夫々同じ操作を繰り返したわけである。おのおの場合のシャボン玉の大きさはいつも同じで直径14cmになるようにした。

このようにして直径14cmに膨脹したシャボン玉は夫々膨脹前の電位に従つていろいろな値(電位)をとるが、大体1分以内で破裂する。この破裂の際の電位の変化を求めるのがこの実験の主要目的であるが、それには上記破裂の直前と直後の電位計の読みを求めるわけである。従つて破裂直前の電位計の読みは前記膨脹装置およびその下端にぶらさがつたシャボン玉の電位に相当するものであり、破裂直後のものはそのシャボン玉を作つているシャボン液の一部が破裂によつて飛び散つた後の膨脹装置の電位に相当するものである。破裂によつてシャボン液の一部は飛び散つても膨脹装置の下面にはまだ残部のシャボン液がある筈で、結局破裂直後にはこれの電位(ほかの影響も入つて来ていると思うがそれも含めたもの)が測られるわけである。

### §3 実験結果およびその検討

新しく求めた電位計の読みを、その際の電位計の感度から整理した結果が第1~12図である。第1~6図は溶媒として蒸留水を使つたもので、濃度の小さい方から大きい方への順になつてゐる。つまり第2図は第1図より濃度が大、第3図は第2図より更に濃度が大と云つたようになつてゐる。第7~12図は溶媒が水道の水の場合で、排列は濃度について上記蒸留水の場合と同じにしてある。

各図はいづれも第1報<sup>(2)</sup>の場合と同様、横軸にはシャボン玉破裂直前の電位計の読みを電位計の感度から算出した電位(単位volt)をとり、縦軸には直径14cmに膨脹したシャボン玉の破裂した際の電位の変化、即ち破裂直前と破裂直後との電位計の読みの差、を電位計の感度から算出した電位(単位volt)がとつてある。

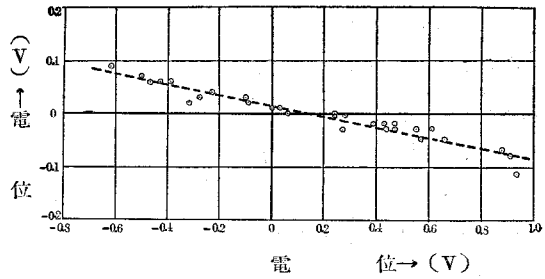
おのおの図から共通して云へることは先づ第1報の結果<sup>(2)</sup>と同じように、この測定範囲内では測定点は概ね一直線にのつてゐると見做され、しかもこの直線は横軸に対して或る傾きをなしてゐるということである。もつともこれらの図から濃度がある適当な値になるとこの傾きは或は零になるかも知れないということも予想はされる。更に又いづれの溶液の場合もその濃度が小から大となるにつれて、測定点が平均してのつてゐると見做される直線が縦軸をきる点は正からだんだん減つて零を越えて負になつて居り、しかもその直線の勾配も濃度が大になるにつれて一般に減少してゐる傾向にあるらしいということも云へる。第13図と第14図は夫々第1~6図と第7~12図の直線の縦座標( $\Delta y$ )と横座標( $\Delta x$ )とを読みとり、それらの値を縦座標とし、濃度(溶媒 100cc中の溶質のグラム数で表した)を横座標として画いたものであるが、このうちで上記直線の縦座標 $\Delta y$ を縦座標として表したのから前者(縦座標をきる点の正から負への移動)が認められる。後者(勾配の減少)はその直線の勾配( $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ )と濃度との関係を示した第15図、第16図から認められる。或は後者は又第13図、第14図の縦座標( $\Delta x$ と $\Delta y$ )の比較からも当然認められる筈である。

なほ共通事項として、第15図、第16図を見ると蒸留水の場合も水道の水の場合も大体共通して(蒸留水の場合は若干不明瞭ではあるが)濃度が大きくなると勾配が速く小さくなつていく傾向があるらしいことが認められる。しかし今の場合勾配を出すのに求めた縦軸截片( $\Delta y$ )、横軸截片( $\Delta x$ )に余り信用はおけないので、濃度によるこの勾配の加速的な変化は更によく検討して見なければならぬと思う。

次に溶媒別に考えて見ると、一般に水道の水を溶媒としたシャボン液の方が蒸留水を溶媒としたものより濃度の変化に対する破裂の際における電位の変化の絶対値が大きくなる傾向にあるらしい。

