	[cm/sec]	r_1	= radius of hematite-magnetite interface	[cm]
k_2	= forward rate constant for the reaction Eq.(2)	r_2	= radius of magnetite-metallic iron interface	[cm]
	[cm/sec]	t	= time	[sec]
k_2'	= backward rate constant for the reaction Eq.(2)	V	= gas velocity	[cm(N. T. P.)/sec]
	[cm/sec]	W	= weight of packed sample	[g]
r	= component of spherical coordinate	ρ	= mole density	[mol/cm ³]
r_0	= particle radius			
	[cm]			

Literature cited

- 1) Britsianes, G. and L. Joseph: *Trans. Met. Soc. AIME*, 197, 1641 (1953)
- 2) Darken, L.S. and R.W. Gurry: *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 799 (1946)
- 3) Edström, O.: *J. Iron Steel Inst.*(London), 175, 289 (1953)
- 4) Hara, Y., M. Sugata, T. Aida and S. Kondo: *Journal of the Japan Inst. of Metals*, 31, 207 (1967)
- 5) Imoto, T. and A. Moriyama: *Kogyo Kagaku Zasshi*, 65, 1324 (1962)
- 6) "Kagaku Benran (Kiso-Hen)", p.53, Maruzen (1966)
- 7) Kawamura, K., S. Watanabe and H. Sakai: *Journal of the Japan Inst. of Metals*, 32, 676 (1968)
- 8) Kraft, G. and J. Fisher: *Z. analyt. Chem.*, 187, 217 (1963)
- 9) Levenspiel, O.: "Chemical Reaction Engineering", p.233, J. Wiley and Sons (1962)
- 10) Lloyd, W.A. and N.R. Amundson: *Ind. Eng. Chem.*, 53, 19 (1961)
- 11) McKewan, W.M.: *Trans. Met. Soc. AIME*, 218, 2 (1960)
- 12) McKewan, W.M.: *ibid.*, 221, 140 (1961)
- 13) McKewan, W.M.: *ibid.*, 224, 2 (1962)
- 14) McKewan, W.M.: *ibid.*, 224, 387 (1962)
- 15) Moriyama, A.: *Kogyo Kagaku Zasshi*, 66, 1289 (1963)
- 16) Murata, Y. and S. Kasaoka: *ibid.*, 61, 1440 (1958)
- 17) Narahimhan, G.: *Brit. Chem. Eng.*, 8, 322 (1963)
- 18) Okura, Y.: *Bunseki Kagaku*, 8, 639 (1959)
- 19) Otake, T., S. Tone and S. Oda: *Kagaku Kōgaku*, 31, 71 (1967)
- 20) Sano, K., K. Okajima and T. Miyagawa: *Bulletin of the Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy, Tohoku University*, 8, 53 (1962)
- 21) Shen, J. and J.M. Smith: *Ind. Eng. Chem., Fundamentals*, 4, 293 (1965)
- 22) Wakamatsu, S.: *Japan Analyst*, 14, 294 (1965)
- 23) Yano, M., A. Moriyama and T. Imoto: *Kogyo Kagaku Zasshi*, 65, 485 (1962)
- 24) Yoshida, F., D. Ramaswami and O.A. Hougen: *A. I. Ch. E. J.*, 8, 5 (1962)

化学工学データ

ダイヤフラムセルによる電解質水溶液中に

おけるガスの拡散係数の測定*

恩 田 格 三 郎**・竹 内 寛**
小 林 猛***・高 橋 正 博***
藤 根 道 彦**

名古屋大学工学部 化学工学科**
鈴鹿工業高等専門学校 工業化学科***

結 言

液相中におけるガスの拡散係数は物質移動過程を論ず

* <Measurement of the Diffusivity of Gases in Aqueous Electrolyte Solutions by a Diaphragm Cell>
Received on December 21, 1971

** Kakusaburo Onda (正会員), Hiroshi Takeuchi (正会員) and Michihiko Fujine(学生会員), Nagoya Univ., Nagoya

*** Takeshi Kobayashi (正会員) and Masahiro Takahashi (正会員) Suzuka Technical College, Suzuka, Mie

るうえにおいて極めて重要な物性値であり、古くから多くの測定値が報告されている。近年、比較的信頼し得る測定装置として液柱塔が広く用いられているが、この装置は、かなり多くの液量を必要とするうえに、飽和溶解度を予め知る必要がある。これに対して従来拡散係数の測定に広く用いられているダイヤフラムセルは少ない液量でいうえに、溶解ガスの濃度から拡散係数を直接求めることのできる利点を有するが、隔膜部分にシスター

