

# オリフィスによる給水加熱器ドレンの水位制御

## Orifice Control System for Feed Water Heater Drain

谷岡啓次郎\* 田内久寿男\* 佐藤武\*\*  
Keijirō Tanioka Kusuo Tanai Takeshi Satō

### 内 容 梗 概

火力発電設備用給水加熱器ドレン水位のオリフィス制御方式について総合的に検討を加え、その特長、設備費、タービンプラントの効率に及ぼす影響および使用実績について述べた。

さらに、オリフィスにおける飽和水と飽和蒸気の2相流の流動特性について実験的研究を行ない、ドレン水位制御用オリフィスの設計方式を確立したので、オリフィスにおける流動特性について述べた。

### 1. 緒 言

給水加熱装置は、プラントの熱効率および運転制御に大きな影響を持っており、火力プラント補機のうちでも最も重要な装置の一つである。その給水加熱器において、加熱蒸気ドレン水位制御はプラント運転上非常に重要な問題である。

従来、アメリカおよび日本においては、このドレン水位制御方法として空気作動式調整弁による制御が一般的に使用されている。しかしヨーロッパにおいては空気作動式に比較して経済的で作動の確実なオリフィス制御方式がかなり一般的に使用されているが、そのオリフィスにおける飽和水の流動特性および設計法については明らかにされていない。

筆者らは、このオリフィスの制御性について実験的研究を行ないオリフィス制御方式に関する設計技術を確立した。

このオリフィス制御方式は従来の空気作動式調整弁に比較して技術的に種々の利点があり、また設備費が非常に安いので将来は国内の火力発電設備にも大いに採用されるものと考えられる。

### 2. オリフィス制御方式の特長

火力発電プラントにおける給水加熱器ドレン水位制御装置としては空気作動式調整弁、ドレントラップおよびオリフィス制御方式があるが、現在わが国で最も一般的に使用されているのは空気作動式調整弁である。

以下簡単に各方式の特長およびオリフィス制御方式について述べる。

#### 2.1 ドレントラップ

約10~20年ぐらい前までは、給水加熱器ドレン水位制御装置として、ドレントラップはかなり一般的に使用されていたが、ある程度以上高圧の使用条件においては高圧の状態で良好に作動する浮子の設計が困難なため現在まで高圧部分にはほとんど使用されていない。また、可動部分を有するために、さびなどにより作動が不確実になったり機能的にある流量以下では、作動が間欠的になったり蒸気が一部漏えいするという欠点がある。しかし、比較的圧力の低い部分か負圧の部分では設計製作が容易であるため、エゼクタドレン、グラウンドコンデンサドレンの排出用などの特殊な用途には多く採用されている。