第 1 圖

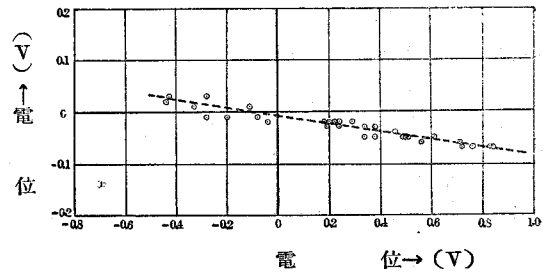
1954. 2. 5, 00<sup>h</sup>40<sup>m</sup>~02<sup>h</sup>10<sup>m</sup>測定  
 使用シヤボン液 { 蒸溜水 80cc  
                   { モノゲン 1g  
 室温 7.1°C, 湿度 41.5%  
 気壓 763.3mm-Hg  
 電位計感度 4.3 目盛/0.1V



第 1 圖

第 2 圖

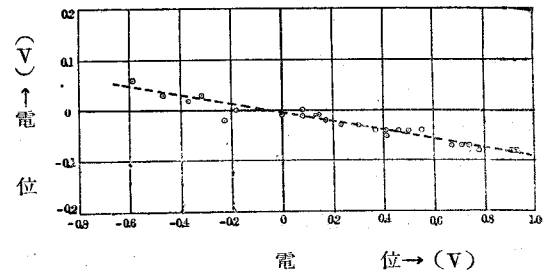
1954. 2. 4, 02<sup>h</sup>30<sup>m</sup>~03<sup>h</sup>14<sup>m</sup>測定  
 使用シヤボン液 { 蒸溜水 40cc  
                   { モノゲン 1g  
 室温 7.0°C, 湿度 40.9%  
 気壓 763.4mm-Hg  
 電位計感度 4.9 目盛/0.1V



第 2 圖

第 3 圖

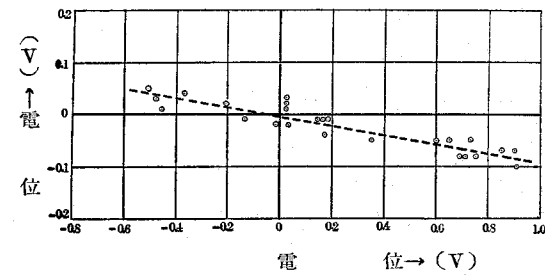
1954. 2. 8, 09<sup>h</sup>15<sup>m</sup>~10<sup>h</sup>07<sup>m</sup>測定  
 使用シヤボン液 { 蒸溜水 20cc  
                   { モノゲン 1g  
 室温 9.5°C 湿度 38.5%  
 気壓 755.9mm-Hg  
 電位計感度 4.5 目盛/0.1V



第 3 圖

第 4 圖

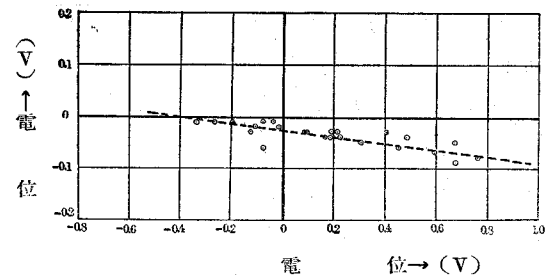
1954. 2. 6, 02<sup>h</sup>08<sup>m</sup>~03<sup>h</sup>34<sup>m</sup>測定  
 使用シヤボン液 { 蒸溜水 20cc  
                   { モノゲン 2g  
 室温 7.6°C 湿度 42.1%  
 気壓 760.5mm-Hg  
 電位計感度 4.6 目盛/0.1V



第 4 圖

第 5 圖

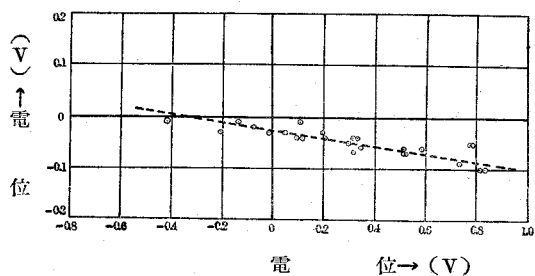
1954. 2. 8, 03<sup>h</sup>25<sup>m</sup>~04<sup>h</sup>32<sup>m</sup>測定  
 使用シヤボン液 { 蒸溜水 20cc  
                   { モノゲン 3g  
 室温 8.2°C, 湿度 41.3%  
 気壓 759.5mm-Hg  
 電位計感度 4.8 目盛/0.1V



