

泡沫層による揚液現象について

酒 井 信 之

On the pumping Liquid Phenomenon caused by the Foam Layer.

Nobuyuki SAKAI

The present investigation was carried out to find the characteristic property of the pumping phenomenon by the over-flow foams from pumping pipe. The foam layer were made by foaming liquids blown gas. The results obtained are given in the following summary.

- a. The pumping volume of liquids were studied against the blown gas volume under various foaming liquids.
- b. The practical characteristic property of this method was compered to air-lift method. In this way the possibility to practical application of the pumping liquid by the foam layer was established.

§1. 緒 言

起泡性溶液にガスを吹きこむと、気液で構成された泡沫層ができる。いま起泡性溶液をいれた槽の中に一端を浸した管（揚液管）の底部にガスを導入すると溶液が泡立ち、これによってできた泡沫層が連続的に管内を上昇して管頂部から溢流してでてゆく。このように泡沫層の上昇によって層内に含有する液を得る揚液法を泡沫層揚液法とよぶ。これと相似た方法として現在実用されているものはエアリフト揚液法である。エアリフトは液中にガスを吹きこんで揚液するもので泡沫化しない点が異なっている。

本報は泡沫層揚液法⁽¹⁾に関する諸種の因子の影響を調べるとともに、揚液性能をエアリフト揚液法のそれと比較して、実用の可能性を検討した。

§2. 実験装置および方法

揚液実験に用いた装置は前報⁽²⁾図—1 (c) で示されたものと同一であるので省略する。内容 20[l] の液槽中に内径 4.2 および 6.0[cm]、高さ 200[cm] の揚液管が液面から 20[cm] の深さに浸され、管下端から #G₂ 径 3[cm] の多孔質濾過板によって空気が送りこまれる。生成した泡沫層は管中を上昇して管頂部の樋から溢流して去り受器で採取される。一定時間毎に得られた泡沫は消泡されて単位時間当りの液量として計量される。管中を上昇する泡沫層の上昇速度、圧力損失、塔頂基準の液ホールドアップおよび気泡径などが測定または計算される。

ガスは空気、N₂、CO₂ で液は数種の起泡性界面活性剤添加水溶液を用いた。

§3. 実験結果および考察

1. 固体を含まない場合

揚液流量 Q_l とガス吹きこみ流量 Q_g との関係は泡沫層の液ホールドアップ ϕ_l の定義から導かれて次式を得る。

$$Q_l/Q_g = \phi_l / (1 - \phi_l) \quad (1)$$

これを実際の測定値について検討したものが図-1であり Q_l/Q_g の値が(1)式を満足する理論直線上に点綴されることが認められる。なお図中には恩田氏らの測定値も併記した。これによって(1)式の妥当性が明確になるとともに Q_l/Q_g は泡沫層の液ホールドアップを知ることもとめ得ることができる。

液ホールドアップ ϕ_l は前報でのべたように種々の因子によって影響されるものであるが

$$(Re)g < (Re)gc \quad H_f = 200(\text{cm})$$

$$(Re)g > 10, \quad \sigma = 20 \sim 30(\text{dyne/cm})$$

において $(Re)g \leq 75$ のとき

$$\phi_l = 0.042(Re)g^{0.45} \quad \{(\sigma_0 - \sigma) / \sigma_0\}^{0.44} \quad (2)$$

$(Re)g > 75$ のとき

$$\phi_l = 0.30(\sigma - \sigma_0 / \sigma_0)^{0.44} \quad (3)$$

であらわされる。ここに $(Re)g$, $(Re)gc$, ガスおよび限界ガレイノルズ数, H_f : 泡沫層高さ, σ_0 , σ : 溶媒および溶液の表面張力である。

