

JAERI-M

8670

ROSA-III 試験装置の特性
(ジェットポンプの正流および逆流特性試験)

1980年2月

鈴木 光弘・田坂 完二

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

ROSA-III試験装置の特性
(ジェットポンプの正流および逆流特性試験)

日本原子力研究所東海研究所安全工学部

鈴木 光弘・田坂 完二

(1980年1月7日受理)

ROSA-III試験装置は、BWRの冷却材喪失事故とECCSの性能を模擬し、一連の物理現象を実験的に研究するために作られた総合試験装置である。ROSA-IIIとBWRとの相違点の1つに、圧力容器外側に配置したジェットポンプがあり、ROSA-IIIのジェットポンプ性能を調べておくことは、冷却材喪失事故模擬試験時の冷却材挙動を理解する上で重要である。ここでは、定常運転時における正流特性(M-N曲線)と、ブローダウン過程における逆流(单相流)特性について試験した結果を示す。特に後者は、ブローダウン過程における炉心の冷却材流れに大きな影響を与えるので、ジェットポンプのみならず、その近傍の配管を含め詳細に調べた。

Characteristics of the ROSA-III Test Facility
(Characteristics Test of the Jet Pumps)
(in Normal and Reverse Flow)

Mitsuhiro SUZUKI, Kanji TASAKA

Division of Reactor Safety
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received January 7, 1980)

The ROSA-III facility is an integral test facility designed to simulate a loss-of-coolant accident (LOCA) and the performance of ECCS of a BWR. One of the important differences between ROSA-III and BWR is that in ROSA-III the jet pumps are installed outside the pressure vessel. It is important, therefore, to know characteristics of the jet pumps in ROSA-III to understand the fluid behavior during LOCA. Characteristics test results are described in Normal (M-N curve) and reverse flow conditions. As the reverse flow resistance in the jet pumps affects the core flow significantly during blowdown, the reverse flow characteristics are measured for the connecting pipings as well as the jet pumps.

Keywords; BWR, LOCA, ECCS, Simulation Test, ROSA-III Facility,
Jet Pump, Normal Flow Characteristics,
Reverse Flow Resistance, Loss Coefficient.

目 次

1. はじめに	1
2. 正流特性試験	1
2.1 試験装置および方法	1
2.2 試験結果と考察	2
3. 逆流特性試験	4
3.1 試験装置および方法	5
3.1.1 吐出側から吸込側へ流す場合 (JP-1)	5
3.1.2 " 駆動側へ " (")	5
3.1.3 駆動流量をパラメータとし, 吐出側から吸込側へ流す場合 (JP-1, 2)	5
3.1.4 JP-3, 4 の逆流特性試験	6
3.2 試験結果と考察	6
3.2.1 吐出部～吸込部間の逆流圧損特性 (JP-1, 3, 4)	6
3.2.2 吸込部～ダウンカマ-間の逆流圧損特性 (JP-1, 3, 4)	8
3.2.3 吸込部～駆動部間の逆流圧損特性 (JP-1)	10
3.2.4 駆動流がある場合の吐出-吸込逆流圧損特性 (JP-1, 2)	11
3.2.5 破断ループ下部プレナム入口にあるY字路の逆流圧損特性 (JP-3, 4)	12
3.2.6 ダウンカマ-～MRP-2 までの流動抵抗 (JP-3, 4)	12
3.2.7 MRP-2 流量と逆流下のJP-3, 4 流量の相互比較	12
4. 結 び	13
謝 辞	13
参考文献	14

Contents

1. Introduction -----	1
2. Normal Flow Characteristic Test -----	1
2.1 Test Configuration and Method -----	1
2.2 Test Results and Discussion -----	2
3. Reverse Flow characteristic Test -----	4
3.1 Test Configuration and Method -----	5
3.1.1 Flow from Discharge to Suction (JP-1) -----	5
3.1.2 Flow from Discharge to Drive (JP-1) -----	5
3.1.3 Flow from Discharge to Suction with Variable Driving Flow (JP-1,2) -----	5
3.1.4 Reverse Flow Test on JP-3,4 -----	6
3.2 Test Results and Discussion -----	6
3.2.1 Reverse Flow Resistance between Discharge and Suction (JP-1,3,4) -----	6
3.2.2 Reverse Flow Resistance between Suction to Downcomer (JP-1,3,4) -----	8
3.2.3 Reverse Flow Resistance between Suction and Drive (JP-1) -----	10
3.2.4 Reverse Flow Resistance between Discharge and Suction with Drive Flow (JP-1,2) -----	11
3.2.5 Reverse Flow Resistance through Y-Type Flow Path at Lower Plenum Inlet in the Blowdown Recirculation Loop (JP-3,4) -----	12
3.2.6 Flow Resistances in Pipings from Downcomer to Suction of MRP-2 (JP-3,4) -----	12
3.2.7 Consistency check between MRP-2 Discharge Flow and Total Flow of JP-3 and JP-4 in Reverse Flow -----	12
4. Conclusions -----	13
Acknowledgement -----	13
References -----	14

Tables and Figures

Table 1	Measurement List for the characteristic Tests -----	15
Table 2-a,2-b	Normal Flow Test Results (1), L=8.0mm -----	17
Table 3-a,3-b	Normal Flow Test Results (2), L=12.0mm -----	19
Table 4-a,4-b	Normal Flow Test Results (3), L=17.0mm -----	21
Table 5-a,5-b,5-c	Reverse Flow Test Results for JP-1 (Discharge to Suction. No Drive Flow) -----	23
Table 6	Reverse Flow Test Results for JP-1 (Discharge to Drive, No Suction Flow) -----	25
Table 7	Reverse Flow Test Results for JP-1 with Variable Drive Flow -----	26
Table 8	Reverse Flow Test Results for JP-2 with Variable Drive Flow -----	27
Table 9-a,9-b	Reverse Flow Test Results for JP-3 and JP-4 (Discharge to Suction, No Drive Flow) -----	28
Fig.1	Schematic of ROSA-III Facility -----	30
Fig.2-a	Structure of Drive Nozzle of Jet Pump in ROSA-III ----	31
Fig.2-b	Structure of ROSA-III Jet Pump -----	32
Fig.3	Concept of Jet Pump in Normal Flow -----	33
Fig.4-a	Instrumentation Locations in Blowdown Loop of ROSA-III -----	34
Fig.4-b	Instrumentation Locations in Operating Loop of ROSA-III -----	34
Fig.5	Normal Flow Characteristics of Jet Pumps of ROSA-III Facility, L=8.0mm (I) -----	35
Fig.6	Normal Flow Characteristics of Jet Pumps for ROSA-III Facility, L=12.0mm (II) -----	36
Fig.7	Normal Flow characteristics of Jet Pumps for ROSA-III Facility, L=17.0mm (III) -----	37
Fig.8	Flow Diagram of Test Loop for Reverse Flow Test of JP-1 (2) -----	38
Fig.9	Flow Diagram of Test Loop for Reverse Flow Test of JP-3 and JP-4 -----	38
Fig.10	Reverse Flow characteristics of JP-1 (I) (Discharge to Suction, No Drive Flow) -----	39

Fig.11	Reverse Flow characteristics of JP-1 (II) (Discharge to Suction, No Drive Flow) -----	39
Fig.12	Reverse Flow characteristics of JP-3 and JP-4 (Discharge to Suction, No Drive Flow) -----	40
Fig.13	Reverse Flow characteristics of JP-3 and JP-4 (Suction to Downcomer) -----	41
Fig.14	Suction-Side Pipings of Jet Pumps -----	42
Fig.15	Reverse Flow characteristics of JP-1 (Discharge to Drive, No Suction Flow) -----	42
Fig.16	Reverse Flow Characteristics of JP-1 with Variable Drive Flow -----	43
Fig.17	Reverse Flow characteristics of JP-2 with Variable Drive Flow -----	43
Fig.18	Schematic Diagram of Y-Type Piping below JP-3 and JP-4-	44
Fig.19	Reverse Flow characteristics of JP-3 and JP-4 at Y-Type Piping -----	44
Fig.20	Flow Resistance in Blowdown Loop (I) -----	45
Fig.21	Flow Resistance in Blowdown Loop (II) -----	45
Fig.22	Consistency Check between MRP-2 Discharge Flow and Total Flow of JP-3 and JP-4 in Reverse Flow -----	46

1. はじめに

本報告は、商用BWRの冷却材喪失事故（LOCA）とECCSの性能を模擬するために作られたROSA-Ⅲ試験装置に設置されている4台のジェットポンプについて、その特性試験の結果をまとめたものである。ジェットポンプはBWRのLOCA/ECCS現象において非常に重要な役割を果たす機器である。ROSA-Ⅲ試験装置では、圧力容器のダウンカマ-間隙が狭いためにジェットポンプはダウンカマ-内には設置されず、圧力容器の外に設置されている点が実炉と大きく異なる点の1つである。ジェットポンプの特性のうち、破断前の運転状態から破断初期にかけて循環流量に影響を及ぼすのが順流特性（M-N曲線）であり、破断後に吐出側から吸込側へ逆流が生じる過程で炉心流れに影響を及ぼすのはジェットポンプの逆流特性である。本報告ではROSA-Ⅲのジェットポンプについての正流特性を前半に、逆流特性を後半にまとめた。

2. ジェットポンプ正流特性試験

2.1 試験装置および方法

試験装置はROSA-Ⅲ装置（図1）を用いた。圧力容器を常温水で満たし、両再循環ループの循環ポンプを回転させ、ループ及び圧力容器内の流れを生じさせる。本装置は破断モードによって配管系統が異なるが、この特性試験では再循環ポンプ吸込側破断用の配管系統を用いた。従って、破断ループの圧力容器出口と循環ポンプ吸込側の間に、破断ユニットと急速遮断弁の機器が設置されている。これらの破断用機器は今回の特性試験では作動しないが、しかし破断ループの流動抵抗を高める作用を及ぼしている。なお、この配管系統は、ループの曲がり角を少くした改造（79年7月）後のものである。本装置には2つの再循環ループに各2台、計4台のジェットポンプ（図2）が設置されているが、設計上はいずれも同一形状のものである（全長に差があるが、ジェットポンプ下部の同一口径配管を含めると同じである）。ジェットポンプの吸込側と吐出側は配管により、それぞれダウンカマ-と下部プレナムに接続されている。

試験条件としては、常温水（25～40℃）を用い、系圧力は4.5～18 kg/cm²Gの範囲で、循環ポンプ流量は150～450 ℓ/minの範囲で一定値に設定した。今回の特性試験では、ジェットポンプ駆動ノズルの長さを調節できる構造になっているので、ノズル先端とスロート端との距離を3種類（8 mm, 12 mm, 17 mm）変化させ、その影響もみた。

定常の水単相流下において正流特性（MN特性）を調べるには、ジェットポンプの駆動側、吸込側、吐出側の各流量と全水頭がわかればよい。駆動流量と吐出流量は測定値から求め、吸込流量は両者の差として求まる。定常状態の全水頭は、それぞれの部分の静圧及び動圧項の和として求まる。この特性試験に用いた計測系統を表1に示す。計測データはデータ収録装置

1. は じ め に

本報告は、商用BWRの冷却材喪失事故（LOCA）とECCSの性能を模擬するために作られたROSA-Ⅲ試験装置に設置されている4台のジェットポンプについて、その特性試験の結果をまとめたものである。ジェットポンプはBWRのLOCA/ECCS現象において非常に重要な役割を果たす機器である。ROSA-Ⅲ試験装置では、圧力容器のダウンカマ-間隙が狭いためにジェットポンプはダウンカマ-内には設置されず、圧力容器の外に設置されている点を実炉と大きく異なる点の1つである。ジェットポンプの特性のうち、破断前の運転状態から破断初期にかけて循環流量に影響を及ぼすのが順流特性（M-N曲線）であり、破断後に吐出側から吸込側へ逆流が生じる過程で炉心流れに影響を及ぼすのはジェットポンプの逆流特性である。本報告ではROSA-Ⅲのジェットポンプについての正流特性を前半に、逆流特性を後半にまとめた。

2. ジェットポンプ正流特性試験

2.1 試験装置および方法

試験装置はROSA-Ⅲ装置（図1）を用いた。圧力容器を常温水で満たし、両再循環ループの循環ポンプを回転させ、ループ及び圧力容器内の流れを生じさせる。本装置は破断モードによって配管系統が異なるが、この特性試験では再循環ポンプ吸込側破断用の配管系統を用いた。従って、破断ループの圧力容器出口と循環ポンプ吸込側の間に、破断ユニットと急速遮断弁の機器が設置されている。これらの破断用機器は今回の特性試験では作動しないが、しかし破断ループの流動抵抗を高める作用を及ぼしている。なお、この配管系統は、ループの曲がり角を少くした改造（79年7月）後のものである。本装置には2つの再循環ループに各2台、計4台のジェットポンプ（図2）が設置されているが、設計上はいずれも同一形状のものである（全長に差があるが、ジェットポンプ下部の同一口径配管を含めると同じである）。ジェットポンプの吸込側と吐出側は配管により、それぞれダウンカマ-と下部プレナムに接続されている。

試験条件としては、常温水（25～40℃）を用い、系圧力は4.5～18 kg/cm²Gの範囲で、循環ポンプ流量は150～450 l/minの範囲で一定値に設定した。今回の特性試験では、ジェットポンプ駆動ノズルの長さを調節できる構造になっているので、ノズル先端とスロート端との距離を3種類（8 mm, 12 mm, 17 mm）変化させ、その影響もみた。

定常の水単相流下において正流特性（MN特性）を調べるには、ジェットポンプの駆動側、吸込側、吐出側の各流量と全水頭がわかればよい。駆動流量と吐出流量は測定値から求め、吸込流量は両者の差として求まる。定常状態の全水頭は、それぞれの部分の静圧及び動圧項の和として求まる。この特性試験に用いた計測系統を表1に示す。計測データはデータ収録装置

に収録し、このほかプロセス制御用計器の指示も記録した。ROSA-IIIの計測については別途報告書⁽¹⁾を参照されたい。

2.2 試験結果と考察

ジェットポンプの理論⁽²⁾によると、ジェットポンプの効率(η)は、 G_a , G_b を駆動側、吸込側の重量流量、 H_e , H_{ai} , H_{bi} をそれぞれ吐出側、駆動側上流、吸込側上流の全水頭として次式で与えられる(図3)。

$$\eta = \frac{G_b}{G_a} \times \frac{H_e - H_{bi}}{H_{ai} - H_e} \equiv M \times N \quad (1)$$

$$\begin{cases} M = G_b / G_a \equiv Q_b / Q_a & (2) \\ N = (H_e - H_{bi}) / (H_{ai} - H_e) & (3) \end{cases}$$

但し Q_a , Q_b は駆動側と吸込側の体積流量である。

ジェットポンプの作動流体が水単相の場合には駆動流体と吸込流体の比重量(γ)の差が微小であるので、重量流量の比を体積流量の比で与えることができる。また、各部の全水頭は定常状態では静圧項と動圧項の和として与えられるので、N値は次の様になる。

$$N = \frac{(P_e - P_{bi}) + \frac{1}{2g} (\gamma_e v_e^2 - \gamma_{bi} v_{bi}^2)}{(P_{ai} - P_{bi}) - (P_e - P_{bi}) + \frac{1}{2g} (\gamma_{ai} v_{ai}^2 - \gamma_e v_e^2)} \quad (4)$$

$$\cong \frac{\Delta P_2 + \frac{\gamma}{2g} (v_e^2 - v_{bi}^2)}{\Delta P_1 - \Delta P_2 + \frac{\gamma}{2g} (v_{ai}^2 - v_e^2)} \quad (5)$$

但し、 $\Delta P_1 = P_{ai} - P_{bi}$, $\Delta P_2 = P_e - P_{bi}$

添字 ai, bi, eはそれぞれ駆動流入口, 吸込流入口, 吐出側を示す。

ここで、吐出側、駆動側、吸込側の流速は、それぞれの差圧検出端の位置における流路面積 ($1.92 \times 10^{-3} \text{m}^2$, $9.29 \times 10^{-4} \text{m}^2$, $1.92 \times 10^{-3} \text{m}^2$)と体積流量とから求める。

次に、ROSA-III装置に設置されている4台のジェットポンプについての計装を図4-a, bに示す。各ジェットポンプの吐出流量は各ジェットポンプ吐出部のオリフィス流量計で、また駆動流量は以下の方法でそれぞれ求める。ROSA-IIIでは、1つの主循環ポンプで2台のジェットポンプを駆動する。例えば健全ループについて、MRP-1を通過する体積流量を Q_1 , JP-1, 2に入る駆動流量を Q_2 , Q_3 とすると次の関係が成りたつ。

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

一方、駆動流量と駆動部と吸込部の差圧との間には、ほぼ $\Delta P \propto Q^2$ の比例関係が成りたつ

として、

$$\frac{Q_2}{Q_3} = \sqrt{\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2}}$$

但し ΔP_1 、 ΔP_2 はそれぞれJP-1、JP-2の駆動部-吸込部差圧である。従って

$$Q_2 = \frac{1}{1 + \sqrt{\Delta P_2 / \Delta P_1}} Q_1$$

$$Q_3 = \frac{1}{1 + \sqrt{\Delta P_1 / \Delta P_2}} Q_1$$

実際上は、JP-1とJP-2における駆動部-吸込部の差圧はほぼ等しいので、 $Q_2 \cong Q_3 \cong \frac{1}{2} Q_1$ となる。

なお、ジェットポンプの正流(M-N)特性は、駆動流と吸込流の運動量伝達のしかた(混合のしかた)に依存すると思われるところから、この混合のしかたに影響すると思われるジェットポンプ駆動ノズルの長さをもパラメータとした。通常のジェットポンプでは、駆動ノズル口径に対して、ノズル先端とスロート入口の間の距離が1~2倍位の場合が多いということから、その距離を8.0、12.0、17.0 mmとした場合の3ケースについて正流特性を調べた(駆動ノズル口径は8.3 mm)。図5~7及び表2~4にこれらの試験結果を示す。

これらの結果から次のことがわかる。

- ① 健全ループのジェットポンプ(JP-1, 2)と破断ループのジェットポンプ(JP-3, 4)とを比べると、両者のM値(流量比)は大差ないが、N値は後者の方が20%前後小さく、従ってポンプ効率は前者がよくなっている。N値の差はJP-1と2、あるいはJP-3と4ではほとんど生じていない。
- ② ジェットポンプ4台とも、M値が変化してもN値はあまり変化していない。このため実炉のM-N特性⁽³⁾とは傾向がややずれているようである。
- ③ ジェットポンプ1と2では、低流量時に流れが偏るため両者のM値に大きなバラソキが出る。高流量時にはJP-1, 2の差は小さくなり、実炉特性に近づいている。
- ④ ジェットポンプ3と4のM値のバラツキは、L=12 mmの場合を除きジェットポンプ1, 2より小さい。ジェットポンプ3, 4の特性を実炉の特性と比べると、ややずれている。
- ⑤ 駆動ノズル先端とスロート入口との距離(L)を3種類変えた場合の影響は顕著にはみられなかった。
- ⑥ N値を求める際に動圧項を無視した場合の値(N_1^* , N_2^*)とN値を比較すると、前者の方は3~4%小さい値となっている。

なお、ジェットポンプ1, 2(JP-1, 2)の特性と、ジェットポンプ3, 4(JP-3, 4)の特性に明確な差が生じているが、これは次の理由によるものである。つまり、表2-a, 2-bにおいて各ジェットポンプの吐出部-吸込部差圧(ΔP_3 , ΔP_4)と、駆動部-吸込部差

圧と吐出部-吸込部差圧の差 ($\Delta P_1 - \Delta P_3$, $\Delta P_2 - \Delta P_4$) を調べてみるとわかるように、JP-3, 4 では ΔP_3 あるいは ΔP_4 が若干小さく ($0.03 \sim 0.4 \text{ kg/cm}^2$ 位)、かつ、 $\Delta P_1 - \Delta P_3$ 、あるいは $\Delta P_2 - \Delta P_4$ の値は若干大きい ($0.2 \sim 1.3 \text{ kg/cm}^2$) ことによる。ところで破断ループと健全ループで構造上異っているのは、破断ループにはダウンカマ-から再循環ポンプ吸込側までの配管部に破断ユニットが挿入されている点と、JP-3, 4 の吐出側合流部 (Y字路) 下流に (電動) 弁が1ヶ取りつけられている点の2つである。従って破断ループでは健全ループに比べてMRP-2吸込側圧力が相対的に低く、MRP-2吐出側では相対的に高くなり、両ループと圧力容器の接続部分での圧力は等しくなっている。JP-3, 4 の $\Delta P_1 - \Delta P_3$ 、 $\Delta P_2 - \Delta P_4$ がJP-1, 2 に比べて大きいのはこのためである。一方、吸込側配管の構造から考えて各ジェットポンプ吸込側圧力はほぼ同じ大きさと推定されるが、吸込流量はJP-3, 4の方がわずかに (1~5%) 大きいことから、JP-3, 4の吸込側圧力がJP-1, 2に比べて若干低くなると考えられる。以上のことから、JP-3, 4とJP-1, 2のMN特性の相違は、ジェットポンプ自体の相違というよりも、破断ループと健全ループの配管抵抗の相違に基づくジェットポンプ回りの圧力分布の相違によるものといえよう。