第 5 圖

第 6 圖

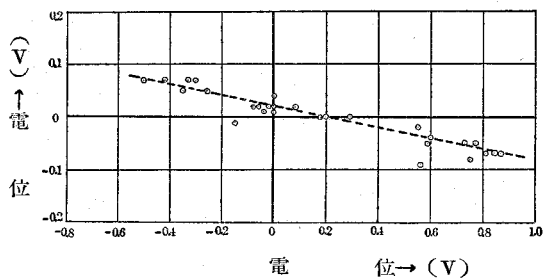
1954. 2. 8, 07<sup>h</sup>10<sup>m</sup>~08<sup>h</sup>10<sup>m</sup>測定  
 使用シャボン液 { 蒸留水 20cc  
                   { モノゲン 4g  
 室温 7.4°C, 湿度 40.1%  
 気圧 759.8mm-Hg  
 電位計感度 4.7 目盛/0.1V



第 6 圖

第 7 圖

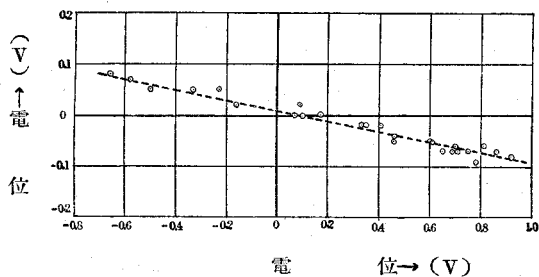
1954. 1. 28, 03<sup>h</sup>12<sup>m</sup>~04<sup>h</sup>09<sup>m</sup>測定  
 使用シャボン液 { 水道の水 80cc  
                   { モノゲン 1g  
 室温 5.7°C, 湿度 45.0%  
 気圧 766.5mm-Hg  
 電位計感度 4.3 目盛/0.1V



第 7 圖

第 8 圖

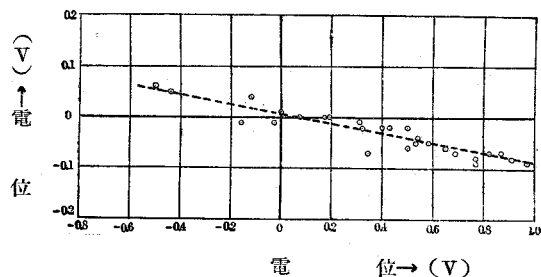
1954. 1. 28, 00<sup>h</sup>40<sup>m</sup>~01<sup>h</sup>31<sup>m</sup>測定  
 使用シャボン液 { 水道の水 40cc  
                   { モノゲン 1g  
 室温 6.1°C, 湿度 44.0%  
 気圧 766.5mm-Hg  
 電位計感度 4.3 目盛/0.1V



第 8 圖

第 9 圖

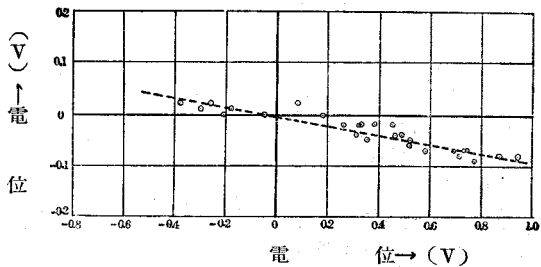
1954. 2. 2, 01<sup>h</sup>05<sup>m</sup>~2<sup>h</sup>10<sup>m</sup>測定  
 使用シャボン液 { 水道の水 80cc  
                   { モノゲン 3g  
 室温 5.9°C, 湿度 41.9%  
 気圧 762.5mm-Hg  
 電位計感度 4.2 目盛/0.1V



第 9 圖

第 10 圖

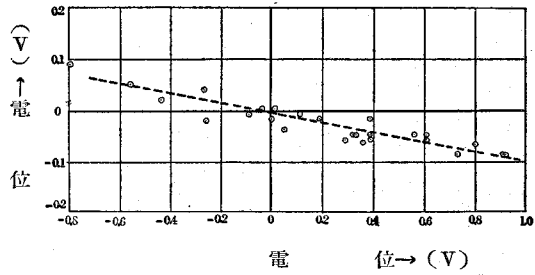
1954. 1. 27, 03<sup>h</sup>15<sup>m</sup>~04<sup>h</sup>03<sup>m</sup>測定  
 使用シャボン液 { 水道の水 20cc  
                   { モノゲン 1g  
 室温 5.1°C, 湿度 45.0%  
 気圧 770.5mm-Hg  
 電位計感度 4.2 目盛/0.1V



