

TN 8410 87-080

PNC ~~I8410 87-31~~

内部資料

本資料は 年 月 日付にて登録区分、
変更する。 2001. 6. 20
[技術情報室]

高速炉燃料再処理パルスカラム抽出試験装置(Ⅱ)試験

周辺設備の概要とラック化に向けての評価

1986年12月

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

周辺設備

ラック

エアリフト

ハールセーフ

界面検出装置

重液抜き出し

制御システム

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

~~配年限定~~
~~PNC-SN~~
1986年12月

(表題) 高速炉燃料再処理 パルスカラム抽出試験装置(Ⅱ)試験

(副表題) 周辺設備の概要とラック化に向けての評価

実施責任者 ^等 藤本洋一郎^{*}、河田東海夫^{*}、林正太郎^{**}
報告者 根本慎一^{**}、田中睦男^{**}

要 旨



10

本報告書は、高速炉燃料再処理主分離工程技術開発用として、た
● 用試験棟に設置し、一連のウラン試験に使用して来たパルスカラム
抽出試験装置(Ⅱ)の周辺設備について実プラントへの適用性の観点か
ら、検討、評価した結果をまとめたものである。

通常運転時における抽出カラムの必要長さは、安定操作条件のと
とでは約3mであり、更に異常時におけるそれは、5mであるとの
R&D結果に基づき、必要ラック寸法を検討した。その結果、現
● 試験設備をそのまま実プラントに適用した場合に必要なラック寸法—
16.5mを5.5m短縮でき、11mとすることができ。ただし、こ
の場合、減圧方式による重液抜き出し方法は除外する。又、洗浄塔
の場合、現試験設備では抽出塔からの溶媒を重力流で供給している
が、ラックの統一化を図るため、溶媒をエアリフトで送液すること

* 技術開発部 プラント設計開発室
** " 機器材料開発室

が必要となる。

なお、一部については、試験進行中のものもあり、最終的評価は今後の課題とした。

目 次

| | |
|-------------------------------|----|
| 1. はじめに | 1 |
| 2. 流量可変型工了リフト結液装置 | 5 |
| (1) 概 要 | 5 |
| (2) 仕 様 | 5 |
| 3. パルセータ装置 | 11 |
| (1) 概 要 | 11 |
| (2) 仕 様 | 11 |
| 4. 気泡式界面検出装置 | 15 |
| (1) 概 要 | 15 |
| (2) 仕 様 | 15 |
| 5. 抽出カラム重液抜き出し装置 | 17 |
| (1) 概 要 | 17 |
| (2) 仕 様 | 17 |
| 6. 評 価 | 21 |
| (1) パルス条件 | 21 |
| (2) 重液抜き出しまわりの装置配置 | 24 |
| (3) ラック寸法 | 29 |
| (4) パルスカラム使用工程における液移送装置配置について | 32 |
| (5) 制御システム概要 | 34 |

添付図一覧表

| | | |
|-----|-------------------|----|
| 図1 | パルスカラム抽出試験装置概略図 | 4 |
| 図2 | 流量可変型エアリフト結液装置 | 8 |
| 図3 | 抽出槽内液位差と揚液量の関係 | 9 |
| 図4 | 揚液特性曲線 | 10 |
| 図5 | パルセータ装置概略図 | 13 |
| 図6 | パルセータの設定可能範囲(抽出塔) | 14 |
| 図7 | 気泡式による界面抽出の原理 | 15 |
| 図8 | 重液抜き出し装置制御系統図 | 19 |
| 図9 | 演算後の流量と差圧 | 20 |
| 図10 | 抽出・洗淨カラム内濃度プロファイル | 22 |
| 図11 | 抽出カラム重液抜き出し装置概略図 | 25 |
| 図12 | 流量制御装置 | 28 |
| 図13 | パルスカラム配置図(その1) | 30 |
| 図14 | パルスカラム配置概念図(その2) | 31 |
| | — コンパクト化後 — | |
| 図15 | 制御システム概略図 | 35 |

— 添付表一覧 —

表1. パルスカラム抽出試験装置概略仕様 — 3

表2. 流量可変型工了リフト給液装置機器仕様値 — 7

表3. パルセータ装置機器仕様値 — 11

表4. パルスカラム抽出器の安定操作条件 — 23

表5. P/C (II) 気泡式界面検出装置及び抽出カラム

重液抜き出し装置に関する設計指針 — 26

1. はじめに

高速炉燃料リサイクル試験施設の設計、建設に向けてパルスカラムによる溶媒抽出技術を確立するため、昭和54年度より、パルスカラム抽出試験装置(I)(以下PC(I)と略す。)を使って一連の試験と要素機器の開発を実施してきた。その後、昭和56年度に上記PC(I)の成果を受け、抽出・洗浄・逆抽出の各カラムから成る分離サイクルの総合特性試験を行うことを目的としたパルスカラム抽出試験装置(II)(以下PC(II)と略す)を動燃・東海事業所、応用試験棟内に設置した。

又、PC(II)でウランを用いた一連の試験を行う一方で、これと並行してパルスカラムに関する周辺機器の開発を進め、その成果に基づき各種機器をPC(II)に付加した。

その主な周辺設備機器とは

(1) 流量可変型工了リフト結液装置

① 原液用工了リフト結液装置

② 洗浄廃液用工了リフト結液装置

③ 溶媒用工了リフト結液装置

(2) パルセータ装置

(3) 気泡式界面検出装置

(4)抽出カラム重液抜き出し装置

の4種類である。

本報告書は、上記周辺設備機器について実プラントへの適用性の観点から、検討・評価した結果をまとめたものである。

(表1にパルスカラム試験装置の概略仕様を、図1に同装置の概略図を示す)

以下に各装置の内容について順次記載する。

表 1 パルスカラム抽出試験装置概略仕様

| | カラム内径 | 塔高(有効抽出部) | 目 皿 | 給液方法 | パル サ |
|-------|----------|-----------|--|--------------------------------|-----------------|
| 抽出塔 | 108.3mmφ | 8.3[m] | 穴 径 3 [mm] 開孔率 23 [mm] 厚 さ 2 [mm] | 原 液 エアリフト 溶 媒 エアリフト | 三方電磁弁 エア-パルサ |
| 洗 浄 塔 | 78.1mmφ | 5.0 [m] | | 洗浄液 定量ポンプ プロダクト液 重力流 | |
| 逆抽出塔 | 108.3mmφ | 7.0 [m] | | 逆抽出液 定量ポンプ プロダクト液 重力流 | |

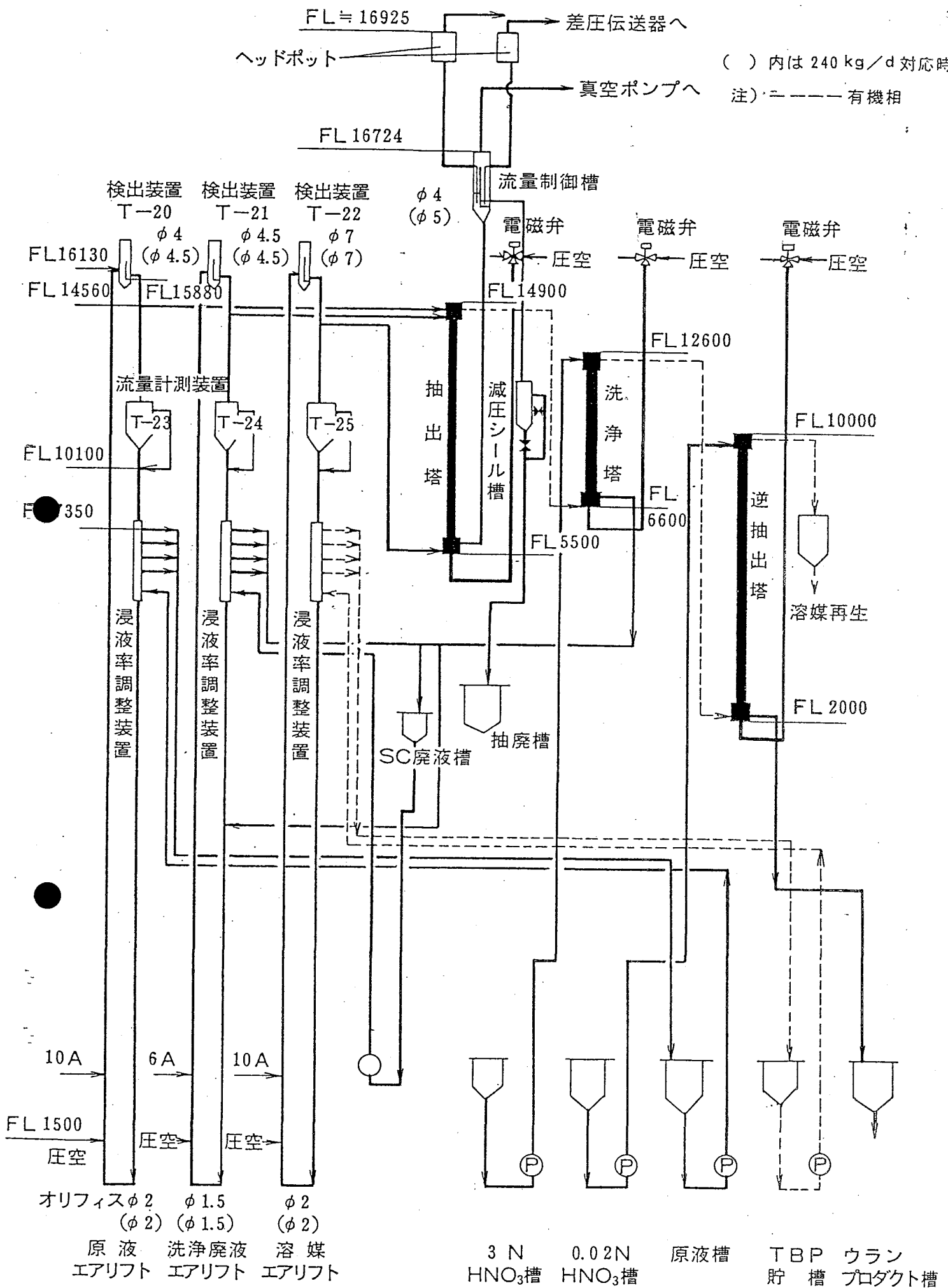


図1. パルスカラム抽出試験装置概略図

2. 流量可変型エアリフト給液装置

(1) 概要

流量可変型エアリフト給液装置は、パルスカラム抽出装置への給液を行うものであり、昭和55年度より、PC(Ⅱ)を使い、同装置の開発を実施してきた。

PC(Ⅳ)では、給液方法として、定量ポンプが用いられていたが、

①可動部を有する

②モーターのコイルの耐放射線性

③メンテナンスの難しさ

等の欠点を有するため、他の方法が検討されていた。

そこで、ポンプにかわる送液機器として再処理工場等で実績のあるエアリフトに下記の様な改良を加えた給液装置を開発した。

①揚程が高くとれる

②接液部に可動部を有さない。

③流量可変でしかも定量供給性を持つ。

(2) 仕様 (図2に流量可変型エアリフトの概要図を示す。)