以上まとめると、ROSA-IIIのジェットポンプは実炉のジェットポンプに比べて小型であり、しかもダウンカマ-の外に置いているという違いはあるが、正流時のM-N特性としてはほぼ実炉条件に近いといえることができる。一方、低流量時には実炉のジェットポンプ特性からずれてくるし、健全ループと破断ループのジェットポンプ特性に相違が生じるということがわかった。今後更に正流特性試験を行うとすれば、M値、即ち吸込流量と駆動流量の比をもっと変化させること (例えば、JP-3, 4吐出側にある弁の開度を調節する) や、高温流体を使用した時のキャビテーションの問題等を調べることが考えられる。

3. ジェットポンプ逆流特性試験

ROSA-III試験装置においてBWRのLOCA模擬実験を行う場合、破断ループのJP-3, 4では直ちに逆流が生じるし、その後下部プレナムフラッシングが生じる時には健全ループのJP-1, 2も含めて逆流になり、特に後者の場合はジェットポンプの逆流抵抗の大きさが炉心部の流れに大きく影響するため、ジェットポンプにおける逆流時の抵抗を評価することは重要である。二相流条件下の上記抵抗を測定することは現時点ではできないので、单相流条件下における抵抗係数を求め、基礎資料を作ることを目的にして標記逆流特性試験を行った。なお、ROSA-IIIのジェットポンプはダウンカマ-の外側に置いてあり、ダウンカマ-と吸込部の間を、そして吐出部と下部プレナムの間を配管で接続しているので、これらの抵抗をも合わせて調べるため、以下の4つの特性試験を行った。

- (1) JP-1について、吐出側から吸込側に水を流す場合 (駆動側をメクラにする)
- (2) JP-1について、吐出側から駆動側へ水を流す場合 (吸込側をメクラにする)
- (3) JP-1, 2について、駆動流量をパラメータにして吐出側から吸込側へ水を流す場合
- (4) JP-3, 4について、Y字路を含めて吐出側から吸込側へ水を流す場合 (駆動側をメク

圧と吐出部-吸込部差圧の差 ($\Delta P_1 - \Delta P_3$, $\Delta P_2 - \Delta P_4$) を調べてみるとわかるように、JP-3, 4 では ΔP_3 あるいは ΔP_4 が若干小さく ($0.03 \sim 0.4 \text{ kg/cm}^2$ 位)、かつ、 $\Delta P_1 - \Delta P_3$ 、あるいは $\Delta P_2 - \Delta P_4$ の値は若干大きい ($0.2 \sim 1.3 \text{ kg/cm}^2$) ことによる。ところで破断ループと健全ループで構造上異っているのは、破断ループにはダウンカマ-から再循環ポンプ吸込側までの配管部に破断ユニットが挿入されている点と、JP-3, 4 の吐出側合流部 (Y字路) 下流に (電動) 弁が1ヶ取りつけられている点の2つである。従って破断ループでは健全ループに比べてMRP-2吸込側圧力が相対的に低く、MRP-2吐出側では相対的に高くなり、両ループと圧力容器の接続部分での圧力は等しくなっている。JP-3, 4 の $\Delta P_1 - \Delta P_3$ 、 $\Delta P_2 - \Delta P_4$ がJP-1, 2 に比べて大きいのはこのためである。一方、吸込側配管の構造から考えて各ジェットポンプ吸込側圧力はほぼ同じ大きさと推定されるが、吸込流量はJP-3, 4の方がわずかに (1~5%) 大きいことから、JP-3, 4の吸込側圧力がJP-1, 2に比べて若干低くなると考えられる。以上のことから、JP-3, 4とJP-1, 2のMN特性の相違は、ジェットポンプ自体の相違というよりも、破断ループと健全ループの配管抵抗の相違に基づくジェットポンプ回りの圧力分布の相違によるものといえよう。

以上まとめると、ROSA-IIIのジェットポンプは実炉のジェットポンプに比べて小型であり、しかもダウンカマ-の外に置いているという違いはあるが、正流時のM-N特性としてはほぼ実炉条件に近いといえることができる。一方、低流量時には実炉のジェットポンプ特性からずれてくるし、健全ループと破断ループのジェットポンプ特性に相違が生じるということがわかった。今後更に正流特性試験を行うとすれば、M値、即ち吸込流量と駆動流量の比をもっと変化させること (例えば、JP-3, 4吐出側にある弁の開度を調節する) や、高温流体を使用した時のキャビテーションの問題等を調べることが考えられる。

3. ジェットポンプ逆流特性試験

ROSA-III試験装置においてBWRのLOCA模擬実験を行う場合、破断ループのJP-3, 4では直ちに逆流が生じるし、その後下部プレナムフラッシングが生じる時には健全ループのJP-1, 2も含めて逆流になり、特に後者の場合はジェットポンプの逆流抵抗の大きさが炉心部の流れに大きく影響するため、ジェットポンプにおける逆流時の抵抗を評価することは重要である。二相流条件下の上記抵抗を測定することは現時点ではできないので、单相流条件下における抵抗係数を求め、基礎資料を作ることを目的にして標記逆流特性試験を行った。なお、ROSA-IIIのジェットポンプはダウンカマ-の外側に置いてあり、ダウンカマ-と吸込部の間を、そして吐出部と下部プレナムの間を配管で接続しているので、これらの抵抗をも合わせて調べるため、以下の4つの特性試験を行った。

- (1) JP-1について、吐出側から吸込側に水を流す場合 (駆動側をメクラにする)
- (2) JP-1について、吐出側から駆動側へ水を流す場合 (吸込側をメクラにする)
- (3) JP-1, 2について、駆動流量をパラメータにして吐出側から吸込側へ水を流す場合
- (4) JP-3, 4について、Y字路を含めて吐出側から吸込側へ水を流す場合 (駆動側をメク

ラにする)

試験装置は上記4つの場合に対応して組み変えているので、3.1では試験装置毎に説明するが、3.2ではむしろコンポーネント毎に特性をまとめた。

3.1 試験装置および方法

3.1.1 吐出側から吸込側へ流す場合 (JP-1)

図8にJP-1, 2の逆流特性用試験装置を示す。これはROSA-III装置を用いているが、破断ループのJP-3, 4の吐出流をJP-1の吐出部へ導き(特性試験用の配管使用)、JP-2を取りはずしている点だけが通常運転時の配管系統(図1参照)と異っている。そしてこの逆流特性試験では図8から更にJP-1の駆動側をメクラにし、吐出部へ入った流れを全部吸込側配管を経てダウンカマ-にもどすように変更した。

試験は圧力容器内に常温水(温度20°C前後)を入れMRP-2を回転させ、MRP-2吐出流量を一定にした状態で2~3分間放置し、系の流れが安定したことを確認した上で各部の流量、差圧を測定(データックに収録)した。圧力は大気圧(PV水位が81%=5.58mの場合)および9~17 kg/cm² G (PV水位100%=6mの場合)に設定した。JP-1の吐出部へ流入する流量を変化させる場合、目安とするMRP-2吐出流量で240 l/minから20 l/minおきに440 l/minまで変化させた(図10~13参照)。この時の計測系統は表1に示してある。なお、この吐出→吸込特性のデータのうち、吸込部とダウンカマ-部の圧損を測定したのは一部のケース(24~35, 78~99)だけである。そしてこの場合は、吸込部とダウンカマ-部差圧(Ch. 389)の範囲を(-2.0~+0.5 kg/cm²)に変更した。

3.1.2 吐出側から駆動側へ流す場合 (JP-1)

この特性試験の場合には、図8に示した装置においてJP-1吸込側をメクラにし、吐出側へ入った流量を全部駆動側へ流すようにした。しかしJP-3, 4の吐出部からJP-1を経てMRP-1を通りダウンカマ-に至る径路の流動抵抗(特にJP-1駆動ノズル)が非常に大きいため、JP-3, 4の吐出部の圧力がPV内の圧力より数気圧高くなり、これらのジェットポンプの駆動流が吸込側からPV側へ流れてしまうことがわかった(ケース37, 38)。このため、JP-3, 4の吸込側をメクラにして再試験を行った(ケース39~45)。この場合にはJP-1に流入する流量は目安とするMRP-2吐出流量で80 l/min~200 l/minの範囲でデータが得られた(図15参照)。水温は20~35°C, PV圧力は9~10 kg/cm² Gであった。収録した計測系統は表1に示してある。

3.1.3 駆動流量をパラメータとし、吐出側から吸込側へ流す場合 (JP-1, 2)

この場合の試験装置は図8の通りである。JP-2の試験を行う場合には、JP-1とJP-2を入れかえて行った。JP-1(2)において、MRP-1を回転し駆動流量を与えると吐出側から流入する流れが押し止められるので、MRP-1の吐出流量はあまり大きくとれなかった。従って、MRP-1流量をパラメータにしてJP-1(2)の逆流特性を十分調べる程のデータ

点数は得られず、若干の傾向を見る範囲にとどまっている。MRP-2 吐出流量は 240 l/min ~ 440 l/min , MRP-1 吐出流量は 0 l/min ~ 142 l/min の範囲で変化させた (図16,17)。水温は約 $20 \sim 50^\circ\text{C}$, PV 圧力は $9 \sim 20 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ である。PV 水位は 100% (満水状態・水位 6.04 m) である。収録した計測系統は表 1 に示してある。

3.1.4 JP-3, 4 の逆流特性試験

この特性試験は、破断ループのジェットポンプ、JP-3, 4 についての逆流特性 (吐出部から吸込側へ流れる場合で、駆動側はメクラにしている) を得ることと、ジェットポンプ吐出部下方にある Y 字路の逆流抵抗も測定するために行ったものである。JP-3, 4 の下方にある Y 字路と、JP-1, 2 の下方にある Y 字路とは形状、寸法が同じであるが、前者の場合には Y 字路の合流部下方に弁が 1 ヶ設置されているという違いはある。JP-1, 2 下方にある Y 字路部分の逆流特性に適用する際にはこの点の違いを考慮する必要がある。

図 9 にこの特性試験用の装置を示す。ROSA-III 装置を用い、健全ループ側は使用しないで、MRP-2 の吐出流を直接 JP-3, 4 の下方にある Y 字路に導き、そこから JP-3, 4 の吐出側、吸込側を経て PV にもどる閉ループを構成している。MRP-2 吐出流量測定部の下流側から Y 字路へ接続する配管系統はこの特性試験用に作成したものである。試験方法は、MRP-2 を回転させ、 160 l/min から 20 l/min おきに 560 l/min まで MRP-2 吐出流量を変え、その際の各部差圧を求めた (図 19~21)。この時の計測系統は表 1 に示してある。なお、逆流に対応して差圧計の測定レンジを変更したのは Ch. 394 (D-24, 旧 $0 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$, 新 $-1.0 \sim 0 \text{ kg/cm}^2$) と、Ch. 395 (D-25, 旧 $-5.0 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$, 新 $-1.0 \sim 5.0 \text{ kg/cm}^2$) の 2 つである。Ch. 393~395 の 3 つの差圧計は、差圧計検出端が 2 つの破断口 (A, B) 間で入れ変っており、この時点で測った位置は以下の通りである。

Ch. 393 ダウンカメラ底部 ~ 破断口 A

Ch. 394 破断口 B ~ 破断口 A

Ch. 395 破断口 B ~ MRP-2 吸込側

3.2 試験結果と考察

ジェットポンプの逆流特性試験は、前述のように JP-1, 2 と JP-3, 4 に分けて行われたが、構造的にはいずれも同等である (図 2-a では、全長 (L^*) に違いがあるが、吐出部下方には吐出部と同径の配管が接続されており、差圧計の設置位置の高さはどのジェットポンプでも同じになっている) ので、ここでは以下に示すように各部の圧損特性毎にデータを検討した。各試験データのうち、特に必要と考えられるものについては表 5~9 に示した。ここで、差圧のデータは、流量零の場合の差圧を差引いたものであり、純粋に圧力損失分と見なすことができる。

3.2.1 吐出部 ~ 吸込部間の逆流圧損特性 (JP-1, 3, 4)

JP-1 と JP-3, 4 の吐出部 ~ 吸込部間の圧損とそこを通過する体積流量との関係を示し

たのが図10~12, 表5-a~5-cである。JP-1については同じ試験を3度(ケース1~12, ケース13~23, ケース24~35)行ったが, 圧損と流量の関係はほとんど同じであり, 再現性はよかった。また, JP-3と4の圧損と流量の関係を比べると, 両者に若干の系統的差はあるが, ほぼ同等な圧損特性になっていることがわかる。

次に, JP-1とJP-3, 4の特性を比べる。流量の測定範囲はほとんどダブっていないが, 互いに外挿してみると, JP-1の圧損の方が若干大きく, 流量600ℓ/minのあたりでJP-1とJP-3, 4の圧損が等しくなっている。また, JP-3, 4の方は圧損と流量の関係がほぼ2乗比例(正確には1.9乗)であるが, JP-1の方は1.6乗比例になっており, やや傾向が異なっていることがわかる。構造上の相違は両者の間にないので, 考えられる問題は差圧計の誤差か, それとも流量計の系統誤差によるものであろう。前者については, 差圧計は測定範囲の等しい同種計器であるので系統誤差は生じにくいと考えられる。またテスト前に零点, ゲインの調整を行っている。後者の場合, JP-1の逆流試験と, JP-3, 4の逆流試験の場合に, 測定している流量計が異っており, JP-1ではJP-3とJP-4の吐出流量の合計値(順流方向の流量計の指示, $F_{19} + F_{21}$)を用いているが, JP-3, 4では, それぞれの吐出部逆流流量計の指示(それぞれ F_{20} , F_{22})を用いている。異なる流量計を用い, しかも片方は流量計の指示の和をとるということが前述の相違に影響していると思われる。一般的には流量の和をとっているJP-1の方に誤差は大きく生じるであろう。

さて, ジェットポンプの逆流時の抵抗係数(K)を次の式から求める。

$$K = \Delta P / \left(\frac{\gamma}{2g} v^2 \right)$$

ここに ΔP は吐出部と吸込部との間の差圧から静水頭分を差し引いた圧力損失, γ は流体の比重量(1000kg/m³とする), v はジェットポンプスロート(内径19.3mm)部の流速である。前に述べたように, 試験データは正確な2乗比例になっていないが, ここでは2乗比例と考えた場合のKの値の最大値と最小値を測定範囲内で求めることにする。この結果は以下の通りである。

$$\text{JP-1} : 0.65 \leq K \leq 0.98$$

$$\text{JP-3} : 0.68 \leq K \leq 0.89$$

$$\text{JP-4} : 0.63 \leq K \leq 0.67$$

いずれも流量が大きくなるとK値は小さくなる傾向がある。JP-2について, 駆動側をメクラにし, 吐出部へ入った流量を全て吸込側へ流す試験は行っていないが, 3.2.3に示す逆流特性がJP-2でほぼ同様の結果となっており, 構造的にはJP-1と同じであるので, 恐らくJP-2の逆流抵抗係数はJP-1と同様の値となると考えられる。

一方, ジェットポンプの構造(図2-b参照)から計算により抵抗係数を求めると以下のようになる。JP-1~4の場合に, 吐出部差圧検出端から, ①単管部(内径0.0495m ϕ , 長さ0.098m), ②せばまり部(内径0.0495m ϕ →0.0193m ϕ , 長さ0.285m), ③単管部(内径0.0193m ϕ , 長さ0.1m), ④広がり部(面積 $A_1 = 2.93 \times 10^{-4} \text{m}^2 \rightarrow A_2 = 1.92 \times 10^{-3} \text{m}^2$, 長さ0.05m, 角度33度), ⑤単管部(二重円筒部, 等価直径 $D_e = 0.026\text{m}$, 長さ約0.04m)と分

けられ、それぞれの抵抗係数は、

$$\textcircled{1}: K_1 = 0.015 \times (\ell/d) \cong 0.03$$

$$\textcircled{2}: K_2 = 0.05 \text{ (機械工学便覧)}^{(3)}$$

$$\textcircled{3}: K_3 = 0.013 \times (\ell/d) \cong 0.07$$

$$\textcircled{4}: K_4 = 0.8 \times (1 - A_1/A_2)^2 = 0.57$$

$$\textcircled{5}: K_5 = 0.015 \times (\ell/d) = 0.02$$

これらを合計すると

$$K = \sum_{i=1}^5 K_i = 0.74$$

となり、実験的に求めたK値にかなり近いものである。なお、ROSA-III がモデルとしている実炉のジェットポンプ逆流抵抗 (BWR/6用, 5ノズル, フルスケール)⁽⁵⁾ は実験的に求められており、そこではスロート部の流速に換算して

$$K = 0.75$$

という値が示されている。この場合の差圧は吸込部とディフューザ一部下流との間で測られており、位置的にはROSA-III の差圧測定位置と同様の場所であることを考えると、実炉の逆流抵抗ともROSA-III ジェットポンプの逆流抵抗はかなりよい一致を示しているといえることができる。

3.2.2 吸込部～ダウンカメラ間の逆流圧損特性 (JP-1, 3, 4)

JP-1とJP-3, 4について、駆動側をメクラにし、吐出部から吸込部へ流体を流す時のジェットポンプ吸込側配管部の逆流抵抗を求めたのがケース24～35, ケース79～99であり、この結果が図11 (D-19) と図13である (表5-c, 9-a, 9-b参照)。3.2.1で述べたように、JP-1逆流試験時の通過流量はJP-3, 4の合計吐出流量 (正方向, F19+F21) であり、JP-3, 4の逆流試験時の通過流量はそれぞれのジェットポンプ下方についている流量計 (F20, F22) で求めた値である。従ってJP-1の場合には通過流量が多く、流量範囲はJP-3, 4の場合とほとんど重複してはいない。ROSA-III のジェットポンプ吸込側配管は実炉にはないものであり、従ってこの配管部の流動抵抗は小さければ小さいほど実炉条件に近づくものである。

JP-1のデータとJP-3, 4のデータを比べると、JP-3, 4の延長とJP-1の最大流量時の値とが一致するが、互いに若干傾向のずれがある。この原因は3.2.1で述べたように主として流量測定上の問題によるものと考えられる。健全ループと破断ループのジェットポンプ吸込側配管の間に構造上の相違はなく、また全てのジェットポンプについて対称的である。図14に示すように、吸込側配管は1½B管からレデューサーを経て2½B管へ接続されているが、抵抗係数を求める上ではどちらかの配管部の流速に換算する必要がある。ここでは2種類の管径について抵抗係数を求めてみる。スケジュール80の1½B管と2½B管の内径はそれぞれ0.0384 m, 0.062 mであり、流路面積に換算するとそれぞれ $1.16 \times 10^{-3} \text{ m}^2$, $3.02 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ である。

JP-1 については次の抵抗係数となる。

$$1 \frac{1}{2} \text{B管の場合} \quad 5.7 \leq K \leq 8.5$$

$$2 \frac{1}{2} \text{B管の場合} \quad 39 \leq K \leq 57$$

但し、いずれの場合も、抵抗係数の最小値は通過流量の最大の場合に、そして抵抗係数の最大値は通過流量の最小の場合に相当している。JP-3, 4 についても同様の値となっている。

$$1 \frac{1}{2} \text{B管の場合} \quad 6.2 \leq K \leq 9.3$$

$$2 \frac{1}{2} \text{B管の場合} \quad 42 \leq K \leq 63$$

ジェットポンプ吸込側配管が場所によって管径が異なるためこのような抵抗係数の差が生じている。実際には次式のようにそれぞれの管径の部分で抵抗係数を求めなくてはならないわけであるが、同一管径の部分の圧力損失を個々に測っていないため、それらを別々に求めることはできない。

$$\Delta P = \Delta P_{1\frac{1}{2}} + \Delta P_{2\frac{1}{2}}$$

$$\begin{cases} \Delta P_{1\frac{1}{2}} = K_{1\frac{1}{2}} \times \frac{\gamma}{2g} v_{1\frac{1}{2}}^2 & : 1 \frac{1}{2} \text{B管の部分の圧損} \\ \Delta P_{2\frac{1}{2}} = K_{2\frac{1}{2}} \times \frac{\gamma}{2g} v_{2\frac{1}{2}}^2 & : 2 \frac{1}{2} \text{B管} \quad " \end{cases}$$

なお、ここで上記特性試験の結果とは別に、ジェットポンプ吸込側配管の構造から抵抗係数を求めると次のようになる。ジェットポンプ吸込部からPVまでの配管を

- (イ) JP-1 吸込部差圧測定端から吸込配管入口（逆流時）まで
(駆動ノズルを中心にして、互いに180度の位置)
- (ロ) 吸込側配管入口部急縮少部
- (ハ) 吸込側配管入口から90度エルボまでの1 $\frac{1}{2}$ B管
- (ニ) 1 $\frac{1}{2}$ B管の中の90度エルボ部分
- (ホ) 1 $\frac{1}{2}$ B管から2 $\frac{1}{2}$ B管へのディフューザ一部
- (ヘ) 2 $\frac{1}{2}$ B管のT字路
- (ト) T字路からPVまでの2 $\frac{1}{2}$ B管（90度エルボ部を除く）
- (チ) 2 $\frac{1}{2}$ B管の90度エルボ
- (リ) 吸込側配管出口からPVへの急拡大部