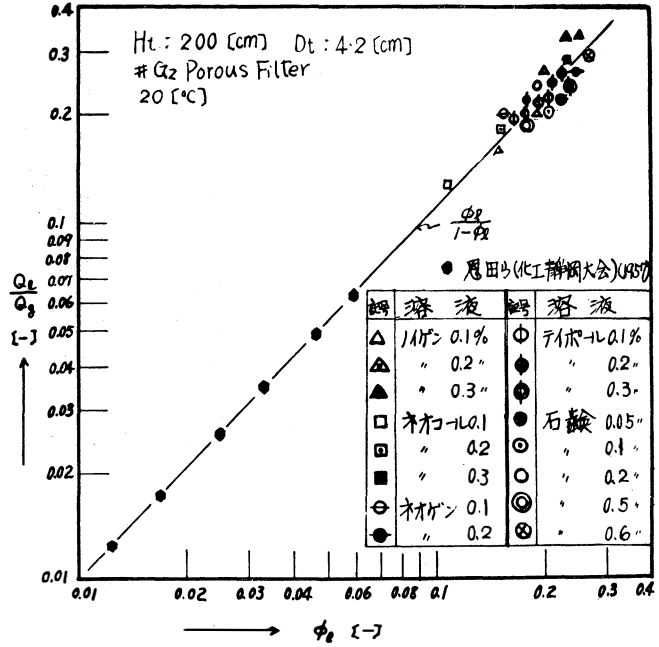


図-1 Q_l/Q_g と ϕ_l との関係

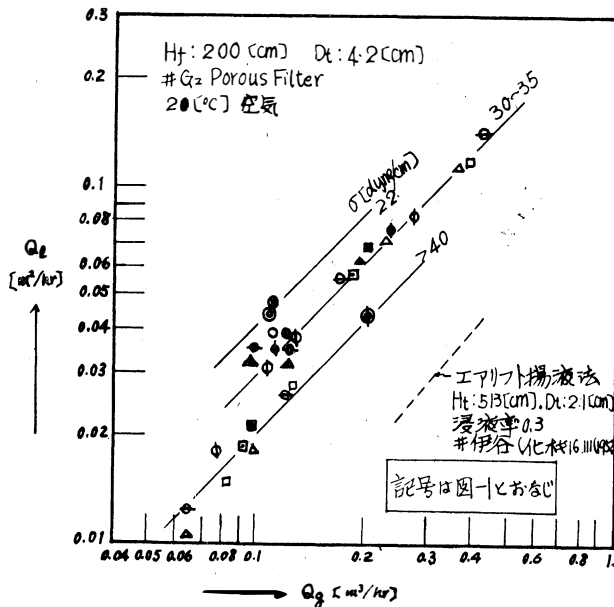


図-2 Q_g と Q_l との関係

ガス吹きこみ流量 Q_g (m^3/hr) と揚液流量 Q_l (m^3/hr) の関係は図-2で示される。溶液特性値の差異によって1本の線で纏めることはできないが Q_g が増すにつれて Q_l が増大する。また図中にはエアリフト揚液法の線も併記されているが、これらと比較するとこの図に記したようなガス流量 Q_g の低い範囲においてはエアリフト法においては揚液量が極めて少ないかまたは揚液不可能である。泡沫層揚液法においてはこのような不都合がなく且つ充分揚液が可能であることをあらわしている。

2. 液中に固体粒子を懸濁する場合

液中に固体粒子を懸濁して液と固体を同時にとり出すことが要求される場合が

屢々ある。エアリフト揚液法においてこのような場合揚液性能が著しく悪化して時には揚液不能となる。ここでは固体粒子を含むときの泡沫層揚液法の性能について調べることにする。

泡沫層が形成されたとき固体粒子の分布状態は図-3に示すように4つの型に分類される。A型

は粒子自身に浮遊性をもたず且つ気泡との附着性が全くなく、ガス吹きこみ速度が小さい場合にみられて、粒子がノズル上に沈積して固体粒層をつくり泡沫層と分離して存在する。もしガス速度を増しその固体の粒子流動化速度以上にすればB型に変化する。即ち粒子はガスの上昇速度によって泡沫層内に混入するが、その分布状態は上部に疎、下部に密の不均一性で不安定である。次にその固体に適応する粒子捕収性薬剤を少量(完全捕収必要量以下)添加するとC型となる。この型においてはガスの上昇速度による液循環と気泡附着による浮遊性によって固液流の対流作用が活発となって固体粒子の均一分布に近づく。捕収薬剤を充分多量に添加するときまたは固体が疎水性の場合には粒子の全量が泡沫層上部に移行する。D型がこれであり所謂浮上分離の状態となる。この場合泡沫は固体粒を附着して極めて安定化する。

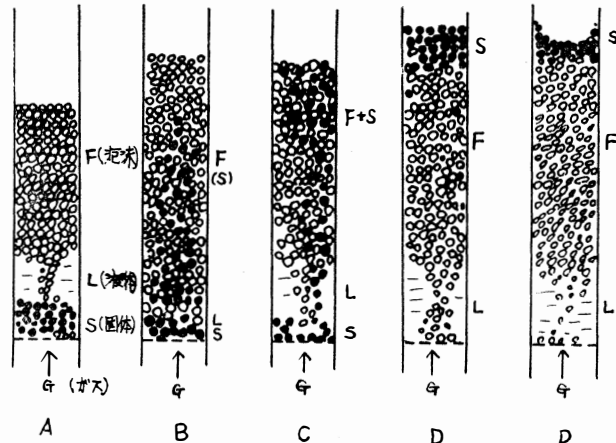


図-3 固体粒子の分布状態

以上のように固体粒の分布状態にはいくつかの型が存在し、それぞれの場合において揚液におよぼす状況が異なるものである。また固体の性質および大きさ、含有率によって捕収性薬剤の選択および使用量を十分に注意すべきである。ここではC型を対象として揚液性能を考えてみることにする。

