HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	充塡塔に於ける液の分布
Author(s)	武谷, 愿
Citation	北海道大學工學部彙報, 6, 139-156
Issue Date	1952-09-01
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/40484
Type	bulletin (article)
File Information	6_139-156.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

充塡塔に於ける液の分布

武谷　愿

(昭和27年2月29日受理)

Liquid Distribution in a Packed Tower*

Gen TAKEYA

An experimental study of water distribution in a semi-technical scale packed tower was undertaken:—

(1) To confirm the water distribution in the packed column employed in the author's experiments on the Absorption of Carbon Dioxide by Water under Pressure; and

(2) To obtain some additional data to contribute to the knowledge on that subject, and moreover, if possible, to find conditions to ensure reasonably uniform distribution of water in industrial towers for the pressure absorption of carbon dioxide.

Apparatus and Procedure

The apparatus employed is indicated diagrammatically in Figure 2**. The tower, constructed of a steel cylinder, had the total height of 4,000 mm. and the diameter of 450 mm., the same as used in the previous absorption experiment[2]. Water was fed into the packed tower at a desired rate by a triple-acting plunger pump driven by an induction motor. The water was allowed to flow down through the packed bed letting no gas stream pass upwards. The water drained from the packing support at the bottom, was collected into each of three or four sections of the cross-sectional area of the column. Two types of the water receiver made of galvanized steel plate, 0.9 mm. in thickness, were adopted. The one divided the total cross-sectional area into three concentric sections, each of them having almost equal area (Figure 8). The other divided the central area of 82% (=1,301 cm^2) of the total cross-sectional area into four equi-angular sections, each of them, separable and of almost equal area (Figure 9). After the system attained steady conditions with a desired rate of flow, the quantities of water falling into each section of the receiver were measured four times, in some cases six times, at intervals of twenty minutes, and the average water rates at each zone in a run were calculated. Although the pump had a rated capacity of about 7.2 m^3/hr., the rate of water fed to the tower could be changed easily by adjusting the opening of the by-pass valve i.e., by changing the rate of return water through the by-pass.

The main series of experiments were carried out with 35 mm. porcelain Raschig rings, No. 2A distributor (Figure 6-A) and a symmetrical packing support (Figure 7). We used three different heights of packing bed (l=75 cm., 150 cm. and 230 cm.), in order to reveal the water distribution within the range of water rates of 15–44 $m^3/m^2 \cdot hr$ at the cross-sections at those distances from the top. The free volume of the packed bed was 71.8% (Table 1) and that of the symmetrical packing support, which was made of mild steel, was 78.2%. No. 2A distributor was of a perforated-plate type, having 67 through-holes of 8 mm. in diameter on its bottom plate. It was made of steel and fitted with four gas risers.

Besides the main series, supplementary experiments were added by using two different distributors.

* The essentials of this report were read at the Hokkaido General Meeting, Chemical Society of Japan, July 30th, 1949.

** A more detailed diagram of the absorption system was shown in Figure 1. in the previous paper[2].

Results

Observations in the main series of experiments indicated the following:—

(1) As to the water-rate distributed, the outer zone was maximum, the centre zone came next and the middle zone was minimum throughout the experiments. The distribution measured by the concentric receiver did not change appreciably at the three cross-sections, $l=75$ cm., 150 cm. and 230 cm. from the top [Table 4, (IIC) and Figure 11, C-1), 2), 3), 4)].

(2) The distribution measured by the equi-angular receiver showed a tendency to repeat un-uniformity (within certain limits) and uniformity alternatively between those three cross-sections, but that tendency diminished gradually as the water-rate was increased [Table 4, (IIA) and Figure 11, A-1), 2), 3), 4)].

(3) Changes in the water-rate within the range of 25–44 $m^3/m^2 \cdot hr$ had not any appreciable effect on the uniformity of distribution, although the inrease in the water-rate up to 25 $m^3/m^2 \cdot hr$ improved the uniformity.

(4) Average deviation (x_0) from exactly uniform distribution, over the cross-sectional area at those three heights, was estimated at 20–30% maximum, when the water-rate exceeded 25 $m^3/m^2 \cdot hr$. (Table 5).

(5) To obtain the uniform distribution, it is important to accept the water uniformly into the packing at its top. It might be beneficial to use a "guide", such as a regularly packed layer of Raschig rings at the top part of a dumped packed column.

In supplementary experiments, a greater un-uniformity of water distribution was revealed in the packed column employed in the previous experiments[2] (Figure 10).

目 次

緒 言 …… 140
第1節 既往の研究 …… 141
第2節 實驗裝置及び實驗方法 …… 143
1. 實驗裝置 …… 143
2. 實驗方法 …… 146
第3節 實驗結果 …… 146
1. 豫備實驗の場合 …… 147
2. 磁製ラシヒリング不規則充填の場合 …… 148
第4節 實驗結果に對する考察 …… 151
1. 同心円状3區劃に於ける分布 …… 151
2. 等角状4區劃に於ける分布 …… 151
3. 兩者の綜合 …… 152
第5節 著者の實驗の結論 …… 153
1. 異る放水器による補足實驗 …… 153
2. 結 論 …… 154

緒 言

ガス吸收に廣く用いられる充填塔の作業容量の理論には，塔の斷面積の各部に於ける液及びガスの流れが均一であり，從つて吸收も均一に行われること，卽ち吸收作業の定常狀態に於いては，塔の任意の斷面上の各點の液及びガスの組成は，充填層の高さのみによつて定まる同一の値をとるものである，との重大なる假定を含んでいる．

然るに實際の塔に於ては液分布は必ずしも一樣ではなく，理想的分布狀態に近づけるためには

特定のガス一液向流裝置の場合でも，塔頂に於ける液の分布裝置，充塡方法，流れの調整方法等に就いて考慮すべき諸點があることは，從來の研究[1]或は著者の炭酸ガスの高壓吸收に關する豫備實驗[2]からも容易に推察し得るところである．

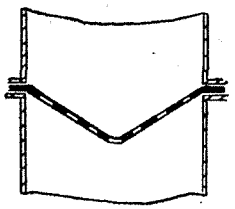
併し乍ら内田・藤田兩氏[3),4)]によれば，充塡塔内の液の分布は一般に極めて複雜で，理論的研究の不可能な偶然の機會に左右されるであろうこと，從つて液分布の問題は充塡塔の作業にとり重要な問題ではあるが，研究方法としては，唯，無數の測定を繰返して得られる實驗上の結論を信ずる以外には方法がないものの如くである．

上述の事を念頭におき，此の種の實驗の新たな繰返しに依り何等明確な一般的結論が假に得られないとしても，尙，著者は炭酸ガスの加壓吸收に關する研究を行う過程に於て*，塔内に於ける水の分布につき一應檢討してみることが必要であると考え，本實驗を計畫した．即ち前報[2]に述べた通り豫備實驗に於いて充塡塔の容量係數，K_La に對する灌水量の影響が豫期した程鮮明でなかつたことから，K_La に對する作業因子の影響を詳細に實驗[5]する前に，著者の半工業的實驗塔に於ける水の分布を一應檢討しておく必要があること，一般的に言つて液分布の研究資料に實測値を追加すること，更に出來得れば，工業的吸收塔に於いて塔内の液の分布を改善するための條件を些少なりとも見出し得れば，と念願して本實驗を行つたものである．

第1節　既往の研究

充塡塔内に於ける液の分布に關する研究に就いては，古く Hurter[6] 氏がコークス充塡塔の塔頂中央部に水を供給し塔底の數區劃に集る水量を測定し，塔の高さ，コークスの大きさ等を變えて分布を檢べた結果，水の流下に從い，塔頂より 2.5 m 位まで次第に周圍に擴がり，其の後は大体そのまま一様に保たれることを認めた．