と分け、その抵抗係数を求めると次のようになる。但し、(イ)の場合の抵抗係数は K_1 （未定）としておく。

$$(ロ) K_2 = 0.50$$

$$(ハ) K_3 = \lambda \times \ell/D = 0.12$$

$$\lambda = 0.3164 \times Re^{-\frac{1}{4}} = 0.015$$

$$\ell/D \cong 0.3/0.0384 = 7.8$$

$$(ニ) K_4 = 1.13$$

$$(4) K_5 = \xi \left\{ 1 - (A_1/A_2) \right\}^2 = 0.23$$

$$\xi = 0.6, \quad A_1/A_2 = 0.384$$

$$(5) K_6 = 1.29$$

$$(6) K_7 = \lambda \times \ell/D = 0.29$$

$$\lambda = 0.015, \quad \ell/D \cong 1.2/0.062 = 19.4$$

$$(7) K_8 = 1.13$$

$$(8) K_9 = \xi \left\{ 1 - (A_1/A_2) \right\}^2 = 1.0$$

$$\xi = 1.0, \quad A_1/A_2 \cong 0$$

これらの値は、いずれも参考文献(4)をもとにした。

この抵抗係数を $1\frac{1}{2}$ B管 (流速 v_1)、 $2\frac{1}{2}$ B管 (流速 v_2) の流速で整理すると、それぞれ、

$$K = \sum_{i=1}^5 K_i + \sum_{i=6}^9 K_i \times \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2 = K_1 + 2.5$$

($1\frac{1}{2}$ B管で換算)

$$K = \sum_{i=1}^5 K_i \times \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^2 + \sum_{i=6}^9 K_i = 6.8 K_1 + 17.1$$

($2\frac{1}{2}$ B管で換算)

この抵抗係数を特性試験結果から求めた値と比較すると JP-1 の場合には $K_1 \cong 3 \sim 6$ 、JP-3、4 の場合には $K_1 = 3 \sim 7$ のときに両者は一致することがわかる。この K_1 の値は、ジェットポンプ吸込部の構造から推察するとかなり大きいように思われる。もしこの K_1 の値が正しいとすれば、それは吸込部を逆流する流体の流れが偏っているためではないかと考えられる。

3.2.3 吸込部～駆動部間の逆流圧損特性 (JP-1)

ジェットポンプ吸込側をメクラにした上で、吐出側から駆動ノズルを逆流させる流れを作るためには、駆動ノズル部の非常に大きな圧損に打ち勝つだけの圧力勾配が必要となる。実際、JP-1 について行われた試験では、MRP-2 ポンプの最大出力でも 200 l/min の流量しか流すことができなかった。また、この試験では JP-3、4 の吸込側をメクラにし、MRP-2 で駆動した流体を全て JP-1 吐出側に流した (ケース 39~45) が、これとは別に、JP-3、4 の吸込側を PV に接続した場合には、JP-1 の流動抵抗が大きすぎて JP-3、4 の駆動側から注入された流体が吐出側へほとんど流れず、逆に吸込側を経て PV へ流れてしまった (ケース 37, 38)。

JP-1 について、通過流量 Q (MRP-2 出口部流量: プロセス計器) と、吸込部～駆動部間の圧力損失 ($D-7$) との関係を示したのが図 15 と表 6 である。JP-3、4 の吐出部には流量計 (F19, F21) がついているが、その流量が 100 l/min 以下であり、流量計の不感帯に入っている所以他们を利用することはできない。

図からわかるように、JP-1 通過流量が 123 l/min のあたりを境に、流動抵抗が大きく異なっている。その流量より小さい所ではほぼ $\Delta P \propto Q^2$ となっているが、それ以上ではおよそ

$\Delta P \propto Q^{3.8}$ となっている。この原因はよくわからないが、ジェットポンプ駆動ノズルの構造に起因する流動様式の変化によるものであろう（流動抵抗が変わる所の駆動ノズル流速は37 m/sec, レイノルズ数にして 4.4×10^5 である）。

駆動ノズル部で減圧による気泡発生があるかどうかを検討してみる。JP-1 通過流量が122 l/min のとき、PV圧力は9.4 kg/cm²G, 流体温度22.4°C（飽和圧力0.027 kg/cm²G）である。MRP-2 吐出-吸込差圧が5.67 kg/cm²G, JP-3, 4 の駆動-吸込差圧は約1.7 kg/cm², JP-1 の駆動-吸込差圧は3.9 kg/cm²であり、その他の部分の圧損はかなり小さいものと考え、JP-1 駆動ノズル部の静圧は

$$9.4 - \frac{\gamma}{2g} \times (37 \text{ m/sec})^2 = 2.4 \text{ kg/cm}^2 \gg 0.027 \text{ kg/cm}^2$$

となる。この静圧は水の飽和圧力（0.027 kg/cm²）よりもかなり大きいから、そこで気泡発生は生じていないものと考えられる。

上記のような流動抵抗の変化があることについては、今後更に詳しい検討が必要である。

3.2.4 駆動流がある場合の吐出-吸込逆流圧損特性（JP-1, 2）

3.1.3 に示す試験方法で、JP-1（およびJP-2）の駆動流をパラメータとし、吐出側から吸込側へ流体を流した時の圧損特性を調べた。駆動流がある値以上に大きくなると、吐出側から逆流入することができなくなる。この試験ではJP-3, 4 の吐出部流量計の不感帯にかからない範囲で、JP-1 吐出部への流入量を求めた（ケース46~58, ケース59~77）。

この結果を図16, 17 と表7, 8 に示す。パラメータとしているMRP-1 流量の中で、 $Q'=0$ というのは流量が実際に零であることを確認したのではなく、MRP-1 の回転を停止したという場合であり、吐出側から流入した流体の一部が駆動側へ逆流している場合もあるかもしれない。しかし $Q'=80 \sim 140$ l/min の場合はMRP-1 吐出部流量計で測定した流量がJP-1 駆動ノズルを経てJP-1 に流入している。吐出側への流入量は230 l/min ~ 600 l/min の範囲で変化させた。

この結果から次のことがわかる。

- ① MRP-1 を回転させない場合（ $Q'=0$ ）の逆流特性は、3.2.1 の試験結果（ケース1~23）にかなり近い傾向を示すが、吐出部~吸込部間の圧力損失は前者の方が若干大きい値を示している。
- ② 駆動流量（ Q' ）が多いほど、また $Q'=一定$ でも吐出側からの流入量（ Q ）が小さいほど、①の特性からずれる。
- ③ この逆流特性は駆動流量（ Q' ）の変化に敏感である。
- ④ JP-1, 2 の特性はほぼ同じである。

より詳細な特性は、JP-1 吐出部流量を大きく変化させることにより得ることができよう。このためにはJP-3, 4 の吸込側配管をメクラにし、MRP-2 吐出部流量計の値を用いることや、MRP-2 吐出部からJP-3, 4 を経ずに直接JP-1 吐出部へ接続すること、あるいは流体の温度、圧力条件を上げてJP-1 吐出部体積流量を増加すること、等が考えられる。

3.2.5 破断ループ下部プレナム入口にあるY字路の逆流圧損特性 (JP-3, 4)

PV と破断ループのみを使用して行ったジェットポンプ逆流特性試験 (ケース78~99) では, JP-3, 4 の下部に接続されているY字型流路の逆流抵抗も測定した。Y字路の概略を図18に示す。差圧計検出端は, Y字路の合流部の下方と, JP-3, 4 吐出部とである。この試験結果は図19と表9に示すように, JP-3, 4 についてはほとんど同じ結果が得られている。JP-3, 4 の通過流量は, それぞれの吐出部下方についている逆流用流量計 (F 20, F 22) を用いた。図19からわかるように, 圧損と流量との関係は特に低流量下で2乗よりは若干ずれている。この測定データの範囲で抵抗係数 (K) を求めると次のようになる。但し, Y字路の配管径は2 B管, $2\frac{1}{2}$ B管, 3 B管と3種類に分れており, どの部分で流速を求めるかは決めがたい。そこで2 B, $2\frac{1}{2}$ B, 3 B管それぞれに対してK値を求めると以下のようなになる (それぞれの内径は0.0495m, 0.062m, 0.0739mである)。

	2 B	2.5 B	3 B
K値 (最小値)	3.5	8.5	1.7
K値 (最大値)	6.5	1.6	3.1

3.2.6 ダウンカマー~MRP-2までの流動抵抗 (JP-3, 4)

図9に示すように, ダウンカマー底部からMRP-2 吸込側までの順流時の圧損も, JP-3, 4 逆流試験時に測定している。参考までに以下にその結果を示す。なお, 図9からわかるように, ダウンカマー底部から破断口B (PV側) までの差圧は (D 23 - |D 24 |) で, 破断口A (ポンプ側) からMRP-2 吸込側までの差圧は, (D 25 - |D 24 |) で, また, 破断口A B間の差圧は |D 24 | で与えられる。この時の通過流量はMRP-2 吐出部流量計の指示を採用した。

試験結果を図20に, また上記の (D 23 - |D 24 |) と (D 25 - |D 24 |) を図21に示す (表9参照)。ダウンカマー底部からMRP-2 吸込側までの各部の抵抗係数を, 試験データの範囲で求めると以下のようなになる。

ダウンカマー底部~破断口B上流側 (PV側)

$$3.2 \leq K \leq 6.4$$

破断口A, Bの上流側の間

$$3.2 \leq K \leq 3.8$$

破断口A (ポンプ側) ~MRP-2 吸込側

$$3.2 \leq K \leq 3.8$$

3.2.7 MRP-2流量と逆流下のJP-3, 4流量の相互比較

本特性試験では, ROSA-III試験用の各部流量計を使用した。ROSA-III試験用の流量計としては, 表1に示す各ジェットポンプの吐出部に設けられたオリフィス型流量計 (JP-1, 2は正流方向のみ, JP-3, 4は正流, 逆流両方向ある。計6ヶ)に加えて, プロセス制御用としてMRP-1, 2の吐出部に設けられたベンチュリー型流量計の2ヶ, 合計8ヶの流量計がある。これらの流量計の測定精度 (公称値) は1%以下 (FS) であるが, 今回の特性試験におい

ては個別の検査はしていない。しかし、ケース 78～99 の特性試験においては、一つの流路に MRP-2 吐出部流量計と JP-3, 4 の逆流用流量計とが直列に接続されているので、それらとの間の相対比較は行うことができる(図 22)。この結果、JP-3, 4 の合計流量 ($Q^* = F 20 + F 22$) は若干少なめに出ていること、或いは MRP-2 吐出部流量が若干多めになっていることがわかった。この差は通過流量が少ないときには大きく ($Q = 160 \text{ l/min}$ で 19%), 通過流量が大きいときには小さい ($Q = 575 \text{ l/min}$ で 1.8%)。どちらがより正確かは個々に検査しなければならない。

4. 結 び

ROSA-III 試験装置に設置されている 4 台のジェットポンプについて、正流特性と逆流特性を調べた。これらの試験は常温水を用い、大気圧～ $20 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ 位の圧力範囲で行われた。

ROSA-III ジェットポンプの正流特性は、低流量下ではバラツキが生じるが、高流量下では実炉の特性に近づくことがわかった。破断ループと健全ループのジェットポンプの特性は、それぞれのループ特性によりジェットポンプ周辺の圧力分布が異なるために、やや傾向は異っている。

ジェットポンプの逆流試験は、吐出部→吸込部、吸込部→ダウンカマー、吐出部→駆動部の各部、およびジェットポンプ下流側の Y 字路について行われ、それぞれの部分の逆流抵抗係数が求められた。このうち、吐出部～吸込部の抵抗係数については、実炉の値に近いことがわかった。抵抗係数としては吸込側配管部がかなり大きいことがわかった。吐出部から駆動ノズルを経て駆動側へ水を流す場合、特性が急変する現象がみられた。この点については今後更に詳しい検討が必要である。

以上の特性試験はいずれも水単相流下の試験であり、ROSA-III 装置を用いた LOCA/ECCS における二相流条件下のジェットポンプ特性に直接役立てることはできない。二相流下の特性については、実験を行うことと、理論的にその特性をとらえる手法を見出すことが必要であろう。

謝 辞

本報告書を作成する上で安工第一研究室斯波室長より御指導頂いたことに謝意を表す。また、本特性試験の実施に当たった原子力エンジニアリングの朝日、小平、田村、関口、常井の各氏に、特に関口、常井両氏にはデータ処理についても援助を頂いたのでここに感謝の意を表す。

ては個別の検査はしていない。しかし、ケース 78～99 の特性試験においては、一つの流路に MRP-2 吐出部流量計と JP-3, 4 の逆流用流量計とが直列に接続されているので、それらの間の相対比較は行うことができる (図 22)。この結果、JP-3, 4 の合計流量 ($Q^* = F 20 + F 22$) は若干少なめに出ていること、或いは MRP-2 吐出部流量が若干多めになっていることがわかった。この差は通過流量が少ないときには大きく ($Q = 160 \text{ l/min}$ で 19%), 通過流量が大きいときには小さい ($Q = 575 \text{ l/min}$ で 1.8%)。どちらがより正確かは個々に検査しなければならない。

4. 結 び

ROSA-III 試験装置に設置されている 4 台のジェットポンプについて、正流特性と逆流特性を調べた。これらの試験は常温水を用い、大気圧～ $20 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ 位の圧力範囲で行われた。

ROSA-III ジェットポンプの正流特性は、低流量下ではバラツキが生じるが、高流量下では実炉の特性に近づくことがわかった。破断ループと健全ループのジェットポンプの特性は、それぞれのループ特性によりジェットポンプ周辺の圧力分布が異なるために、やや傾向は異っている。

ジェットポンプの逆流試験は、吐出部→吸込部、吸込部→ダウンカマー、吐出部→駆動部の各部、およびジェットポンプ下流側の Y 字路について行われ、それぞれの部分の逆流抵抗係数が求められた。このうち、吐出部～吸込部の抵抗係数については、実炉の値に近いことがわかった。抵抗係数としては吸込側配管部がかなり大きいことがわかった。吐出部から駆動ノズルを経て駆動側へ水を流す場合、特性が急変する現象がみられた。この点については今後更に詳しい検討が必要である。

以上の特性試験はいずれも水単相流下の試験であり、ROSA-III 装置を用いた LOCA/ECCS における二相流条件下のジェットポンプ特性に直接役立つことはできない。二相流下の特性については、実験を行うことと、理論的にその特性をとらえる手法を見出すことが必要であろう。

謝 辞

本報告書を作成する上で安工第一研究室斯波室長より御指導頂いたことに謝意を表す。また、本特性試験の実施に当たった原子力エンジニアリングの朝日、小平、田村、関口、常井の各氏に、特に関口、常井両氏にはデータ処理についても援助を頂いたのでここに感謝の意を表す。

ては個別の検査はしていない。しかし、ケース 78～99 の特性試験においては、一つの流路に MRP-2 吐出部流量計と JP-3, 4 の逆流用流量計とが直列に接続されているので、それらの間の相対比較は行うことができる (図 22)。この結果、JP-3, 4 の合計流量 ($Q^* = F 20 + F 22$) は若干少なめに出ていること、或いは MRP-2 吐出部流量が若干多めになっていることがわかった。この差は通過流量が少ないときには大きく ($Q = 160 \text{ l/min}$ で 19%), 通過流量が大きいときには小さい ($Q = 575 \text{ l/min}$ で 1.8%)。どちらがより正確かは個々に検査しなければならない。

4. 結 び

ROSA-III 試験装置に設置されている 4 台のジェットポンプについて、正流特性と逆流特性を調べた。これらの試験は常温水を用い、大気圧～ $20 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ 位の圧力範囲で行われた。

ROSA-III ジェットポンプの正流特性は、低流量下ではバラツキが生じるが、高流量下では実炉の特性に近づくことがわかった。破断ループと健全ループのジェットポンプの特性は、それぞれのループ特性によりジェットポンプ周辺の圧力分布が異なるために、やや傾向は異っている。

ジェットポンプの逆流試験は、吐出部→吸込部、吸込部→ダウンカマー、吐出部→駆動部の各部、およびジェットポンプ下流側の Y 字路について行われ、それぞれの部分の逆流抵抗係数が求められた。このうち、吐出部～吸込部の抵抗係数については、実炉の値に近いことがわかった。抵抗係数としては吸込側配管部がかなり大きいことがわかった。吐出部から駆動ノズルを経て駆動側へ水を流す場合、特性が急変する現象がみられた。この点については今後更に詳しい検討が必要である。

以上の特性試験はいずれも水単相流下の試験であり、ROSA-III 装置を用いた LOCA/ECCS における二相流条件下のジェットポンプ特性に直接役立てることはできない。二相流下の特性については、実験を行うことと、理論的にその特性をとらえる手法を見出すことが必要であろう。

謝 辞

本報告書を作成する上で安工第一研究室斯波室長より御指導頂いたことに謝意を表す。また、本特性試験の実施に当たった原子力エンジニアリングの朝日、小平、田村、関口、常井の各氏に、特に関口、常井両氏にはデータ処理についても援助を頂いたのでここに感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 「ROSA-Ⅲ試験の計測とデータ処理法」, 傍島真他, JAERI-M 8499 (1979年11月)
- (2) 「水力機械工学便覧(コロナ社)」8.3 ジェットポンプ (p 660)
- (3) 東海第二発電所原子炉設置許可申請書参考資料, 炉関係 p 204 (昭和47年12月), 日本原子力発電株式会社
- (4) 機械工学便覧, 8 - 15 (水力学及び流体力学)
- (5) NEDO 20566

表 1. 特性試験計測データ一覧

	計測番号	記号	測定位置	A	B-1	B-2	B-3	B-4
系 ↑ 圧 力	1	P-1	下部プレナム	○	○	○	○	○
	2	" 2	混合プレナム	○	-	-	-	-
	3	" 3	蒸気ドーム	○	○	○	○	○
	4	" 4	ダウンカマ-底部	○	○	○	○	-
	5	" 5	JP-3 駆動部	○	-	-	-	-
	6	" 6	JP-4 "	○	-	-	-	-
	7	" 7	JP-3 吸込部	○	-	-	-	-
	8	" 8	JP-4 "	○	-	-	-	-
	9	" 9	MRP-1 "	○	○	○	○	-
	10	" 10	MRP-2 "	○	○	○	○	-
	11	" 11	" 吐出部	○	-	-	-	-
差 ↓ 圧	12	" 12	破断口 A 上流	○	-	-	-	-
	14	" 14	" B 上流	○	-	-	-	-
	17	D-1	下部プレナム~混合プレナム	○	-	-	-	-
	18	" 2	混合プレナム~蒸気ドーム	○	-	-	-	-
	19	" 3	下部プレナム上下	○	-	-	-	-
	20	" 4	ダウンカマ-上下	○	○	○	○	-
	21	" 5	圧力容器上下	○	○	○	○	-
	22	" 6	JP-1 吐出~吸込	○	○	○	○	-
	23	" 7	" 駆動~吸込	○	-	○	○	-
	24	" 8	JP-2 吐出~吸込	○	-	-	-	-
	25	" 9	" 駆動~吸込	○	-	-	-	-
圧 ↓	26	" 10	JP-3 吐出~吸込	○	-	-	-	○
	27	" 11	" 駆動~吸込	○	○	○	○	-
	28	" 12	JP-4 吐出~吸込	○	-	-	-	○
	29	" 13	" 駆動~吸込	○	○	○	○	-
	30	" 14	MRP-1 吐出~吸込	○	-	○	○	-
	31	" 15	MRP-2 "	○	○	○	○	○
	386	" 16	ダウンカマ底~MRP1 吸込	○	-	-	○	-
	387	" 17	MRP1 吐出~JP1 駆動	○	-	-	○	-
	388	" 18	" ~JP2 駆動	○	-	-	-	-
	389	" 19	ダウンカマ中部~JP1 吸込	○	○	-	-	-
	390	" 20	" ~JP2 吸込	○	-	-	-	-
391	" 21	JP1 駆動~下部プレナム	○	-	-	-	-	

表1 (続)