1. Diaphragm cell
2. Stirres covered with glass
3. Diaphragm (Millipore filter)
4. Flange
5. Horseshoe magnet
6. Gasket
7. Water bath

Fig. 1 Experimental apparatus

Table 1 Diffusivities of carbon dioxide and hydrogen sulphide in water at 25°C

Gas	Diffusivity $\times 10^5$ [cm ² /sec]	Method	Reference
CO ₂	1.93	Diaphragm cell	this work
	1.87	Diaphragm cell	15
	2.00	Diaphragm cell	20
	1.94	Jet	10
	1.92	Jet	17
	1.95	Jet	21
	1.95	Jet	18
	1.98	Jet	5
	1.88	Jet	2
	1.85	Jet	19
	1.92	Capillary	6
	1.87	Wetted sphere	4
H ₂ S	2.16	Diaphragm cell	this work
	2.21	Jet	1
	1.48	Jet	3
	1.36	Jet	8

ガラスが用いられていることから長い測定時間(24~72時間)を要し、温度調節その他に多大の困難を必要とする欠点があった。

本研究では、玉虫ら⁷⁾と同様、ダイヤフラムセルの隔膜部分にミリポアフィルターを用い、60~90分の短かい測定時間で電解質水溶液中におけるガスの拡散係数を測定し、その結果を既往の推算式^{8,10,12,14)}ならびに文献値^{1,10,14)}と比較した。

* 平均孔径1.2μ, 厚さ150±10μ, 日本ミリポア K.K.

1. 実験装置および方法

本実験に使用した装置は、前報¹³⁾において使用したものとはほぼ同じである。装置本体としてのダイヤフラムセルはFig. 1に示したものをを用いた(容積は $V_1=80$ cc, $V_2=80.5$ ccと $V_1=81$ cc, $V_2=75$ ccの2種類)。なお、隔膜にはセルローズエステル製のミリポアフィルター*を使用した。

実験はCO₂およびH₂Sの2種類のガスについて行ない、セル内の液の攪拌は上下各セルにガラス被覆回転子を入れ、馬丁形磁石を120rpmの速度で回転させることによって行なった。まず電解質をイオン交換水に溶かし、これを二分し、一方の液を減圧下で脱気し、恒温槽(25±0.1°C)で25°Cとした。他方の液は恒温槽で25°CとしながらCO₂またはH₂Sを吹き込み溶解させた。ついで、上部セルには脱気した溶液を、下部セルにはガスを溶解させた溶液を満たし、恒温槽中に固定し、セル内の液を攪拌しながら約90分間放置した。

水溶液中のCO₂およびH₂Sの濃度はBa(OH)₂およびヨウ素の過剰量を0.05N-HClおよび0.05N-Na₂S₂O₈水溶液で逆滴定することによって決定した。この際、溶解ガスの放散量が実験誤差を招くことから、分析操作に際してとくに慎重な考慮を払った。また水溶液中の塩濃度は恩田ら¹¹⁾と同様、比重法によって決定し、セル定数を決定する際に用いたKClの濃度はCl⁻をMohr法によって定量した。

電解質水溶液中におけるガスの拡散係数は次式より求められた。

$$\ln \frac{A_1 - A_2}{A_{10} - A_{20}} = -D\phi t \quad (1)$$

なお、セル定数 ϕ は0.1N-KCl水溶液-水系にてKClの移動量を測定することによってEq.(1)より決定した。また、セル定数は同一のフィルターを使用しても、その使用回数が増すにつれて僅かな変動が認められたため実験の前後で測定し、その平均値を使用した($\phi=5.3 \pm 0.16$ cm⁻²)。

2. 実験結果および考察

2.1 実験結果

本研究に用いたダイヤフラムセルの信頼性を確認するために、水中におけるCO₂およびH₂Sの拡散係数を25°Cにおいて測定した。その結果と文献値との比較をTable 1に示す。CO₂については両者の良い一致が認められるが、H₂Sについては安藤¹⁾が液柱塔で得た結果と一致するのみで、他の研究者^{8,9)}により得られた実測値との間にはかなりの差が認められる。この原因については明らかでないが、本実験装置による値は後述するよう

Table 2 Comparison of diffusivities of carbon dioxide in aqueous electrolyte solutions at 25°C obtained in this work with the data given by others

