

ロバテル遠心抽出機

ROBATEL Centrifugal Extractor

技術開発本部
川 潤 啓 司
Keiji Kawabuchi

Shinko-Pfaunder Company has started selling ROBATEL centrifugal extractor as the sole agent in Japan of ROBATEL SLPI, France.

ROBATEL centrifugal extractor is a new type centrifugal liquid-liquid extractor. A large number of stages with mixing and settling chambers are assembled vertically in one rotor, and highly efficient extraction is achieved by centrifugal force.

This paper introduces the outline of the equipment.

まえがき

わが国の産業構造は、高付加価値物質を対象とするファッション化の傾向にあり、それに伴い製品及び素材の高純度化を可能とする分離技術が要請されており、これらに応えるべく、多くの新しい抽出プロセスが提唱されている。

当社は、このたびフランスのロバテル社と販売提携を結び、新しいタイプの遠心式液液抽出機の販売を開始した。

本稿では、このロバテル遠心抽出機の概要を紹介する。

1. 抽出

抽出とは、固体混合物または液体混合物から特定の成分を分離するために、その特定成分のみを溶解する抽剤（溶剤）を加えて、溶解分離する操作の総称である。

原料が固体混合物の場合の抽出を固体抽出といい、原料が液体混合物の場合の抽出を液液抽出という。

液液抽出に関しては、第1図に示すように、次のような用語を用いる。

抽 料：抽出する原料 溶質と溶媒との混合物である。
(Extraction feed)

溶 媒：抽料中の溶質以外の成分
(Diluent)

溶 質：抽出する目的の成分
(Solute)

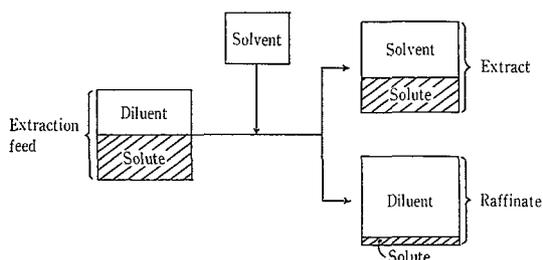
抽 剤：溶質を抽出するための液体
(Solvent)

抽出相：抽料に抽剤を加えて、混合・静置後、2液
(Extract) 相に分離した場合の抽剤側の相

相残相：2液相の溶媒側の相
(Raffinate)

2. 液液抽出機の種類

液液抽出操作を利用する分野は広く、それぞれの目



第1図 抽出の概念図

Fig. 1 Schematic diagram of extraction

的によって各種の抽出装置が開発されている。これらの装置の分類を第2図¹⁾に示す。

遠心抽出機の型式は、次の3つに分類できる。

- (1) 単一段型（ミキサーとセトラーを一体化した遠心分離機タイプ）
- (2) 多段型（複数のミキサーとセトラーを一体化し、同一回転軸で作動させるタイプ）
- (3) 微分向流型（回転ドラムの中心部に重液を、周辺部に軽液を供給し、遠心力により向流接触させるタイプ）

3. ロバテル遠心抽出機

ロバテル遠心抽出機は遠心力を利用した多段型の液液抽出機と定義され、LXタイプとBXPタイプの2種類のタイプがある。LXタイプは、複数のステージを垂直軸方向に一つのローター中に組み込んだ多段タイプであり、BXPタイプは、各ステージを横に並べた多段タイプである。

