

# 豎型發電機のセグメント式案内軸受に就いて

菊 地 彌 十 郎\*

## Concerning the Segmental Guide Bearing of Vertical Shaft Generator

By Yajūro Kikuchi  
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

The guide bearing of the Tsuga Power Station, the Japan Power Generation Transmission Co. Ltd., which adopted the segmental type, is the first used in Japan. Successively similar constructions were used in several alternators.

Moreover, after the war, on the basis of these valuable, we had discussed the matter carefully and gained many new ideas. Thus, the improved type, as shown in Fig.6, was designed for the Alternators of the Naruko Power Station Tohoku Haiden Co. Ltd., and the Akamatsu Power Station Shōwa Denkō Co. Ltd.

These testes yielded excellent results, as were expected. These alternators are now in operation, receiving favourable comments.

The segmental bearing has many advantages. Specially for the umbrella type generator it has shown Splendid characteristics. Since the segmental type bearing for vertical shaft generator is expected to be adopted more extensively than even, I wrote this paper regarding its construction and characteristics. I hope the segmental type will win many supporters.

### [I] 緒 言

受註決定より工場完成まで4カ月と云う快記録をもつて完成した、東北配電鳴子発電所の3,200 kVA, 3.3 kV, 500 r. p. m. の発電機や昭和電工赤松発電所の3,500 kVA, 6.6 kV., 214/257 r. p. m. の発電機は容量こそ小さいが、今迄の発電機の構造にくらべ、色々と進歩改良が加えられたが、特に軸受には在來の案内軸受にかわつて、セグメント式の案内軸受を採用し自己潤滑をなさしめ極めて、優秀な運轉実績を得たものである。

セグメント式軸受は本機等が最初のものではなく、既に昭和17年四國電力、津賀発電所の発電機にはじめて使用して以來、戦争末期數カ所にほゞ同一の構造のものを採用して、種々の批判を得た。

セグメント軸受が本質的に多くの長所を持つことは明

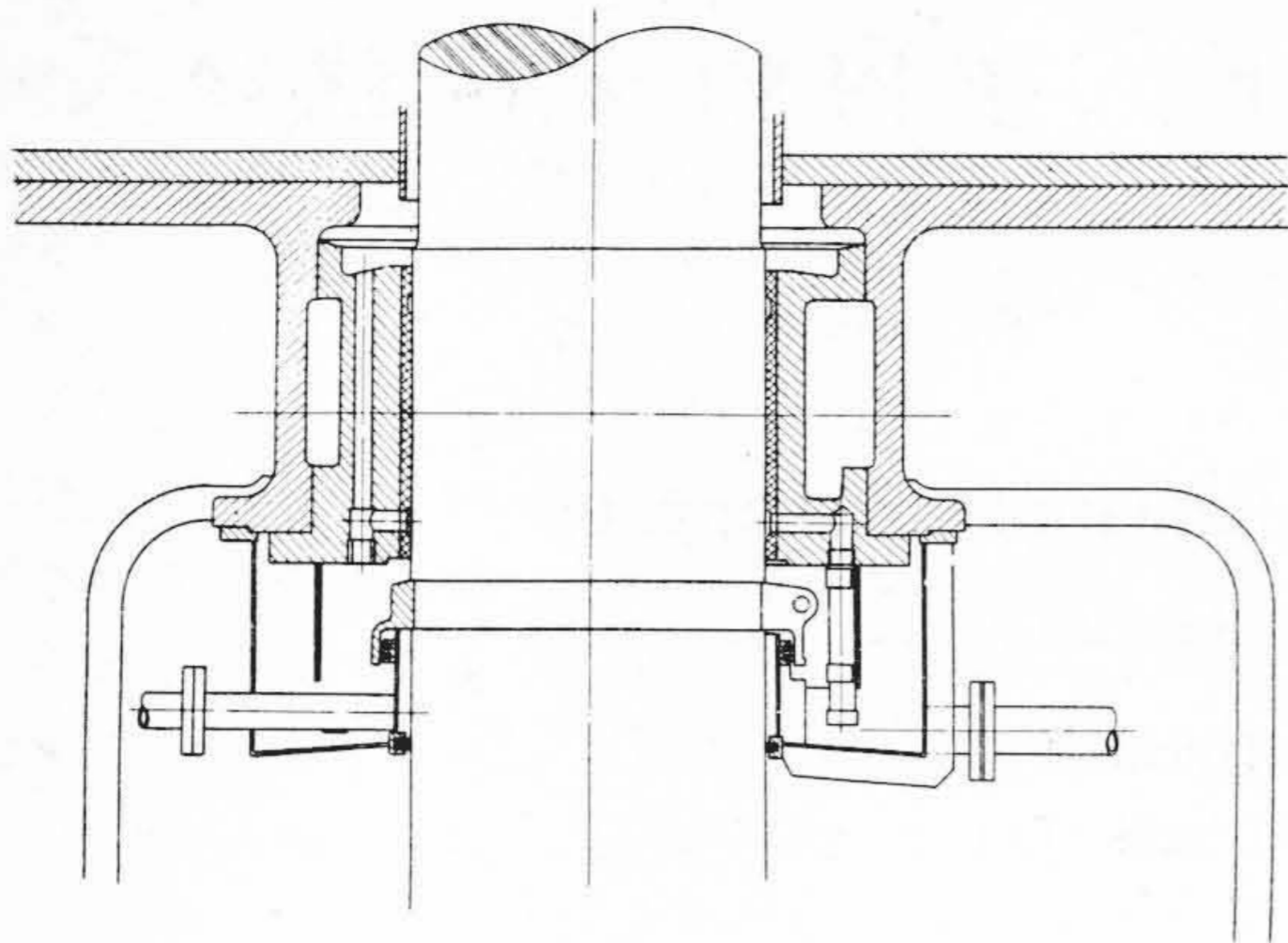
\* 日立製作所日立工場

らかであるが、その構造の一部に不備の點があり、そのために本來の利點が黙殺され、使用するに當つて消極的であることは極めて遺憾であつて、この発電機の軸受については貴重な多くの經驗を基礎として、種々検討を行い改良をはかり、自信を以つて再びその成果を世に問うべく新しい設計の下に鋭意製作に當つたもので、豫期せる如く極めて優秀な成果を得たので、こゝにその詳細を述べ諸賢の批判を仰ぎ積極的な支持を期待するものである。

### [II] 在來のセグメント式軸受の構造

第1圖の如き從來使用して來た圓筒型の案内軸受を止めて、昭和17年津賀発電所で初めてセグメント式の軸受を採用した。この時の構造を示せば上部案内軸受及び推力軸受は第2圖の如く、下部案内軸受は第3圖の如きものである。その他の発電所に用いたものも大體同一構