Electrolyte	Electrolyte concentration [mol/l]	Diffusivity $\times 10^8$ [cm ² /sec]	
		this work	others
NaCl	1.020	1.79	1.73 ¹⁰
NaCl	1.974	1.64	1.61 ¹⁰
NaCl	2.812	1.54	1.50 ¹⁰
KCl	0.940	2.00	1.96 ¹⁰
KCl	2.014	1.95	1.92 ¹⁰
KCl	3.015	1.90	—
Na ₂ SO ₄	0.324	1.72	1.74 ¹⁰
Na ₂ SO ₄	0.581	1.64	1.60 ¹⁰
Na ₂ SO ₄	0.909	1.53	1.50 ¹⁰
NaNO ₃	1.083	1.87	1.76 ¹⁰
NaNO ₃	2.736	1.69	1.59 ¹⁰

Table 3 Comparison of diffusivities of hydrogen sulphide in aqueous electrolyte solutions at 25°C obtained in this work with the data given by others

Electrolyte	Electrolyte concentration [mol/l]	Diffusivity $\times 10^8$ [cm ² /sec]	
		this work	others
NaCl	1.01	2.03	—
NaCl	2.00	1.90	—
NaCl	2.10	1.86	—
NaCl	2.99	1.75	—
KCl	1.03	2.16	—
KCl	2.00	2.13	—
KCl	3.00	2.09	—
Na ₂ SO ₄	0.33	1.95	2.08 ¹³
Na ₂ SO ₄	0.67	1.69	1.81 ¹³
Na ₂ SO ₄	1.00	1.60	—
MgCl ₂	0.33	2.00	—
MgCl ₂	0.67	1.87	—
MgCl ₂	1.05	1.67	—
KI	1.01	2.25	2.24 ¹³
KI	2.00	2.35	2.29 ¹³

にかなり高い信頼性があるものと考えられる。

次に、各種電解質水溶液に対する CO₂ および H₂S の拡散係数を実測した。その結果を Fig. 2-a, 2-b に、実測値と文献値^{1,10,14)} の比較を Tables 2, 3 に示す。これらの値はいずれも同じ電解質濃度に対して3回以上実測した値の平均値であり、標準偏差は3%以内である。Fig. 2-a, 2-b の実線は実験点をとる曲線であるが、実験点のパラッキは非常に小さく、Tables 2, 3 から明らかなように液柱塔により測定された文献値^{1,10,14)} と極めて良く一致している。

2.2 実測値と既往の推算式との比較

電解質水溶液中におけるガスの拡散係数については、Nijsing ら⁹⁾, Ratcliff ら¹⁴⁾, 恩田ら^{10,12)} により研究され、その推算式も報告されている。

Nijsing ら⁹⁾ は、Stokes-Einstein の式の粘度項を補正することにより電解質水溶液中におけるガスの拡散係数を $D\mu^*/T = \text{const.}$ の形で表わし、MgSO₄, Na₂SO₄ の2種類の塩に対し25°Cにおいて $n=0.80, 0.90$ を報告している。このように n の値は塩の種類によって異なり、

Fig. 2-a Diffusivities of carbon dioxide in aqueous electrolyte solutions at 25°C

Fig. 2-b Diffusivities of hydrogen sulphide in aqueous electrolyte solutions at 25°C

ガスの種類、温度に無関係な定数であるが、塩の種類による相関が困難である。そこで筆者らは本実験結果および文献値^{1,10,14)} に基づき、それぞれの塩について Table 4 に示す定数 n を求めた。表から明らかなように、MgSO₄, Na₂SO₄ に対する n の値は Nijsing ら⁹⁾ の値よりもかなり小さい。これは Nijsing らの測定値が本実験結果および Ratcliff ら¹⁴⁾ の結果よりも5%程低く、塩の濃度に対する拡散係数の依存性を異にしているためである。また Table 4 の NH₄I 以下に示す5種類の塩は、負粘度を示す塩であるが、この場合には粘度および拡散係数におよぼす塩濃度の依存性が大きく異なるために n の値は、非常に大きな値となっている。

Ratcliff ら¹⁴⁾, 恩田ら¹²⁾ は、正粘度を示す塩溶液に対して μ/μ_0 vs. C の直線性を仮定し拡散係数の推算式を

Fig. 3 Comparison of diffusivities calculated from Eq.(2) with the data obtained in this work. The symbols are the same as those in Figs. 2-a and 2-b

Table 4 Values of n defined by Nijssing *et al.*

Salt	Total number of experiments	Standard deviation	n
Mg(NO ₃) ₂	3	0.0031	0.40
MgSO ₄	5	0.0073	0.50
MgCl ₂	14	0.0059	0.58
Na ₂ SO ₄	17	0.0135	0.65
CaCl ₂	6	0.0084	0.70
NaNO ₃	6	0.0201	0.75
NaCl	13	0.0119	0.80
NH ₄ I	3	0.0016	1.30
KBr	7	0.0050	1.40
KI	11	0.0129	1.70
KCl	11	0.0062	6.00
NH ₄ Cl	6	0.0067	7.00