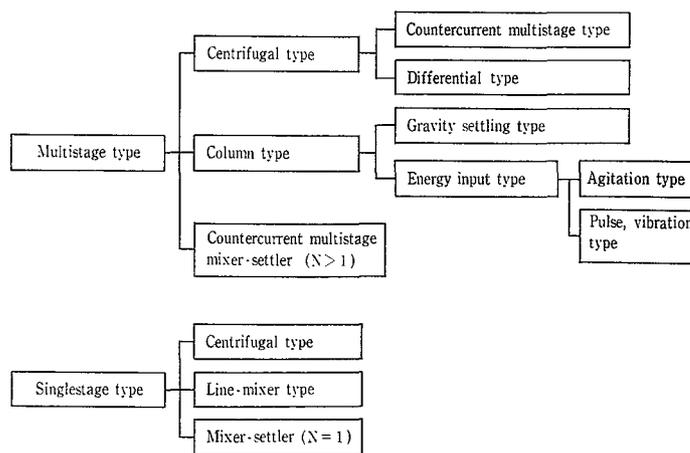
3.1 LXタイプ

LXタイプには、工業用として、LX 320, 360, 520, 570シリーズ、パイロットテスト用として、LX 120, 200シリーズがある。

3.1.1 操作原理

工業用LXタイプ（4段）の断面図を第3図に示す。

溶質を含んだ抽料（重液相）と、溶媒とは溶け合わず異なった比重を持つ抽剤（軽液相）とは、抽出機ローター中



第2図 液々抽出機の種類

Fig. 2 Type of liquid-liquid extractor

流で流れる。混合と分離操作が、それぞれのステージ
われ、連続的に溶質が抽剤中へ移動する。

れぞれのステージは、次のような構成より成っている。
ミキシングチャンパー

定された静止ディスク（第3図のA）による剪断力に
、ミキシングチャンパー内で重液相と軽液相の2相が
される。

セトリングチャンパー

合された2相が、遠心力の作用により分離される。こ
チャンパーには、2つのオーバーフローシュート（第3
BとC）があり、流量とは関係なく界面を安定化させ
る。

液相のオーバーフローシュート(B)は取り外しが可能
ディスクより成っており、2相の比重比に応じて最適の
選ばれる。

相の供給は、ケーシングに固定された2つのパイプま
、中心ドラム内の導液管（パイロットテスト用LX
合）により行われる。

出相と抽残相は、重力またはセントリペタルタービン
り排出される。

ポウル内残液は、ローター停止時に、ケーシング下部の
パイプより排出される。

3.1.2 特長

1) 遠心力を利用した向流多段抽出

ミキシング・セトリングチャンパーを備えた各ステージ
は垂直軸方向に構成されており、遠心力の作用により、
2相の混合・分離が向流多段で行われる機構である。メ
カニカルシールは必要としない。

2) 高い抽出効率

一つの装置内で、混合・分離が多段で繰り返し行われ
るため、高い抽出効率を得られ、段効率は100%に近い。各
装置の段数はLX 120では6段、LX 200では4段、LX
320、360では5段、LX 520では7段、LX 570では6段
まで可能である。

2相の比重比が小さい液液系、エマルジョン化傾向の液
液系も、遠心力の作用により、大きな分離効果を得られる。

3) 短い滞留時間、少ない液保有量

平衡に達する時間が短く、分離に要する時間も短いた
め、滞留時間が短く、不安定物質に対しても効果的に処理
できる。最大処理量の場合の装置滞留時間は約25~40秒程
度である。また、短時間で定常運転に
達し、装置内の液保有量が少ないた
め、運転の開始及び終了時の液損失量
が大変少なく、高付加価値物質の処理
に適している。