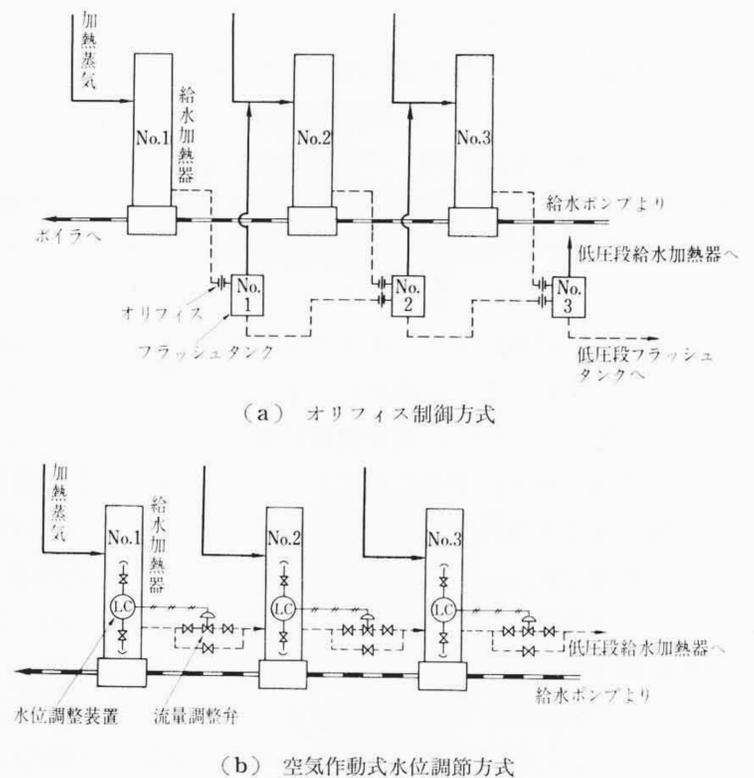
#### 2.2 空気作動式調整弁

この方式は、現在最も一般的に採用されている方式で、特にアメリカ系の技術を採用した火力発電所では、ほとんどすべてこの方式が採用されている。

この方式の特長は制御性が良好で、ドレン水位を常に一定に保ち

\* 日立製作所 電機事業部

\*\* 日立製作所 日立研究所



第1図 給水加熱器ドレン水位制御方式

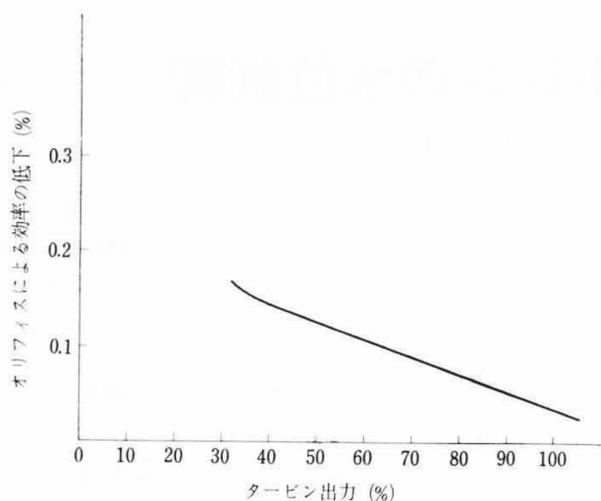
ドレン冷却器を有効に使用することにより、プラント効率を高くするような計画ができることである。

しかし、制御装置の機構が複雑なため調整がめんどうであると同時に、弁棒の破断、スチック、トリムの摩耗などの故障を起こす例もかなり多く、さらに、設備費が非常に高くなるのが最も大きな欠点である。第1図(b)はこの方式の概要を示したものである。

#### 2.3 オリフィス制御方式

オリフィスによるドレン水位制御方式は欧州系の火力発電所に多く採用されている方式で、第1図(a)に示すとおり、給水加熱器ドレンを1枚のオリフィスとフラッシュタンクにより制御しようとするものである。すなわち、No.1給水加熱器を出たドレンはオリフィスによって減圧され、No.1フラッシュタンクにはいる。このドレンは飽和水であるので、オリフィスで減圧されることによってフラッシングを起こしそのフラッシングした蒸気はNo.2給水加熱器の加熱蒸気として使用される。No.1フラッシュタンクより出たドレンはNo.2給水加熱器ドレンと同様にオリフィスを通してNo.2フラッシュタンクにはいり、フラッシュ蒸気とドレンとに分離され、それぞれ低圧段へ流れ熱回収される。

このようにオリフィス制御装置においては、オリフィスとフラッシュタンクが使用されるだけであるので設備費が非常に安く調整が簡単で故障が非常に少ないのが大きな特長である。しかし、オリフィス制御方式においては、オリフィスにおける飽和水のフラッシングを利用してドレン流量を制御しているため、オリフィスの位置を給水加熱器ドレン水位より高くすると、オリフィス前でドレンがフ



第2図 タービン出力とプラント熱消費率

ラッシングを起こし、水位を制御することができない。したがって高圧給水加熱器ドレンを脱気器に流すような場合には、低水位形脱気器を使用することにより、脱気器の据付位置を低くし、高圧側と低圧側のドレン水位をほぼ同じにすることが必要である。このような低水位形脱気器が使用できず、従来の高水位形脱気器を使用する場合には脱気器入口だけは空気作動式調節装置を使用しなければならない。

またオリフィス制御においてはプラントの最大負荷状態において適正にドレンが流れるように設計し、すべての負荷においてオリフィス口径は一定であるので、部分負荷状態においてはオリフィスから一部分の蒸気が漏えいすることによって、その流量係数が変化し、ドレン流量が変化するのでこの方式においては、オリフィス口径の決定は特に重要である。すなわちオリフィス口径が最大の場合には、オリフィスを通して高圧側より低圧側へ蒸気が漏えいしプラントの効率が低下する。一方口径が小さすぎる場合には、ドレンが十分に流れないために給水加熱器におけるドレン水位が上昇して運転が不可能となる。したがってオリフィスで水位制御を効果的に行なうためにはオリフィスの特性を考慮して、その系統に最も適する口径を選定しなければならない。

