

原子力タービンの制御系統の特長

A Characteristic of Control Systems for Nuclear Turbine

柏原 克人* 滝 孝 光*
Katsuto Kashiwahara Takamitsu Taki

要 旨

原子力発電用蒸気タービンにおける制御上の特長は、沸騰水形原子炉(BWR)と組み合わせる場合、原子炉内の圧力上昇は炉出力の増加となる反応を示すため、炉内圧力をタービン加減弁によって一定にする制御法が採られること、運転員の放射能防護策およびこれに伴う運転操作の自動化および遠隔操作方式の採用、蒸気の圧力、温度が低く、主要蒸気弁が大口径となるため特殊な構造になっていることなどである。本稿ではこれら原子力タービン制御上の幾つかの特長について述べている。

1. 緒 言

原子力発電用蒸気タービンは火力発電用タービンと異なり、蒸気圧力温度が低いために、タービン本体としては、蒸気中に発生する水分による動翼の侵食をいかにして防止するか、またいかにして有効に水分を除去するかという問題があるが、一方、運転制御上は、原子炉が炉心で発生した蒸気により、直接タービンを回転させるため、蒸気流量の変動に伴う圧力の変動が炉心に大きな影響を与えるので、いかに、原子炉発生蒸気圧力を一定にすべきかの大きな問題がある。これに対しては常時炉内蒸気圧力を一定にするため、電気式と機械式の2系統の蒸気圧力調整機を用いてタービン加減弁を制御する調圧運転を行なっている。

また、BWRではタービンに流れこむ蒸気が放射能を含んでいるため、運転員に対しての放射線防護策が必要であり、運転操作の自動化および遠隔操作の採用、タービン本体のグラウンド部、主要蒸気弁からの蒸気漏えいを避けなければならないことなどがある。

蒸気圧力が低いことに対しては、同一出力の火力発電用タービンと比較すると、蒸気量が約2倍になるため、蒸気流量制御用主要蒸気弁が大口径となるため特殊な構造となっている。

本稿では、BWRと組み合わせられた大容量原子力発電用蒸気タービン制御系統上の諸問題を指摘し、それに対し、いかに対処しているかについて述べる。

2. 炉内圧力一定制御

図1は大容量原子力タービンの一般的な蒸気系統を示したものである。

原子炉より発生した蒸気は、主蒸気止め弁、蒸気加減弁を通り、高圧タービンにはいる。高圧タービンより出た蒸気は、湿分を除去するため湿分分離器を通り、中間蒸気止め弁、インターセプト弁より低圧タービンにはいり復水器に至る。

一方、主蒸気止め弁前より分岐したタービンバイパス配管があり、主蒸気止め弁または蒸気加減弁の急閉時の炉内圧力急上昇を防ぐために、タービンバイパス弁を通して復水器へ直接蒸気を送る。タービンバイパス弁の後ろには復水器までの急膨張を避けるため多段オリフィス式の減圧器が設けてある。

2.1 蒸気圧力制御系⁽¹⁾

BWRが他形式の原子炉に比較して、最も特長的なところは原子炉炉心の中で沸騰現象を起こしていることである。

BWRでは圧力の反応度に及ぼす効果は正である。すなわち圧力上昇は炉出力の増加をもたらす。したがって、原子炉発生蒸気圧力は蒸気圧力調整器により、炉内圧力が一定となることを主体にした

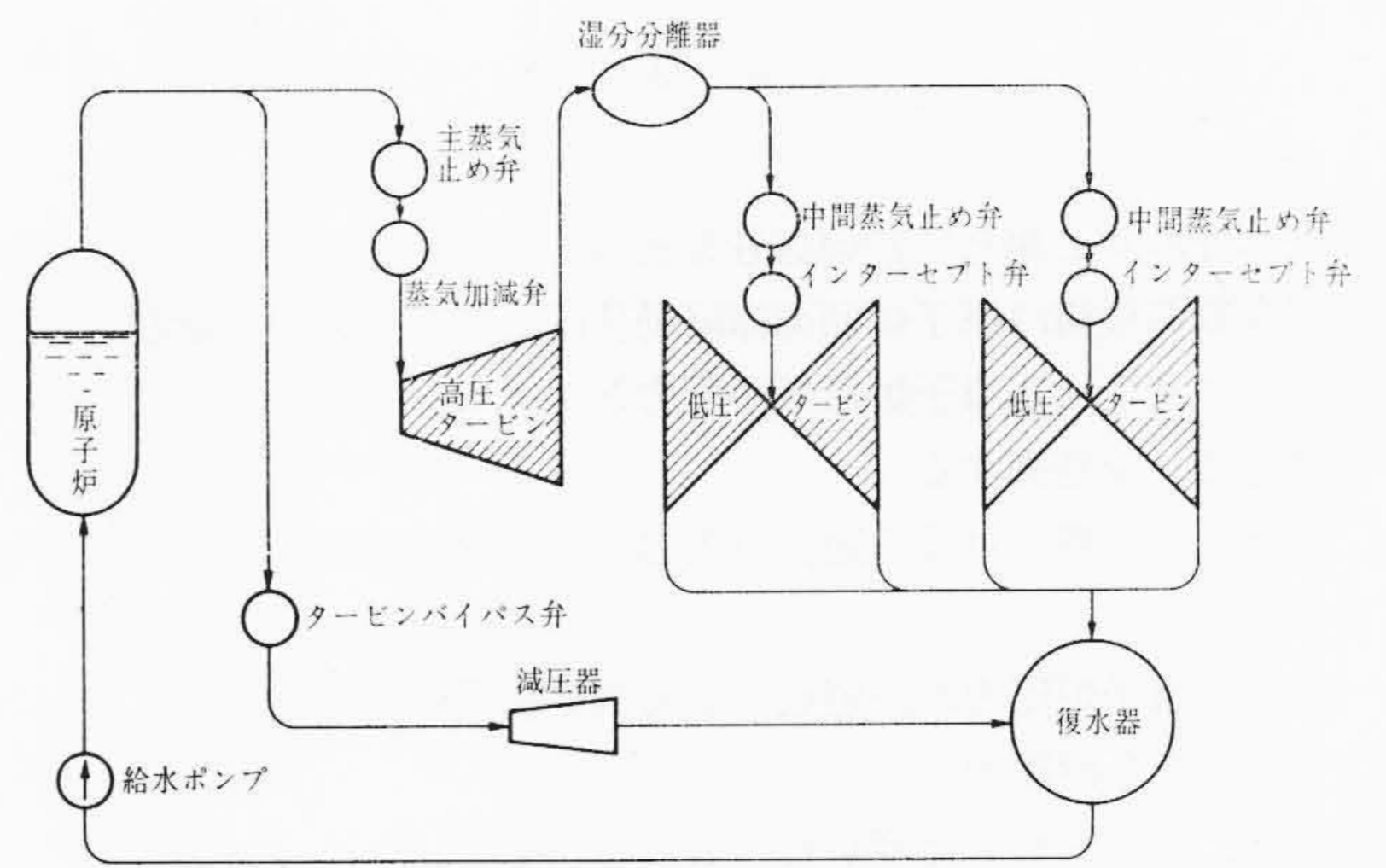


図1 原子力タービンの主蒸気系統

制御法が採られている。

しかし压力容器内のかなり大きな保有エネルギーの効果やボイド変化の遅れ、反応度変化と出力変化との間の遅れなどのため炉出力は小さな圧力変化に対してかなり安定した性質を示すことが知られている。

蒸気圧力制御系は、主蒸気止め弁前の主蒸気管より圧力検出をしている電気油圧式蒸気圧力調整機と機械油圧式蒸気圧力調整機の2系統があり、電気油圧式を主調圧機とし、機械油圧式をバックアップとし、加減弁を制御することにより調圧を行なっている。

2.2 バイパス制御系⁽¹⁾

タービン負荷の急激な低下に際してタービン調速系の作動により蒸気流量の急速シャ断が行なわれる。この際、炉内圧力の急上昇が生じ中性子のピークまたは出力の急上昇によって原子炉はスクラムされる。これを避けるために主蒸気配管より復水器へ直接蒸気を送るバイパス系が設けられている。バイパス容量はトリップ時炉出力の減少速度と蒸気バイパス能力のバランスで決まる。全負荷トリップに際しスクラムを生じないためには100%蒸気量を吸収できるバイパス系を設けることが必要である。

プラントの良好な出力調整能力はトリップ時の蒸気不均衡を補い、バイパス容量の減少に有効に働く。全負荷トリップの機会が少ない場合には、経済性に重点を置き、バイパス容量を小さく設計しており、実際には15%または25%の容量を設けている例が多い。