4) 大きい処理能力、コンパクトな装置

単位容積当りの負荷流量が大きく、
コンパクトな装置であり、設置面積、
高さとも小さい。

5) 簡単な運転操作

操作は簡単で、短時間で定常運転に
達する。2相の入口、出口の圧力の微
調整は必要としない。

6) 簡単な分解・洗浄・組立

垂直軸構造のため、分解・洗浄・組
立は簡単に短時間で行うことができ
る。

ミキシング・セトリングチャンパー
を備えた各ステージは、ペッセルとロ
ーターの上部を外せば、中心軸とと
もに簡単に取り外すことができる。

3.1.3 装置の構成

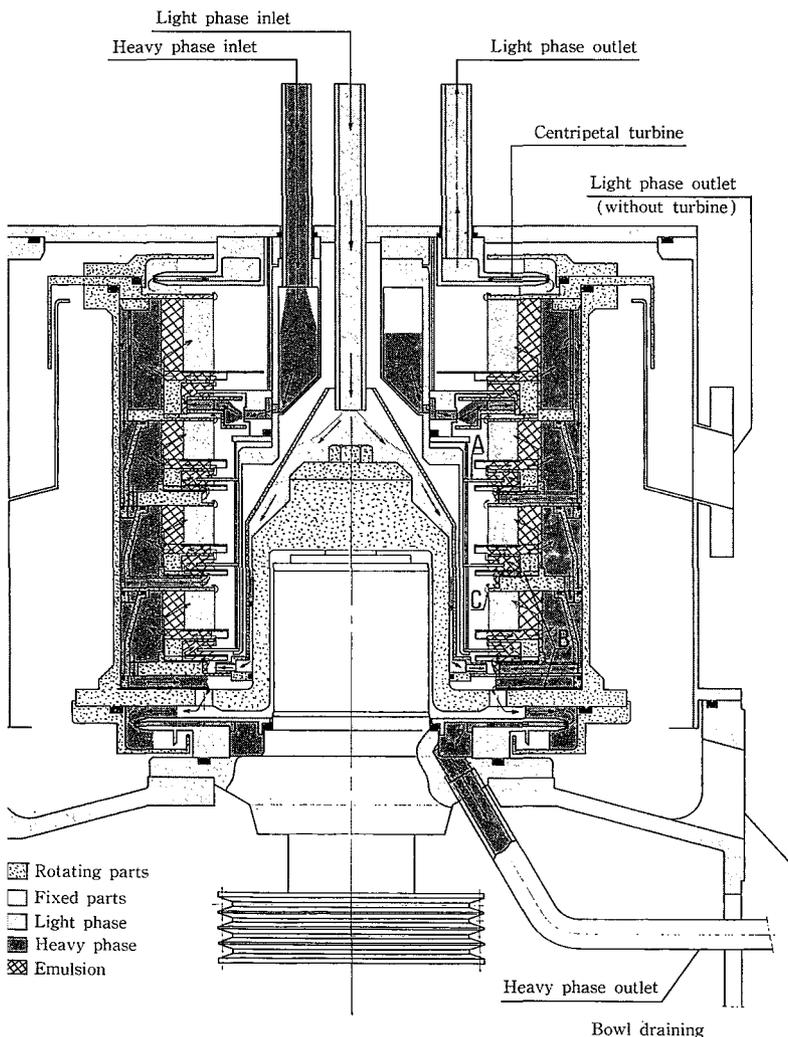
1) ローター

ローターのシャフトの軸封はリップ
シールにより確実に行われている。

ケーシングとローターの間にはス
ペースがあり、必要であれば、酸化防止
等のために塗素によるパージも可能で
ある。

2) セントリペタルタービン

セントリペタルタービンを取り付け
ることにより、抽出相、抽残相は吐出



2 工業用LXタイプ（4段）の断面図

3 Cross section sketch of industrial LX type (4 stage)

圧を持ち、複数の抽出機を連続につなぐこともできる。

3) 駆動装置

工業用LXタイプでは、Vベルトドライブが標準となっている。回転数の調整が必要な場合には、プーリーの交換または、インバーターを取り付ける。

4) 構成材質

接液部は全てSUS 316が標準となっているが、 Hastelloy, チタン等の特殊材質の製作も行う。リップシールはテフロン、Oリングはバイトンのテフロン包み形を使用している。

3.1.4 標準仕様

標準仕様、寸法は第1表に示す。工業用LXタイプの装置外観は写真1に示す。

3.1.5 パイロットテスト用LXタイプ (LX 120, 200)