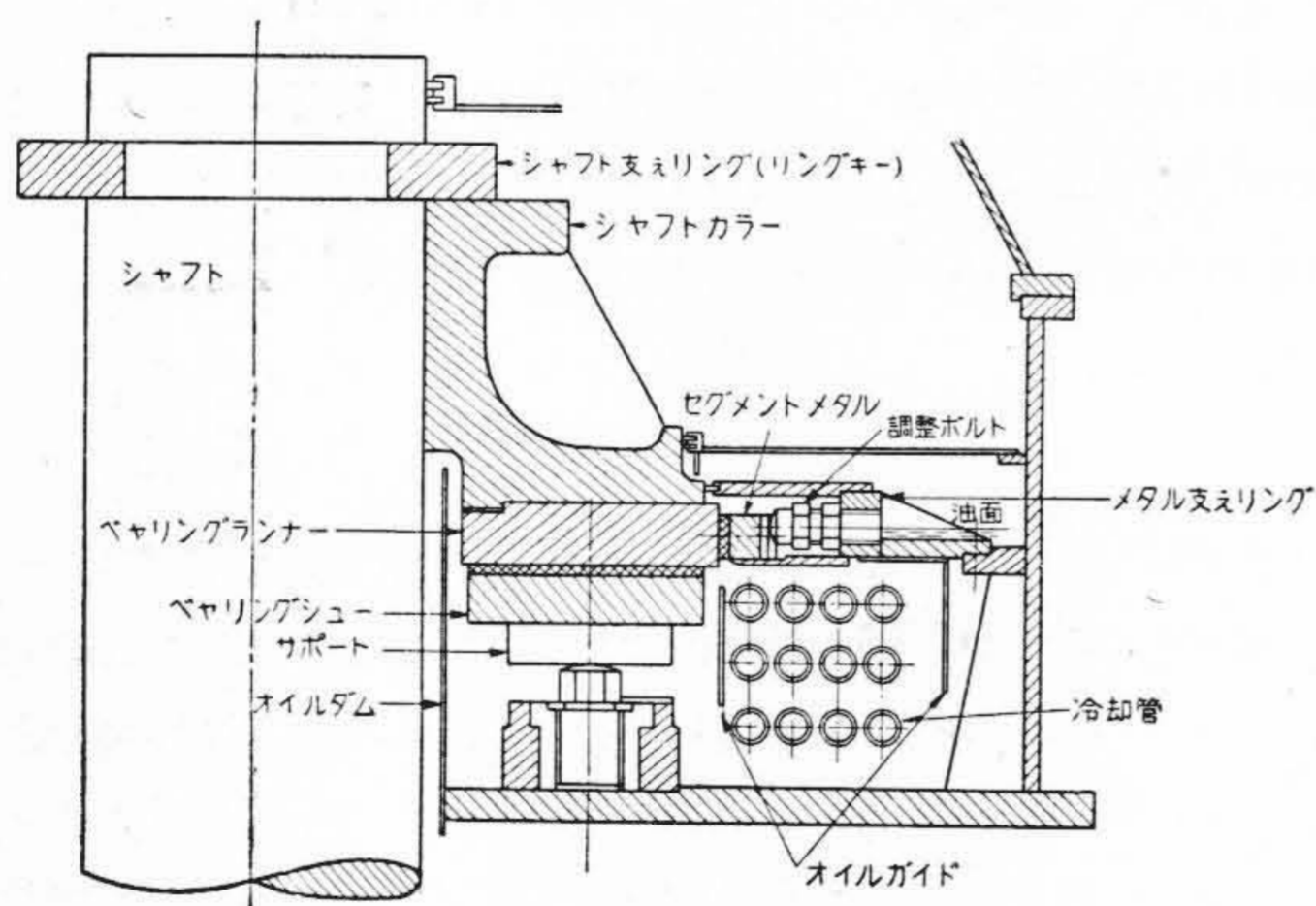




第 1 圖 従來の圓筒型案内軸受  
Fig. 1 Cylindrical Guide Bearing.

造である。セグメント式案内軸受の沿革及び構造等については既に説明されているので(1)(2)構造については簡単に説明する。

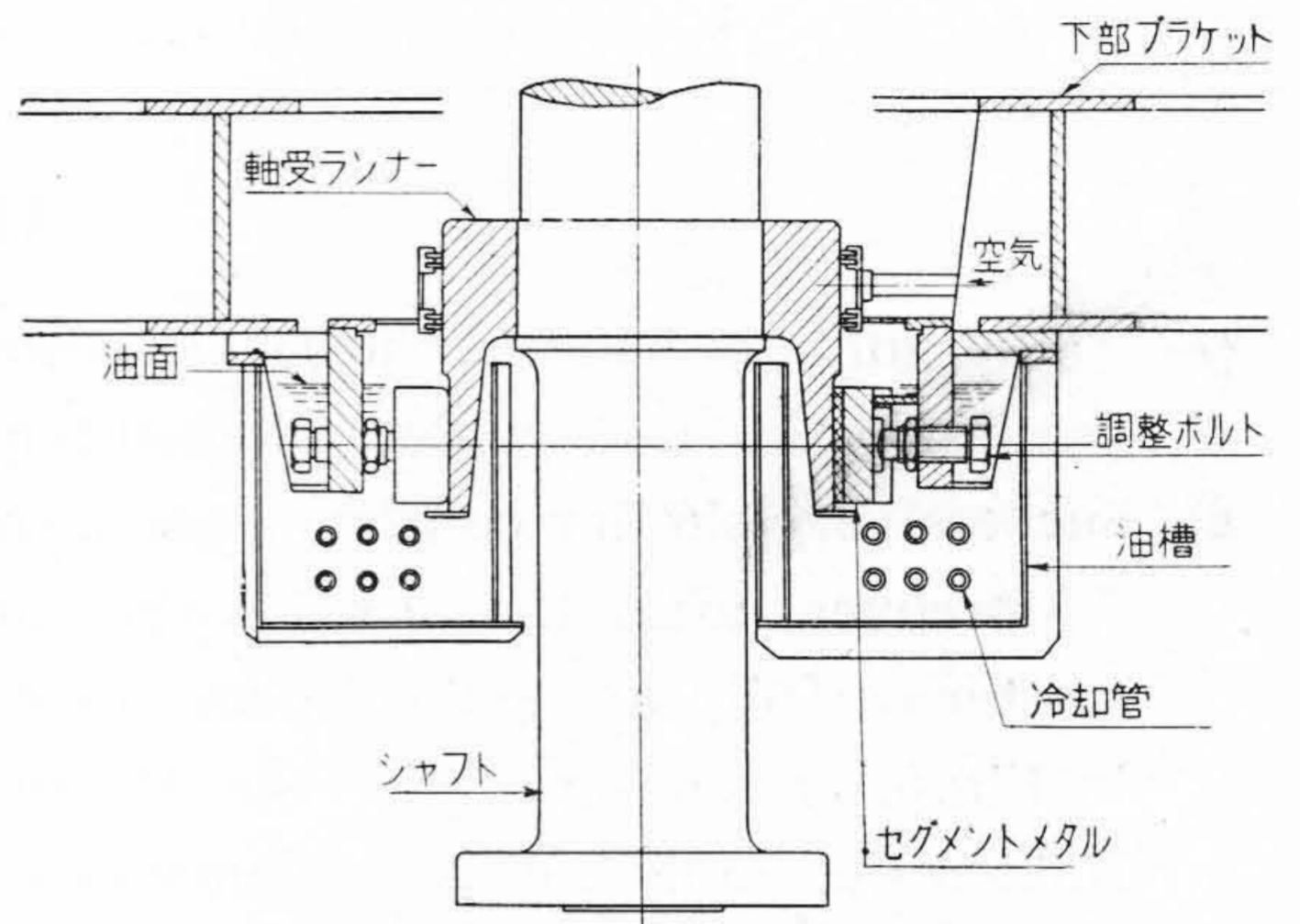
第 2 圖に示す如く上部案内軸受をベヤリングランナーの外周に配し、數コのセグメントメタルを以つて半徑方向の力を支持し、軸受隙間はその背面の調整ボルトによつて任意に調整出来る。調整ボルトはキングスベリー型推力軸受の場合と同じ要領で、頭部は焼入したものを使