### 3. オリフィス制御の経済性および使用実績

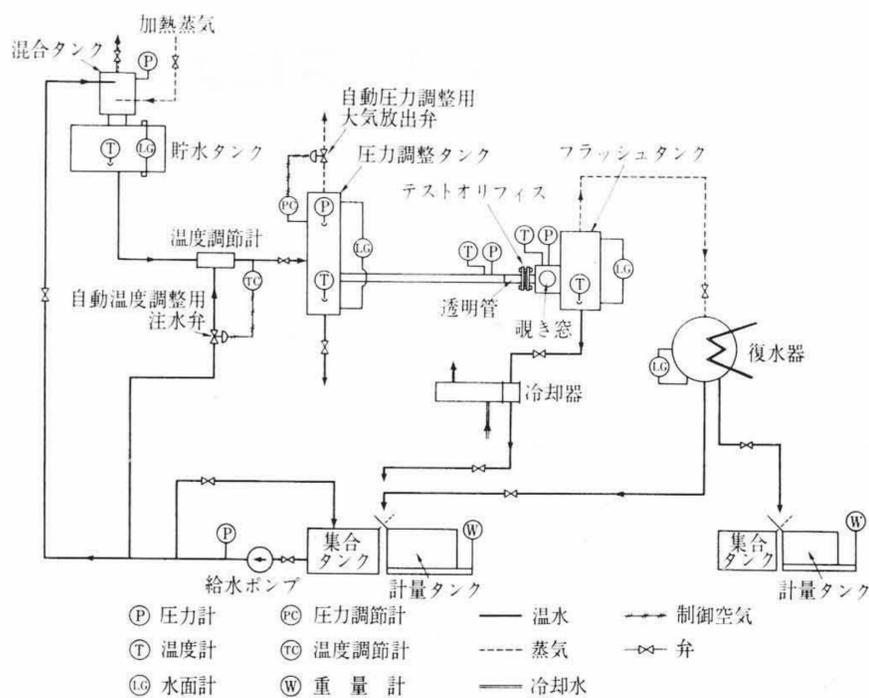
#### 3.1 設備費

設備費の一例として日立製作所で使用した60 MW、主蒸気条件1,250 lb/in<sup>2</sup>・g, 950°F 抽気段数6段の復水タービンについて考えてみる。

従来の空気作動式水位調整装置を使用すると、第1図(b)に示されている水位調整装置、空気作動式調整弁、前後弁、バイパス弁およびドレン配管が必要である。一方オリフィス制御の場合には、オリフィスとフラッシュタンク、ドレン配管およびフラッシュ蒸気配管設備を要し、その価格は、従来の空気作動式調整弁に比べて数分の一にすぎない。この水位制御装置の価格がプラント全体に占める割合は、小さなプラントほど大きくなるので、オリフィス制御装置は比較的小容量のプラントにおいて、より有利になると考えられる。

#### 3.2 オリフィス制御が効率に及ぼす影響

タービンプラントの特性として、タービンの負荷が減少するとそれにほぼ比例して抽気圧力および加熱蒸気ドレンの流量も減少する。しかし、抽気圧力の減少がオリフィスを流れるドレン流量に及ぼす影響はその圧力差に比例するため、最大負荷において最適の容量を持つオリフィスは部分負荷においてはオリフィス口径が過大となり、加熱蒸気が次段の給水加熱器に漏えいする。しかし、この場合の漏えい蒸気は次段での加熱蒸気として熱回収されるわけであるので、プラント効率に及ぼす影響は比較的少ない。ただし、空気作動式調節弁と比較する場合には、ドレン冷却部が設置できないこと



第3図 実験装置系統図

による効率低下も考慮しなければならない。60 MW 発電設備について、この部分負荷における効率低下の状態を示すと第2図に示すとおりである。これは各負荷時において漏えい量0の場合に対する熱消費率の増加割合を示したものである。

本図において、定格負荷60 MWの場合においても加熱蒸気漏えいにより熱消費率が增加することが示されているが、これは、オリフィスの口径決定の際に、復水器冷却水温度の上昇および過負荷時のタービン流量の増加を考慮してオリフィス口径が決定されているため60 MW時において、オリフィス口径が過大になっているためである。この熱消費率の増加を設備費に換算して経済比較を行なってみると、その結果はプラントの容量、燃料費、負荷率およびプラントの運転条件によって大きく左右されるが、燃料費が安く負荷率の低いプラントにおいては経済的に有利であることがわかる。

#### 3.3 オリフィス制御の使用実績

給水加熱器ドレン制御にオリフィスを使用する方式は欧州系火力プラントにおいて古くから一般的に使用されているもので、主としてイギリス、オーストラリア、南アフリカなどで多く採用されている。その出力は10 MW程度の復水タービンプラントから350 MWの大容量再熱プラントにまで採用されている。

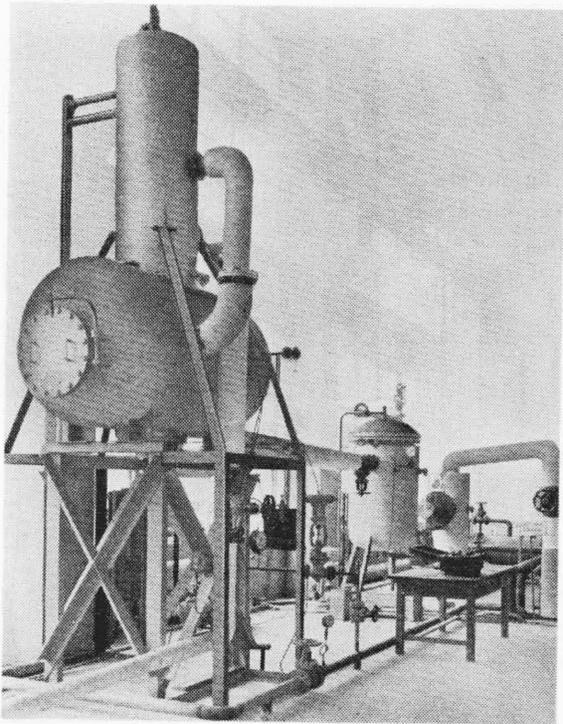
一方わが国の火力発電に関する技術はアメリカの影響が強く、オリフィス制御方式は全然使用されていなかった。日立製作所においても、国内の火力発電所においてはまだ使用実績はないが、輸出プラントにおいて多くのプラントに採用されている。国内の火力発電設備においても、将来は大いに採用されるようになるものと考えられる。

