

自己蒸発における起泡性溶液の泡立ちについて (第4報)

PVA 水溶液の起泡性

酒 井 信 之

On the Foaming Phenomena of the Froth-making Solutions in
the Self-evaporation (4th report)

The Frothing-power of PVA Solutions

Nobuyuki SAKAI

The present investigation was carried out to find the frothing-power of PVA solutions in the self-evaporation.

The conclusions of the experimental results may be summarised as follows :

at PVA-1055

$$H = 10^{10} (P_0)^{-3.0} (C)^{0.3} (D)^{-3.3} (V)^{0.3} (\Delta P)^{1.2}$$

at PVA-1200

$$H = 8.3 \times 10^9 (P_0)^{-3.1} (C)^{0.4} (D)^{-3.1} (V)^{0.3} (\Delta P)^{1.3}$$

at PVA-1670

$$H = 5.6 \times 10^9 (P_0)^{-3.0} (C)^{0.4} (D)^{-3.8} (V)^{0.6} (\Delta P)^{1.1}$$

at PVA-2242

$$H = 7.7 \times 10^7 (P_0)^{-3.0} (C)^{0.6} (D)^{-2.7} (V)^{1.5} (\Delta P)^{1.0}$$

where H : Frothing-power [mm.], P_0 : Original pressure [mm.Hg], C : Concentrations of solution [%], D : Diameter of froth-making tube [cm.], V : Quantity of solution [C.C.], ΔP : Difference of pressure drop [mm. Hg]

I 緒 言

筆者はさきに各種条件下における PVA 水溶液の泡立ち現象を、空気吹込法により実験し発表した。⁽¹⁾

今回 PVA 水溶液の泡立ちを、自己蒸発の場合においてサポニン水溶液⁽²⁾、ゼラチン水溶液⁽³⁾と同様に初圧、溶液濃度、泡沫生成管径、液量および圧力差等の各因子について整理して、一つの実験式を作つたが、その一部をここに報告する。

II 装置および実験方法

本実験に使用した装置および実験方法は先に発表したもの⁽⁴⁾⁽²⁾と全く同じであるので省略する。ただ試料液の取扱ひとして注意したのは、PVA 水溶液は器壁に糊状に強く附着する為、実験毎に内面を充分洗滌して残留附着液を除去した。

III 試料液および実験条件

実験に使用した PVA 水溶液は先の発表のもの⁽¹⁾と同じである。この外日本合成化学工業社のゴーセノールの各種のものについても検したが、実験値が少く整理不足であるので、本報では言及しない。

(2)
実験条件も先の発表と同様であり省略する。

Ⅳ 実験結果

測定値は実験条件の組合せにより非常に多数得られたが、条件因子により纏めると類似の傾向が見られるので、これらの中代表的なものについてのみ線図化して説明を加える。

図-1, 図-2, 図-3, 図-4 の各線図は、重合度2242についてのそれぞれ初圧 P_0 [mm.Hg], 溶液濃度 C [%], 泡沫生成管径 D [cm.] および液量 V [c.c.] を記載の条件下で変えた場合の圧力差 ΔP [mm.Hg] と泡沫層の高さ即ち起泡性 H [cm] との関係を示すものである。

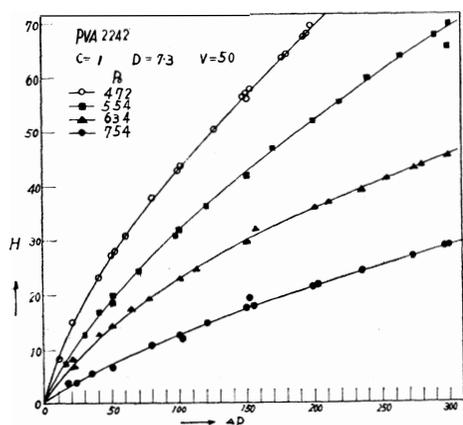


図-1

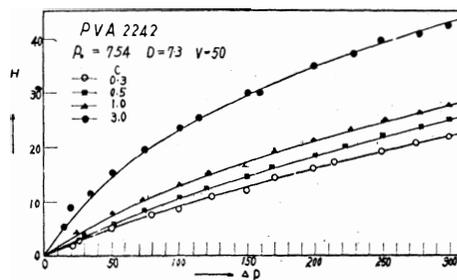


図-2

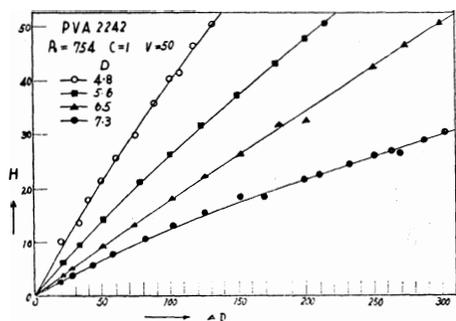


図-3

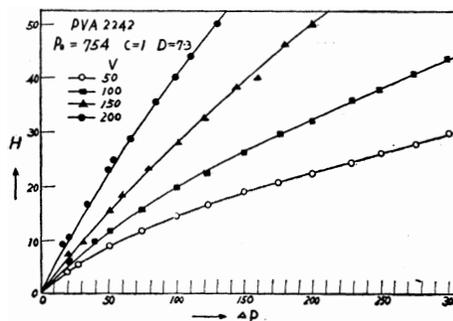


図-4

この関係は他の重合度および他の条件下についても略相似した傾向を示すものである。

これらの線図から先に発表したサポニン水溶液⁽²⁾, ゼラチン水溶液⁽³⁾と同様、初圧、液濃度、泡沫生成管径および液量、圧力差が起泡性に著しく影響していることがわかる。また各因子についての曲線の模様はサポニン水溶液よりもむしろ、ゼラチン水溶液の場合に近似している。