第 2 圖 上部セグメント式軸受及び推力軸受  
(最初の方式)  
Fig. 2 Upper Segmental Guide Bearing and Thrust Bearing. (Fore most Type)

用してある。調整ボルトはメタル支えリングに取付られこれは運轉中ランナーが摩擦熱で温度が上り熱膨脹を起すと、メタルを支持する外壁はそれ程温度が上らないため、こゝにその温度差だけの伸の違が生じ、最初に調整した軸受隙間は減少しそのため、摩擦熱は増加し、ますます隙間を狭め遂にメタルの焼損を起すか焼損まで至ら

なくとも非常に軸受温度が高くなると云う危険がある。そのため温度に變化が起つても隙間は變化しないように考慮してある。(新案 367954) その他の部分は在來の推力軸受と同一の構造で變つた點もなく油は入れたまま循環せしめる必要がない。従つて運轉中に油を補給する必要もない。油はタンク内の水冷式蛇管によつて冷却され、これが循環される。第 3 圖は下部の案内軸受であつて、取付等の關係で上部とは少し構造は變つてゐるが、同じ趣旨でつくられてゐる。



第 3 圖 下 部 案 内 軸 受  
Fig. 3 Lower Segmental Guide Bearing.

以上の如く至極構造は簡單であるが、單に在來の案内軸受をセグメント式に置換したと云うだけでは不備であつて、問題になる點が多々ある。これらの點について考えて見ると、

(1) シャフトカラーとシャフトの嵌合 (1)は次に述べる(2)及び(3)と関連した問題であつて、在來の圓筒型の案内軸受の場合には特に重視する必要がなかつたものであるが、セグメント軸受では、シャフトはシャフトカラーを通じてベヤリングランナーの外周でメタルに支持されているため、これらは一體となつていなければ、シャフトに直接メタルを當てたのと同條件にならない。従つてこの部分の嵌合は分解する時容易に抜けしかも運轉中がたつかない程度の締代を必要とする。

(2) カラーとランナーの嵌合 在來の構造ではランナーは、回轉子の重量と水車の推力の荷重を垂直に受けるのみで、ランナーは摺動面の平滑度のみを考えれば充分で、シャフトカラーとの嵌合は相互位置が餘り變らない程度で、多少の遊びがあつても支障がないと云うより寧ろ遊びがある方が發電機軸の振れ見をする際カラーとランナーの接觸面を摺合せして調整するため、都合がよかつたのであるが、セグメント軸受の場合にはランナー



の外周で、回転子の半径方向の動きを支えているため、この嵌合に遊びがあつては、その遊びだけは組立てる度にシャフトの心が變ることになり、振れが變るのみでなく、運轉中にカラーとランナーの位置が半径方向の力を受けて相對的に移動し、回転中心が變り、そのため不平衡力が發生して、振動を發生する原因となる。低速の重い回転子であれば、多少この心が狂つても不平衡力の變化は餘り問題とならないが、高速度のものでは看過出来ない問題となる。

(3) **ベヤリングランナーの振れ** シャフトカラーとベヤリングランナーの嵌合部に遊びがあつても起るが、この嵌合部の中心と、ランナーの外周の中心とが一致しない場合、すなわちこの偏心は回転子の回転中心とランナーの外周の心とが一致せず、回転子のシャフトの心を保つて廻らすとランナーの外周に振れが出る。在來のものではランナーに振れがあつても、回転中心に對して摺動面が直角であり、水平が出ておればよかつたのであるが、この場合は振れのあるランナーを軸受で支えることになり、無理な力が軸受到に作用することは當然で、これが振動の原因となる。従つて組立の際この振れについて一應検討する要がある。

(4) **メタルと調整ボルトの接觸點** キングスベリー型の推力軸受と同じ原理であるが、推力軸受の場合はこの接觸點に僅かの凹が生じて、高さが變化するに過ぎずこれは全體の高さから見れば問題とならないが、案内軸受ではこの凹が出来ると軸受隙間に變化が起り、しかもこの隙間は比較的小さいものであるから、凹による變化は隙間に大きく影響し、絶対に隙間の變化が起らないようにこの接觸點に注意を拂わねばならない。

(5) **メタル支持部分の剛性** 今迄のものは上部ブラケットの如き強固な構造物に取附られていたため問題とならなかつたのであるが、軸受到にかゝる力はセグメント式軸受では下部は問題でないが、メタルを支えるメタル支えリングを通してスラストタンクで受け、これをブラケットに伝える。従つて今迄のものに比しスラストタンクの振動上の強度と云う點で検討を要する。

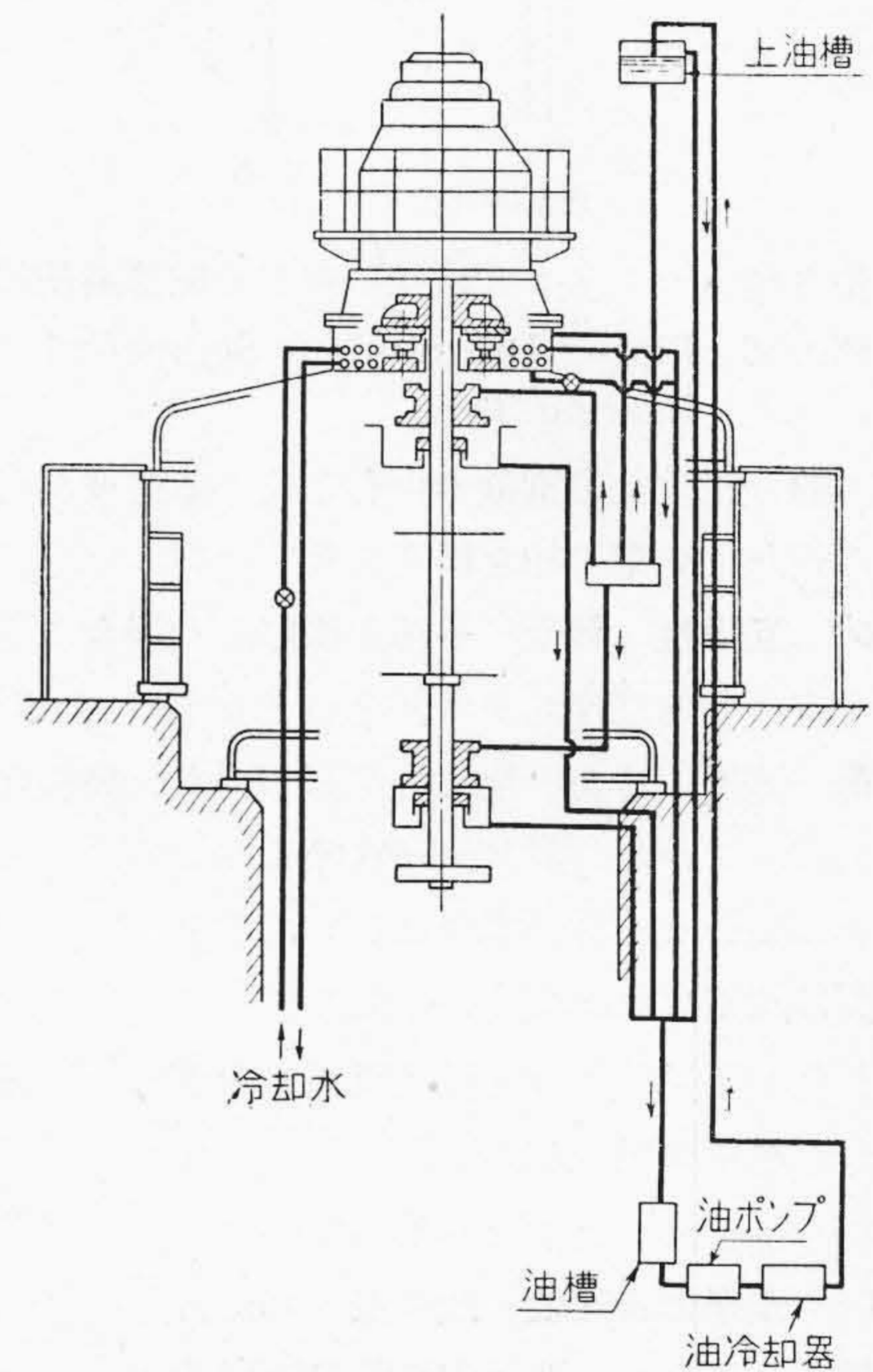
以上のものがセグメント式軸受と在來の案内軸受との製作、あるいは取扱い上の相違點であつて、この點さえ把握しておれば特に問題とするべきものはなく、次に述べる如き多くの利點を持ち、安心して使用出来るもので前記數カ所の發電機が好調な運轉を續けていることから實證し得られるものである。