### 4. オリフィスの特性

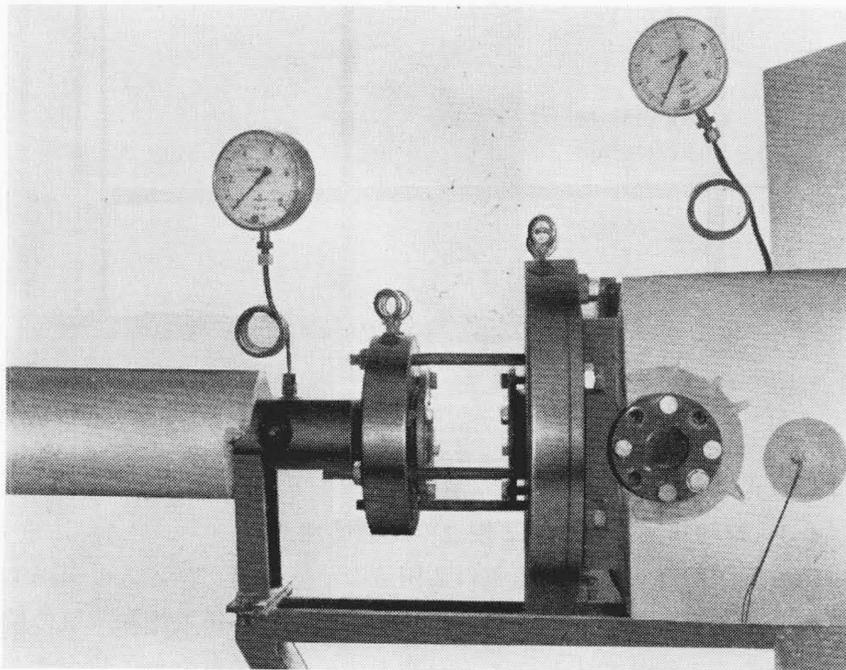
#### 4.1 装置および流動特性の概要

高温水あるいは飽和水の流動特性については、Benjamin & Miller氏<sup>(1)</sup>、Bailey氏<sup>(2)</sup>およびFriedrich氏<sup>(3)</sup>らの実験結果が発表されているが、実験装置およびオリフィス形状に相違があるので一般的な結論は得られていない。そこで筆者らは火力発電プラントに使用される最も一般的なオリフィスと配管の組合せについて飽和水および飽和水と飽和蒸気の2相流体の流量特性について実験し、オリフィスの設計方式を確立した。

今回使用した実験装置の系統図を第3図に、また、装置全体の外観を第4図に、テストオリフィス部の外観を第5図に示す。オリフィスは7.5φ、10φ、15φの3種類とし、面積比を0.00513~0.0205とした。初圧は設備容量の関係上最高を5 kg/cm<sup>2</sup>・absとし、圧力



第4図 実験装置



第5図 テスト・セクション

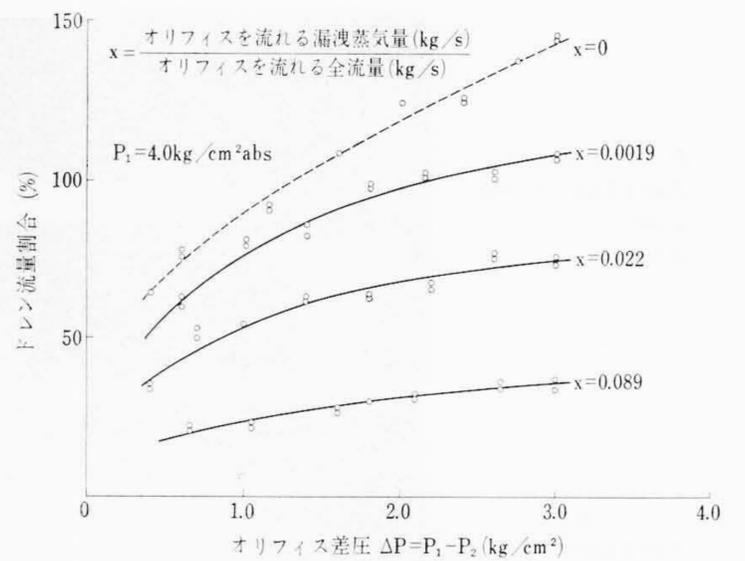
範囲  $1.5 \sim 5.0 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{abs}$ 、圧力比は  $0.07 \sim 0.90$  の範囲で実験した。

実験装置は第3図に示すように、混合タンク、温度調節器、圧力調整タンク、テストオリフィス、フラッシュタンク、ドレン冷却器、復水器および計量タンクよりなり、広範囲にわたって安定した実験が行なえるように設計した。

混合タンクと圧力調整タンクは連続的に圧力一定の飽和水を製造する装置で、混合タンクにおいて比較的高圧の状態加熱された水を圧力調整タンク入口で減圧し、フラッシングさせることによって一定圧力温度の完全な飽和水を得るものである。圧力調整タンクの圧力は自動圧力調整用大気放出弁により自動的に一定に保たれる。圧力調整タンクとフラッシュタンクとの間にテストオリフィスを設け、圧力調整タンクの水位を変化させることにより、オリフィスを通過する漏えい蒸気量を変化させることができる。オリフィスを通過した漏えい蒸気とオリフィスの後でフラッシュした蒸気は復水器で冷却、計量されるが漏えい蒸気とフラッシュした蒸気の割合は、オリフィス前後の圧力をもとにして計算で求められる。