LX 120, 200シリーズの抽出機、特に4段の装置であるLX 124, LX 204は、抽出プロセスの研究及び工業用抽出機LX 320, 360, 520, 570, BXPの選定に適している。この目的のために、各ステージには液の入口が設けられており、ローターの回転、液の供給を止めることなく種々の条件での抽出実験が可能である。

4段の抽出機の断面図を第4図に示す。駆動はモータ直結となっている。

4段の抽出機では、例として、次のようなフロー(第5図)が可能である。

フローA: 4段の向流段数を持つ通常の使用方法

フローB: 第3段を軽液相入口として、2段の抽出機としての使用方法(第2段を入口とすれば、3段となる。)

フローC: 2つの溶け合う重液相と1つの軽液相の間の

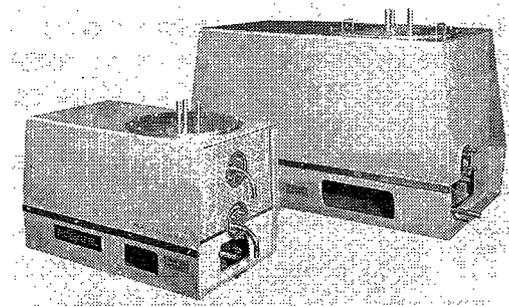


写真1 工業用LXタイプ
Photo. 1 Industrial LX type

第1表 LXタイプ標準仕様・寸法表

Table 1 Standard specifications and dimensions of LX type

Type	Number of stages	Bowl diameter mm	Bowl capacity ℓ	Rotation speed rpm	Motor power kW	Max.* flowrate ℓ/h	Weight kg	Dimensions L×W×H mm	Centripetal turbine		
									Light phase	Heavy phase	
LX 120	LX 122	2	120	0.15	2 900**	0.75	25	180	720×720×970	○	○
	LX 123	3	120	0.225	2 900**	0.75	25	185	720×720×1 025	○	○
	LX 124	4	120	0.300	2 900**	0.75	25	190	720×720×1 080	○	○
	LX 126	6	120	0.38	2 900**	0.75	25	200	720×720×1 140	○	○
LX 200	LX 202	2	200	1	2 900/1 450**	1.5	250/125	220	720×720×1 060	○	○
	LX 203	3	200	1.4	2 900/1 450**	1.5	250/125	230	720×720×1 120	○	○
	LX 204	4	200	1.8	2 900/1 450**	1.5	250/125	240	720×720×1 180	○	○
LX 320	LX 323	3	320	11	3 200	5.5	1 800	280	1 050×590×760	—	—
	LX 324	4	320	10.2	3 200	5.5	1 500	290		—	—
	LX 325	5	320	9.3	3 200	5.5	1 300	300		—	—
LX 360	LX 363	3	360	14.6	3 000	7.5	2 100	300	1 050×590×760	○	—
	LX 364	4	360	13.6	3 000	7.5	1 800	310		○	—
	LX 365	5	360	12.6	3 000	7.5	1 500	320		○	—
LX 520	LX 524	4	517	57	2 000	18.5	6 000	1 020	1 550×840×1 100	—	—
	LX 525	5	517	54	2 000	18.5	5 000	1 040		—	—
	LX 526	6	517	52	2 000	18.5	4 500	1 060		—	—
	LX 527	7	517	49	2 000	18.5	3 500	1 080		—	—
LX 570	LX 574	4	570	74	2 000	18.5	8 000	1 100	1 550×840×1 100	○	—
	LX 575	5	570	70	2 000	18.5	7 000	1 130		○	—
	LX 576	6	570	67	2 000	18.5	6 000	1 160		○	—

* the figures of max. flowrate (total of both phases) correspond to the products whose density ratio is about 1.25 and flowrate ratio around 1.