Kirschbaum[7] 氏はラシヒリング充塡塔に於いて塔頂中央より給水し同樣に分布を檢べた結果，Hurter 氏と異り，水は流下に從い周圍に向つて限りなく擴がり，丈の高い塔では下部の中央に殆んど水が落ちて來ないと云う．Kirschbaum 氏は第1圖の如き有孔倒立圓錐型隔壁を充塡層の途中に數段設け，塔壁に集つた流水の調整を行うことが有効であるとしている．



第1圖　有孔倒立圓錐型隔壁

Baker, Chilton 及び Vernon 氏等[8]は直徑 3 吋，6 吋，11.3 吋，24 吋，の充塡塔に各種の充塡物を用いて同樣の研究を行つた結果，Kirschbaum 氏の得た様な塔壁に集る傾向は小型塔に特有で，大型塔に於ては著しくない．即ち大型塔では一度均一分布に達した後は大体均一に流下する．又灌注方法は，塔頂の中央に供給すれば塔徑の 4～5 倍の深さを流下するまで均一にならないと云う結果から，塔頂に於て成る可く均一に撒布する必要があるとし，又ガス速度は溢注點に到るまで大きな影響のないことを認めた．併し八田四郎次氏は其の著書[9]に，Baker 氏等の得た分布曲線によれば，

* この報文は充塡塔に於ける水による炭酸ガスの加壓吸收に關する研究の一部である．

小型塔で灌水量の少い場合に特に著しい分布の不均一が見られる他に，分布が均一であると稱する大型塔の場合に於ても，必ずしも滿足すべきものとは認められないと述べている．

内田俊一・藤田重文兩氏[3]は3種類の磁製ラシヒリング（代表的寸法 $d=1.5$ cm, 2.6 cm, 3.5 cm）を2種の塔（徑 $D=26$ cm, 36 cm）の中に，種々の高さ（$l=50$ cm, 140 cm, 170 cm）に不規則充填し，灌水量 $L_0=2\sim25$ m³/m²·hr の範圍で塔頂均一灌注を行い，流下水を同心圓狀の4室（$D=26$ cm の塔の場合），或は6室（$D=36$ cm の塔の場合）に區劃した塔底の受器に受けて水の分布を研究した結果，

(1) $l/d=30$ 附近迄は l/d の增加と共に均一度は悪化するが，之より大なれば殆んど變化なく一般には l/d の影響は無視し得る．

(2) 灌水量の增加と共に均一度は良好となる．

(3) 塔壁に集るか中心に集るかの傾向に對しては，(D/d) が大きな影響を及ぼし l/d に依つては殆んど影響されない．而して $D/d=10$ の場合は，時に中央に，時に塔壁に落ちるが大体に於て平均の分布をとり，$D/d=7$ の時は塔壁に集り，$D/d=14$ 及び 17 の時は $D/d=10$ の時と大差なく稍々中央に集まる傾向を示す．

(4) 又塔の全斷面積に於ける理想的分布よりの平均偏倚も，$D/d=10$ の時が他の場合に比して最も小さい．

以上は空氣を送入しない場合であるが，塔底より空氣を送入すれば $D/d=10$ の時には大きな影響を受けないが，$D/d\gtrless10$ の時は空氣の送入に依り分布均一度が悪化される．

等を認めた．尙ラシヒリングを規則充填した場合の水の分布は，不規則充填の場合に比して均一性が劣るという結果[10]も得られた．

次いで兩氏は實驗の範圍を擴大して，異る充填物（磁製ラシヒリング，破碎固体）及び充填方法（ラシヒリングの不規則，及び規則充填），異る灌注液（水，變壓器油，タービン油）を用い，灌液量のやや廣い範圍（水の場合は $L_0=2\sim30$ m³/m²·hr）に亘つて同様の實驗を行い，液の分布に及ぼす種々の因子の影響を廣く檢討した結果，液分布の問題に對して一般的考察を下している[4]．以下に兩氏の結果の中から著者の實驗と關聯ある點を主として引用すれば，

(1) 灌注法として塔頂均一分布をとる場合は，分布に對して充填層の厚さは殆んど影響を及ぼさず，特に $D/d=14$ の時の層厚を變えた各實驗では，全く同様な形の分布曲線が得られた．從つて分布を良くするための l/d の條件と云うものはない．

(2) 灌液量，$L_0=2\sim30$ m³/m²·hr の實驗範圍では，L_0 が大となればなる程大体に於て分布は良好となり，又或程度以上 L_0 が大となれば更にそれ以上增しても分布は改善されないと云う如き事實は現われない．

(3) $D/d=7\sim16$ の實驗の範圍で，一般に D/d の大なる時（$D/d\geqq10$），最良の分布が得られる場合が多い．

(4) 充填方法としては，ラシヒリング不規則充填の場合に最良の分布の得られることが多く，破碎固体の場合が之に次ぎ，ラシヒリングを規則充填した時に分布の悪い場合が多い．

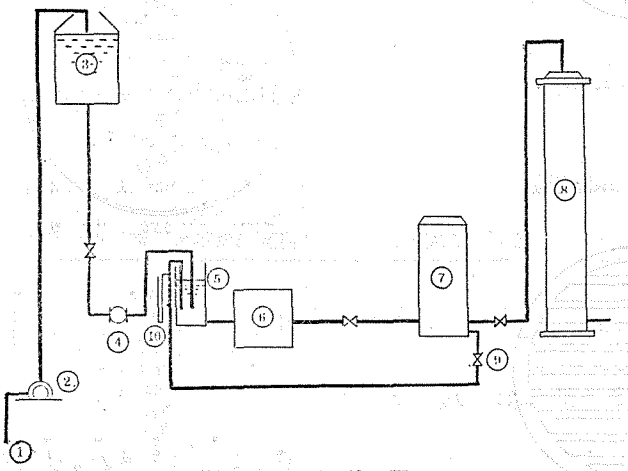
(5) 液の種類による影響は，變壓器油に於て分布の最良なる場合が多く，タービン油之に次ぎ，水が最も良くない場合が多い．此の順序は液の表面張力又は密度の順で，液の粘度の順ではないが，之等の物理的性質と分布の良否との定量的關係は明かでない．

(6) 以上は主として塔下からガスを送入しない場合であつたが，塔下から相當大きな速度で空氣を送入した場合には，送入しない場合に比して分布を良くする時と，悪くする時と，餘り變らない時* とあるが，其の影響は條件(充填物，充填方法，D/dの値，液の種類等)に依つて異り，甚だ複雜である．送入ガスの影響は速度が小なる時は大きな影響はなく，溢汪點附近に至つて影響が大きい．尙兩氏は塔内に於ける流下の狀況を，流下液が充填層を通過する間に塔の中央に集つたり塔壁に偏つたりする様な狀態を繰返し，分布が良くなつたり悪くなつたりして流れているものと考えた．

第2節　實驗裝置及び實驗方法

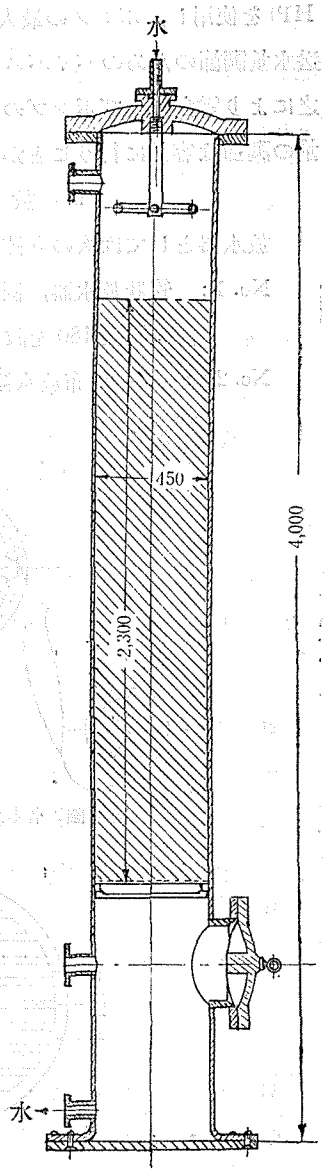
1. 實驗裝置

水の分布に關する著者の實驗は，既往の多くの研究者と同様に，充填層内を流下する水を塔底に於て區劃集水受器に受けて測定する方法をとつた．實驗裝置の主要部は，炭酸ガスの加壓吸收の豫備實驗[2]に使用したものと同じで，その系統圖を第2圖に示した**．



