

沫泡層における物質移動

酒 井 信 之

On the Material(Liquid-gas)Transfers in the Foam Layer.

Nobuyuki SAKAI

The present investigation was carried out to find the characteristic property of the gas-liquid transfers in the foam layer, and the possibility of practical application.

The results obtained given that the gas-liquid transfers in the foam layer of the foam tower have many particular properties in comparison with the bubble tower and the packed tower, and that possibility of practical application was established.

§1. 緒 言

泡沫塔を用いて気液間の物質移動を調べた研究は従来から若干あって、これらは⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾CO₂を純水または苛性アルカリ溶液で吸収させたもの、水中からCO₂の放散およびN₂に対する水の揮発などを利用しておこなわれてきた。

しかし研究の大半は泡沫層の性質や操作条件を考慮してなかった為に応用のきかないものである。著者は前報⁽⁴⁾でのべたように泡沫塔を分類して操作条件を加味してより詳細に検討して泡沫塔の性能を調べてみた。

§2. 装置および実験方法

実験に使用した泡沫塔は連続式向流、並流の両方式のものであり、これらの詳細は前報⁽⁴⁾に記載したものと全く同一であるので省略する。物質移動の研究方法はガス吸収によった。被吸収ガスは純粋なCO₂または空気との混合ガスを使用し、吸収液は純水、苛性アルカリ水溶液に起泡性界面活性剤の適量を添加したものを使った。起泡性界面活性剤は市販の数種のものを用いた。

実験の方法、気液の分析、結果の整理および表示法は前報⁽⁴⁾および従来ガス吸収の研究に用いられているものに準じた。なおガスおよび液の流れは塔断面積基準の質量速度で表わした。

§3. 実験結果

1. 液境膜係数

a. 連続式並流泡沫塔

塔径 4.2[cm] 高さ 30~200[cm], #G₂ 多孔ノズルの吸収塔を使用して純CO₂を水に吸収させたときの液境膜係数 $k_L a$ [1/hr] を調べる。ただし k_L は液境膜物質移動係数 [m/hr] で a は泡沫層の気液接触面積 [m²/m³] である。

温度 10[°C], ガス質量速度 $G=200\sim300$ [kg/m²hr] の範囲において塔内を上昇する液の質量速度 L [kg/m²hr], 起泡性界面活性剤を添加した水溶液の表面張力 σ [dyne/cm], 純水の表面張力 σ_0 [dyne/cm] および泡沫層高さ H_f [m] の影響は図—1の (a) (b) (c) の諸図に示される。

即ち $k_L a$ は溶液質量速度 L , 溶液特性値 $(\sigma_0 - \sigma/\sigma_0)$ の増加に伴って増し泡沫層高さ H_f が大きくなると減少する。