報告しているが、負粘度を示す塩溶液に対してこれらの式を適用すると、本実験結果との比較においてもその推算精度は±10%とかなり大きくなった。これに対して恩田¹⁰⁾は負粘度を示す電解質水溶液中へのCO₂の吸収実験を液柱塔により行ない、負粘度を示す塩溶液の場合にも適用できる拡散係数の推算式として次式を提案している。

$$D_0/D=1+0.669 B_1 C+0.412 B_2 C^2 \quad (2)$$

安藤¹¹⁾はさらにC₂H₂, N₂O, H₂Sについても同様の実験を行ない、これらのガスに対してEq.(2)が適用できるとしているが、本実験結果もFig. 3に示すように、その推算精度は±5%の範囲内にある。

これらの一致は浸透説に準拠した拡散係数と境界説に準拠した拡散係数が一致することを示唆する。またミリポアフィルターを用いた場合には、Stokes¹²⁾によって問題とされた溶質の隔膜への吸着の影響は無視できるものと思われる。

結 言

隔膜部分がミリポアフィルターのダイヤフラムセルは、シンターガラス型のダイヤフラムセル¹³⁾に比べて拡散係数の測定時間が大幅に短縮でき、得られた値は比較的精度の高いとされている液柱塔による測定値とも良く一致するという結果が得られた。

Nomenclature

A	= concentration of carbon dioxide, hydrogen sulphide and potassium chloride in liquid [mol/l]	V	= volume of the compartment of the diaphragm cell [cm ³]
B_1, B_2	= coefficients of Jones-Dole equation for the viscosity of aqueous electrolyte solutions	μ	= viscosity of aqueous electrolyte solutions [g/cm·sec]
C	= concentration of electrolyte [mol/l]	μ_0	= viscosity of water [g/cm·sec]
D	= diffusivity of gases in aqueous electrolyte solutions [cm ² /sec]	ϕ	= cell constant [cm ⁻¹]
D_0	= diffusivity of gases in water [cm ² /sec]	<Subscripts>	
n	= constant	1	= upper compartment
T	= absolute temperature [°K]	2	= lower compartment
t	= contact time [sec]	10	= upper compartment at $t=0$
		20	= lower compartment at $t=0$

Literature cited

- Ando, N.: Master Thesis, University of Nagoya (1971)
- Clarke, J.K.A.: *Ind. Eng. Chem. Fundamentals*, **3**, 239 (1964)
- Danchwerts, P.V.: *Gas-Liquid Reactions*, p.87, McGraw-Hill (New York, 1970)
- Davidson, J.F. and E.J. Cullen: *Trans. Instn. Chem. Engrs.*, **35**, 51 (1957)
- Duda, J.L. and J.S. Vrentas: *A. I. Ch. E. Journal*, **14**, 286 (1968)
- Ferrell, R.T. and D.M. Himmelblau: *ibid.*, **13**, 702 (1967)
- Hashitani, T. and R. Tamamushi: *Trans. Faraday Soc.*, **63**, 369 (1967)
- Kamiike, O., S. Kataoka and S. Inaba: *Nihon Kagaku Zasshi*, **63**, 1007 (1942)
- Nijssing, R.A.T.O., R.H. Hendikias and H. Kramers: *Chem. Eng. Sci.*, **10**, 88 (1959)

- 10) Onda, K., E. Sada, T. Kobayashi, N. Ando and S. Kito: *Kagaku Kōgaku*, 34, 603 (1970)
- 11) Onda, K., E. Sada, T. Kobayashi, S. Kito and K. Ito: *J. Chem. Eng. Japan*, 3, 18 (1970)
- 12) Onda, K. and H. Takeuchi: Preprint of 5-th general symposium of Soc. of Chem. Engrs., Japan (Osaka), p.3(1966)
- 13) Onda, K., T. Kobayashi, M. Fujine and M. Takahashi: *Kōgyō Kagaku Zasshi*, 74, 1961 (1971)
- 14) Ratcliff, G. A. and J. G. Holdcroft: *Trans. Instn. Chem. Engrs.*, 41, 315 (1963)
- 15) Scriven, L. E.: Ph. D. dissertation, Univ. of Delaware (1956)
- 16) Stokes, R. H.: *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 763 (1950)
- 17) Tang, Y. P. and D. M. Himmelblau: *Chem. Eng. Sci.*, 20, 7 (1965)
- 18) Thomas, W. J. and M. J. Adams: *Trans. Faraday Soc.*, 61, 668 (1965)
- 19) Unver, A. A. and D. M. Himmelblau: *J. Chem. Eng. Data*, 9, 428 (1964)
- 20) Vivian, J. E. and C. J. King: *A. I. Ch. E. Journal*, 10, 220 (1964)
- 21) Woods, D. R.: Ph. D. dissertation, Univ. of Wisconsin (1961)