液は、既設の貯槽類から既設のポンプにて浸液率調整装置まで送られ、そこで所定の浸液率が得られる様

に各井の操作を行う。この浸液率調整装置からエアリフト管に液が導入され、設定された浸液率（浸液深さを揚程プラス浸液深さを割ったもの——図2参照）まで液が充滿する。

その後、エアリフト管下部より圧縮空気を吹き込むことにより、リフト管内を液が上昇する。上昇した液は上部に設けられた流量検出装置に導かれ、ここで気液分離を行う。その後、検出装置内のオリフィスを通してオーバーフローする。この時、オリフィスを通過する際の流量と圧損の関係から通過流量にみあった液位差が分割槽間に生じる。この液位差を検知することにより、流量を検出している。（図3及び図4参照）

そして、検出槽からオーバーフローした液は重力流でパルスカラムに導入される。また、流量可変型エアリフト給液装置内には、揚液流量が実測できる様に流量検出装置の出口側に流量計測用の槽を設けている。

こうした原理に基づく流量可変型エアリフトをPC(Ⅱ)では、原液、SC廃液、溶媒用としてそれぞれ設置した。各エアリフトの給液装置の仕様を表2に示す。

表 2. 流量可変型工了リフト給液装置機器仕様値

※

| エアリフト装置 名 称 | 対 象 液 | リフト管 口 径 (内径mm) | リフト管 全 高 (mm) | 浸 液 率 設 定 値 | 制 御 流 量 域 (ℓ/h) | 流 量 検 出 装 置 オリフィス径 |
|----------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------|--------------------|--------------------------|
| 原 液 用 | UNH | 14.9 | 14.630 | 0.25 | 20~150 | 4 (mm) |
| SC廃液用 | 3N-HNO ₃ (希UNH) | 8.1 | 14.630 | 不使用 | 9~10 | 4.5 |
| 溶 媒 用 | 30% TBP/ n-dodecane | 14.9 | 14.940 | 0.4 | 30~100 | 7 |

※ 全高はFLレベルから最上部リフト管位置までの高さを示す。

—流量可変型工了リフト給液装置の原理—

本装置はパルスカラム抽出装置への定量供給性を保持せる為、工了リフト管下部に圧縮空気を吹き込み、上昇した液を流量検出装置に導き、ここで気液分離を行なう。その後、槽内に貯液し、かつ槽内を2分割するオリフィスを通してオーバーフローさせオリフィスを通過する際の流量と圧損の関係より通過流量に見合った液位差を検知し、前記工了リフト管下部に吹き込まれる空気量を調整して所定の量の液を送り出す様に構成されている。

(図2, 3 参照の事)

エアリフト管

リフト管内径： 8.1, 14.9 mm

全体高さ： 15.28 ~ 15.79 m

※浸液率： 0.25 ~ 0.4

揚液量： 10 ~ 150 l/h

※ 浸液率 = $\frac{\text{浸液深さ}}{\text{揚程} + \text{浸液深さ}}$

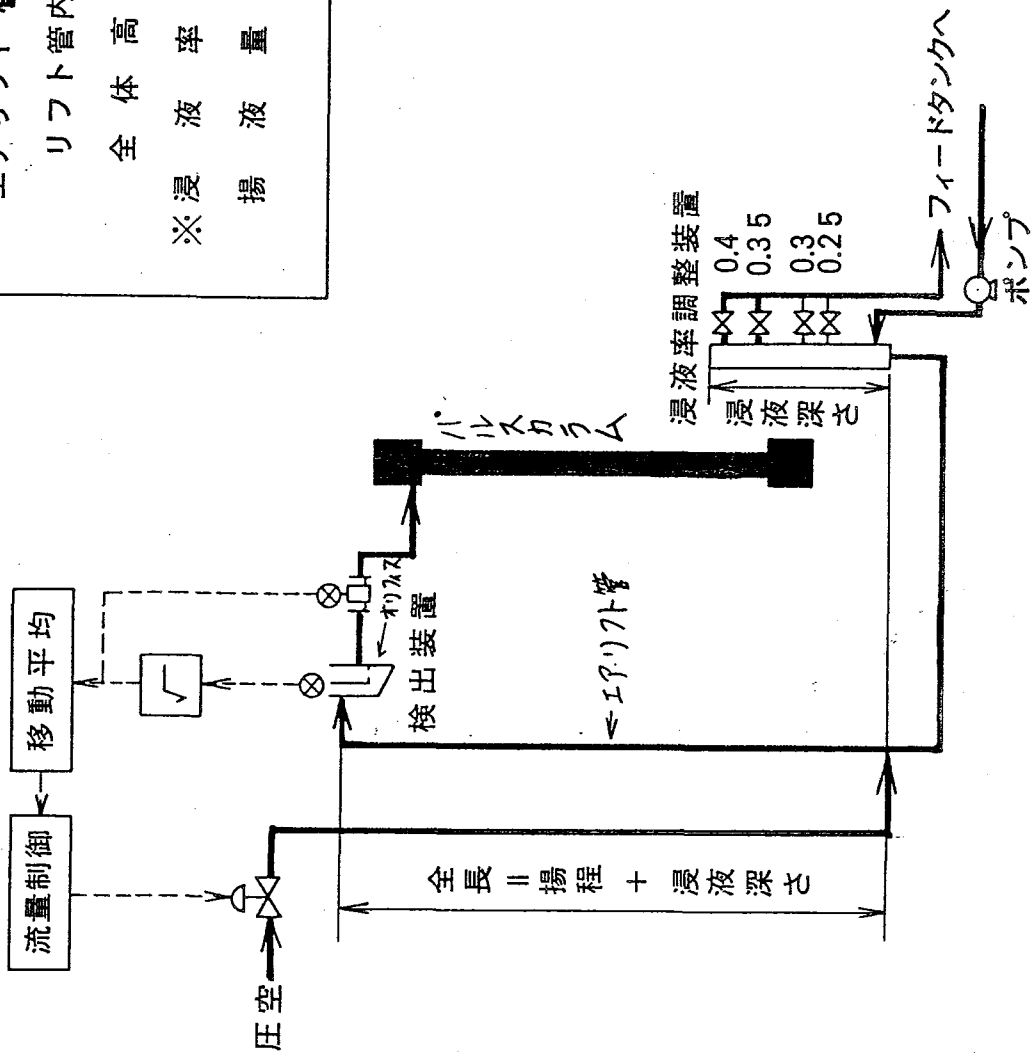
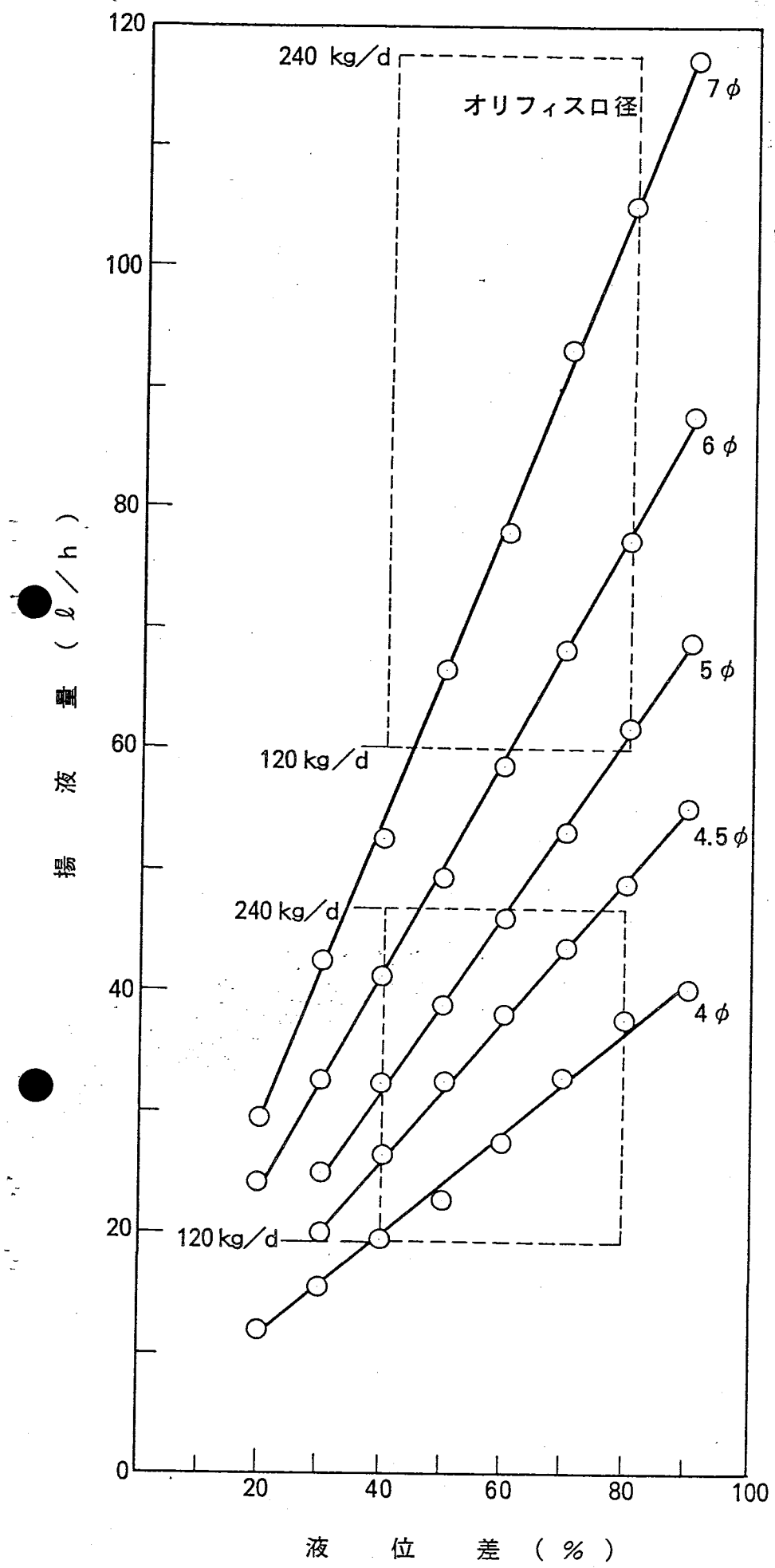