	計測番号	記号	測定位置	A	B-1	B-2	B-3	B-4
差	392	D-22	JP2 駆動～下部プレナム	○	-	-	-	-
	393	" 23	ダウンカム底部～破断口A	○	-	-	-	○
	394	" 24	破断口A～B間	-	-	-	-	○
	395	" 25	破断口B～MRP2吸込	-	-	-	-	○
	396	" 26	MRP2吐出～JP3駆動	○	-	-	-	-
	397	" 27	" ～JP4駆動	○	-	-	-	-
庄	398	" 28	ダウンカム中部～JP3吸込	○	-	-	-	○
	399	" 29	" ～JP4吸込	○	-	-	-	○
	400	" 30	JP3吐出～Y字路下流	-	-	-	-	○
	401	" 31	JP4吐出～"	-	-	-	-	○
	流量	48	F-17	JP-1吐出流量(+)	○	-	-	-
49		" 18	JP-2 " "	○	-	-	-	-
50		" 19	JP-3 " "	○	○	○	○	-
51		" 20	" " (-)	-	-	-	-	○
52		" 21	JP-4 " (+)	○	○	○	○	-
53		" 22	" " (-)	-	-	-	-	○
回転数	57	N-1	MRP-1	-	-	○	○	-
	58	" 2	MRP-2	-	○	○	○	○
流 体 温 度	65	T-1	下部プレナム	○	○	○	○	-
	66	" 2	混合プレナム	○	-	-	-	-
	67	" 3	スチームドーム	○	○	○	○	-
	68	" 4	上部ダウンカム	○	-	-	-	-
	69	" 5	下部 "	○	-	-	-	○
	70	" 6	JP-1 駆動部	○	-	○	○	-
	71	" 7	JP-2 "	○	-	-	-	-
	72	" 8	JP-3 "	○	-	-	-	-
	73	" 9	JP-4 "	○	-	-	-	-
	74	" 10	JP-1 吐出部	○	-	-	-	-
75	" 11	JP-2 "	○	-	-	-	-	
76	" 12	JP-3 "	○	-	-	-	-	
77	" 13	JP-4 "	○	-	-	-	-	
78	" 14	MRP-1 吸込部	-	-	○	○	-	

A : 正流試験, B-1 : 逆流(吐-吸)試験, B-2 : 逆流(吐-駆)試験

B-3 : 逆流(駆動流パラメータ)試験, B-4 : JP-3, 4 逆流試験

表 2-a 正流特性試験結果, $L = 8.0 \text{ mm}$ (1)

(JP-1, 2
 PV 圧力 : 6 ~ 18 kg/cm^2
 流体温度 : 29 ~ 59 $^{\circ}\text{C}$)

項 目	実験番号					
	1 (1-3)	2 (1-4)	3 (1-5)	4 (1-6)	5 (1-7')	6 (1-8)
Q_1 (ℓ/min)	200	250	300	350	400	450
Q_2 "	98	123	149	174	199	224
Q_3 "	102	127	151	176	201	226
Q_4 "	201	245	290	327	375	412
Q_5 "	163	216	274	322	365	420
Q_6 "	299	368	439	501	574	636
Q_7 "	265	343	425	498	566	646
ΔP_1 (kg/cm^2)	3.69	5.97	9.16	12.4	16.3	20.3
ΔP_2 "	4.03	6.34	9.53	12.8	16.7	20.6
ΔP_3 "	0.56	0.90	1.35	1.80	2.33	2.93
ΔP_4 "	0.58	0.92	1.36	1.85	2.41	2.98
$M_1 = Q_4 / Q_2$	2.06	1.99	1.96	1.89	1.88	1.84
$M_2 = Q_5 / Q_3$	1.59	1.70	1.81	1.82	1.88	1.86
N_1^* (動圧補正なし)	0.179	0.176	0.173	0.170	0.167	0.169
N_2^* (")	0.168	0.170	0.166	0.169	0.169	0.169
N_1	0.186	0.185	0.179	0.176	0.173	0.175
N_2	0.174	0.176	0.172	0.175	0.174	0.175

$$Q_1 = Q_2 + Q_3, \quad Q_6 = Q_2 + Q_4, \quad Q_7 = Q_3 + Q_5$$

$$N_1^* \equiv \Delta P_3 / (\Delta P_1 - \Delta P_3), \quad N_2^* \equiv \Delta P_4 / (\Delta P_2 - \Delta P_4)$$

表 2 - b 正流特性試験結果; L = 8.0 mm (1)

(JP-3, 4
 PV 圧力 : 6 ~ 18 kg/cm²
 流体温度 : 29 ~ 59°C)

項 目	実験番号					
	1 (1-3)	2 (1-4)	3 (1-5)	4 (1-6)	5 (1-7')	6 (1-8)
Q ₁ (ℓ/min)	200	250	300	350	400	450
Q ₂ "	100	125	150	175	200	225
Q ₃ "	100	125	150	175	200	225
Q ₄ "	186	240	293	341	400	461
Q ₅ "	183	231	283	336	386	428
Q ₆ "	286	365	443	516	600	686
Q ₇ "	283	356	433	511	586	653
ΔP ₁ (kg/cm ²)	4.16	6.68	9.79	13.2	17.2	21.3
ΔP ₂ "	4.16	6.68	9.75	13.2	17.2	21.3
ΔP ₃ "	0.52	0.86	1.23	1.63	2.14	2.69
ΔP ₄ "	0.54	0.82	1.22	1.64	2.13	2.62
M ₁ = Q ₄ / Q ₂	1.86	1.92	1.95	1.95	2.00	2.05
M ₂ = Q ₅ / Q ₃	1.83	1.85	1.96	1.92	1.93	1.90
N ₁ [*] (動圧項補正なし)	0.143	0.148	0.144	0.140	0.142	0.145
N ₂ [*] (")	0.149	0.140	0.143	0.141	0.141	0.140
N ₁	0.149	0.154	0.149	0.147	0.148	0.151
N ₂	0.155	0.146	0.148	0.148	0.147	0.146

表 3 - a 正流特性試験結果, L = 12.0 mm (2)

(JP-1, 2
 PV 圧力 : 4.7 ~ 10.0 kg/cm²G
 流体温度 : 32 ~ 43°C)

項 目	実験番号	7	8	9	10	11	12	13	14
		(2-1)	(2-2)	(2-3)	(2-4)	(2-5)	(2-6)	(2-7)	(2-8)
Q ₁	(ℓ/min)	100	150	200	250	300	350	400	450
Q ₂	"	51	74	98	123	149	174	199	224
Q ₃	"	49	76	102	127	151	176	201	226
Q ₄	"	137	171	218	268	289	337	377	425
Q ₅	"	-	127	172	226	274	328	370	423
Q ₆	"	188	245	316	391	438	511	576	649
Q ₇	"	-	203	274	353	425	504	571	649
ΔP ₁	(kg/cm ²)	1.25	2.34	3.84	6.28	9.19	12.8	16.6	21.3
ΔP ₂	"	1.16	2.50	4.16	6.65	9.56	13.2	16.9	21.6
ΔP ₃	"	0.18	0.37	0.60	0.95	1.35	1.84	2.39	3.07
ΔP ₄	"	0.17	0.36	0.60	0.95	1.36	1.90	2.44	3.14
M ₁ = Q ₄ / Q ₂		2.68	2.32	2.23	2.18	1.95	1.94	1.90	1.89
M ₂ = Q ₅ / Q ₃		-	1.65	1.68	1.78	1.81	1.86	1.84	1.87
N ₁ * (動圧項補正なし)		0.163	0.190	0.185	0.178	0.172	0.168	0.169	0.168
N ₂ * (")		0.172	0.168	0.167	0.167	0.166	0.168	0.169	0.170
N ₁		0.179	0.194	0.193	0.185	0.178	0.174	0.174	0.174
N ₂		-	0.173	0.175	0.173	0.171	0.174	0.174	0.176

表 3 - b 正流特性試験結果, $L = 12.0 \text{ mm}$ (2)

(JP-3, 4
 PV 圧力 : $4.7 \sim 10.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$
 流体温度 : $32 \sim 43^\circ \text{C}$)

項 目	実験番号	7	8	9	10	11	12	13	14
		(2-1)	(2-2)	(2-3)	(2-4)	(2-5)	(2-6)	(2-7)	(2-8)
Q_1	(l/min)	100	150	200	250	300	350	400	450
Q_2	"	50	75	100	125	150	175	200	225
Q_3	"	50	75	100	125	150	175	200	225
Q_4	"	88	141	196	266	299	355	376	468
Q_5	"	81	136	179	226	270	323	371	425
Q_6	"	138	216	296	391	449	530	576	693
Q_7	"	131	211	279	351	420	498	571	650
ΔP_1	(kg/cm^2)	1.13	2.48	4.35	6.90	9.79	13.5	17.7	22.5
ΔP_2	"	1.09	2.44	4.31	6.86	9.75	13.5	17.7	22.5
ΔP_3	"	0.145	0.315	0.545	0.865	1.21	1.65	2.17	2.75
ΔP_4	"	0.135	0.300	0.520	0.820	1.19	1.59	2.10	2.70
$M_1 = Q_4 / Q_2$		1.61	1.87	1.96	2.13	1.99	2.03	1.88	2.08
$M_2 = Q_5 / Q_3$		1.75	1.83	1.79	1.81	1.80	1.84	1.86	1.89
N_1^* (動圧項補正なし)		0.147	0.145	0.143	0.143	0.141	0.139	0.139	0.139
N_2^* (")		0.141	0.140	0.137	0.136	0.139	0.134	0.135	0.136
N_1		0.152	0.146	0.149	0.149	0.146	0.145	0.145	0.145
N_2		0.146	0.145	0.142	0.141	0.144	0.139	0.140	0.141

表 4 - a 正流特性試験結果, L = 17.0 mm (3)

(JP-1, 2
 PV 圧力 : 4.5 ~ 9.3 kg/cm²G
 流体温度 : 34 ~ 48°C)

項 目	実験番号	15	16	17	18	19	20	21	22
	(3-1)	(3-2)	(3-3)	(3-4)	(3-5)	(3-6)	(3-7)	(3-8)	
Q ₁	(ℓ/min)	100	150	200	250	300	350	400	450
Q ₂	"	51	74	98	123	149	174	199	224
Q ₃	"	49	76	102	127	151	176	201	226
Q ₄	"	134	171	206	248	294	335	379	422
Q ₅	"	-	128	171	223	278	325	375	420
Q ₆	"	185	245	304	371	443	509	578	646
Q ₇	"	-	204	273	350	429	501	576	646
ΔP ₁	(kg/cm ²)	1.25	2.44	3.97	6.41	9.50	13.0	17.0	21.3
ΔP ₂	"	1.19	2.56	4.25	6.75	9.81	13.3	17.3	21.5
ΔP ₃	"	0.165	0.355	0.585	0.915	1.37	1.85	2.40	3.02
ΔP ₄	"	0.170	0.365	0.600	0.950	1.38	1.88	2.45	3.09
M ₁ = Q ₄ / Q ₂		2.66	2.31	2.09	2.01	1.97	1.92	1.90	1.88
M ₂ = Q ₅ / Q ₃		1.47	1.69	1.68	1.76	1.83	1.85	1.87	1.86
N ₁ [*] (動圧項補正なし)		0.162	0.170	0.173	0.167	0.170	0.166	0.164	0.165
N ₂ [*] (")		0.167	0.166	0.164	0.164	0.164	0.165	0.165	0.168
N ₁		0.159	0.177	0.179	0.173	0.174	0.172	0.170	0.171
N ₂		-	0.171	0.170	0.169	0.169	0.171	0.170	0.173

表 4 - b 正流特性試験結果, L = 17.0 mm (3)

(JP-3, 4
 PV 圧力 : 4.5 ~ 9.3 kg/cm²G
 流体温度 : 34 ~ 48°C)

項 目	実験番号	15	16	17	18	19	20	21	22
		(3-1)	(3-2)	(3-3)	(3-4)	(3-5)	(3-6)	(3-7)	(3-8)
Q ₁	(ℓ/min)	100	150	200	250	300	350	400	450
Q ₂	"	50	75	100	125	150	175	200	225
Q ₃	"	50	75	100	125	150	175	200	225
Q ₄	"	86	144	195	250	305	359	416	473
Q ₅	"	85	140	189	241	294	350	404	461
Q ₆	"	136	219	295	375	455	534	616	698
Q ₇	"	135	215	289	366	444	525	604	686
ΔP ₁	(kg/cm ²)	1.09	2.51	4.43	6.98	10.1	13.9	18.2	23.0
ΔP ₂	"	1.09	2.55	4.46	7.01	10.2	13.9	18.2	23.0
ΔP ₃	"	0.14	0.33	0.56	0.88	1.27	1.72	2.23	2.84
ΔP ₄	"	0.14	0.32	0.55	0.86	1.26	1.70	2.22	2.81
M ₁ = Q ₄ / Q ₂		1.73	1.93	1.96	2.00	2.04	2.05	2.08	2.10
M ₂ = Q ₅ / Q ₃		1.70	1.86	1.88	1.93	1.95	2.00	2.02	2.05
N ₁ [*] (動圧項補正なし)		0.147	0.149	0.145	0.144	0.144	0.141	0.140	0.141
N ₂ [*] (")		0.147	0.143	0.141	0.140	0.141	0.139	0.139	0.139
N ₁		0.152	0.157	0.150	0.150	0.149	0.147	0.145	0.147
N ₂		0.152	0.149	0.146	0.145	0.146	0.145	0.145	0.145

表 5-a JP-1 逆流特性試験結果 (吐出→吸込, 駆動側メクラ)

チャンネル番号	記号	名	称	単位	試験ケース (PV水位 6.04 m, PV圧力 9.3 ~ 13.1 kg/cm ² G) (36 ~ 46)										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
-	-	圧	力(精密計)	kg/cm ² G	9.3	9.3	9.5	9.6	9.8	10.2	10.5	11.1	11.7	12.3	13.1
-	-	MRP-2	流量(プロセス)	ℓ/min	244	267	288	309	329	350	370	391	411	432	453
-	-	MRP-2	回転数(")	rpm	1880	2060	2200	2360	2500	2680	2830	3000	3160	3300	3470
3	P-3	蒸気	ド - ム 圧力	kg/cm ² G	9.2	9.3	9.3	9.5	9.5	10.1	10.4	11.0	11.6	12.3	13.1
22	D-6	JP-1	吐出 ~ 吸込	kg/cm ²	1.14	1.35	1.58	1.76	2.01	2.27	2.53	2.80	3.12	3.42	3.74
27	D-11	JP-3	駆動 ~ 吸込	"	6.98	8.37	9.72	11.2	12.7	14.4	16.1	17.9	19.8	21.9	23.9
29	D-13	JP-4	"	"	6.98	8.37	9.72	11.2	12.7	14.4	16.1	17.9	19.8	21.9	23.9
31	D-15	MRP-2	吐出 ~ 吸込	"	7.38	8.84	10.3	11.8	13.4	15.1	17.0	18.9	20.9	23.0	25.2
389	D-19	DC	中部 ~ JP-1 吸込	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	F-19	JP-3	吐出 流量	ℓ/min	116	139	160	177	195	213	231	246	265	280	296
52	F-21	JP-4	"	"	149	164	178	191	204	219	235	249	264	276	289
58	N-2	MRP-2	回転数	rpm	1910	2092	2253	2415	2576	2738	2898	3055	3215	3375	3530
67	T-3	蒸気	ド - ム 温度	°C	20.6	20.9	21.1	22.4	23.2	24.1	25.4	26.7	27.4	28.3	29.3

表 5-b JP-1 逆流特性試験結果 (吐出→吸込, 駆動側メクラ)

チャンネル番号	記号	名	称	単位	試験ケース (PV水位 5.58 m, 大気圧下) (47 ~ 57)										
					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
-	-	圧	力(精密計)	kg/cm ² G	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
-	-	MRP-2	流量(プロセス)	ℓ/min	244	267	288	309	329	350	370	391	411	432	453
-	-	MRP-2	回転数(")	rpm	1880	2070	2200	2350	2500	2670	2850	3060	3150	3310	3470
3	P-3	蒸気	ド - ム 圧力	kg/cm ² G	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0	0
22	D-6	JP-1	吐出 ~ 吸込	kg/cm ²	1.11	1.36	1.53	1.73	2.00	2.24	2.51	2.88	3.08	3.35	3.59
27	D-11	JP-3	駆動 ~ 吸込	"	6.93	8.43	9.66	11.1	12.7	14.3	16.0	18.6	19.8	21.8	23.9
29	D-13	JP-4	"	"	6.90	8.48	9.68	11.1	12.7	14.3	16.0	18.6	19.8	21.8	23.9
31	D-15	MRP-2	吐出 ~ 吸込	"	7.37	8.96	10.2	11.8	13.4	15.1	16.9	19.6	20.8	23.0	25.1
389	D-19	DC	中部 ~ JP-1 吸込	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	F-19	JP-3	吐出 流量	ℓ/min	119	145	161	178	196	215	233	253	264	279	293
52	F-21	JP-4	"	"	149	166	178	191	205	218	233	253	259	273	284
58	N-2	MRP-2	回転数	rpm	1915	2115	2255	2420	2580	2735	2895	3120	3215	3350	3525
67	T-3	蒸気	ド - ム 温度	°C	30.2	30.3	30.7	31.1	31.6	32.2	33.8	34.6	35.4	37.0	38.0

表5-c JP-1 逆流特性試験結果 (吐出→吸込, 駆動側メクラ)

チャンネル番号	記号	名	称	単位	試験ケース (PV水位 6.04 m, PV圧力 10.1 ~ 16.9 kg/cm ² G) (59 ~ 69)										
					25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
-	-	圧	力(精密計)	kg/cm ² G	10.1	10.2	10.3	10.4	11.0	11.5	11.9	12.8	13.8	14.9	16.9
-	-	MRP-2	流量(プロセス)	ℓ/min	242	267	288	309	329	350	370	391	411	432	453
-	-	MRP-2	回転数(%)	rpm	1860	2050	2200	2350	-	2670	2830	3040	3150	3300	3480
3	P-3	蒸気下	圧力	kg/cm ² G	10.0	10.3	10.4	10.8	11.1	11.5	12.0	13.0	14.1	15.2	17.2
22	D-6	JP-1	吐出 ~ 吸込	kg/cm ²	1.12	1.33	1.52	1.78	2.01	2.28	2.53	2.89	3.11	3.44	3.76
27	D-11	JP-3	駆動 ~ 吸込	"	6.82	8.36	9.71	11.2	12.7	14.3	16.0	18.4	19.8	21.8	24.1
29	D-13	JP-4	"	"	6.82	8.28	9.63	11.1	12.6	14.3	16.0	18.3	19.8	21.8	24.1
31	D-15	MRP-2	吐出 ~ 吸込	"	7.22	8.85	10.3	11.8	13.4	15.1	16.9	19.4	20.9	23.0	25.4
389	D-19	DC 中部	JP-1 吸込	"	-0.62	-0.73	-0.88	-0.98	-1.13	-1.28	-1.43	-1.63	-1.78	-1.97	-2.10
50	F-19	JP-3	吐出流量	ℓ/min	116	142	162	179	196	214	231	253	265	281	300
52	F-21	JP-4	"	"	148	164	178	191	206	219	234	251	261	276	291
58	N-2	MRP-2	回転数	rpm	1895	2100	2255	2420	2575	2738	2900	3095	3215	3375	3545
67	T-3	蒸気下	温度	°C	20.2	20.8	21.3	22.2	22.8	23.6	24.4	24.8	26.8	27.2	29.2

表6. JP-1 逆流特性試験結果 (吐出 → 駆動, 吸込側メクラ)

チャンネル番号	記号	名称	単位	試験ケース (PV水位 6.04m, 圧力 8.2 ~ 9.8 kg/cm ² G) (71, 72, 75 ~ 81)										
				37*	38*	39	40	41	42	43	44	45		
-	-	圧力 (精密計)	kg/cm ² G	8.2	8.3	9.9	9.6	9.4	9.3	9.3	9.3	9.4	9.4	9.7
-	-	MRP-2 流量 (プロセス)	ℓ/min	324	415	82	103	122	143	164	186	186	197	197
-	-	MRP-2 回転数 (")	rpm	2490	3170	1120	1400	1650	2220	2770	3360	3600	3600	3600
3	P-3	蒸気ド - ム 圧力	kg/cm ² G	8.0	8.1	9.8	9.2	9.1	9.1	9.1	9.4	9.4	9.6	9.6
22	D-6	JP-1 吐出 ~ 吸込	kg/cm ²	0.17	0.21	0.06	0.11	0.16	0.21	0.27	0.35	0.39	0.39	0.39
23	D-7	JP-1 駆動 ~ 吸込	"	-4.63	-7.81	-1.84	-2.94	-3.91	-7.75	-12.7	-19.2	-21.6	-21.6	-21.6
27	D-11	JP-3 " " "	"	12.3	19.8	0.74	1.20	1.73	2.43	3.20	4.18	4.67	4.67	4.67
29	D-13	JP-4 " " "	"	12.3	19.8	0.72	1.17	1.71	2.39	3.14	4.10	4.58	4.58	4.58
30	D-14	MRP-1 吐出 ~ 吸込	"	0.26	0.29	0.10	0.13	0.23	0.29	0.36	0.52	0.59	0.59	0.59
31	D-15	MRP-2 " " "	"	13.1	21.1	2.57	4.13	5.67	10.1	15.8	22.9	26.1	26.1	26.1
386	D-16	DC底 ~ MRP-1 吸込	"	-0.03	-0.03	0	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06	-0.06	-0.06
387	D-17	MRP-1 吐出 ~ JP-1 駆動	"	-0.05	-0.06	-0.05	-0.03	-0.05	-0.06	-0.08	-0.09	-0.10	-0.10	-0.10
50	F-19	JP-3 吐出流量	ℓ/min	不感帯	不感帯	不感帯	不感帯	不感帯	不感帯	不感帯	不感帯	不感帯	不感帯	不感帯
52	F-21	JP-4 " " "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
58	N-2	MRP-2 回転数	"	2540	3225	1145	1445	1700	2270	2840	3420	3655	3655	3655
70	T-6	JP-1 駆動側温度	°C	26.8	28.0	21.2	21.6	22.4	24.0	27.6	32.4	34.8	34.8	34.8