第2圖　系統圖

①地下水　②揚水ポンプ　③原料水槽　④量水メーター
⑤小貯水槽　⑥プランジャーポンプ　⑦貯水槽(高壓水用)
⑧充填塔　⑨バイパス弁　⑩水銀差壓計



第3圖　充填塔

* あまり變らない時の1例は，水を灌液とし，D/d=10，ラシヒリング不規則充填の場合．

** 詳細は前報[2]の Fig. 1 參照．

原料の水(地下水)は，地上約 8 m にある容量 21.2 m^3 の原料水槽に一旦汲上げられ，量水メーター，300 l の小貯水槽を経てプランジャーポンプに入り，次いで貯水槽を経て充填塔に送られる．

充填塔(第 3 圖)は鋼鐵製圓筒で全高 4 m，内徑 45 cm (斷面積 0.159 m^2)，CO_2 の加壓吸收塔として使用する場合の充填層の標準高さは 2.30 m，又充填層上端と放水器の距離は 35 cm である．

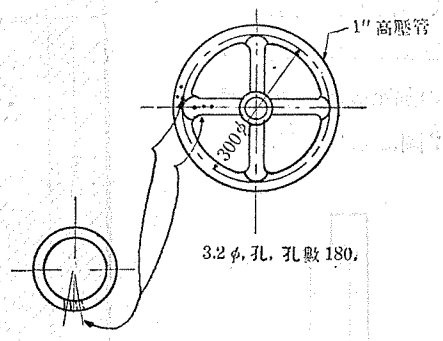
プランジャーポンプの驅動力には前報[2]の直流分捲電動機(7.5 HP)を廢して 3 相誘導電動機(10 HP)を使用し，ポンプの最大容量を 7.2 m^3/hr (45 m^3/m^2·hr) まで增大した．之に附隨して充填塔への送水量調節のためのバイパス弁，及びバイパスの流量を表示するための水銀差壓計を新たに設けた．之により電動機及びポンプの回轉數は一定であるが，送水量の調節は容易に行うことが出來た．

a. 放 水 器

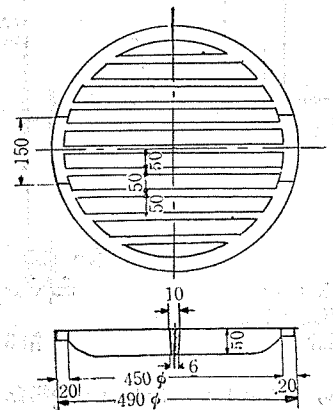
放水器としては次の 5 種類を用いた．

No. 1： 管狀放水器，圓形管及び十字管より成り，下面に細孔 180 を設けたもの(第 4 圖)．

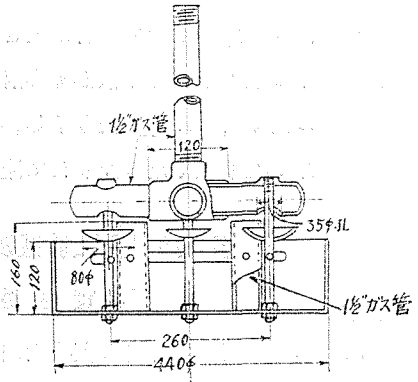
No. 2A： 均一分布放水器，孔數 67，孔徑 8 mm (第 6 圖 Ⓐ)．

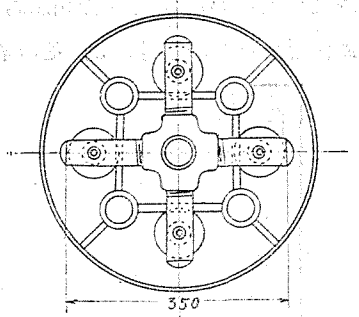


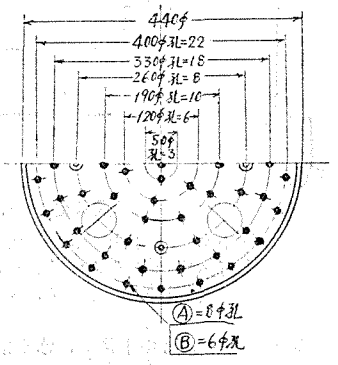
第 4 圖 管狀放水器(豫備實驗)



第 5 圖 充填物受器(豫備實驗)







第 6 圖 均一分布放水器

No. 2B：　均一分布放水器，孔數 67，孔徑 6 mm (第 6 圖 Ⓑ).

No. 2a：　No. 2A 放水器の最外周の孔を木栓にて閉じたもの，孔數 45.

No. 3：　$1^1/_2$ 吋ガス管，塔頂中央に位置せしめる.

管狀放水器は CO_2 の加壓吸收の豫備實驗[2] に用いたもので，又工業的高壓吸收塔にも屢々用いられる型である.

No. 2A，2B は新たに設計した均一分布放水器で，中央の $1^1/_2$ 吋ガス管より供給された水は，末端を閉じた 4 箇の水平の $1^1/_2$ 吋ガス管に分岐し，夫々の下面に各々 1 箇所づつ設けられた 35 mm の放水口より槽內に落下し，供給水量に從つて槽內に一定の水準を保ちつつ底面を貫通する細孔より塔內充填層へ流下する．35 mm 放水口の直下の皿は，動壓の影響を緩衝し，槽底細孔より流出する水を塔頂に於て成る可く均一に分布するために設けられたものである.

尙，槽の底面には，他に直立した 4 箇の $1^1/_2$ 吋ガス管が捻ぢ込んであり，之等は，放水器の外周と吸收塔壁との間の空間と共に，ガス吸收實驗の場合には上昇するガスの通路となる.

b. 充　填　物

充填物は最初の實驗にアルミニウムリングを用いたが，本報の液分布の實驗の後に塔の作業容量に關する實驗を 35 mm の磁製ラシヒリング充填で行う豫定であつたから，大部分の實驗には 35 mm 磁製ラシヒリングを用いた．それ等の性狀は第 1 表の通りである.

充填方法はすべて不規則充填である.

第 1 表　充　填　物

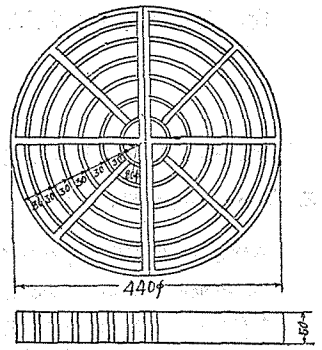
A：アルミニウムリング (30 mm×50 mm)　B：磁製ラシヒリング (35 mm)

充填物の種類	充填物 1 個につき*						充填層　2.30 m		
	平均の寸法と重量				平均容積	平均密度	充填物總數	自由空間率	
	外　徑 mm	肉　厚 mm	高　さ mm	重　量 g	cm^3	g/cm^3	個	計算値 %	實測値** %
A	29.0	1.6	51.2	20.4	7.05	2.89	6,395	87.7	87.4
B	34.2	4.7	35.0	34.0	15.2	2.24	6,800	71.8	—

備　考
*　任意の 30 個についての實測値の平均
**　充填層に充滿した水を塔下部より抜き，ドラム罐にて計量，3 回の測定の平均値

c. 充填物の受器

塔底に於ける水の分布は，此の實驗裝置の場合，充填物の受器を通じて落下する水量を測定して求める他はないから，充填物の受器に對しても多少の考慮を要する．最初の實驗には第 5 圖のものを用いたが，之は充填層の末端に於ける水の分布狀況を多少とも攪亂する惧れがある．依つて新たに對稱型の充填物受器 (第 7 圖) を軟鋼にて製作し，磁製ラシヒリングによる全ての實驗に用いた．35 mm 磁製ラシヒリングを不規則充填した層の自由空間率 71.8% (第 1 表) に比し，對稱型の充填物受器の自由空間率はやや大きく 78.2% で