** with 50 Hz current feeding the directly flanged motor.

接触。たとえば、3段の抽出+1段の軽液相の洗浄という使用法

ローD：1つの重液相と2つの溶け合う軽液相の間の接触。たとえば、3段の抽出+1段の重液相の洗浄

装置の外観を写真2に示す。標準仕様、寸法は第1表の120, 200を参照。

BXPタイプ

原理は、LXタイプと同じであるが、各ステージを横に並べたタイプである。処理量は、LXタイプより大きい。材質の違いにより、金属製とPVDF製の2種類のタイプがある。

1 操作原理

LXタイプの原理図を第6図に示す。

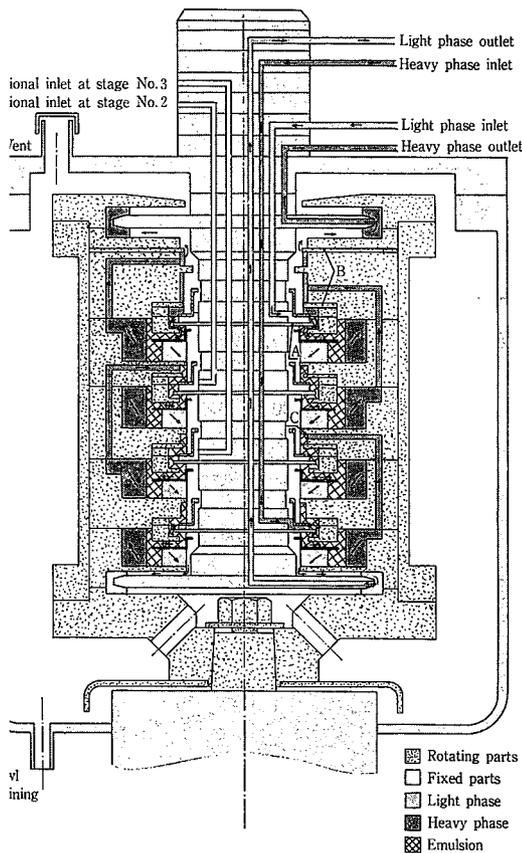


図4 パイロットテスト用LXタイプ(4段)の断面図
Fig. 4 Cross section sketch of pilot testing LX type (4 stage)

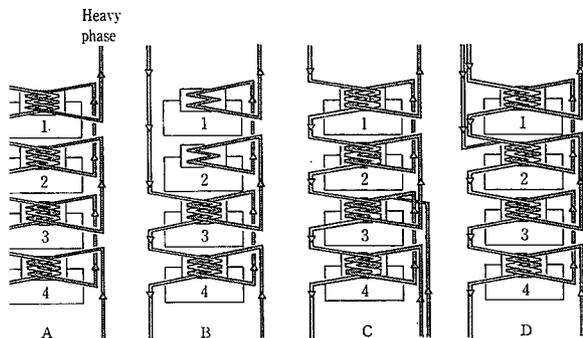


図5 フローパターン
Fig. 5 Flow pattern

2相は、各ステージを向流で流れる。静止したケーシングの下部はミキシングチャンバーとなっており、ボウル下部のタービンにより2相の混合が行われる。タービンは、混合とともにポンプの役目もはたしており、混合した2相をボウルへ送る。ボウル内で、遠心力の作用により、2相は分離される。

各ボウルは、界面の調整・安定化のために、それぞれの相にオーバーフローシュートを持っている。

各段の滞留時間は短く、約15-20秒程度である。

3.2.2 構成材質

金属製BXPタイプは、SUS 316が標準であるが、カーボンスチール、特殊金属の製作も行う。また、各ステージを分離した装置、共通ケーシング内に複数のステージを持った装置の製作も行う。