技術報告

工業的 Crystal-Oslo 型晶析装置の

熱交換器におけるスケーリング*

青 山 吉 雄**

大同化工機株式会社

緒 言

晶析操作において装置壁面、配管路、熱交換器の伝熱面などにみられるスケーリングトラブルは連続操作の大きな障害となるので、スケール生成の防止対策をたてることが装置設計および運転上きわめて重要である。とくに熱交換器の伝熱面におけるスケーリングは伝熱係数と生産能力を低下させるばかりでなく、連続運転を不可能にする。スケーリングの防止策としては操作過飽和度を小さくし、伝熱面積を大きくすることが行なわれているが、近時晶析装置が大型化するに伴い熱交換器を小型化することが重要な課題となっている。

晶析操作におけるスケーリングトラブルが工業操作上にいかに重要であるかはすでに指摘されているが¹⁾、この問題に関する工学的研究は少なく、線流速を大きくすることによってかなり防止できるとした Saeman ら²⁾の報告や、硬石膏スケールの付着速度に関する宮内ら³⁾の報告以外にはほとんど見あたらない。

スケールの生成機構については Turnbull⁴⁾ および Devoy ら⁵⁾ による熱力学的研究がみられるが、これらは表

面粗度とスケール発生との関連を検討したものであり、発生の難易を判定する場合の基準を与える。しかし生成機構に関する研究は不十分であるので、今後より一層の研究がまたれるところである。

筆者は逆溶解性であるため、真空蒸発法では熱交換器部分にスケーリングを起こし易い無水芳硝の Crystal-Oslo 型晶析装置を9基設計製作し、それらの運転時に得られたスケーリングデータに対して、スケール発生面の溶液過飽和度、溶液温度ならびに pH とスケール生成までの誘導期間との関連性について検討したところ、よい相関が得られたので報告する。

1. 晶析装置と操作法

晶析装置の概要は Fig. 1 に示すようなもので、結晶缶 (径 1.5~5m, 高さ 4~6m) から溢流した溶液は蒸発缶 (径 1.2~3m, 高さ 2.5~4m) に送入されて蒸発濃縮されたのち、供給原液と混合されて熱交換器 (径 0.6~1.8m, 高さ 4.5~6m) に送られる。そこで過飽和溶液になって結晶缶に入り、結晶群を成長させながら上昇し、その濃度は低下する。所定の粒径に成長した結晶は製品として連続的に底部より取り出され、飽和濃度近くまで低下した溶液は再循環されて定常操作が維持される。

伝熱面へのスケーリングは管内面検査鏡を挿入して観

* <Scaling at the Heat Exchanger of Industrial Crystal-Oslo Crystallizers>

Received on November 8, 1971

化学工学協会第4回秋季大会 (広島, 1970年10月6日) にて発表

** Yoshio Aoyama (正会員) Daidoh Plant Engineering Corp., Osaka

垂直平行平板間の自然対流熱伝達——一様熱流束および断熱の二平板の場合——(宮武 修・藤井 哲・藤井丕夫・田中 宏史, 化学工学, 36, 859~864 (1972))

一様熱流束および断熱の2枚の垂直平行平板間の自然対流熱伝達に関して、非線型の偏微分基礎方程式を連立法を用いて、反復を行ないながら前進的に数値解析した。Prandtl 数 0.7, 10 の流体について、速度、温度、圧力、誘起流量および局所 Nusselt 数の数値計算結果を得た。実験は純水について行ない、広い Rayleigh 数の範囲にわたって、局所 Nusselt 数を実測した結果は、数値解析結果とよく一致した。

Group Relaxation 法による多成分系蒸留計算 (石川 矯・平田光徳, 化学工学, 36, 865~871 (1972))