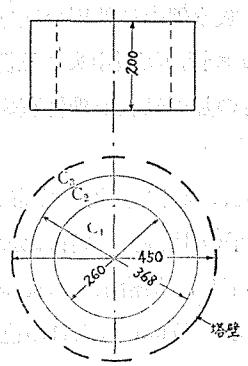


第 7 圖　充填物受器 (對稱型)

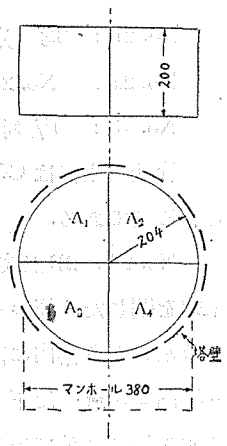
あり，塔底に於いて水の分布を攪亂することはないと推察される．

d. 集水受器

集水受器は次の2種類を用いた．一つは第8圖に示す様に，塔の全斷面積の 2/3 に相當する中心部を同心圓の隔壁で2等分したもので，結局塔の全斷面積 1590 cm² を 530±7 cm² (計算値) の3區劃に分つもの (之を同心受器と略稱する)．他は第9圖に示す様に中央部の面積 1,301 cm² を 90 度角にて4等分したもの (之を等角受器と略稱する)．等角受器の各室の面積は次の通りである*．



第8圖 集水受器(同心)



第9圖 集水受器(等角)

室番號	A_1	A_2	A_3	A_4	合 計	備 考
面 積 (cm²)	321	324	330	326	1,301	各室共外周を圓として計算
比 率 (%)	24.7	24.9	25.4	25.0	100.0	

2種類の受器はいずれも 0.9 mm 厚の亞鉛メッキ薄鋼板製で，各室毎に1吋の排水管1本をハンダ附けしてある．同心受器の場合の最外部區劃に落ちた水は，マンホールより溢流せしめ，塔の外部にて1本の排水管に集めた．等角受器の4室は各々互に分割することが出來るが，組合せの相對的位置は排水管の關係上常に一定で，尙，組立てた場合には相隣る二つの隔壁の上緣を跨いで鋭利な二つ折カバー (ブリキ製) をはめ，壁の密着を完全ならしめた．

2. 實 驗 方 法

實驗方法は，塔下部マンホールを外して集水受器を入れ，塔斷面積の中心と集水受器の中心とを出來るだけ正確に一致せしめて，集水受器を塔内の木製架臺上に水平に固定する．

送水ポンプを運轉して一定の灌水量につき定常狀態となつた後，各區劃室に落ちる水量を連續的に夫々別個に，内容積既知の容器に同時に受けて測定し，20分毎の集計量を4～6回求め，其の平均値を求めた．

尙，全ての實驗は塔下よりガスを送入しないで行つたものである．

第3節 實 驗 結 果

實驗結果を整理する便宜上，各區劃面積の名稱及び夫々の室に落ちる水量を次の記號で表示する (第8～9圖參照)．

* 等角受器の總面積は塔の全斷面積の約82% に相當する．水の分布測定の目的のみからすれば塔の下部を切斷し，塔斷面と等面積の受器を結合すべきであつたが，著者の吸收塔は石炭液化試驗工場の水素ガス製造の目的を有していた爲，此の様な徹底的改造が出來なかつた．從つて塔下部のマンホールより挿入し得る限りの受器面積を以て我慢したのである．

受器	等角受器					同心受器			
面積	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	C_0	C_1	C_2	C_3
水量	F_0	F_1	F_2	F_3	F_4	L_0	L_1	L_2	L_3
備考	$A_0=\sum_{n=1}^{4}A_n$			$F_0=\sum_{n=1}^{4}F_n$		$C_0=\sum_{n=1}^{3}C_n$		$L_0=\sum_{n=1}^{3}L_n$	

1. 豫備實驗の場合

CO_2の加壓吸收に關する豫備實驗を行つた吸收塔について，管狀放水器 (No. 1)，充塡物 (アルミニウムリング)，充塡層の高さ (2.30 m)，リング受器 (第5圖) 等を吸收實驗に使用したままとし，種々の灌水量のもとに塔底に於ける水の分布を等角受器を用いて測定し，次に放水器のみを取變えて同樣の測定を行つた．各實驗とも定常狀態の2時間に6回の測定値をとり，その結果を第2表及び第10圖に示した．第2表の各欄の上側の値は水量の最大値及び最少値で，下側は平均値である．

灌水量を異にする各實驗は，いずれもA_1が小，A_4が異常に大 (理想的分布量の1.6～1.8倍) という如き全く同一の悪い分布狀態を示し，僅かの差ではあるが，此の傾向は，灌水量最大 ($F_0=44$ $m^3/m^2\cdot hr$) の場合と最小 ($F_0=15\,m^3/m^2\cdot hr$) の場合に最も著しい．此の様な悪い分布狀態の原因は明かではないが，恐らく主として充塡度の不均一に基因するものであろう**.

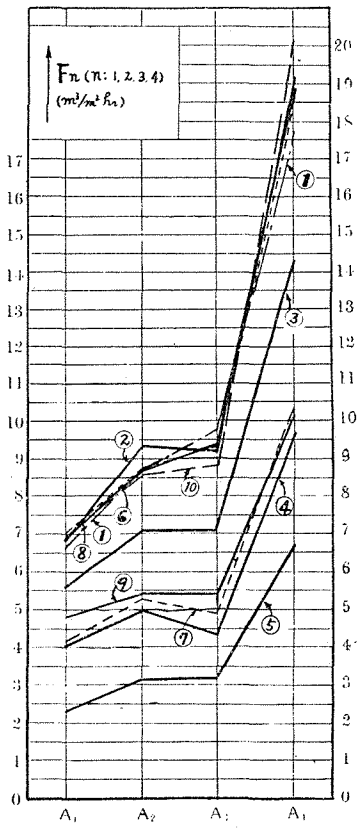
第2表　水の分布 (I)

實驗番號	放水器	F_0 (m^3/m^2 hr)	F_1 (m^3/m^2 hr)	(%)	F_2 (m^3/m^2 hr)	(%)	F_3 ($m^3/m^2\cdot hr$)	(%)	F_4 ($m^3/m^2\cdot hr$)	(%)
1	No. 1	43.3～42.6 42.8	6.87～6.43 6.62	16	8.81～8.64 8.74	20	9.91～9.66 9.76	23	18.0～17.6 17.7	41
2	No. 1	45.0～43.5 44.5	6.98～6.68 6.84	15	9.43～9.19 9.32	21	9.38～9.04 9.21	21	20.0～18.3 19.1	43
3	No. 1	34.3～33.8 34.0	5.66～5.51 5.57	16	7.08～7.08 7.08	21	7.08～7.08 7.08	21	14.5～14.1 14.3	42
4	No. 1	23.2～22.8 23.0	4.13～3.98 4.06	17	5.02～4.92 4.96	21	4.43～4.28 4.32	21	9.91～9.43 9.68	41
5	No. 1	15.4～15.2 15.3	2.36～2.28 2.32	15	3.23～3.11 3.15	20	3.23～3.15 3.17	21	6.77～6.58 6.68	44
6	No. 1*	44.2～43.5 43.9	7.09～6.87 7.00	16	8.91～8.68 8.79	20	9.57～9.25 9.36	21	19.1～18.5 18.7	43
7	No. 1*	25.0～24.3 24.5	4.21～3.96 4.15	17	5.38～5.19 5.26	21	5.00～4.87 4.92	20	10.6～9.91 10.2	42
8	No. 2A	44.1～43.3 43.7	6.89～6.79 6.83	16	8.92～8.58 8.73	20	9.42～9.23 9.32	21	19.2～18.2 18.9	43
9	No. 2A	25.8～25.4 25.6	4.81～4.75 4.79	19	5.47～5.34 5.38	21	5.42～5.21 5.32	21	10.3～10.0 10.1	39
10	No. 2B	45.5～43.8 44.4	7.08～6.91 6.99	16	8.70～8.49 8.56	19	8.87～8.77 8.81	20	20.9～19.7 20.1	45