図 2. 流量可変型エアリフト給液装置



| | | 120kg/d | 240kg/d |
|----|---------|---------|-----------|
| 原液 | 流量 | 19 l/h | 47.2 l/h |
| | 浸液率 | 0.25 | 0.25 |
| | オリフィス口径 | φ 4.0 | φ 4.5 |
| 溶媒 | 流量 | 60 l/h | 117.6 l/h |
| | 浸液率 | 0.4 | 0.4 |
| | オリフィス口径 | φ 7 | φ 7 |

浸液率: 0.25
 リフト管内径: 14.9mm
 試験液: 水

図3 検出槽内液位差と揚液量の関係

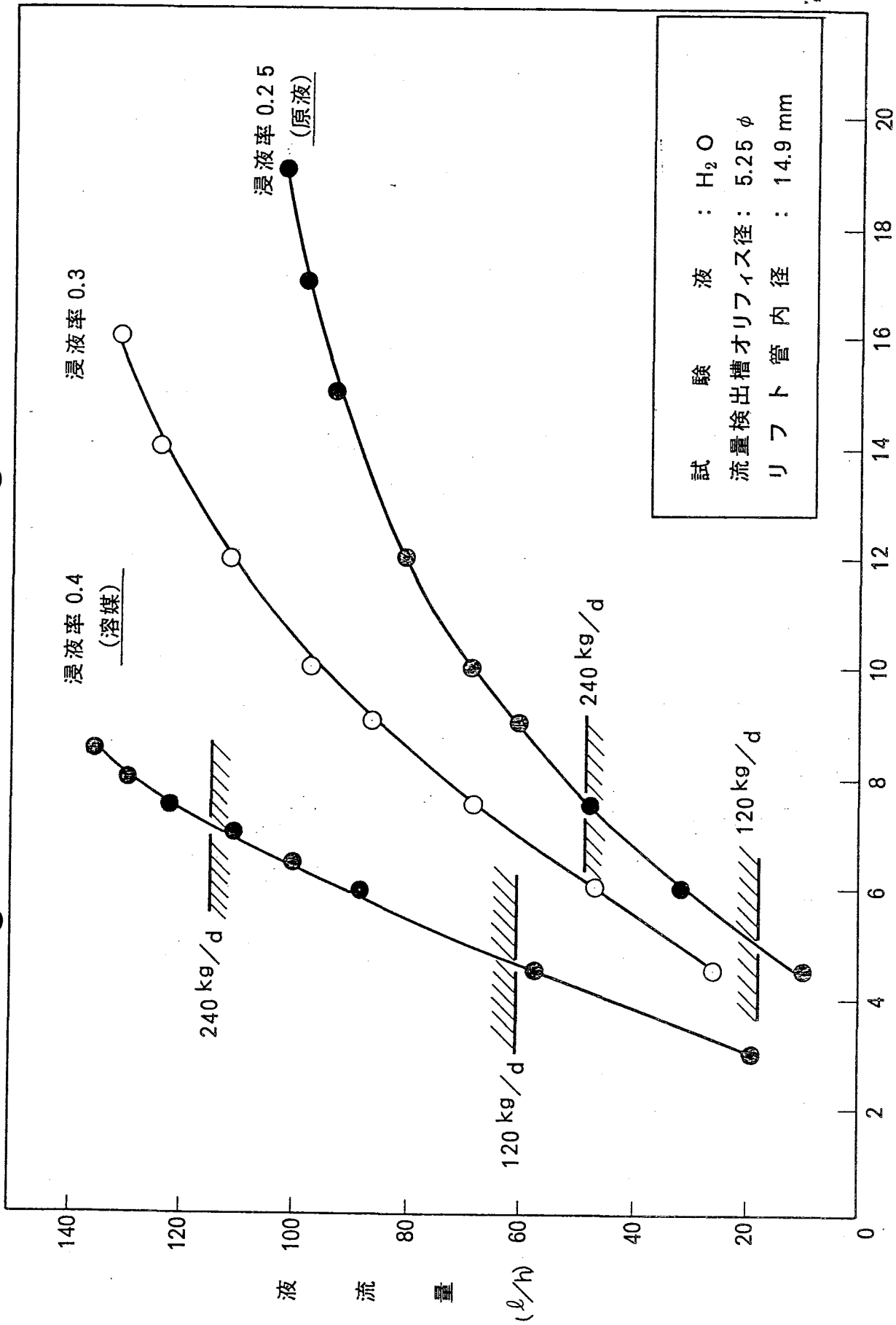


図 4 揚液特性曲線 (原液・溶媒)

3. パルセータ装置

(1) 概要

本装置は、パルスカラム装置内の液中に上下動の
 パルスを加える為のものであり、パルス駆動源であ
 る電磁弁の保守及びシステムの信頼性を高めるため、
 従来パルスカラムの下部セトラ位置高さに配置して
 いたものをパルスカラムより高位置に配置してある。
 同装置の概略図を図5に示す。

(2) 仕様

パルセータ装置の仕様は表3に示す通り。

表3 パルセータ装置機器仕様値

| パルセータ装置名称 | パルスレグ | | 駆動部 |
|-----------|---------|--------|-------|
| | 内径 (mm) | 全高 (m) | 型式 |
| 抽出塔用 | 20 | 9.70 | 3方電磁弁 |
| 洗浄塔用 | | 9.73 | |
| 逆抽出塔用 | | 13.88 | |