図-4 および 図-5 は固体を懸濁する場合の吹きこみガス流量 Q_g と揚液流量との関係を示した

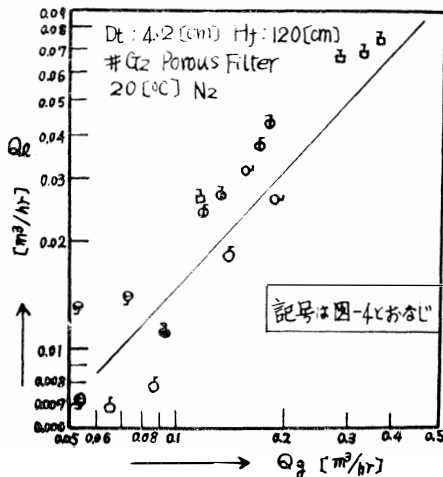


図-4 固体粒を含むときの Q_l/Q_g と ϕ_l との関係

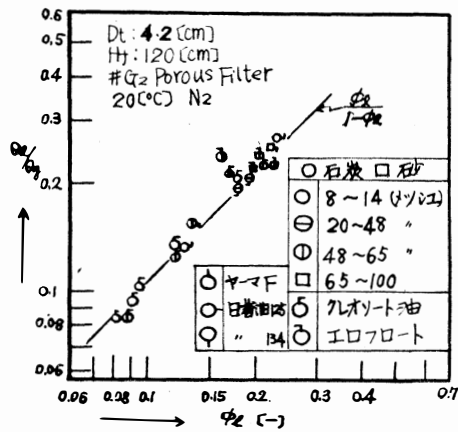


図-5 固体粒を含むときの Q_g と Q_l との関係

ものであり前者は Q_l/Q_g と液ホールドアップ ϕ_l との関係、後者は Q_l と Q_g との関係をそれぞれ表わしている。これらの関係は前述の固体粒子を含まない場合と全く同様の傾向をもつことが判る。しかし測定値が非常にバラついていることとガス吹きこみ流量 Q_g に対する揚液量 Q_l の値が若干低くなっている。これは泡沫層内の気泡に固体粒子が附着することによって気泡が液含量のすくない乾いたものに変化するためである。この傾向は粒子の附着性の不均一および気泡の不揃いさ

によって測定値をバラつかせる。

しかし一般に捕収剤の適正使用と操作条件を適当にすることによって充分揚液の目的を達することができる。

3. エアリフト揚液法との比較

泡沫層揚液法とエアリフト揚液法を色々の角度から検討して比較したものが表-1である。これらの比較によって泡沫層揚液法は泡沫層をつくるために起泡剤の添加が必要で、構造および操作条件も複雑化することはまぬがれないが、エアリフト法のように浸液部分の深さおよび管径に対する制限値がなく、揚液比が高くとくに低いガス速度および固体粒子を含むときも有効に作用することが云える。用途として浸液部分の深さに制限ある浅井戸用とくに廃液、汚水の処理に好適であろうと思われる。

表-1 エアリフト法と泡沫層法の揚液性能比較

	エアリフト法	泡沫層法
構造	簡単	複雑(薬剤添加消泡機構)
圧力損失	ノズル吹込ガス量 揚液量などに関係	ノズル吹込ガス液の性質 高きに関係する。
揚液容量 浸液管長 H_L 管径 D_c 揚液高さ H_c ガス吹込ノズル ガス吹込速度	$(H/D_c) > 0.2 H_t$ $(H/L)r > 0.5 H_t$ $(H/D_c)c > 50$ $(H/D_c)r > 200$ H_L, D_c に関係 多孔ノズル適当 $(U_g)_c > 10$ [cm/s]	影響僅少 影響僅少 泡沫安定性に関係 全々 $(Re)_c$ 以下
液粘度	$M_L^{-0.25}$	$M_L^{-0.44}$ (他の起泡因子の影響制)
粒子懸濁液	性能低下時は揚液不能	捕収性薬剤使用時に無関係
揚液効率	H_L に比例 一般に低い	比較的均一 U_g の低い所で高性能
消費動力	ノズル 高揚液量に 関係	全々
経費	安価	高価(薬剤費用のため)
用途 飲料水 廃液汚水 浅井戸	適当 不適 不適	不適 適当 適当

備考 添字 c : 揚液可能の最小値 r : 適性使用値

§4. 結 論

泡沫層揚液法を提案して、揚液性能を論じエアリフト揚液法のそれと比較して特失を調べて実用性のあることを確めた。

文 献

- (1) 井伊谷：化機 16.4.1 I(1952) 化工 18.12.586 (1954)
- (2) 酒井：富大工紀 本巻 P 95
- (3) 恩田・佐田・成瀬：化工講演静岡大会 (1957)
- (4) 加藤：山梨大工研 報7,111 (1956)

(昭和36年11月30日受付)