備考　水温：19～20°C

* 放水器位置を實驗番號1～5の場合より45度回轉したもの．

** 著者が本研究を開始する以前に，此の吸收塔は石炭液化試驗工場に附帶して既に整備されていたので，充塡物が如何にして裝入されたかは不明であつた．輕量で破損性の無いアルミニウムリングであるから，塔の上部より一時に相當多量を投入したものではないかと想像される．



第 10 圖 水の分布 (I)

放水器としては，3種類の中で No. 2A が最も良いと思われる．又實驗番號 5 及び 6 に於ては，放水器の位置（等角受器の區劃壁に對する相對位置）を 45 度回轉せしめたが，塔底の分布結果に變りはない．

2. 磁製ラシヒリング不規則充塡の場合

35 mm 磁製ラシヒリングを不規則充塡した充塡層に就いて水の分布を調べるために，先ず放水器による水の分布と對稱型リング受器（第 7 圖）の影響を檢べ，次いで No. 2A 放水器を用いて充塡層の高さ l を 75 cm，150 cm，230 cm に變えて夫々，塔底に於ける水の分布を測定した．此の際，放水器と充塡層上端との距離は常に一定 (35 cm) とし，又充塡物を不規則充塡するに際しては，前述の實驗結果にかんがみ，一定の高さに對して成る可く同一個數（平均 590～600 個/l=20 cm）となるように，少量づつならしながら積む樣に努めた．灌水量の範圍は 15～45 $m^3/m^2 \cdot hr$ である．

各實驗共 4 回の測定を行つて，平均値をとり，分布量 L_n (%) 及び F_n (%)，理想的分布量との差 Δx (%)，各室に於ける理想的分布よりの偏倚 x' を求め，更に塔の全斷面積に於ける理想的分布よりの平均偏倚 x_0 を，內田・藤田兩氏の結果と比較するため同氏等と同樣の表示法に從つて求めた．但し此の場合等角受器の各室は，面積の僅少な差を無視して等しいものとみなした．卽ち，

同心受器の場合：

$$\Delta x = L_n\,(\%) - 33.3$$

$$x' = \Delta x/33.3$$

$$x_0 = \left\{0.333 \sum (x')^2\right\}^{\frac{1}{2}}$$

等角受器の場合：

$$\Delta x = F_n\,(\%) - 25.0$$

$$x' = \Delta x/25.0$$

$$x_0 = \left\{0.25 \sum (x')^2\right\}^{\frac{1}{2}}$$

である．

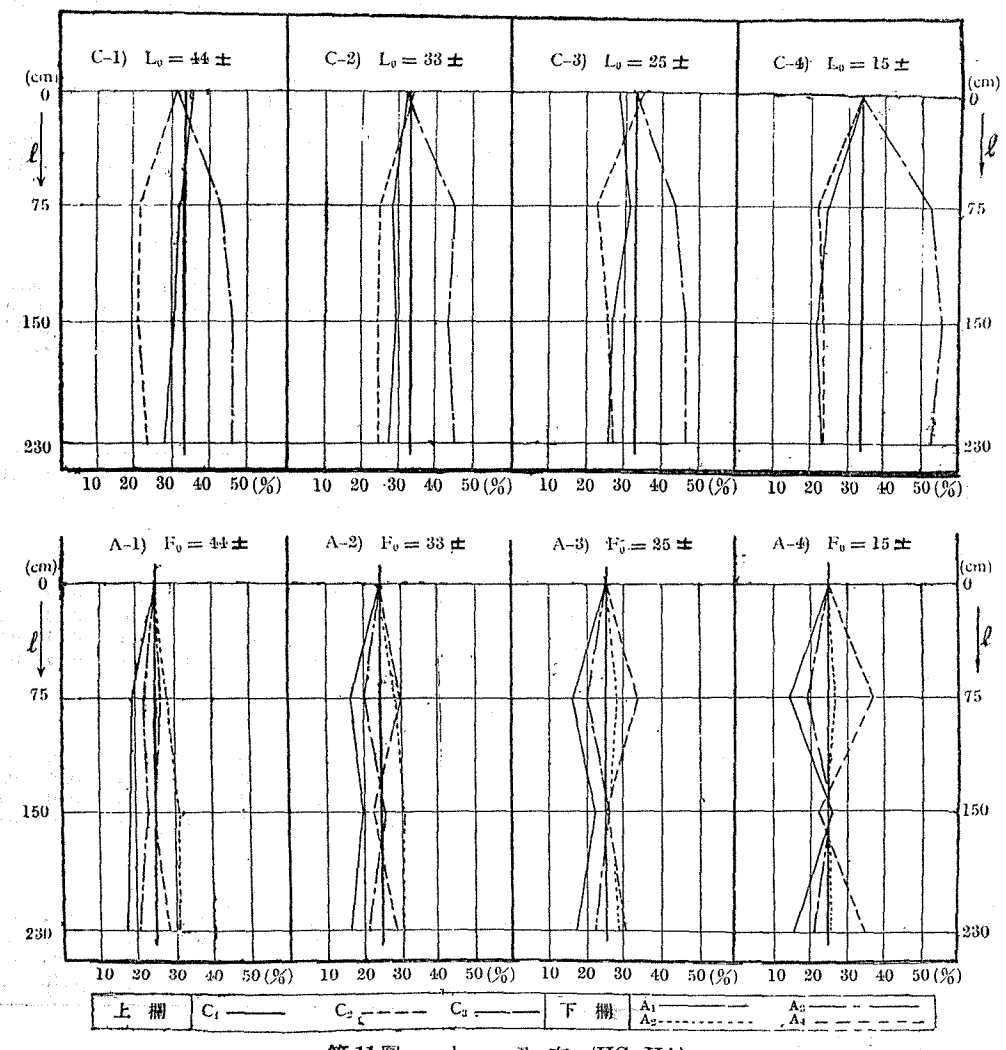
放水器に關する試驗：

第 3 表により，No. 2A 放水器は此の種の試驗裝置として滿足な均一分布狀態を示し，L_0 の大きい場合には特に均一性が良好である．No. 1 放水器は No. 2A に劣るが，之も均一分布に近いと云える．リング受器の介在は豫期した通り水の分布に殆んど影響を及ぼさない．

第3表　放水器に關する試驗

實驗番號	放水器	リング受器	L_0 (m³/m²·hr)	C_1 L_1(%)	Δx(%)	x'	C_2 L_2(%)	Δx(%)	x'	C_3 L_3(%)	Δx(%)	x'	C_0 x_0
H16	No. 2A	なし	44.4	35.3	+2.0	+0.06	31.7	−1.6	−0.05	33.0	−0.3	−0.011	0.045
H19	No. 2A	あり	44.5	34.5	+1.2	+0.03	31.3	−2.0	−0.06	34.2	+0.9	+0.03	0.043
H17	No. 2A	なし	33.5	32.2	−1.1	−0.03	34.5	+1.2	+0.03	33.3	0	0	0.028
H14	No. 2A	あり	33.0	31.0	−2.3	−0.07	30.5	−2.8	−0.08	38.5	+5.2	+0.15	0.11
H21	No. 2A	あり	32.5	34.8	+1.5	+0.04	28.9	−4.4	−0.13	36.3	+3.0	+0.09	0.096
H18	No. 2A	なし	26.6	29.5	−3.8	−0.11	35.9	+2.6	+0.08	34.6	+1.3	+0.04	0.083
H22	No. 1	なし	44.3	30.5	−2.8	−0.08	35.8	+2.5	+0.07	33.7	+0.4	+0.01	0.065
H23	No. 1	なし	33.6	34.1	+0.8	+0.02	36.7	+3.4	+0.10	29.2	−4.1	−0.12	0.093

備考　水温 19～20°C



第11圖　水の分布 (IIC, IIA)

充填層の高さの影響：

次に充填層の高さを 75 cm, 150 cm, 230 cm と變化し塔底に於ける分布量を測定した結果は第4表 IIC, IIA の通りである．第11圖には第4表より L_n, F_n の値をとり，理想的分布線 (C : 33.3%, A : 25.0%) を挟んで充填層の深さ l による夫等の變化を，異る灌水量の場合に就いて示した ($\gamma=0$ の時の實測値のない C-4) 及び A-1), 2), 3), 4) は，一應理想的分布を出發點として圖示した).