3. 複合制御系統の詳細説明

3.1 一般説明

図2はタービン制御系統を示したものである。

複合制御機構は蒸気加減弁およびインターセプト弁とタービンバ

* 日立製作所日立工場

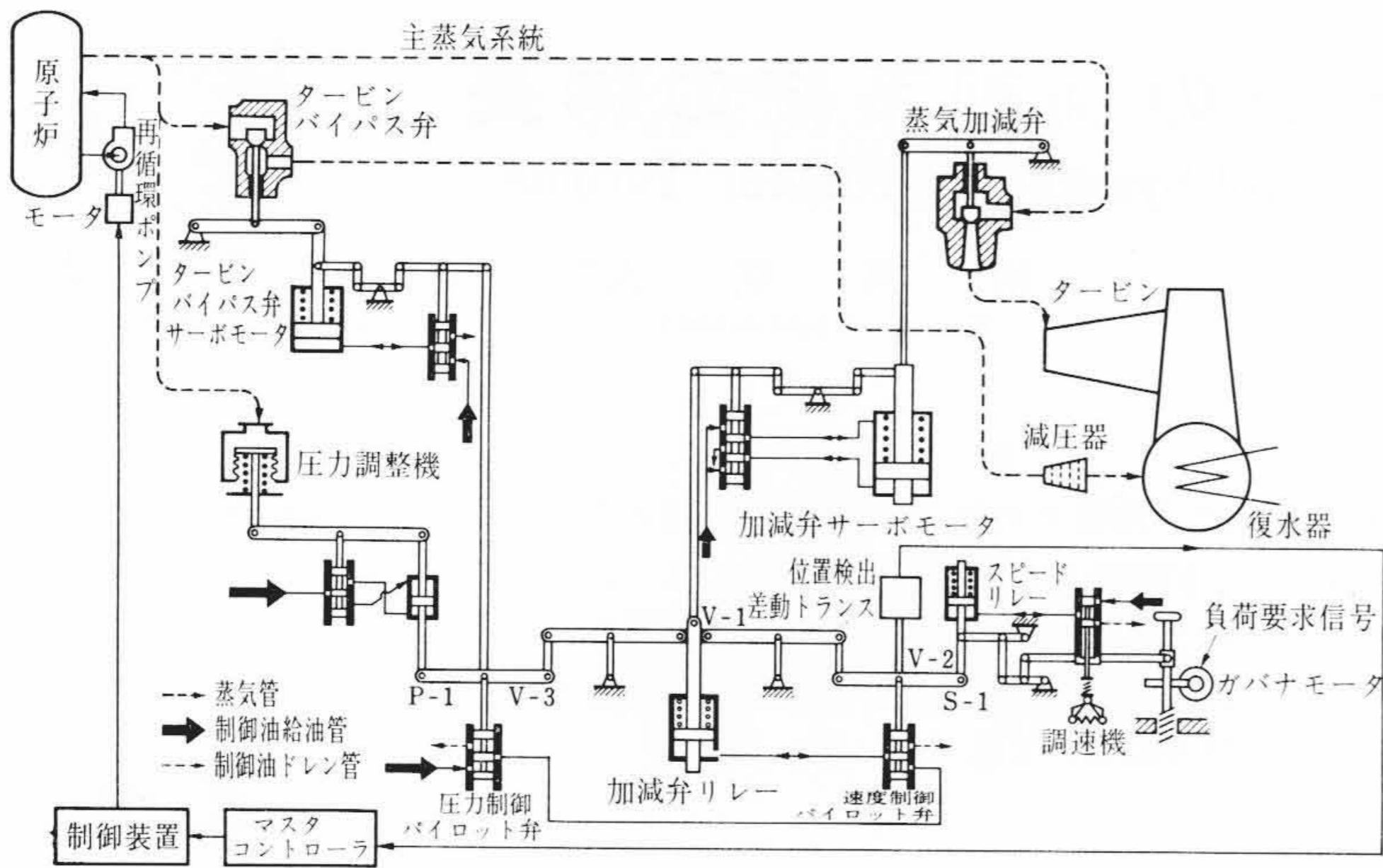


図2 原子力タービン制御系統

イパス弁に対し相互に制御信号を送る。

複合制御機構は原子炉制御棒駆動装置と原子炉循環流量制御装置によって発生する原子炉蒸気の圧力とタービン負荷（または起動時では速度）を制御する。

複合制御機構に対する通常の入力信号は主蒸気圧力からの信号として、

- (1) 原子炉圧力の設定点（圧力調整装置の設定点）
- (2) 原子炉圧力

負荷またはタービン速度からの信号として、

- (3) 負荷または速度設定点（速度-負荷調節装置の設定点）

(4) タービン速度
があり、出力信号としては

- (1) 加減弁制御信号
- (2) タービンバイパス弁制御信号
- (3) インターセプト弁制御信号

がある。

そのほかの特別な保安上の制限入力としては次の機構がある。

- (1) 負荷制限器
- (2) タービンバイパス弁ジャッキング装置
- (3) 蒸気加減弁開度ストップ
- (4) 原子炉蒸気量制限ストップ

複合制御機構は次の装置から成っている。

- (1) 速度制御装置
- (2) 圧力制御装置
- (3) 蒸気加減弁リレー
- (4) タービンバイパス弁リレー

(5) インターセプト弁制御機構

(6) 蒸気加減弁加速リレー

次にこれら装置の詳細を述べる。

図3は以上の制御装置を示す制御系統ブロック図である。

3.2 速度制御装置

速度制御装置は従来の一般火力の调速装置と同じく、调速機、速度-負荷調節装置、負荷制限器、スピードリレーから成っている。

调速機は遠心錐(すい)形であり、回転パイロット弁を位置決めしスピードリレーは単動形リレーでバネにより閉じるようになっている。

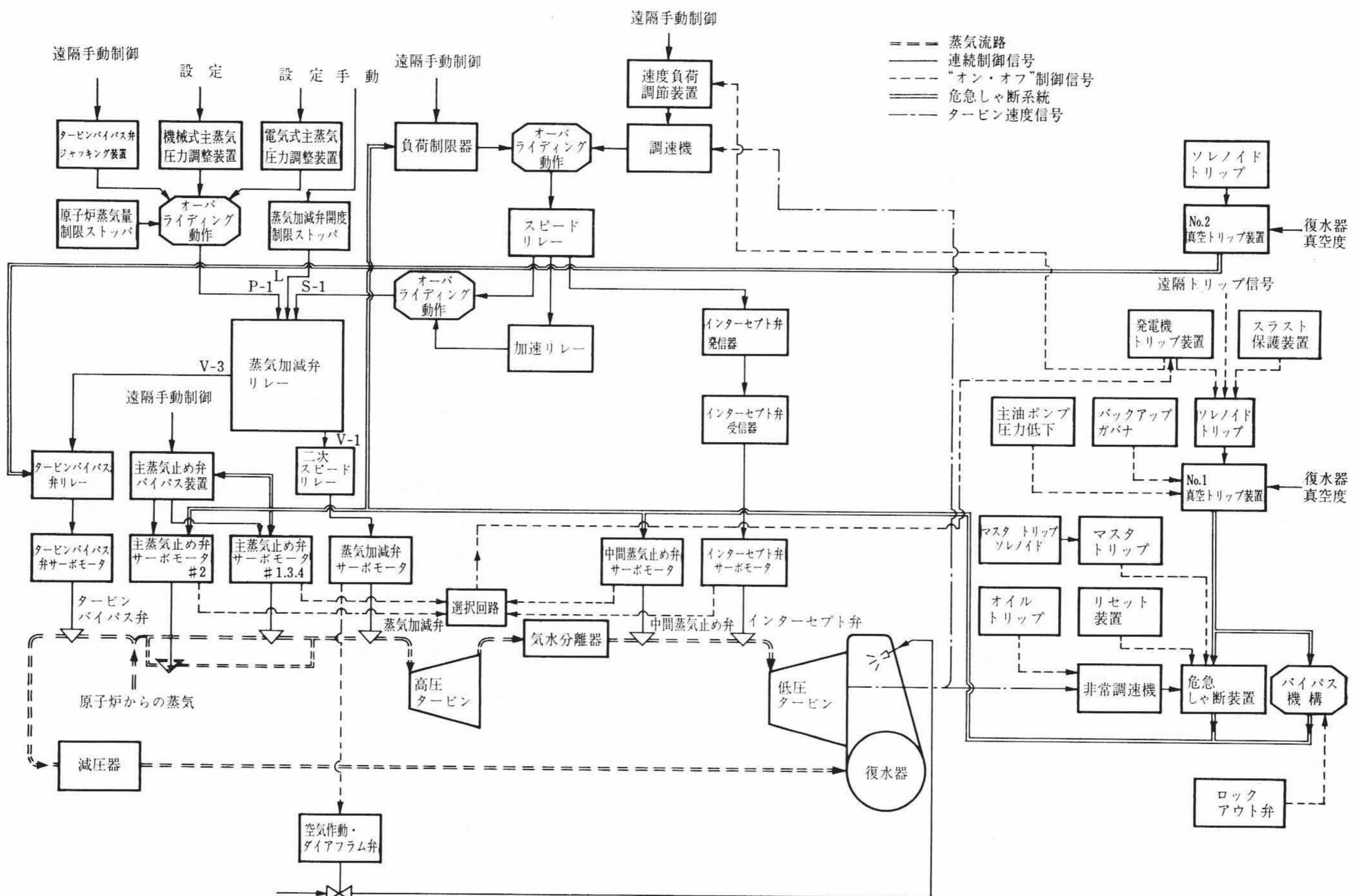


図3 制御系統ブロック図

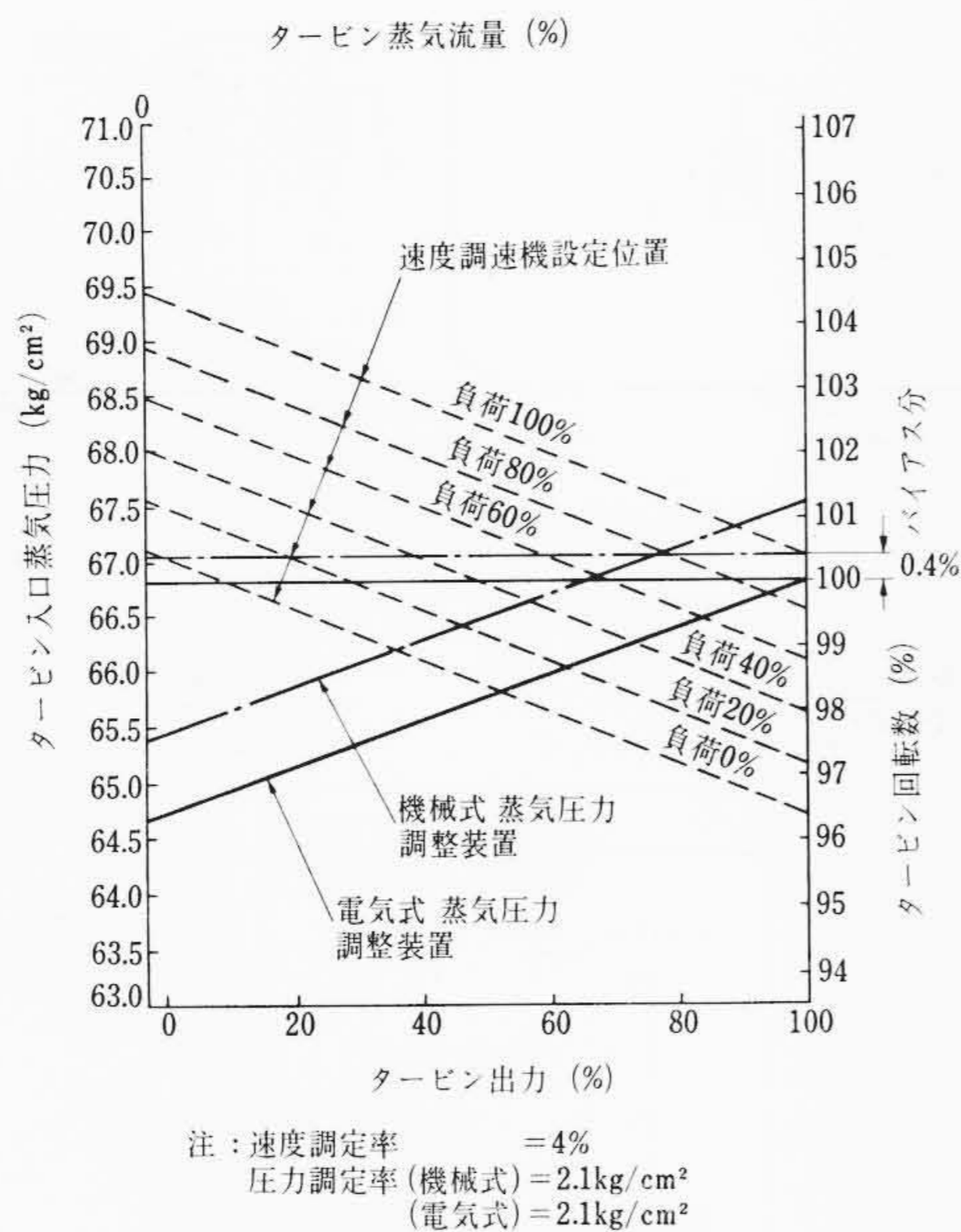


図4 調速機と蒸気圧力調整装置の設定関係

スピードリレーは機械的リンク機構を経て回転パイロット弁によるか、または負荷制限器の補助パイロット弁によって制御されている。