一方、フラッシュタンクを出た飽和水は、フラッシングを防止するために冷却器で冷却された後、計量タンクで測定される。

第6図は実験結果の一例である。本図において、横軸はオリフィス前後の差圧で、縦軸はオリフィスの単位面積当たりの飽和水和漏えい蒸気を合計した全流量の割合を示している。パラメータは全流



第6図 オリフィス差圧とドレン流量

量に対するオリフィスを流れる漏えい蒸気量の割合で、 $x=0$ は飽和水のみが流れる場合を示している。

第7図はオリフィスにおける飽和水および漏えい蒸気の流動状況を示したものである。図の(a)は差圧  $0.8 \text{ kg/cm}^2$ 、 $x=0$ の場合で、オリフィス直後ではほとんどフラッシングはみられない。しかし、差圧が大きくなると  $x=0$ においてもオリフィス直後でフラッシングが発生する。第7図(b),(c)は同じ差圧で  $x$ が増加した場合の状態であるが、飽和水と飽和蒸気が分離して流れることがわかる。また、第7図(d),(e),(f)は差圧  $2 \text{ kg/cm}^2$ で  $x$ を変化させた場合を示すもので、オリフィス前後の差圧がある程度以上に大きくなると、オリフィス直後で急激なフラッシングが発生することがわかる。

以下、飽和水のみの場合と、飽和水と蒸気の2相流の場合に分けてそれぞれの流動特性を検討する。

#### 4.2 飽和水の流動特性

オリフィス後の圧力  $P_2$ を  $1 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{abs}$ とし、オリフィス前の圧力  $P_1$ をかえた場合の飽和水流量を示したのが第8図である。飽和水の場合には単位面積当たりの流量は、オリフィス口径  $7.5 \sim 15 \phi$ の範囲では口径による差異は認められなかった。今回の実験においては、装置容量の関係で  $5 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{abs}$ の測定しかできなかったが Benjamin & Miller 氏<sup>(4)</sup>の実験結果とよく一致している。

これらの実験を圧力比によって整理すると次のようになる。

一般に飽和水は次の関係式であらわされる。

$$(G/A) = C \sqrt{2g(P_1 - P_2)/v_1'} \quad \dots\dots\dots (1)$$

また、 $P_2 = 1 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{abs}$ の場合は

$$(G_1/A) = C_1 \sqrt{2g(P_1 - 1)/v_1'} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $G$ :  $P_2 \neq 1 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{abs}$ の場合の飽和水流量 (kg/s)

$G_1$ :  $P_2 = 1 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{abs}$ の場合の飽和水流量 (kg/s)

$A$ : オリフィス断面積 ( $\text{m}^2$ )

$C$ :  $P_2 \neq 1 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{abs}$ の場合の流量係数

$C_1$ :  $P_2 = 1 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{abs}$ の場合の流量係数

$P_1$ : オリフィス前の圧力 ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{abs}$ )

$P_2$ : オリフィス後の圧力 ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{abs}$ )