第4表　水の分布　(IIC)

實驗番號	放水器	L_0 (m³/m² hr)	C_1 L_1(%)	Δx(%)	x'	C_2 L_2(%)	Δx(%)	x'	C_3 L_3(%)	Δx(%)	x'	C_0 x_0
(1) l = 75 cm												
H26	No. 2A	43.8	32.7	−0.6	−0.02	23.5	−9.8	−0.29	43.8	+10.5	+0.31	0.25
H27	〃	30.9	29.1	−4.2	−0.13	25.6	−7.7	−0.23	45.3	+12.0	+0.36	0.26
H28	〃	26.8	31.5	−1.8	−0.05	23.8	−9.5	−0.29	44.7	+11.4	+0.34	0.26
H29	〃	16.3	24.5	−8.8	−0.27	22.7	−10.6	−0.32	52.8	+19.5	+0.59	0.41
(2) l = 150 cm												
H38	No. 2A	43.2	30.9	−2.4	−0.07	22.1	−11.2	−0.34	47.0	+13.7	+0.41	0.31
H39	〃	30.9	29.7	−3.6	−0.11	25.7	−7.6	−0.23	44.6	+11.3	+0.34	0.24
H40	〃	23.8	27.3	−6.0	−0.18	26.0	−7.3	−0.22	46.7	+13.4	+0.40	0.28
H41	〃	12.3	21.6	−11.7	−0.35	23.4	−9.9	−0.30	55.0	+21.7	+0.65	0.46
(3) l = 230 cm												
H42	No. 2A	43.4	28.8	−4.5	−0.14	24.2	−9.1	−0.27	47.0	+13.7	+0.41	0.30
H43	〃	34.5	28.4	−4.9	−0.15	25.9	−7.4	−0.22	45.7	+12.4	+0.37	0.26
H44	〃	26.6	26.2	−7.1	−0.21	26.5	−6.8	−0.21	47.3	+14.0	+0.42	0.30
H45	〃	16.0	22.8	−10.5	−0.32	24.2	−9.1	−0.27	53.0	+19.7	+0.59	0.42

備考：　水温 18～19°C

第4表　水の分布　(IIA)

實驗番號	放水器	F_0 (m³/m²·hr)	A_1 F_1(%)	Δx(%)	x'	A_2 F_2(%)	Δx(%)	x'	A_3 F_3(%)	Δx(%)	x'	A_4 F_4(%)	Δx(%)	x'	A_0 x_0
(1) l = 75 cm															
H30	No. 2A	44.2	20.0	−5.0	−0.20	28.8	+3.8	+0.15	23.8	−1.2	−0.05	27.4	+2.4	+0.10	0.14
H31	〃	32.0	17.2	−7.8	−0.31	29.7	+4.7	+0.19	22.5	−2.5	−0.10	30.6	+5.6	+0.22	0.22
H32	〃	25.6	16.3	−8.7	−0.35	28.7	+3.7	+0.15	21.6	−3.4	−0.14	33.4	+8.4	+0.34	0.26
H33	〃	16.7	14.2	−10.8	−0.43	27.6	+2.6	+0.10	21.1	−3.9	−0.16	37.1	+12.1	+0.48	0.34
(2) l = 150 cm															
H34	No. 2A	43.4	19.4	−5.6	−0.22	31.2	+6.2	+0.25	24.1	−0.9	−0.04	25.3	+0.3	+0.01	0.17
H35	〃	31.4	19.9	−5.1	−0.21	30.7	+5.7	+0.23	25.2	+0.2	+0.01	24.2	−0.8	−0.03	0.15
H36	〃	23.7	22.4	−2.6	−0.10	27.0	+2.0	+0.08	25.3	+0.3	+0.01	25.3	+0.3	+0.01	0.066
H37	〃	13.1	25.3	+0.3	+0.01	25.6	+0.6	+0.03	25.5	+0.5	+0.02	23.6	−1.4	−0.06	0.033
(3) l = 230 cm															
H46	No. 2A	43.5	18.5	−6.5	−0.26	31.5	+6.5	+0.26	21.5	−3.5	−0.14	28.5	+3.5	+0.14	0.21
H47	〃	34.1	17.5	−7.5	−0.30	31.1	+6.1	+0.24	22.2	−2.8	−0.11	29.2	+4.2	+0.17	0.22
H48	〃	25.7	17.3	−7.7	−0.31	29.3	+4.3	+0.17	22.6	−2.4	−0.09	30.8	+5.8	+0.23	0.22
H49	〃	15.5	16.2	−8.8	−0.35	26.0	+1.0	+0.04	22.0	−3.0	−0.12	35.8	+10.8	+0.43	0.29

備考：　水温 18～19°C

塔の全斷面に於ける理想的分布よりの平均偏倚 x_0 を第 11 圖と對照して表示すれば，第 5 表の如くである．

第 5 表　平 均 偏 倚　(x_0)

L_0, F_0 ($m^3/m^2 \cdot hr$)	44±	33±	25±	15±	44±	33±	25±	15±
圖番號	C-1)	C-2)	C-3)	C-4)	A-1)	A-2)	A-3)	A-4)
$l=0$	0.045	0.028	0.083	—	—	—	—	—
$l=75$	0.25	0.26	0.26	0.41	0.14	0.22	0.26	0.34
$l=150$	0.31	0.24	0.28	0.46	0.17	0.15	0.066	0.033
$l=230$	0.30	0.26	0.30	0.42	0.21	0.22	0.22	0.29

第 4 節　實驗結果に對する考察

以上の磁製ラシヒリング不規則充塡の場合の實驗結果より次の事が認められる．

1.　同心圓狀 3 區劃(同心受器)に於ける分布量

(1) $L_0 = 15 \sim 44\ m^3/m^2 \cdot hr$ の實驗範圍内で L_0 が大きい場合の方が良好である．

(2) 充塡層の厚さは事實上殆んど影響を及ぼさず，$l = 75 \sim 230$ cm の範圍で同様な形の分布曲線が得られた．(1), (2) は内田・藤田兩氏の實驗結果と良く一致する．

(3) $L_0 = 33\ m^3/m^2 \cdot hr$ より $L_0 = 44\ m^3/m^2 \cdot hr$ に增しても最早分布は改善されない．著者の結果によれば，灌水量が或程度 ($L_0 = 33\ m^3/m^2 \cdot hr$ 附近) 以上に大きい場合には，更に夫以上 L_0 を增しても分布は改善されないものの様に思われる．

(4) C-4) より C-1) に到るまで共通して周邊部 (C_3 室)，中心部 (C_1 室)，中間部 (C_2 室) の順に水量が大きく，灌水量が大となるに從い中心部は理想的分布量に近づくが，周邊部が大，中間部が小という偏倚は，灌水量が大となつても改善されない．(3) は内田・藤田兩氏の實驗範圍外で比較出來ないが，(4) は兩氏の結果と，一見異る様に思われる．