負荷制限器は速度を上昇するために蒸気加減弁の開度を制限することができ、タービンが定格速度近くに達すると、調速機は回転パイロット弁が作動位置に達し、スピードリレーの制御を引き継ぐ。タービン速度が調速機によって制御されると定格速度は速度負荷調節装置によって変えることができる。このタービンが併入されるとスピードリレーの位置は、速度負荷調節装置の設定点によって決まる。スピードリレーの位置は蒸気流量を表わすので、このとき、速度負荷調節装置は負荷調節器となる。

3.3 圧力制御装置

圧力制御装置は二つの独立した圧力調整装置とタービンバイパス弁ジャッキング装置から成っている。圧力調整装置の一つは機械油圧式であり、ほかの一つは、電気油圧式である。それぞれの調圧装置はほかの装置をバックアップする方式なので、蒸気加減弁とタービンバイパス弁のいずれかの弁開度制御は、いずれかの調圧装置が実際の制御を行なう系統となっている。別の表現をすれば設定圧力がいちばん低い調圧装置が実際制御を行なうことになる。

図4は二つの圧力調整装置の設定状況を示したものである。

通常、主調圧装置として電気油圧式、バックアップとして機械油圧式を使用するので、なんらかの原因で電気油圧式圧力調整装置の動作が不能になると、機械油圧式調整装置がその設定点で原子炉圧力の制御を引き継ぐことになる。

このとき、電気油圧式圧力調整装置は蒸気加減弁に対する制御機能を一瞬失うが、調圧装置より蒸気加減弁を制御する機構は、蒸気加減弁を閉鎖する方向に働くため、短時間タービン出力は減少するが、一時的な蒸気加減弁閉鎖により、炉発生蒸気圧力はバックアップとなっている、機械油圧式圧力調整装置の設定点に従うとともに炉内圧力変化と炉出力の特性により、元の蒸気加減弁開度に戻り蒸気圧力は電気油圧式と機械油圧式との圧力設定幅分だけ上昇して整定する。タービンバイパス弁ジャッキング装置は、タービン起動時に原子炉の圧力が低すぎて、二つの圧力調整装置が制御できないとき、手でタービンバイパス流量を遠隔から制御するために用いられる。二つの圧力調整装置とタービンバイパス弁ジャッキング装置

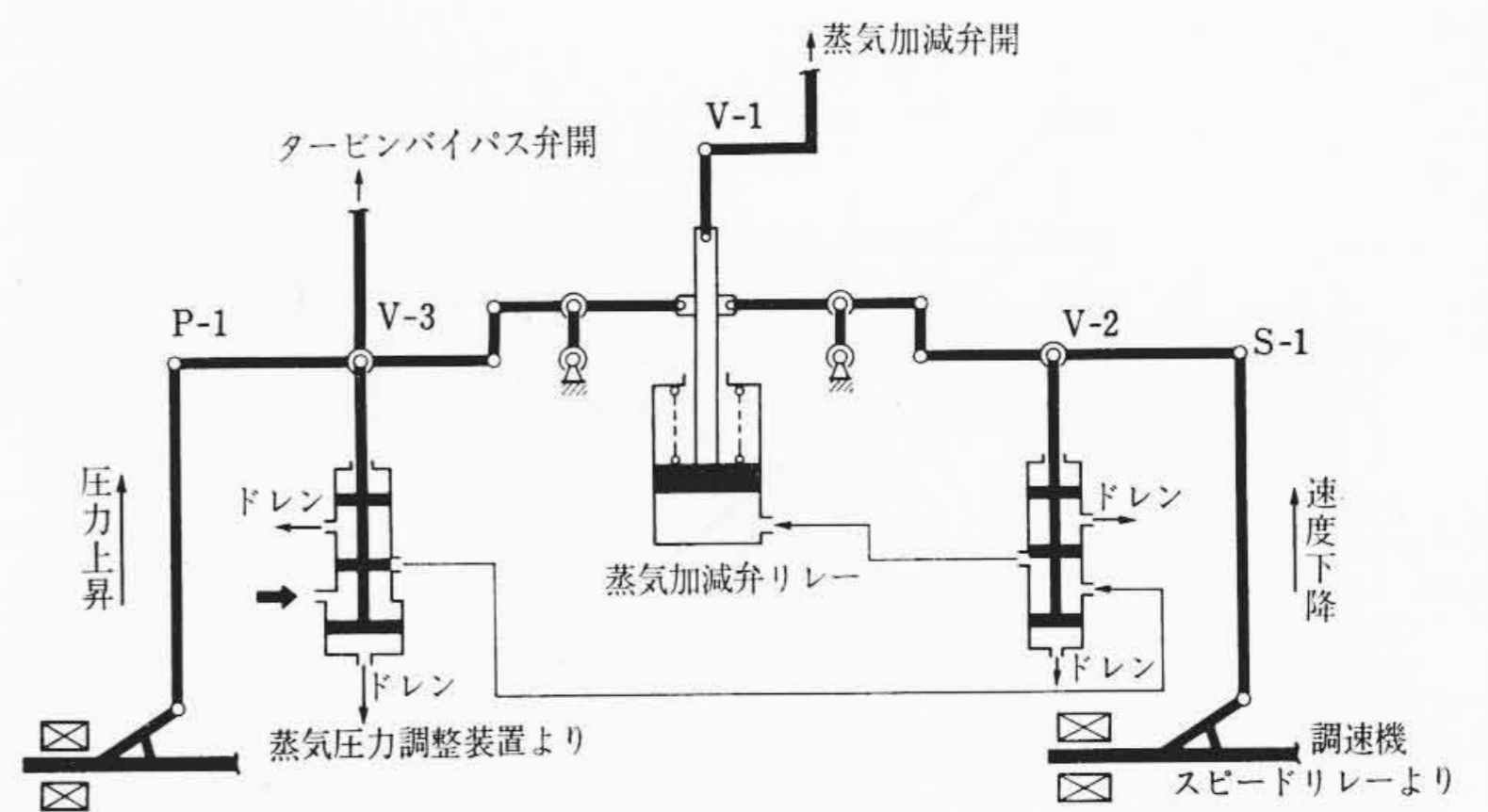


図5 蒸気加減弁リレー系統

は共通のトルクシャフトを動かし、最も大きな信号を発する装置がトルクシャフトの位置決めをして、複合制御機構上ではP-1信号として表わされている。タービンバイパス弁ジャッキング装置が制御をしていない場合は、P-1信号は原子炉より発生する蒸気量を表わすことになる。

機械油圧式圧力調整装置は、比較的低圧から定格圧力付近まで設定点を変化することができるので、原子炉圧力の上昇がゆるやかでなければならないとき、すなわち、原子炉の起動時に用いるのに適している。