蒸留塔の段数、原料供給段の位置および操作条件を与えて、塔内組成分布ならびに留出組成、缶出組成を求める新しい多成分系蒸留計算法について述べる。この方法は、非定常状態における物質収支を各段で独立に作り、得られた(段数+2)×(成分数-1)の連立方程式を、Group Relaxation 法で解き、定常状態の解を得るものである。この方法の特徴は、計算を始める時の初期値として、塔内各段上の液組成が、原料組成に等しいという、ごく自然な仮定のみによって、理想系、非理想系ともに必ず収束解が得られることである。

数値例をあげ、収束の過程および本法の有用性が述べられている。

多成分系の蒸留における段数と還流比の相関について (椿 正明・平岩 宣, 化学工学, 36, 872~879 (1972))

前報で示した多成分系通常蒸留操作の設計問題に対する厳密な計算法を応用し、仮想成分から成る原料に対し、分離仕様、原料予熱状態を変えた広範な数値実験を行ない、Gilliland の相関を補正した形式の、段数と還流比の濃縮部および回収部それぞれに対する相関を求めた。そして本相関に基づく新しい簡便計算法を示した。

多成分系の蒸留における非限界成分の分離について (椿 正明・平岩 宣, 化学工学, 36, 880~888 (1972))

前報における数値実験のさい、同時に得られた非分配成分の分離は分離曲線および分離特性曲線として表現される。分離特性曲線と前報で定義した段数特性曲線には相関があり、多成分系通常蒸留操作において非限界成分の分離の推算に用いることができることが分かった。

乱流域の攪拌槽自由表面における液側物質移動係数に及ぼす物性および乱れの影響 (片岡 広・宮内照勝, 化学工学, 36, 888~896 (1972))

乱流域の攪拌槽自由表面において種々のガス-液系についてガス吸収実験を行ない、液側物質移動係数を測定した。表面の一部が汚染されている蒸留水の場合には、実験結果は Levich の理論で説明できた。表面の清浄な有機溶剤の場合には、平均の散逸エネルギーの物質移動係数への影響は表面更新説の場合と同様であった。自由表面近傍の局所的な散逸エネルギーを熱線流速計で測定したところ、攪拌槽全体の平均値の約6%であった。局所的なεにより液側物質移動係数は、蒸留水および有機溶剤について共にかなりよく相関された。

水素ガスによるヘマタイト粉砕粒子の還元反応について——水蒸気分圧の影響——(千田 信・井田光夫・只木楨力・前田四郎, 化学工学, 36, 896~903 (1972))

緻密なヘマタイト粉砕試料の水素還元(還元温度 350~500°C)を行ない、化学分析(臭素-メタノール法)および顕微鏡観察により反応進行状態を調べた結果、反応ガス中の水蒸気量が少ないと固体中心より、ヘマタイト、マグネタイトおよび金属鉄の三層がなり、殻状モデルによる取り扱いが可能であった。しかし、水蒸気量が増すとマグネタイト層内に金属鉄が点在するようになり、殻状の金属鉄層は存在しなかった。

<化学工学データ>

ダイヤフラムセルによる電解質水溶液中におけるガスの拡散係数の測定 (恩田格三郎・竹内 寛・小林 猛・高橋正博・藤根道彦, 化学工学, 36, 903~907 (1972))

一枚のミリボアフィルターを用いたダイヤフラムセルは、シンターガラスを用いた市販のダイヤフラムセルよりも実験時間が短縮できるうえに、液柱塔の場合に較べて液量が少なくすむという利点をもっている。そこで筆者らは、この装置を用いて水ならびに各種電解質水溶液中における CO₂ と H₂S の拡散係数を測定し、その結果を文献値ならびに恩田らの方法によって推算された値と比較した。その結果、±5%の範囲内で実験値と文献値の一致が認められた。それ故に、この装置は溶液中におけるガスの拡散係数を簡単に、しかも精度良く測定することのできる便利な装置であると考えられる。

<技術報告>

工業的 Crystal-Oslo 型晶析装置の熱交換器におけるスケーリング (青山吉雄, 化学工学, 36, 907~912 (1972))

逆溶解性の無水芒硝を Crystal-Oslo 型晶析装置で晶析させる場合、熱交換器出口の伝熱管にスケーリングを起こし易いことが知られている。そこで数基の工業的 Crystal-Oslo 型晶析装置についてこの系のスケーリングデータを取り、その誘導期間と過飽和度、溶液温度および pH との関連について実験式を求めた。この結果、実験式中の過飽和度および溶液温度としては熱交換器出口の伝熱管内面における値をとることが妥当なことがわかった。さらにスケーリングに関連をもつ諸因子の影響についてもふれた。

<寄 書>

液-液異相系における層流液柱長さについて——重液相中に軽液を分散させた場合——(高橋照男・北村吉朗, 化学工学, 36, 912~914 (1972))