(5) 塔の全斷面に於ける平均偏倚 (x_0) は，L_0=15 の場合を除き 25～30% の程度と見てよい．

2.　等角狀 4 區劃(等角受器)に於ける分布量

(1) $F_0 = 15 \sim 44\ m^3/m^2 \cdot hr$ の範圍で，F_0 の增大に從つて分布は概して良好となる．

(2) 灌水量が大となるに從い同心區劃に於けるのと同様 l による變化は殆んどなくなる．l = 75 cm 附近で不均一，l = 150 cm 附近で均一，l = 230 cm 附近で再び不均一の如く，l の增大に從つて周期的に繰返す如き傾向は，一見，A-4) の場合に最も著しく，之より灌水量の增大につれて次第に消滅して行く様に觀取される．

併し，此の傾向が眞實としても，流下しつつ 4 個の區劃相互の分布量を週期的に增減させる水の移動經路に就いては，多くの場合があり得るので本實驗の測定から之を追求することは不可能である．同様に分布の不均一，均一の極まる位置が夫々 l = 75 cm，150 cm 等の

斷面であるか否かも，この實驗の範圍からは，勿論確言出來ない*.

(3) 各室に落ちる水量に就いては，灌水量の少い時は A_1 室に最小，A_4 室に最大，灌水量の多い時は A_1 室の最小に變りはないが，A_2 室に最大となつた．又灌水量の增大につれて A_4 室は分布量過大の側より，A_3 室は過小の側より，夫々均一狀態に近づくが，A_2 室のみは過大の方向へ次第に偏倚を增す傾向にある．

(4) 塔の全斷面に於ける平均偏倚 (x_0) は，$F_0 = 15\ m^3/m^2 \cdot hr$ の場合を除けば 15～26% の程度である．

3. 兩者の綜合

上記 1., 2. の結果を綜合して更に次の如く考えられる．

(1) $A_0 < C_0$ (＝塔斷面積) であるから，L_0 は塔頂灌水量 (送水ポンプ吐出量) に等しいが，F_0 は塔內壁と A_0 の間の面積 (C_0 の 18% に相當し，半徑方向に約 2 cm の幅を有する環狀面積) に落ちる水量だけ少い筈である．

然るに，同じく送水ポンプの最大能力 (44～45 $m^3/m^2 \cdot hr$) で行つた全ての實驗 (第 4 表 IIC, IIA の H26 と H30, H38 と H34, H42 と H46) によれば，L_0 と F_0 (いずれも 4 回の測定の平均値) の間には事實上差違がない．此の事は，前述 (第 3 表) の如く對稱型リング受器が塔底に於て流下水の分布を攪亂しない (例えば塔周邊より中心の方に集める等のことがない) ものとすれば，44 $m^3/m^2 \cdot hr$ 附近の灌水量の場合，少く共 3 個の斷面 ($l = 75, 150, 230$ cm) 附近では塔內壁の表面上を傳つて流下する部分は殆んど無いか，あつても極めて僅かと推察される．

(2) 灌水量大なる場合には一般に，(a) 分布は l に殆んど無關係であること，(b) 塔內壁の表面上を傳つて流下する水の部分は極めて僅かと推察されること，(c) 放水器出口に於て均一分布を行つている (第 3 表) にも拘らず，同心受器による分布量は 周邊部 (C_3) > 中央部 (C_1) > 中間部 (C_2) となる傾向が大きいこと等より

(i) C_3 部に落ちる水は，C_2 部に近い半徑方向にて幅約 2 cm の面積 (塔內壁よりの距離は 2～4 cm) の部分に主として集るものの如く解されること．

(ii) 之等の傾向を逆に塔頂の方まで延長して考えれば，充塡物の上端 ($l = 0$) に於て受け込まれた水の分布を，第 11 圖の如く放水器出口の分布そのままと見做すことは適當でなく，實際は放水器出口に於けるものと可なり異り，既に或程度不均一になつているものと推定する方が妥當であろう．

(iii) 卽ち均一に撒布された水が充塡層の上端面で激しく反跳し，特に周邊近くに落ちた部分は塔內壁によつても反射される結果，著者の裝置では，周邊部にやや多く偏つた分布に

* 第 11 圖に於て 3 個の斷面の分布量 (%) を直線で結ぶことは嚴密には意味が無く，單に圖を見易くする爲のものに過ぎない．

變化して充填層に流入して行くものの如く推察される.

(3) 磁製ラシヒリングによる水の分布試驗の場合には充填物の均一な積み方に充分注意を拂つたにも拘らず，灌水量の小なる水の分布試驗に於いて前回のアルミニウムリングの場合程著しくはないが，矢張り A_4 室に多く集り A_1 室に少い傾向をみた．之の理由は著者には明かでない*.

(4) 内田・藤田兩氏の考察の如く，不規則充填の層を流下する水は，一般には比較的小さい偏倚の範圍内で，分布が良くなつたり悪くなつたりする狀態を繰返して行くものと著者も解する.

(5) Kirschbaum 氏の有孔倒立圓錐型隔壁は，著者の用いた程度の大いさの塔で灌水量大なる場合，充填層の上端に於て均一分布をとる限り，水の分布調整の目的のみからは** 特に必要とする程のものではないと思われる.

第5節　著者の實驗の結論

水の分布に關する廣範圍の一般的な結論を求めることは，前述の如く甚だ困難であるが，著者の裝置及び大型塔に就いての可能な結論だけを出すことにする.

1. 異る放水器による實驗

前節の考察を更に檢討するために塔頂に於ける分布を變えて補足實驗を行つた．卽ち，前節の實驗の磁製ラシヒリング充填層を最後の狀態 ($l=230$ cm) のままとし，放水器のみを No. 2a 及び No. 3 放水器に變えて，灌水量は同じく 15～44 $m^3/m^2 \cdot hr$ の範圍で，各々4回の測定を行つた．其の結果 (平均値) を前回の No. 2A による結果と對比すれば，第6表 III C 及び III A に示す通りである.

No. 2A の最外周の孔を閉ぢた No. 2a 放水器によれば，同心受器の場合，外周部 (C_3 室) の水量が減じ，各室に於ける分布の均一性，平均偏倚 (x_0) 共に改善されている．等角受器の場合には分布が僅かに悪くなる程度で殆んど變りはない.

第6表　水　の　分　布　(III C)

實驗番號	放水器	L_0	C_1			C_2			C_3			C_0
		(m^3/m^2 hr)	L_1(%)	Δx(%)	x'	L_2(%)	Δx(%)	x'	L_3(%)	Δx(%)	x'	x_0
H42	No. 2A	43.4	28.8	−4.5	−0.14	24.2	−9.1	−0.27	47.0	+13.7	+0.41	0.30
H56	No. 2a	44.0	32.8	−0.5	−0.01	25.1	−8.2	−0.25	42.1	+8.8	+0.26	0.21
H58	No. 3	44.0	36.4	+3.1	+0.09	23.2	−10.1	−0.30	40.4	+7.1	+0.21	0.22
H43	No. 2A	34.5	28.4	−4.9	−0.15	25.9	−7.4	−0.22	45.7	+12.4	+0.37	0.26
H57	No. 2a	33.5	31.0	−2.3	−0.07	26.4	−6.9	−0.21	42.6	+9.3	+0.28	0.20
H44	No. 2A	26.6	26.2	−7.1	−0.21	26.5	−6.8	−0.21	47.3	+14.0	+0.42	0.30
H59	No. 3	26.4	35.1	+1.8	+0.05	23.6	−9.7	−0.29	41.3	+8.0	+0.24	0.22

備考：　$l=230$ cm，水温 18～19°C

* 塔の鉛直線からの傾斜の有無も鉛錘を下して一檢應べてみたが，認められない.