第 10 圖

第 11 圖

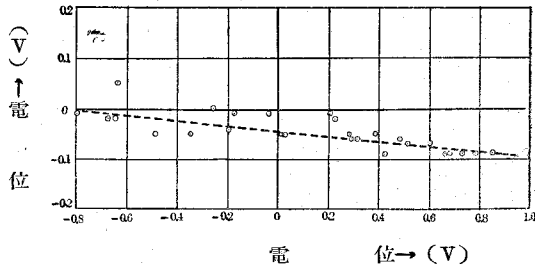
1954. 2. 2. 03<sup>h</sup>55<sup>m</sup>~04<sup>h</sup>48<sup>m</sup>測定  
 使用シャボン液 { 水道の水 40cc  
                   モノゲン 3g  
 室温 5.3°C, 湿度 41.2%  
 気圧 763.5mm-Hg  
 電位計感度 4.1 目盛/0.1V



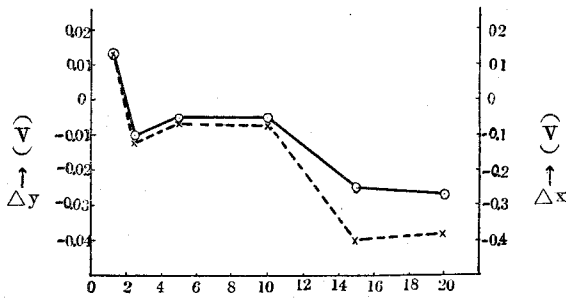
第 11 圖

第 12 圖

1954. 1. 27. 01<sup>h</sup>15<sup>m</sup>~02<sup>h</sup>05<sup>m</sup>測定  
 使用シャボン液 { 水道の水 20cc  
                   モノゲン 3g  
 室温 5.2°C, 湿度 45.0%  
 気圧 768.6mm-Hg  
 電位計感度 4.2 目盛/0.1V

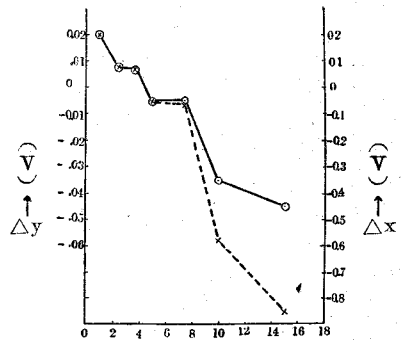


第 12 圖



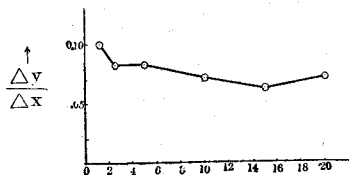
シャボン液の濃度  
 (蒸溜水100cc中のモノゲンのグラム数)  
 ×: Δx, ○: Δy, ⊗: ΔxとΔyの重なつたもの

第 13 圖



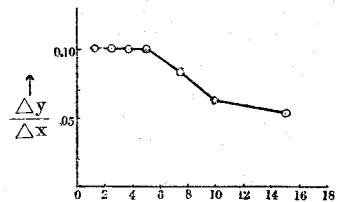
シャボン液の濃度  
 (水道水100cc中のモノゲンのグラム数)  
 ×: Δx, ○: Δy, ⊗: ΔxとΔyの重なつたもの

第 14 圖



シャボン液の濃度  
 (蒸溜水100cc中のモノゲンのグラム数)

第 15 圖



シャボン液の濃度  
 (水道の水100cc中のモノゲンのグラム数)

第 16 圖

これは第13図, 第14図を較べて見ると図上の点のがのると見られる曲線(直線になるか何になるかはつきりしないが)が蒸溜水を溶媒とした場合のものより勾配が大きくなっていることから認められる. このことは又第13図, 第14図を画く元になつた図第1~12図を見てもわかる.