各パルセータ装置は、使用空気量が他の設備に
 比べて多い為、専用の圧縮機をもたせ駆動させてい
 る。各圧縮機はオイルレスであり、空気内への油の

混入を防止している。また空気圧力レシーバ槽は各バルセータ毎に配置し、空気圧力を別々に調整する為の調節系を付属している。

パルスレグは本来SUS管で試験を行うが、当初、パルス圧力とパルス振動、及びパルス周波数とのキャリブレーションが行なえるようにテフロン管を用意してある。

図6にバルセータの設定可能範囲を示す。

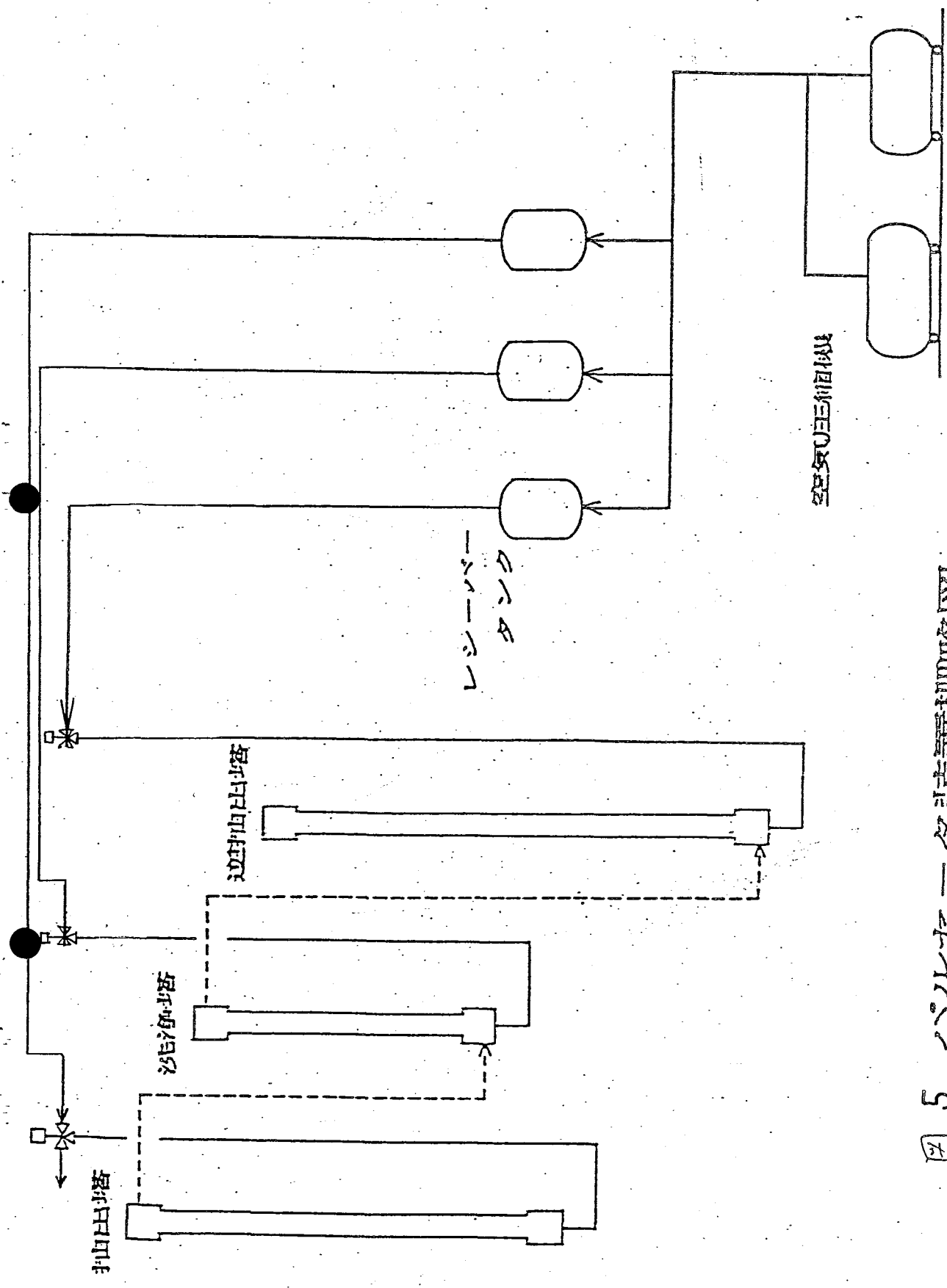


図5 パラレルシステム装置概略図

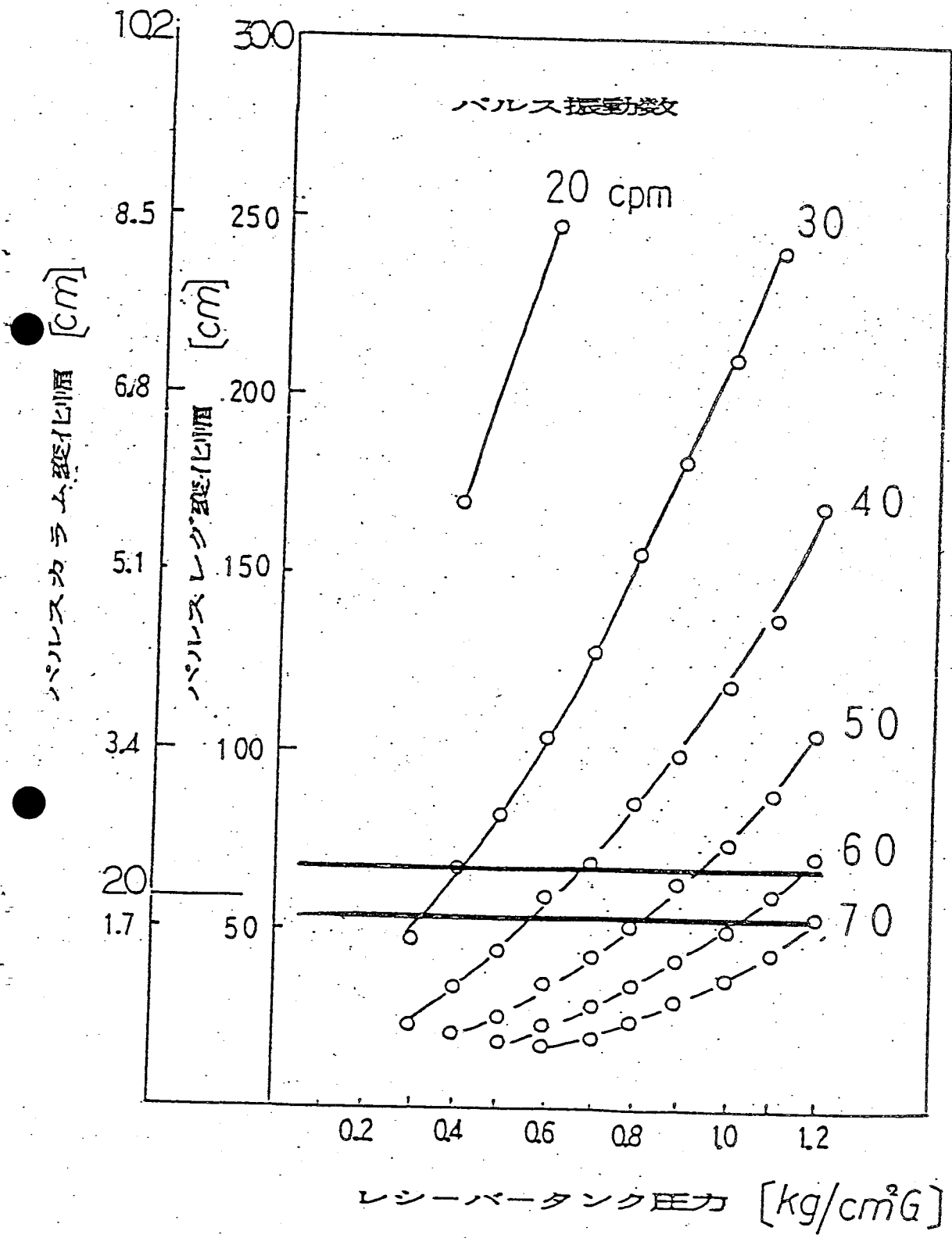


図 6 パルセータの設定可能範囲 (抽出塔)

4. 気泡式界面検出装置

(1) 概要

PC(Ⅱ)には、パルスカラムセトラ部の界面検出装置として、気泡式界面検出装置が、抽出カラム下部に、洗淨カラム(水相連続)では、上部にそれぞれ設置されている。また、洗淨カラムの場合、将来有機相連続でも運転可能な様に下部セトラにも同装置が設置されている。

(2) 仕様

—気泡式による界面検出の原理—

図7に示す様に、水相

及び有機相の比重を

それぞれ ρ_1, ρ_2 と

すれば、パージ管 A,

B からカラム下部

へエアを導入する

際、^{そのために}背圧 ΔP が生じる。

すなわち、その背圧

の差 ΔP を検知し、

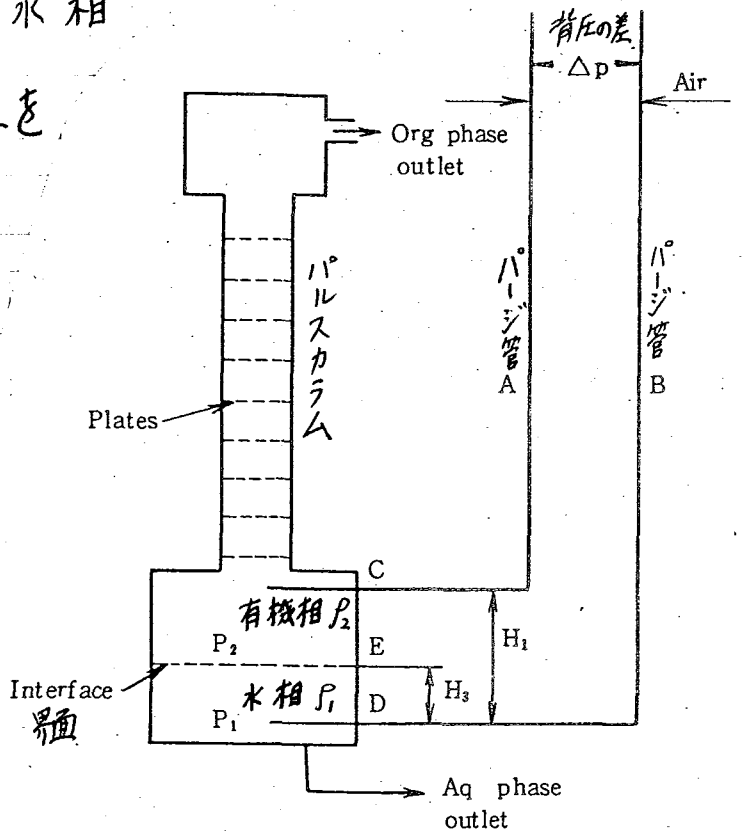


図7 気泡式による界面検出の原理

それを電気信号に置き換え、界面をコントロールしている。

その背反の差 ΔP については、界面の各位置にて、次の様になる。

| 界面位置 | 差圧 (ΔP) |
|------|-----------------------------|
| C | $H_1 P_1$ |
| E | $H_3 P_1 + (H_1 - H_3) P_2$ |
| D | $H_1 P_2$ |

又、各パージ管は各セトラ部から各カラムのトップまで立ち上げた後、検出用伝送器をまとめて中2階に設置し、実プラントではセル外に配置されると想定される伝送器室に対応できる様その配置を考慮している。

なお、気泡式界面計の仕様は下記の通り。

| パージ管口径 | 測定 | パージ空気量 |
|--------------------------------|-------|----------------|
| OD 10mm ϕ / ID 8mm ϕ | 250mm | 6Nl/h ~ 24Nl/h |

5. 抽出カラム重液抜出装置

(1) 概要

抽出カラムからの重液抜出装置は抽出カラムの界面を一定に保持するために設けられている。また同装置が備えている機能は下記の通り。

① 界面の調節をスムーズに行なえること

界面位置の信号を受けて界面を一定の位置に保持し、又、界面の変化時にはできるだけその偏差をスムーズに除去する様に重液を減圧で抜き出す。

② 可動部等保守の必要な部品をセル内に構成しないこと

パルスカラム装置の信頼性向上のため、保守が必要な機器をセル内に配置しないように機器の構成を行っている。

(2) 仕様

構成の概要は、抽出カラム下部のパルサ用レグに重液抜出配管を接続し、抽出カラムのトップよりさらに高い位置に設置した流量検出槽まで重液抜出配管を接続している。この流量検出槽には真空ポンプよりの減圧空気ラインを接続し、槽内を減圧する。