### [III] セグメント式軸受の長所

上部案内軸受を推力軸受油槽内に設け、下部案内軸受とによつて回転中心位置を保たしめるようにすれば、推

力軸受部の構造はやゝ複雑とはなるが、在來の如く別に取附けた案内軸受到に比し遙かに簡單であり、種々の利點を持ち、在來の軸受到に代る時代が來るのも遠い將來ではないと思われる。その利點の主なるものをあげてみると

(1) **潤滑油循環装置の不要** すべてメタルが水冷式冷却管を具備した油槽内に浸されているため、常時油を循環せしめる必要がなく、これに要する諸設備が全然いらなくなり、非常に簡單になる。例えば従來の軸受到を用いた場合とを比較してみると第4圖は従來の方式による配管關係、第5圖はセグメント式軸受到とした場合の配管の線圖であつて、圖から明らかな如く格段の相異があ

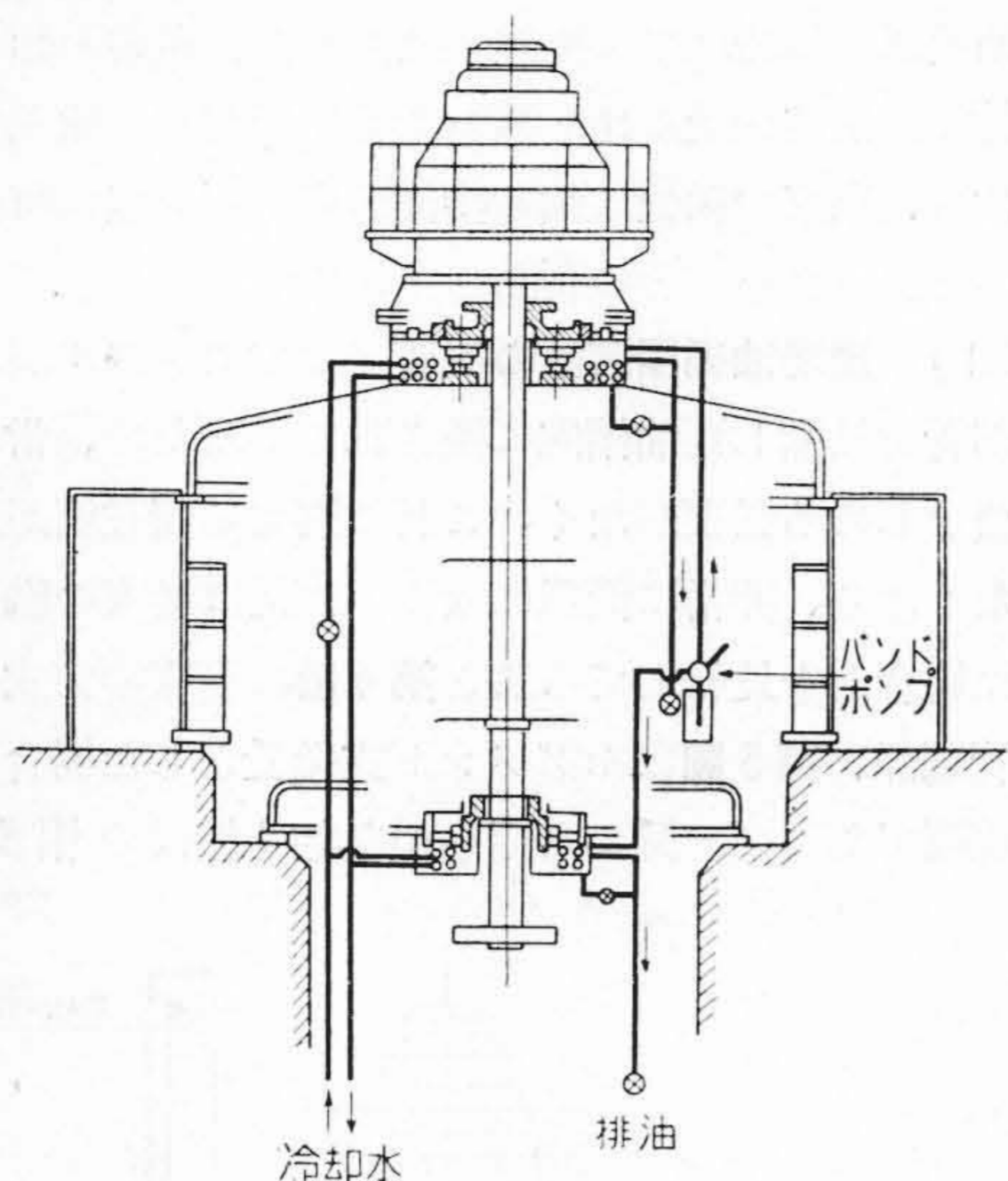


第4圖 従來の方式の配管系統圖  
Fig. 4 Piping Diagram for Conventional Bearing Type.

る。又在來の如く油の循環を必要としないため、油の循環系統に故障が起ることがなく、この故障で運轉を停止しなければならぬことが全然なくなる。

(2) **組立据付の容量** 在來の圓筒型の軸受は相當重く、容量の大きいものでは數トンにも及ぶ。狭い場所で嵌合部分にこれらの相當の重量物を取附けねばならないことはメタルの摺合せと共に現地の人々が相當苦勞して來たものであるが、セグメント式では構造は簡單であり、自由に動作出来る廣い場所で軽いメタルを適當な位置におき、所要の隙間に調整すればよく、作業も簡單で勞力的にも時間的にも非常に助かる。又セグメントであるため、ベヤリングランナーに偏心さえなければ今迄の





第5圖 セグメント式軸受に対する配管系統圖

Fig. 5 Piping Diagram for Segmental Bearing Type.