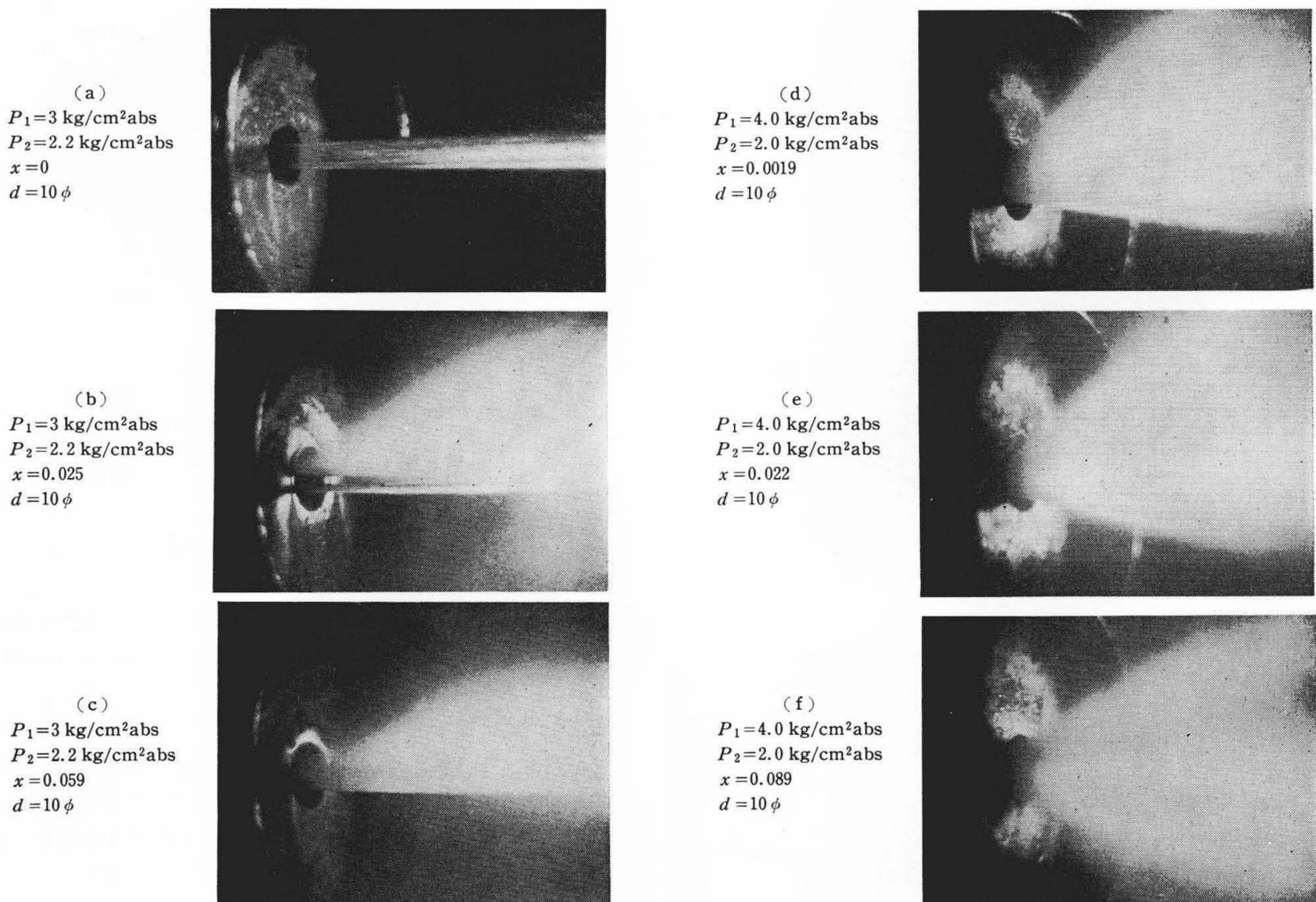
$v_1'$ : オリフィス前の飽和水比体積 ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )

$g$ : 重力の加速度 ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

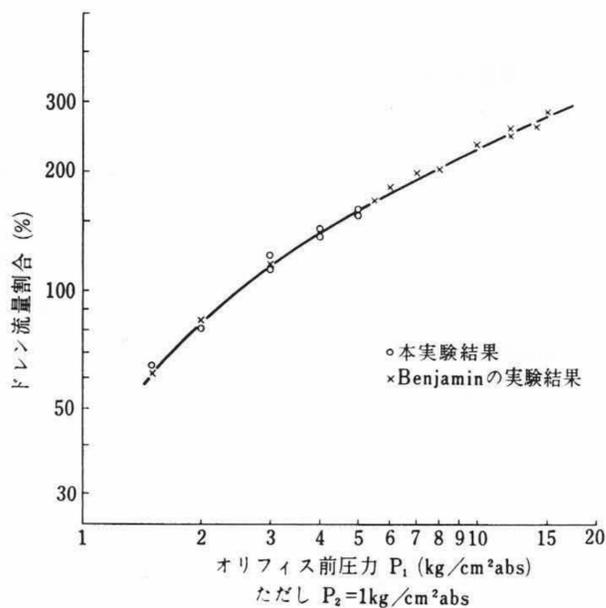
ここで、オリフィス前後の圧力が流量に及ぼす影響をしらべるために、 $G$ と $G_1$ の比をとると、(1),(2)式より次の(3)式が得られる。

$$(G/G_1) = (C/C_1) \sqrt{1 - \{(P_2 - 1)/(P_1 - 1)\}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

いま、 $(C/C_1) = 1$ と仮定し、 $(P_2 - 1)/(P_1 - 1) = R$ とおけば、(3)式は(4)式となる。



第7図 オリフィス出口の流動状況



第8図 オリフィス前圧力とドレン流量

$$\phi = (G/G_1) = (1-R)^{0.5} \dots\dots\dots (4)$$

実験結果を最小自乗法により整理すると(5)式のようになる。

$$\phi' = (1-R)^{0.46} \dots\dots\dots (5)$$

(4)式と(5)式が相違する原因  $(C/C_1)=1$  と仮定したことによるもので、実際は流量係数  $C_1$  がオリフィス前後の差圧によって変化するためである。したがって、任意の前後圧力  $P_1, P_2$  における飽和水流量  $G$  は(3), (5)式より

$$G = G_1 (C/C_1) \sqrt{[1 - (P_2 - 1)/(P_1 - 1)]} = G_1 (1-R)^{0.46} \dots\dots (6)$$