* JP-3, 4 の吸込側をメクラにしていないため, JP-1 通過流量を求められない。

表 7. JP-1 逆流特性試験結果 (駆動流量パラメータ)

チャンネル番号	記号	名 称	単 位	試験ケース (PV水位 6.04m, PV圧力 10.0 ~ 16.4 kg/cm ² G)						
				47	48	49	50	51	52	53
-	-	圧 力 (精密計)	kg/cm ² G	10.0	10.3	10.6	12.5	15.3	11.0	11.4
-	-	MRP-1 流量 (プロセス)	ℓ/min	-	-	-	-	-	80	77
-	-	MRP-2 " (")	"	247	298	350	401	453	300	310
22	D-6	JP-1 吐出~吸込差圧	kg/cm ²	1.37	1.93	2.76	3.57	4.59	2.48	2.21
23	D-7	JP-1 駆動~	"	-0.25	-0.22	-0.22	-0.56	-0.59	2.31	2.09
27	D-11	JP-3 " " "	"	7.09	10.4	14.6	19.1	24.1	10.4	11.1
29	D-13	JP-4 " " "	"	7.13	10.4	14.6	19.2	24.2	10.4	11.2
31	D-15	MRP-2 吐出~	"	7.53	11.0	15.4	20.2	25.5	11.0	11.8
50	F-19	JP-3 吐出流量	ℓ/min	125	174	223	260	303	-	126
52	F-21	JP-4 " " "	"	153	186	223	260	294	124	150
57	N-1	MRP-1 回転数	rpm	-	-	-	-	-	1305	1300
58	N-2	MRP-2 " " "	"	1934	2339	2760	3160	3550	2340	2420
67	T-3	蒸気ド - ム 温度	°C	21.7	22.5	23.6	25.6	30.0	31.6	32.0

表 7. (続き)

チャンネル番号	記号	名 称	単 位	(3 ~ 14)						
				54	55	56	57	58	59	60
-	-	圧 力 (精密計)	kg/cm ² G	12.4	13.4	16.4	13.3	16.7	16.7	16.7
-	-	MRP-1 流量 (プロセス)	ℓ/min	77	80	80	108	107	107	107
-	-	MRP-2 " (")	"	360	411	463	408	463	463	463
22	D-6	JP-1 吐出~吸込差圧	kg/cm ²	2.30	3.26	3.87	4.62	4.72	4.72	4.72
23	D-7	JP-1 駆動~	"	2.47	3.09	3.75	4.31	4.47	4.47	4.47
27	D-11	JP-3 " " "	"	15.2	19.9	25.3	19.5	25.2	25.2	25.2
29	D-13	JP-4 " " "	"	15.2	19.9	25.3	19.6	25.2	25.2	25.2
31	D-15	MRP-2 吐出	"	16.1	21.0	26.6	20.7	26.6	26.6	26.6
50	F-19	JP-3 吐出流量	ℓ/min	191	236	285	164	246	246	246
52	F-21	JP-4 " " "	"	199	235	279	179	246	246	246
57	N-1	MRP-1 回転数	rpm	1475	1675	1865	1780	1940	1940	1940
58	N-2	MRP-2 " " "	"	2820	3225	3630	3205	3625	3625	3625
67	T-3	蒸気ド - ム 温度	°C	32.8	32.8	36.0	40.0	41.6	41.6	41.6

表 8 JP-2 逆流特性試験結果 (駆動流量パラメータ)

チャンネル番号	記号	名	称	単位	試験ケース (PV水位 6.04 m, PV圧力 9.0 ~ 12.4 kg/cm ² G) (17 ~ 25)											
					60	61	62	63	64	65	66	67	68			
-	-	圧	力 (精密計)	kg/cm ² G	9.1	9.0	9.1	9.4	9.6	10.1	11.0	12.4	68			
-	-	MRP-1	流量 (プロセス)	ℓ/min	-	-	-	-	-	-	-	-	78			
-	-	MRP-2	" (")	"	244	274	309	339	370	401	432	463	305			
22	D-6	JP-1	吐出 ~ 吸込差圧	kg/cm ²	1.38	1.77	2.16	2.63	3.14	3.63	4.16	4.83	2.41			
23	D-7	JP-1	駆動 ~ "	"	-0.26	-0.25	-0.25	-0.28	-0.56	-0.44	-0.72	-0.84	2.31			
27	D-11	JP-3	"	"	4.70	9.00	11.1	13.4	16.3	19.1	22.1	25.4	11.0			
29	D-13	JP-4	"	"	4.73	9.00	11.1	13.5	16.3	19.1	22.1	25.5	11.0			
31	D-15	MRP-2	吐出 ~ "	"	7.41	9.57	11.8	14.3	17.3	20.2	23.3	26.9	11.6			
50	F-19	JP-3	吐出	ℓ/min	118	149	180	209	234	260	285	313	99			
52	F-21	JP-4	"	"	151	173	194	216	239	260	283	304	133			
57	N-1	MRP-1	回転数	rpm	-	-	-	-	-	-	-	-	1320			
58	N-2	MRP-2	"	"	1915	2175	2065	2655	2920	3155	3390	3635	2390			
67	T-3	蒸気	ドム温度	°C	18.0	18.8	20.0	20.8	21.2	22.8	24.8	27.2	27.6			

表 8 (続き)

チャンネル番号	記号	名	称	単位	試験ケース (PV水位 6.04 m, PV圧力 10.6 ~ 20.2 kg/cm ² G) (26 ~ 34)											
					69	70	71	72	73	74	75	76	77			
-	-	圧	力 (精密計)	kg/cm ² G	10.6	13.4	15.0	13.1	16.7	11.3	13.1	15.9	20.2			
-	-	MRP-1	流量 (プロセス)	ℓ/min	78	77	77	76	78	110	110	110	142			
-	-	MRP-2	" (")	"	339	370	401	432	465	389	422	453	463			
22	D-6	JP-1	吐出 ~ 吸込差圧	kg/cm ²	2.60	2.71	3.10	3.41	3.87	4.97	4.98	4.98	5.03			
23	D-7	JP-1	駆動 ~ "	"	2.47	2.59	3.00	3.28	3.75	4.69	4.81	4.78	7.56			
27	D-11	JP-3	"	"	13.5	16.2	19.2	21.9	25.2	18.6	21.0	23.9	25.1			
29	D-13	JP-4	"	"	13.4	16.2	19.2	21.9	25.2	18.7	21.1	23.9	25.1			
31	D-15	MRP-2	吐出 ~ "	"	14.2	17.0	20.2	23.0	26.5	19.6	22.2	25.1	26.4			
50	F-19	JP-3	吐出	ℓ/min	150	195	225	251	279	119	164	209	106			
52	F-21	JP-4	"	"	168	204	230	251	275	145	178	215	136			
57	N-1	MRP-1	回転数	rpm	1425	1530	1650	1755	1880	1790	1860	1930	2160			
58	N-2	MRP-2	"	"	2650	2905	3160	3375	3625	3120	3315	3525	3625			
67	T-3	蒸気	ドム温度	°C	28.4	31.2	33.2	36.8	38.8	40.4	42.4	44.4	46.8			

表 9-a JP-3, JP-4 逆流特性試験結果 (吐出→吸込, 駆動側メクラ)

チャネル番号	記号	名称	単位	試験ケース (PV水位 6.04 m, PV圧力 8.5 ~ 9.1 kg/cm ² G)															
				79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89					
-	-	圧力 (精密計)	kg/cm ² G	9.1	9.0	9.0	9.0	8.9	8.8	8.8	8.8	8.6	8.6	8.6	8.5	8.5			
-	-	MRP-2 流量 (プロセス)	ℓ/min	165	185	206	226	247	267	288	309	332	335	375					
-	-	MRP-2 回転数 (")	rpm	470	530	600	650	700	770	830	890	950	1000	1080					
26	D-10	JP-3 吐出~吸込差圧	kg/cm ²	0.06	0.08	0.11	0.13	0.17	0.20	0.22	0.26	0.30	0.33	0.39					
28	D-12	JP-4 " "	"	0.06	0.07	0.10	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25	0.29	0.32	0.37					
31	D-15	MRP-2 " "	"	0.33	0.42	0.55	0.68	0.81	0.94	1.11	1.24	1.46	1.63	1.82					
393	D-23	DC 底 ~ 破断口 A	"	0.08	0.10	0.15	0.18	0.23	0.25	0.30	0.33	0.38	0.43	0.45					
394	D-24	破断口 A ~ B 間	"	-0.04	-0.05	-0.05	-0.07	-0.08	-0.09	-0.11	-0.12	-0.14	-0.16	-0.18					
395	D-25	破断口 B ~ MRP-2 吸込	"	0.08	0.10	0.11	0.14	0.17	0.19	0.23	0.25	0.29	0.32	0.37					
398	D-28	DC 中部 ~ JP-3 吸込	"	-0.04	-0.05	-0.08	-0.09	-0.10	-0.12	-0.14	-0.16	-0.18	-0.20	-0.23					
399	D-29	" ~ JP-4 吸込	"	-0.05	-0.06	-0.08	-0.09	-0.10	-0.13	-0.14	-0.17	-0.19	-0.22	-0.23					
400	D-30	JP-3 吐出~Y字路下流	"	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05					
401	D-31	JP-4 吐出~ "	"	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05					
51	F-20	JP-3 吐出部流量 (-)	ℓ/min	64	78	90	100	112	123	135	146	158	168	178					
53	F-22	JP-4 " "	"	72	82	93	104	115	128	138	149	161	171	183					
58	N-2	MRP-2 回転数	rpm	480	540	595	660	725	790	850	910	975	1030	1100					
69	T-5	ダウソウカメラ底温度	°C	13.6	13.2	13.2	13.6	13.6	14.0	13.6	14.0	14.0	14.4	14.4					

表9-b JP-3, JP-4 逆流特性試験結果 (吐出→吸込, 駆動側メクラ)

チャンネル 番号	記号	名 称	単 位	試験ケース (PV水位6.04 m, PV圧力8.4~9.9 kg/cm ² G) (94~103)															
				90	91	92	93	94	95	96	97	98	99						
-	-	圧 力 (精 密 計)	kg/cm ² G	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9		
-	-	MRP-2 流量 (プロセス)	ℓ/min	391	411	432	453	473	497	512	533	555	576						
-	-	MRP-2 回転数 (")	rpm	1100	1170	1220	1280	1350	1400	1460	1500	1580	1620						
26	D-10	JP-3 吐出~吸込差圧	kg/cm ²	0.41	0.46	0.51	0.57	0.61	0.66	0.71	0.78	0.83	0.88						
28	D-12	" " " "	"	0.40	0.44	0.48	0.54	0.59	0.64	0.68	0.74	0.79	0.86						
31	D-15	MRP-2 " " " "	"	1.98	2.18	2.41	2.70	2.93	3.19	3.35	3.64	3.90	4.26						
393	D-23	DC 底 ~ 破 断 口 A	"	0.50	0.55	0.60	0.68	0.73	0.80	0.83	0.90	0.98	1.08						
394	D-24	破 断 口 A ~ B 間	"	-0.19	-0.21	-0.23	-0.26	-0.28	-0.30	-0.32	-0.35	-0.38	-0.41						
395	D-25	破断口B~MRP-2 吸込	"	0.39	0.44	0.48	0.52	0.58	0.62	0.66	0.72	0.77	0.83						
398	D-28	DC 中部 ~ JP-3 吸込	"	-0.24	-0.28	-0.30	-0.34	-0.37	-0.41	-0.43	-0.46	-0.51	-0.53						
399	D-29	" ~ JP-4 吸込	"	-0.26	-0.29	-0.31	-0.36	-0.37	-0.43	-0.45	-0.48	-0.53	-0.54						
400	D-30	JP-3 吐出~Y字路下流	"	-0.05	-0.06	-0.07	-0.07	-0.07	-0.09	-0.09	-0.10	-0.11	-0.11						
401	D-31	JP-4 吐出~ " "	"	-0.06	-0.06	-0.07	-0.08	-0.08	-0.09	-0.10	-0.11	-0.12	-0.11						
51	F-20	JP-3 吐出部流量 (-)	ℓ/min	185.6	196.5	208.9	219.0	229.5	240.4	247.1	257.3	268.9	279.8						
53	F-22	JP-4 " " " "	"	189.4	202.5	211.9	223.5	234.0	244.9	252.0	263.6	275.6	287.3						
58	N-2	MRP-2 回 転 数	rpm	1135	1200	1265	1320	1385	1435	1490	1550	1605	1675						
69	T-5	ダウンカメラ - 底 温 度	°C	14.8	15.2	15.2	15.2	16.0	16.0	16.0	16.4	16.8	17.2						

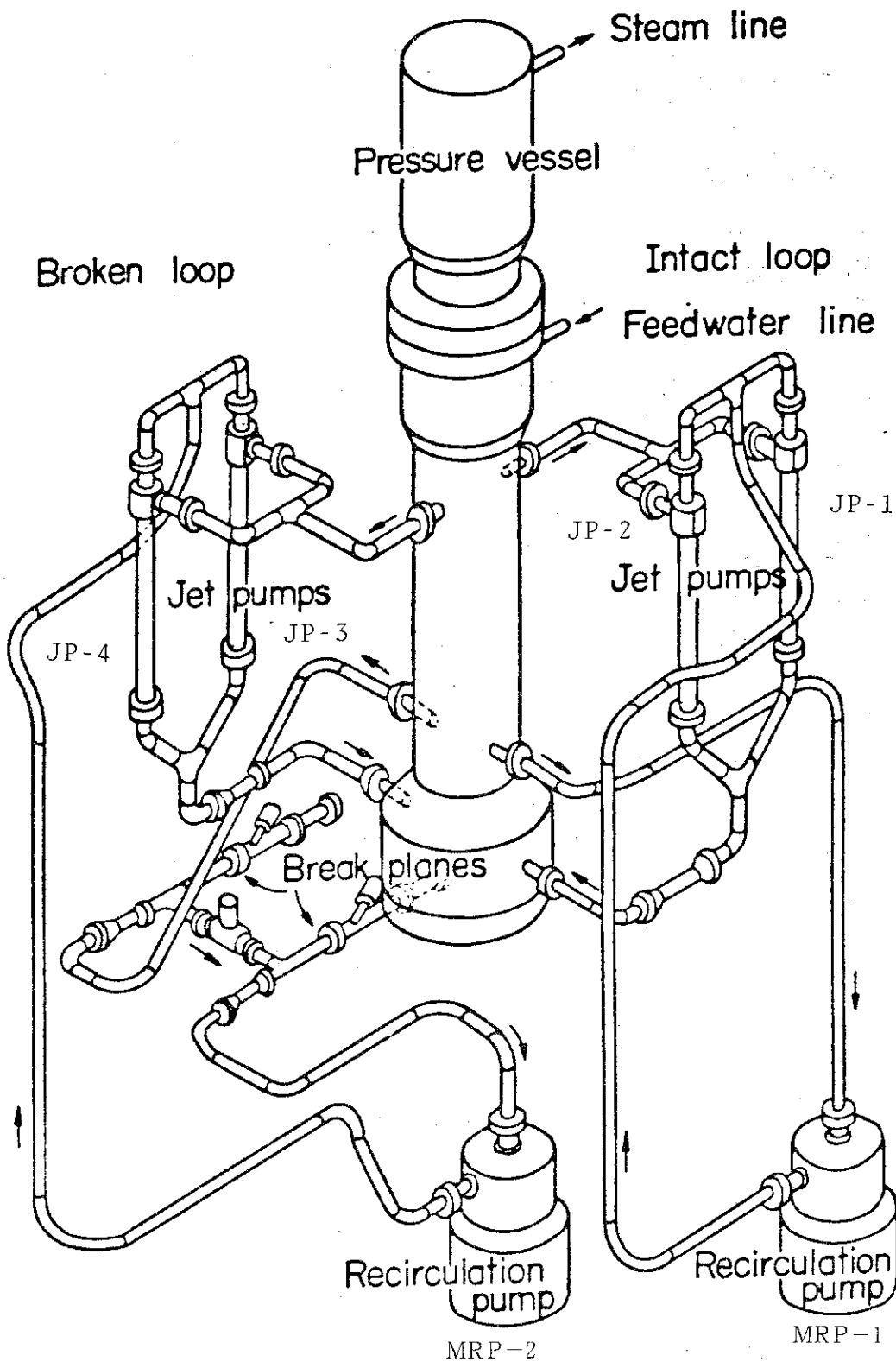


図1 ROSA-III試験装置の概略

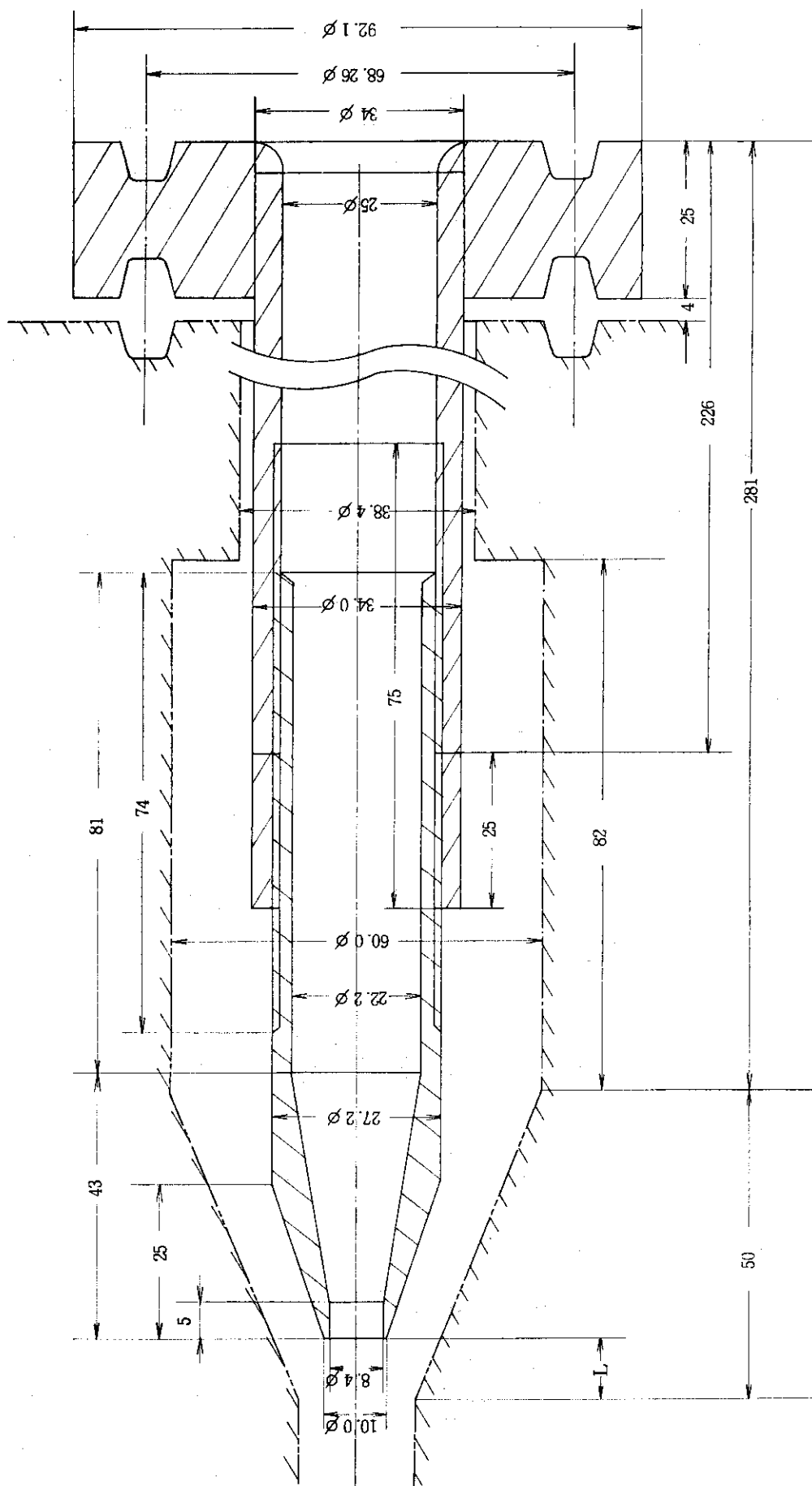


図2-a ROSA-III用ジェットポンプ駆動ノズルの構造
($L = 8, 12, 17 \text{ mm}$)