ように餘り正確な発電機を中心を定める必要がなく、心出しに對して従來の如き精度を要しない。

(3) 互換性 軸受の一部を損傷した場合にも、その一片を交換するだけですみ、そのとりかえは容易である。萬一焼損するようなことがあつても、裏張合金がなくなつてしまわない限り——實際にはこのような焼損事故の方が多し——再び摺合せして、所定の間隙に調整すればよく、今迄のように焼けたり、摩耗によつて軸受間隙が大きくなつた都度裏張の詰めかえをしなければならないと云ふような不便がない。

(4) 潤滑の合理性 油に浸されたまま運轉されるため、油槽内の油の循環さえうまく行えば、油膜が切れる等の問題は全然なく、又一點で支持しているためメタルはその隙間内では自由に動け、ミッチェルの潤滑理論にかなつて合理的な楔形の油膜を容易に形成することが出来る。

(5) 資材の節約 構造が簡単になつたため軸受あるいは配管等その附屬設備に要する一切の資材の節約が出来るし、油の使用量も循環油が不要であるため少なくてすむ。更に又シャフトの長さも短くなり、これに伴つてクレーンリフトもそれだけ少なくなり、間接には建屋等の資材の節約にもなる。これらの節約量を総合するとかなりの量に達するものと思われる。

以上がセグメント式軸受の主な長所であるが、傘型

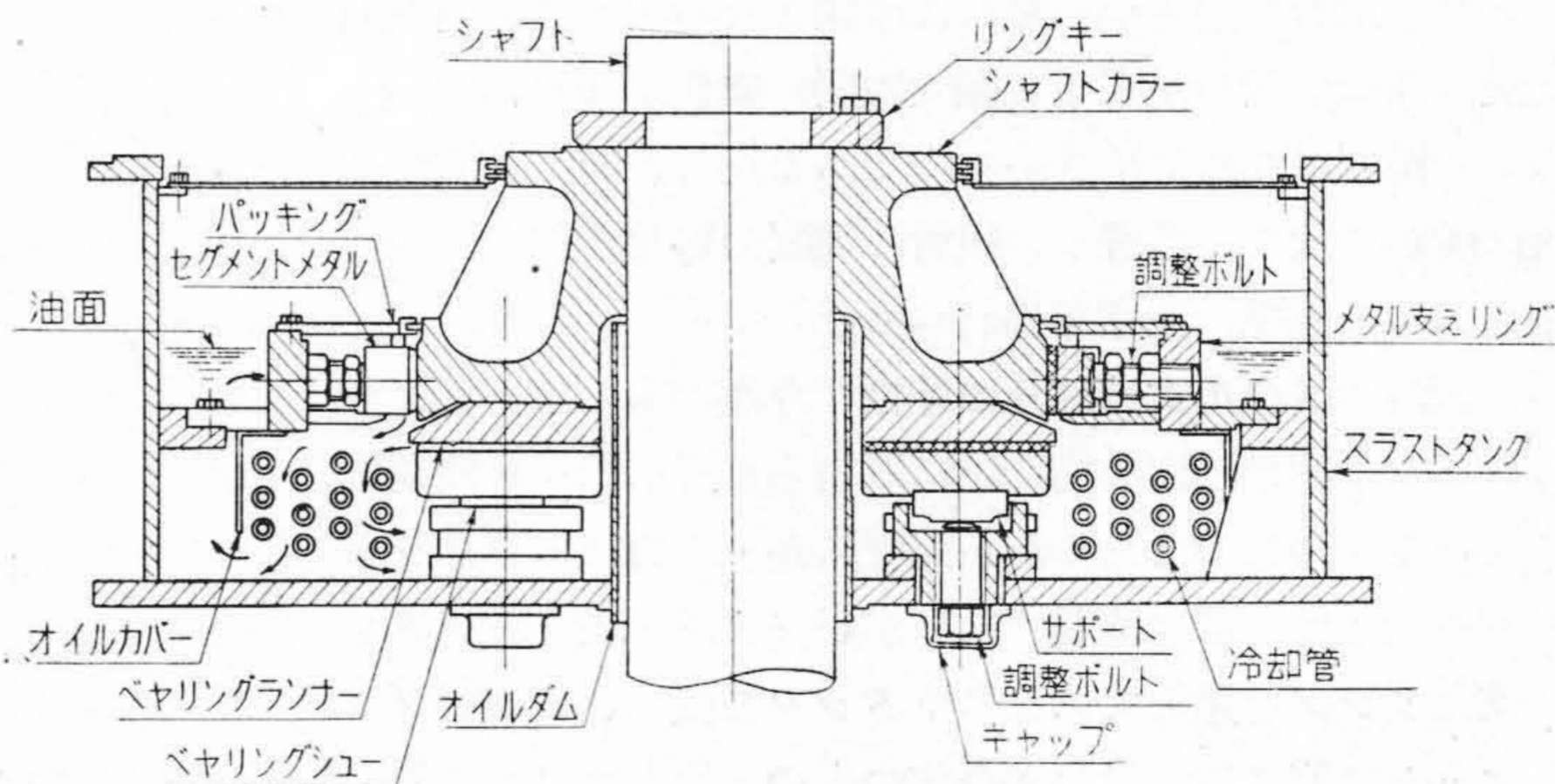
の発電機に於ては上部案内軸受がなく、出来るだけ回転子の重心近くを支持することが望ましく、この場合には特にセグメント式軸受の構造が有利となる<sup>(3)</sup>。貯水式の低落差大容量の発電計畫が次々と計畫されている今日、傘型の発電機も數多く世に出ることが期待され、益々セグメント式軸受の本領を發揮することが期待される。

### 【IV】 鳴子及び赤松の発電機のセグメント式軸受

過去に於て製作されたセグメント式軸受から數々の貴重な経験を基礎に再検討を行い、更に一步進んだ考案をとり入れ、新しい設計を行つたものが第6圖の如き構造のものである。今迄つて來た構造のものとは第2圖とを比較すれば明らかであるが、その主な点を挙げれば、

#### (1) シャフトカラーの外周にメタルを配したこと

これはカラーとランナーの嵌合に遊びを許さないことは構造上難點があるだけでなく、カラーを支える方が、カラーを介してランナーを支えるより勝つてゐることは當然である。それと同時に軸受面積を出来るだけ廣くとる構造とした。カラーとシャフトとの嵌合は前述と同じであるが、カラーを焼嵌してから、カラーの外周を削るため、このカラーの外周とシャフトの中心とは常に一致し振れの出る心配がない。



第6圖 新方式上部セグメント軸受断面圖

Fig. 6 New Type Segmental Bearing.

(2) 油の循環に對する考慮 ベヤリングランナーの油に對するポンプ作用を利用し、メタル支えリングに孔を設けて第6圖左側に示す如き油の循環を行わせ、推力軸受から出た熱い油が案内軸受へ行くようなことの全然ないようにした。