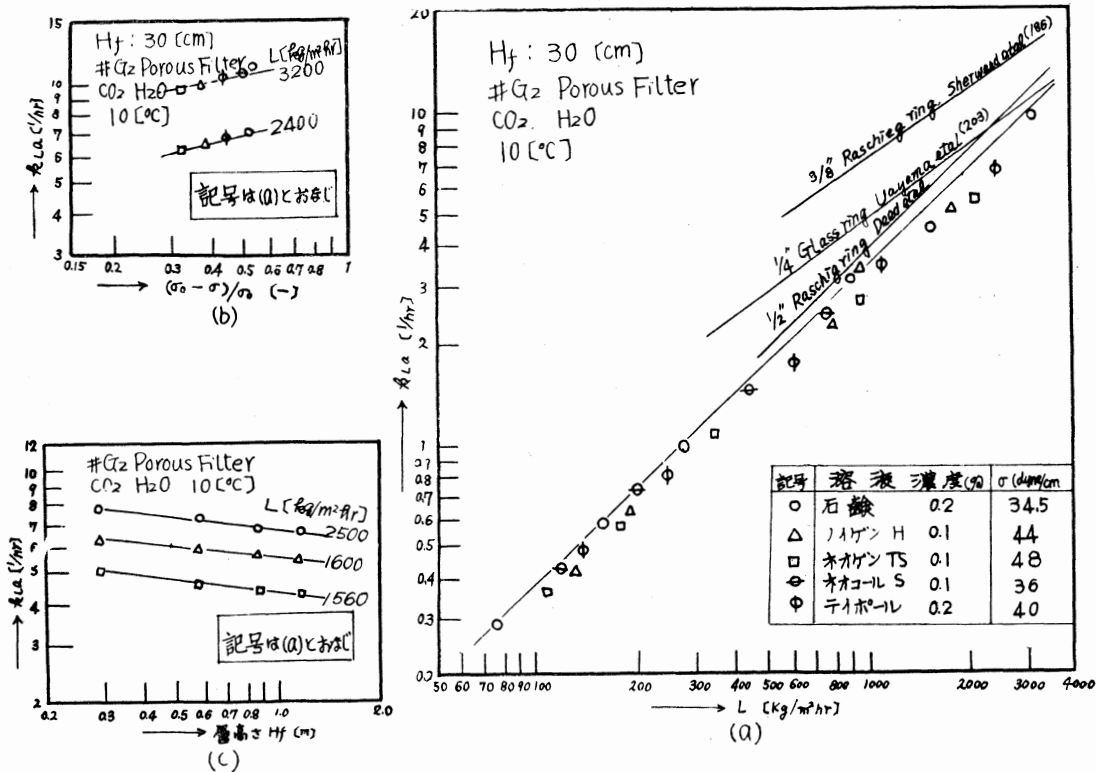


図-1 連続式並流泡沫塔の液境膜係数

また泡沫塔の物質移動は界面活性剤の添加のための 溶液表面張力の減少のために 気液界面の増加をもたらすほかに、 界面移動速度に対する影響が併合されているものと考えることができる。塔の高さが高くなると kLa が小さくなっているがこれは気泡径の変化によって接触面積が減少するほかに物質移動に対する推進力の減少も考えられる。

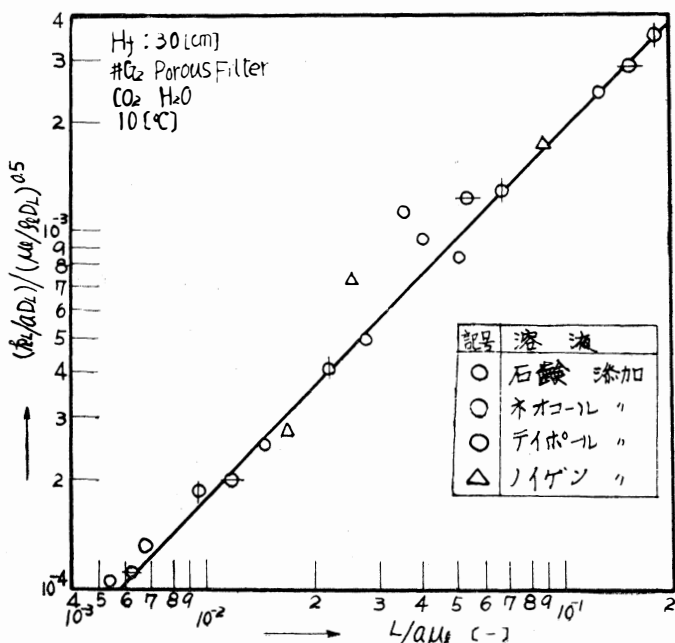


図-2 境膜係数の分離

最近境膜係数を分離して考えることがおこなわれているが、前報でもとめた方法によって気液接触面積 a を計算して kLa を分離する。この結果をシャウッド数 $(Sh) = kL/aD_L$ 、シュミット数 $(Sc) = \mu l / \rho l D_L$ 、レイノルズ数 $(Re)l = L/a\mu l$ で表わし且つ恩田氏⁽³⁾と同様に $(Sc)^{-0.5}$ とおき $(Sh)(Sc)^{-0.5}$ と $(Re)l$ の関係をもとめて図-2を得た。

ただし D_L : 液中におけるガス

の拡散係数 $(m^2/hr)L$: 泡沫層内の液の質量速度 $[kg/m^2hr]\rho_l$, μ : 液の密度 $[kg/m^3]$ および粘度 $[kg/mhr]$

以上の図から次式が得られた。

$$k_L/aD_L = 0.023(L/a\mu l)^{1.05} (\mu l/\rho_l D_L)^{0.5}$$

ii 連続式向流泡沫塔

寸法は並流泡沫塔と同様な向流泡沫塔について液境膜係数を調べた。

起泡性界面活性剤添加による表面張力変化の影響および塔高さの影響については並流方式の場合とほとんど類似した。液質量速度 $L=10^4 \sim 6 \times 10^5 [kg/m^2hr]$ の範囲においてこれらの因子をまとめた結果図-3の線図を得た。