PVDF製BXPタイプは、高い耐薬品性を持っており、SUSまたは特殊金属が使用できないプロセスで使用される。

3.2.3 標準仕様

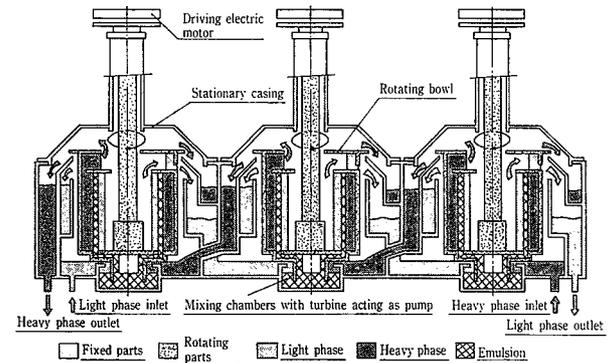
金属製BXPの外観を写真3に、PVDF製BXPの外観を写真4に示す。2種類のBXPタイプの標準仕様、寸法は第2表に示す。

4. ロバテル実験用ミキサーセトラー

この実験用ミキサーセトラーは、液液抽出理論を工業プロセスへ適用する際の実験及びパイロットテストに有効なものである。

4.1 装置の概要

装置の概要を第7図に示す。一つのステージで、次の工程が行われる。



第6図 BXPタイプの原理図
Fig. 6 Principle of BXP type

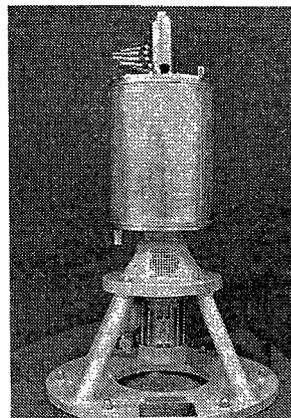
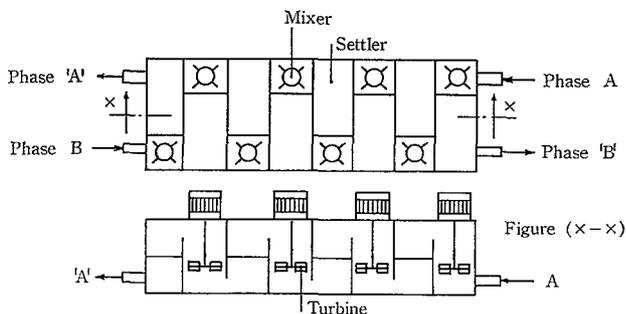


写真2
パイロットテスト用
LXタイプ
Photo. 2
Pilot testing LX type

- 1) 重液相と軽液相は、ミキサー中でタービンにより十分な混合が行われる。
- 2) 混合された液は、セトラー中へ移動し、重力により2相へ分離される。分離した2相は、それぞれオーバーフローにより、隣のステージへ移動する。



第7図 実験用ミキサーセトラー
Fig. 7 Laboratory mixer-settler

4.2 特長

- 1) ミキサー中のタービンは、前のステージのセトラーからの相を吸引・混合し、セトラーへ送る。タービンの高さは調整可能である。構造図を第8図に示す。
- 2) 重液相のオーバーフローの高さは調整可能であり、2相の比重比に応じて、界面の位置のコントロールを行うことができる。この機構を第9図に示す。
- 3) 各ステージのタービンを回す8個までのモータは、インバーターによりコントロールすることができる。