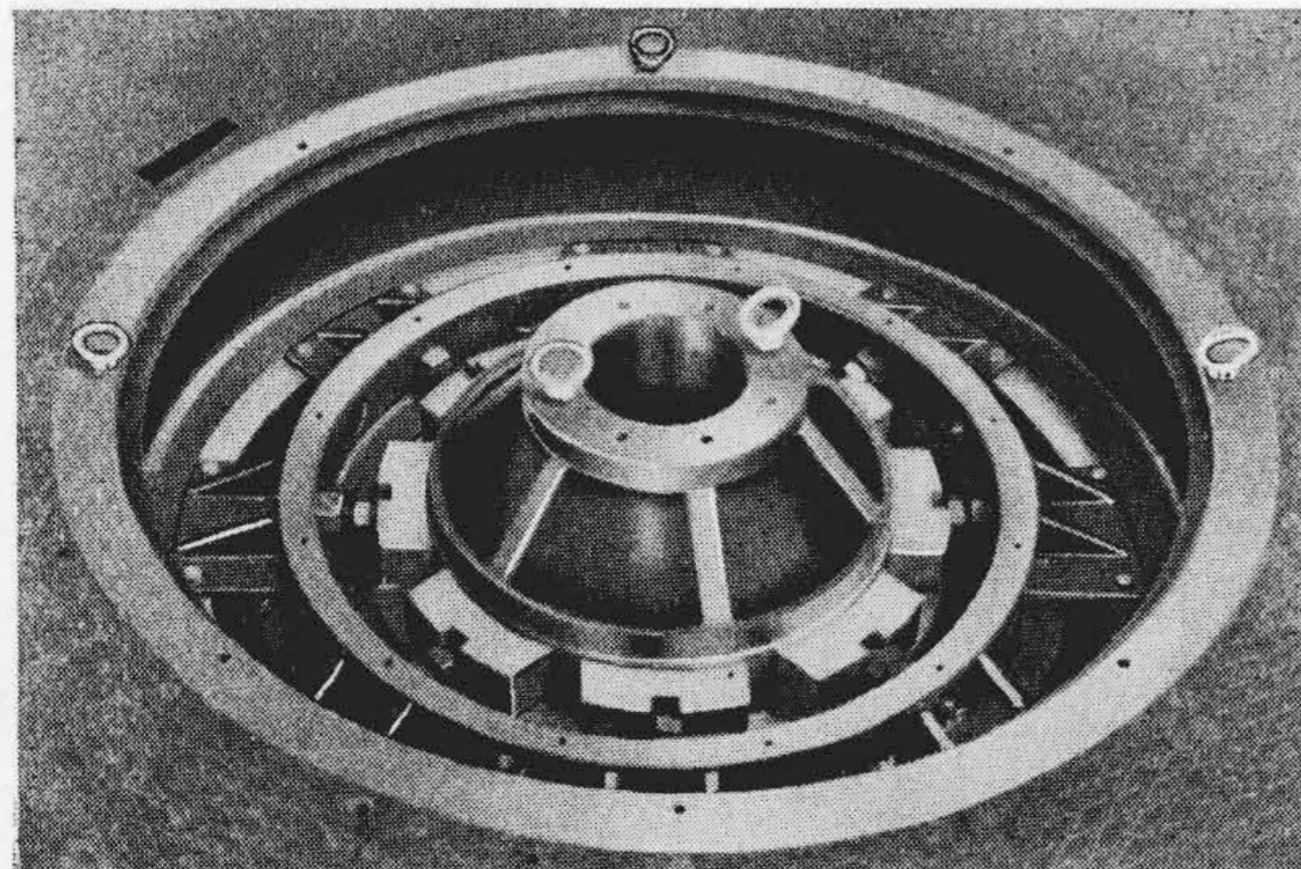
(3) 推力軸受調整ボルトの改造 上部案内軸受を推力軸受油槽内に入れたため上部ブラケットの部分にはメタルがなく、推力軸受の調整、いわゆるキングス調整と



稱するものは下側の外から行えるようにした。(新案 38 1437) 在來の発電機では軸の振れ見を行う場合に上部案内軸受を取付け、これを基準にして下部の軸受部の振れを調べたのである。又今迄のセグメント式軸受ではこの代りに、据付用の心出しメタルを取付ける必要があつた。これは心出しメタルの代りにセグメントメタルをランナーの外周に當てると、キングス調整が出来ないためである。しかしながら本構造の場合はシャフトとシャフトカラーは一體にして削つてあり、キングス調整が外部から行えるためブラケットの心と同轉子の心とを合わせておけばカラーの外周にメタルを當てこれを正として振れを見ることが出来る。従つて油槽の中へ入つてキングス調整を行うことも上部案内軸受をはずすこともなく出来るから非常に都合がよい。このことが今迄のセグメント式軸受とは異り、取扱いが便利であるばかりでなく同轉子の中心位置を定めるのに、心出し用メタルがあれば便利ではあるが、不可缺のものではないことである。特に傘型機に於いてはこの方式は非常に重要なもので外部から調整が出来ない場合構造が非常に複雑となり。然も不完全となるおそれがある。

その他細部にわたつては數多くの改良した點があるが省略する。下部案内軸受については細い部分で改良を行つた點はあるが大した變りはない。

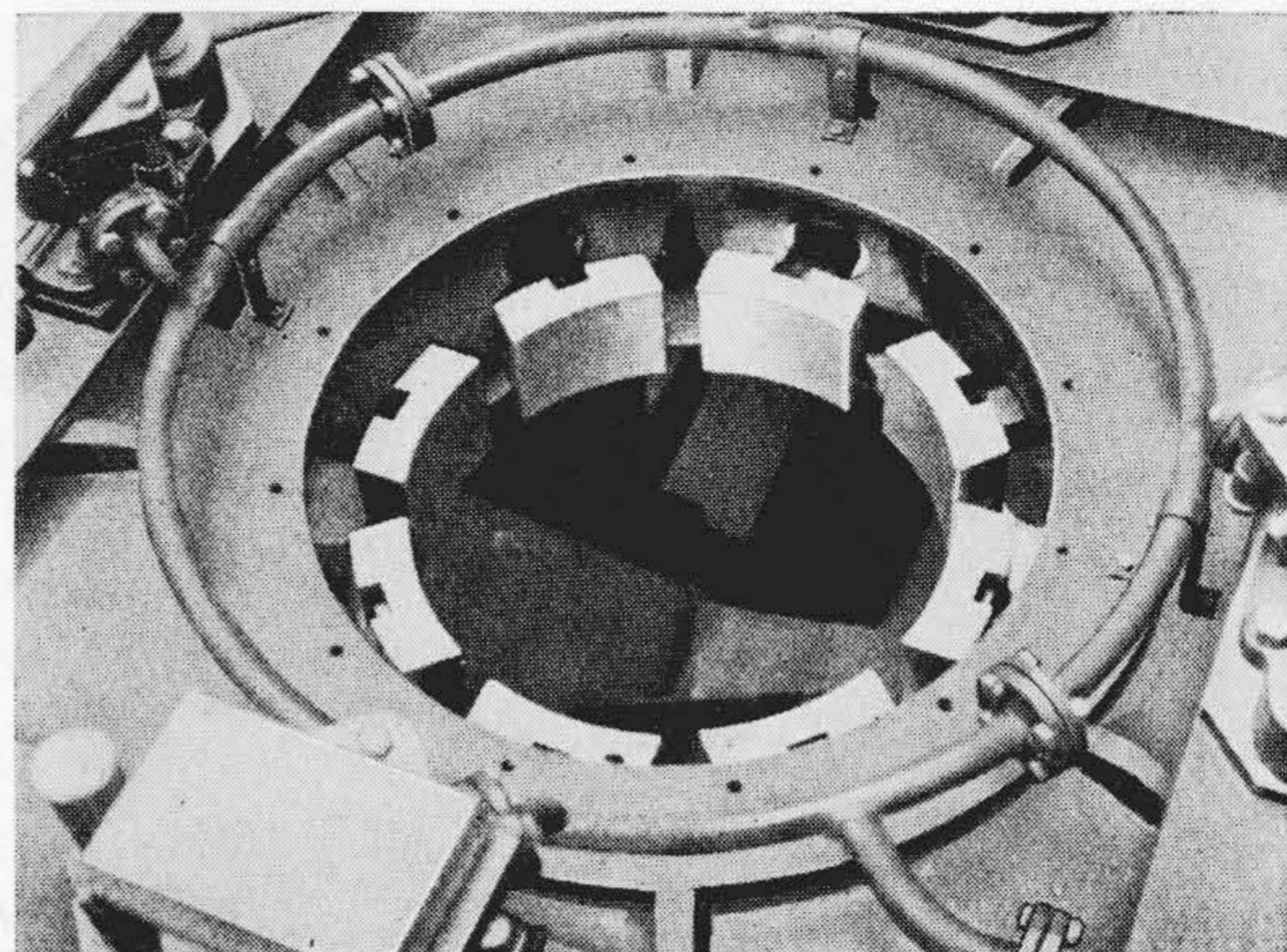
以上の如き點に改良を加え新案をとり入れて製作を行つたもので、その運轉結果を見ると、鳴子發電所の試運轉時の記録は、スラストタンク側壁 30°C, 推力軸受 36°C 上部案内軸受 41°C, 發電機室溫 12~13°C, 冷却水溫 11°C であつて、溫度上昇は室溫基準最大 29° であり振動も殆んどなく非常に靜かに運轉を續けて、好評を得ている。溫度の測定はメタルへ埋込んだ丸型溫度計による。その他不安になる點、問題となる點が全然ないことは勿論である。赤松も同じような記録であつて、立會試