この減圧度により抽出カラムから重液を抽出するものである。本槽内はオリフィスで隔たれた2槽のオリフィスによる圧力損失から発生する液位差を検出してこれを開平演算することにより抽出し流量として検知できる機能をもっている。

本槽内からのオーバーフロー液はカラムトップより充分低い場所に設置されたシール槽を経由して、抽廃槽に流出する。

本装置の仕様概要は下記の通り。

| 抽出し管口径 | 抽出し管全長 | 減圧圧力調節巾 | 流量検出槽オリフィス | 抽出し流量調節巾 |
|------------|--------|------------------------------|--------------|------------------------------|
| 1.5Asch10S | 10.4 m | -1500~3500mmH ₂ O | φ4mm φ5mm | 25 -115 l/hr 30 -150 l/hr |

図8に同装置の概略図を、図9に流量検出槽の流量と差圧の関係を示す。

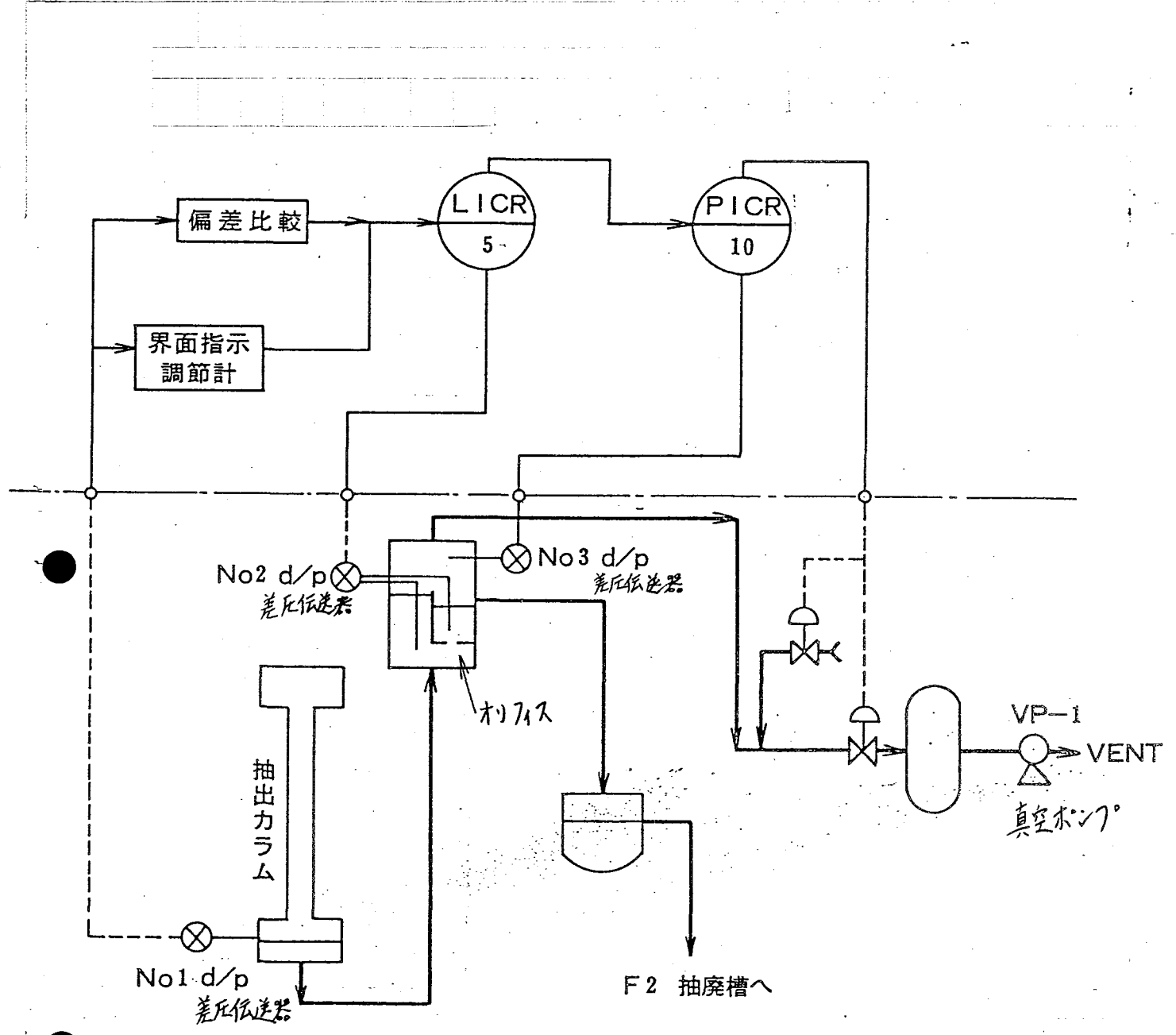


図 8 重液抜き出し装置制御系統図

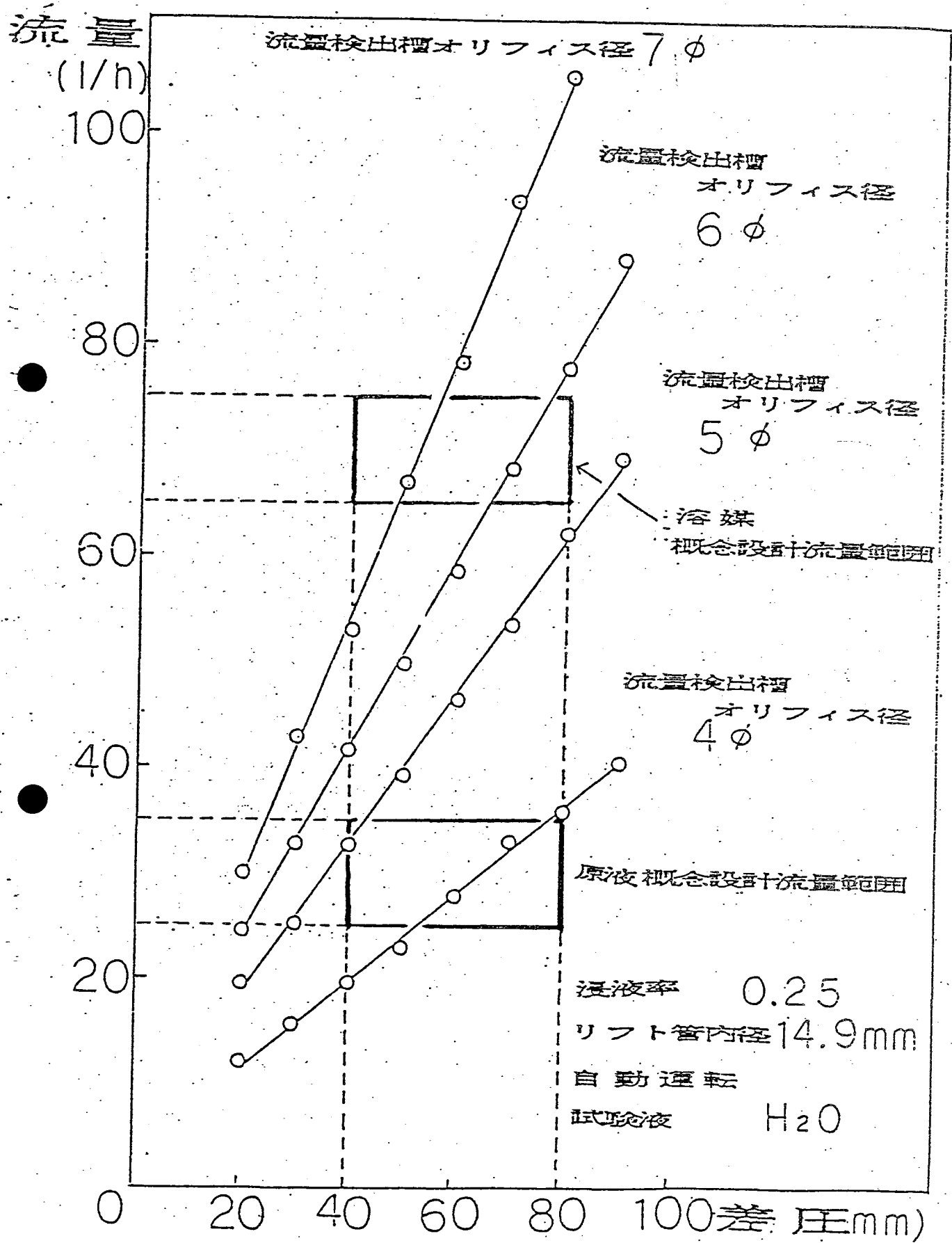


図 9 演算後の流量と差圧

6. 評価

以上、主な周辺設備の概要について述べたが、これらの周辺機器を実プラントに採用する場合の留意事項について記載する

(1) パルス条件

検出限界 10^{-2}g/l 以下までに要する有効抽出部は約 3m あれば十分であり、 240kg/d 相当の線速でもって得られた操作条件のもとではパルスの影響をほとんど受けないということが図11よりわかる。このときのロス率は約 0.007% であり、概念設計のロス率 0.05% を十分下回ったものとなっている。

従来パルス条件はパルスカラムにとって代表的なパラメータの一つとして考えられていたが、操作条件及び線速など安定な領域^{注1)}のもとではパルスによる影響はほとんど受けないのであることが明らかになった。よって実プラントにおいても他の条件を満足していれば、パルスに対して_(洗淨カラムからの取り出しウラン濃度、スラワ液量等) 厳密な考案をもつ必要がないと言える。