3.4 蒸気加減弁リレー

図5は蒸気加減弁リレーの系統を示したものである。

蒸気加減弁リレーはバネ力によって閉鎖する油圧式リレーであり、その出力ピストンは2次スピードリレー、すなわち蒸気加減弁サーボモータの位置決めをする。二つの油圧パイロット弁、V-2、V-3があり、それらは蒸気加減弁リレーピストン室に油を供給する配管に直列に配列されている。蒸気加減弁リレーのリフトがいちばん低くなるように要求するパイロット弁が、リレーピストン室への油の供給を制御する。つまり、そのパイロット弁はリレーピストンの制御を行なうことになる。V-2のパイロット弁のフローティングレバーの入力端はスピードリレー(S-1信号)により作動し、V-3パイロット弁のフローティングレバーの入力は、圧力制御装置の出力トルクシャフト(P-1信号)によって作動する。そのためにスピードリレーによって作動するV-2弁が蒸気加減弁を制御している場合は、蒸気加減弁リフト(V-1信号)はスピードリレーリフト(S-1信号)に対応している。圧力調整装置によって位置づけられているV-3パイロット弁が中立ポートより上方にあると、そのオーバトラベル量(V-3信号)が蒸気加減弁によって消化できない原子炉からの蒸気量に対応していて、その蒸気はバイパス弁を通して逃がさなければならない。その信号をタービンバイパス弁に伝えるリンク機構はV-3パイロット弁上部につながっている。

逆に、もし圧力調整装置により操作されているV-3パイロット弁が、蒸気加減弁リレーを制御している場合は、スピードリレーによって動かされるV-2パイロット弁が中立ポートより上方にある。この状態はスピードリレーの(S-1信号)によって示されるタービンの必要蒸気量を原子炉が満たしていないことを示している。

差動トランス形の電氣的位置測定装置がV-2点に設けられており、原子炉再循環流量制御系統に用いられる場合がある。

3.5 タービンバイパスリレー

タービンバイパスリレーはバネ力によって閉鎖する油圧リレーであり、その出力ピストンはタービンバイパス弁サーボモータの位置決めをする。タービンバイパス系統は、タービンにはいる蒸気量が原子炉で発生する蒸気量より少ないときはいつでも開いている。蒸

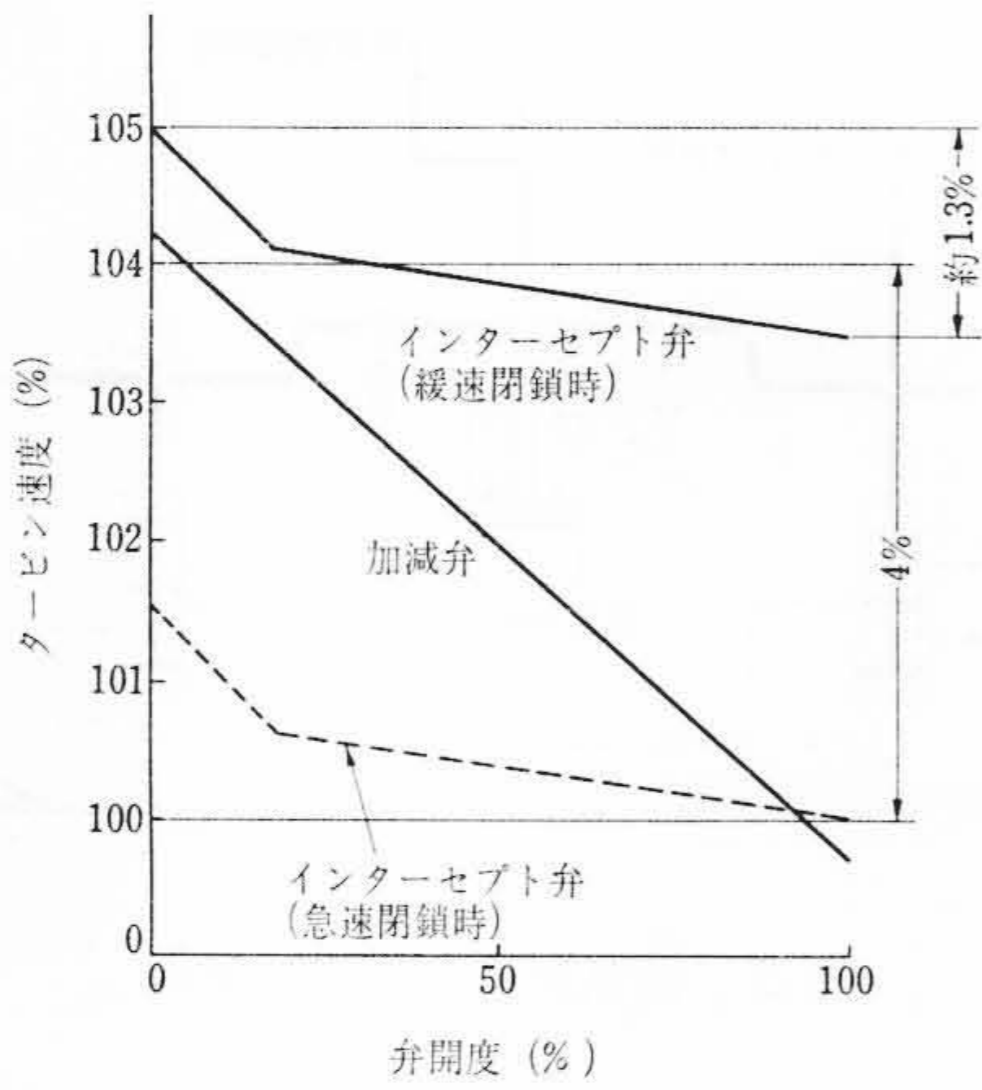


図6 蒸気加減弁, インターセプト弁開度特性

気加減弁リレーの項で述べたように V-3 パイロット弁の位置が, タービンバイパス弁リレーの入力信号となり, このためタービンバイパス弁リレーのフローティングレバーの入力端は適当なリンク機構により, 蒸気加減弁リレーの V-3 パイロット弁につながっている。V-3 パイロット弁が中立ポートの位置にあるかぎり, タービンバイパス弁リレーは閉鎖状態にある。V-3 パイロット弁が, わずかに全開方向にオーバーラベルすると, すぐにタービンバイパスリレーはそれに従って上昇し, タービンバイパス弁を開く。

3.6 インターセプト弁制御機構

インターセプト弁の制御用として, 油圧の遠隔信号伝達装置が用いられている。二つの並列な系統があり, それぞれ次の要素から成り立っている。

- (1) スピードリレーの位置の信号を油圧に変換する。連結ダッシュポットリンクを持ったインターセプト弁発信器
- (2) タービン前側軸受箱にあるインターセプト弁発信器からインターセプト弁にあるインターセプト弁受信器に至る油圧伝達用配管系統
- (3) 油圧伝達用配管の圧力を位置の信号に再び変換するため, 各インターセプト弁についているインターセプト弁受信器

以上の機構により, 図6のようなインターセプト弁開度特性が得られる。すなわち, インターセプト弁発信器に設けられたダッシュポットリンク機構によりタービン速度の急上昇の際は, 速度上昇とともにインターセプト弁は急閉し, タービンの速度上昇を抑える。ゆっくりした速度上昇またはタービン停止の場合には蒸気加減弁がほとんど全閉する近くで閉じ始める特性を持っている。またインターセプト弁発信器には遠隔から電動機でインターセプト弁を半閉まで閉鎖させるテスト装置も設けられている。

3.7 蒸気加減弁加速リレー

全負荷しゃ断時のタービンの過速をできるだけ低く抑えるために加速リレーが設けられている。これは正常な調速系統によるよりも速く, 蒸気加減弁を閉鎖する。図7は蒸気加減弁加速リレーの系統を示したものである。加速リレーはダッシュポットとパイロット弁機構, それに蒸気加減弁リレーの V-2 パイロット弁につながっている入力リンクに作用するピストンから成っている。

負荷しゃ断が起こるとダッシュポットピストンは, スピードリレーの急速な閉方向への動きについてゆけず, 加速リレーパイロット弁が持ち上げられ, この状態でダッシュポットは加速リレーの操作レバーの支点として働く。加速パイロット弁はリレーを下げるようにリレーの下側から油を抜き, これによる信号は V-2 パイロット弁への正常な制御入力よりも優先する。つまり, この動作は蒸気加減弁を急速に閉鎖することになる。蒸気加減弁が閉鎖する方向に動き V-3