4.3 構造

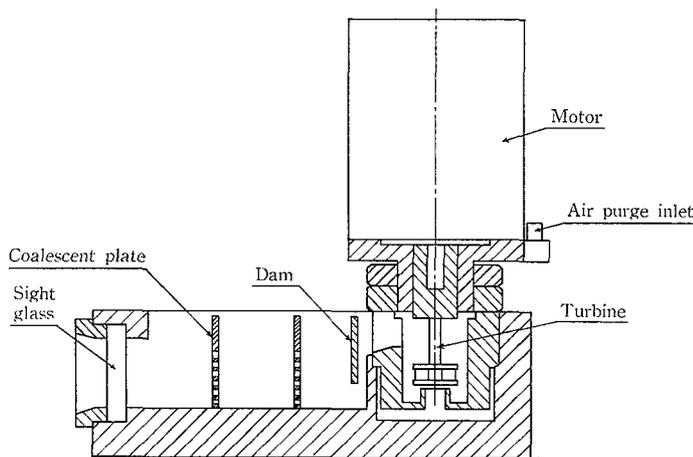
1) サイズ

4つのサイズの装置があり、それぞれのシリーズでは、任意にミキサーまたはセトラーの選択ができる。

2) 相のリサイクリング

同ステージのミキサーとセトラーの間でリサイクルさせることができる。

内部リサイクルタイプとユニバーサルタイプには、相の流路切換器や流量調整器を備えたリサイクルの液路があ



第8図 実験用ミキサーセトラー構造図
Fig. 8 Structure of laboratory mixer-settler

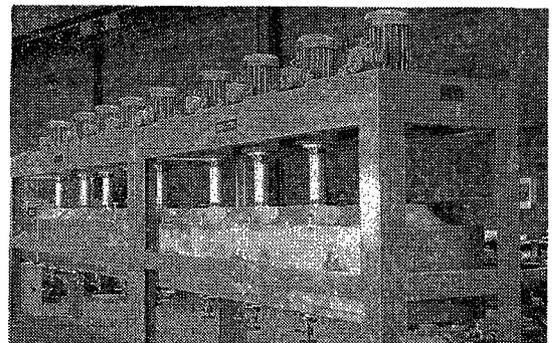


写真3 金属製BXPタイプ
Photo. 3 BXP type with metallic bowls

第2表 BXPタイプの標準仕様・寸法表

Table 2 Standard specifications and dimensions of BXP type

Type	BXP with metallic bowls				BXP made of PVDF					
	BXP 320	BXP 360	BXP 520	BXP 800	BXP 130	BXP 210	BXP 360	BXP 460	BXP 620	
Bowl φ mm	320	360	520	800	135	210	360	460	620	
Bowl capacity ℓ	17	29	110	220	1.3	5.6	31	80	175	
Rotor speed/50 Hz rpm	2900	2900	1450	1000	1450	1450	970	730	580	
Motor power kW	5.5	7.5	11	15	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	
Nominal flowrate*) m ³ /h	6	10	25	50-80	0.6	3	12	25	60	
Dimensions mm	A	610	680	1000	1500	300	700	900	1100	1500
	B	700	700	900	1500					
	C	800	800	1000	1600					
	H	1500	1700	2400	2600	930	1250	1700	2000	2900
	h	500	600	920	1250					

*) Total output of both phases, for phase density ratio 1.3 and flowrate ratio 1.

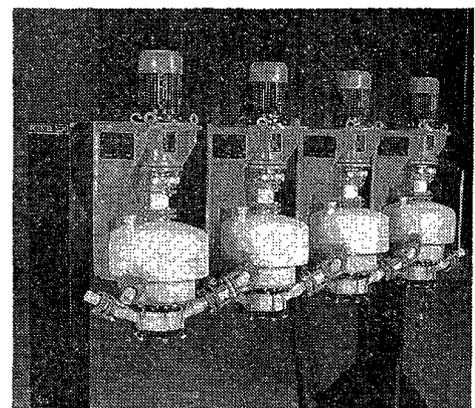
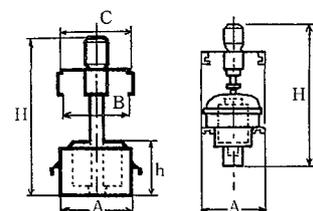


写真4 PVDF製BXPタイプ
Photo. 4 BXP type made of PVDF



$$B = A \times \frac{\text{Heavy phase density}}{\text{Heavy phase density} - \text{Light phase density}}$$