注1) 安定運転操作条件については表4を参照の事

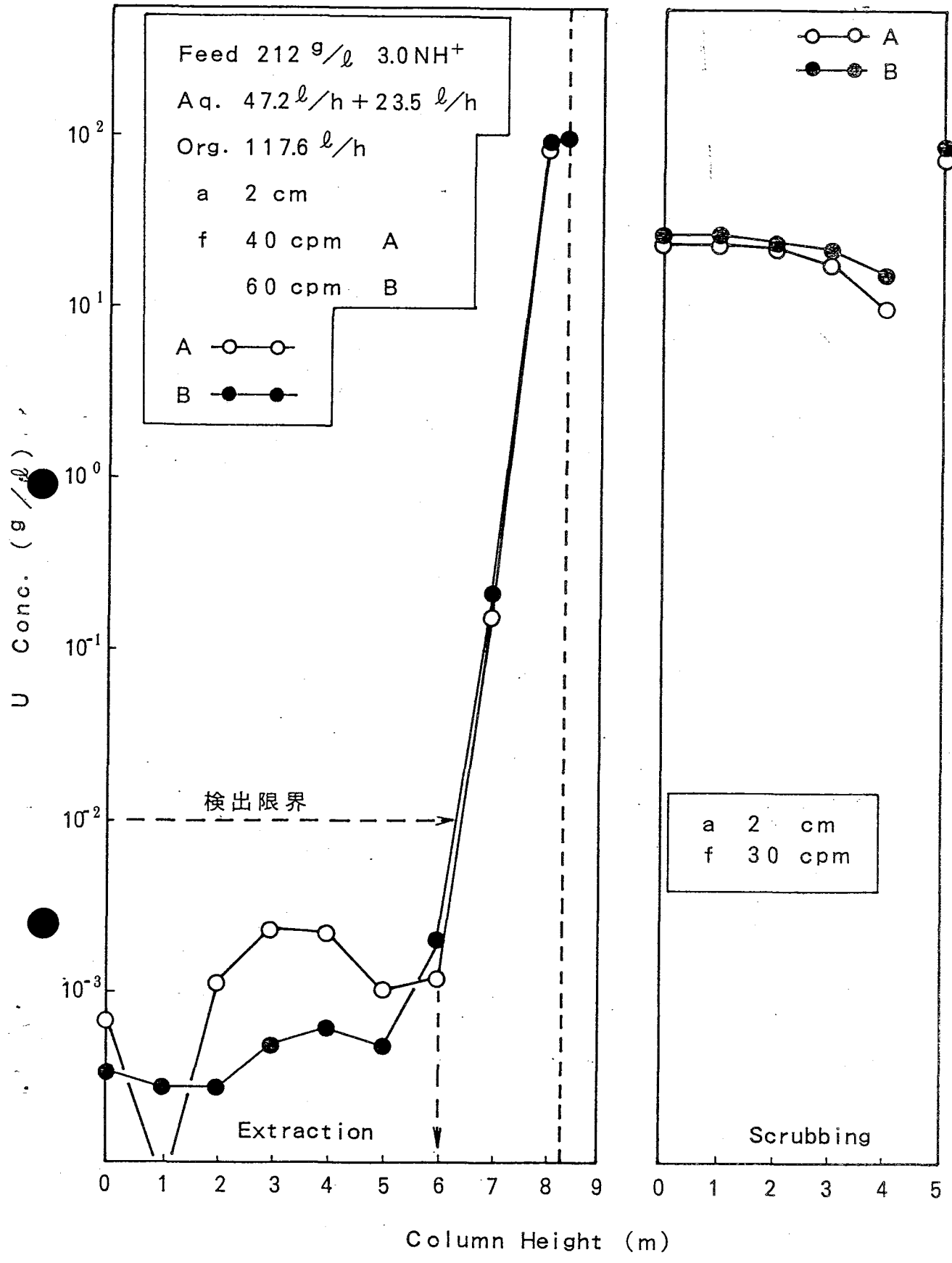


図10 抽出・洗浄カラム内濃度プロフィール
(Run No. SU86-1)

表 4 パルスカラム抽出器の安定運転操作条件

抽出—洗浄カラムの操作条件の決定

(1) 洗浄カラムからの取り出しウラン濃度

最 大：90～95g/l

最 適：85g/l

(2) 洗浄カラムの操作線式

(Scrub流量を決定)

A/O比=0.3程度

(3) 抽出カラムの操作条件の決定

上記2点より自動的に決定

② 重液抜き出しまわりの装置配置

減圧方式を採用した場合の抽出カラム重液抜き出し方法については、下記の点に留意する必要がある。

- ① 流量制御槽の内外筒断面積を一致させる。
- ② 最大重液抜き出し流量にみあう液位差及びオリフィスを設定する
- ③ 抽出塔と制御槽のオーバーフロー間は1m程度とする
- ④ 重液抜き出し配管の液位が減圧圧力シール槽の液位よりも高位置にあること
- ⑤ ヘッドポット高さを十分とること。

上記留意事項の理由について、表5に示す。

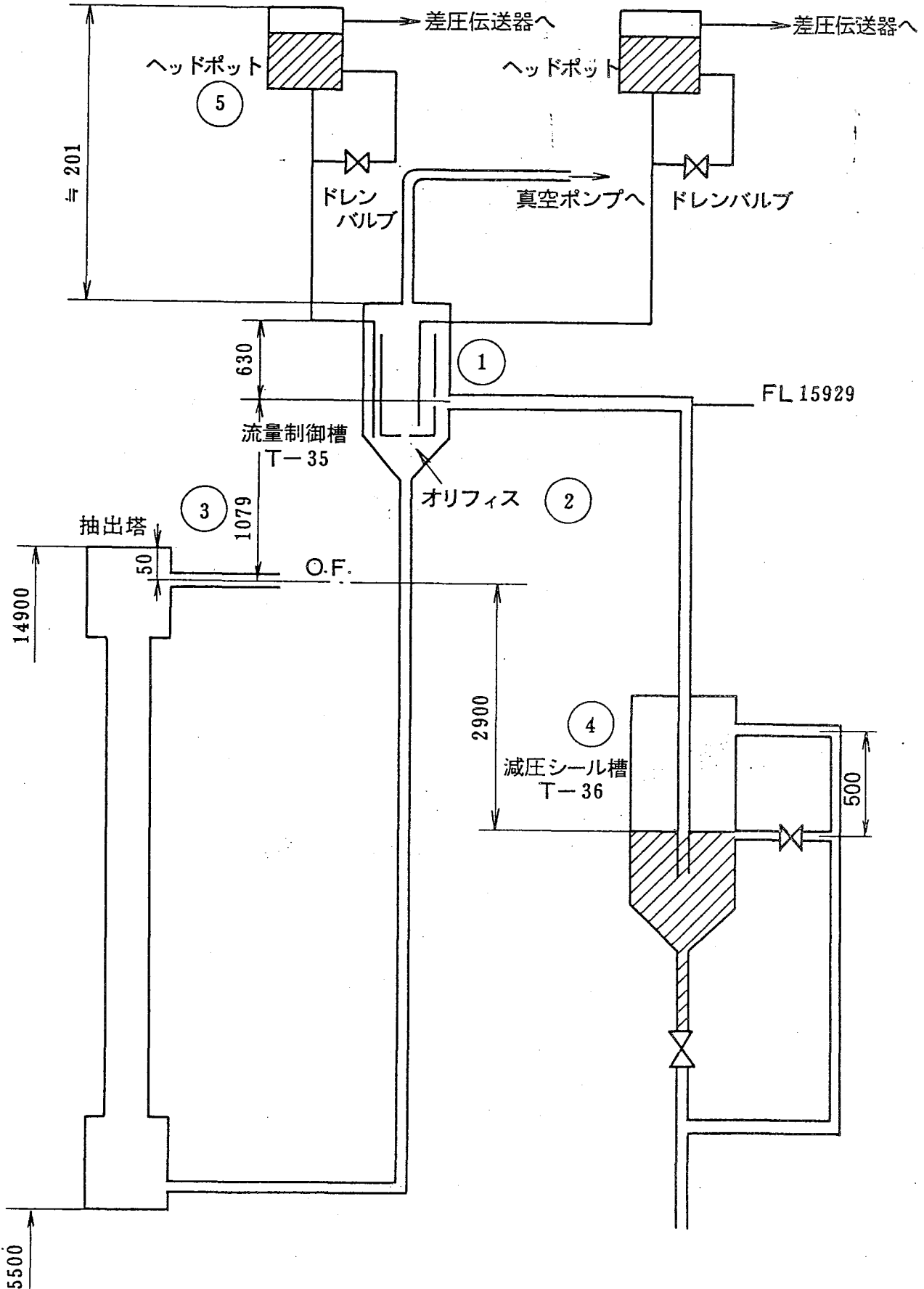


図 // 抽出カラム重液抜き出し装置概略図

表5. P/C (II) 気泡式界面検出装置及び抽出カラム重液抜き出し装置
に関する設計指針

| 装置 | 設計指針 | | |
|-------|-------------------------------------|---|---|
| | 注意事項 | 理由 | |
| 流量制御槽 | 内・外筒断面積 | 内筒内断面積(下流側) と外筒内断面積(上流側) とを一致させる。 | 抜き出し開始時の液 面上昇が一定速度に なる様にするため |
| | 槽内液位差及びオリフィス径 | 最大重液抜き出し流量 (約 100 l/hr) にあう 液位差及びオリフィスを 選定すること。 | 58年度の P/C (I) の 試験結果(オリフィス径 φ4.5, 液位差 400mm で 抜き出し流量 80 l/hr) より、240kg/d 対応時 オリフィス径 φ5 とした |
| | 液位までの距離 EX塔からフロー液位から流量制御槽オーバーフロー | EXと制御槽のオーバ ー間は 1m 程度とする (カラム内に振幅 20mm の パルスがかかるとして 流量検出槽下端の接続 フランジ付近まで液 位は上昇する) | EXカラム内を洗浄の 為に全て水相にし、 尚、且つパルスが 加えられても液の流 れが生じない様にす るため |

| 装置 | 設計指針 | |
|----------|--|--|
| | 注意事項 | 理由 |
| 減圧圧力シール槽 | EX塔から減圧圧力シール槽に流れを生じる為には、重複抜き出し配管の液位が減圧圧力シール槽の液位より高い位置にある必要がある。 (ホールドアップ量を少なくするため) (に必要以上に下げない) | |
| シールポート | 差圧伝送器側へ溢液しない様にヘッドホト高さを十分とる必要がある | 流量制御槽内真空度に相当するヘッド分だけシールポートを高くする (現設備においては) (流量制御槽より5m高くとり必要あり) |
| | | |