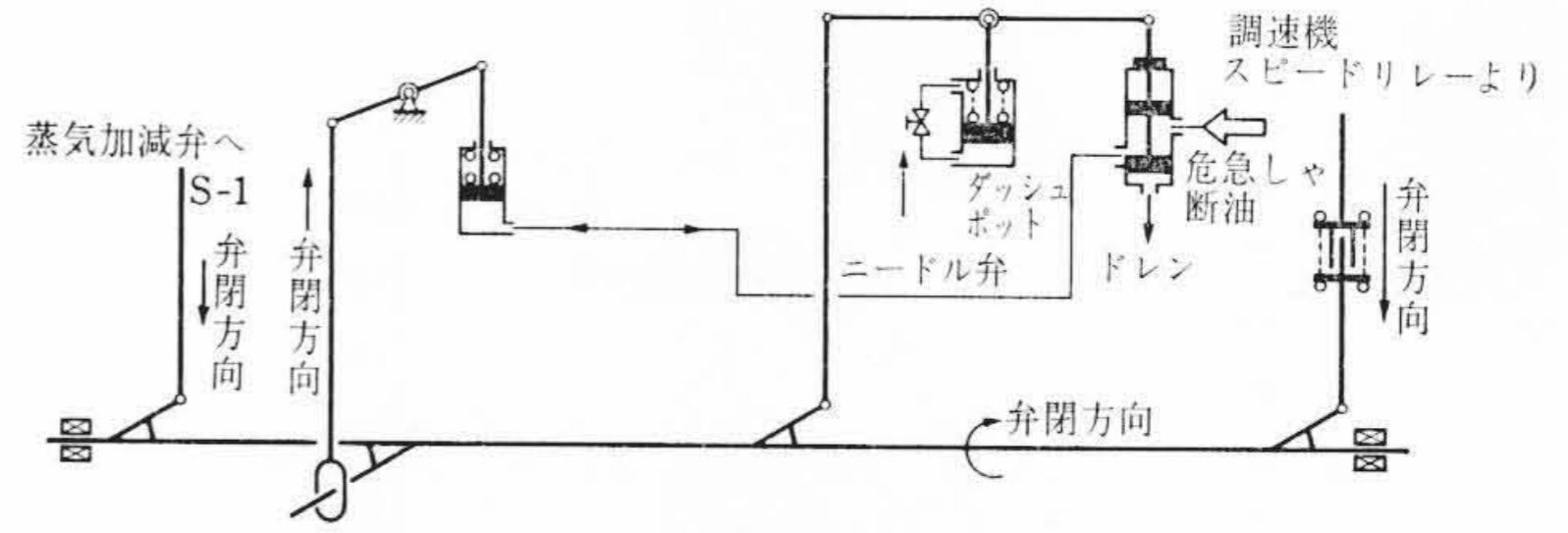


図7 蒸気加減弁加速リレー

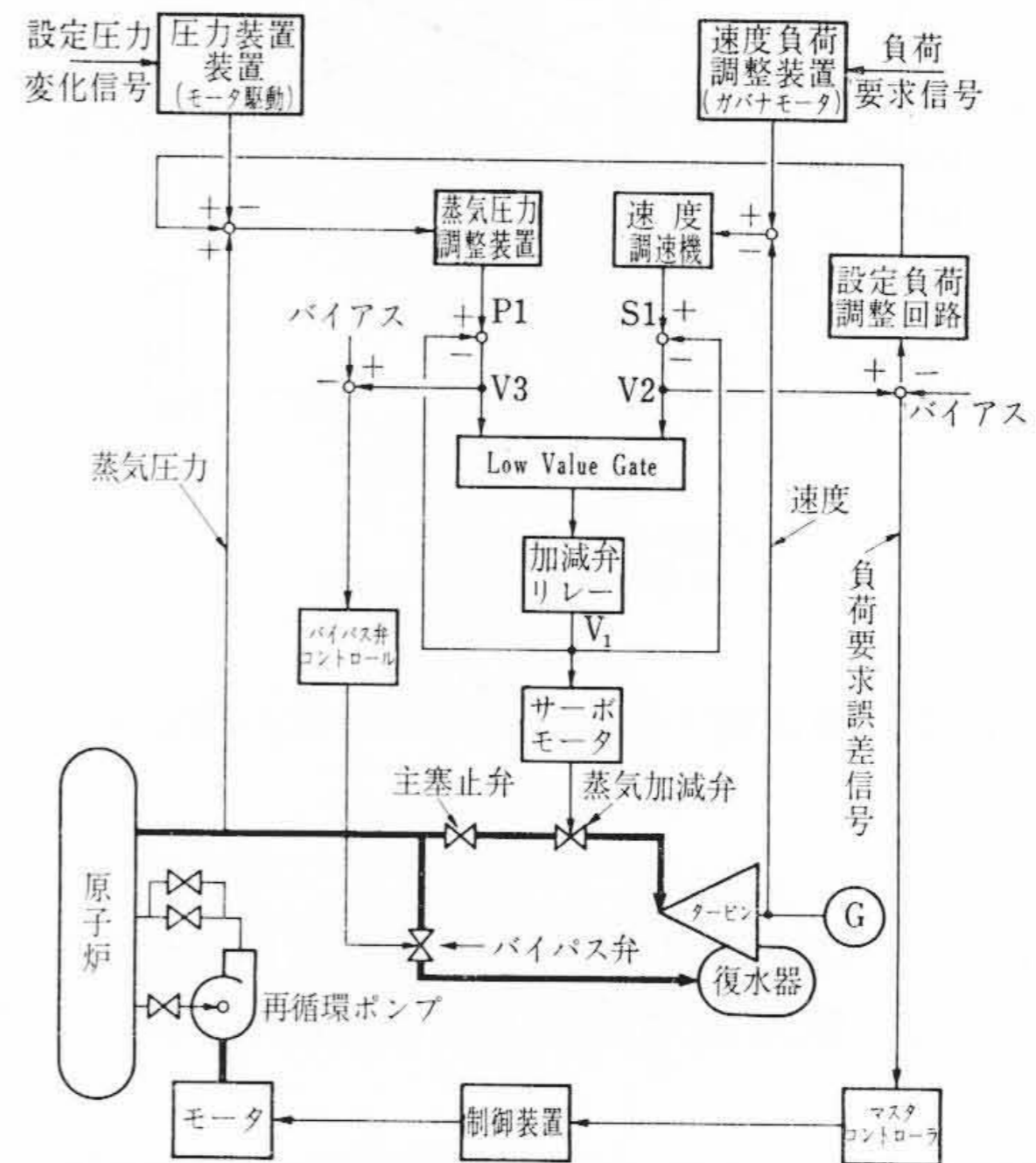


図8 自動負荷運転制御ブロック図

パイロット弁は上に動く。この V-3 パイロット弁の動きによりバイパスリレーつまりバイパス弁が開く。すなわち加速リレーが働くと負荷しゃ断時には原子炉圧力を, 許容範囲内に保つという重要な同調機能を持って, それぞれ速い速度で蒸気加減弁は閉じ, タービンバイパス弁は開くことができる。

4. 原子力タービンの自動負荷運転制御

図8は原子力タービンの自動負荷運転制御のブロック図である。平常運転時は, 蒸気加減弁は蒸気圧力調整機からの信号により, その開度が制御されており, 図8では P-1 信号が LOW VALUE GATE (加減弁リレーのピストンを制御する V-3 と V-2 の油圧パイロット弁の組合せのこと) を経て, 加減弁リレーを作動させている。加減弁リレーの位置は P-1 を打ち消すようにフィードバックされるので誤差信号 V-3 がゼロになるまで制御が続けられる。V-3 がタービンバイパス弁を開くためには, 設定したバイアス値を越える必要があり, 平常運転時のゼロ近辺の V-3 に対してはタービンバイパス弁は全閉のままとなる。

一方, 調速機からの信号は平常運転時には蒸気加減弁を制御しないよう, 速度-負荷調整装置に対し, ある一定の余裕を持った設定が与えられている。すなわち, 速度-負荷調整装置に対する速度設定は定格値の約 100.4% (速度調定率 4% の場合で, 負荷では約 110% に相当する) におかれ, 定格運転時の S-1 位置は 110%, V-2 は 10% に相当する信号分だけ中立ポートより上方にストロークしているため, LOW VALUE GATE を通って, 蒸気加減弁を制御することはない。また, V-2 より差動トランスで検出された信号は 10% に設定されたバイアス値に打ち消され, マスターコントローラおよび設定圧力調整回路に至る負荷要求信号はゼロとなり, 平衡状態が保たれる。定格運転時, 系統負荷が減少するかまたは原子力プラントに対する負荷要求信号が負荷減少の指令をしたと仮定する

と系統負荷減少に伴う系統周波数の上昇(タービン速度上昇)は、調速機によりS-1を110%より小さくするし、また、速度-負荷調節装置への負荷減少の負荷要求信号もS-1を110%より小さくする。

このとき、V-1を差し引かれたV-2も小さくなるが、負荷減少信号の負荷の大きさが10%以下の場合および10%を越えてもその負荷要求変化速度が原子炉出力の追従速度より遅い場合には、V-2がV-3よりも小さくなることはなく、蒸気加減弁は依然として蒸気圧力調整装置からの信号により、その開度が制御されている。しかし小さくなったV-2は10%のバイアス値との差の負の負荷要求信号としてマスタコントローラおよび設定圧力調整回路に導かれる。マスタコントローラ側では、負の要求信号により再循環ポンプの回転数を下げて、原子炉出力を減少させる。その結果、蒸気圧力は定格値より下がり、蒸気圧力調整装置には負の入力が与えられ、P-1は減少し、V-3も負となり、V-3がゼロになるまでV-1すなわち蒸気加減弁の開度は閉じる。

負の負荷要求信号は、同時に設定圧力調整回路にも導かれ蒸気圧力調整装置に負の入力信号(設定点を下げ、加減弁を閉じるの信号)を印加して、蒸気圧力が減少したと同一効果を与えて負荷要求に対する初期の応答性を良くしている。

負荷の要求信号が10%を越え、かつその変化速度が急激な場合(たとえば負荷しゃ断時など)には、V-2はV-3よりも小さくなり、LOW VALUE GATE を経て直接V-1、すなわち蒸気加減弁の開度は減少し、その結果、V-3がバイアス値を越えると、その間だけタービンバイパス弁は開かれ、余剰の蒸気はタービンをバイパスして復水器に導かれる。逆に系統負荷が増加し系統周波数が減少した場合または負荷要求信号として負荷増加の指令があった場合は前述の動作と全く逆の動作をすることになる。

以上の自動負荷運転方法はBWR発電所において、系統または外部指令から要求された負荷の増減に対して自動的にその出力を追従させる制御回路であるが、これらの制御回路は標準的にBWR発電