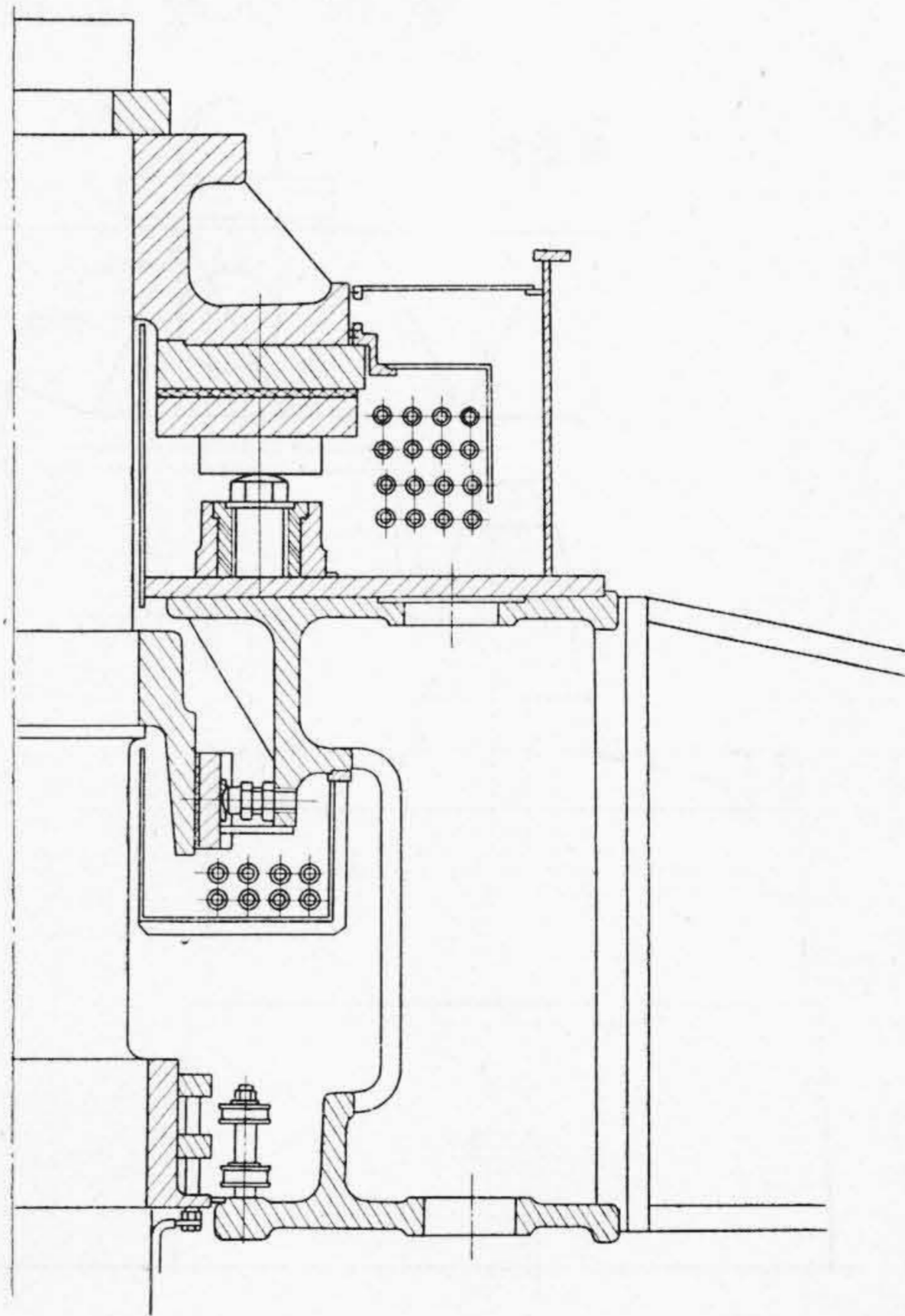
第7圖 上部セグメント軸受 (改良型)  
Fig. 7 Upper Segmental Guide Bearing.  
(New Type)

驗時のものは丸型溫度計の讀み推力軸受 41°C, 下部軸受 31°C, 室溫 10°C となつておる。

第7圖、第8圖は鳴子發電所に使用したセグメント式軸受の組立状態を示すものである。



第8圖 下部セグメント軸受 (改良型)  
Fig. 8 Lower Segmental Guide Bearing  
(New Type)



第9圖 高速度大容量機に對するセグメント式軸受  
Fig. 9 Segmental Bearing for High Speed  
Large Capacity Machine.

[V] 結 言

セグメント式案内軸受が本質的に多くの長所を持ちながら、在來の構造から飛躍した新しいものであること



あるいは既につくられたものが一部に不備の点があつたこと等から、使うことに消極的であることは一應首肯される。鳴子及び赤松の兩發電機に於いて多くの貴重な経験を基礎に慎重な検討を加え、新しい考案等を取り入れて製作し、その成果を再び世に問う機会を得たのであるが、豫期せる如く温度上昇は約 30°C であり、振動もない極めて優秀な成績を得た。更に本方式によるものが數臺製作されつゝある。又高速度大容量機に對しては振動等の點を考慮し、第 7 圖の如き方式の採用を考えている(新案申請中)。斯る方式を採用することによつてあらゆる豎軸機に對するセグメント式軸受の採用が可能となり。斯界に益する所大なるものがあると考えられる。又貯水式の低落差大容量の發電計畫も多くある今日、一般