つぎに起泡性に対するこれらの因子がどの程度に影響するかということを具体的に調べる為に、起泡性と各因子との関係を対数方眼紙に点綴してみた。即ち図-5, 図-6, 図-7, 図-8 は重合度1055についての線図である。図でも了解されるように測定値はすべて一定条件下においては1本の直線上に並び、また同一図における各直線は略平行直線を形成している。故にこれら平行直線群の傾斜をもとむれば、その値がその図を規定している横軸の因子の起泡性に対する影響度を表すことになり、これより各因子についての実験式を作成することが出来る。表-1 は上記図-5~図-8の実験条件と、これより得られる起泡性の実験式を示すものである。但し式中の係数 k_1, k_2, k_3, k_4 等はそれぞれの場合により異なる値をもつものとする。

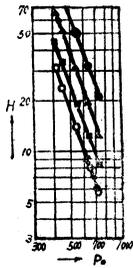


図-5

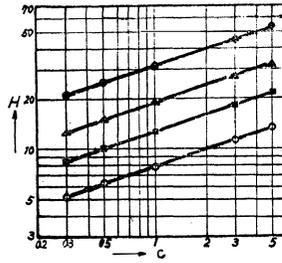


図-6



図-7

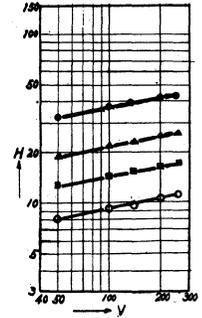


図-8

表-1

Experimental conditions and experimental equations of Fig. 5~Fig. 8.

Sample solutions : PVA-1055

Difference of pressure drop [mm.Hg] : \circ -30, \bullet -50, \blacktriangle -100, \blacklozenge -200

| Fig. | Experimental conditions | | | | Factor | Inclination of lines | Experimental equation |
|------|-------------------------|-----|-----|----|--------|----------------------|-----------------------|
| | P_0 | C | D | V | | | |
| 5 | | 1.0 | 7.3 | 50 | P_0 | -3.0 | $H=k_1(P_0)^{-3.0}$ |
| 6 | 640 | | 7.3 | 50 | C | 0.3 | $H=k_2(C)^{-0.3}$ |
| 7 | 640 | 1.0 | | 50 | D | -3.3 | $H=k_3(D)^{-3.3}$ |
| 8 | 640 | 1.0 | 7.3 | | V | 0.3 | $H=k_4(V)^{0.3}$ |

同様な実験式が他の重合度の場合においてももともめ得ることができる。

図-9, 図-10, 図-11, 図-12 は前の PVA-1055 の場合と同様なやり方で上記各因子の影響度を調べたものである。図面の複雑化を避ける為に各重合度個々については、図-5~図-8 のごとき平行直線群が得られるが、その中の代表的な直線1つをもってその重合度を代表せしめるようにした。これら直線の得られた実験条件は表-2 によつて示される。



図-9

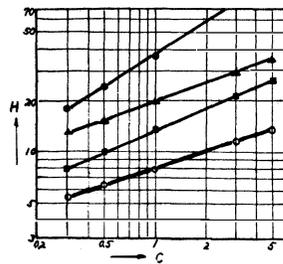


図-10

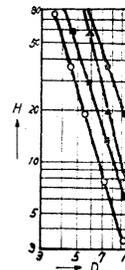


図-11

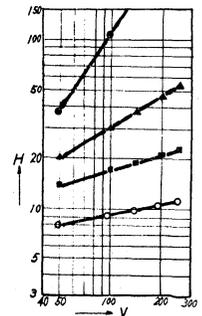


図-12

表-2

Experimental conditions of Fig. 9~Fig. 12.