所に設備されるものでなく、発電所運用上から、その取り付けを考慮すべきものである。特に設定圧力調整回路についてはオプションとして準備されている回路である。

5. 運転操作の自動化、遠隔操作

運転操作上における運転員の放射線対策としてはタービン本体および組合せ中間弁の周辺に放射線遮蔽(しゃへい)板を設けて運転員の被ばく量を少なくするとともに、主要蒸気弁の弁棒漏えいを皆無にするため最も大気に近い部分のグラウンド部をグラウンドコンデンサの真空側に接続している。

タービン運転操作上の器具類はいっさいタービン本体近くの現場に運転者が近づくことなしに中央操作室から操作可能なように計画されている。起動時の操作ではターニングが自動化されており、タービンロータのゼロ速度を油圧で検出し、レシーバピストンによりリミットスイッチを動作させてターニング装置へインターロックさせる方法が採られている。

そのほか、正常運転中の諸機器の動作確認のための試験は表1に示すようにすべて中央操作室より行なわれる。

6. 主要蒸気制御弁

6.1 主蒸気止め弁

主蒸気止め弁は油圧作動式で危急時急速に原子炉からの蒸気をしゃ断する。

通常、弁は4個設置され、蒸気出口側は傾斜した短管により蒸気加減弁に直結されており、弁および弁座の形状は蒸気の流れに対し抵抗の少ない構造を持ち圧力損失は僅少である。

弁座部にステライト盛りを施し、弁棒からの蒸気漏れに対してはバックシート形を採用している。

弁入口部には蒸気ストレーナを備え、原子炉からの異物の侵入を防止している。

表1 運 転 上 の 定 期 試 験

試 験 項 目	ひ ん 度	作 業 場 所	操 作 場 所	操 作 方 法	確 認 事 項
主 蒸 気 止 め 弁	1 日 1 回	中央制御室	T-G 試験 検査パネル	遠 隔 操 作 (1個のみ全閉)	動作が円滑であることを確認
組 合 せ 中 間 弁	1 日 1 回	中央制御室	T-G 試験 検査パネル	遠 隔 操 作 (1個のみ全閉)	動作が円滑であることを確認
抽 気 逆 止 弁	1 日 1 回	中央制御室	T-G 試験 検査パネル	遠 隔 操 作 (半 閉)	ス テ ッ ク
抽 気 ド レ ン バ イ パ ス 弁	1 日 1 回	中央制御室	T-G 試験 検査パネル	遠 隔 操 作 (全 閉)	ス テ ッ ク
油 タ ン ク 油 面 計 警 報	1 週 1 回	現 場	レベルゲージフロートロッド	手 動 操 作 (油圧高低警報)	作 動 確 認
ス ラ ス ト 摩 耗 デ テ ク タ	1 週 1 回	中央制御室	T-G 試験 検査パネル	遠 隔 操 作 (ランプ表示)	動作および摩耗量確認
非 常 用 調 速 機	1 週 1 回	中央制御室	T-G 試験 検査パネル	遠 隔 操 作 (ランプ表示)	動 作 確 認
補 助 油 ポ ン プ	1 週 1 回	現 場	T-G 試験 検査パネル	遠 隔 操 作 (ランプ表示)	自 動 起 動 確 認
ターニングギヤ油ポンプ	1 週 1 回	現 場	T-G 試験 検査パネル	遠 隔 操 作 (ランプ表示)	自 動 起 動 確 認
非常用軸受油ポンプ	1 週 1 回	現 場	T-G 試験 検査パネル	遠 隔 操 作 (ランプ表示)	自 動 起 動 確 認
インターセプト弁 (2個半閉)	1 週 1 回	中央制御室	T-G 試験 検査パネル	遠 隔 操 作 (半 閉)	動 作 確 認
タービンバイパス弁	1 週 1 回	中央制御室	T-G 試験 検査パネル	遠 隔 操 作 (全 開)	
加 減 弁	1 月 1 回	中央制御室	負荷制限器ハンドル、速度/負荷調整器ハンドル	遠 隔 操 作 (1個のみ全閉)	ス テ ッ ク
調 速 機 負 荷 制 御	1 月 1 回	中央制御室	速度/負荷調整器ハンドル	遠 隔 操 作	短 時 間 運 転
非 常 用 調 速 機	3~6 月 1 回	中央制御室	オイルトリップテスト	遠 隔 操 作 (オイルトリップ)	動 作 確 認 すべての蒸気弁の閉鎖能力を確認
非 常 用 調 速 機	6~12 月 1 回	中央制御室	トリップ速度までタービンをオーバースピードさせる	遠 隔 操 作 (ト リ ッ プ)	動 作 確 認
主 蒸 気 止 め 弁 加 減 弁	6~12 月 1 回 6~12 月 1 回	中央制御室			気 密 テ ス ト 気 密 テ ス ト
真 空 ト リ ッ プ	6~12 月 1 回	中央制御室	真 空 破 壊 弁		動 作 試 験
ソ レ ノ イ ド ト リ ッ プ	6~12 月 1 回	中央制御室			動 作 試 験
バックアップオーバースピードトリップ	6~12 月 1 回	中央制御室	109% 速度までタービンをオーバースピードさせる		動 作 試 験