図において $L=5 \times 10^4 [kg/m^2hr]$ を境として傾斜の異なる2本の直線であらわされた。

iii 並流, 向流泡沫塔の総合結果

以上並流および向流泡沫塔の液境膜係数を溶液特性液質量速度および泡沫層高さでまとめたがこれらの関係は液質量速度 L を基準にとれば両方式は1本の線によって表わしうることが図-4を画くことによって明らかになった。

よって今迄のべた実験範囲において連続式泡沫塔の液境膜係数 $k_L a$ は次式で示された。

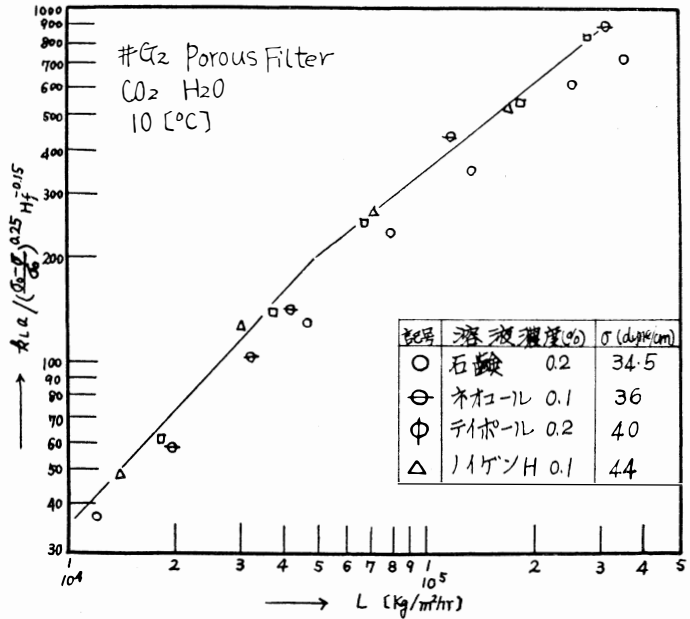


図-3 連続式向流泡沫塔の液境膜係数

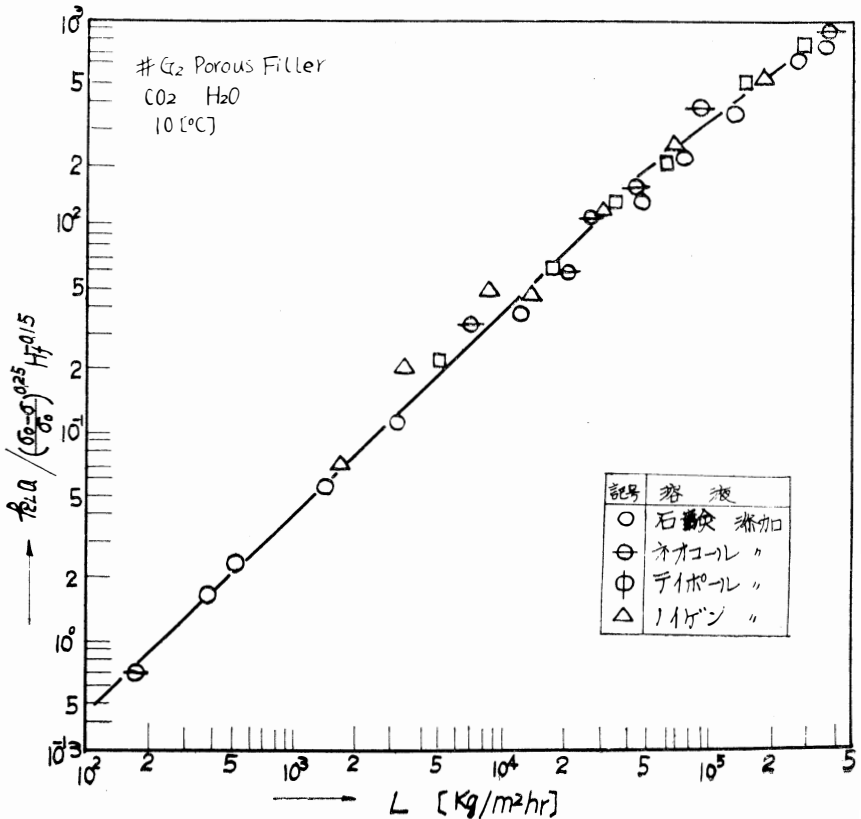


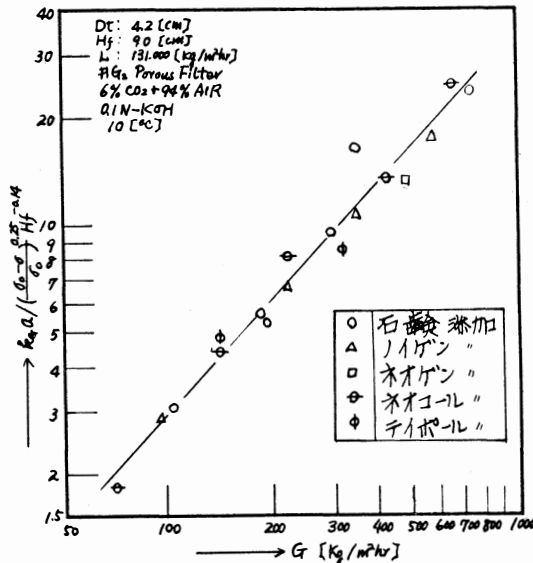
図-4 連続式泡沫塔の液境膜係数

$$L > 5 \times 10^4 \text{ [kg/m}^2\text{hr]} \text{ で } k_L a = 5.62 \times 10^{-3} L^{0.95} (\sigma_0 - \sigma) / \sigma_0^{0.25} H_f^{-0.15} \text{ [1/hr]}$$

$$L \leq 5 \times 10^4 \text{ で } k_L a = 8.10 \times 10^{-3} L^{0.92} (\sigma_0 - \sigma) / \sigma_0^{0.25} H_f^{-0.15} \text{ [1/hr]}$$

2. ガス境膜係数

ガス境膜係数 $k_G a$ [1/hr] の測定方法はいろいろあるが、ここでは大竹氏の方法に類似して



図一五 連続式泡沫塔のガス境膜係数

(5) 6%CO₂+94%Air の混合ガスを 0.1N-KOH で処理して CO₂ を吸収させて近似的のガス境膜係数を得た。

各種の起泡性界面活性剤を添加して溶液特性を変えまた泡沫層高さを変えた結果、表面張力および層高さの影響は液境膜係数の場合と類似した。これらの結果を纏めて図一五の線図で表わされることが判った。