となり、さらに(2)式を代入すると

$$G = AC_1 (1-R)^{0.46} \sqrt{2g(P_1 - 1)/v_1'} \dots\dots\dots (7)$$

となり、オリフィスにおける飽和水流量はすべての圧力状態において、(7)式により求めることができる。したがってオリフィス口径

は(7)式によって計算される。

### 4.3 飽和蒸気-飽和水 2相流の流動特性

第6図は飽和水と飽和蒸気の2相流の状態でもオリフィスを通る場合の測定結果の一例であるが、オリフィスを通る飽和蒸気の量が増加するにつれてオリフィスを通る全流量が急激に減少することがわかる。これは飽和蒸気が飽和水に比較して比体積が非常に大きいいため2相流の場合は全体としての流量係数が大幅に減少するためである。このような2相流の流動については多くの研究がなされているが<sup>(4)</sup>筆者らは次のように実験結果を解析整理した。

$$\left. \begin{aligned} f_w &= (G_{w1}/G_w) \\ f_s &= (G_{s1}/G_s) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

$$f_s/f_w = (x/1-x) (G_w/G_s) = Y \dots\dots\dots (9)$$

ただし、 $G_w$ : 2相流に相当する差圧でオリフィス全面積を満して流れる飽和水流量 (kg/s)

$G_s$ : 2相流に相当する差圧でオリフィス全面積を満して流れる飽和蒸気流量 (kg/s)

$G_{w1}$ : 2相流の場合の飽和水流量 (kg/s)

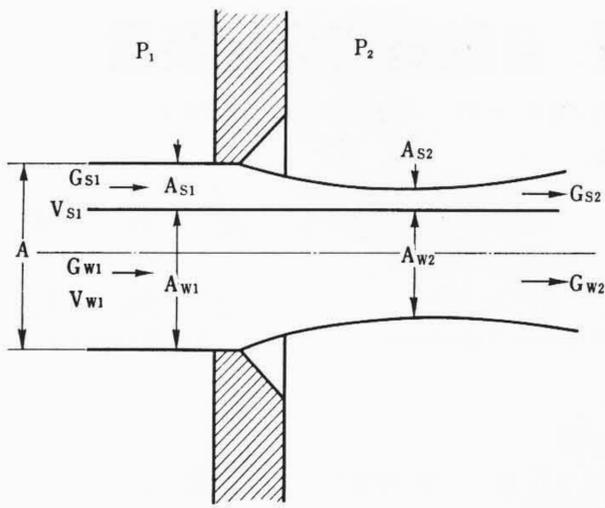
$G_{s1}$ : 2相流の場合の飽和蒸気流量 (kg/s)

$x$ : 全流量に対する蒸気の割合

すなわち、飽和水流量  $G_{w1}$  または、飽和蒸気流量  $G_{s1}$  を  $f_w$  と  $Y$ , または  $f_s$  と  $Y$  で関係づけようとするものである。

一方、第7図に示す流動状況の観察から第9図のようなモデルを仮定し、飽和水と飽和蒸気の相対速度および蒸気体積率を考慮してパラメータ  $Y$  を求めてみる。

$$\left. \begin{aligned} \text{オリフィス断面面積} & A = A_{s1} + A_{w1} \\ \text{面積率} & \alpha_w = (A_{w2}/A_{w1}), \alpha_s = (A_{s2}/A_{s1}) \\ \text{蒸気重量率} & x = \{G_{s1}/(G_{s1} + G_{w1})\} \end{aligned} \right\} \dots\dots (10)$$



第9図 オリフィス部流動状況

$$\left. \begin{aligned} \text{飽和水流量 } G_{w1} &= A_{w1} \cdot C_w \sqrt{2g(P_1 - P_2)/v_1'} \\ &= \alpha_w \cdot A_{w1} K_w \cdot V_{w1}/v_1' \\ \text{飽和蒸気流量 } G_{s1} &= A_{s1} \cdot C_s \sqrt{2g(P_1 - P_2)/v_1''} \\ &= \alpha_s \cdot A_{s1} \cdot K_s \cdot V_{s1}/v_1'' \end{aligned} \right\} \dots\dots (11)$$

ただし、 $C_w, C_s$ : 飽和水および飽和蒸気の流量係数  
 $K_w, K_s$ : 飽和水および飽和蒸気の流れ係数  
 $V_{w1}, V_{s1}$ : オリフィス内の飽和水および飽和蒸気の流速 (m/s)  
 $v_1', v_1''$ : オリフィス前の飽和水および飽和蒸気の比体積 (m<sup>3</sup>/kg)

$P_1 - P_2$  の差圧で飽和水および飽和蒸気がオリフィス全面積をみたして流れる場合の流量は (12) 式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} \text{飽和水流量 } G_w &= (A V_{w1}/v_1') \\ \text{飽和蒸気流量 } G_s &= (A V_{s1}/v_1'') \end{aligned} \right\} \dots\dots (12)$$

(10), (11) および (12) で整理すると

$$\left( \frac{1}{K_s \alpha_s} \right) \cdot \left( \frac{x}{1-x} \right) \left( \frac{G_w}{G_s} \right) = \frac{G_w}{G_{w1}} - \frac{1}{K_w \cdot \alpha_w} \dots\dots (13)$$

したがって

$$Y = \left( \frac{x}{1-x} \right) \cdot \left( \frac{G_w}{G_s} \right) = \left( \frac{G_w}{G_{w1}} - \frac{1}{K_w \cdot \alpha_w} \right) K_s \cdot \alpha_s \dots (14)$$