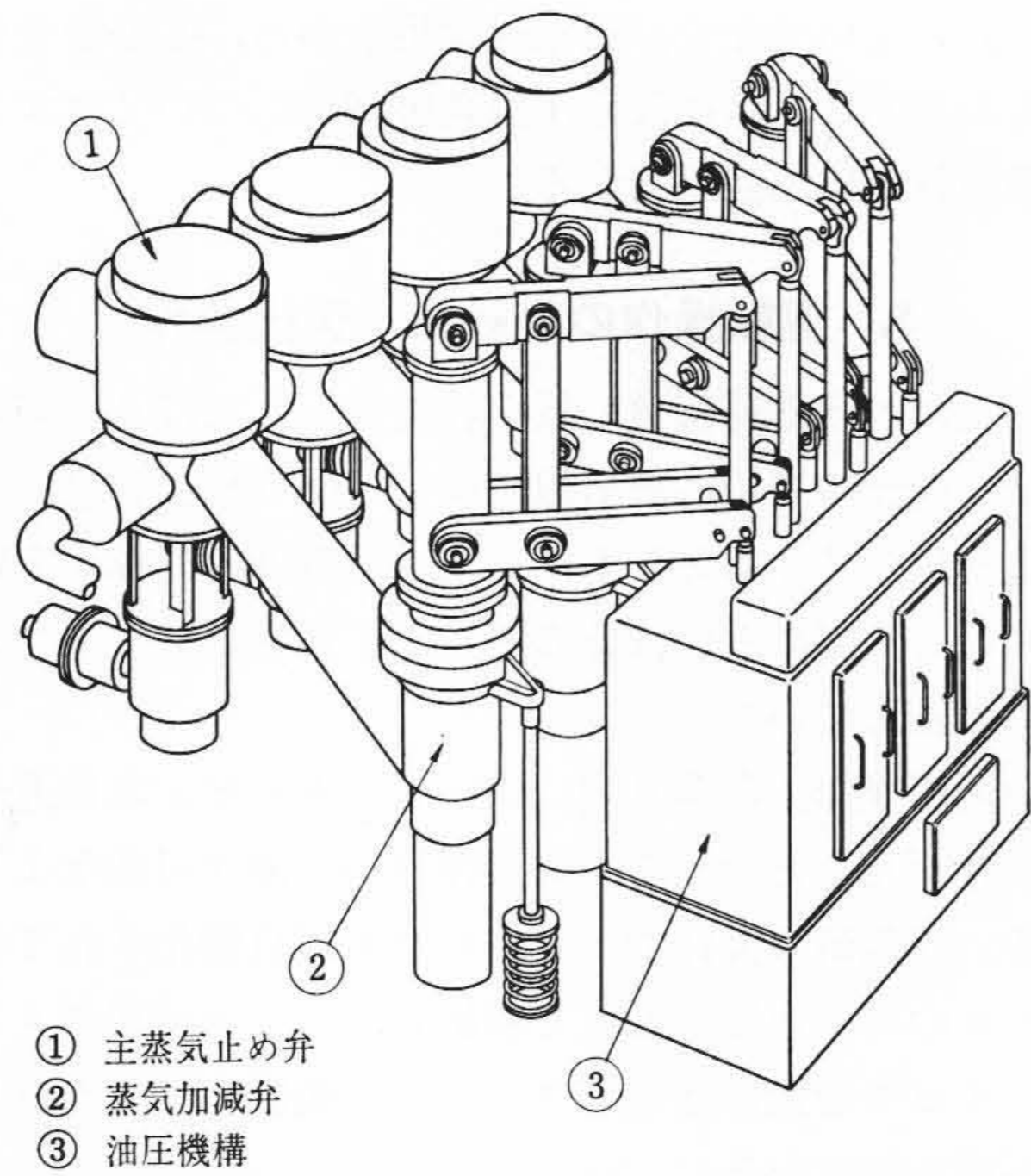


図9 主蒸気止め弁および蒸気加減弁

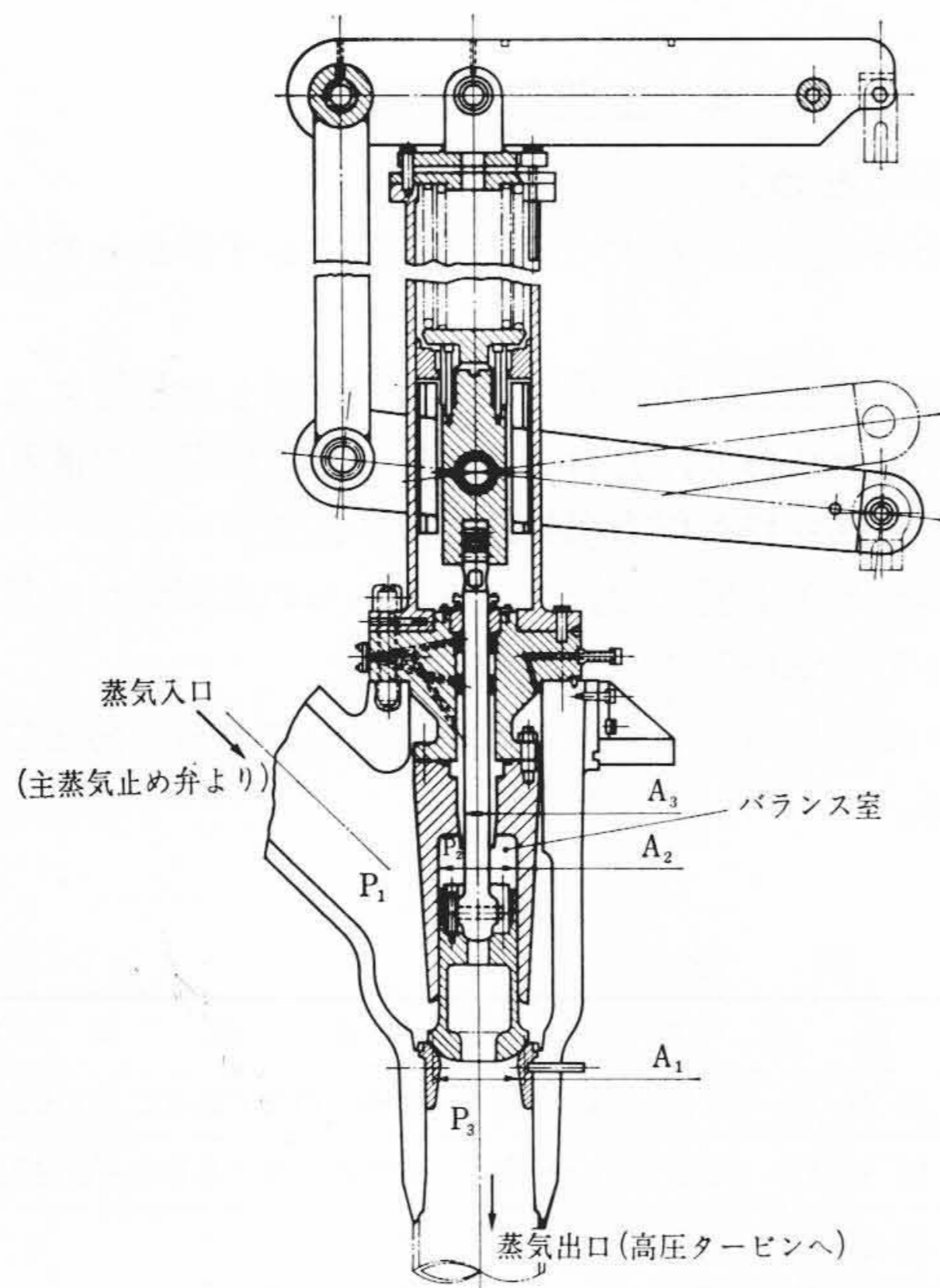


図10 バランス形蒸気加減弁

主蒸気止め弁、蒸気加減弁の暖機のために4個のうち1個の主蒸気止め弁に全周噴射起動装置を設置している。

図9は主蒸気止め弁と蒸気加減弁の外観である。

6.2 蒸気加減弁

原子力発電用蒸気タービンでは、その蒸気量が増し、弁口径も大きくなるため蒸気加減弁は、高圧ケーシングと別にした別置形とし、その開閉には、個々にサーボモータを設けている。

一方、弁および弁棒の構造は、弁および弁棒の振動対策上からより安定した制御を行なうよう、全弁にバランス加減弁を採用している。バランス形加減弁の構造は図10に示すように弁体が円筒状になっており、加減弁スタンドに固定されたシリンダ状のスリーブの内面をしゅう動する機構になっているため、弁体の上部がバランス室となり、その内圧は小弁が開いた状態では、スリーブと主弁の間隙(かんげき)および小弁を經由して漏えいする少量の蒸気により、主蒸気圧力と弁後圧力との中間の圧力に保つよう設計されている。

全閉状態ではバランス室圧力が、主蒸気圧力に等しいために、弁体は下方に完全に押えられていて、小弁が開き始めるとバランス室

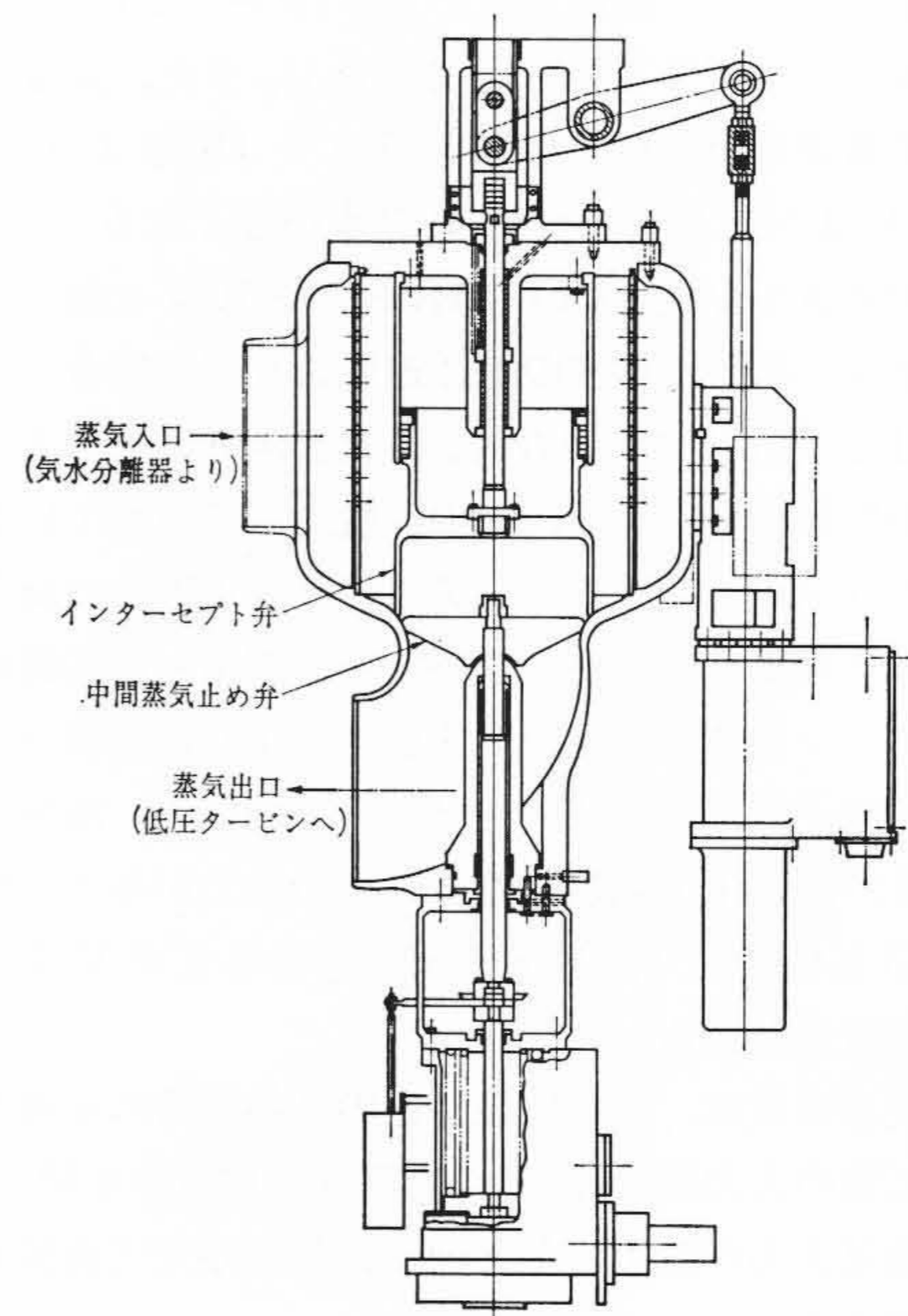


図11 組合せ中間弁

の圧力が下がり、小弁が全閉するとき主蒸気圧力の約25%になる。この間、弁体は下方に押されて弁座に固定されている。

振動の発生しやすい弁体の開き始めにおいては小弁を通過する蒸気量がごく少量であるためバランス室に圧力を保ち、弁体を下方に押える力が大きくなる。

すなわち、弁体を下方に押しつける力は次式によって示すことができる。

$$F = (A_1 - A_2)(P_1 - P_2) + (A_2 - A_3)(P_2 - P_3)$$

ここに、 F : 弁体を下方に押す蒸気力 (kg)

A_1 : 弁体シート面積 (cm²)

A_2 : スリーブ内径の面積 (cm²)

A_3 : 弁棒面積 (cm²)

P_1 : 主蒸気圧力 (kg/cm²)

P_2 : バランス室圧力 (kg/cm²)

P_3 : 弁後圧力 (kg/cm²)

ただし、 A_2 と A_1 との関係は $A_2 = 0.75 \times A_1$ で設計されている。この F により、弁体は下方に押され振動が抑制され、弁体は安定した制御ができる。

主弁を開くことによりしだいに弁後圧力 P_3 が増大してきて、上式の F はしだいに小さくなり、一方、弁体はスリーブの中に引き上げられ、巻き込まれる形となり、振動が発生しにくい状態となる。

弁体は弁棒と一体構造の小弁により支持される一方、加減弁スタンドから下方に伸びているスリーブの内面に沿ってすべる構造となっていて、弁体の振動が拘束されるのみならずバランス室が一種のピストンの働きをして、弁体が自由に振れることを押さえる効果がある。