の發電機だけでなく傘型等に於てこのセグメント式軸受が益々その本領を發揮することは疑う餘地もなく、諸賢の積極的な支持を期待するものである。

終りにセグメント式軸受の貴重な多くの資料を得る機会を與えられた日本發送電、東北配電會社並びに昭和電工の關係者各位に深甚の謝意を表する。

参 考 文 獻

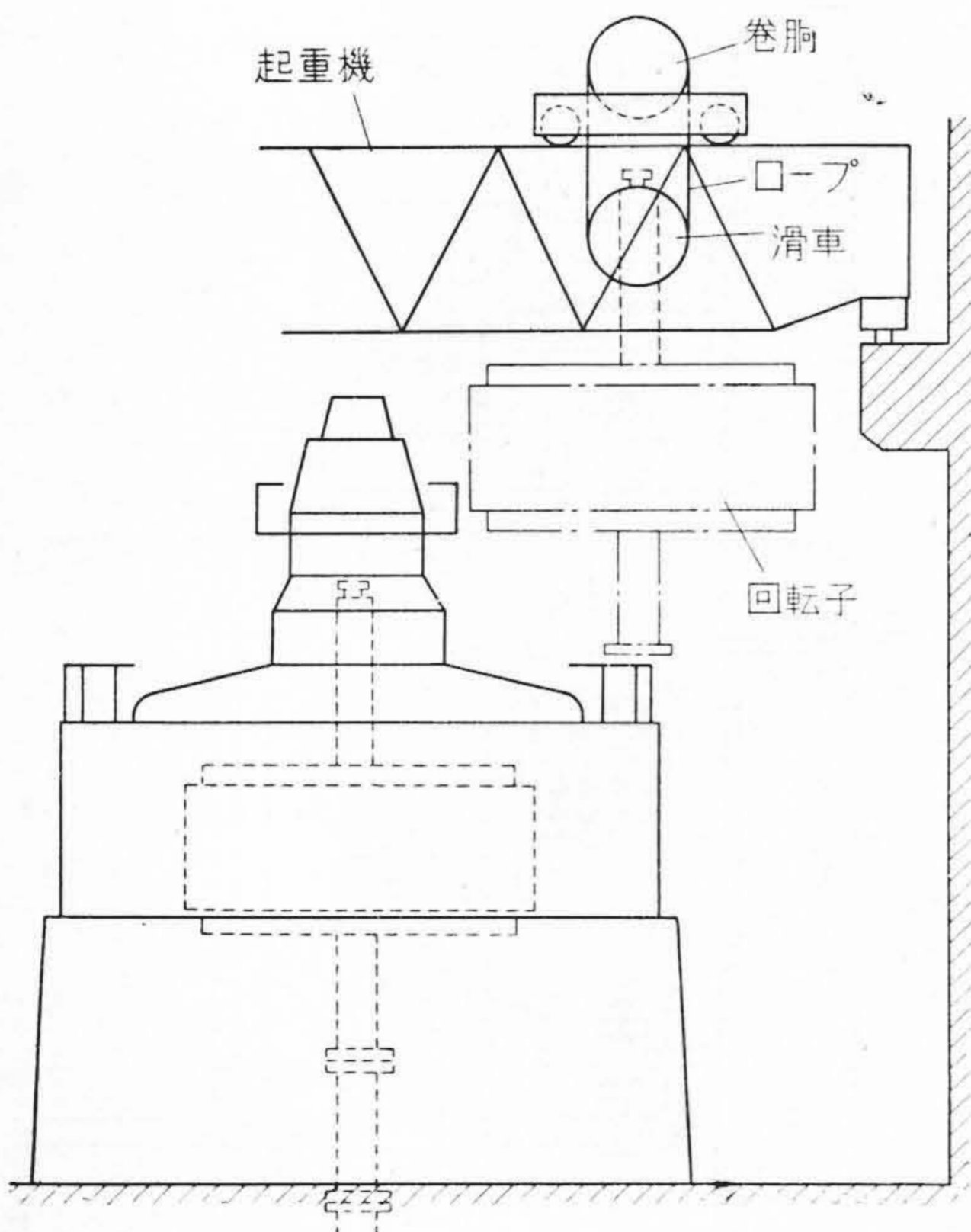
- (1) 大久保達郎：豎軸型水車發電機の自己潤滑方式導軸受、電力、24, 2, 71 頁 (昭 25)
- (2) 後藤、菊地：水車發電機の機械的問題、電氣學會誌、64, 671, (昭 19-6)；電氣學會編、電氣機器上、145 頁 (昭 23)
- (3) 菊地、瀧田：日評、33, 7, 513 頁 (昭 26-7)

特 許 紹 介

特許第 185472 號

藤尾寅次郎  
高木正  
菊地彌十郎

豎 軸 型 發 電 機 の 回 轉 子 吊 上 装 置

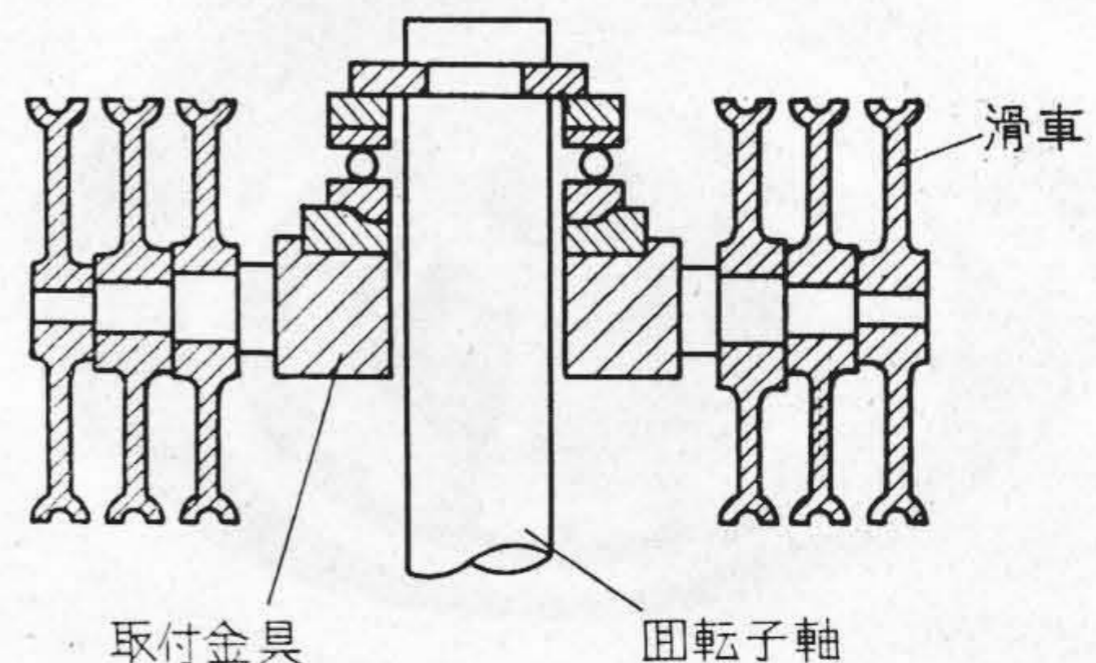


第 1 圖

水力發電所の已設建屋内に大容量の豎軸型發電機を据付ける場合に、天井走行起重機の吊上げ可能高度が回轉子を吊上げるに不十分であれば、當然建屋の改造が必要となつてくる。この發明は起重機に特殊の吊上装置を使用することにより、建屋を改造することなし

に目的を達し得るようにしたものである。

天井走行起重機による回轉子の吊上げは、従來は回轉軸端に取付けた金具に輪ロープを掛けこの輪ロープをフックで吊る方法であるため、輪ロープの長さ及フックの長さに相當するだけ吊上げ高度が制限される。然るにこの發明では前記輪ロープ及フックを廢し第 2 圖に示す滑車付金具を回轉子軸端に取付け、この金具の滑車と起重機の卷胴との間に第 1 圖に示すように直接ロープかけして回轉子の吊上げを行うようにしたから、回轉軸上端が卷胴に近接する高度まで吊上げることができ。従て起重機の吊上げ高度を十分活用し、従來不可能であつた長大な回轉子の吊出し作業が可能となつた。なお新設の水力發電所においてはこの發明の實施により建屋の高さを一般設計のものに比し著しく低くし、建設費を大幅に節減することができる。(滑川)



第 2 圖