重液相中に相互に溶解しない軽液を分散させてそのとき形成される液柱の挙動を実験的に調べた。層流液柱は次の二つの形式で崩壊することが観察された。すなわち、 $\mu_D/\mu_C < 1.0 \sim 1.5$ のときは滴状に崩壊し、 $\mu_D/\mu_C > 1.0 \sim 1.5$ のときは波状に崩壊する。さらに滴状に崩壊するときの層流液柱長さは、前報で求めた表面乱れの最大成長速度に基づいた半実験式によって相関できることが明らかになった。

回転円筒型抽出装置の分散相ホールドアップおよび総括物質移動容量係数の検討 (中原俊輔・権藤晋一郎・楠浩一郎, 化学工学, 36, 914~916 (1972))

外筒内径約 2.5 cm、内筒外径約 1.7 cm、の二重円筒型抽出装置において、イソプロピルエーテル、トルエン、メチルイソブチルケトンを分散相とする場合のホールドアップφを測定し、分散相のホールドアップは実験変数の幅の積で相関した。また、総括物質移動容量係数 K_{da} と N の関係は両相の空塔速度に依存することを示した。

<Technical Report>

Scaling at the Heat Exchanger of Industrial Crystal-Oslo Crystallizers, Y. Aoyama (Daidoh Plant Eng. Co.)

Kagaku Kōgaku, 36, 907~912 (1972)

In crystallizing of sodium sulphate anhydride, having inversely soluble property with temperatures, by Crystal-Oslo crystallizer, it has been known that scaling occurs frequently on the heating pipe of heat exchanger. Scaling data, therefore, were collected as regards this system with nine units of industrial Crystal-Oslo crystallizer and experimental correlations were determined for the induction period in scaling with the degree of supersaturation, solution temperature and pH. As a result, it has become cleared that values of the degree of supersaturation and solution temperature in these experimental equations are appropriate to take values at the inner surface of heating pipe of heat exchanger exit. Effects of factors affecting on scaling, are discussed.

<Short Communications>

Laminar Breakup Length of a Liquid Jet in Another Immiscible Liquid—Dispersion of Lighter Liquid, T. Takahashi and Y. Kitamura (Okayama Univ.)

Kagaku Kōgaku, 36, 912~914 (1972)

The behavior of a lighter liquid jet injected into denser immiscible liquid was experimentally studied. A laminar jet was observed to break in following two patterns; it was broken by symmetric disturbance when $\mu_D/\mu_C < 1.0 \sim 1.5$, and it broken into a wavy jet when $\mu_D/\mu_C > 1.0 \sim 1.5$. Furthermore, it was found that the laminar breakup length of a jet broken by symmetric disturbances was correlated by the semi-empirical equation derived in the previous paper, which was based on the maximum growth rate of interfacial disturbances.

Notes on the Holdup of Dispersed Phase and the Overall Capacity Coefficient of Mass Transfer in Rotary Annular Column Extractor, S. Nakahara, S. Gondo and K. Kusunoki (Kyushu Univ.)

Kagaku Kōgaku, 36, 914~916 (1972)

The holdup of the dispersed organic phase, such as isopropyl ether, toluene and methyl isobutyl ketone, was measured in the extractor of rotary annular columns, 2.4 cm in inner diameter of stators and 1.7 cm or 1.5 cm in diameter of rotors. The holdup of the dispersed phase was correlated to the experimental variables in terms of the product of the powers. The effect of rotating speed of the rotor on the overall capacity coefficient of mass transfer was found to depend on the superficial velocities of continuous and dispersed phase.

Effect of Physical Properties and of Turbulence on the Rate Coefficient of Mass Transfer at the Free Surface of Agitated Vessels in Turbulent Region, H. Kataoka and T. Miyauchi (Univ. of Tokyo)

Kagaku Kōgaku, 36, 888~896 (1972)

Liquid-phase mass transfer coefficients at the free surface of agitated vessels in turbulent region were measured by gas absorption for several gas-liquid systems. Experimental results for partially contaminated distilled water were explained by Levich's theory.

Effects of energy dissipation on mass transfer coefficients for organic solvents having clean surface, were found to be similar to those of the surface renewal theory. Local energy dissipation ϵ in the vicinity of free surface was measured by hot wire flow-meter as about 6% of average ϵ in the vessel, by which mass transfer coefficients were correlated fairly well for both organic solvents and distilled water.