この測定では確かにこのような結果に出て来たのであるが、今の場合は水道の水、蒸留水という非常に似かよった溶媒の一例にしか過ぎないので、この溶媒の差異による問題はいつれ後の機会にもっと違つたいくつかの溶媒について測定を行つた上で詳しい検討をしたい。

更に次に以上の結果と第1報の結果との比較検討をやつてみよう。第1報§4の(a), (b)は今度の結果ではつきり再確認されたわけである。(c)についてもその濃度、即ち第1報の測定の時と同じ濃度については同様確認されたわけである。しかしこの確認は傾向的のもので数値的のものではない。丁度同じ濃度の第1報のFig. 1~3と今度の結果の第4図とを較べて見ると、平均して測定点ののると見られる直線の縦軸をきる点が違つてきている。即ち今度の場合はその点が原点の方へずれてきている。この違いがどうして出て来たかはつきりはしないが測定の際のいろいろな条件の違いからと思われる。Fig. 1~3と今度の第4図とでは確かに濃度は同じであるが、シャボン玉の大きさおよび溶質として用いたモノゲン等に多少の差があり、また測定時の外的条件にも相当の違いがある。なおこのほか測定そのものから入ってくる誤差の違いも考へられる。第1報のときは今度の場合に較べて多少粗雑に扱はれている。結局このような違いが重畳して上記のような結果になつたものと思う。しかし一方観点を変へて濃度が変わる場合を考えると、今度の結果から一般には(c)は次のように拡張されなければならない。即ち“シャボン玉破裂前の電位が零であるとき破裂の際における電位の変化は、そのシャボン液の濃度によつて異なり濃度が大なるときは負で絶対値が大きく、濃度が小となるにつれてその絶対値はだんだん小さくなり、ある濃度以下では正となり、以下濃度が更に小さくなるにつれて正の値でだんだん大きくなって行く”と。

なほ今度の実験は測定の際の周囲の条件を各回なるべく等しくするよう特に気を配り、実験室は絶えずストーブを焚いて室温、湿度をできるだけ齊一にするようにし、測定時刻もなるべく似た頃(種々な都合で殆んど皆深夜)を選び、又電位計の感度も概ね同じになるように努めた。しかし結果は測定の日によつて不揃いとなつたようである。それは第13図、第14図を見るとわかるように測定の日によつて思はれる測定点の“ばらつき”が多く(特に第13図)、これら測定点がどんな曲線にのるかはずりしない(二次曲線のようにもなり又直線と考えられないでもない)。上記第1報Fig. 1~3と今度の結果の第4図とのずれにも勿論外的条件の中にこのことが含まれ、前の第1報のFig. 1, Fig. 2, Fig. 3の不揃いもこれによるところが多いのではないかと思う。これらの解明は結局将来の問題になるが、兎も角結果的に見て矢張り何か測定時の外的条件が原因しているものと思う。

#### §4 結 言

この報告も前報告同様膨脹装置の側から見たシャボン玉破裂の際の電位の変化についての定性的なものに終り、将来に多分に問題を残す結果となつたが、この実験で第1報について更に明らかになつた点は次の通りである。

(a) 溶媒が蒸留水の場合と水道の水の場合とに共通した結果としては次の通りである。

(i) 大きさ一定のシャボン玉の破裂の際における電位の変化は、使用シャボン液の濃度によつて異なり、破裂直前の電位が零のときシャボン液の濃度がある値以下では正で、濃度の減少につれて大きくなり、それ(上記の“ある値”)以上では負で濃度の増加につれてその絶対値が大きくなる(第1~14図)。

(ii) 大きさ一定のシャボン玉の破裂直前の電位対破裂の際における変化電位の直線(第1~12図)の勾配は矢張り濃度に関係し、濃度が大きくなるとその勾配の減り方は大きくなる傾向にあるらしい(第15図、第16図)。

(b) 溶媒の差異によるとして認められる点は次の通りである。

大きさ一定のシャボン玉の破裂の際における電位の変化は、水道の水を溶媒としたシャボン液の方が蒸留水を溶媒としたシャボン液よりその絶対値が大きい(第13図, 第14図)。

終りに、この研究を進めるに当つて種々御指導, 御鞭撻, 御援助をいただ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当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あげる次第である。なほ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ことを特に記して同君に厚く謝意を表する次第である。

### 文 献

- (1) 高 橋 八 郎 : 岩手大学学藝学部研究年報 3, 16, (1951)
- (2) 高 橋 八 郎 : 同 上 3, 21, (1951)
- (3) Shimizu T. : Nagaoka Anniversary, 17  
河 出 書 房 : 物理実験学第11巻, 115 (昭和14年)