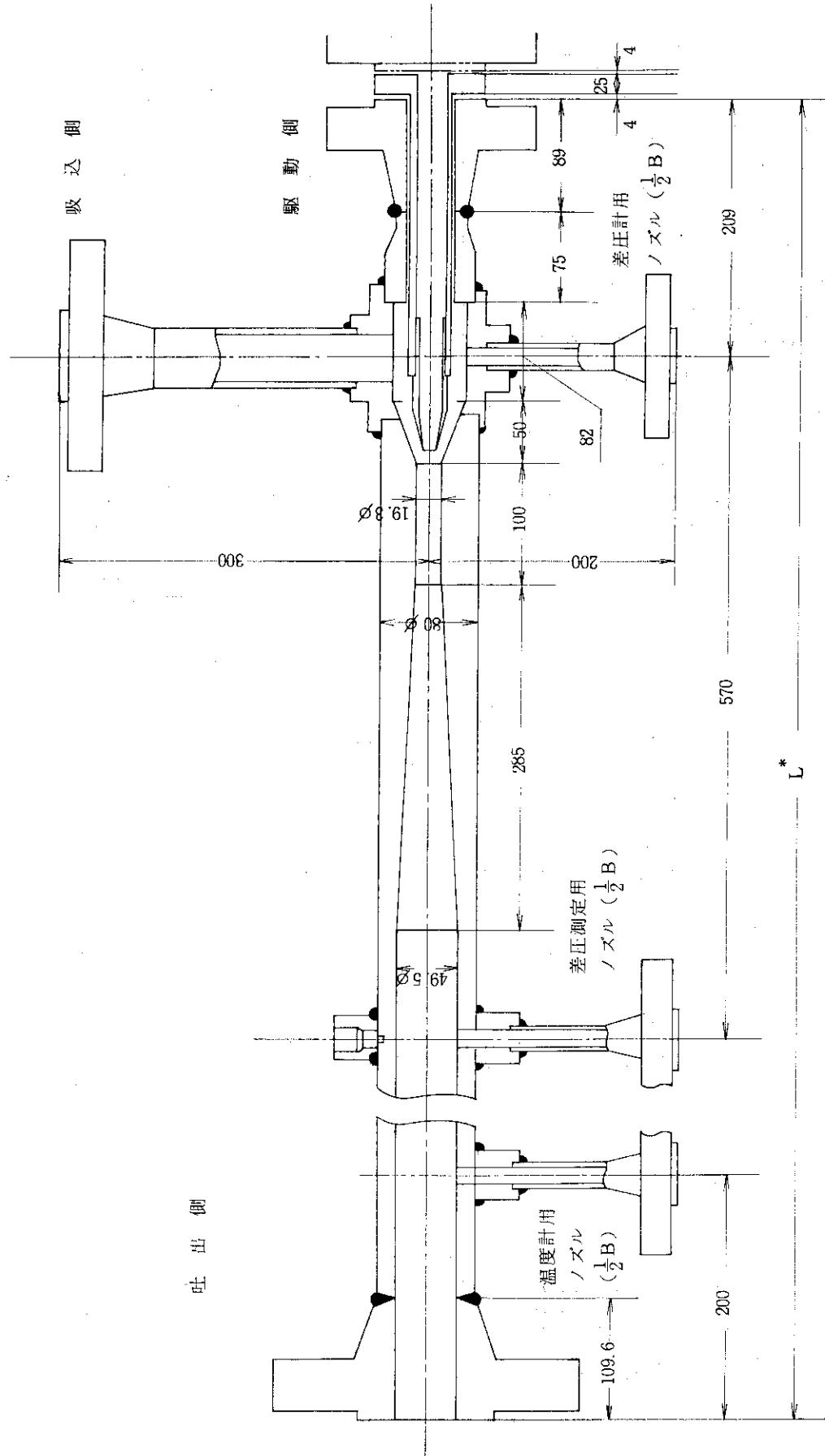
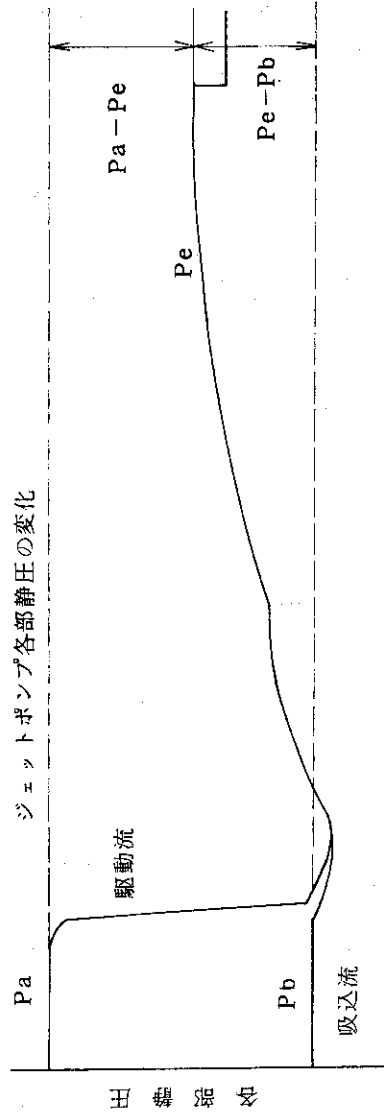
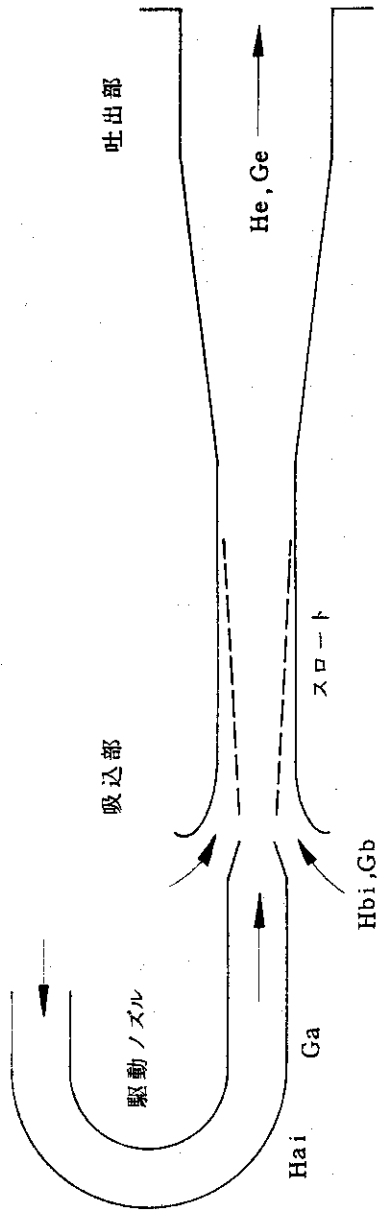


図 2-b ROSA-III用ジェットポンプの構造

$L^* = 1429 : JP-1, 2$
 $= 1653 : JP-3, 4$



ジェットポンプ効率： $\eta = M \times N$

$$M = Gb / Ga, \quad N = (He - Hbi) / (Hai - He)$$

$$H = P + \frac{1}{2g} v^2$$

図3 ジェットポンプ正流特性の概念

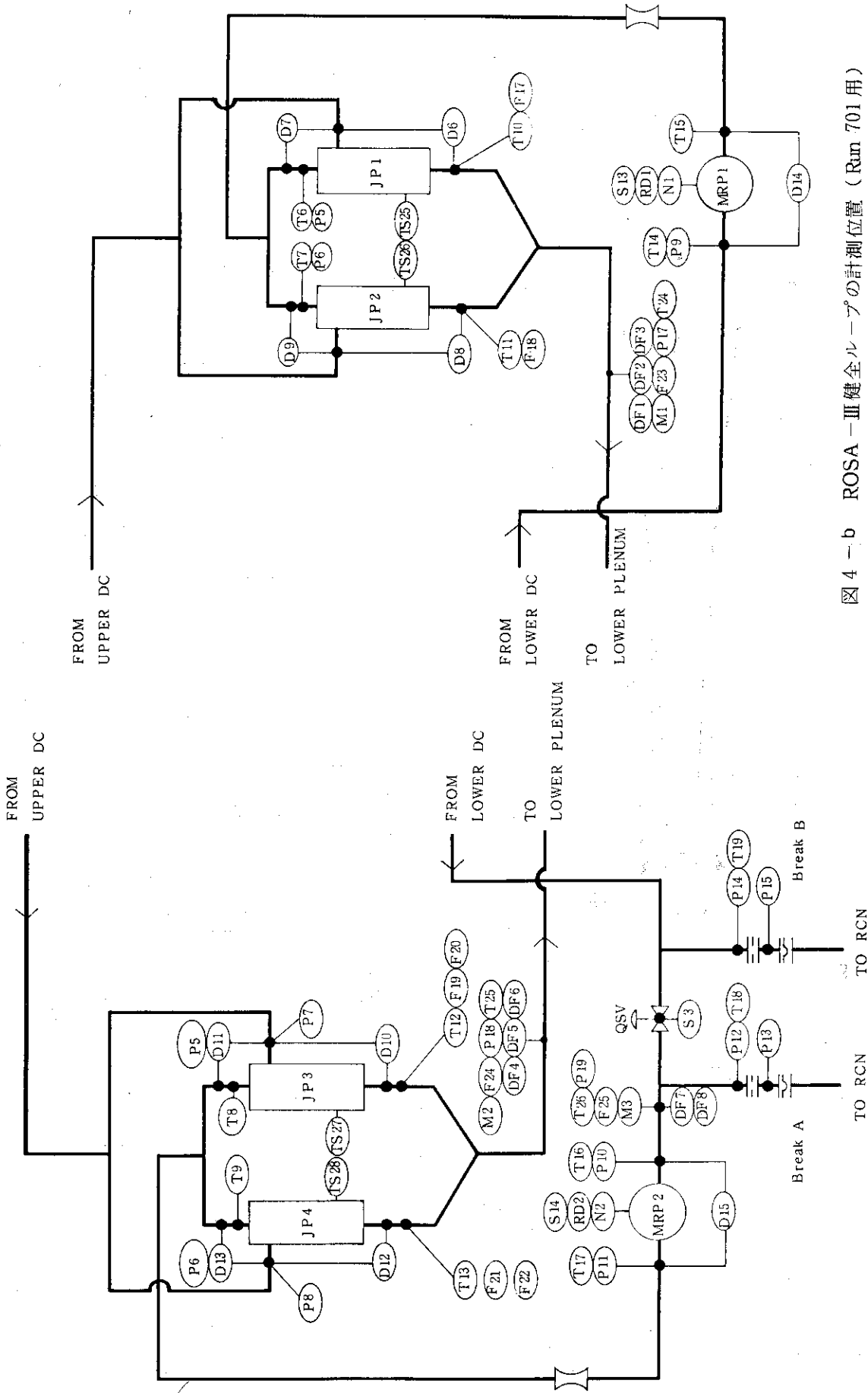


図 4 - a ROSA - III 破断ループの計測位置 (Run 701 用)

図 4 - b ROSA - III 健全ループの計測位置 (Run 701 用)