6.3 組合せ中間弁

各低圧タービン入口付近の左右に組合せ中間弁を設置し、負荷しゃ断時におけるタービンの過速を防止している。

組合せ中間弁は、1個の弁ケーシング中に玉形の間中蒸気止め弁とバランススリーブ形のインターセプト弁が弁座を同じくして設けられている。インターセプト弁は、弁の横に設けられたサーボモータにより操作され油圧により開き、バネによって閉鎖する。

中間蒸気止め弁は、油圧作動式で危急時急速に蒸気をしゃ断する。図11は組合せ中間弁の断面を示したものである。

6.4 タービンバイパス弁

タービンバイパス弁は、起動、停止時または負荷しゃ断時、原子炉からの余剰蒸気をタービンをバイパスして復水器へ逃すために設けられており、バイパス弁から出た蒸気は、復水器への配管途中にある減圧器により減圧されて復水器へ吐き出される。

バイパス弁用サーボモータは、油圧により開き、バネにより閉鎖、その信号はパイロット弁により連続的に制御される。また、タービン負荷しゃ断などによりバイパス弁を急速に開くためにサーボモータにはアキュムレータを備えている。

図12はタービンバイパス弁の外観である。

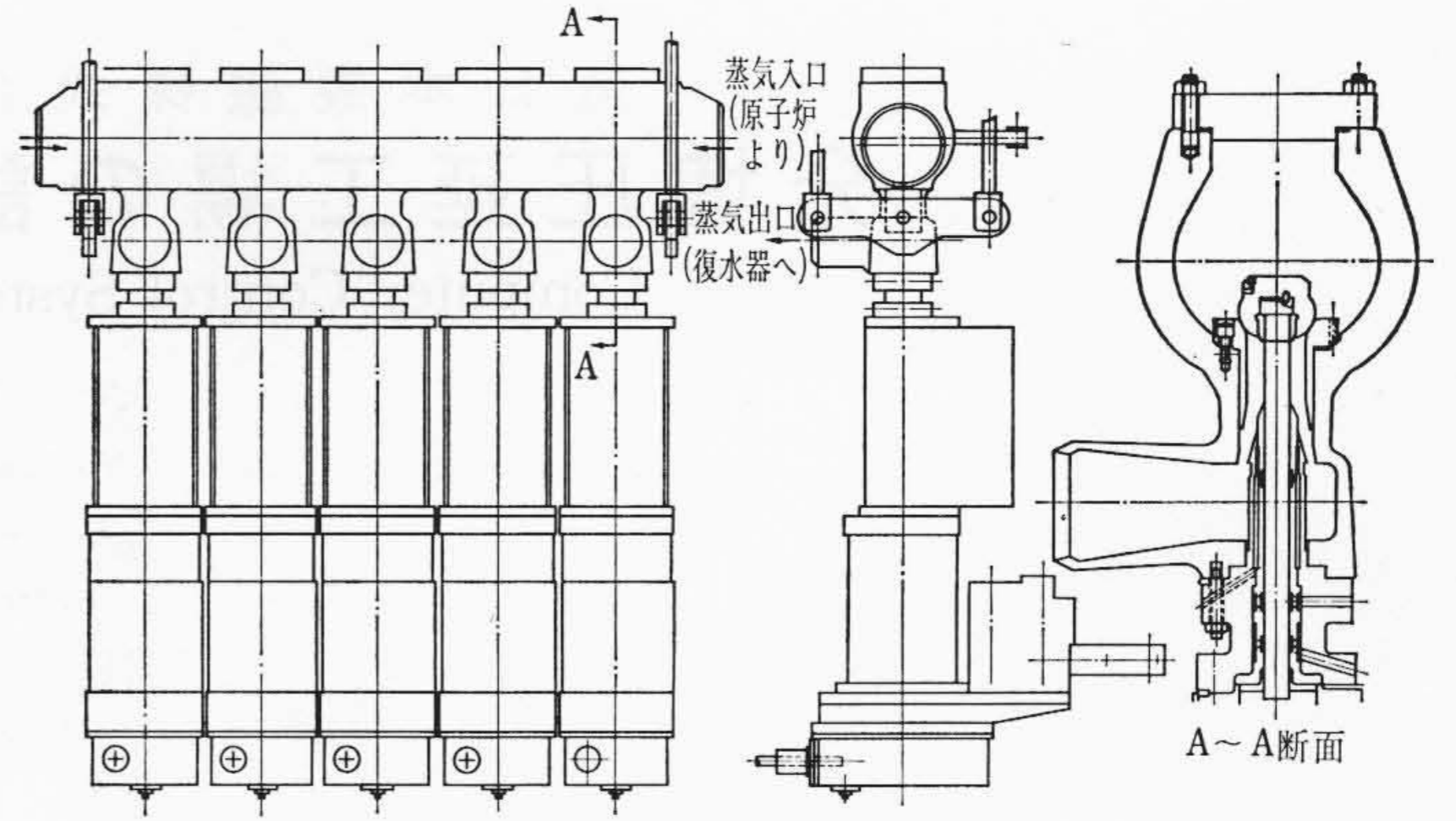


図12 タービンバイパス弁

7. 結 言

以上、原子力タービンの制御系について述べたが、その特長とするところは炉内圧一定制御と調速系統を組み合わせることであり、現在の制御機構はじゅうぶんにその目的を果たしている。

参 考 文 献

- (1) 大木, 鈴木: 日立評論 48, 768 (昭41-6)



特 許 の 紹 介



特許第590645号 (特公昭45-3058号)

永 田 稷・長 東 健 二

半 導 体 装 置

この発明はICなどにおけるP形半導体基板を用いたPNP構造のトランジスタに関するものである。

従来、相補形トランジスタを構成させるため、PNPトランジスタを形成させる場合には、コレクタ、ベース、エミッタの各導電領域を不純物拡散により形成させるいわゆる三重拡散方法がとられているが拡散工程が複雑であり、また、ベース幅の制御が困難である。一方、PNPトランジスタをエミッタおよびコレクタ領域を所定の間隔をおいて同時に拡散により形成させるいわゆる横方向形のPNPトランジスタ形成方法があるがベース幅を狭くすることが困難で電流増幅率を高くすることができないという欠点がある。

この発明は、図に示すように上述の横方向形のPNPトランジスタにおいて、特にP形エミッタ領域の周辺部にP形不純物拡散領域を設け、このP形拡散領域を補助的な表面コレクタ領域とすることによりPNPトランジスタを構成することにある。

このように、本発明によるPNPトランジスタは通常の深さ方向に導電領域を配置させた縦形トランジスタの作用と、横方向形のト

ランジスタの作用を両方兼ね備えることになるので、注入キャリアがコレクタ電流として有効に活用され従来のPNPトランジスタの電流増幅率がたかだか5~6であったものを20~30にまで向上させることができる。
(長東)

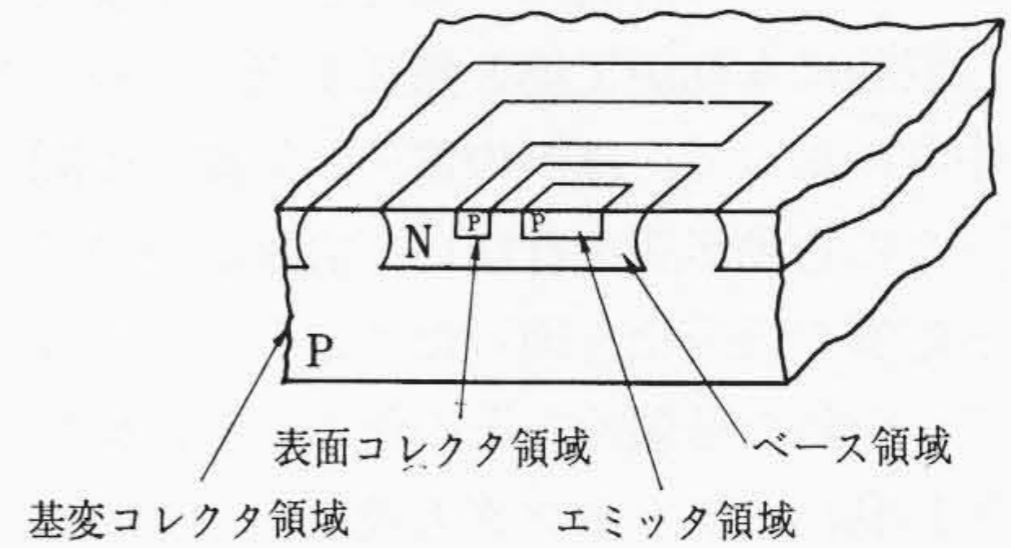


図 1

第 33 卷

日

立

第 6 号

目

次

- ・ グ ラ フ / サ ッ ポ ロ ビ ー ル — 仙 台 工 場
- ・ ル ポ / 国 際 見 本 市 喜 多 方 商 業 高 校 と H I T A C - 1 0
- ・ ル ポ / 早 岐 の 茶 市
- ・ 解 説 / E V R , ビ テ オ パ ッ ケ ー ジ 登 場

- ・ 家 電 コ ー ナ ー / エ レ ク ト ロ ニ ッ ク ス の 散 歩 道 (第 6 回)
- ・ イ ン タ ビ ュ ー / 湿 度 と 生 活 (除 湿 器 と ル ー ム エ ア コ ン)
- ・ P R コ ー ナ ー / I E E E シ ョ ー に 参 加 し て

発行所 日立評論社

東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
郵便番号 100

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
郵便番号 101

振替口座 東京 20018番