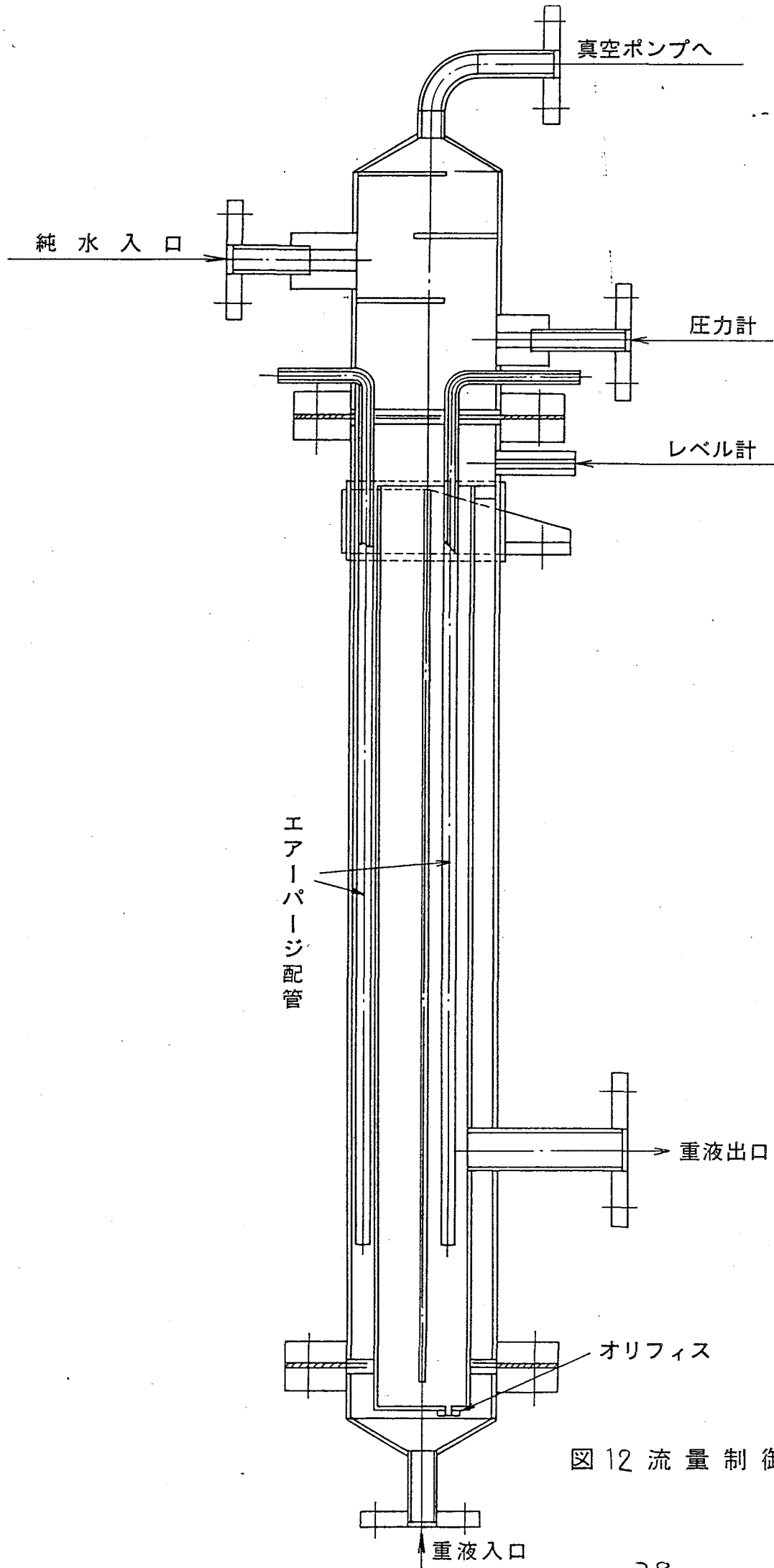


図12 流量制御装置

(3) ラック寸法

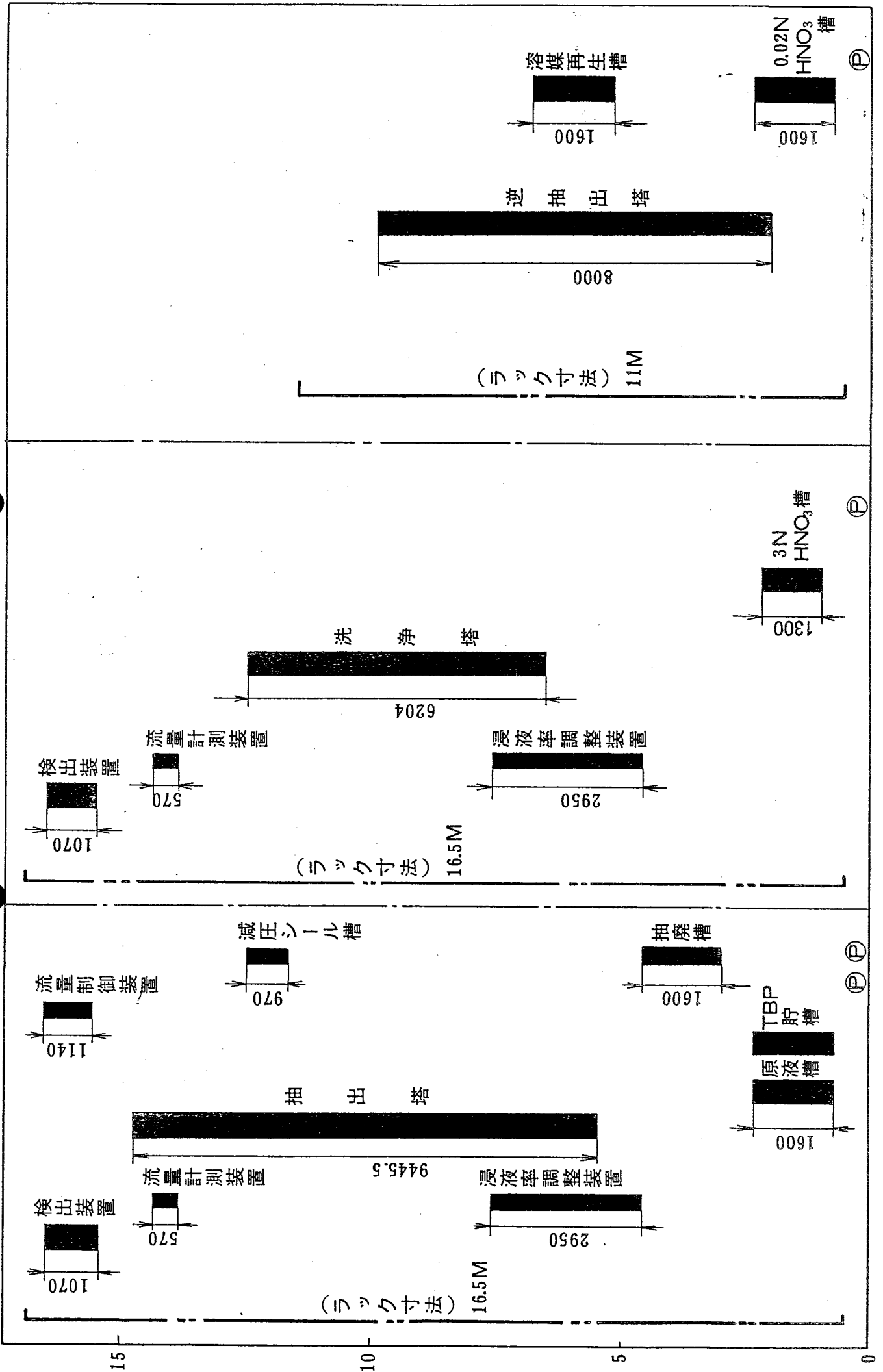
通常の運転時における抽出カラムの必要長さは、安定運転操作条件のもとでは約3m、更に異常時における必要長さは5mとのR&D結果^{注1)}に基づき、抽出塔の長さを安全側にとり5mとした場合、どの程度コンパクト化につながるかを示したのが図14である。

これによると現設備（減圧方式による重液抜き出し方法を除く）で16.5m要したラック寸法が5.5m縮まり、11m程となる。ただし洗淨塔の場合、現設備では抽出塔より溶媒を重力流で流しているが、ラック寸法の統一化を図るため、溶媒をエアリフトで送液する方法を採用する必要がある。

図13に現設備に要するラック寸法を示したパルスカラム配置図を図14にコンパクト化後の概略配置図を示す。

注1) 応用試験棟内部報告会（1986年7月18日実施）報告書及び原子力学会（昭和61年秋の分科会）予稿集H11（1986年）を参照の事。

図 13 パルスカラム配置図 (その1)