Sample solutions and difference of pressure drop [mm.Hg] : \circ -PVA-1055, $\Delta P=30$,

\blacktriangle -PVA-1200, $\Delta P=50$, \blacklozenge -PVA-1670, $\Delta P=100$, \bullet -PVA-2242, $\Delta P=200$

| Fig. | Experimental conditions | | | |
|------|-------------------------|-----|-----|----|
| | P ₀ | C | D | V |
| 9 | | 1.0 | 7.3 | 50 |
| 10 | 640 | | 7.3 | 50 |
| 11 | 640 | 1.0 | | 50 |
| 12 | 640 | 1.0 | 7.3 | |

以上の諸線図，諸表により与えられたる試料液即ち PVA 水溶液に 関係する因子として，初圧，液濃度，泡沫生成管径，液量および圧力差の影響度が了解された。つまりこれらの因子が起泡性に対して指数関係をもつて影響することがわかつた。故にこれら関係因子の総合関係を次のごとき函数式として示すことができる。

$$H=f(P_0, C, D, V, \Delta P)$$

故に上記線図より次式が得られる。

$$H=(P_0)^\alpha (C)^\beta (D)^\gamma (V)^\delta (\Delta P)^\epsilon$$

上式の指数 α , β , γ , δ , ϵ と係数 k は図-9 より図-12 までの線図からもとめ得る。この結果を纏めると表-3 のごとくなる。

表-3

Exponents and coefficient of exponential function.

$$H=k(P_0)^\alpha (C)^\beta (D)^\gamma (V)^\delta (\Delta P)^\epsilon$$

| Sample Solutions. | k | α | β | γ | δ | ϵ |
|-------------------|-------------------|----------|---------|----------|----------|------------|
| PVA-1055 | 10^{10} | -3.0 | 0.3 | -3.3 | 0.3 | 1.2 |
| PVA-1200 | 8.3×10^9 | -3.1 | 0.4 | -3.1 | 0.3 | 1.3 |
| PVA-1670 | 5.6×10^9 | -3.0 | 0.4 | -3.8 | 0.6 | 1.1 |
| PVA-2242 | 7.7×10^7 | -3.1 | 0.6 | -2.7 | 1.5 | 1.0 |

よつて各重合度についての起泡性の実験式は次のごときになる。

$$\text{PVA-1055} : H=10^{10} (P_0)^{-3.0} (C)^{0.3} (D)^{-3.3} (V)^{0.3} (\Delta P)^{1.2}$$

$$\text{PVA-1200} : H=8.3 \times 10^9 (P_0)^{-3.1} (C)^{0.4} (D)^{-3.1} (V)^{0.3} (\Delta P)^{1.3}$$

$$\text{PVA-1670} : H=5.6 \times 10^9 (P_0)^{-3.0} (C)^{0.4} (D)^{-3.8} (V)^{0.6} (\Delta P)^{1.1}$$

$$\text{PVA-2242} : H=7.7 \times 10^7 (P_0)^{-3.1} (C)^{0.6} (D)^{-2.7} (V)^{1.5} (\Delta P)^{1.0}$$

但し上記実験式をもとめたときの実験条件は次の範囲にある。

初圧 : 760~350 [mm. Hg]

液濃度 : 0.3~5.0 [%]

泡沫生成管径 : 3.5~9.8 [cm.]

液量 : 50~500 [c.c.]

圧力差 : 10~400 [mm. Hg]

V 考 察

PVA 水溶液の数種の重合度について自己蒸発の起泡性を表す実験式として上記諸式が得られたが，これを表-3 に示される指数，即ち与えられた因子の起泡性に対する影響度につき調べると次のことが考えられる。

(a) P_0 および ΔP 初圧と圧力差の関係であり、これら両者の指数 α , ε の値は重合度を変えても比較的一定の値をもつ。このことは泡立ちに関係する因子としての物理化学的性質が本実験範囲において甚だしい変化を示さない。即ち物理的現象にのみ支配されるものであると考えられる。

(b) D および V 管径および液量の関係であり、指数 γ および δ であるが重合度の変化により多少その値が異なる。この中 δ 即ち V の変化が大きき。これは内容量は自己蒸発のもとになる熱容量に関係し、前者即ち D は発生蒸気の流出速度、後者 V については蒸気発生量を支配するものである。故に自己蒸発の起泡性にて度外視してはならないことが了解される。

(c) C 液濃度即ちその指数 β は重合度によつて相当変化している。一般に液濃度を変えると液の密度、粘度、表面張力、比熱等物理化学的性質が変り、これが起泡性に著しく影響することがわられる。

以上各因子の影響度の考察から考え、また前記実験式は次元的に不統一であり、Scale-up の問題としては密度、粘度、表面張力、比熱その他の物理化学的因子ならびに液流速等の因子を組合せて別の無次元方程式を作る必要性が充分考えられる。しかしこれは他の試料液を含めて別の機会に発表したいと思う。

なお本報にて得られた実験式は、前記実験条件の範囲内では 10% 内外の誤差で測定値と一致する。

VI 結 論

数種の重合度の PVA 溶液につき、自己蒸発を行つたときの起泡性を調べて、前記の実験式が各重合度において得られた。これら実験式の精度は本実験範囲内で 10% の誤差を有する。

最後に本実験の一部を援助された安元昭夫君に感謝の意を表する次第である。

文 献

- (1) 富大工紀要：第 7 卷 (昭 31 年)
- (2) 富大工紀要：第 6 卷 (昭 30 年)，第 8 卷 (昭 32 年)
- (3) 富大工紀要：第 8 卷 (昭 32 年)
- (4) 富大工紀要：第 4 卷 (昭 28 年)