** 山崎氏は，山形の圓錐隔壁を用ふることに，ガス流調整の意味を持たせてゐる[11].

第6表　水の分布　(III A)

實驗番號	放水器	F_0 (m³/m²·hr)	A_1 F(%)	Δx(%)	x'	A_2 F_2(%)	Δx(%)	x'	A_3 F_3(%)	Δx(%)	x'	A_4 F_4(%)	Δx(%)	x'	A_0 x_0
H46	No. 2A	43.5	18.5	−6.5	−0.26	31.5	+6.5	+0.26	21.5	−3.5	−0.14	28.5	+3.5	+0.14	0.21
H50	No. 2a	43.6	18.1	−6.9	−0.28	33.0	+8.0	+0.32	20.8	−4.2	−0.17	28.1	+3.1	+0.13	0.24
H54	No. 3	43.6	18.2	−6.8	−0.27	33.5	+8.5	+0.34	21.5	−3.5	−0.14	26.8	+1.8	+0.07	0.23
H47	No. 2A	34.1	17.5	−7.5	−0.30	31.1	+6.1	+0.24	22.2	−2.8	−0.11	29.2	+4.2	+0.17	0.22
H51	No. 2a	33.1	18.0	−7.0	−0.28	32.6	+7.6	+0.31	20.3	−4.7	−0.19	29.1	+4.1	+0.16	0.24
H48	No. 2A	25.7	17.3	−7.7	−0.31	29.3	+4.3	+0.17	22.6	−2.4	−0.09	30.8	+5.8	+0.23	0.22
H52	No. 2a	26.2	18.7	−6.3	−0.25	32.1	+7.1	+0.28	20.9	−4.1	−0.16	28.3	+3.3	+0.13	0.22
H55	No. 3	25.3	18.5	−6.5	−0.26	32.7	+7.7	+0.31	21.6	−3.4	−0.14	27.2	+2.2	+0.09	0.22
H49	No. 2A	15.5	16.2	−8.8	−0.35	26.0	+1.0	+0.04	22.0	−3.0	−0.12	35.8	+10.8	+0.43	0.29
H53	No. 2a	15.0	16.3	−8.7	−0.35	27.5	+2.5	+0.10	21.0	−4.0	−0.16	35.2	+10.2	+0.4	0.28

備考：　l=230 cm, 水温 18～19°C

1½吋ガス管による塔頂中央灌注 (No. 3 放水器) によれば，同心受器の場合，明かに外周部 (C_3) が減少し中央部 (C_1) が理想的分布量よりも大きくなる程度まで増加している．等角受器の場合には殆んど變りはない．

以上は l=230 cm の斷面 (塔底) に於ける分布のみに就いてであつて，途中の分布は測定されていないから，此の結果が前節の均一分布の場合の考察を裏書きするとは云えないが，前述の考察と矛盾する結果でないことだけは少く共確かである．

2. 結　　論

1. 以上を綜合して，ラシヒリングを不規則充塡した中間規模以上の大型の充塡塔でガスを送通しない場合の水の分布に就いて，著者は次の如く考える．

(1) 充塡層を流下する水の移動經路は極めて複雜であるが，大体に於て分布が良くなつたり悪くなつたりする狀態を繰返して行く．

(2) 灌水量を大きくすれば分布は良くなり，25～45 m³/m²·hr の範圍では塔の全斷面積に於ける平均偏倚 (x_0) は 20～30% 以下の程度であるから，大觀してさほど不滿足なものではない．又下記 (4) の注意を拂えば更に改善の餘地があると思われる．

(3) 塔頂均一灌注の場合，充塡層の厚さは水の分布に對してあまり大きな影響を及ぼさない．

(4) 充塡層の上端に於て水が均一な分布量を以て受け込まれる様にすれば，大体に於いて其のままの分布狀態を保つて流下するものと推察出來る．

(5) 以上は塔底よりガスを送通しない場合に就いてであるが，著者の研究に必要な高壓ガスを送通した場合の水の分布を確めることは，實驗が不可能ではないにしても甚だしく困難である．併し内田・藤田兩氏の研究結果と併せ考える時，加壓ガス送通の場合* でも溢注點から離れ，然かも比較的多い灌水量を塔頂均一分布に依つて流す時は，一般的傾向として

* 加壓の程度が甚だしく高壓となれば問題は別であろう．

上記と大差ないものが得られるであろうと推察される.

著者は比較的大型の實驗塔を用いて，水の分布に關する内田・藤田兩氏の實驗より灌水量の範圍をやや擴大し，新たに等角受器と數種の放水器とを併用して行つてみたが，兩氏の結果と大体一致し，均一分布を圖るための實際上の若干の知見を除けば，結論として特に新たなものは得られなかつた.

2. 次に炭酸ガスの工業的高壓吸收塔に於ける水の分布を均一ならしめるための實際上の注意を，上に述べた實驗結果の範圍内で，極めて常識的ではあるが次の如く擧げることが出來る.

(1) 充填層の高さによる空間率の變化を出來るだけ少くすること. ラシヒリングを不規則充填する場合に於て，一定の層厚が同一重量の充填物を持つ様にする程度の注意は，工場に於ても少く共必要であろう*.

(2) 充填層の最上部に於て，灌注液を出來るだけ均一分布のままで充填層内に受け入れる如くすること.

(3) 其のためには，放水器は均一分布方式のものとし，且つ塔頂に於けるガスの流れ，充填物表面に於ける灌注液の反跳等により分布が攪亂されない様にすることが望ましい. Sherwood 氏等[12]は CO_2 放散(常壓)の實驗に於いて，充填物の直ぐ上まで多數の導管を降ろして液を供給しているが，高壓吸收塔の場合に此の様な方法を採用することには難點があろう. それで一法として，放水器からの液の流出法(加壓噴出か自然流下か，或は撒布面積の大小等)に從つて，放水器と充填層上端の間の距離を考慮し，且つ充填層の最上部にガイド(例えばラシヒリング數層を規則充填する等)を設けること等が考えられる.

此の報文の第2節以下の實驗は全て燃料研究所に於いて行われた. 此の研究に對し多大の援助を與えられ，且つ發表を許された所長黒川眞武博士に對し厚く感謝の意を表する.

又，實驗に對し終始熱心なる協力と援助を寄せられた品川涼治氏，桂登氏，石田忠志氏，黒須善作氏，竝びに操作に從事された太田新三郎氏，伊藤留吉氏，白倉隆雄氏，近藤武四郎氏，鈴木正三氏に對し併せて感謝の意を表する.

附記： 本研究の概要は，昭和24年7月30日，日本化學會北海道大會に於いて講演した.

記　號

d：充填物の代表的寸法 (cm)
D：充填塔の内徑 (cm)
l：充填層の高さ (cm)
L, F：充填塔の斷面に對する灌液量 (m^3/m^2 hr)
x：分布量の偏倚

* 本邦の一硫安工場に於ては，塔に水を充滿した後充填物を不整列に投入する方法が行はれていた. (高壓ガス協會誌, 8, 267 (昭19)).

引 用 文 献

1) 内田・龜井・八田： 化學工學 (第1版), 413～415 (昭15).
2) Takeya: Memoirs of Fac. Eng., Hokkaido Univ., **9**, No. 1, 1 (1952).
3) 内田・藤田： 工化, **39**, 887 (昭11).
4) 内田・藤田： 工化, **41**, 578 (昭13).
5) 日本化學會北海道大會講演, (昭24).
6) Hurter: J. Soc. Chem. Ind., **12**, 227 (1893).
7) Kirschbaum: V.D.I., **75**, 1212 (1931).
8) Baker, Chilton & Vernon: Am. Inst. Chem. Eng., **31**, 296 (1936).
9) 八田： 蒸溜・吸收 (第1版), 248 (昭11).
10) 内田・藤田： 工化, **41**, 592 (昭13).
11) 山崎： 燃協誌, **19**, 605 (昭15).
12) Sherwood, Draemel & Ruckman: Ind. Eng. Chem., **29**, 282 (1937).