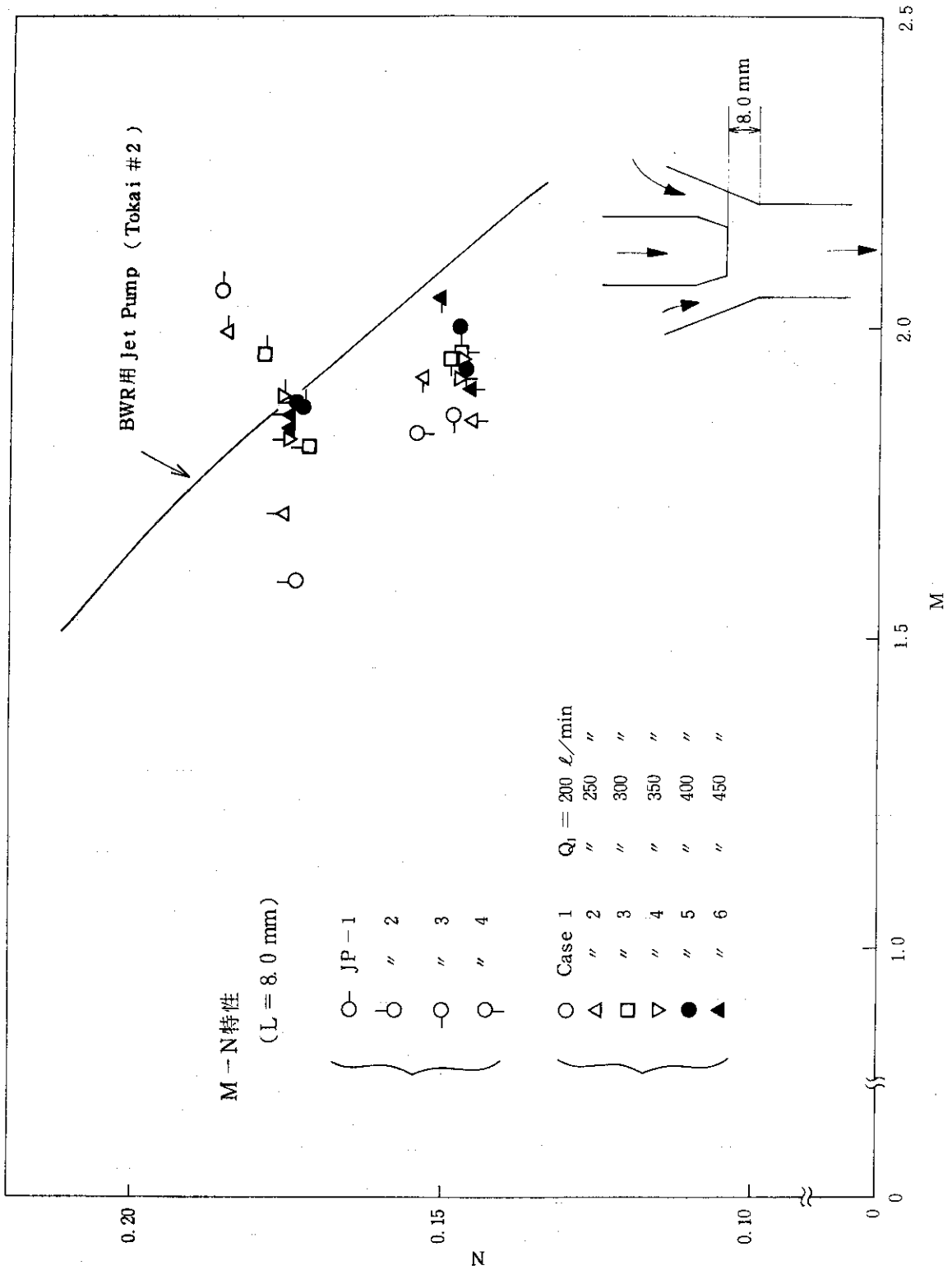


図5 ROSA-III用ジェットポンプ正流特性 (I) L = 8.0 mm

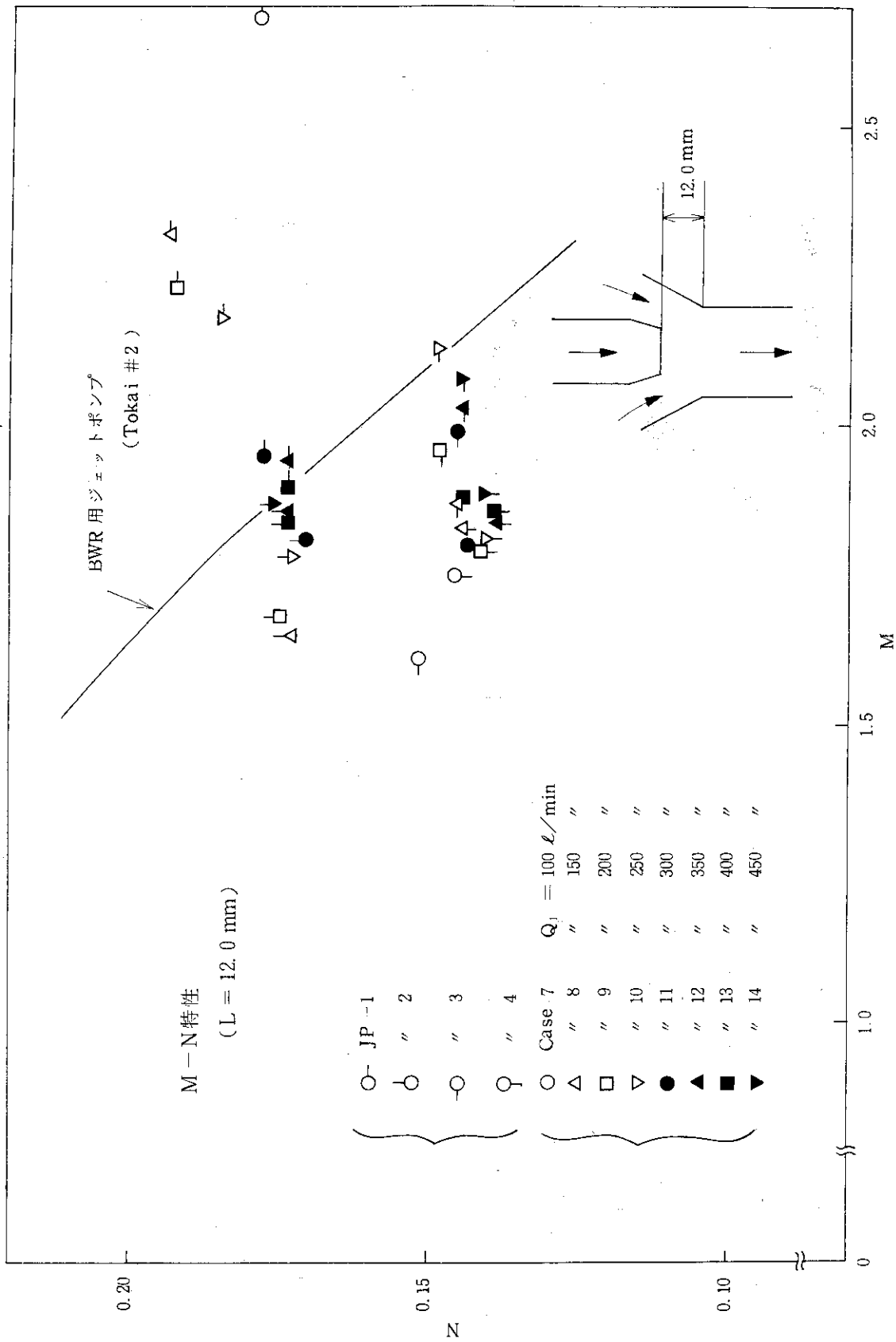


図6 ROSA-III用ジェットポンプ正流特性(II) L = 12.0 mm

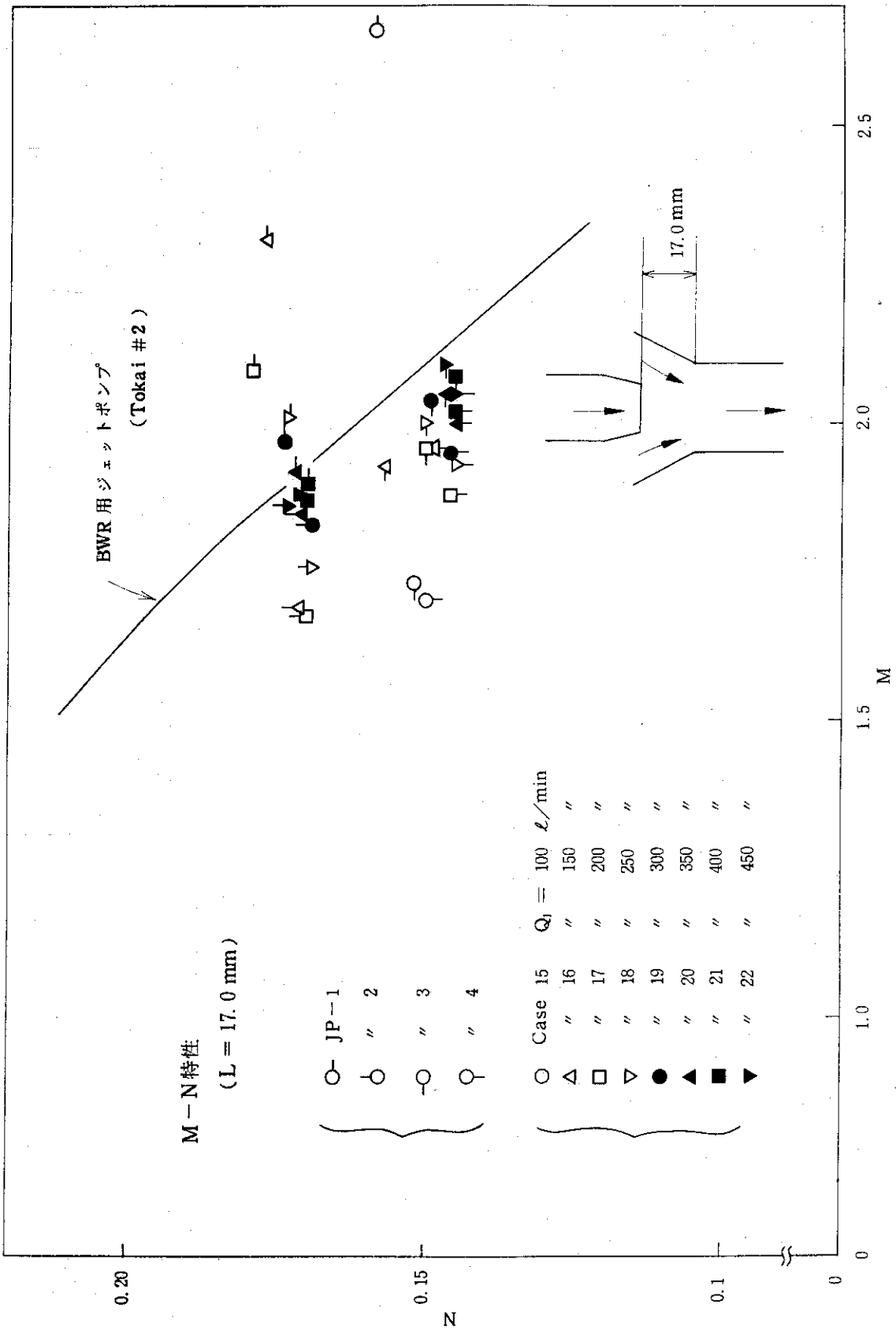


図7 ROSA-III用ジェットポンプ正流特性(III) L = 17.0 mm

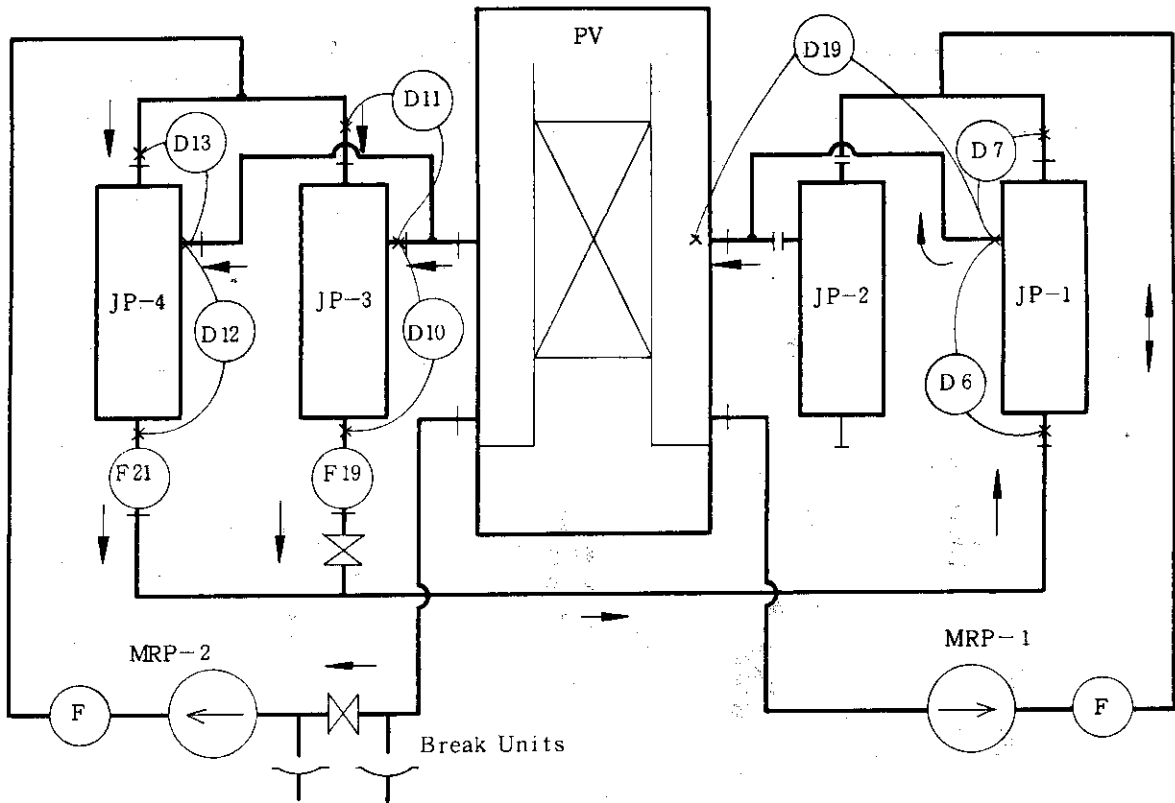


図8 JP-1 (2)逆流試験用ループのフローシート

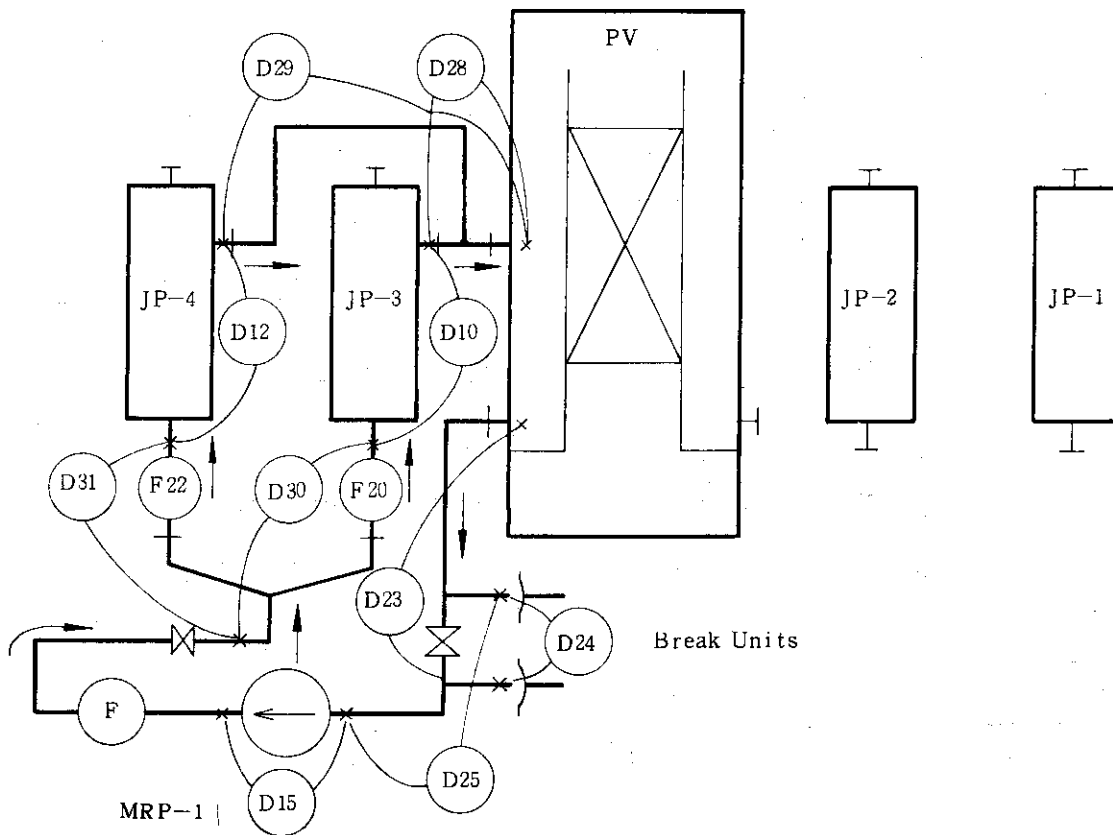


図9 JP-3, 4 逆流試験用ループのフローシート

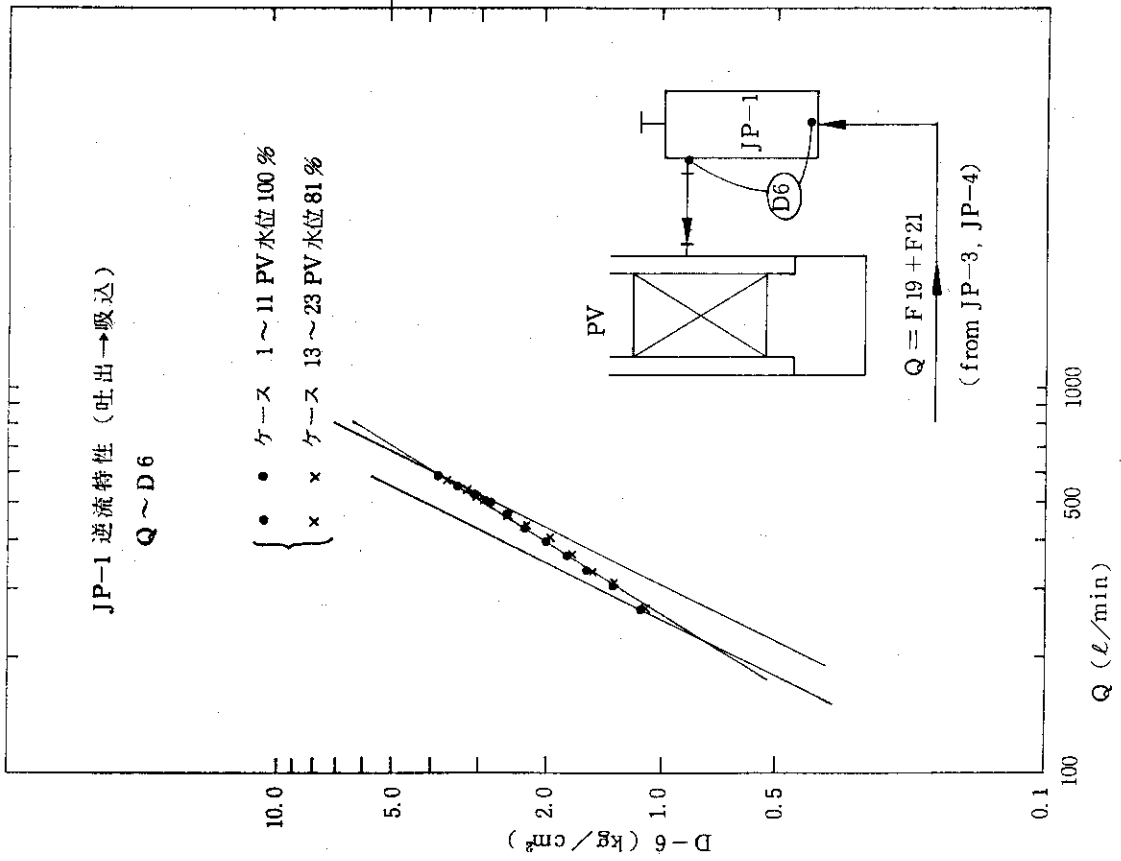


図10 JP-1 逆流特性 (I)

(吐出→吸込, 駆動側メクラ)

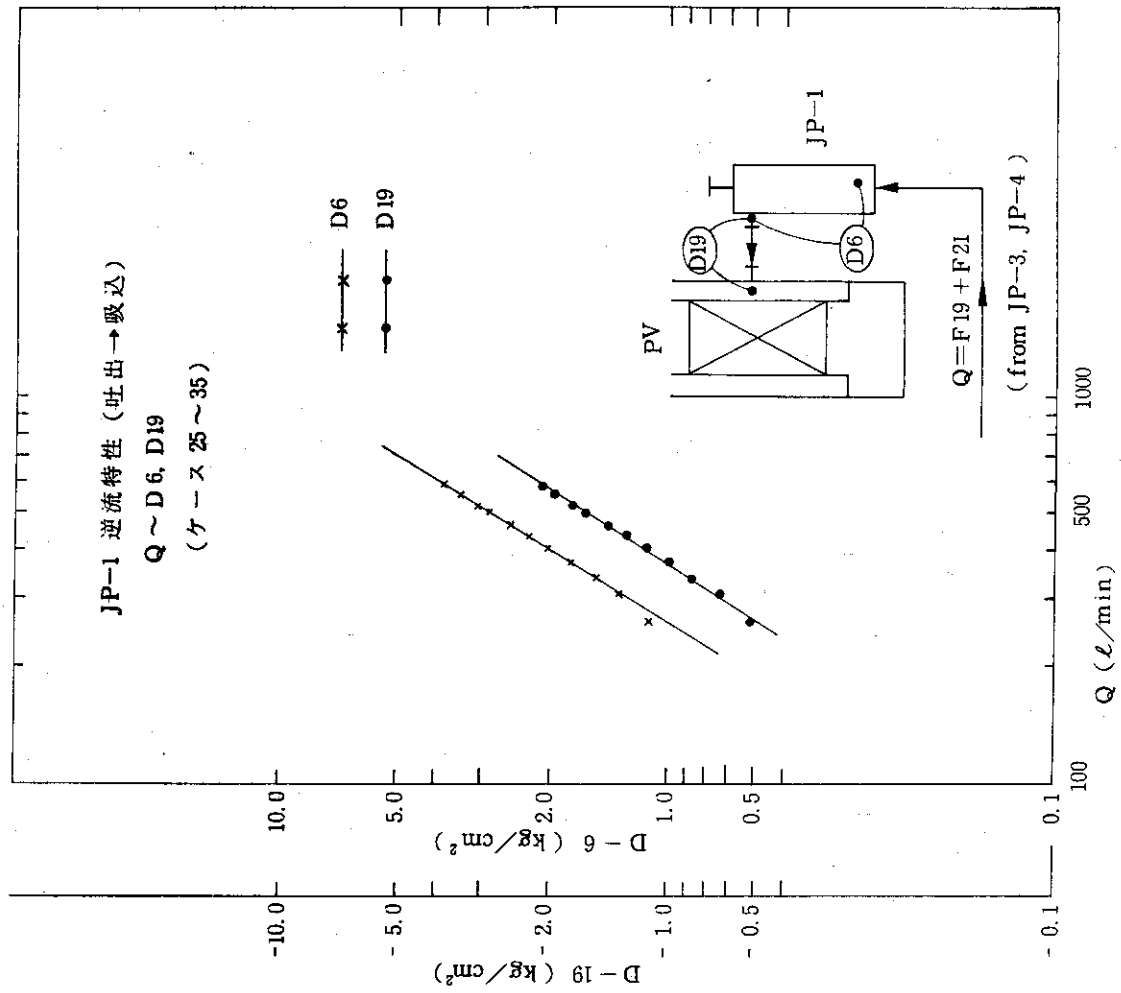


図11 JP-1 逆流特性 (II)

(吐出→吸込, 駆動側メクラ)

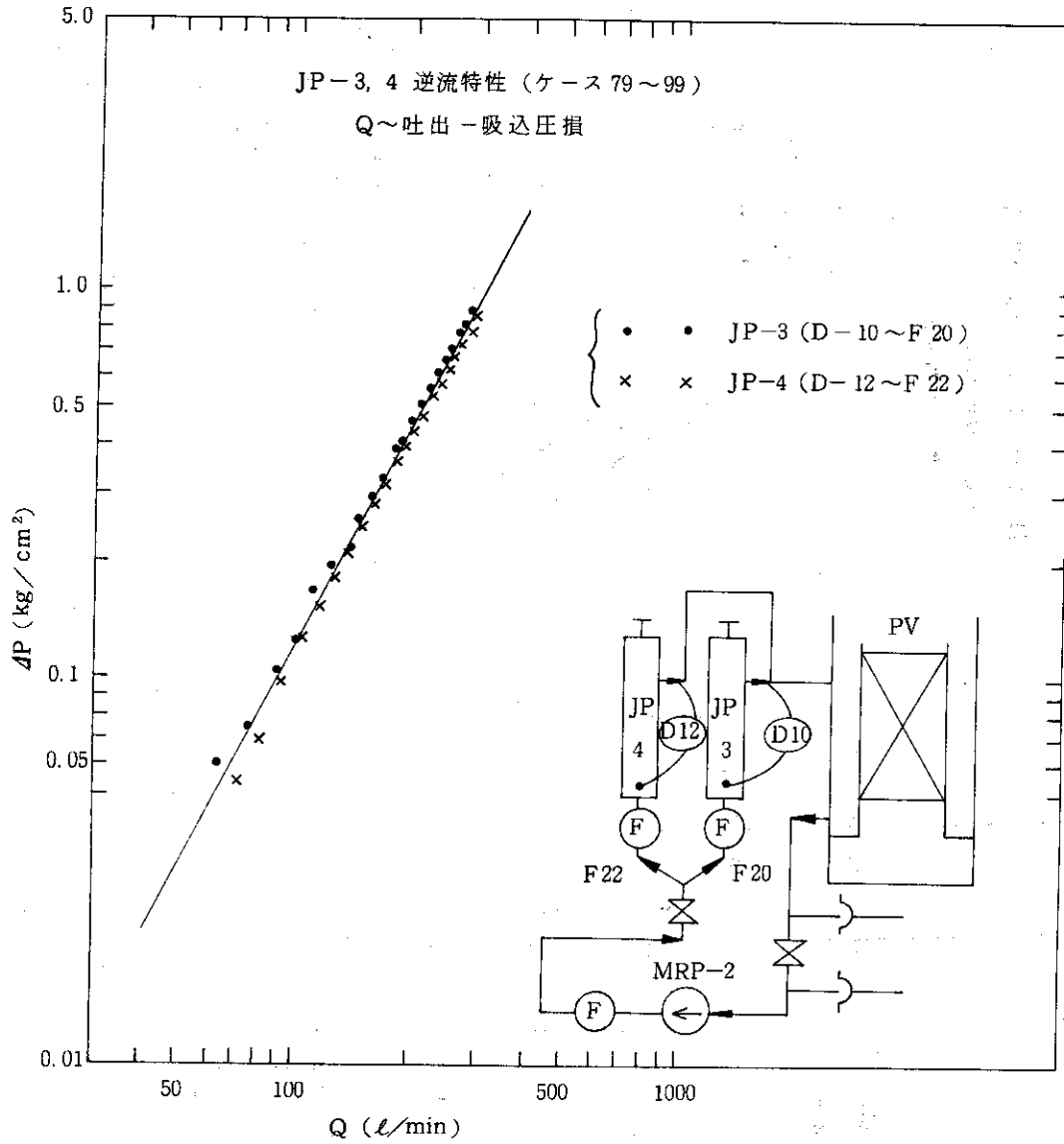


図12 JP-3, 4 逆流特性 (吐出部~吸込部)

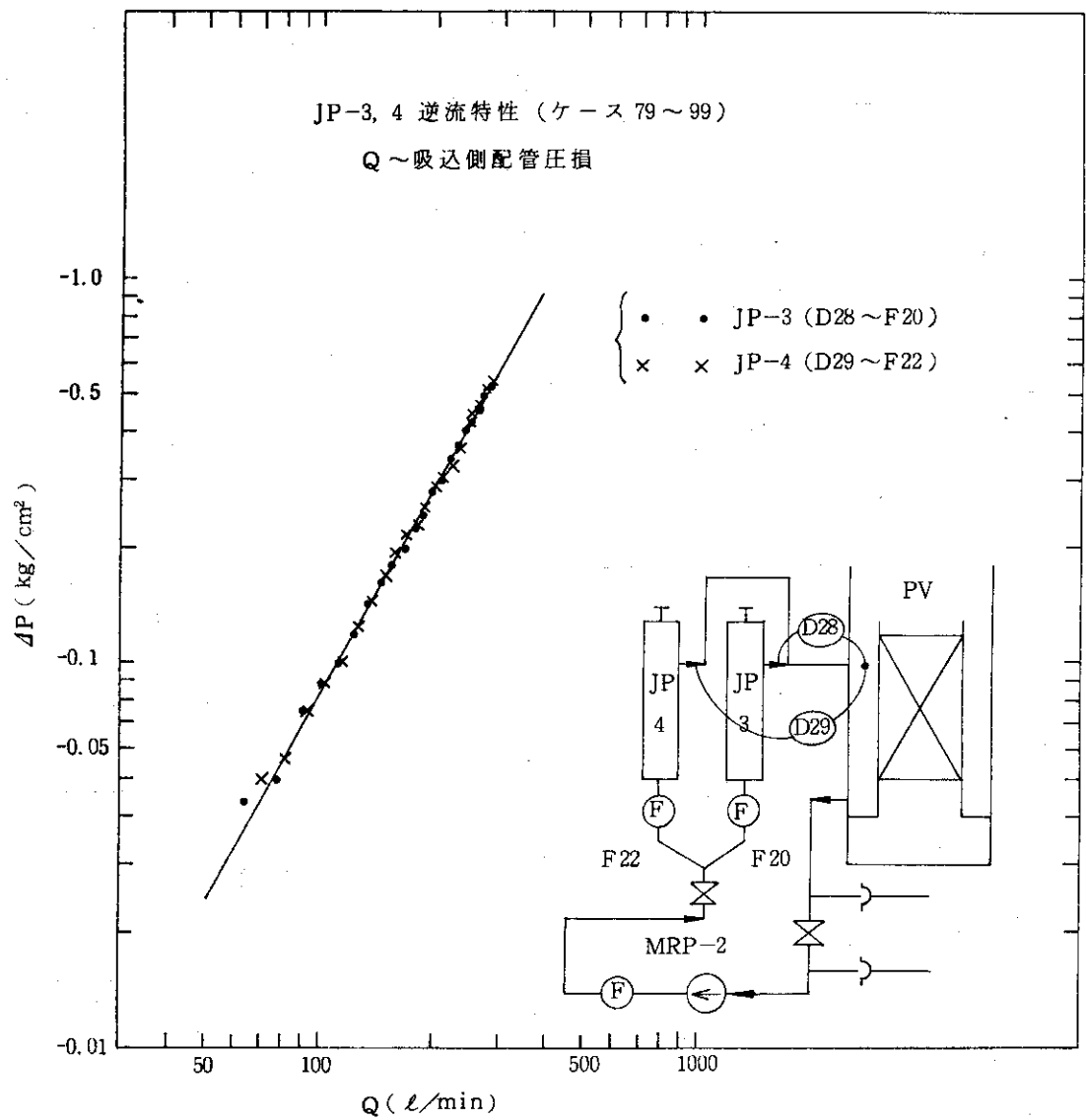


図 13 JP-3, 4 逆流特性 (吸込部~ダウンカマー)