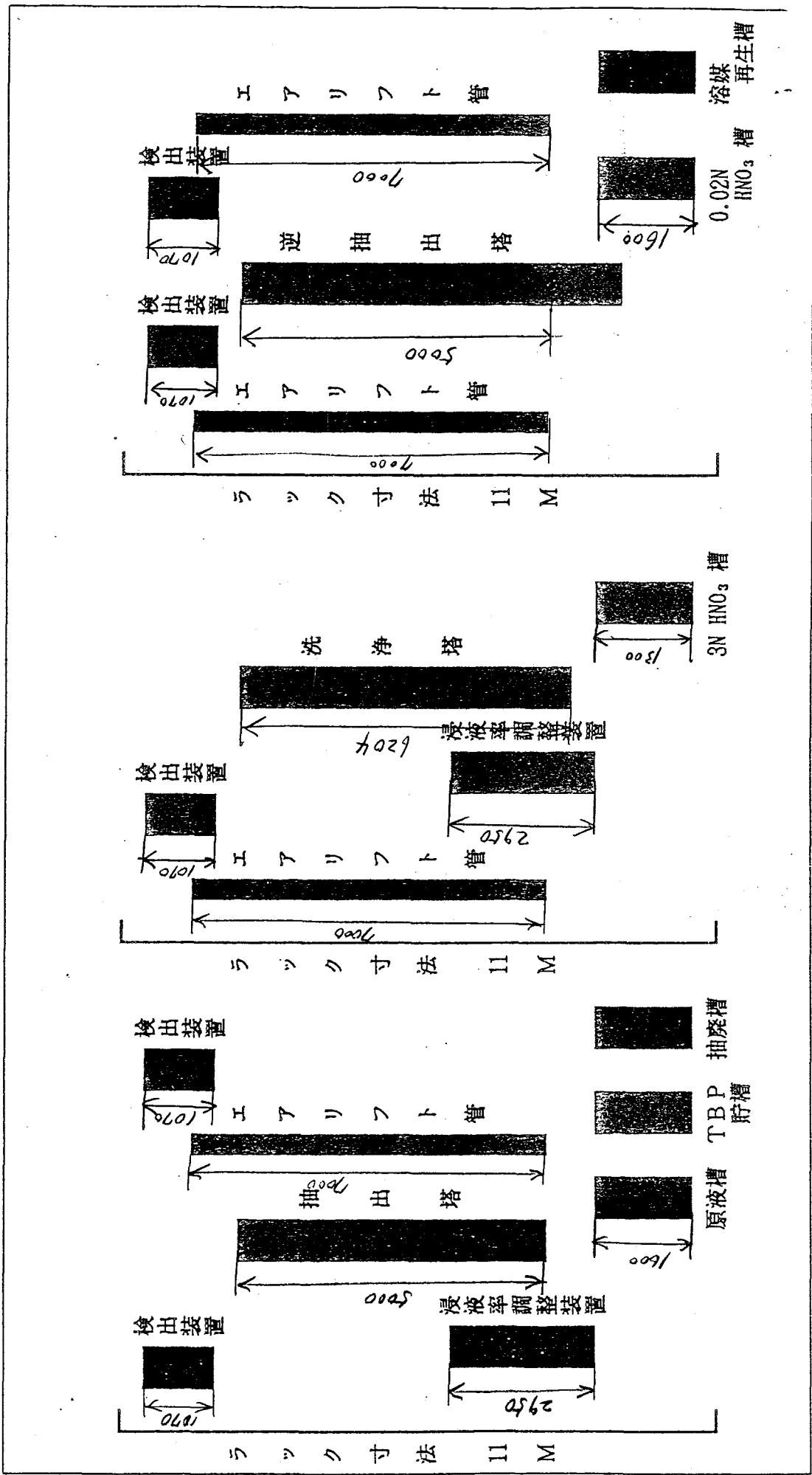


図.14 パルスカラム配置概念図 (その2) — コンパクト化後 —

お

(4) パルスカラム使用工程における液移送^{装置}配置について
パルスカラム使用工程における液移送装置の仕様及び
配置決定は機器レイアウト及び機器詳細が未決定
であるため細部の決定は難しい。

しかし、これまでの研究開発で得られた結果から
判断するなら、下記理由により液移送装置はすべて
エアリフト方式が好ましいと考えられる。

① パルスカラム収納の遠隔保守用ラックの高さ制限
から、パルスカラム間に重力流方式を採用するこ
とがほとんど不可能。

② パルスカラム底部よりの水相抜き出しについ
ては、流量制御槽出口側に減圧圧カシル用として
シル槽の設置が必要であり、又、液の抜き出しが
制御されるパルスカラムのオーバーフロー管位置よ
り十分低い所に設置しなければならぬ。

以上の様な理由によりエアリフト方式が好ましいと
判断されるが、エアリフト方式を採用した場合には
下記点に留意する必要がある。

① 各エアリフト装置の流量検出槽の位置を最上部
に極力そろえて配置する(レイアウト上シビア
にするため)

②各パルスカラム間の溶媒の液移送は原則としてエアリフト方式である。そのため次段のパルスカラムへ液を入れる為には、液の水頭圧が次段パルスカラムの底部の圧力をうねまわることが必要である。

③パルスカラム間の液移送においてオーバーフロー液を順次揚液するだけの目的の場合は、流量の制御は必要としない為、配管内の液のホールドアップ量の軽減を考慮して浸液率をできるだけ大きくとる

上記条件より、抽出カラムの溶媒用エアリフトの換出装置の高さを求めると、

抽出カラム全長 5m

カラム内液密度 1.15

供給溶媒密度 0.81 とすると

$$5 \times \frac{1.15}{0.81} - 5 \doteq 2.1m$$

2.1m程カラムより高くする必要がある

以上の様に高さ方向において支配的なものは、パルスカラム間の溶媒用エアリフトの流量換出槽でありこれによりラフ寸法がほぼ決定される

(5) 制御システム概要

洗淨塔の出口濃度を85g/l前後におさえれば、安定運転が得られるとの^{注1)}R&D結果に基づき、洗淨塔出口濃度を管理し、その増減により溶媒の流量を変化させ、安定運転操作条件を満足させる事ができる。

しかし、処理能力が担保されているかどうかをチェックする必要があるので、洗淨塔の出口の濃度と流量を再確認し、そこで処理能力にみあわなければ、フィード流量を変化させ処理能力を確保する。

現在、この様なシステムを想定し、ウラン濃度連続監視装置(NaI検出器)をとりつけコンピュータで処理し、グラフィック化する様、準備作業を進めている。

図15に制御システム概略図を示す。

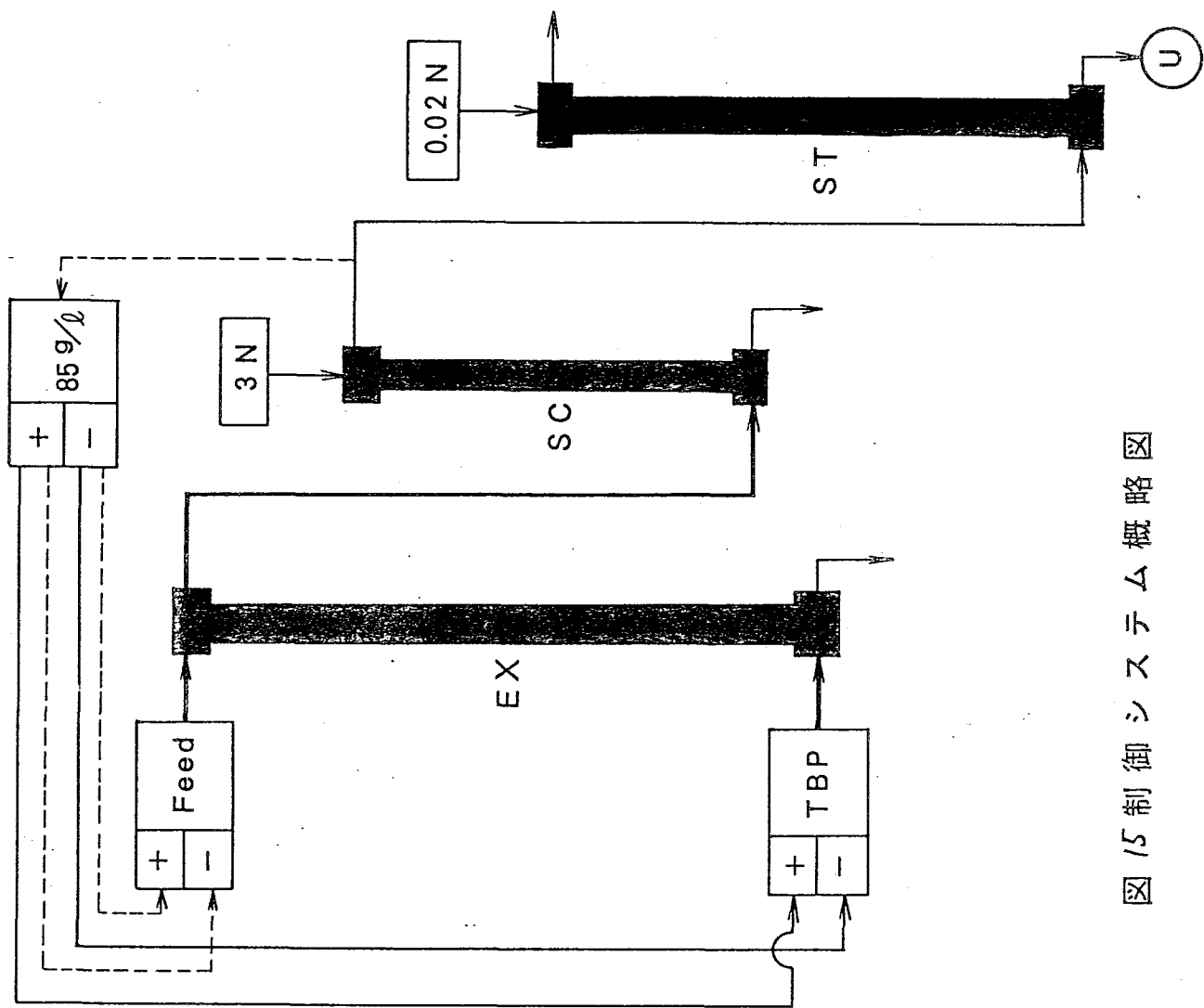


図15 制御システム概略図