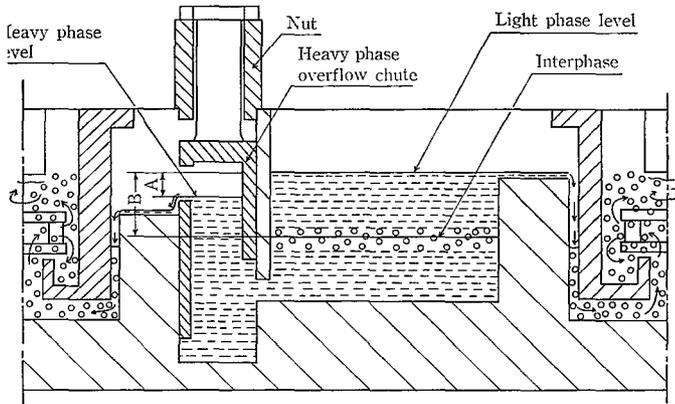


図 9 界面調整の機構
fig. 9 Mechanism of interphase adjustment

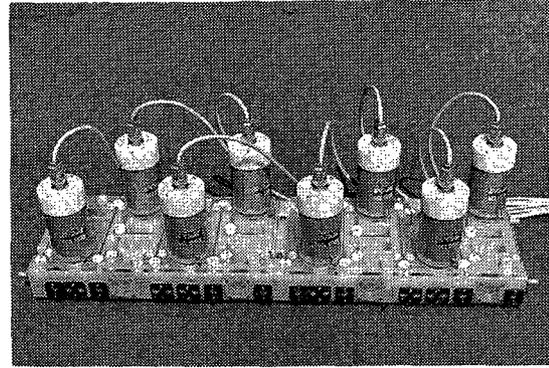


写真 5 ミキサーセトラー
Photo. 5 Laboratory mixer-settler

表 3 ミキサーセトラーの標準仕様・寸法表
Table 3 Standard specifications and dimensions of laboratory mixer-settler

Type	Size 1			Size 2			Size 3	Size 4
	Standard	Internal recycling	Universal	Standard	Internal recycling	Universal	Standard	Standard
Number of stages of basic module	4	4	4	4	4	4	1	1
Length	mm 200-240	200-240	200-240	492	492	492	490-690	950
Width	mm 305	385	470	494	494	675	110	192
Height with standard motor	mm 203-215	203-215	203-215	260	260	260	340	340
Mixer volume	l 0.035-0.050	0.035-0.050	0.035-0.050	0.2	0.2	0.2	0.62-0.86	2.3
Settler volume	l 0.143-0.257	0.143-0.257	0.143-0.257	1.3-1.7	1.3	1.7	3-5	11
Settler area	cm ² 49-71	49-71	49-71	215-285	215	215	270-450	1 000
Overall flowrate	l/h 2-6	2-6	2-6	10-20	10-20	10-20	15-40	40-80
Weight (polyethylene)	kg 13.5-14.6	14.4-16.0	15.5-17.5	25-27	26	30	7.8-9.4	17

、外部ポンプの使用により正確な流量調整も可能である。

3) 中間入口, 出口

ユニバーサルタイプには、さらに各ステージに補助の入口, 出口があり、必要な段数での運転も可能である。また、洗浄, ストリッピングなどのために、いくつかのセクションに分割することもできる。

4) 材質

ポリエチレン, PVDF (サイズ1と2のみ), ポリプロピレン等の材質の製作を行う。

4 標準仕様

装置の外観を写真5に、標準仕様, 寸法を第3表に示す。

む す び

抽出操作は今後共、医薬品, ファインケミカルから各種金属類に至るまでの高付加価値物質の選択的高度分離技術としての適用が増加すると期待され、さらに遠心抽出機が、有機, 無機の合成反応から酵素反応に至るまでの高効率反応機として使用されることも期待される。

本稿が、ユーザ各位が抽出機を選定される際のご参考になれば幸いである。

〔付記〕

なお、当社では貸出し用, 当社内試験用にテスト機 (LX 204, 実験用ミキサーセトラー)を準備しておりますのでご利用下さい。

〔参考文献〕

- 1) 駒沢 勲: ケミカル・エンジニアリング, 1985年5月号, p. 14.