となる。実験結果を整理すると実験式は (15) 式のようになる。

$$Y^{0.825} = \left\{ \left( \frac{x}{1-x} \right) \cdot \left( \frac{G_w}{G_s} \right) \right\}^{0.825} = \left( \frac{G_w}{G_{w1}} - \frac{1}{K_w \cdot \alpha_w} \right) K_s \cdot \alpha_s \dots\dots (15)$$

これより 2 相流となった場合の飽和水流量  $G_{w1}$  は (16) 式で求められる。

$$G_{w1} = G_w \times \frac{K_w \cdot \alpha_w}{1 + \frac{K_w \cdot \alpha_w}{K_s \cdot \alpha_s} \times Y^{0.825}} \dots\dots (16)$$

(16) 式の  $G_w$  と  $Y$  の中の  $(G_w/G_s)$  は与えられた  $P_1, P_2$  および  $A$  から次のように計算される。

$$G_w = A \sqrt{2g(P_1 - P_2)/v_1'} \dots\dots (17)$$

$G_s$  については、 $(P_2/P_1) >$  臨界圧力比の場合

$$G_s = A \sqrt{g P_1 v_1'' \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{K}} \left( \frac{2K}{K-1} \right) \left\{ 1 - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right\}} \dots\dots (18)$$

$(P_2/P_1) <$  臨界圧力比の場合

$$G_s = A \sqrt{g P_1 v_1'' K \left( \frac{2}{K+1} \right)^{\frac{K+1}{K-1}}} \dots\dots (19)$$

したがって、 $(G_w/G_s)$  は

$(P_2/P_1) >$  臨界圧力比の場合

$$\begin{aligned} \frac{G_w}{G_s} &= 1.414 \left( \frac{v_1''}{v_1'} \right)^{0.5} \left\{ \frac{1-r}{rK(1-r/K)} \cdot \frac{K-1}{2K} \right\}^{0.5} \\ &= 1.414 \left( \frac{v_1''}{v_1'} \right)^{0.5} F_1(r, K) \dots\dots (20) \end{aligned}$$

ただし、 $r = (P_2/P_1)$

$(P_2/P_1) <$  臨界圧力比の場合

$$\begin{aligned} \frac{G_w}{G_s} &= 1.414 \left( \frac{v_1''}{v_1'} \right)^{0.5} \left( \frac{1-r}{K} \right)^{0.5} \left( \frac{K+1}{2} \right)^{\frac{K+1}{K-1} \cdot \frac{1}{2}} \\ &= 1.414 \left( \frac{v_1''}{v_1'} \right)^{0.5} F_2(r, K) \dots\dots (21) \end{aligned}$$

(20), (21) 式は一般的に次式で表わされる。

$$\frac{G_w}{G_s} = 1.414 \left( \frac{v_1''}{v_1'} \right)^{0.5} F(r, K) \dots\dots (22)$$

(22) 式中の  $F(r, K)$  は  $K=1.3$  として、次の式で与えられる。

$1.0 > r > 0.8$  の場合

$$F(r, K) = 0.7 + 0.55(1-r) \dots\dots (23)$$

$0.8 > r > 0$  の場合

$$F(r, K) = 0.63 + 0.87(1-r) \dots\dots (24)$$

(9) および (22) 式より

$$Y = 1.414 \left( \frac{v_1''}{v_1'} \right)^{0.5} \left( \frac{x}{1-x} \right) F(r, K) \dots\dots (25)$$

となり 2 相流となった場合の飽和水流量  $G_{w1}$  は結局 (16), (25) 式より

$$G_{w1} = \frac{A \{ 7.06 (P_1 - P_2) (1/v_1') \}^{0.5}}{1.33 \left\{ \left( \frac{v_1''}{v_1'} \right)^{0.5} \left( \frac{x}{1-x} \right) \cdot F(r, K) \right\}^{0.825} + 1.0} \dots\dots (26)$$

となり、与えられた断面積  $A$  における飽和水流量  $G_{w1}$  は、オリフィス前後の差圧  $P_1, P_2$  と飽和蒸気の重量率  $x$  との関係で (26) 式で求められる。

### 5. 結 言

以上、オリフィス制御方式の特長およびオリフィスにおける流動特性の実験結果について述べた。

わが国の火力発電所においては、このオリフィス制御方式はほとんど使用されていないが、ヨーロッパにおいてはかなり一般的に採用されており、数多くの使用実績がある。

このオリフィス制御方式は設備費が安く、故障が少なく、構造が簡単で運転保守が安易であるなど、種々の利点を有しているため、わが国においても今後は一般的に採用されるようになるものと思われる。

一方、部分負荷において、オリフィスよりの加熱蒸気漏えいのためタービンプラントの効率が低下するという欠点があるので、その採用にあたっては、プラント容量、燃料費、運転条件などについて、総合的な比較検討をすることが必要である。

### 参 考 文 献

- (1) M. W. Benjamin, and J. G. Miller: Trans. of The A. S. M. E. 63, 6. p. 419, 1941.
- (2) J. E. Bailey: Trans. of The A. S. M. E. 73, 11. p. 1109, 1951.
- (3) H. Friedrich und G. Vetter: Energie 13, 1. S. 4, 1961.
- (4) Two-Phase Pressure Drop: AECU-2994 (1954-1)