On the Reduction of Ground Particles of Hematite with Hydrogen Gas—Effects of Partial Pressure of Water Vapor, T. Chida (Tohoku Univ.), M. Ide (Takasago Thermal Eng. Co., Ltd.), T. Tadaki and S. Maeda (Tohoku Univ.)

Kagaku Kōgaku, 36, 896~903 (1972)

Hydrogen reduction of the ground particles of dense hematite was performed in a flow system at temperatures from 350 to 500°C. Fractional conversion of reduction was measured by the chemical analysis (the bromine-methanol method) and simultaneously, the cross-sections of the sample particles were observed by microscope.

As the partial pressure of water vapor in reduction gases was low, a concentric layer of magnetite was formed around the hematite core and was followed by a layer of metallic iron. However, as the partial pressure of water vapor became higher, a layer of metallic iron was not formed, but metallic iron was scattered like dots in the magnetic layer.

<Chemical Engineering Data>

Measurement of the Diffusivity of Gases in Aqueous Electrolyte Solutions by a Diaphragm Cell, K. Onda, H. Takeuchi (Nagoya Univ.), T. Kobayashi, M. Takahashi (Suzuka Technical College) and M. Fujine (Nagoya Univ.)

Kagaku Kōgaku, 36, 903~907 (1972)

The diaphragm cell made of a Millipore filter has the following advantages: It does not require a long experimental time as compared with the conventional diaphragm cell (made of a sintered glass disk) and a large quantity of liquid as compared with the liquid-jet column.

Then, the diffusivities of carbon dioxide and hydrogen sulphide in water and aqueous electrolyte solutions were measured by using this diaphragm cell.

It was found that the agreements between the experimental results and the values estimated by the method of Onda et al. are within a deviation of $\pm 5\%$.

Therefore, this diaphragm cell is a convenient apparatus which can measure the diffusivity of gases in solutions easily and accurately.

Natural Convective Heat Transfer between Vertical Parallel Plates—One plate has a uniform heat flux and the other is thermally insulated, O. Miyatake, T. Fujii, M. Fujii and H. Tanaka (Kyushu Univ.)

Kagaku Kōgaku, 36, 859~864 (1972)

Natural convective heat transfer between two vertical parallel plates has been analysed numerically.

A uniform heat flux is applied at one plate, while the other plate is thermally insulated.

A forward-marching, implicit method with iteration was used to solve the nonlinear partial-differential equations.

Numerical results are obtained for the variations of velocity, temperature, pressure, induced flow rate, and local Nusselt number for fluids having Prandtl numbers 0.7 and 10.

Experimental measurements with water over a wide range of Rayleigh numbers give local Nusselt numbers which are in good agreement with the numerical solution.

Calculation of Multicomponent Distillation by Group Relaxation Method, T. Ishikawa and M. Hirata (Tokyo Metro. Univ.)

Kagaku Kōgaku, 36, 865~871 (1972)

A new method is developed for calculating the composition profile, the temperature profile and the product compositions in multicomponent distillation, when number of plate, location of feed plate, and operating conditions are specified. This method employs the group relaxation algorithm for the solution of the nonlinear material balance equations at unsteady state condition around each stage in the column.

The nonlinear material balance equations are solved simultaneously for each component, therefore, no matching is required. The method may be started with the assumption only that all the liquid compositions on each stage equal to the feed compositions, and will be applied to either ideal system or nonideal system.

The computational procedure is simple, fast, and numerically stable. Some problems discussed to demonstrate the feasibility of the method.

On the Correlation of the Number of Equilibrium Steps with Reflux Ratio in Multicomponent Distillation, M. Tsubaki and H. Hiraiwa (Chiyoda Chem. Eng. & Const. Co., Ltd.)

Kagaku Kōgaku, 36, 872~879 (1972)

Modified correlation of Gilliland's convention which is to estimate the required number of equilibrium steps for the enriching and recovery sections separately is obtained from the results of numerical experimentations for various hypothetical feed compositions, separation specifications and q -values, with the design-oriented rigorous multicomponent distillation calculation method previously proposed by the author. And new shortcut distillation calculation method is proposed on this correlation.

On the Distribution of Nonkey Components in Multicomponent Distillation, M. Tsubaki and H. Hiraiwa (Chiyoda Chem. Eng. & Const. Co., Ltd.)

Kagaku Kōgaku, 36, 880~888 (1972)

The distribution of nonkey components which was obtained from the same rigorous numerical experiments for the previous paper is expressed as distribution characteristics curve as well as distribution curve. The relationship between distribution characteristics and step number characteristics defined in the previous paper is found to be able to use for the estimation of the distribution of nonkey components in the conventional multicomponent distillation calculation.