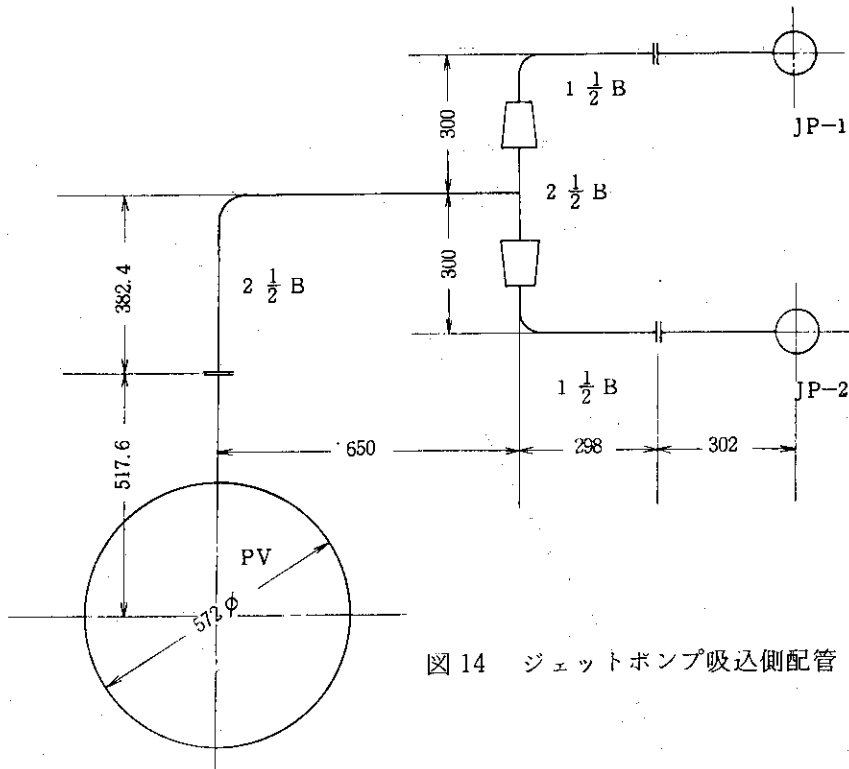


図14 ジェットポンプ吸込側配管

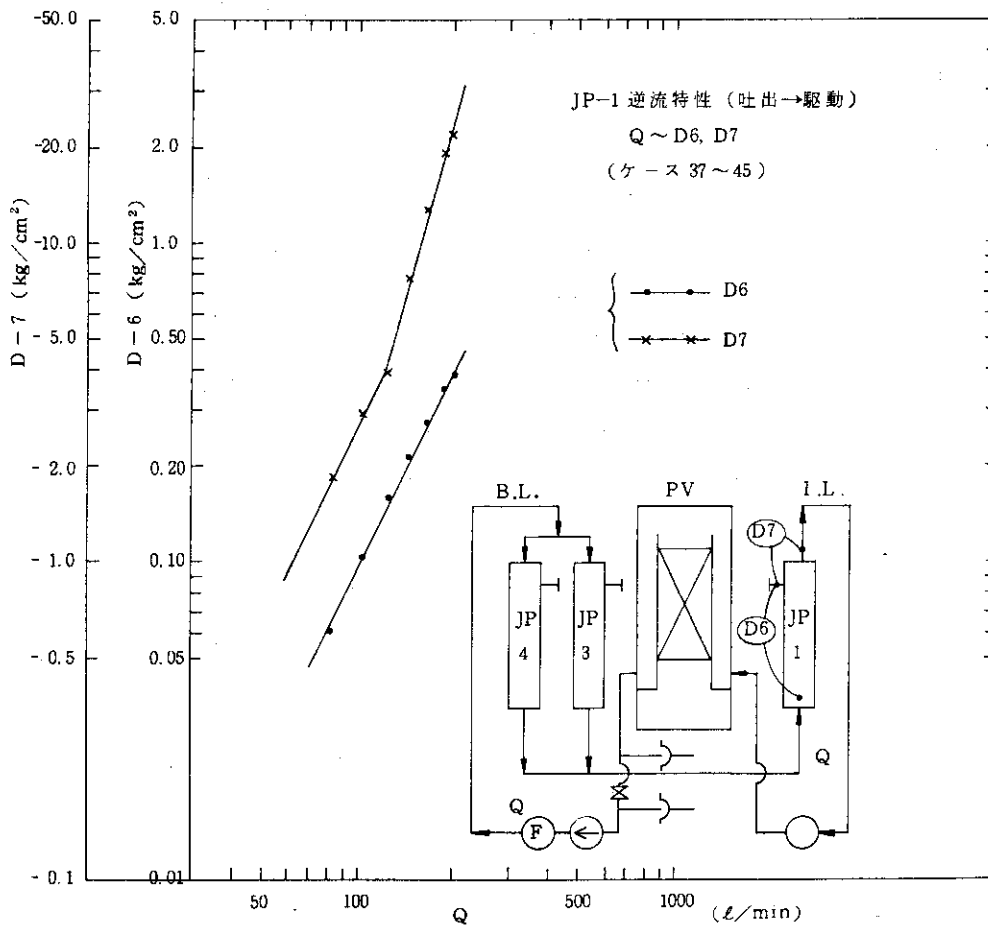


図15 JP-1 逆流特性 (吐出→駆動, 吸込側メクラ)

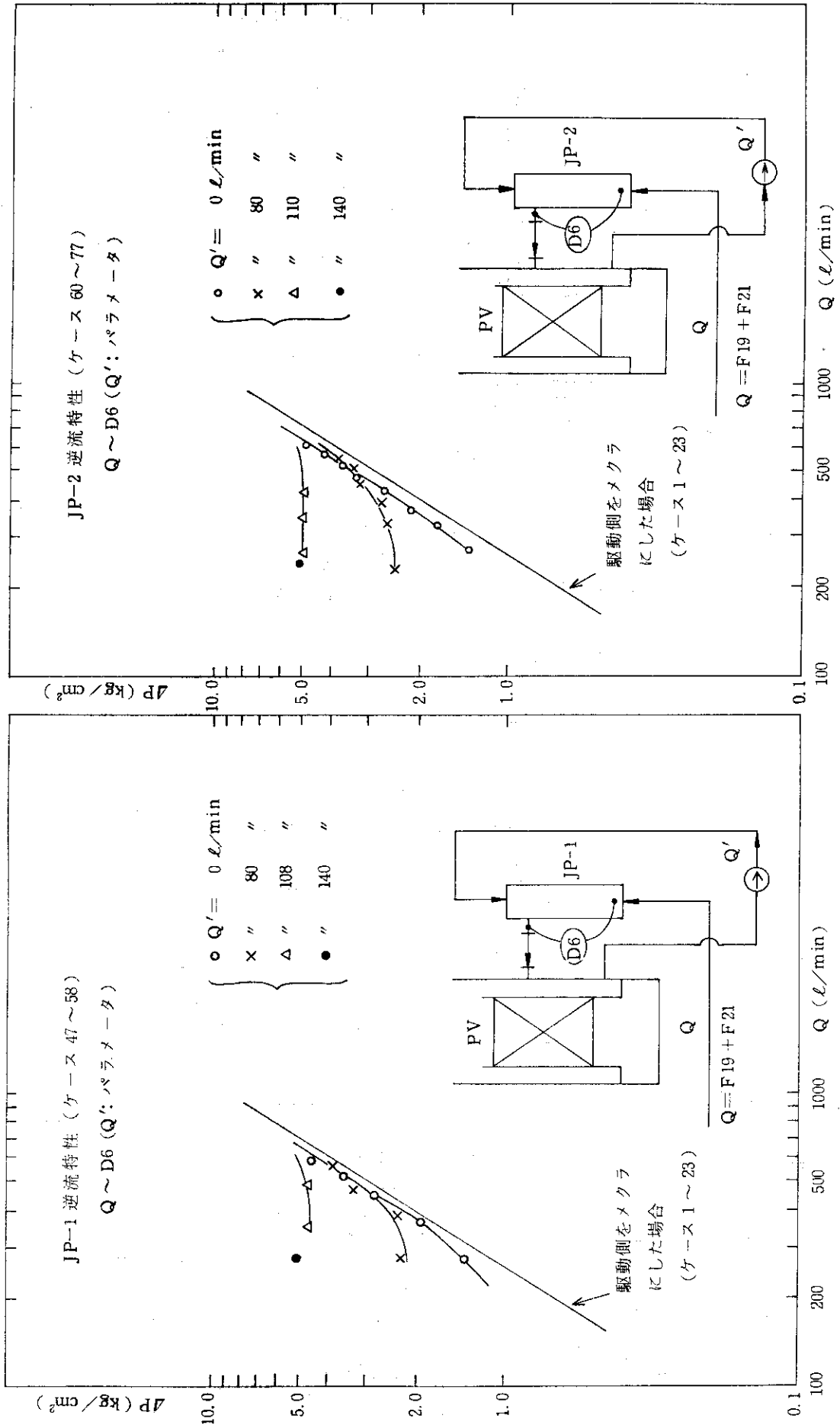


図 16 JP-1 逆流特性 (駆動流パラメータ)

図 17 JP-2 逆流特性 (駆動流パラメータ)

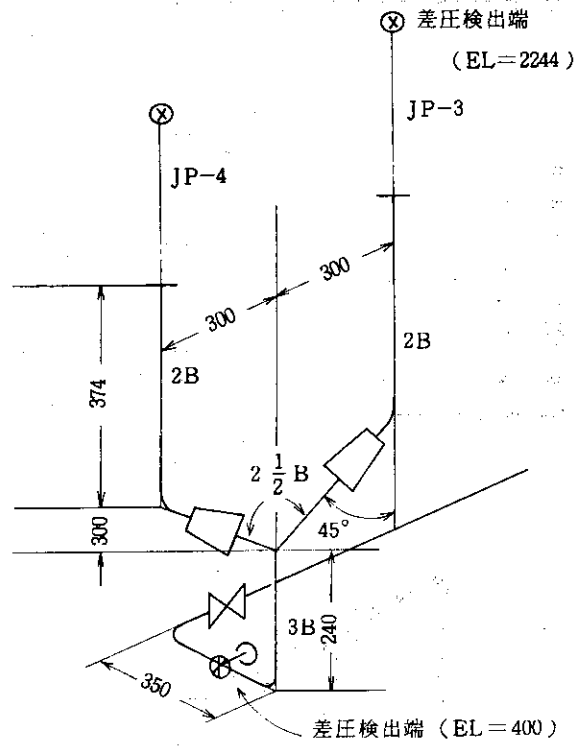


図 18 JP-3, 4 下方の Y 字型流路の概略構造

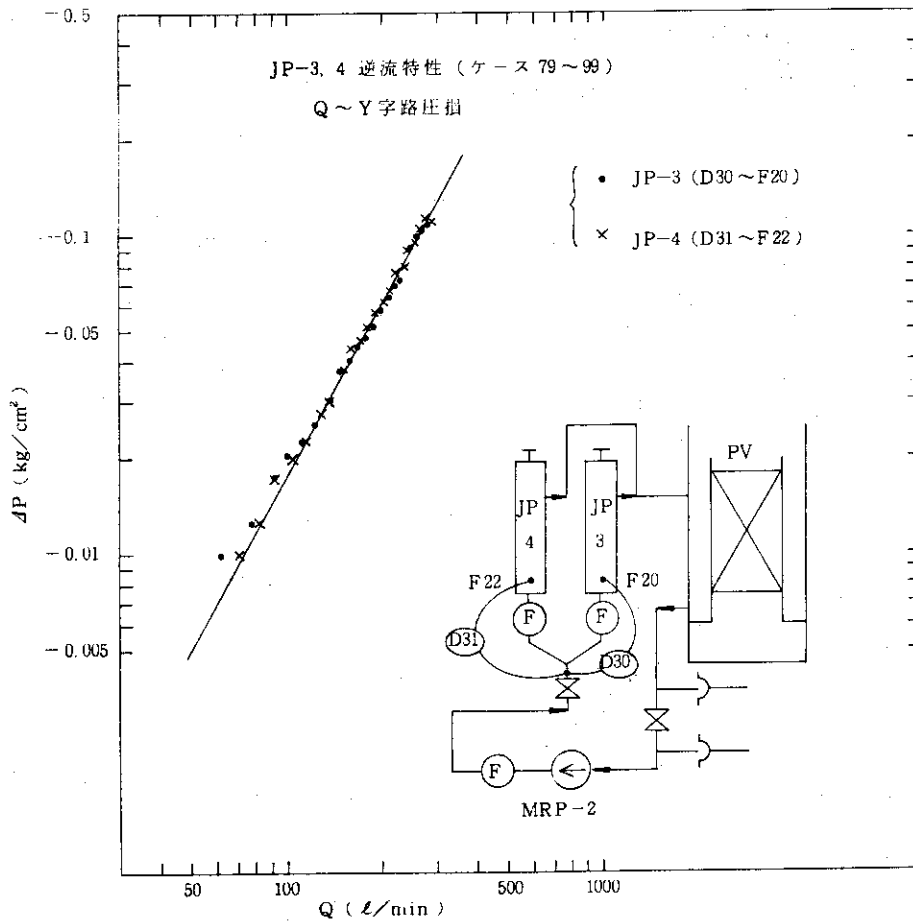


図 19 JP-3, 4 下方の Y 字型配管の逆流特性

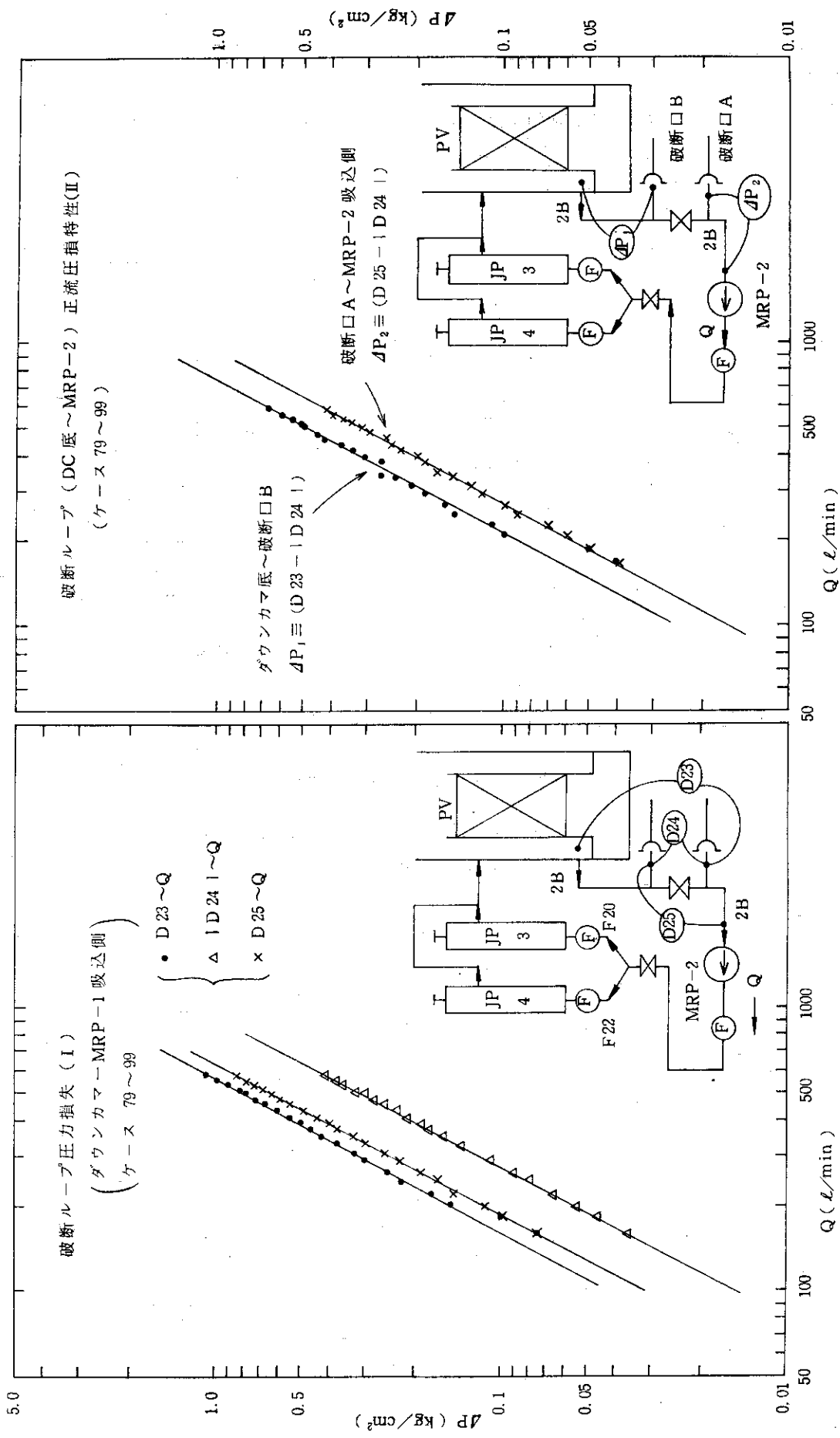


図 21 破断ループ圧力損失 (II)

図 20 破断ループ圧力損失 (I)

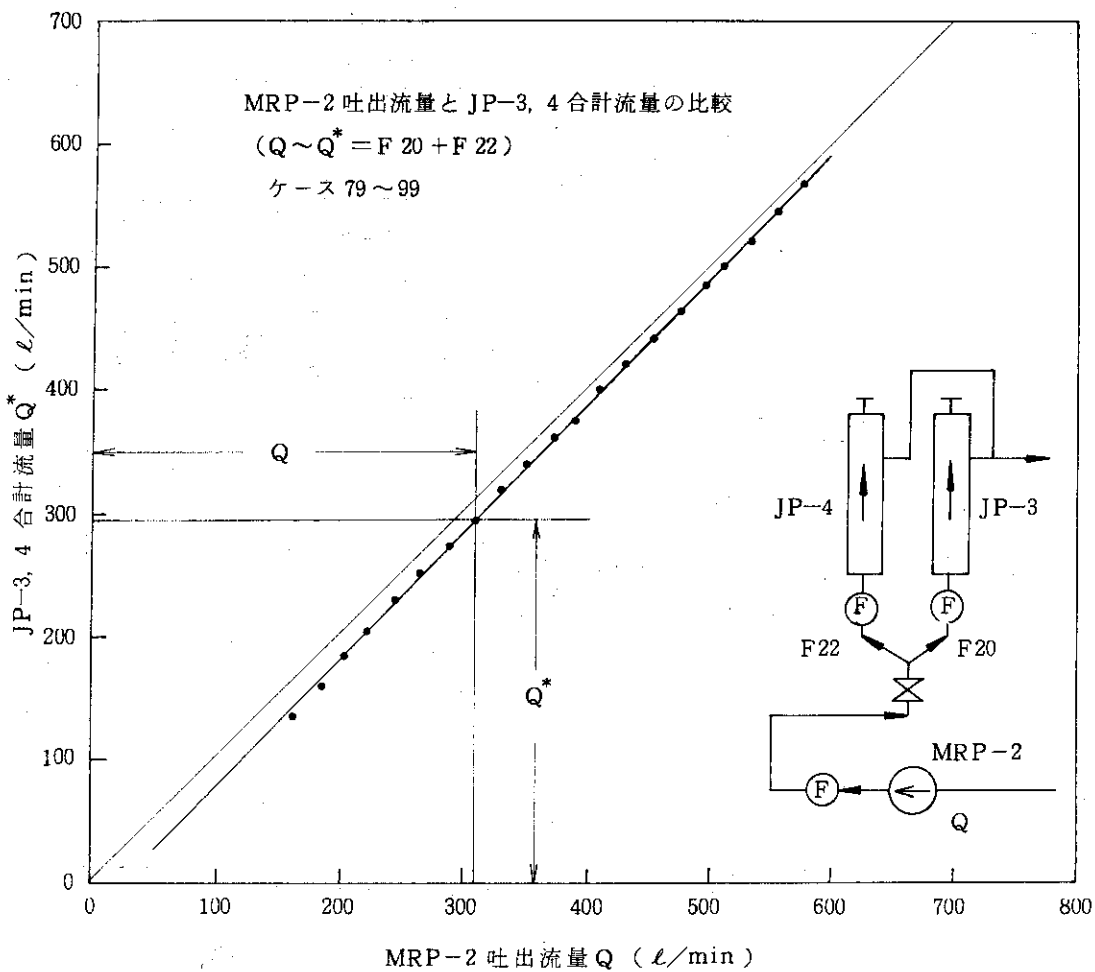


図 22 JP-3, 4 の逆流試験におけるMRP-2吐出流量と JP-3, 4 合計流量の相互比較