故に連続式泡沫塔においてガス境膜係数 $k_G a$ は今迄のべた条件の範囲において次式で表わすことができた。

$$k_G a = 17.0 G^{1.1} (\sigma_0 - \sigma) / \sigma_0^{0.25} H_f^{-0.14}$$

3. 他型式の吸収装置との性能比較

Metzner らは泡沫塔の性能を充填塔および気泡塔のそれと比較して特長を論じた。しかしその観点が不充分であるので著者はより詳細に調べた。

比較の対象にした塔の型式は Metzner らの使用したものと同様のものである。

その結果を表一1に示す。

表に記載するように吸収装置としての泡沫塔は充填塔と気泡塔の中間的の性能をもっていることが判明する。なお泡沫塔の適用例としては粘稠液、粒子懸濁液、発泡性液など従来の装置では不相当であると考えられるものに好適であ

	気泡塔	充填塔	泡沫塔
構造	複雑	簡単	最も簡単
操作	容易	全左	条件調整や複雑
圧力損失	大	小	中
物質移動速度	大きさおよび用途により異なる 一般に大	全左 小	界面活性による界面抵抗あり 中
処理能力 a. 使用可能 ガス速度 b. 使用可能 液速度	小 中	大 小	や、小さい 大
性能 a. 液流下均一性 b. 熱除去	最もよい 容易	困難 困難	や、困難 最も容易
適性 a. 腐蝕性物質 b. 発泡性溶液 c. 沈殿析出 懸濁液	不適 不適 使用可能	適 使用可能 不適	最適 最適 最適
同一条件における塔容量	中	大	小
経費 固定費 維持費	大 小	大 小	小 大(薬劑費)

表一1 塔型式による比較

と思われる。

§4. 結 論

泡沫層の気液物質移動の現象を塔構造を変えて調べ、とくに溶液特性、操作条件の影響を明確にした。また気泡塔および充填塔と性能を比較して泡沫塔の応用性を調べた。

文 献

- (1) 酒井：日化講演7年会（1954） 化工北陸大会講演（1954）
- (2) Metzner, Brown：I. E. C. 48.2040（1956）
- (3) 恩田・佐田：化工講演24年会（1959） 25年会（1860）
- (4) 酒井：富大工紀 本巻 P 98
- (5) 大竹：化機14. 47（1950）

（昭和36年11月30日受付）